



Peixe-boi-marinho

Biologia e Conservação no Brasil

West Indian Manatee

Biology and Conservation in Brazil

Peixe-boi-marinho West Indian Manatee

Peixe-boi-marinho





(Foto: Acervo Aquasis)

Peixe-boi-marinho

Biologia e Conservação no Brasil

West Indian manatee
Biology and Conservation in Brazil

Realização/Concept



Apoio/Support



Patrocínio/Sponsorship







(Foto: Fábio Nunes/Aquasis)

A aparência dos peixes-bois pode em nada lembrar as sereias, mas a docilidade destes animais os torna encantadores e fascinam quem tem o prazer de conhecê-los de perto. Há 16 anos tive a grata oportunidade de cuidar de um filhote recém-nascido da espécie e posso dizer que fui encantada. Desde então, me juntei à Aquasis nessa caminhada pela conservação desta que é uma das espécies mais ameaçadas de extinção no Brasil. Esta não foi e não será uma caminhada fácil, uma vez que a espécie quase desapareceu da nossa costa e os impactos sobre o seu habitat aumentam a cada ano. Mas a determinação e a persistência são características que compartilhamos e que, juntas com o carinho pela espécie, nos fazem seguir em frente.

É por este motivo que há 21 anos, desde a sua criação, a Aquasis vem se dedicando a conservação do peixe-boi no nordeste do Brasil. Mas o esforço direcionado a estudar e proteger a espécie começou bem antes disso, resultando na produção de uma quantidade admirável de conhecimento. Assim, o objetivo desta publicação foi reunir este conhecimento para subsidiar futuras ações de conservação e para inspirar aqueles que de alguma forma têm a intenção de contribuir com estas ações. Além de trazer informações, este livro também traz belas imagens do peixe-boi, de seus habitats e das ações que veem sendo desenvolvidas principalmente pelo Projeto Manatí, patrocinado pela Petrobras, sem a qual a produção deste livro não seria possível.

Assim, tenho prazer de convidá-los à leitura desta obra que reúne o esforço de diversas pessoas engajadas na conservação do peixe-boi-marinho no país, com a esperança de que, assim como aconteceu comigo, vocês fiquem encantados.

Ana Carolina Oliveira de Meirelles
 Coordenadora do Programa de Mamíferos Marinhos
 Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos / AQUASIS

Manatees may not resemble mermaids at all, but their tenderness makes them charming and fascinating to anyone who has the pleasure of meeting them up close. Sixteen years ago, I had the grateful opportunity of caring for a newborn manatee calf and I can say that I got charmed. Since then, I joined Aquasis in the conservation of one of the most endangered species in Brazil. This has not been and will not be an easy journey, since the species has virtually disappeared from our shores and the impacts on its habitat increase every year. Nevertheless, determination and persistence are characteristics that we share and that, together with the love for the species, help us to carry on.

For the same reasons, since its foundation 21 years ago, Aquasis has been dedicated to manatee conservation in northeastern Brazil. However, the efforts to study and protect the species began well before that, resulting in the production of an admirable amount of knowledge.

Thus, the objective of this publication was to gather this knowledge to support future conservation activities and to inspire those who, somehow, intend to contribute to these initiatives. In addition, this book also brings beautiful images of manatees, their habitats and the actions developed, particularly, by Project Manatí, sponsored by Petrobras, without whom the production of this book would not be possible.

It is therefore my pleasure to invite you to read a publication that brings together the efforts of several people engaged in the conservation of manatees in the country, with the hope that, as happened to me, you will also get charmed.

Ana Carolina Oliveira de Meirelles
 Marine Mammal Program Coordinator
 Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems/AQUASIS

A Ordem Sirenia habita o planeta há cerca de 50 milhões de anos e o Gênero *Trichechus* (peixes-bois) há pouco menos de 2 milhões de anos. No Brasil, mesmo antes da época do descobrimento, o peixe-boi-marinho já fazia parte da realidade local das comunidades ameríndias como fonte de recursos (carne, banha, couro) de subsistência. Com o passar do tempo, a qualidade desses produtos e a demanda mundial geraram uma exploração comercial de larga escala que impactou profundamente as populações do peixe-boi, levando a espécie a um estado de conservação que inspira preocupação entre os especialistas. Ao longo das últimas décadas, esta relação tem-se modificado, ao ponto de o animal atualmente encontrar-se oficial e legalmente protegido, e esta proteção conta com o apoio da maior parte da população que atualmente compartilha o ambiente com o peixe-boi. Muito do avanço que se obteve em termos de conservação da espécie nas últimas décadas se deve ao renomado time de especialistas que idealizaram e concretizaram a elaboração desta obra.

O peixe-boi vem sendo estudado no Brasil há cerca de 35 anos, desde os pioneiros levantamentos distribucionais da espécie ao longo da costa. Neste momento pouco se conhecia sobre a espécie no Brasil, e muito de sua biologia foi assumida ou extrapolada a partir de estudos com animais da Flórida, onde o peixe-boi vem sendo estudado há mais longo prazo. Desde então, o número de instituições e grupos trabalhando dedicadamente com a espécie se expandiu para mais de uma dúzia. Atualmente, há esforços em pesquisa ou reabilitação do peixe-boi-marinho em todos os estados do nordeste e Amazônia costeira, inúmeras teses de graduação e pós-graduação foram geradas e um significativo número de mestres e doutores dedica parte de suas vidas ao estudo do peixe-boi-marinho. Tudo isso resultou em geração de conhecimento específico sobre a biologia da espécie em nosso país, baseado em animais de vida livre, em cativeiro ou reabilitados e soltos, sobre dieta e nutrição, reprodução, saúde e terapêutica, abundância, ecologia populacional e inclusive informações que sugerem a necessidade da revisão taxonômica do gênero a nível subspecífico, como atestam os vários capítulos que compõem este livro.

Alguns dos dados mais relevantes para a conservação gerados ao longo dos últimos anos dizem respeito a mortalidade e ameaças. Os peixes-bois compartilham áreas densamente ocupadas por populações humanas ao longo do litoral, o que conduz à sobreposição de áreas de atividade humana com área de vida de peixes-bois. Alterações e perda de habitat e interações com atividades de pesca têm sido amplamente documentadas, mas problemas já identificados em menor escala ou potenciais incluem também a prospecção sísmica e exploração petroleira, acidentes com embarcações e ingestão de resíduos. Cada um desses fatores tem o potencial de gerar alteração de comportamento e no padrão de uso de área, impactar padrões demográficos ou mesmo causar a morte de indivíduos.

The Order Sirenia has inhabited the planet for about 50 million years and the Genus Trichechus (manatees) for little less than 2 million years. In Brazil, well before its discovery, the West Indian manatees were already part of the reality of the local Amerindian communities as a source of resources (meat, lard, leather). Over time, the quality of these products and global demand led to a large-scale commercial exploitation that profoundly affected the manatee populations, leading the species to a conservation status that inspires concern among experts. Over the past few decades, this relationship changed to the point where manatees are currently officially and legally protected, and this protection has the support of most of the population that currently shares the environment with them. Much of the progress obtained in terms of the species' conservation in recent decades is owed to a team of renowned experts who conceived and made this book come true.

The manatee has been studied in Brazil for about 35 years, since the pioneer distributional surveys along the coast. At that time, little was known about the species in Brazil, and much of their biology was assumed or extrapolated from studies in Florida, where the manatee has been studied for a long time. Since then, the number of institutions and groups working devotedly with the species has expanded to more than a dozen. Currently, there are efforts in the research or rehabilitation of West Indian manatees in all states of the Northeast and coastal Amazon, numerous undergraduate and graduate theses have been generated and a significant number of masters and doctors dedicate their lives to the study of West Indian manatees. All this resulted in the generation of specific knowledge about the biology of the species in our country, based on free-living, captive or rehabilitated and released animals, about diet and nutrition, reproduction, health and therapy, abundance, population ecology, and even information that suggests the need to taxonomically revise the Genus at the subspecific level, as demonstrated in the several chapters of this book.

Some of the most relevant data for conservation generated over the last few years relate to mortality and threats. The manatees share areas densely occupied by human populations along the coast, leading to the overlapping between areas of human activity and living areas for manatees. Changes and loss of habitat and interactions with fishing activities have been widely documented, but problems already identified on a smaller or potential scale also include seismic and oil exploration, accidents with boats and ingestion of debris. Each of these factors has the potential to generate changes in behavior and area usage patterns, impact demographic parameters or even cause the death of individuals. On the other hand, the joint work of professionals of various specialties in environmental education activities with coastal communities increased the level of awareness of the population regarding the species, and the involvement of the institutions in public policies has led to the creation of laws and protected areas fundamental for the survival of the West Indian manatee. A National Action Plan developed and conducted by the institutions involved since 2010 has guided the efforts and resulted in progress for the species' conservation.

Until recently, the West Indian manatee was considered the most endangered aquatic mammal in Brazil. But, a revision of the endangered species list at the end of 2014 led the Ministry of Environment to change the West Indian manatees from

Por outro lado, o trabalho conjunto de profissionais de diversas especialidades em atividades de educação ambiental junto às comunidades litorâneas aumentaram o nível de sensibilização da população com relação à espécie, e o envolvimento das instituições em políticas públicas proporcionou a aprovação de leis e criação de unidades de conservação fundamentais à proteção do peixe-boi-marinho. Um Plano de Ação Nacional elaborado e conduzido pelas instituições envolvidas desde 2010 tem guiado os esforços e resultado em avanços na conservação da espécie.

Até recentemente, o peixe-boi-marinho era considerado a espécie de mamífero aquático mais ameaçada do Brasil. Em revisão da lista de animais ameaçados no final de 2014, o Ministério do Meio Ambiente alterou a categoria do peixe-boi-marinho de *criticamente ameaçado* para *ameaçado*. Entretanto, isto não permite aos conservacionistas esmorecer diante dos problemas de conservação mencionados acima e discutidos neste livro. Todas as ameaças atuais e potenciais encontram-se atreladas à ocupação das áreas costeiras por peixes-bois e homens. Portanto, será preciso envolvimento e negociação para gerar compromissos para continuar a trilhar o caminho da coexistência pacífica entre as espécies e que garanta a perpetuação do peixe-boi num cenário de desenvolvimento econômico da região de ocorrência, que atenda também as demandas da população humana. Continuar a manter e expandir a conservação do peixe-boi e garantir sua sobrevivência pelos próximos milhões de anos exigirá uma ampla aliança que viabilize esforço conjunto e colaboração entre diversos segmentos da sociedade (governo, sociedade civil, comunidades, pesquisadores, instituições), especialmente dado o cenário atual de crise econômica.

Este livro é uma combinação do resgate de informações de diversos grupos dedicados ao estudo e conservação dos peixes-bois-marinhos no litoral brasileiro, e de guia de procedimentos em casos de encalhes e primeiros socorros e manutenção em cativeiro. Escrito a várias mãos por alguns dos melhores especialistas no país, é uma obra que se tornará referência tanto com relação ao estado atual do conhecimento como incentivo e sugestões na tomada de medidas para melhorar o status de conservação da espécie em nosso litoral.

the critically endangered to the endangered category. However, this does not allow for conservationists to fade in face of the conservation issues mentioned above and discussed in this book. All threats, current and potential, are linked to the occupation of coastal areas by manatees and men. Therefore, involvement and negotiation will be needed to generate commitments towards the peaceful co-existence between species and to ensure the perpetuation of the manatee in a scenario of economic development of its occurrence area, taking into account the demands of the human population. To maintain and expand the conservation of manatees and ensure their survival for the next million years will require a broad alliance to enable joint efforts and collaboration between different segments of society (governments, civil society, communities, researchers, institutions), especially given the current scenario of economic crisis.

This book combines information from various groups dedicated to the study and conservation of manatees in Brazil, and is a guide of first aid and husbandry procedures in cases of strandings and captive maintenance. Written by some of the best specialists in the country, it will become a reference on the current state of knowledge, as well as encourage and suggest measures to improve the conservation status of the species on our coast.

Miriam Marmontel
Mamirauá Institute for Sustainable Development IDSMD

Miriam Marmontel
Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá IDSMD



Foto: Erico Marcolini/Agência FMA

Nós, da Petrobras, temos a desafiante missão de conciliar o desenvolvimento econômico com as demandas sociais e ambientais. Por meio do Programa Petrobras Socioambiental, investimos em projetos de todo o país, que atuam em sete linhas temáticas: Floresta e Clima; Educação; Água; Esporte; Produção Inclusiva e Sustentável; Bio Sociodiversidade; Direitos da Criança e Adolescente.

Contemplado em 2008, por meio de seleção pública nacional, o Projeto Manatí, desenvolvido pela Aquasis, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí, é uma das iniciativas que patrocinamos através do Programa Petrobras Socioambiental em prol da conservação do meio ambiente e da biodiversidade.

Neste livro, é possível conhecer um pouco a história do projeto, assim como algumas ações executadas em sete anos de patrocínio, como o Centro de Reabilitação de Mamíferos Marinhos, para filhotes de peixe-boi na região recordista de encalhes do Brasil, além disso, monitoram praias em todo litoral do Ceará, Noroeste do Rio Grande do Norte e Cajueiro da Praia no Piauí, percorrendo mais de 570 km, em atendimento a encalhes, com uma equipe de plantão 24 horas. O projeto também estimulou a criação de políticas públicas para a conservação de mamíferos marinhos e obteve sucesso em dois municípios, Aracati e Fortaleza, onde o peixe-boi e o boto-cinza, respectivamente, foram intitulados Patrimônio Natural.

O patrocínio a iniciativas como esta reforça o nosso posicionamento estratégico em contribuir para o desenvolvimento sustentável, investindo em práticas voltadas para um ambiente ecologicamente equilibrado e socialmente equitativo, gerando resultados para a sociedade e para a companhia.

PETROBRAS

Petrobras has the challenging task of reconciling economic development with social and environmental demands. Through the Petrobras Socio-environmental Program we invest in social and environmental projects around the country, working in seven thematic lines: Forests and Climate; Education; Water; Sports; Inclusive and Sustainable Production; Bio Sociodiversity; and Child and Adolescent Rights.

Awarded in 2008, through a national public selection, the Manatí Project, developed by Aquasis in the states of Ceará, Rio Grande do Norte and Piauí, is one of the initiatives we sponsor through the Petrobras Socio-environmental Program for environmental and biodiversity conservation.

In this book, you can learn a little about the history of the project as well as some of the activities developed in seven years of sponsorship, such as the Marine Mammal Rehabilitation Centre, for manatee calves, in the region with most strandings in Brazil. Moreover, it monitors the coasts of Ceará, Northwestern Rio Grande do Norte and Cajueiro da Praia, in Piauí, traveling more than 570 km, attending strandings, with a 24-hour team. The project has also promoted the creation of public policies for the conservation of marine mammals and succeeded in two municipalities, Aracati and Fortaleza, where the manatees and Guiana dolphins, respectively, were declared Natural Heritage.

Sponsoring initiatives like this one emphasizes our strategic positioning in contributing to sustainable development and investing in practices aimed at an ecologically balanced and socially equitable environment, generating results for the society and for the company.

PETROBRAS



Sumário

PREFÁCIO		5. Ameaças	pg.93
Ana Carolina Meirelles (AQUASIS)	pg.07	Introdução	pg.95
Miriam Marmontel (IDSM)	pg.08	Capturas intencionais e acidentais	pg.96
PETROBRAS	pg.11	Colisões e atropelamentos	pg.98
		Perda e degradação de habitat	pg.100
Introdução	pg.19	Encalhes de neonatos	pg.103
Por quê conservar o peixe-boi-marinho e seus ambientes costeiros?	pg.21	Lixo e contaminantes	pg.104
		Turismo de observação	pg.105
1. Biologia	pg.29	Molestamento	pg.106
Evolução e filogenia	pg.31	Exploração e produção de óleo e gás	pg.107
Anatomia e fisiologia	pg.33		
Reprodução e estimativa de idade	pg.37	2. Reabilitação	pg.109
Alimentação e comportamento	pg.41	Introdução	pg.111
Bioacústica	pg.47	Histórico	pg.112
		Resgate	pg.114
2. Ecologia Populacional	pg.51	Reabilitação	pg.117
Distribuição	pg.53	Readaptação ao ambiente natural	pg.127
Uso de habitat e área de vida por peixes-bois-marinhos no Brasil	pg.54	Soltura	pg.128
Estimativas populacionais	pg.58		
Mortalidade	pg.60	7. Conservação	pg.131
Encalhes	pg.61	Histórico da conservação do peixe-boi no Brasil	pg.133
		Ações e áreas prioritárias para a conservação	pg.135
3. Genética	pg.63	Unidade de conservação	pg.137
Genética da conservação e marcadores moleculares	pg.65	Rede de encalhes	pg.142
Fundamentos genéticos para a prática da conservação	pg.66	Educação ambiental	pg.143
Estudos genéticos com peixes-bois	pg.68		
Hibridização interespecífica entre Sirênios da América do Sul	pg.72	8. Aquasis e Projeto Manatí	pg.149
Implicações dos dados genéticos para a conservação dos peixes-bois	pg.74	AQUASIS	pg.151
		Projeto Manatí	pg.153
4. Sanidade	pg.77		
Introdução	pg.79	9. Referencias bibliográficas	pg.162
Clínica médica	pg.80		
Patologia clínica	pg.82	10. Agradecimentos	pg.174
Microbiota e sensibilidade aos antimicrobianos	pg.84		
Doenças infecciosas	pg.86	11. Créditos	pg.176
Doenças parasitárias	pg.88		
Doenças não infecciosas	pg.89		
Sorologia	pg.90		
Toxicologia	pg.91		

Summary

PREFACE/FOREWORD		5. Threats	pg.93
Ana Carolina Meirelles (AQUASIS)	pg.07	Introduction	pg.95
Miriam Marmontel (IDSM)	pg.08	Intentional and incidental captures	pg.96
PETROBRAS	pg.11	Collisions and boat strikes	pg.98
		Habitat loss and degradation	pg.100
Introduction	pg.19	Newborn strandings	pg.103
Why save the West Indian manatees and their coastal environments?	pg.21	Marine debris and contaminants	pg.104
		Manatee watching tourism	pg.105
1. Biology	pg.29	Molesting	pg.106
Evolution and phylogeny	pg.31	Oil and gas exploration and production	pg.107
Anatomy and physiology	pg.33		
Reproduction and age estimation	pg.37	6. Rehabilitation	pg.109
Feeding and behaviour	pg.41	Introduction	pg.111
Bioacoustics	pg.47	History	pg.112
		Rescue	pg.114
2. Population Ecology	pg.51	Rehabilitation	pg.117
Distribution	pg.53	Acclimatization to the natural environment	pg.127
West Indian manatee habitat use and home range in Brazil	pg.54	Release	pg.128
Population estimates	pg.58		
Mortality	pg.60	7. Conservation	pg.131
Strandings	pg.61	History of manatee conservation in Brazil	pg.133
		Priority activities and areas for conservation	pg.135
3. Genetics	pg.63	Protected areas	pg.137
Conservation genetics and molecular markers	pg.65	Strandings network	pg.142
Genetic fundamentals for conservation practice	pg.66	Environmental education	pg.143
Genetic studies with manatees	pg.68		
Interspecific hybridization amongst South American sirenians	pg.72	8. Aquasis and Manatí Project	pg.149
Implications of genetic data for manatee conservation	pg.74	AQUASIS	pg.151
		Manatí Project	pg.153
4. Animal Health	pg.77		
Introduction	pg.79	9. Bibliographical references	pg.162
Medical clinic	pg.80		
Clinical pathology	pg.82	10. Acknowledgements	pg.174
Microbiota and sensitivity to antimicrobial agents	pg.84		
Infectious diseases	pg.86	11. Credits	pg.176
Parasitic diseases	pg.88		
Non-infectious diseases	pg.89		
Serology	pg.90		
Toxicology	pg.91		



Peixe-boi-marinho

West Indian manatee



Alberto Alves Campos
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems – AQUASIS



(Foto: Enrico Marcovaldi/Acervo FMA)

Introdução

Introduction

Por quê conservar o peixe-boi-marinho e seus ambientes costeiros?

Há 65 milhões de anos, uma catástrofe de proporções planetárias provocou a quinta grande extinção em massa da história da vida na Terra. Desde a incrível explosão e diversificação da vida no período Cambriano há cerca de 540 milhões de anos atrás, quando formas de vida complexas se desenvolveram e povoaram os ambientes terrestres e quando a maioria dos filos conhecidos apareceu no registro fóssil, houveram cinco episódios de extinção em massa - caracterizados pela perda de mais de 70% das espécies conhecidas num curto período de tempo (MCLEOD, 2013). Este quinto e último evento, no fim do período Cretáceo, ficou conhecido por provocar a extinção de todos os grandes dinossauros, tirando a sua supremacia absoluta de mais de 150 milhões de anos sobre a maioria dos ecossistemas planetários, e dando início à Era dos Mamíferos.

Nos mares, oceanos e gigantescos lagos e lagunas continentais, a ausência de predadores formidáveis - como os mosasauros, ictiossauros e pleiossauros - abriu uma janela de oportunidade para um grupo de mamíferos terrestres herbívoros que começou a explorar um abundante recurso em águas rasas - os extensos bancos de gramíneas marinhas que dominavam os ambientes costeiros de um planeta quase todo tropical (pois as primeiras geleiras permanentes do planeta só apareceriam milhões de anos depois) dando origem aos primeiros sirênios.

O mais antigo fóssil da ordem Sirenia foi encontrado na Jamaica, em 2001, e apresentava ainda os membros posteriores e anteriores bem desenvolvidos (Figura 1). Batizado de *Pezosiren portelli*, sua idade foi determinada em cerca de 50-55 milhões de anos, e seus autores afirmaram que apesar dos membros locomotores apresentarem aspecto terrestre, o animal tinha hábitos mais aquáticos do que um hipopótamo (DOMNING, 2001).

Nos 10 milhões de anos seguintes, os sirênios foram perdendo os membros posteriores, desenvolveram uma enorme cauda propulsora, e se adaptaram para uma vida totalmente aquática. Ao longo de toda a sua evolução, esses animais tiveram que se adaptar a um ambiente extremamente dinâmico, e enfrentar variações ambientais muito mais dramáticas do que a maioria das espécies terrestres e marinhas. Isto porque, devido a suas características estritamente costeiras (seja no mar ou em água doce), além das grandes variações de temperatura, as espécies de sirênios tiveram que lidar com flutuações de mais de 150 metros no nível do mar. Somente nos últimos 500 mil anos, o planeta já sofreu variações de amplitude no nível do mar de mais de 100 metros em cinco ocasiões, acompanhando as mudanças climáticas globais que causam os ciclos glaciais, dominados por alterações cíclicas na geometria da órbita terrestre em relação ao Sol.

Animais primordialmente tropicais, os sirênios foram perdendo espaço e habitat durante o Pleistoceno, conforme o planeta foi gradativamente esfriando nos últimos 2,6 milhões de anos, afastando-os dos polos e reduzindo drasticamente sua área potencial de vida. Porém, esta perda foi compensada pela



Figura 1. - *Pezosiren portelli*, o sirênio ancestral.
Figure 1 - *Pezosiren portelli*, the ancestral sirenian.

Why save the West Indian manatees and their coastal environments?

Sixty-five million years ago, a catastrophe of planetary proportions caused the fifth great mass extinction in the history of life on Earth. Since the incredible explosion and diversification of life in the Cambrian period, about 540 million years ago, when complex life forms developed and populated terrestrial environments, and when the majority of known Phyla appeared in the fossil record, there have been five episodes of mass extinction - characterized by the loss of more than 70% of the known species in a short period of time (MCLEOD, 2013). This fifth and final event, at the end of the Cretaceous period, caused the extinction of all big dinosaurs, ending their absolute supremacy of more than 150 million years on most planetary ecosystems, and kicking off the Mammal Era.

In the seas, oceans and huge continental lakes and lagoons, the absence of formidable predators - such as mosasaurs, ichthyosaurs and plesiosaurs - opened a window of opportunity for a group of herbivorous terrestrial mammals. They began exploring an abundant resource in shallow waters, the extensive seagrass meadows that dominated the coastal environments of a nearly all tropical planet (as the first permanent glaciers appeared only millions of years later), giving rise to the earliest sirenians. The oldest fossil of the order Sirenia, found in Jamaica in 2001, featured well-developed hind and fore limbs (Figure 1). Baptized as *Pezosiren portelli*, its age was determined at about 50-55 million years, and its authors claim that, despite the terrestrial aspect of the locomotor limbs, their habits were more aquatic than a hippo (DOMNING, 2001).

In the following 10 million years, sirenians lost their hind limbs, developed a huge propelling tail and adapted to a fully aquatic life. Throughout their evolution, these animals adapted to a highly dynamic environment and tackled environmental variations much more dramatic than most terrestrial and marine species. This is because, due to their strictly coastal characteristics (either at sea or in fresh water), in addition to large temperature fluctuations, sirenians had to deal with more than 150 meter fluctuations in sea level. In the last 500 thousand years alone, the planet suffered amplitude variations in sea level of over 100 meters on five occasions, following the global climate changes that cause the glacial cycles, dominated by cyclical changes in the geometry of the Earth's orbit around the Sun.

Primarily tropical animals, sirenians were losing ground and habitat during the Pleistocene, as the planet became gradually colder in the last 2.6 million years, moving away from the poles and dramatically reducing their potential life range. However,

redução do nível do mar, descobrindo milhares de quilômetros de plataformas continentais em todo o mundo em cada ciclo glacial. Por exemplo, no Nordeste brasileiro, particularmente no Ceará e Rio Grande do Norte - um dos principais refúgios da população de peixes-bois que sobrevive ao Sul da foz do Amazonas - durante os períodos glaciais, a queda no nível do mar descobria a sua extensa e plana plataforma continental, sulcando vales hoje soterrados por dunas submersas (GOMES; VITAL, 2010) e criando imensos ambientes lagunares rasos que serviam de habitat de alimentação e berçário para os sirênios.

Depois de 60 milhões de anos de evolução e de sobreviver à gangorra climática do Pleistoceno - incluindo dezenas de glaciações, com flutuações extremas de temperatura e nível do mar - a Ordem Sirenia agora está ameaçada de extinção prematura. Principalmente porque, nos últimos 100.000 anos, humanos modernos têm exercido, em progressão geométrica conforme ocupam cada pedaço de litoral do planeta, pressão direta (caça) e indireta (ocupação, degradação de habitats costeiros) sobre as espécies de sirênios restantes, com conflitos se exacerbando conforme os espaços costeiros vão sendo ocupados e seus recursos exauridos. Apesar de apresentar mais de 60 espécies distintas no registro fóssil - o que geralmente representa apenas uma pequena fração da real diversidade - a ordem conta hoje com apenas 4 espécies remanescentes, em dois gêneros: os peixes-bois (*Trichechus*) e o Dugongo (*Dugong*).

Uma quinta espécie de sirênio - a vaca-marinha-de-Steller (*Hydrodamalis gigas*) - foi extinta muito recentemente, há menos de 250 anos (Figura 2). A estória de seu processo de extinção, desde a sua descoberta acidental por conta de um naufrágio, em 1741, foi amplamente documentada no diário de Georg Steller (1925) e outros membros da fatídica expedição Bering, e posteriormente nos registros dos navios russos de caça a focas e lontras-do-Pacífico, podendo-se estabelecer com certa segurança a sua extinção (ou pelo menos a extirpação completa da única população conhecida nas ilhas Komandorski, Rússia) em meados de 1768, apenas 27 anos após a sua descoberta.

A vaca-marinha-de-Steller era o único sirênio conhecido de águas frias - apesar de seu registro fóssil se estender até o Sul, até a Califórnia - e representa uma vítima recente da chamada "sexta extinção em massa", esta causada pelos efeitos diretos e indiretos da ocupação e exploração do planeta Terra pelos seres humanos. Tudo leva a crer que a vaca-marinha-de-Steller foi extirpada da costa do Pacífico da América do Norte muito antes da chegada dos europeus, e que as levas de migrantes e colonizadores humanos pré-históricos oriundos do Velho Mundo que atravessavam a ponte terrestre do estreito de Bering sempre que a oportunidade surgia, deviam ter utilizado este recurso fácil de capturar e que fornecia quantidades imensas de carne e gordura. Aparentemente a população de vacas-marinhas das Ilhas Komandorski só sobreviveu por conta da absoluta ausência de habitantes humanos nas ilhas e de qualquer contato com o mundo moderno até o século XVIII (DOMNING, 1987).

Um exemplo da velocidade e voracidade da expansão da nossa sociedade humana ao redor do planeta, a extinção da vaca-marinha levou menos de três décadas para se perpetrar, desde a sua descoberta e propagação da notícia até a última avistagem, sob o jugo dos caçadores e comerciantes modernos e sua tecnologia. Mesmo num dos locais mais inacessíveis da Terra, isto é, o último grupo de ilhas da cadeia das Aleutas, no longínquo e gelado Mar de Bering que une o Velho ao Novo Mundo, a fórmula da extinção se demonstrou inexorável, sempre que humanos e sua fauna e flora acompanhantes - ratos, germes -

this loss was offset by the reduction in sea level, uncovering thousands of kilometers of continental shelves around the world during each glacial cycle. For example, in Northeastern Brazil, particularly in Ceará and Rio Grande do Norte - one of the main refuges of the manatee population that lives south of the Amazon River mouth - during glacial periods, the fall in sea level uncovered the extensive and flat continental shelf. This carved valleys that are today buried by submerged dunes (GOMES; VITAL, 2010) and created many shallow lagoon environments that served as habitat and nursery for sireniens.

*After 60 million years of evolution and surviving the Pleistocene climate seesaw - including dozens of glaciations, with extreme fluctuations in temperature and sea level - the order Sirenia now faces premature extinction. Mainly because in the last 100,000 years modern humans have exerted, in geometric progression as they occupy every stretch of coastline on the planet, direct (hunting) and indirect (occupation, degradation of coastal habitats) pressure on the remaining sirenian species, with conflicts escalating as coastal areas are occupied and their resources depleted. Despite presenting more than 60 distinct species in the fossil record - which usually represents only a small fraction of the real diversity - the order currently has only four remaining species, in two genera: the manatees (*Trichechus*) and the dugong (*Dugong*).*

*A fifth sirenian species - the Steller's sea cow (*Hydrodamalis gigas*) - became extinct quite recently, less than 250 years ago (Figure 2). The story of its demise, since its accidental discovery by a shipwreck in 1741, was widely documented in the diary of Georg Steller (1925) and other members of the fateful Bering expedition, and subsequently in the records of the Russian seal and Pacific sea otter hunting ships. Its extinction (or at least the complete removal of the only known population in the Komandorski Islands, Russia) can be established with a certain amount of confidence at mid-November 1768, only 27 years after its discovery.*

Steller's sea cows were the only known cold-water sireniens - despite their fossil record extending south to California - and represent recent victims of the so-called "sixth mass extinction", caused by the direct and indirect effects of the human occupation and exploitation of the Earth. It seems that the Steller's sea cow was extirpated from the Pacific coast of North America long before the arrival of Europeans. The waves of prehistoric human migrants and settlers from the old world, who crossed the Bering Strait land bridge whenever the opportunity arose, must have used this easy to capture resource, as it provided huge quantities of meat and fat. Apparently, the population of sea cows from the Komandorski Islands survived only because of the absolute absence of human inhabitants on the Islands and of any contact with the modern world until the 18th century (DOMNING, 1987).

An example of the velocity and voracity of the expansion of our human society around the planet, the extinction of the sea cow took less than three decades to perpetrate, since its discovery and spread of the news until the last sighting, under the yoke of the modern hunters and merchants and their technology. Even in one of the most inaccessible places on Earth, that is, the last group of islands of the Aleutian chain, the distant and icy Bering Sea that joins the Old to the New world, the formula for extinction was relentlessly demonstrated, where humans and their accompanying fauna and flora - rats, germs - arrive to new environments. West Indian manatee conservation practitioners have a lot to learn from the Steller's sea cow story.

From Steller's observations, the population of sea cows was initially estimated at 1,500 to 2,000 individuals, distributed in only two islands of the Komandorski archipelago: Bering and Medny. Although the famous Norwegian zoologist Leonhard Stejneger, after visiting the archipelago and reviewing all existing first-hand sources, suggested that the population would be less than 1,500 animals (STEJNEGER, 1887), in a more detailed modeling, based on records of the Russian hunting expeditions as well as assumptions about life cycle and habits extrapolated from the known biology of the dugongs, this estimate was raised to well over two thousand individuals (TURVEY; RISLEY, 2006).

chegam a novos ambientes. A estória da vaca-marinha-de-Steller tem muito a ensinar aos praticantes da conservação do peixe-boi-marinho.

A partir das observações de Steller, estimou-se inicialmente a população de vacas-marinhas em 1.500 a 2.000 indivíduos distribuídos em apenas duas ilhas do arquipélago Komandorski: as ilhas de Bering e Medny. Embora o famoso zoólogo norueguês Leonhard Stejneger, após visitar o arquipélago e revisar todas as fontes de primeira mão existentes tenha sugerido que a população seria de menos de 1.500 animais (STEJNEGER, 1887), uma modelagem mais minuciosa baseada nos registros das expedições de caça russas realizadas no período, além de suposições sobre o ciclo de vida e hábitos extrapolados a partir do conhecimento sobre a biologia dos dugongos, elevou esta estimativa para bem mais de dois milhares de indivíduos (TURVEY; RISLEY, 2006).

Não se pode deixar de elucubrar que, se aquelas ilhotas remotas podiam abrigar 2.000 gigantes sirênios de 8 a 10 toneladas cada - as duas ilhas juntas somam menos de 350 km lineares de costa - imaginem quantos peixes-bois não existiriam na costa do Brasil, com milhares de quilômetros de extensão, antes da chegada do homem ao Atlântico americano?

E como no caso da vaca-marinha ao longo da costa do Pacífico da América do Norte, é provável que a distribuição recente do peixe-boi-marinho seja bem maior do que a atualmente documentada: apesar dos registros históricos indicarem que a espécie se distribuía desde o estado do Espírito Santo até o Amapá (e atualmente reconhecida como extirpada nos estados de Sergipe, Bahia e Espírito Santo), o arqueólogo André Prous afirma que zoólitos - esculturas de pedra - em formato de peixe-boi característicos dos Sambaquis do sul de São Paulo (i.e., Iguape) até o Norte do Uruguai, podem ser testemunhas de uma distribuição pretérita, porém recente, mais meridional para a espécie (PROUS, 2006).

Infelizmente, o movimento global em prol da conservação de espécies e habitats e serviços ambientais ainda era incipiente no século XVIII, e a vaca-marinha não pôde ganhar o tempo que os sirênios de menor porte e mais ágeis conseguiram, e pereceu antes que se pudesse intervir a seu favor. Os peixes-bois no Brasil, porém - sobreviventes da borduna dos ameríndios e dos arpões dos portugueses - aqueles que superaram bravamente (até agora) o gargalo da grande expansão humana sobre o planeta, podem hoje contar com pessoas e instituições que se dedicam à sua conservação.

Porém, apesar dos avanços da conservação ao redor do globo, das quatro espécies de sirênios remanescentes, todas têm apresentado uma enorme redução populacional nos últimos 500 anos, e por esse motivo, Sirenia pode ser considerada uma das ordens de mamíferos mais ameaçada de extinção atualmente. As únicas espécies de mamíferos marinhos totalmente herbívoros podem desaparecer para sempre. Quais as consequências disso? Quais as implicações da perda destes mega-herbívoros para seus ambientes costeiros? E, em última instância, por que evitar a extinção dos sirênios?

Os capítulos que se seguem neste livro irão trazer as mais diversas informações para auxiliar na conservação do peixe-boi-marinho no Brasil. Porém, antes disso, esta introdução irá refletir um pouco mais sobre por que proteger esta espécie.

Existem muitas razões, sob diferentes óticas, para se evitar a extinção de espécies, especialmente de consumidores "topo-de-cadeia" (*apex consumers*) e espécies-chave (*keystone species*).

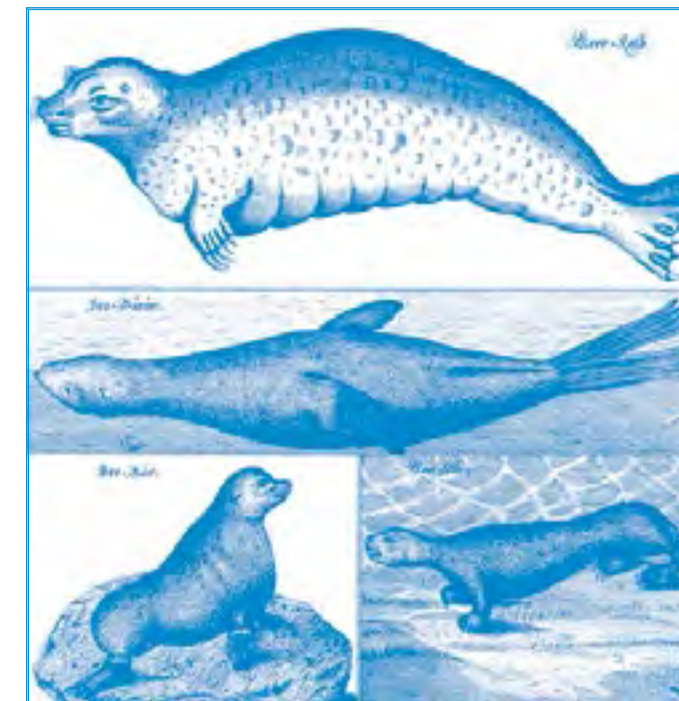


Figura 2. Vaca-marinha-de-Steller, *Hydrodamalis gigas* (ilustração superior); juntamente com outros mamíferos marinhos da ilha de Bering, descritos por Steller: leão-marinho-de-Steller, *Eumetopias jubatus* (abaixo), ursos-do-mar, *Callorhinus ursinus*, (esq.) e a lontra marinha do Pacífico, *Enhydra lutris* (dir.). Ilustrações de Friedrich Pleninger para publicação póstuma de Steller em alemão sobre animais marinhos curiosos.

*Figure 2. Steller's sea cow, *Hydrodamalis gigas* (top illustration); with other marine mammals from the Bering island, described by Steller: Steller's sea lion, *Eumetopias jubatus* (bottom), Northern fur seal, *Callorhinus ursinus*, (left) and Pacific sea otter, *Enhydra lutris* (right). Illustrations by Friedrich Pleninger for posterior German publication by Steller about curious marine animals.*

One can't help but wonder: if those remote islets could harbor 2,000 enormous sireniens of 8 to 10 tons each - the two islands together add up to less than 350 linear kilometres of coast - imagine how many manatees existed off the coast of Brazil, with thousands of kilometres, before the arrival of man to the American Atlantic? And, as in the case of the sea cow along the Pacific coast of North America, it is likely that the former distribution of West Indian manatees was much wider than the currently documented. Despite historical records indicating that the species was distributed from the states of Espírito Santo to Amapá (and currently recognized as extinct from the states of Sergipe, Bahia and Espírito Santo), the archaeologist André Prous claims that manatee-shaped zoölites characteristic of shell mounds from southern São Paulo (i.e., Iguape) to northern Uruguay, may be witnesses of the species' past, but recent, more southerly distribution (PROUS, 2006).

Existem razões intangíveis, de ordem ética e moral, que parecem óbvias em sociedades financeiramente e/ou espiritualmente bem desenvolvidas - preservar espécies pelo seu direito intrínseco de existir, evitar extinções prematuras e respeitar os direitos dos animais - mas que ainda não têm sido suficientemente difundidas e aceitas ao redor do globo para amenizar a atual crise de extinção de espécies. Diferentes culturas e distintos modos de vivenciar a natureza, especialmente aqueles que ainda dependem da caça e comércio de recursos naturais, exigem razões mais palpáveis, inclusive na visão política e econômica dominante no mundo mercantilista de hoje. Especialmente no Brasil, os tomadores de decisão de hoje ainda necessitam de razões mais concretas (e geralmente ligadas a benefícios econômicos) para investir na conservação de espécies ameaçadas, do que os motivos éticos e morais.

Existem ainda razões de origem evolutiva, talvez apenas convincente para um grupo seleto de especialistas que compreendem as profundas implicações para a evolução natural das espécies. A perda dos sirênios iria desfalar a biodiversidade planetária da sua única ordem de mamíferos aquáticos herbívoros. Isso traria grandes consequências para os serviços ambientais e a capacidade de carga dos habitats costeiros onde vivem, especialmente os bancos de fanerógamas marinhas, pois estes incluem-se entre os principais berçários da vida marinha, refletindo diretamente sobre a produtividade costeira e o recrutamento pesqueiro.

No cenário de extinção da Ordem Sirenia - bastante plausível dadas as tendências do status de conservação das espécies remanescentes - sessenta milhões de anos de evolução seriam perdidos para sempre, incontáveis tentativas-e-erros para se chegar num equilíbrio de uma complexidade quase incompreensível para a mente humana, e a extinção prematura de uma ordem deixaria marcas planetárias que mal conseguimos prever.

Semelhante ao descrito acima, existem questões ecológicas, que quando modificadas podem resultar em grandes prejuízos econômicos, especialmente as cascatas tróficas que geram empobrecimento ambiental, causando uma redução na capacidade de carga dos ambientes afetados e perda significativa de serviços ambientais, muitas delas irreversíveis.

Em muitos casos, a perda de uma espécie de determinado ecossistema pode representar uma janela de oportunidade para outros animais no mesmo nível trófico ou similar. No caso de consumidores topo-de-cadeia, como os peixes-bois-marinhos no Brasil - herbívoros sem predadores naturais, e principais reguladores de diversos ciclos biogeoquímicos nos seus habitats de alimentação - a lacuna deixada no ecossistema permaneceria aberta por muitos milhões de anos, e os ambientes sofreriam um processo acentuado de cascata trófica, que culminaria no empobrecimento geral dos serviços ambientais, que geraria mais rupturas na rede trófica local, por sua vez gerando e potencializando outras pequenas cascatas em níveis tróficos alternados, culminando com o colapso dos serviços ambientais e redução drástica da capacidade de suporte daquele ambiente. A perda de habitat e de recursos resultante geraria mais competição, redução de biodiversidade e mais perda de serviços, numa espiral descendente de produtividade e biodiversidade até que se retomasse uma nova situação de equilíbrio, alguns milhões de anos depois do evento de extinção da espécie-chave.

Porém, devido à velocidade geológica com que alguns processos naturais operam, muitas vezes não se consegue perceber de imediato as perdas nas interações ecológicas até que seus efeitos mais nocivos sejam observados na prática, geralmente muitos anos após a ruptura na cadeia trófica. Apesar das

Unfortunately, the global movement for the conservation of species, habitats and environmental services was still in its infancy in the 18th century, and the sea cow did not earn the time that the smaller and more agile sirenians did and perished before anyone could intervene on its behalf. The manatees in Brazil, however, survivors from the American Indian "bordunas" (a wooden weapon like a flattened club) and Portuguese harpoons, which so far bravely overcame the bottleneck of the great human expansion on the planet, can today count on people and institutions who are dedicated to their preservation.

However, despite the advances in conservation around the globe, the four remaining sirenian species all have experienced a huge population crash in the last 500 years and, for this reason, Sirenia can be considered one of the most endangered mammal orders today. The only fully herbivore marine mammal species may disappear forever. What are the consequences of that? What are the implications of the loss of these mega-herbivores to their coastal environments? And, ultimately, why avoid the extinction of sirenians?

The chapters that follow will bring a variety of information to assist in the conservation of West Indian manatees in Brazil, seeking to contribute to its preservation. However, before that, this introduction will reflect a little further on why protect the West Indian manatees. There are many reasons, under different perspectives, to prevent species extinctions, especially apex consumers and keystone species.

There are intangible, ethical and moral reasons that seem obvious for financially and/or spiritually well-developed societies - preserving species for their intrinsic right to exist, to avoid premature extinctions or to respect the rights of animals. However, these are yet to be sufficiently disseminated and accepted around the globe to ease the current species extinction crisis. Different cultures and ways of experiencing nature, especially those that still depend on hunting and trading natural resources, require more tangible reasons, given the dominant political and economic vision in the mercantilist world of today. In Brazil, particularly, decision makers still require more concrete reasons (and usually linked to economic benefits) to invest in the conservation of endangered species, than the ethical and moral grounds.

There are also reasons of evolutionary origin, convincing maybe only to a select group of specialists who understand the profound implications for the natural evolution of the species. The loss of sirenians would deplete the planetary biodiversity of its single order of herbivorous aquatic mammals. It would bring great consequences for environmental services and the carrying capacity of coastal habitats where they live, especially the meadows of marine phanerogams, as these include the main nurseries of marine life, reflecting directly on coastal productivity and recruitment.

In the quite plausible scenario of extinction of the order Sirenia, given the trends in the species' conservation status, 60 million years of evolution would be lost forever, countless attempts-and-errors to reach a balance in a complexity almost incomprehensible to the human mind, and the premature extinction of an order, would leave planetary marks we are barely able to predict. Similarly, there are ecological issues that, when modified, can result in large economic losses, especially the trophic cascades that generate environmental impoverishment, causing a reduction in the carrying capacity of the environments affected and significant loss of environmental services, which may be irreversible.

In many cases, the loss of a species from a given ecosystem can represent a window of opportunity for other animals in the same or similar trophic level. In the case of top consumers, however, such as the manatees in Brazil - herbivores without natural predators and major biogeochemical cycle regulators in their feeding habitats - the gap left in the ecosystem would remain open for many millions of years. The environment would suffer an accentuated trophic cascade process, which would culminate in the general impoverishment of the environmental services, generating more breakages on the local trophic network and leveraging, in turn, other small cascades in alternated trophic levels, ending in the collapse of the environmental services and drastic reduction of that environment's support capacity.

dificuldades temporais e espaciais para se realizar experimentos para avaliar as consequências das interrupções de interações ecológicas sobre a biodiversidade, produtividade natural e serviços ambientais, diversos autores têm buscado interpretar séries temporais de longo prazo com este objetivo.

Em todos os ecossistemas do mundo - das Ilhas Aleutas até os Grande Lagos norte-americanos, das florestas tropicais sul-americanas às savanas africanas do Serengeti, e até em recifes de coral de ilhas supostamente isoladas no meio do Pacífico - estas pesquisas de longo prazo apontam para a mesma direção: a exclusão de predadores/consumidores topo-de-cadeia tem resultado em cascatas tróficas que trazem invariavelmente perda de biodiversidade, redução da produtividade, comprometimento da capacidade de suporte para a vida, e perda e degradação de serviços ambientais. Na prática, foram observadas alterações significativas nos ciclos biogeoquímicos que regulam os ecossistemas, com consequências variadas, desde incrementos significativos (e nocivos) no número de espécies invasoras, na quantidade de incêndios florestais e na incidência de doenças, até perda da fertilidade do solo, e grandes reduções na biomassa em geral dos ambientes (capacidade de carga) e na sua capacidade de sequestrar carbono (ESTES *et al.*, 2011).

No Brasil, a perda do peixe-boi-marinho iria significar o empobrecimento e o lento depauperamento de diversos tipos de habitats costeiros e estuarinos, especialmente os bancos de capim submersos que denotam áreas de berçário da vida marinha. Um dos principais recicladores de nutrientes nestes ambientes rasos, a ausência do peixe-boi traria redução da fertilidade do solo, e provável diminuição na extensão e na qualidade destes berçários, com consequente queda no recrutamento e na produção das pescarias artesanais costeiras.

Nesse sentido, a extinção do peixe-boi leva a um tipo de perda muito mais abrangente e quase invisível no curto prazo: a extinção das interações ecológicas que são o alicerce da vida na Terra.

A manutenção destas interações e os seus produtos - em termos de quantidade e disponibilidade de serviços ambientais e recursos naturais - é indispensável para a determinação da capacidade de suporte do planeta Terra, e em última instância, é responsável pela sustentação de todas as formas de vida no planeta. Não parece haver razão mais importante do que esta, para conservar estes grandes herbívoros.

Assim - seja por razões morais, culturais, econômicas, evolutivas ou ecológicas - esta publicação busca agregar os principais especialistas na conservação do peixe-boi-marinho no Brasil, consolidando informações atualizadas para que sirvam de inspiração e fonte de consulta para evitar a extinção da espécie em nosso litoral.

The resulting loss of habitat and resources would generate more competition, reduction in biodiversity and loss of services, in a downward spiral of productivity and biodiversity, until a new equilibrium situation was reached, some millions years after the keystone species extinction event.

However, due to the geological speed in which some natural processes operate, losses in ecological interactions usually go unnoticed until their most harmful effects can be observed, often many years after the rupture in the trophic chain. Despite the temporal and spatial difficulties to conduct experiments to evaluate the consequences from the disruption of ecological interactions on biodiversity, natural productivity and environmental services, several authors have, with this goal, sought to interpret long-term time series.

*In all of the world's ecosystems - from the Aleutian Islands to the Great American Lakes, from South America's tropical forests to the African Savannas of the Serengeti, and even coral reefs from supposedly isolated islands in the middle of the Pacific - these long-term studies point in the same direction. The exclusion of predators/top consumers results in trophic cascades that invariably bring biodiversity loss, reduced productivity, impaired life support ability and loss and degradation of environmental services. In practice, these include significant changes in the biogeochemical cycles that regulate ecosystems, with various consequences, from significant (and harmful) increments in the number of invasive species, in the amount of forest fires and in the incidence of diseases, to loss of soil fertility, large reductions in the overall biomass of environments (carrying capacity) and on their ability to store carbon (ESTES *et al.*, 2011).*

In Brazil, the loss of West Indian manatees would mean the impoverishment and slow depletion of various types of coastal and estuarine habitats, especially the underwater grass meadows that are important nurseries for marine life. One of the leading recyclers of nutrients in these shallow environments, the absence of the manatee would bring reduced soil fertility and likely decrease the extent and quality of these nurseries, with consequent falls in recruitment and in the productivity of artisanal coastal fisheries.

In this sense, the losses caused by the manatee's extinction would be a lot more widespread but almost invisible in the short term: the extinction of the ecological interactions that are the foundation of life on Earth.

The maintenance of these interactions and their products - in terms of quantity and availability of environmental services and natural resources - is essential for the determination of the carrying capacity of the Earth and, ultimately, is responsible for the support of all life forms on the planet. There seems to be no reason more important than this to protect these large herbivores.

So - be it on moral, cultural, economic, ecological or evolutionary grounds - this publication aims to aggregate the leading experts in the conservation of West Indian manatees in Brazil, consolidating state of the art information so it can be used as a source of inspiration and reference to prevent the extinction of this species from our coast.

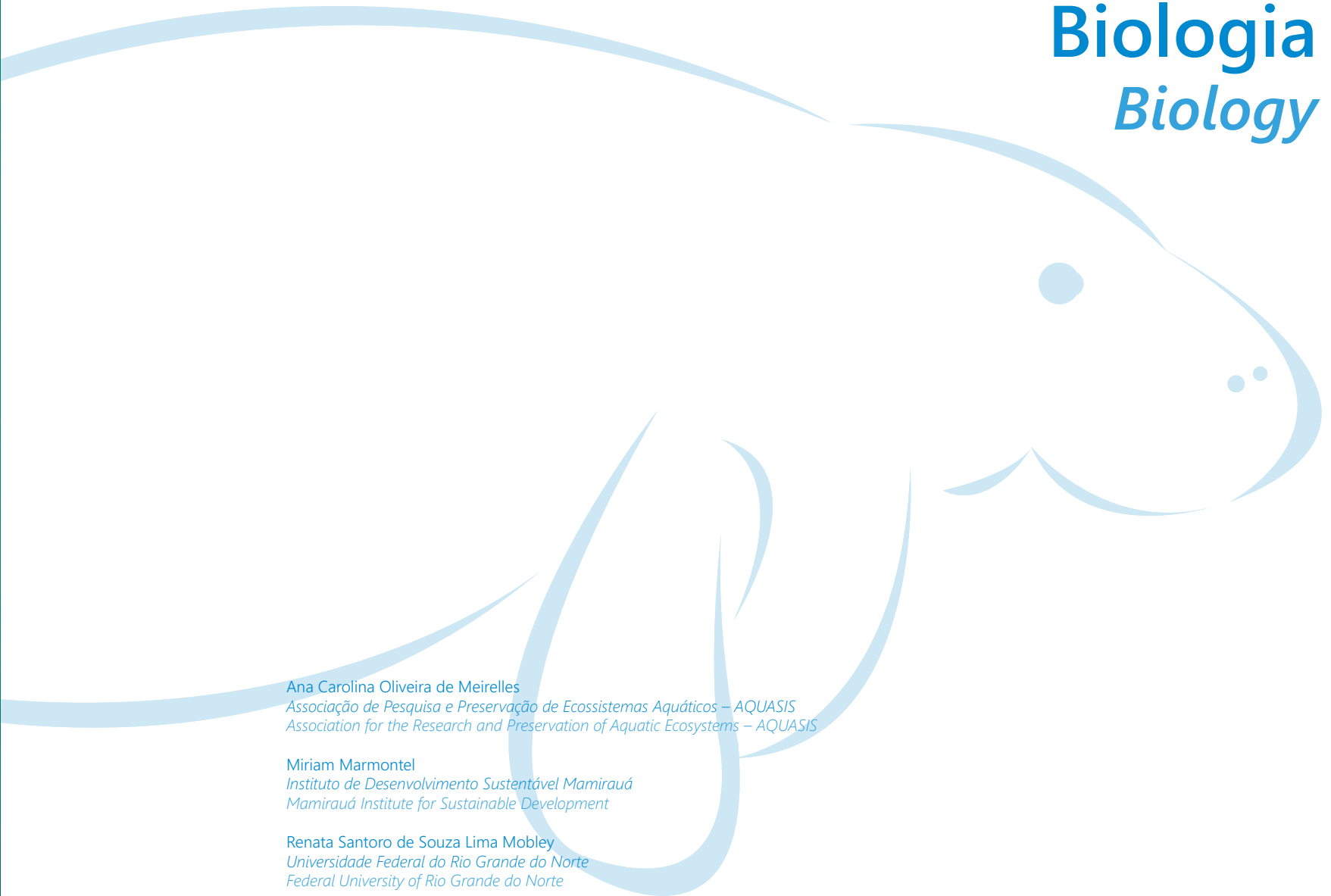




(Foto: Amanda Vasconcelos/Acervo Aquas)

Biologia

Biology

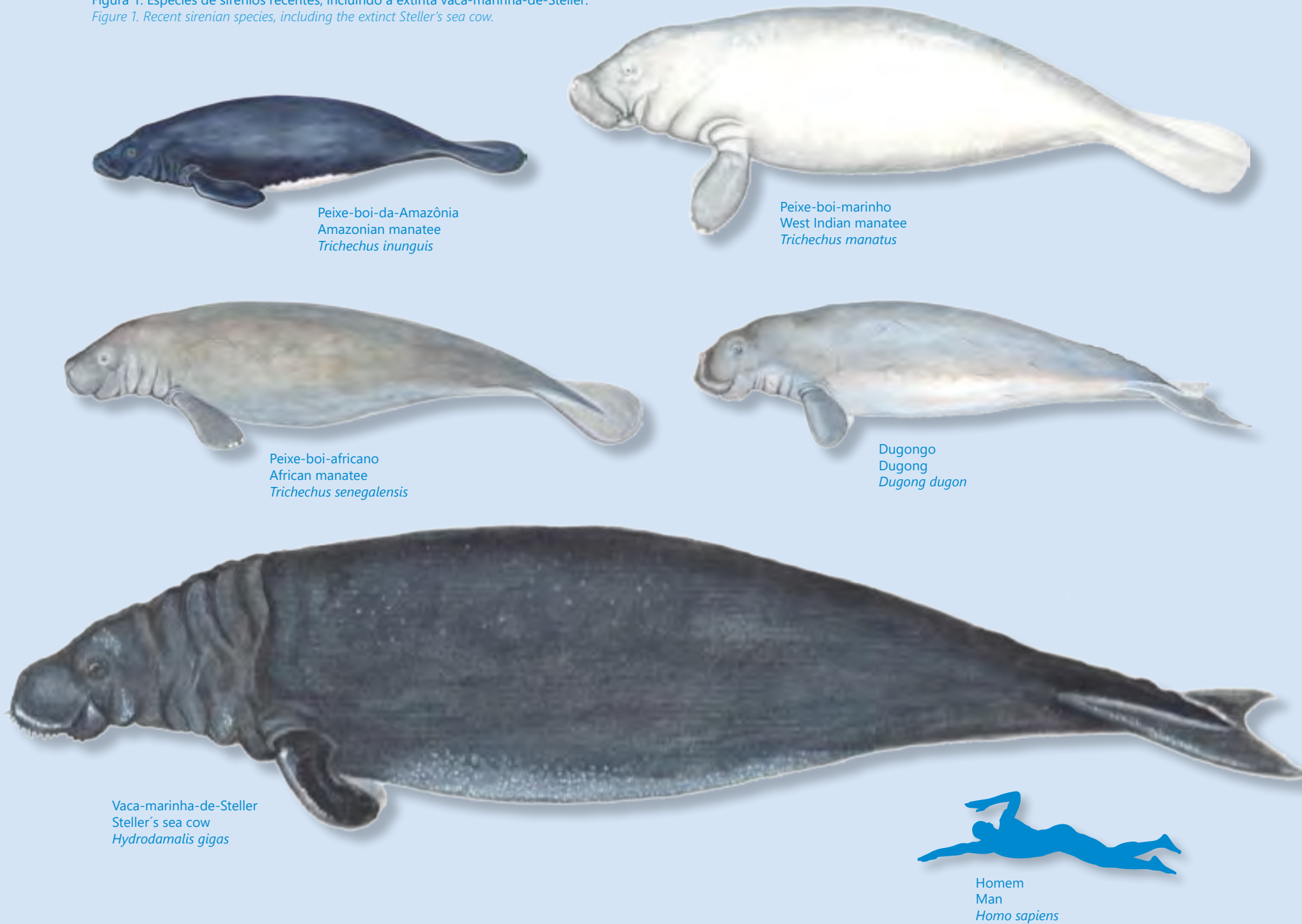


Ana Carolina Oliveira de Meirelles
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems – AQUASIS

Miriam Marmontel
Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá
Mamirauá Institute for Sustainable Development

Renata Santoro de Souza Lima Mobley
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Federal University of Rio Grande do Norte

Figura 1. Espécies de sirênios recentes, incluindo a extinta vaca-marinha-de-Steller.
Figure 1. Recent sirenian species, including the extinct Steller's sea cow.



Evolução e filogenia Evolution and phylogeny

A Ordem Sirenia é formada por apenas quatro espécies viventes que pertencem a duas famílias: Trichechidae e Dugongidae. Na família Trichechidae há três representantes: o peixe-boi-marinho ou peixe-boi-das-Índias-Occidentais (*Trichechus manatus* Linnaeus, 1758); o peixe-boi-da-Amazônia (*T. inunguis* Natterer, 1883); e o peixe-boi-africano (*T. senegalensis* Link, 1795). A família Dugongidae tem uma espécie, o dugongo (*Dugong dugon* Lacépède, 1799). Entretanto, outra espécie desta família vivia até pouco tempo nas frias águas do mar de Bering, a vaca-marinha-de-Steller (*Hydrodamalis gigas* Zimmerman, 1790) (Figura 1).

A evolução dos sirênios ocorreu como a dos cetáceos, em uma transição da terra de volta para o mar (DOMNING, 2001a). Estudos morfológicos e moleculares indicam que os sirênios estão agrupados junto com os Hyracoidea (hiraxes), os Proboscidea (elefantes) e outros grupos extintos (e.g., Desmostylia) na superordem Afrotheria, clado Paenungulata (GHEERBRANT *et al.*, 2005; TABUCE *et al.*, 2008).

Muitos dos registros fósseis mais antigos destas ordens são do Período Paleogeno (entre 60 e 40 milhões de anos atrás), encontrados na África (STANHOPE, 1998; TABUCE *et al.*, 2008). Os primeiros fósseis de sirênios registrados são do começo do Eoceno, aproximadamente 50 milhões de anos atrás (SAVAGE *et al.*, 1994). Neste período, o clima era mais quente do que o atual e as correntes marinhas se deslocavam principalmente ao redor do equador (IVANY *et al.*, 2003). Assim, naquela época os sirênios se dispersaram para o mar do Caribe a partir do mar de Tétis, ou canal de Tétis, formado entre os supercontinentes da Laurásia e Gondwana (DOMNING *et al.*, 1982).

Até 2012, aproximadamente 61 espécies de sirênios (SELF-SULLIVAN *et al.*, 2014; VÉLEZ-JUARBE; DOMNING, 2014) foram descritas em quatro famílias. Com exceção da vaca-marinha-de-Steller, a maioria das espécies de sirênios tem ou tinha distribuição tropical ou subtropical.

A família Trichechidae surgiu no fim do Eoceno ou começo do Oligoceno, há aproximadamente 38 milhões de anos. A origem ainda não é certa. A primeira hipótese (DOMNING, 1982; SAGNE, 2001) é de que os triquequídeos derivaram dos protosirênios que chegaram à América do Sul no Eoceno. Entretanto, uma análise cladística através de morfologia fóssil indicou que esse grupo evoluiu dos dugongídeos haliteríneos (DOMNING, 1994).

Os primeiros triquequídeos eram animais completamente aquáticos e duas subfamílias são reconhecidas: a extinta Miorireniinae e a Trichechinae. Todos os Trichechinae eram herbívoros e incluíam os gêneros: *Sirenotherium*, possivelmente do começo do Mioceno, descrito por Couto (1967) no Brasil; *Potamosiren* (REINHART, 1951), do meio do Mioceno, na Colômbia; e *Ribodon* (AMEGHINO, 1883), do fim do Mioceno e começo do Plioceno, aproximadamente seis milhões de anos atrás, na Argentina e na Carolina do Norte (EUA). Espécimes deste gênero possuíam um novo padrão de substituição de dentes ao longo da vida, que teve importante papel na evolução e distribuição dos sirênios. Provavelmente deram origem aos triquequídeos atuais.

The Order Sirenia is formed by only four living species belonging to two families: Trichechidae and Dugongidae. In the family Trichechidae there are three representatives: the West Indian manatee (*Trichechus manatus* Linnaeus, 1758); the Amazonian manatee (*T. inunguis* Natterer, 1883); and the African manatee (*T. senegalensis* Link, 1795). The family Dugongidae has one species, the dugong (*Dugong dugon* Lacépède, 1799). However, until recently, another species from this family lived in the cold waters of the Bering Sea, the Steller's sea cow (*Hydrodamalis gigas* Zimmerman, 1790) (Figure 1).

Sirenian evolution occurred similarly to the cetaceans, in a transition from land back into the sea (DOMNING, 2001a). Morphological and molecular studies indicate that the sirenians are grouped together with the Hyracoidea (hiraxes), the Proboscidea (elephants) and other extinct groups (e.g., Desmostylia) in the superorder Afrotheria, clade Paenungulata (GHEERBRANT *et al.*, 2005; TABUCE *et al.*, 2008).

Many of the oldest fossil records of these orders were found in Africa and are from the Paleogene period (between 60 and 40 million years ago) (STANHOPE, 1998; TABUCE *et al.*, 2008). The first records of sirenian fossils are from the beginning of the Eocene, about 50 million years ago (SAVAGE *et al.*, 1994). In this period, the climate was warmer and the marine currents travelled mainly around the equator (IVANY *et al.*, 2003). Thus, at that time the sirenians dispersed to the Caribbean Sea from the Tethys Sea, or Tethys channel, formed between the Laurasia and Gondwana supercontinents (DOMNING *et al.*, 1982).

By 2012, approximately 61 sirenian species (SELF-SULLIVAN *et al.*, 2014; VÉLEZ-JUARBE; DOMNING, 2014) had been described in four families. With the exception of Steller's sea cow, the majority of sirenian species has or had tropical or subtropical distributions.

The Trichechus family arose at the end of the Eocene or early Oligocene, approximately 38 million years ago. Their origin is still uncertain. The first hypothesis (DOMNING, 1982; SAGNE, 2001) is that the Trichechidae derive from the protosirenians that arrived in South America in the Eocene. However, a cladistic analysis using fossil morphology indicated that this group evolved from Halitheriinae Dugongidae (DOMNING, 1994).

The first Trichechidae were fully aquatic animals and two subfamilies are recognized: the extinct Miorireniinae and the Trichechinae. All Trichechinae were herbivores and included the genera: *Sirenotherium*, possibly from the beginning of the Miocene, described by Couto (1967) in Brazil; *Potamosiren* (REINHART, 1951), in the mid-Miocene, in Colombia; and *Ribodon* (AMEGHINO, 1883), from the end of the Miocene and early Pliocene, approximately six million years ago, in Argentina and North Carolina (USA). Specimens from this genus exhibited a new tooth replacement pattern throughout life, which had an important role in the development and distribution of sirenians. They probably gave rise to the existing Trichechidae.

The genus Trichechus emerged during the transition between the Pliocene and the Pleistocene, approximately 1.8 million years ago in the western Amazon region (DOMNING, 1982a). Morphological studies indicate that the African and the West Indian manatees originated from very similar ancestors, while the Amazonian manatee would be the most derived of the three species, having originated from an ancestor of the West Indian manatee. According to Domning (1982a), it is likely that coastal manatees have entered the Amazon basin through an opening that existed from the Pacific Ocean or through some existing connection in the Caribbean. At the beginning of the Pliocene, with the elevation of the Andes, the opening into the Pacific closed, isolating some individuals that gave origin to the Amazonian manatees.

O gênero *Trichechus* surgiu na transição entre o Plioceno e o Pleistoceno, há cerca de um milhão e oitocentos mil anos, no oeste da região amazônica (DOMNING, 1982a). Estudos morfológicos indicam que o peixe-boi-africano teve origem de ancestrais bem parecidos com o do peixe-boi-marinho. Já o peixe-boi-da-Amazônia seria a espécie mais derivada destas três, também tendo origem de um ancestral do peixe-boi-marinho. De acordo com Domning (1982a), é provável que peixes-bois costeiros tenham entrado na bacia amazônica através da saída que existia para o oceano Pacífico ou através de alguma conexão existente no Caribe. No início do Plioceno, com a elevação dos Andes, a saída que existia para o Pacífico se fechou, isolando alguns indivíduos que deram origem ao peixe-boi-da-Amazônia.

Destas três espécies, apenas o peixe-boi-marinho atualmente tem uma divisão subespecífica aceita. Em 1934, Hatt propôs a existência de duas subespécies de *T. manatus*: *T. m. manatus* para os animais das Índias Ocidentais, mar do Caribe e a costa e os estuários do norte da América do Sul; e *T. m. latirostris* para os indivíduos da costa e dos rios dos Estados Unidos, da Carolina do Norte até a costa do Golfo do México. Entretanto, esta distinção nunca foi adequadamente demonstrada. Apenas em 1986, através da análise da morfologia do crânio, Domning e Hayek (1986) analisaram a divisão proposta e sugeriram que fosse aceita. No entanto, dados genéticos (GARCIA-RODRIGUEZ *et al.*, 1998; VIANNA *et al.*, 2006; NOURISSON *et al.*, 2011), citogenéticos e de morfologia tridimensional do crânio (BARROS, 2014), utilizando técnicas e metodologias de análise mais modernas, têm encontrado resultados que não estão de acordo com a divisão subespecífica proposta, indicando uma necessidade urgente de revisão taxonômica da família.

Of these three species, only the West Indian manatee currently has an accepted sub-specific division. In 1934, Hatt proposed the existence of two T. manatus subspecies: T. m. manatus for the animals from the West Indies, the Caribbean sea and the northern South American coast and estuaries; and T. m. latirostris for individuals from the coast and the rivers of the United States, from North Carolina to the Gulf of Mexico. However, this distinction was never adequately demonstrated. Only in 1986, through the analysis of skull morphology, Domning and Hayek (1986) analysed the proposed division and suggested it should be accepted. However, genetic (GARCIA-RODRIGUEZ et al., 1998; VIANNA et al., 2006; NOURISSON et al., 2011), cytogenetic and three-dimensional morphology of the skull data (BARROS, 2014), using more modern analysis techniques and methodologies, found results that are not in accordance with the sub-specific division proposed, indicating an urgent need for taxonomic revision of the family.

Anatomia e fisiologia

Anatomy and physiology

O peixe-boi-marinho é um animal robusto, com a cabeça pequena em proporção ao corpo e com uma cauda circular achatada, em forma de remo. Seus olhos são pequenos e profundos e todo o aparelho auditivo é interno. Na ponta do focinho, que é grande e proeminente, encontra-se um par de narinas semi-circulares recobertas por tampões que se abrem quando o animal emerge para respirar. Ao redor do focinho são encontradas vibrissas táteis, de coloração acinzentada (Figura 2) e o lábio superior preênsil, que, junto com as nadadeiras, ajudam o peixe-boi a manipular o alimento. A espécie não possui membros posteriores. Suas nadadeiras peitorais são longas e nas extremidades arredondadas são encontradas de três a quatro unhas (Figura 3). Essas nadadeiras são altamente flexíveis, o que permite a um peixe-boi se deslocar sobre um substrato e manipular alguns itens de sua alimentação. Uma mama está localizada abaixo de cada nadadeira peitoral, na região axilar, semelhante ao que é observado nos elefantes. A anatomia geral do peixe-boi pode ser vista na figura 4.

A pele do peixe-boi-marinho é grossa, de coloração que varia de cinza a marrom, e coberta por esparsos pelos. Normalmente, a espécie não possui manchas brancas ou rosas na região ventral, como o peixe-boi-da-Amazônia. Entretanto, uma proporção relativamente alta de animais resgatados encahados nas praias do litoral do Ceará e Rio Grande do Norte apresentavam despigmentações no ventre (14%; Aquasis, dados não publicados) (Figura 5).

Não há dimorfismo sexual e a única forma de identificar machos e fêmeas é através da posição da abertura genital. Nos machos, esta se encontra próxima ao umbigo, enquanto em fêmeas localiza-se próxima ao ânus (Figura 6).

Os peixes-bois adultos atingem comprimento total de 3,5 metros e peso de 700 kg. Entretanto, excepcionalmente alguns animais podem chegar a 4,0 m de comprimento e 1.600 kg de peso. No Brasil, a maioria das informações biométricas da espécie vem de espécimes encahados (PARENTE *et al.*, 2004; MEIRELLES, 2008; SILVA, 2010). Os maiores espécimes registrados encahados foram fêmeas e tinham 3,35m (PARENTE *et al.*, 2004) e 3,18m (MEIRELLES *et al.*, 2009). Recentemente, alguns indivíduos nativos foram capturados em Icapuí, no leste do estado do Ceará, durante o Subprojeto de Monitoramento de Sirênios, um projeto de avaliação de impactos estabelecido no âmbito do licenciamento ambiental federal conduzido pelo IBAMA. O maior animal registrado foi uma fêmea de 3,13 m de comprimento e 672 kg. O único macho capturado tinha 2,96 m e 405 kg de peso (PETROBRAS, 2014). Em cativeiro, o maior tamanho registrado é de uma fêmea de cerca de 28 anos de idade, chamada Xuxa, que mede 3,30 m de comprimento.

Os filhotes da espécie nascem com aproximadamente 1,22 m de comprimento (0,80-1,60 m) (MARMONTEL, 1995; RATHBUN *et al.*, 1995). No Brasil, dados de filhotes recém-nascidos encahados vivos no litoral do semi-árido indicam um tamanho médio de nascimento de 1,26 m (1,06-1,41 m) (MEIRELLES, 2008; Aquasis, dados não publicados). Entretanto, um filhote de 80 cm de comprimento foi resgatado vivo no Rio Grande do Norte, mas veio ao óbito em cativeiro (PARENTE *et al.*, 2004). Como este foi um registro único, acredita-se que deveria ser um animal prematuro.



Figura 2. Vibrissas táteis encontradas ao redor do focinho do peixe-boi.
Figure 2. Tactile vibrissae found around the manatee's snout.

The manatee is a robust animal, with a small head in proportion to the body, and with a flat circular tail, shaped like a paddle. Their eyes are small and deep and the hearing apparatus is internal. At the tip of the snout, which is large and prominent, there is a pair of semi-circular nostrils covered by tampons that open up when the animal emerges to breathe. Around the snout there are greyish tactile vibrissae (Figure 2) and, along with the flippers, the prehensile upper lips help the manatees to manipulate food. The species does not possess hind limbs. Its flippers are long and at the rounded edges there are three to four nails (Figure 3). These flippers are extremely flexible, which allows a manatee to move over a substrate and manipulate some of its food items. One teat is located below each flipper, in the axillary region, similar to that observed in elephants.

The manatee's skin is thick, varies from grey to brown in colour and is sparsely covered by hairs. Normally, the species does not have a white or pink belly patch, such as the Amazonian manatee. However, a high proportion of animals rescued stranded on the beaches along the coast of Ceará and Rio Grande do Norte had white belly patches (14%; Aquasis, unpublished data) (Figure 5).

There is no sexual dimorphism and the only way to differentiate males from females is through the position of the genital opening. In males, this is near the umbilicus, while in females it is located closer to the anus (Figure 6).

Adult manatees can measure up to 3.5 meters and weigh 700 kg. However, exceptionally, some animals can reach 4.0 m in length and 1,600 kg of weight. In Brazil, most of the biometric information comes from stranded specimens (PARENTE et al., 2004; MEIRELLES, 2008; SILVA, 2010). The largest specimens recorded stranded were females and measured 3.35 m (PARENTE et al., 2004) and 3.18 m (MEIRELLES et al., 2009). Recently, some wild individuals were captured in Icapuí, eastern Ceará state, during the

Apesar do pequeno tamanho do olho (Figura 7) e dos primeiros estudos sugerirem que o peixe-boi não tem boa visão, observações e pesquisas posteriores sugeriram que em boas condições de luz e turbidez da água, indivíduos dessa espécie podem enxergar a até 35 m de distância. A presença de bastonetes e dois tipos de cones na retina (COHEN *et al.*, 1982) indica o uso da visão não somente de dia, mas no crepúsculo e à noite (MARSH *et al.*, 2011). Além disso, a espécie possui visão dicromática colorida, diferenciando verde e azul de diferentes tons de cinza, mas não distinguindo o cinza de vermelho e azul-esverdeado (GRIEBEL; SCHMIDT, 1996). Este tipo de visão é comum em animais diurnos, como os elefantes e hyraxes, espécies vivas terrestres mais próximas dos sirênios. Uma característica única presente no olho do peixe-boi é a vascularização da córnea (HARPER *et al.*, 2005), ausente em outros mamíferos, inclusive no dugongo. De acordo com Harper (2004), esta seria uma adaptação evolutiva, possivelmente devido à habilidade do peixe-boi-marinho de se mover entre os ambientes de água doce, salobro e marinho livremente.

Tanto os peixes-bois quanto os cetáceos não possuem um órgão vomeronasal, que é essencial para o olfato (MACKAY-SLIM *et al.*, 1985). Entretanto, os primeiros têm algumas estruturas olfatórias, além de um bulbo rudimentar, que de acordo com Reep *et al.* (2007), é um dos menores entre os mamíferos, quando comparado ao tamanho do corpo. Hartman (1979) descreveu que os peixes-bois utilizam mais a boca para “cheirar” do que as narinas. Sua língua possui papilas gustativas na parte de trás, na superfície dorsal e nas laterais, conferindo à espécie a capacidade de sentir gosto e de perceber sinais do ambiente e talvez de conspecíficos, como feromônios. Uma combinação de paladar e olfato pode ser empregada para evitar o consumo de certas plantas, assim como para reconhecer outros animais e identificar se uma fêmea está no cio.

O peixe-boi-marinho tem grande mobilidade entre ambientes marinho, de água doce e intermediários. Esses animais têm mecanismos endócrinos e renais similares aos observados em outros mamíferos para evitar a desidratação em um ambiente hipersalino, entretanto não ingerem água do mar (mariposia) como outros mamíferos marinhos que têm rins lobulados. Caso os peixes-bois permaneçam longos períodos sem acesso a alimento e água doce, eles podem obter água pela oxidação da gordura (ORTIZ *et al.*, 1999), o que acarretará na perda de peso e desidratação ao longo do tempo. Assim, na natureza a ingestão de água doce é crucial para a sobrevivência da espécie. Os filhotes em fase de lactação também têm a mesma necessidade (ORTIZ; WORTHY, 2006). Estas observações demonstram que habitats que fornecem este importante recurso são cruciais para a sobrevivência da espécie.

No Brasil, os peixes-bois vivem em ambientes estuarinos e costeiros ou exclusivamente em ambientes costeiros, como na costa do semi-árido do nordeste, entre o litoral leste do Ceará e o noroeste do Rio Grande do Norte. Nesta região, os animais utilizavam alguns estuários historicamente (CHOI, 2011), mas devido a sua degradação, atualmente habitam exclusivamente a área marinha deste litoral. Nesta região há disponibilidade de água doce dos aquíferos subterrâneos, que emergem no fundo do mar, ficando expostos em alguns locais durante a maré seca. Essas ressurgências são chamadas de olhos d’água ou “olheiros” (Figura 8). A qualidade destes aquíferos é de grande importância para a saúde da população de peixes-bois que habita a região. Estudos preliminares realizados pela Aquasis no Projeto Manatí indicam que a água do lençol freático não é própria para o consumo humano, por ter níveis elevados de cloretos e



Figura 3. Unhas encontradas nas nadadeiras peitorais.
Figure 3. Nails found on manatee flippers.

Sirenian Monitoring Subproject, an impact assessment project established under the federal environmental licensing conducted by IBAMA. The largest animal registered was a female of 3.13 m in length and 672 kg. The only male captured measured 2.96 m and weighed 405 kg (PETROBRAS, 2014). In captivity, the largest size ever recorded was of a female of about 28 years of age, called Xuxu, measured 3.30 m in length.

The calves are born with approximately 1.22 m in length (0.80-1.60 m) (MARMONTEL, 1995; RATHBUN *et al.*, 1995). In Brazil, data from newborn calves stranded alive on the coast of the semi-arid indicate an average birth size of 1.26 m (1.06-1.41 m) (MEIRELLES, 2008; Aquasis, unpublished data). However, an 80 cm calf was rescued alive in the state of Rio Grande do Norte, but died in captivity (PARENTE *et al.*, 2004). As this was a single record, it is believed to have been a premature animal.

Despite the eyes being very small (Figure 7) and the first studies having indicated that manatees do not have good eyesight, subsequent observations and studies have shown that in good light and water turbidity conditions, individuals of this species can see up to 35 m away. The presence of rods and two kinds of cones in the retina (COHEN *et al.*, 1982) indicates the use of vision not only during the day, but also at dusk and at night (MARSH *et al.*, 2011). In addition, this species has dichromatic colour vision, differentiating green and blue from different shades of grey, but not distinguishing grey from red from blue-green (GRIEBEL; SCHMIDT, 1996). This type of vision is common in diurnal animals, such as elephants and hyraxes, the closest living land relatives to the sirenians. A unique feature present in the eye of manatees is the vascularization of the cornea (HARPER *et al.*, 2005), absent in other mammals, including the dugong. According to Harper (2004), this would be an evolutionary adaptation, possibly due to the manatee's ability to move freely between freshwater, brackish and marine environments.

Neither manatees nor cetaceans have a vomeronasal organ, which is essential for the sense of smell (MACKAY-SLIM *et al.*, 1985). However, manatees have some olfactory structures, in addition to a rudimentary bulb, which, according to Reep *et al.* (2007),

Figura 4 Anatomia externa e interna de um peixe-boi.
Figure 4. Manatee internal and external anatomy.

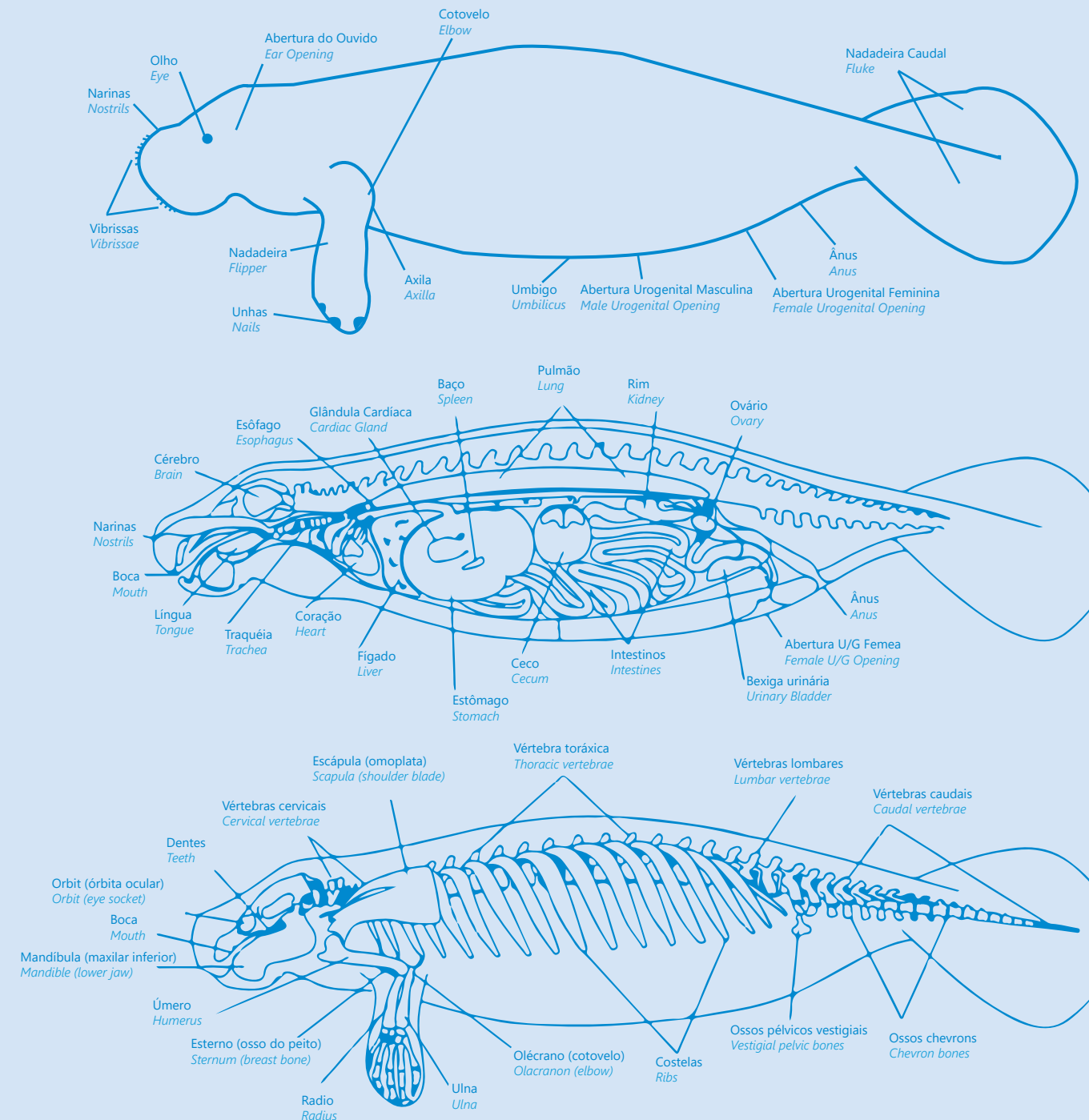
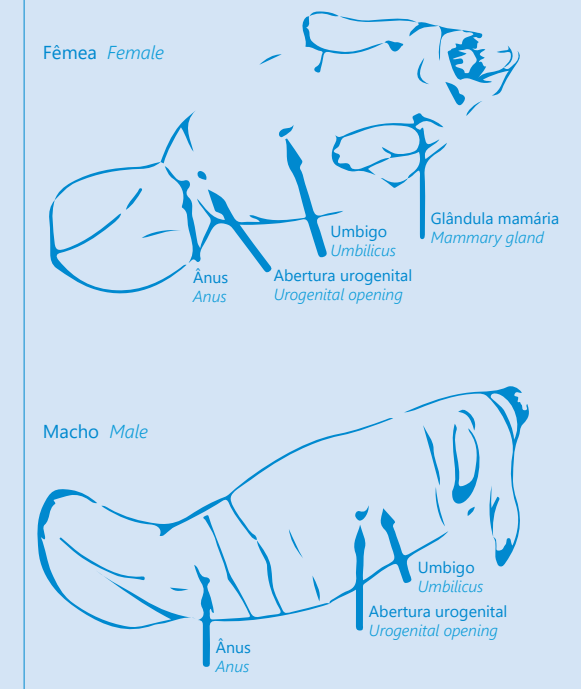


Figura 6. Posição da abertura genital na região ventral, diferenciando machos e fêmeas de peixe-boi.
Figure 6. Position of the genital opening in the ventral region differentiating manatee males from females.



sódio, além de contaminação microbiológica por coliformes fecais. A água de um dos poços estudado estava contaminada com *Klebsiella* sp., bactéria passível de causar doenças em peixes-bois.



Figura 5. Filhote de peixe-boi resgatado no Ceará com mancha branca no ventre.
Figure 5. Manatee calf rescued in Ceará with white spot on the belly.



Figura 7. Olho pequeno do peixe-boi.
Figure 7. The manatee's small eye.

is one of the smallest among mammals, in comparison to body size. Hartman (1979) described that the manatees use their mouth to "smell" rather than the nostrils. Their tongues have taste buds at the back, on the dorsal surface and on the sides, giving the species the ability to feel taste and to perceive environmental signals and perhaps from conspecifics, such as pheromones. A combination of taste and smell may be employed to prevent the consumption of certain plants, as well as to recognize other animals and identify if a female is in oestrus.

The manatee has great mobility among marine, freshwater and intermediary environments. These animals have endocrine and renal mechanisms similar to those observed in other mammals to avoid dehydration in a hypersaline environment, although they don't drink seawater (mariposia) unlike other marine mammals, which have reniculate kidneys. If manatees remain long periods without access to food and water, they can obtain water from fat oxidation (ORTIZ *et al.*, 1999), which will entail weight-loss and dehydration over time. Thus, in nature, the intake of fresh water is crucial for the survival of this species. Nursing calves also have the same need (ORTIZ; WORTHY, 2006). These observations demonstrate that habitats that provide this resource are crucial for the survival of the species.

In Brazil, manatees live in either estuarine and coastal environments and sometimes exclusively in coastal environments, such as on the coast of the semi-arid Northeast, between the east coast of Ceará and the northwest of Rio Grande do Norte. In this region, the animals historically used some estuaries (CHOI, 2011) but, due to their degradation, they currently inhabit exclusively the marine area of this coastline. In this region, freshwater is available from underground aquifers, which emerge from the bottom of the sea, being exposed in some locations during the low tide. They are called "olhos d'água" or "olheiros" (Figure 8). The quality of these aquifers is of great importance for the health of the population of manatees that inhabit the region. Preliminary studies carried out by Aquasis and the Manati Project indicate that the water is not fit for human consumption, having high levels of chlorides and sodium, as well as microbiological contamination by faecal coliforms. The water from one of the springs studied was contaminated by *Klebsiella* sp., a bacterium that can cause diseases in manatees.



Figura 8. Olho d'água entre as praias de Ponta Grossa e Retiro Grande, em Icapuí no leste do Ceará.
Figure 8. Fresh water spring ("olho d'água") between the beaches of Ponta Grossa and Retiro Grande, in Icapuí, eastern Ceará state.

Reprodução e estimativa de idade

Reproduction and age estimation

O peixe-boi-marinho é uma espécie qualificada como K-estrategista, com atributos de longevidade prolongada e reprodução lenta (baixa fecundidade, longos períodos interpartos e de cuidado materno). Uma compreensão de seus parâmetros reprodutivos e de mortalidade associados à idade são fundamentais para a modelagem de suas tendências populacionais. Idade de primeira maturação, primeiro parto e fecundidade relacionada à idade são importantes parâmetros biológicos para estudos demográficos e é sua interação com taxas de mortalidade que definirá a capacidade da população de se renovar.

Ao contrário da grande maioria dos mamíferos, o peixe-boi não mantém um registro de sua idade nas camadas de crescimento de seus dentes, uma vez que estes sofrem uma constante reposição ao longo da vida. Uma técnica desenvolvida por Marmontel (1993) utilizando o complexo timpano-periótico como estrutura para avaliação de idade, foi aplicada em 36 amostras de peixe-boi-marinho provenientes de carcaças e animais resgatados pelo Centro Mamíferos Aquáticos (CMA) do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio), em Itamaracá (PE). As idades estimadas variaram entre zero e 13 anos. Cinquenta e três por cento dos espécimes tiveram uma estimativa de idade menor do que um ano; 11% só puderam ter uma idade mínima estimada (entre 11 e 20 anos) e 8% apresentaram reabsorção óssea em grau tão elevado que as camadas de crescimento foram obliteradas, impedindo qualquer estimativa (VERGARA-PARENTE, 2009). Esta alta taxa de filhotes identificada deve-se ao fato de que o encalhe de neonatos é atualmente uma das maiores causas de morte da espécie no país, e tem sido hipotetizado que isto se deva à dificuldade das fêmeas de adentrarem estuários protegidos para parir (LIMA, 1997). Outra possibilidade é que a população esteja em crescimento e mais fêmeas jovens, inexperientes, estejam sendo incorporadas à população, sendo importante realizar estudo com carcaças para estimar a fecundidade das fêmeas (MEIRELLES *et al.*, 2014).

O peixe-boi-marinho mais velho conhecido no Brasil, uma fêmea denominada Xica, morreu em junho de 2015, aos 52 anos de idade. Este animal foi resgatado após encalhar em Pernambuco em 1963, e mantido em cativeiro inadequado até ser transferido para o CMA no início dos anos 1990. Sua idade está de acordo com estimativas para dugongos e peixes-bois da Flórida (MARMONTEL, 1995; MARSH, 1995; O'SHEA; LANGTIMM, 1995), que indicam uma longevidade de 73 e 60 anos, respectivamente.

Informações detalhadas sobre a anatomia reprodutiva do peixe-boi -marinho são derivadas principalmente de estudos desenvolvidos com o peixe-boi da Flórida (BONDE *et al.*, 1983; MARMONTEL, 1988). Dados acerca de comportamento e parâmetros reprodutivos da espécie no Brasil têm sido gerados a partir de observações em cativeiro nos oceanários do CMA e ao longo do litoral nordeste brasileiro, a partir de animais resgatados, reabilitados e posteriormente soltos e monitorados através de radiotelemetria. Entretanto, pouco tem sido publicado no país sobre o tema.

Peixes-bois-marinhos atingem a maturidade sexual em torno dos três anos de idade (MARMONTEL, 1995; O'SHEA; HARTLEY, 1995; RATHBUN *et al.*, 1995),



Figura 9. Filhotes gêmeos resgatados pela Aquasis na Praia de Fortim, no leste do Ceará.
Figure 9. Twin calves rescued by Aquasis at Praia de Fortim, eastern Ceará.

The manatee is qualified as a K-strategist species, with attributes of prolonged longevity and slow reproduction (low fecundity, long inter-birth intervals and maternal care). An understanding of their reproductive parameters and age-associated mortality are fundamental to model their population trends. Age of sexual maturity, first birth and fertility in relation to age are important biological parameters for demographic studies. Their interaction with mortality rates will define the population's ability to renovate itself.

Unlike the vast majority of mammals, manatees don't keep a record of their age on their teeth growth layers, because teeth are constantly replaced over life. A technique developed by Marmontel (1993), using the tympano-periotic complex as an age-evaluating structure, was applied to 36 manatee samples obtained from the carcasses and animals rescued by the Aquatic Mammals Centre (CMA) from the Chico Mendes Institute of Biodiversity (ICMBio), in Itamaracá (PE). The estimated ages ranged between zero and 13 years. Fifty-three per cent of the specimens had an age estimate of less than one year; 11% could only have a minimum age estimated (between 11 and 20 years) and 8% showed bone reabsorption rates so high that the growth layers had been obliterated, preventing any estimate (VERGARA-PARENTE, 2009). This high rate of calves identified is due to the fact that the stranding of neonates is currently one of the major causes of death of the species in the country, and it has been suggested that this is a result of the difficulty female manatees are having to enter sheltered estuaries to give birth (LIMA, 1997). Another possibility is that the population is growing, so young and inexperienced



(Foto: Acervo Aquasis)

Figura 10. Fêmea de peixe-boi com filhote recém-nascido nas instalações do Centro Mamíferos Aquáticos, em Pernambuco.

Figure 10. Female manatee with her newborn calf at the Aquatic Mammals Centre, Pernambuco.

embora muitos só estejam aptos a reproduzir com sucesso entre os cinco e oito anos (MARMONTEL, 1995). A fêmea denominada Sereia, quando deu à luz duas gêmeas em 1997 em cativeiro, tinha seis anos e meio de idade (PICANÇO *et al.*, 1998).

A espécie é poliovar, produzindo um conjunto de corpora *lutea* por ovário por episódio de prenhez, para garantir quantidades suficientes de progesterona para suportar uma gravidez; portanto, nem toda ovulação resulta em fertilização (MARMONTEL, 1988). Por outro lado, nem todos os eventos de cópula resultam em prenhez (LIMA *et al.*, 2005), o que poderia ser atribuído à ocorrência de pseudo-estro como sugerido por Hartman (1979), ou episódios de prática entre animais jovens. Por sua vez, nem todas fêmeas jovens conseguem levar a gestação a termo, seja por razões anatômicas ou fisiológicas, como é o caso em outros mamíferos. A experiência pode ser muito importante também para garantir o sucesso na criação do filhote, como atesta o caso da fêmea denominada Lua, resgatada como órfão dependente com 120 cm de comprimento total, em fevereiro de 1991, reabilitada no cativeiro de Itamaracá e liberada 3,5 anos depois. Lua perdeu os filhotes das duas primeiras gestações (2003, 2009), porém o sucesso da terceira (2013) foi comprovado até pelo menos seis meses depois do nascimento (LUNA, 2013).

O período de um cortejo reprodutivo envolvendo uma fêmea em estro e vários machos pode estender-se entre uma semana e um mês (HARTMAN, 1979). Quando receptiva, a mesma fêmea pode copular com vários machos em sequência (LUNA, 2013; LAZZARINI *et al.*, 2014). Este sistema de reprodução

females are being recruited, which makes it all the more important to study carcasses in order to estimate female fecundity (MEIRELLES *et al.*, 2014).

The oldest manatee known in Brazil, a female named Xica, died in June 2015 at 52 years of age. This animal was rescued after stranding in Pernambuco in 1963 and kept in unsuitable facilities until being transferred to the CMA at the beginning of the 1990's. Her age was similar to that estimated for dugongs and Florida manatees (MARMONTEL, 1995; MARSH, 1995; O'SHEA; LANGTIMM, 1995), which indicate a longevity of 73 and 60 years respectively.

Detailed information about manatee reproductive anatomy are derived primarily from studies with Florida manatees (BONDE *et al.*, 1983; MARMONTEL, 1988). Data about behaviour and reproductive parameters of manatees in Brazil have been generated from observations in captivity at the CMA facilities and along the northeast coast of Brazil, from animals rescued, rehabilitated and later released and monitored via radio. However, little has been published in the country on the topic.

Manatees reach sexual maturity at around three years of age (MARMONTEL, 1995; O'SHEA; HARTLEY, 1995; RATHBUN *et al.*, 1995), although many are only able to successfully reproduce between five and eight years (MARMONTEL, 1995). The female 'Sereia' (Mermaid) was six and a half years old when she gave birth to twins in captivity in 1997 (PICANÇO *et al.*, 1998).

The species is polyovular, producing a set of corpora lutea per ovary per episode of pregnancy, to ensure sufficient quantities of progesterone to support a pregnancy; therefore, not every ovulation results in fertilization (MARMONTEL, 1988). On the other hand, not all events of copulation result in pregnancy (LIMA *et al.*, 2005), which could be attributed to the occurrence of pseudo-oestrus, as suggested by Hartman (1979), or episodes of practice among young animals. Then again, not all young females are able to carry the pregnancy to full-term, which could be for anatomical or physiological reasons, as is the case in other mammals. Experience can be very important as well to ensure the success in calf rearing, as evidenced by the case of a female called Lua, rescued in February 1991 as a dependent orphan, with 120 cm of total length, rehabilitated in captivity at Itamaracá and released 3.5 years later. Lua lost the calves from her first two pregnancies (2003, 2009), but the success of the third (2013) has been proven for at least six months after birth (LUNA, 2013).

The courtship of a female in oestrus by several males may last between one week and one month (HARTMAN, 1979). When receptive, the same female can mate with several males in sequence (LUNA, 2013; LAZZARINI *et al.*, 2014). This reproduction system has been described as promiscuous (RATHBUN *et al.*, 1995; ANDERSON, 2002) and Reynolds *et al.* (2004) suggest the existence of sperm competition as a mechanism of sexual selection. The mating behaviour, observed both in captivity and in the wild (LIMA *et al.*, 2005; LIMA, 2008; MEDINA, 2008; LAZZARINI *et al.*, 2014), consists of the male positioning obliquely, with the belly facing up and the head outside the water, embracing the female, which is in a horizontal position on the surface. During the final third of the gestation, the teats, located in the axillary region, increase in volume, and the vulvar region shows signs of oedema (LIMA *et al.*, 2005; LAZZARINI *et al.*, 2014). The reproductive period of manatees in the Brazilian Northeast occurs during spring (LIMA, 2008; MEIRELLES, 2008). Estuaries, as Mamanguape (PB) or Maracaípe (PE), serve as nurseries, where the females give birth and care for the calves (SILVA *et al.*, 1992; PALUDO, 1997; LIMA *et al.*, 2005; LUNA *et al.*, 2008). However, on the semi-arid coast, on the east of Ceará and northwest of Rio Grande do Norte, the females give birth in both open sea and bays (MEIRELLES, 2008).

The gestation lasts around 12 months (RATHBUN *et al.*, 1995) and the manatees are uniparous (MARMONTEL *et al.*, 1992). However, in 1997, the female Sereia gave birth to twins in an oceanarium in Pernambuco (PICANÇO *et al.*, 1998) and in October 2015, two twin calves were rescued at a beach in Ceará (A. C. O. Meirelles, personal communication) (Figure 9). Cases of adoption are also rare but may occur after abortion or death shortly after birth (ATTADEMO *et al.*, 2010; LAZZARINI *et al.*, 2014).

tem sido descrito como promíscuo (RATHBUN *et al.*, 1995; ANDERSON, 2002) e Reynolds *et al.* (2004) sugerem a existência de competição espermática como mecanismo de seleção sexual. O comportamento de cópula, observado em situação de cativeiro e na natureza (LIMA *et al.*, 2005; LIMA, 2008; MEDINA, 2008; LAZZARINI *et al.*, 2014), consiste no macho posicionando-se obliquamente, com o ventre voltado para cima e a cabeça fora d'água, abraçando a fêmea, que fica em posição horizontal na superfície. No terço final da gestação, as mamas, localizadas na região axilar, aumentam em volume, e a região vulvar apresenta sinais de edemaciamento (LIMA *et al.*, 2005; LAZZARINI *et al.*, 2014). O período reprodutivo do peixe-boi no nordeste brasileiro ocorre nos meses de primavera (LIMA, 2008; MEIRELLES, 2008). Estuários, como Mamanguape (PB) ou Maracaípe (PE), servem como berçários onde as fêmeas parem e cuidam de filhotes (SILVA *et al.*, 1992; PALUDO, 1997; LIMA *et al.*, 2005; LUNA *et al.*, 2008). Entretanto, no litoral do semiárido, no leste do Ceará e noroeste do Rio Grande do Norte, as fêmeas dão à luz em mar aberto ou enseadas (MEIRELLES, 2008).

A gestação da espécie dura em torno de 12 meses (RATHBUN *et al.*, 1995), e os peixes-bois são uníparos (MARMONTEL *et al.*, 1992). Entretanto, em 1997, a fêmea Sereia deu à luz a duas gêmeas em um oceanário de Pernambuco (PICANÇO *et al.*, 1998), e em outubro de 2015, dois filhotes gêmeos foram resgatados em uma praia do Ceará (A.C.O. Meirelles, com. pess.) (Figura 9). Casos de adoção também são raros, podendo ocorrer após aborto ou morte da cria pouco depois de nascer (ATTADEMO *et al.*, 2010; LAZZARINI *et al.*, 2014).

Borges e colaboradores (2012), analisando dados biométricos de 38 filhotes resgatados (76% dos quais ainda com resquícios de cordão umbilical) e nove nascidos em cativeiro documentaram que os peixes-bois nascem com um comprimento médio de 123 cm e 34 kg de peso.

Um dos índices de sucesso das devoluções ao ambiente natural de animais resgatados e reabilitados é o sucesso reprodutivo através da gestação de fêmeas liberadas a médio e longo prazos (LIMA *et al.*, 2007). Lua foi o primeiro animal reabilitado a dar à luz no ambiente natural, em dezembro de 2003, aos 12 anos de idade (LIMA *et al.*, 2005), e gerou outros dois filhotes subsequentemente, mas apenas o terceiro sobreviveu.

Os peixes-bois são considerados essencialmente solitários, sendo a associação entre a fêmea adulta e seu filhote a interação mais forte (HARTMAN, 1979) (Figura 10). Observações em campo da fêmea Lua e sua primeira cria documentaram o contato próximo entre mãe e filhote, com emergências sincronizadas à superfície e, aparentemente evitando o contato humano (LIMA *et al.*, 2005). Esta forte associação permanece pelo período de lactação, de aproximadamente dois anos (HARTMAN, 1979). O intervalo entre gestações é de dois a três anos em média (RATHBUN *et al.*, 1995; HARTMAN, 1979).

Em cativeiro, os peixes-bois se reproduzem com relativa facilidade, o que foi especialmente propiciado aos animais abrigados no CMA, pela manutenção de machos e fêmeas de idade reprodutiva em um mesmo recinto (Figura 11). O primeiro nascimento de peixe-boi-marinho em cativeiro no país ocorreu em 1996 (LUNA, 2013). Ao longo dos últimos 20 anos, já ocorreram pelo menos 13 nascimentos (sendo dois natimortos) e dois abortos nos oceanários de Itamaracá (LIMA, 2008; LUNA *et al.*, 2010; LIMA; PASSAVANTE, 2013; LUNA, 2013). O peixe-boi-marinho mais antigo mantido em cativeiro (Xica) reproduziu quatro vezes (incluindo dois abortos), a última em 2007, com sucesso, aos 45 anos de idade. Embora não exista evidência de senescência em peixes-bois (MARMONTEL,



(Foto: Acervo Aquasis)

Figura 11. Peixe-boi em cativeiro no Centro Mamíferos Aquáticos, em Pernambuco.

Figure 11. Captive manatee at the Aquatic Mammals Centre, in Pernambuco.

Borges and collaborators (2012) analysed biometric data from 38 rescued calves (76% of which still showed remnants of the umbilical cord) and nine born in captivity and documented an average length of 123 cm and 34 kg of weight for newborn manatees.

The success of the reintroduction of rescued and rehabilitated animals into the wild environment is considered in terms of reproductive success, when reintroduced females get pregnant, in the medium and long terms (LIMA *et al.*, 2007). Lua was the first rehabilitated animal to give birth in the natural environment, in December 2003, at 12 years of age (LIMA *et al.*, 2005), and generated two other calves subsequently, but only the third one survived.

Manatees are considered essentially solitary animals and the association between the adult female and her calf is the strongest bond (HARTMAN, 1979). Observations in the wild of female Lua and her first calf documented the close contact between mother and calf, with synchronized surfacing and, apparently, avoidance of human contact (LIMA *et al.*, 2005). This strong association remains throughout the lactation period of approximately two years (HARTMAN, 1979). The interval between pregnancies is two to three years on average (RATHBUN *et al.*, 1995; HARTMAN, 1979).

In captivity, manatees reproduce relatively easily, which was especially promoted among the animals housed at the CMA by keeping males and females of reproductive age in the same enclosures (Figure 11). The first captive manatee birth in the country occurred in 1996 (LUNA, 2013). Over the past 20 years, at least 13 births (two stillbirths) and two abortions have occurred in the Itamaracá oceanarium (LIMA, 2008; LUNA *et al.*, 2010; LIMA; PASSAVANTE, 2013; LUNA, 2013). The oldest manatee kept in captivity (Xica) reproduced four times (including two abortions), the last in 2007, with success, at 45 years of age. Although there is no evidence of senescence in manatees (MARMONTEL, 1995), Xica was a geriatric female and, according to Luna (2013), should not have participated in a breeding program.

1995), Xica era uma fêmea geriátrica, e de acordo com Luna (2013), não deveria participar de um programa de reprodução.

Os fundadores da população cativa do Brasil são dois machos e quatro fêmeas, todos ingressados em cativeiro quando filhotes dependentes, e já com certo grau de parentesco. Estes animais foram mantidos nos mesmos recintos sem um plano de reprodução, tendo reproduzido entre si desde 1996. Em razão disso, a grande maioria dos animais atualmente em cativeiro tem alto grau de endogamia (LUNA, 2013). A existência de hibridização entre peixes-bois-amazônicos e marinhos na foz do rio Amazonas, embora não seja frequente, foi documentada por Vianna *et al.* (2006). Um dos animais do estudo (denominado Poque) permanece em cativeiro no CMA e é o suposto pai de pelo menos um dos animais nascidos em cativeiro (LUNA, 2013).

A estimativa populacional de peixes-bois-marinhos no Brasil atualmente é de 500 a 1000 animais (ALVES, 2013; LIMA, 1997; LUNA, 2001; LUNA; PASSAVANTE, 2010). Enquanto um mínimo de 500 animais reprodutores é sugerido como necessário para garantir a sobrevivência a longo prazo e a prevenção da endogamia excessiva (WRIGHT, 1951), números na ordem dos milhares são necessários para manter o potencial evolucionário da população (FRANKLIN, 1980; REED *et al.*, 2003). Como a espécie no Brasil apresenta pequeno tamanho populacional e baixa diversidade genética, é altamente suscetível aos efeitos deletérios genéticos (LUNA, 2013). Desta forma, ações de manejo e conservação envolvendo o peixe-boi-marinho no Brasil devem ter caráter altamente conservador. A fim de evitar futuros casos de endogamia nos recintos de reabilitação, recomendam-se cuidados no manejo reprodutivo em cativeiro, incluindo separar machos de fêmeas adultos; separar filhotes nascidos em cativeiro, com mais de dois anos, de seus pais ou parentes; e, caso um programa de reprodução em cativeiro seja julgado necessário frente alguma possibilidade de extinção, fazer análise criteriosa de *studbook* e pedigree para selecionar candidatos ao pareamento. A liberação de animais reabilitados ao ambiente natural para suplementar populações, com atento planejamento ao local de soltura de cada indivíduo de acordo com sua estrutura genética, o direcionamento de animais a reocupar áreas de ocupação histórica, e esforços para manter corredores de viagem que garantam a conectividade e o fluxo gênico da população são medidas conservacionistas adicionais para melhorar a conservação da espécie no Brasil.

The founders of the Brazilian captive population are two males and four females, all brought into captivity while still dependant calves and already with some degree of kinship. These animals were kept in the same enclosures without a breeding plan, reproducing among themselves since 1996. For this reason, the vast majority of animals currently in captivity have a high degree of inbreeding (LUNA, 2013). The hybridization between Amazonian and West Indian manatees near the mouth of the Amazon River, although infrequent, was documented by Vianna et al. (2006). One of the animals in the study (called Poque) remains in captivity at the Aquatic Mammals Centre and is the presumed father of at least one of the animals born in captivity (LUNA, 2013).

The estimated population of West Indian manatees in Brazil is currently 500 to 1000 animals (ALVES, 2013; LIMA, 1997; LUNA, 2001; LUNA; PASSAVANTE, 2010). While a minimum of 500 breeding animals is suggested as necessary to ensure the long-term survival and the prevention of excessive inbreeding (WRIGHT, 1951), figures in the order of thousands are needed to maintain the evolutionary potential of the population (FRANKLIN, 1980; REED et al., 2003). As the species in Brazil presents small population size and low genetic diversity, it is highly susceptible to deleterious genetic effects (LUNA, 2013). Thus, management and conservation actions involving the manatees in Brazil should be highly conservative. In order to prevent future cases of inbreeding in rehabilitation enclosures, greater care must be taken in the management of captive breeding, separating adult males from females, separating captive born calves older than two years from their parents or relatives and, if a captive breeding program is judged necessary in the face of any possibility of extinction, the careful analysis of the studbook and pedigree to select breeding candidates. The release of rehabilitated animals into the natural environment to increase the population must involve careful planning of the release site for each individual according to their genetic structure, directing animals to reoccupy areas of historical occupation, and efforts to maintain travel corridors to ensure connectivity and gene flow. These are additional measures to improve the conservation of the species in Brazil.

Alimentação e comportamento

Feeding and behaviour

O peixe-boi-marinho é um animal exclusivamente herbívoro. Como a espécie pode ocorrer em uma grande diversidade de habitats, como ambientes marinhos, de água doce e estuarinos, os animais se alimentam de uma variedade de plantas, que podem ser submersas, flutuantes ou emergentes e a escolha entre estes tipos irá depender da disponibilidade e valor nutricional de cada uma (MARSH *et al.*, 2011).

A maioria das informações disponíveis na literatura sobre itens alimentares de peixe-boi-marinho vem de observações feitas na Flórida, onde Hartmam (1979) descreveu a espécie como oportunista. Dentre os itens identificados na sua dieta estão: fanerógamas marinhas, mangues, plantas aquáticas submersas e flutuantes, além de plantas terrestres emergentes. As macroalgas, apesar de terem sido identificadas em amostras coletadas de espécimes, por terem sido registradas em baixa quantidade, foram indicadas como um consumo acidental, não fazendo parte da dieta da espécie, devido ao baixo valor nutricional. Alguns outros itens podem ser ingeridos ocasionalmente por esses animais, como invertebrados e vertebrados. De acordo com Ledder (1986), na Flórida, onde a espécie habita rios e águas costeiras, há uma preferência pelo consumo de plantas de água doce, seguidas pelas fanerógamas marinhas e plantas de ambientes salobros. Um estudo de isótopos estáveis (carbono e nitrogênio) comparando a proporção na pele de peixes-bois e a das plantas identificadas como constituintes da dieta da espécie, indicaram que dependendo da região, os peixes-bois alimentam-se primariamente de plantas de água doce ou fanerógamas (ALVES-STANLEY *et al.*, 2010). Entretanto, MacAvoy *et al.* (2015) analisando a proporção de isótopos estáveis de enxofre em ossos de peixes-bois e aqueles dos itens alimentares, indicou que os itens de água doce têm maior importância na dieta da espécie, não sendo evidente a variação geográfica descrita no estudo de Alves-Stanley (*op. cit.*).

Na Baía de Quetumal, no México, CastelBlanco-Martínez *et al.* (2009) observaram que os itens mais comuns registrados em fezes de peixes-bois foram as fanerógamas marinhas *Halodule wrightii*, *Thalassia testudinum* e *Ruppia* sp., nesta ordem, além do manguê vermelho (*Rhizophora mangle*). De acordo com os autores, os animais que habitam a baía podem utilizar o manguê vermelho como um alimento suplementar, uma vez que a biomassa de fanerógamas é baixa na região.

No Brasil, a dieta do peixe-boi-marinho tem sido registrada com base em observações dos animais na natureza e análises de conteúdos estomacais e de fezes. Em Sagi, no Rio Grande do Norte, Paludo (1998) registrou através de observações diretas que os peixes-bois se alimentavam em bancos de algas, onde uma grande proporção de algas vermelhas foi registrada. Borges *et al.* (2008) analisaram amostras de conteúdo estomacal de peixes-bois acidentalmente capturados no Rio Grande do Norte, Paraíba e Alagoas, além de amostras de fezes de animais reabilitados e soltos e nativos no norte da Paraíba. Uma vasta gama de itens foi registrada, como fanerógamas, algas e manguê. Os autores chamam a atenção para a significância de algas vermelhas encontradas nos conteúdos estudados. Estes achados estão de acordo com as observações diretas feitas por



Figura 12. Banco de capim-agulha na praia de Touros, Rio Grande do Norte.
Figure 12. Shoalgrass meadow at Touros Beach, Rio Grande do Norte.

The manatee is an exclusively herbivorous animal. As the species may occur in a wide variety of habitats, such as marine, freshwater and estuarine environments, the animals feed on a variety of plants, which may be submerged, floating or emergent, and the choice between these types will depend on the availability and nutritional value of each (MARSH et al., 2011).

The majority of the information available in the literature on manatee food items comes from observations made in Florida, where Hartmam (1979) described the species as opportunistic. Among the items identified in its diet are: seagrass, mangroves, submerged and floating aquatic plants, in addition to emerging terrestrial plants. The macroalgae, despite having been identified in samples collected from specimens, have been recorded in low quantity, thus were indicated as accidental consumption and not a part of the species' diet, due to their low nutritional value. These animals may ingest other items occasionally, such as invertebrates and vertebrates. According to Ledder (1986), in Florida, where the species inhabits rivers and coastal waters, there is a preference for consuming freshwater plants, followed by seagrass and plants from brackish environments. A study using stable isotopes (carbon and nitrogen) compared their proportion in the skin of manatees and plants identified as constituents of their diet and indicated that, depending on the region, the manatees feed primarily on freshwater plants or phanerogams (ALVES-STANLEY et al., 2010). However, MacAvoy et al. (2015)

Paludo (1998). Estas algas parecem estar presentes em abundância na costa da Paraíba, origem da maioria das amostras estudadas. Os achados indicam que as macroalgas são um importante item da dieta da espécie na região, diferente do que tem sido registrado em outros locais, onde este item parece ser consumido de forma ocasional ou acidental junto com fanerógamas.

No leste do Ceará, através do conhecimento tradicional das comunidades costeiras e da observação de animais na natureza a Aquasis (CAMPOS *et al.*, 2003; AQUASIS, 2006) identificou a fanerógama marinha conhecida popularmente como capim-agulha, *Halodule wrightii*, como o principal item da dieta da espécie (Figura 12). O estudo de Vasconcelos (2013) com oito amostras de conteúdo estomacal de animais encalhados no litoral leste do Ceará encontrou o mesmo resultado. Além disso, foram identificadas, em pequena quantidade, várias macroalgas nas amostras, principalmente *Hypnea musciformes*. Entretanto, esta alga é uma epífita observada nos bancos de fanerógamas da região (AQUASIS, 2006) e provavelmente foi ingerida junto com o capim-agulha. Apesar da vasta disponibilidade de macroalgas na região de Icapuí (ALBANO, 2006) onde uma população residente de peixes-bois pode ser observada ao longo do ano (ALVES, 2003, 2007), as macroalgas não foram consideradas importantes na dieta dos espécimes avaliados. Este fato deve-se provavelmente ao baixo teor calórico destas em comparação com as fanerógamas marinhas (DAWES, 1986; PRADHEEBA *et al.*, 2011). Como na região os animais não utilizam estuários nem ambientes de água doce, itens como mangue e marismas não fazem parte de sua dieta. Destaca-se em Icapuí a presença de significativos bancos de capim-agulha no Banco dos Cajuais, um importante delta de maré, localizado na desembocadura do estuário da Barra Grande, na Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra Grande, uma unidade de conservação municipal.

No litoral oeste do Ceará, na divisa com o Piauí, onde a espécie habita um grande estuário formado pelos rios Timonha e Ubatuba (Figura 13), além da área costeira adjacente, na APA Delta do Parnaíba, a Aquasis (2008) identificou uma maior variação na dieta da espécie. Além do capim-agulha, foram identificados como itens alimentares folhas de mangue e algas. Em adição, similar ao que foi reportado por Powell Jr (1978) na Flórida, pescadores da região indicaram que os peixes-bois se alimentam de peixes, principalmente tainhas (*Mugil sp.*) retirando-os das redes de pesca. De acordo com os relatos, este consumo é oportunista, o que não faz dos peixes um item da dieta da espécie.

No Brasil, Ciotti (2012) investigou a ecologia alimentar da espécie através da composição de isótopos estáveis (carbono e nitrogênio) de ossos e dentes de espécimes de coleções da Aquasis e do Centro Mamíferos Aquáticos, e dos possíveis constituintes da dieta da espécie (fanerógamas, macroalgas, mangues e marismas) em Alagoas, Paraíba, Ceará, Piauí e Maranhão. As análises mostraram uma variação geográfica na dieta do peixe-boi. Assim como no parágrafo descrito acima, os resultados obtidos indicam que no Ceará os peixes-bois se alimentam exclusivamente de fanerógamas marinhas, enquanto que, no Maranhão, os animais parecem se alimentar principalmente em ambientes de água doce e estuarino, ingerindo mangues e marismas. Na Paraíba, confirmando o reportado por Borges *et al.* (2008), o estudo indicou que os peixes-bois se alimentam principalmente de macroalgas, seguido de fanerógamas e mangue. Já em Alagoas, o principal item alimentar foram as fanerógamas marinhas, seguidas por macroalgas e mangues. No Piauí, a espécie se mostrou mais generalista, assim como descrito pela Aquasis (2008), consumindo os quatro tipos de plantas

analysed the ratio of stable sulphur isotopes in manatee bones and in food items and found that fresh water items had greater importance in the species' diet and that the geographic variation described in the study of Alves-Stanley (op. cit.) was not evident.

In the Bay of Quetumal, Mexico, CastelBlanco-Martinez et al. (2009) observed that the most common items recorded in the faeces of manatees were the seagrass Halodule wrightii, Thalassia testudinum and Ruppia sp., in this order, in addition to the red mangrove (Rhizophora mangle). According to the authors, the animals that inhabit the bay can use the red mangrove as a food supplement, since the seagrass biomass is low in the region.

In Brazil, the diet of manatees has been recorded on the basis of observations of animals in nature and analysis of stomach contents and faeces. In Sagi, Rio Grande do Norte, Paludo (1998) recorded, through direct observations, the manatees feeding on banks of algae, where a large proportion of red algae were recorded. Borges et al. (2008) analysed stomach content samples from manatees accidentally caught in the states of Rio Grande do Norte, Paraíba and Alagoas, in addition to samples of faeces from released and wild animals in northern Paraíba. A wide range of items was recorded, such as seagrass, algae and mangroves. The authors draw attention to the significance of red algae found in the contents studied. These findings are in agreement with the direct observations made by Paludo (1998). These algae appear to be abundant on the coast of Paraíba, where the majority of the samples studied came from. The findings indicate that seaweeds are an important item in the diet of the species in the region, different from what has been recorded in other places, where this item seems to be consumed occasionally or accidentally along with seagrass.

In the east of Ceará, through the traditional knowledge of coastal communities and the observation of animals in nature, Aquasis (CAMPOS et al., 2003; Aquasis, 2006) identified the seagrass popularly known as shoalgrass ('capim-agulha' in Portuguese), Halodule wrightii, as the main item in the species' diet (Figure 12). The study of Vasconcelos (2013) with eight samples of stomach contents from animals stranded on the region found the same result. In addition, various macroalgae were identified in small quantities in the samples, mainly Hypnea musciformes. However, this alga is an epiphyte observed in seagrass meadows in the region (Aquasis, 2006) and was probably ingested along with the shoalgrass. Despite the wide availability of macroalgae in the region of Icapuí (ALBANO, 2006), where a resident population of manatees can be observed throughout the year (Alves, 2003, 2007), the macroalgae were not considered important in the diet of the specimens evaluated. This fact is probably due to their low calorie content in comparison with seagrass (DAWES, 1986; PRADHEEBA et al., 2011). As the animals do not use estuaries or freshwater environments in the region, items such as mangrove and marshes are not part of their diet. In Icapuí, the presence of significant shoalgrass beds stands out in the Cajuais Bank, an important tidal delta, located in the estuary of the Barra Grande River, in the Barra Grande Environmental Protection Area (APA), a municipal conservation area.

On the west coast of Ceará, on the border with Piauí, where the species inhabits a wide estuary formed by the rivers Timonha and Ubatuba, in addition to the adjacent coastal area, in the Delta do Parnaíba APA, Aquasis (2008) identified a greater variation in the species' diet. In addition to the shoalgrass, mangrove leaves and algae were identified as food items. Also, similar to what was reported by Powell Jr. (1978) in Florida, fishermen in the region indicated that manatees feed on fish, mainly mullet (Mugil sp.), taken from fishing nets. According to the reports, this consumption is opportunistic and that does not make the fish an item in the species' diet.

In Brazil, Ciotti (2012) investigated the species' feeding ecology through the composition of stable isotopes (carbon and nitrogen) in the bones and teeth of specimens in collections from Aquasis and the Aquatic Mammals Centre, and of possible constituents of the diet of the species (seagrass, macroalgae, mangroves and marshes) in Alagoas, Paraíba, Ceará, Piauí and Maranhão. The analysis showed a geographic variation in the diet of manatees. Like in the paragraph above, the results obtained

na mesma proporção. Estes estudos reforçam o que tem sido descrito para o peixe-boi-marinho em outras áreas de ocorrência da espécie, que a preferência alimentar está relacionada tanto à disponibilidade dos itens quanto ao valor nutricional destes. Assim, numa região onde há disponibilidade equivalente de fanerógamas e algas, os animais irão preferir as fanerógamas, como é observado em Icapuí.

A maioria das informações sobre o comportamento do peixe-boi-marinho veio do estudo realizado na Flórida pelo pesquisador da Universidade de Cornell, Daniel Hartman, que publicou seus achados numa edição especial da Sociedade Americana de Mastozoologia (HARTMAN, 1979). Este é, ainda hoje, um documento de referência sobre a ecologia e o comportamento da espécie.

Como observado por Hartman (*op. cit.*) e em outros estudos publicados posteriormente, os peixes-bois são animais essencialmente solitários. Com exceção da relação entre fêmea e filhote, que dura em média dois anos, a espécie forma agrupamentos temporários em áreas de alimentação, de descanso e em fontes de água doce. Também há a formação de agrupamentos temporários durante o cio da fêmea, quando diversos machos a acompanham na tentativa de copular.

No Brasil, monitoramentos da espécie em plataformas fixas de observação em Icapuí, no litoral leste do Ceará (ALVES, 2007; AQUASIS, 2006) indicaram que na Praia de Picos, 61,7% das avistagens foram de adultos solitários e 15,88% foi de um adulto com filhote. Enquanto que em Retiro Grande, a porcentagem de observação de animais solitários foi de 47,15%, seguida de dois adultos (15,34%). Em Sagi, no Rio Grande do Norte, Paludo (1988) registrou que a maioria das observações registradas em monitoramentos de praia foi de indivíduos solitários, seguido por adulto com filhote, assim como em Picos/CE. Na Ilha do Gato, no Maranhão, utilizando uma plataforma fixa como ponto de observação, Alvite (2008) verificou que a maior parte das avistagens foi de peixes-bois solitários (27%), seguido por duplas (25%), incluindo adultos com filhotes.

Os estudos realizados sobre o comportamento da espécie no país indicam a formação de agrupamentos com tamanho máximo de 14 indivíduos (ALVITE, 2008), embora valores menores sejam mais comuns (6-9) (ALVES, 2007; PALUDO, 1998; SILVA *et al.*, 1992). A formação destes agrupamentos maiores, nos quais os animais estão em forte associação, tem sido relacionada frequentemente à atividade reprodutiva. De acordo com Hartman (1979), fêmeas no cio são acompanhadas por vários machos por semanas. A composição desses grupos reprodutivos é instável, havendo a chegada e saída de machos ao longo do tempo (REYNOLDS, 1981). Estes abraçam, mordiscam e tentam copular com a fêmea, que pode chegar a encalhar para fugir do assédio. No Ceará, a Aquasis registrou dois eventos em que diversos animais adultos encalharam juntos e retornaram ao mar, similar ao que foi reportado por Hartman (*op. cit.*). No primeiro, em novembro de 2005, um grupo de cinco peixes-bois adultos foi observado próximo à arrebatentação na praia de Retirinho, Aracati. Logo após, três destes encalharam. Um deles retornou sozinho ao mar, enquanto os outros dois foram devolvidos pelos moradores locais. Entretanto, um deles ficou boiando na superfície e com a forte corrente costeira, acabou encalhando na praia vizinha, Fontainhas. Enquanto isso, outros animais, possivelmente os machos, permaneceram no mar, próximo a arrebatentação, deixando a praia ao fim do dia. A equipe de resgate do Projeto

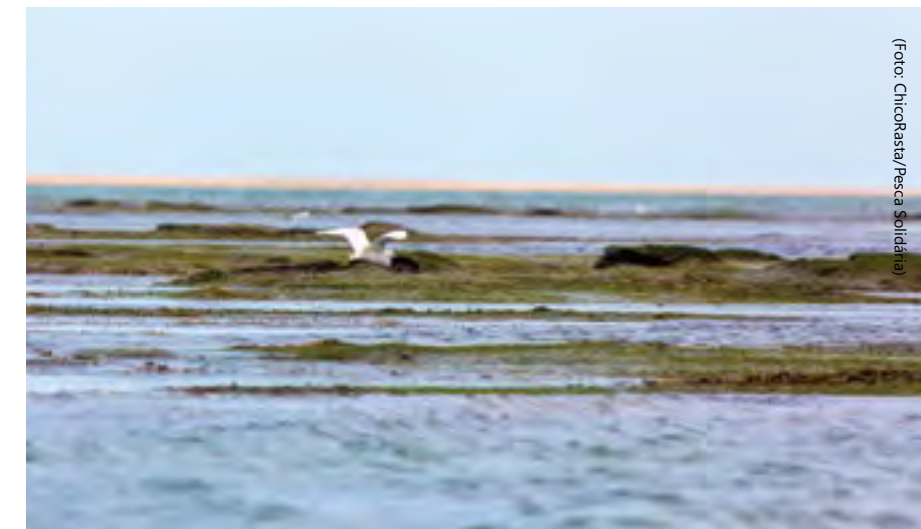


Figura 13. Bancos de capim-agulha expostos na maré seca no estuário dos rios Timonha e Ubatuba, na divisa do Ceará com o Piauí.

Figure 13. Shoalgrass beds exposed at low tide in the Timonha and Ubatuba Rivers estuary, between Ceará and Piauí.

indicate that in Ceará manatees feed exclusively on seagrass, while in Maranhão the animals seem to feed mainly in freshwater and estuarine environments, ingesting mangroves and marshes. In Paraíba, confirming reports by Borges et al. (2008), the study indicated that manatees feed mainly on macroalgae, followed by phanerogams and mangroves. In Alagoas, on the other hand, the main food item was seagrass, followed by macroalgae and mangroves. In the state of Piauí, the species showed to be more generalist, as described by Aquasis (2008), consuming the four types of plants in the same proportion. These studies reinforce what has been described for manatees in other areas of occurrence, where feeding preference is related to both the availability of the items and their nutritional value. Therefore, in a region where there is equivalent availability of seagrass and algae, animals will prefer seagrass, as observed in Icapuí.

The majority of information on the behaviour of West Indian manatees came from the study conducted in Florida by the researcher from Cornell University, Daniel Hartman, who published his findings in a special edition of the American Society of Mammalogists (HARTMAN, 1979). This is, until today, a reference document on the ecology and behaviour of the species.

As observed by Hartman (op. cit.) and in other studies published subsequently, manatees are essentially solitary animals. With the exception of the relationship between female and calf, which lasts an average of two years, the species forms temporary groups in feeding or resting areas and around freshwater sources. There is also the formation of temporary groupings during a female's oestrus, when several males escort the female in an attempt to mate.

In Brazil, monitoring of the species from land stations in Icapuí, on the east coast of Ceará (ALVES, 2007; AQUASIS, 2006) showed that on Picos beach, 61.7% of the sightings

Manatí/Aquasis foi acionada e resgatou o peixe-boi encachado, uma fêmea de 3,15 m de comprimento total (#02S0112/31). Apesar de ter sido devolvida ao mar, ela veio ao óbito no dia seguinte. No segundo evento, na praia de Barrinha, Icapuí, um grupo de cinco animais encaidou e retornou ao mar com a ajuda de moradores, não sendo relatados encaiches posteriores.

Nos Estados Unidos, a reprodução do peixe-boi é sazonal, estando concentrada nos períodos de primavera e verão (MARMONTEL, 1995). Assim, como a gestação dura entre 12 e 14 meses (HARTMAN, 1979), os filhotes nascem em um período favorável, com águas quentes e alimentação abundante para a fêmea lactente e sua cria. No nordeste do Brasil, a observação de agrupamentos maiores de peixes-bois tem sido registrada nos meses de primavera e verão (SILVA *et al.*, 1992; PALUDO, 1998; PALUDO & LANGGUTH, 2002; ALVES, 2003, 2007). Além disso, os encaiches de neonatos vivos no estado do Ceará teve seu pico nos meses de fevereiro e março (verão) (MEIRELLES, 2008; SILVA, 2010; PARENTE *et al.*, 2004). Estas informações sugerem que apesar dos nascimentos ocorrerem ao longo de todo o ano nessa região, há uma concentração principalmente nos meses de verão. Como não há variações significativas na temperatura da água do mar na região ao longo do ano, outro fator deve estar relacionado a esta sazonalidade. Meirelles (2003) sugeriu que um pico na produtividade das fanerógamas marinhas, principal alimento da espécie no estado, ocorreria na estação chuvosa (entre janeiro e junho) quando há uma diminuição significativa nos ventos alísios, levando a uma diminuição na turbidez da água e consequentemente maior penetração de luz nos bancos. Barros e Rocha-Barreira (2014) estudaram um banco

Item Alimentar <i>Food Item</i>	Fonte <i>Source</i>
Fanerógamas Marinhas/ <i>Seagrass: Halodule wrightii</i> (capim-agulha), <i>Halophila</i> sp.	Campos <i>et al.</i> , 2003; Aquasis, 2006; Borges <i>et al.</i> , 2008, Ciotti, 2012; Vasconcelos, 2013.
Macroalgas/ <i>Macroalgae: Gracilaria cornea, Hypnea musciforme, Solireia</i> sp., <i>Caulerpa prolifera</i> , <i>C. mexicana</i> , <i>C. cupressoides</i> , <i>C. sertularioides</i> , <i>Anadyomene stellata</i> , <i>Dictyopteris</i> sp., <i>Dictyota</i> sp., <i>Padina gymnospora</i> , <i>Sargassum</i> sp., <i>Cryptonemia crenulata</i> , <i>Bryothamnion seaforthii</i> , <i>Osmundaria obtusiloba</i> , <i>Gelidiella acerosa</i> , <i>Gelidium</i> sp., <i>Gracilaria</i> sp., <i>G. domingiensis</i> .	Borges <i>et al.</i> , 2008; Paludo, 1998; Ciotti, 2012.
Plantas Terrestres/ <i>Terrestrial Plants: Avicennia nitida</i> (mangue branco), <i>Rizophora mangle</i> (mangue vermelho), <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Montrichardia arborescens</i> (aninga), <i>Spartina brasiliensis</i> (paturá), <i>Eichornia crassipes</i> (aguapé), <i>Eleocharis intersticia</i> (junco).	Best; Teixeira, 1982; Borges <i>et al.</i> , 2008; Ciotti, 2012.

Tabela 1. Resumo das informações sobre os itens alimentares do peixe-boi-marinho reportados no Brasil.

Table 1. Summary of information on the food items of the manatee reported for Brazil.

were of solitary adults and 15.88% was an adult with a calf. In Retiro Grande, on the other hand, the percentage of animals observed alone was 47.15 %, followed by two adults (15.34 %). In Sagi, in Rio Grande do Norte, Paludo (1988) reported the majority of observations from beach monitoring to be of solitary individuals, followed by adult with calf, similar to Picos, Ceará. On the Gato Island, in Maranhão, from a land station, Alvite (2008) found that the majority of sightings were of solitary manatees (27 %), followed by pairs (25 %), including adults with calves.

Studies on the behaviour of the species in the country indicate the formation of groups with a maximum of 14 individuals (ALVITE, 2008), although lower numbers (6-9) are more common (ALVES, 2007; PALUDO, 1998; SILVA *et al.*, 1992). The formation of these larger groups, in which the animals are in strong association, is often related to reproductive activity. According to Hartman (1979), several males may accompany females in oestrus for weeks at a time. These reproductive groups are unstable and males arrive and depart over time (REYNOLDS, 1981). They embrace, bite and try to mate with the female, which may end up stranding to escape the harassment. In Ceará, Aquasis recorded two events in which several adult animals stranded together and returned to the sea, similar to what Hartman reported (*op. cit.*). In the first, in November 2005, a group of five adult manatees was observed near the surf zone on the beach of Retirinho, Aracati. Soon after, three of them stranded. One of them returned to the sea by itself, while locals returned the other two. However, one of them kept floating on the surface and, with the strong coastal current, stranded on a nearby beach, Fontainhas. Meanwhile, other animals, possibly males, remained at sea, near the surf zone, leaving the beach at the end of the day. The Project Manatí /Aquasis rescue teams rescued the stranded manatee, a female measuring 3.15 m (#02S0112/31). Although it was returned to sea, it died the next day. In the second event, on the beach of Barrinha, Icapuí, a group of five animals stranded and returned to the sea with the help of residents, with no further strandings being recorded.

In the United States, manatee breeding is seasonal, being concentrated in the spring and summer (MARMONTEL, 1995). Thus, as the gestation lasts between 12 and 14 months (HARTMAN, 1979), the calves are born in a favourable season, with warm waters and abundance of food for the nursing female and its calf. In the northeast of Brazil, the largest manatee groups have been recorded in the months of spring and summer (SILVA *et al.*, 1992; PALUDO, 1998; PALUDO & LANGGUTH, 2002; ALVES, 2003, 2007). In addition, live newborn strandings in the state of Ceará peak in the months of February and March (summer) (MEIRELLES, 2008; SILVA, 2010; PARENTE *et al.*, 2004). These data suggest that although births occur throughout the year in this region, there is a concentration mainly during the summer. As there are no significant variations in the water temperature in the region throughout the year, another factor must be related to this seasonality. Meirelles (2003) suggested that a peak in seagrass productivity, the species' main food source in the state, occurs in the rainy season (between January and June), when there is a significant decrease in trade winds, leading to a decrease in water turbidity and, consequently, greater light penetration into the meadows. Barros and Rocha-Barreira (2014) studied a *H. wrightii* bed in Fortaleza, central coast of Ceará, and verified that in the dry season the winds, associated with high salinity and high surface water temperature in shallow areas, is very aggressive for the seagrass biomass. In addition, many meadows are buried by sediment carried by strong coastal currents generated by these winds. Thus, it is believed that the availability of food would be the main factor regulating female oestrus and, consequently, the births in this region.

On the north of the country, in the Bay of Tubarão, in the state of Maranhão, Alvite (2008) reported large groupings, of up to 14 animals, between the months of March and May, which correspond to the peak of the rainy season in the region. There the species seems to feed mainly on marshes, such as *Spartina alterniflora*, and mangrove (CIOTTI, 2012), which have higher biomass and density, respectively, during the rainy months, between January and July (ALVITE, 2008). In addition, calf strandings have been recorded in Amapá, in September 2015 (LIMA *et al.*, 2014) and in Pará, in July 2013, indicating that, in the northern region, the births can occur throughout the year.

de *H. wrightii* em Fortaleza, costa central do Ceará e verificaram que na estação seca os fortes ventos, associados à alta salinidade e alta temperatura superficial da água em áreas rasas, tem efeitos extremamente agressivos sobre a biomassa da fanerógama. Além disso, muitos bancos são enterrados pelo sedimento carregado pela forte corrente costeira gerada pelos ventos. Assim, acredita-se que a disponibilidade de alimento pode ser o principal fator que regularia o cio das fêmeas e consequentemente o nascimento de filhotes, nessa região.

Já no norte do país, na Baía do Tubarão, estado do Maranhão, Alvite (2008) registrou agrupamentos grandes da espécie, de até 14 animais, entre os meses de março e maio, que seria o pico da estação chuvosa na região. No local a espécie parece se alimentar principalmente de marismas, como *Spartina alterniflora*, e mangues (CIOTTI, 2012), que tem maiores biomassa e densidade, respectivamente, nos meses de chuva, entre janeiro e julho (ALVITE, 2008). Ademais, encaiches de filhotes da espécie já foram registrados no Amapá, em setembro de 2015 (LIMA *et al.*, 2014) e no Pará, em julho de 2013, indicando que, na região norte, os nascimentos podem ocorrer ao longo de todo o ano.

Quando uma fêmea de peixe-boi está no fim da gestação, ela inicia a busca por um local de águas rasas e abrigadas para poder dar à luz e cuidar do filhote, que nasce completamente vulnerável (HARTMAN, 1979). Nascimentos em cativeiro demonstraram que a fêmea pode ajudar o filhote a vir à superfície para respirar, carregando-o ou empurrando-o cuidadosamente (MARSH *et al.*, 2011). No Brasil, Lima *et al.* (2005) relataram que cerca de dois meses após o acasalamento, um fêmea reabilitada e devolvida a natureza começou a procurar águas mais calmas e evitar o contato humano. Cerca de 12 meses após o encontro com o macho, dentro de um estuário, a fêmea deu à luz um filhote que veio ao óbito dias depois, provavelmente devido ao intenso tráfego de embarcações na região. Entretanto, Luna (2013) sugeriu que a in experiência da fêmea, sendo este seu primeiro filhote, pode ter resultado na falta de cuidado adequado à cria e consequentemente, ao seu óbito.

No leste do Ceará e noroeste do Rio Grande do Norte, área crítica para a conservação do peixe-boi no Brasil devido ao alto índice de encaiches, principalmente de recém-nascidos, a espécie não utiliza mais os estuários (LIMA *et al.*, 1992; MEIRELLES, 2008; CHOI, 2011). Nessa região, os animais são observados frequentemente em enseadas, onde descansam, se alimentam, bebem água doce nos olheiros e cuidam dos seus filhotes (ALVES, 2003, 2007; Aquasis, 2006). Entretanto, a cada ano mais encaiches de filhotes são registrados (MEIRELLES, 2008; SILVA, 2010) e acredita-se que um dos motivos para estes encaiches seja a separação da mãe e do filhote causada pela falta de habitats adequados para os nascimentos. Diversos encaiches foram registrados na região do Fortim, na foz do rio Jaguaribe, onde a espécie costumava adentrar. É possível que fêmeas inexperientes a procura de áreas abrigadas para dar à luz, acabem parindo seus filhotes em locais inapropriados como este, onde seus filhotes vulneráveis não conseguem acompanhar a mãe e acabam encaichando. Em dezembro de 2008, a equipe de resgate da Aquasis monitorou uma fêmea de peixe-boi com um recém-nascido na zona de arrebentação da praia do Pontal, no Fortim, na foz do Jaguaribe. O filhote era ajudado pela mãe, que o levava à superfície para respirar, mas ele tinha dificuldade de vencer as ondas e era constantemente jogado contra as pedras. No dia seguinte, o animal encaidou a 10 km do local onde foi observado, sendo resgatado pela equipe. A mãe foi encontrada a 5 km do local e após a certificação de que o filhote estava bem de saúde, ele foi solto próximo a

When a female manatee is reaching the end of the pregnancy, it starts looking for shallow and sheltered waters to give birth and care for the calf, which is born completely vulnerable (HARTMAN, 1979). Captive births showed that the female will help the calf to the surface to breathe, carrying it or pushing it carefully up (MARSH *et al.*, 2011). In Brazil, Lima *et al.* (2005) reported that about two months after mating, a reintroduced female began looking for calm waters and avoiding human contact. About 12 months after mating, within an estuary, the female gave birth to a calf that died days later, probably due to the intense vessel traffic in the region. Luna (2013), alternatively, suggested the female was inexperienced, as this was her first calf, which may have resulted in the absence of adequate care for the offspring and, consequently, its death.

In the east of Ceará and northwest of Rio Grande do Norte, critical areas for manatee conservation in Brazil due to the high rate of strandings, mainly of newborns, the species no longer uses the estuaries (LIMA *et al.*, 1992; MEIRELLES, 2008; CHOI, 2011). In this region, the animals are frequently observed in bays, where they rest, eat, drink from freshwater springs and take care of their offspring (ALVES, 2003, 2007; Aquasis, 2006). However, each year more calf strandings are registered (MEIRELLES, 2008; SILVA, 2010) and it is believed that one of the reasons for this is the separation of females and calves caused by the lack of suitable habitats for calving. Various strandings were recorded in the region of Fortim, on the mouth of the Jaguaribe River, where the species used to enter. It is possible that inexperienced females looking for sheltered areas to give birth, end up giving birth to their calves in inappropriate places such as this, where their vulnerable offspring cannot accompany the mother and end up stranding. In December 2008, the Aquasis rescue team monitored a female manatee with a newborn near the surf zone in the Pontal beach, at Fortim, in the mouth of the Jaguaribe. Its mother helped it by taking it to the surface to breathe, but the calf had difficulty in overcoming the waves and was constantly thrown against the rocks. On the following day, the animal stranded 10 km from the place where it was observed, being rescued by the team. The mother was found within 5 km of the site and after verifying that the calf was in good health, it was released near the female. The two remained together and after monitoring no further strandings were recorded (Figure 14) (CHOI *et al.*, 2009).

More than a dozen calves were born in captivity at the Aquatic Mammals Centre, in Itamaracá. Most of these calves survived and some of them were released into the wild (LUNA, 2013). An interesting fact recorded in 2008 was the adoption of a newborn calf, baptized Guga, rescued by the Project Cetaceans of Costa Branca/UERN in Areia Branca, by some lactating females kept in these facilities. After another female aborted a calf, it adopted Guga, replacing the lost offspring (LUNA; PASSAVANTE, 2010). Observations from Hartman (1979) indicate that in nature females can adopt orphan or abandoned calves. According to Mills *et al.* (2010), in an evolutionary context, in cases of adoption, it seems that being responsible for a calf and giving adequate parental care are so important that it outweighs the costs of caring for an unrelated calf. According to these authors, adoption is rare in mammals and, when it occurs, it is usually related to the insistence of an orphan that requires care and/or a female which has lost its offspring, and whose hormones trigger the need to start the parental care. However, this behaviour is more common in species that form groups of related animals, which is not the case of manatees.

Due to the difficulty of observing the species in great part of its area of occurrence in the country, where it inhabits coastal areas of turbid waters and estuarine regions with dark waters, ethograms have been constructed mainly from observations in captivity (MEDINA, 2008; ARAUJO; MARCONDES, 2003). Medina (2008) described for the first time stereotypical behaviour for this species, in which the animals swim in circles or bang their heads against the enclosure walls. In the same facilities Lima *et al.* (2005) demonstrated the efficiency of the behavioural training of an adult female through operant conditioning in order to collect morphometric data and biological samples without the need for restraint (see Rehabilitation Chapter).

ela. Os dois permaneceram juntos e após monitoramento não foram registrados encalhes (Figura 14) (CHOI *et al.*, 2009).

Em cativeiro, mais de uma dezena de filhotes nasceu nas instalações do Centro Mamíferos Aquáticos, em Itamaracá. A maioria desses filhotes sobreviveu e alguns deles foram soltos na natureza (LUNA, 2013). Um fato interessante, registrado em 2008, foi a adoção de um neonato, batizado de Guga, resgatado pelo Projeto Cetáceos da Costa Branca/UERN em Areia Branca, por algumas fêmeas lactantes mantidas nessas instalações. Após uma outra fêmea ter abortado o filhote, adotou Guga, substituindo a cria perdida (LUNA; PASSAVANTE, 2010). Observações de Hartman (1979) indicam que na natureza fêmeas podem adotar filhotes órfãos ou abandonados. De acordo com Mills *et al.* (2010), num contexto evolucionário, em casos de adoção, parece que para o animal ser responsável por uma cria e demonstrar cuidado parental adequado são tão importantes que compensam os custos necessários para cuidar de um filhote sem grau algum de parentesco. De acordo com esses autores, em mamíferos a adoção é rara e, quando ocorre, geralmente está relacionada à insistência de um filhote órfão em requerer cuidados e/ou a uma fêmea que perdeu sua cria, cujos hormônios desencadeiam a necessidade de iniciar o cuidado parental. Entretanto, este comportamento é mais comum em espécies que formam grupos de animais aparentados, o que não é o caso dos peixes-bois.

Devido à dificuldade de observação da espécie em grande parte de sua área de ocorrência no país, onde este habita áreas costeiras de águas turvas e regiões estuarinas de águas escuras, a construção de etogramas tem sido realizada principalmente a partir de observações em cativeiro (MEDINA, 2008; ARAÚJO; MARCONDES, 2003). Medina (2008) descreveu pela primeira vez para a espécie o comportamento denominado “estereotipia de cativeiro”, no qual os animais giravam em círculos ou davam cabeçadas na parede do recinto. No mesmo cativeiro, Lima *et al.* (2005) demonstraram a eficiência do treinamento comportamental de uma fêmea adulta da espécie através do condicionamento operante visando a coleta de dados morfométricos e amostras biológicas sem a necessidade de contenção (ver Capítulo Reabilitação).



(Foto: Acervo Aquático)

Figura 14. Filhote de peixe-boi com adulto após soltura imediata realizada no Fortim, leste do Ceará.
Figure 14. Manatee adult with calf after immediate release in Fortim, eastern Ceará.

Bioacústica Bioacoustics

O mito das sereias foi inspirado nos peixes-bois e dugongos, daí o nome dado a esta ordem animal: Sirenia (BEST; DA SILVA, 1979). Apesar da dificuldade de se encontrar semelhanças entre os sirênios e as sereias, Reynolds e Odell (1991) atribuem esta analogia à presença de glândulas mamárias nas axilas e a posição da mãe e do filhote durante a amamentação, que poderiam gerar a confusão nos navegadores que, exaustos, pensavam estar vendo lindas sereias ao ver sirênios na superfície. A imaginação destes homens do mar pode ter sido instigada também pelos sons emitidos pelos sirênios – “o canto das sereias” (SOUSA-LIMA, 1999). Nunes Pereira (1954) conta que o barão de Sant’Ana Nery acreditava que o peixe-boi-da-amazônia era a Sereia *voce canora* dos antigos, mas que o barão estava enganado pois os caboclos conhecem apenas o “sôpro” (ruído produzido pela respiração do animal na superfície) e o “assovio” dos peixes-bois. De fato, os peixes-bois-marinhos se comunicam acusticamente, portanto, ouvem e produzem sons.

Sem pavilhão externo, os peixes-bois possuem apenas pequenos orifícios na pele em cada lado da cabeça que levam a um canal auditivo estreito ligado a um complexo osso tímpano-periótico extremamente duro, como o dos cetáceos (golfinhos e baleias). A diferença é que nos cetáceos este complexo está fora do crânio. Nos peixes-bois o complexo tímpano-periótico está ligado à parede interna do crânio (KETTEN *et al.*, 1993). A posição intercraniana do periótico e sua conexão óssea com um grande processo zigomático do osso esquamosal permitem a recepção de sons em ambiente aquático. O processo zigomático é esponjoso e preenchido por óleos, o que é análogo aos canais mandibulares dos cetáceos que também são preenchidos por gorduras. Porém, a composição destes lipídeos é diferente entre cetáceos e sirênios (AMES *et al.*, 2002). Em peixes-bois estes óleos supostamente facilitam a condução de sons de baixa frequência permitindo a percepção de sons graves (BULLOCK *et al.*, 1980; REYNOLDS; ODELL, 1991; KETTEN *et al.*, 1993).

A estrutura do ouvido médio sugere que peixes-bois têm dificuldades na localização de sons pois tem baixa sensibilidade auditiva nos agudos e falta de direcionalidade quando comparados a outros mamíferos (KETTEN; ODELL, 1993). Isso explicaria a ausência de comportamentos evasivos durante a aproximação de embarcações a motor, resultando em um grande número de atropelamentos e ferimentos por hélice (NOWACEK *et al.*, 2004). Porém, Colbert *et al.* (2009) afirmam que peixes-bois são capazes de localizar as vocalizações de outros conspecificos, assim como o ruído produzido por motores de barcos. O tráfego de embarcações a motor também pode afetar a eficiência da comunicação acústica entre os peixes-bois. Os ruídos gerados na hélice por cavitação podem mascarar e dificultar a troca de chamados entre os animais (MILSIS-OLDS, 2006). Até mesmo o barulho das ondas se quebrando no mar supostamente dificultam a comunicação e reúnem entre mães e filhotes após uma separação não intencional (SOUSA-LIMA *et al.*, 2008).

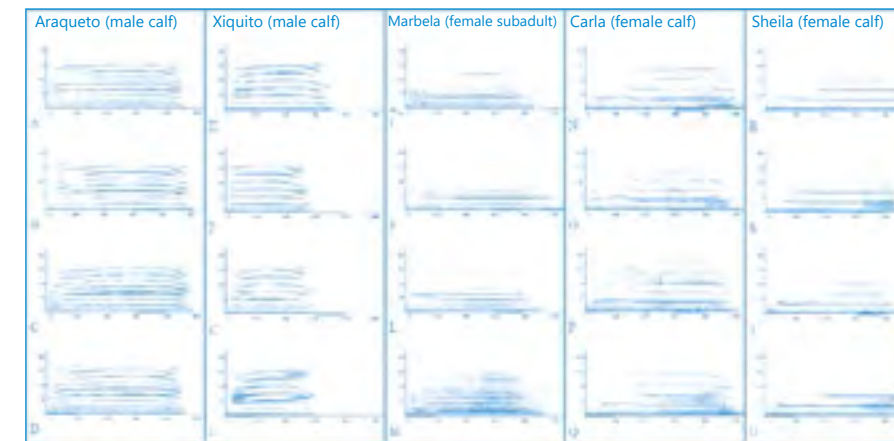


Figura 15. Espectrogramas da vocalização de cinco peixes-bois distintos (Fonte: Sousa-Lima *et al.*, 2008; reproduzido com permissão).
Figure 15. Vocal spectrograms from five distinct manatees (Source: Sousa-Lima *et al.*, 2008; reproduced with permission).

The mermaid myth was inspired by manatees and dugongs, hence the name given to this animal order: Sirenia (BEST; DA SILVA, 1979). Despite the difficulty in finding similarities between sirenians and mermaids, Reynolds and Odell (1991) attribute this analogy to the presence of mammary glands in the armpits and the position of the mother and the calf during suckling, which could generate confusion in sailors who, exhausted, thought they were seeing beautiful mermaids on the surface. The imagination of these men of the sea may have been instigated by the sounds emitted by sirenians – “the song of the mermaids” (SOUSA-LIMA, 1999). Nunes Pereira (1954) considered that the baron of Sant’Ana Nery believed that the Amazonian manatee was the Mermaid “voce canora” of the elders, but that the baron was mistaken because the Indians knew only the “blow” (noise produced by the animal breathing on the surface) and the “whistle” of manatees. In fact, the manatees communicate acoustically, therefore, hear and produce sounds.

Without external ears, manatees have only small holes on the skin on each side of the head that lead to a narrow ear canal connected to an extremely hard bony tympanic-periotic complex, as in the cetaceans (dolphins and whales). The difference is that in cetaceans this complex is outside the skull. In manatees the tympanic-periotic is connected to the inner wall of the skull (KETTEN *et al.*, 1993). The inner-brain position of the periotic and its bony connection with a large zygomatic process of the squamosal bone allow for the reception of sounds in the aquatic environment. The zygomatic process is spongy and filled with oils, which is analogous to the mandibular channels of cetaceans that are also filled with fats. However, the composition of these lipids is different between cetaceans and sirenians (AMES *et al.* 2002). In manatees these oils supposedly facilitate the conduction of low frequency sounds (BULLOCK *et al.*, 1980; REYNOLDS; ODELL, 1991; KETTEN *et al.*, 1993).

O repertório desta espécie inclui dois tipos de sons, estalos com frequência dominante entre 1 e 4 kHz e chamados ou vocalizações (Figura 15). As vocalizações são sinais de uma só nota, curtas (0,03 a 0,5s) e agudas (frequência fundamental entre 1,07 e 5,9 kHz) com médias de frequência dominante entre 3,18 e 7,08 kHz (NOWACEK *et al.*, 2003; PHILLIPS *et al.*, 2004; SOUSA-LIMA *et al.*, 2008). Assincronia nas bandas de frequência no início e no final do sinal são comuns (SCHEVILL; WATKINS, 1965; SONODA; TAKEMURA, 1973; SOUSA-LIMA, 1999) e provavelmente resultantes de turbulência no fluxo de ar que vem dos pulmões durante a produção do som. As vocalizações podem ser mais tonais ou mais ruidosas e existe uma gradação entre estes tipos de vocalizações: algumas consistem em sinais caóticos e ruidosos ao longo de toda sua duração; e em outras o sinal muda de tonal para caótico ao longo de sua duração, caracterizando-se assim o repertório da espécie como contínuo (MANN *et al.*, 2006; SOUSA-LIMA *et al.*, 2008). Considerando-se apenas o número de pontos de inflexão nos chamados, o repertório vocal da espécie foi separado em dois tipos discretos, um mais tonal com mais modulação de frequência e outro mais ruidoso (MILSIS-OLDS; TYACK, 2009). Os chamados não são muito fortes, mas o nível sonoro na fonte pode variar com o contexto comportamental e o nível de ruído ambiental, ficando entre 90 e 150 dB rms re 1 µPa a 1m (NOWACEK *et al.*, 2003; PHILLIPS *et al.*, 2004; MILSIS-OLDS; TYACK, 2009).

Quando os peixes-bois produzem vocalizações dentro d'água não soltam bolhas (HARTMAN, 1979; SOUSA-LIMA, 1999) e fora d'água é possível observar a contração da região posterior às narinas, que possivelmente influenciam as características acústicas dos sons produzidos (SOUSA-LIMA *et al.*, 2008), inclusive resultando em fenômenos não lineares como subharmônicos, bifonação, saltos de frequência e caos determinístico. Fenômenos não-lineares possivelmente conferem identidade e informação sobre o tamanho do emissor, sua motivação e urgência (FITCH *et al.*, 2002). Estes fenômenos podem ser produzidos nas cavidades posteriores à fonte de vibrações e já foram evidenciados em vocalizações de peixes-bois. O fenômeno mais comum foi o caos determinístico e os outros tipos foram raramente registrados. A bifonação na vocalização de peixes-bois pode explicar a diferença de intensidade entre o que se consideraria a frequência fundamental mais fraca e o segundo harmônico mais forte, que na realidade seriam respectivamente um sub-harmônico e a fundamental. No entanto, estruturas ao longo do percurso do som no sistema vocal (linear) podem funcionar como filtros atenuando ou amplificando frequências específicas e também resultar na distribuição de mais energia em harmônicos superiores.

Os mecanismos de produção de sons em peixes-bois ainda não foram descritos, mas poderiam envolver osciladores como cordas vocais (fonte) e também outras membranas e cavidades (filtros). Existem duas áreas nas paredes laterais da laringe dos peixes-bois com protuberâncias de tecido em oposição que provavelmente controlam o fluxo de ar dos pulmões através do controle muscular das cartilagens aritenóides, assim como pregas vocais em outros mamíferos (Figura 16). Estas áreas são provavelmente a fonte das vibrações que produzem as vocalizações na espécie (LANDRAU-GIOVANNETTI *et al.*, 2014).

Indivíduos isolados em cativeiro vocalizam em média três vezes por minuto, 15 vezes a cada 5 minutos (SOUSA-LIMA *et al.*, 2008), mas, na natureza, a taxa de emissão de vocalizações aumenta quando estão socializando em grupos, mas em geral são bem menores do que em isolamento e podem variar entre 0,25

The structure of the middle ear suggests that manatees have difficulties in locating sounds because they have low hearing sensitivity to high-pitched sounds and lack directionality when compared to other mammals (KETTEN; ODELL, 1993). This would explain the absence of evasive behaviour during the approach of motor boats, resulting in a large number of accidents and injuries caused by propellers (NOWACEK et al., 2004). However, Colbert et al. (2009) affirm that manatees are capable of locating the vocalizations of other conspecifics, as well as the noise produced by boat engines. Motorboat traffic can also affect the efficiency of acoustic communication between manatees. The noise generated by propeller cavitation can mask and prevent the exchange of calls among the animals (MILSIS-OLDS, 2006). Even the noise of waves breaking in the sea supposedly hinders communication and the reunion between mothers and calves after a non-intentional separation (SOUSA LIMA et al., 2008).

The species' repertoire includes two types of sounds, chirps with dominant frequency between 1 and 4 kHz, and calls or vocalizations (Figure 15). The vocalizations are short (0.03 to 0.5s) and acute (fundamental frequency between 1.07 and 5.9 kHz) single note signals, with mean dominant frequency between 3.18 and 7.08 kHz (NOWACEK et al., 2003; PHILLIPS et al., 2004; SOUSA-LIMA et al., 2008). Asynchrony in frequency bands at the beginning and at the end of the signal is common (SCHEVILL; WATKINS, 1965; SONODA; TAKEMURA, 1973; SOUSA LIMA, 1999) and probably resulting from turbulence in the flow of air coming from the lungs during sound production. The vocalizations may be more tonal or more noisy and there is a gradation between these types of vocalizations: some consist of chaotic and noisy signals throughout their duration and, in others, the signal changes from tonal to chaotic throughout its duration, characterizing the repertoire of the species as continuous (MANN et al., 2006; SOUSA LIMA et al., 2008). Considering only the number of inflection points in the calls, the vocal repertoire of the species was separated into two discrete types, a more tonal one, with more frequency modulation, and a noisier one (MILSIS-OLDS; TYACK, 2009). The calls are not very strong, but the sound level at the source can vary with the behavioural context and the level of environmental noise, remaining between 90 and 150 dB rms re 1 µPa at 1m (NOWACEK et al., 2003; PHILLIPS et al., 2004; MILSIS-OLDS; TYACK, 2009).

When manatees vocalize inside the water, no bubbles are produced (HARTMAN, 1979; DE SOUSA-LIMA, 1999) and when outside the water it is possible to observe the contraction of the posterior region of the nostrils, which possibly influence the acoustic characteristics of the sounds produced (SOUSA LIMA et al., 2008), resulting in non-linear phenomena, such as sub-harmonics, bi-phonation, frequency jumps and deterministic chaos. Nonlinear phenomena possibly confer identity and information on the size of the caller, its motivation and urgency (FITCH et al., 2002). These phenomena can be produced in the cavities behind the source of vibration and have already been evidenced in manatee vocalizations. The most common phenomenon was deterministic chaos, while the other types were rarely recorded. The bi-phonation in manatee vocalizations can explain the difference in intensity between what could be considered as the weaker fundamental frequency and the second stronger harmonic, which in reality would be respectively the subharmonic and the fundamental. However, structures along the path of sound in the vocal system (linear) can operate as filters, attenuating or amplifying specific frequencies, and also result in the distribution of more power in upper harmonics.

The mechanisms of sound production in manatees have not yet been described, but could involve oscillators as vocal cords (source) and also other membranes and cavities (filters). There are two areas in the side walls of the larynx of manatees with lumps of tissue in opposition that probably control the flow of air from the lungs through the muscular control of the arytenoid cartilage, like vocal folds in other mammals (Figure 16). These areas are probably the source of the vibrations that produce the vocalisations in the species (LANDRAU-GIOVANNETTI et al., 2014).

Individuals isolated in captivity vocalise on average three times per minute, or 15 times every 5 minutes (SOUSA LIMA et al., 2008) but, in nature the rate of emission of

e 4,75 vocalizações por peixe-boi a cada 5 minutos (BENGTSON; FITZGERALD, 1985; PHILLIPS *et al.*, 2004; MILSIS-OLDS; TYACK 2009).

A função dos chamados dos peixes-bois ainda não foi completamente elucidada, mas sabe-se que a emissão destes sons permite que dois ou mais indivíduos se identifiquem e se encontrem, o que é muito importante principalmente para que fêmeas e seus filhotes mantenham a proximidade durante o período de lactação. A correlação negativa entre o tamanho dos indivíduos e a frequência fundamental e sua variação (frequência fundamental máxima - mínima) sugere que os indivíduos tem vozes melhor definidas e mais graves ao longo de seu crescimento e maturação (SOUSA-LIMA *et al.*, 2008). Cada indivíduo tem uma voz diferente que pode ser reconhecida por outros indivíduos baseado em características de duração e de frequência, que também distinguem filhotes de adultos (filhotes tem chamados mais agudos e longos) e fêmeas de machos (fêmeas tem chamados mais longos e apesar da frequência fundamental ser menor do que a média dos machos, elas colocam mais energia em harmônicos superiores resultando em timbres mais agudos) (SOUSA-LIMA *et al.*, 2008). Fenômenos não lineares podem também fornecer pistas para o reconhecimento vocal individual (MANN *et al.*, 2006). Estes chamados individualmente distintos permitem que mães reconheçam a voz de seus próprios filhotes para a manutenção do contato entre eles e o direcionamento correto do cuidado maternal prolongado (SOUSA-LIMA *et al.*, 2008). Herança genética e aprendizado vocal podem estar envolvidos nos padrões vocais individuais de peixes-bois-marinhos, pois animais aparentados tem padrões vocais similares.

O valor adaptativo da evolução de chamados de isolamento como modo de identificação individual, localização e manutenção da proximidade entre indivíduos específicos, principalmente entre mães e filhotes, tem decrescido em consequência da destruição e degradação de seus habitats naturais. Porém, o reconhecimento individual através da identidade vocal, além de facilitar as interações sociais entre peixes-bois-marinhos em ambiente aquático, fornece subsídios para o monitoramento das populações naturais a partir do desenvolvimento de protocolos de acústica passiva para a estimativa de tamanho, estrutura e densidade populacionais na natureza.

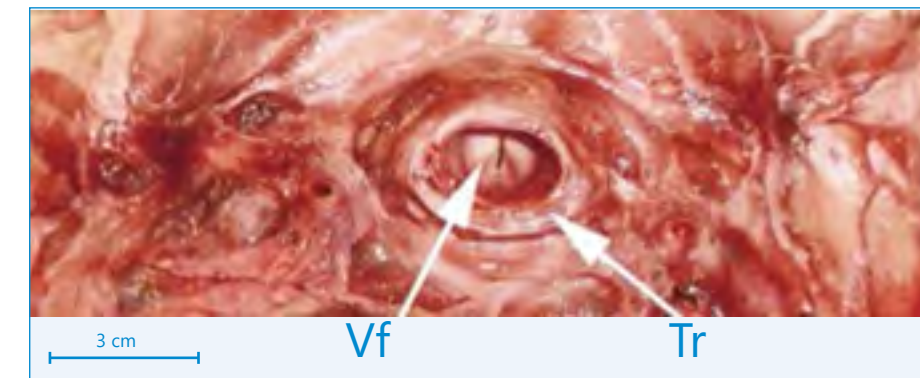


Figura 16. Vista caudal da cabeça cortada de um filhote de peixe-boi, mostrando em close a traquéia (Tr). As cordas vocais (Vf) são as duas massas opostas que obstruem o lúmen. (Fonte: LANDRAU-GIOVANNETTI *et al.*, 2014; reproduzido com permissão).

Figure 16. Caudal view of a manatee calf cut head showing the trachea (Tr). The vocal folds (Vf) are the two opposing masses that block the lumen (Source: LANDRAU-GIOVANNETTI et al., 2014; reproduced with permission).

vocalisations increases when they are socializing in groups, but in general are much smaller than in isolation and may vary between 0.25 and 4.75 vocalisations per manatee every 5 minutes (BENGTSON; FITZGERALD, 1985; PHILLIPS et al., 2004; MILSIS-OLDS; TYACK 2009).

The function of manatee calls has not been completely elucidated, but it is known that these sounds allow two or more individuals to identify and find themselves, which is very important especially for females and their calves to maintain proximity during the lactation period. The negative correlation between the size of the individuals and the fundamental frequency and its variation (minimum - maximum fundamental frequency) suggests that individuals have better defined and more grave voices along their growth and maturation (SOUSA LIMA et al., 2008; Figures 3 and 4). Each individual has a different voice that can be recognized by other individuals based on duration and frequency characteristics, which also distinguish calves from adults (calves have more acute and longer calls), and males from females (females have longer calls and despite the fundamental frequency being lower than the average male, they put more energy into upper harmonics resulting in more acute tones) (SOUSA LIMA et al., 2008; Figure 5). Nonlinear phenomena can also provide clues for individual voice recognition (MANN et al., 2006). These individually distinct calls allow mothers to recognize the voice of their own offspring for the maintenance of contact between them and the correct directing of the prolonged maternal care (SOUSA LIMA et al., 2008). Genetic inheritance and vocal learning may be involved in vocal patterns of individual manatees because related animals have similar vocal patterns.

The adaptive value of the evolution of isolation calls as a means of individual identification, location and maintenance of proximity between specific individuals, especially between mothers and calves, has declined because of the degradation and destruction of their natural habitats. However, individual recognition through vocal identity, in addition to facilitating the social interactions between manatees in an aquatic environment, provides subsidies for the monitoring of natural populations, from the development of protocols for passive acoustics for the estimation of population size, structure, and density in nature.



(foto: Enrico Marcolini/Acervo FMA)

Ecologia Populacional

Population Ecology

Katherine Fiedler Choi Lima
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems – AQUASIS

Iran Campelo Normande
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio
Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation – ICMBio

Maria Danise de Oliveira Alves
Universidade Federal de Pernambuco
Federal University of Pernambuco



(Foto: Enrico Marcovaldi/Acervo FMA)

Distribuição Distribution

O peixe-boi-marinho, *Trichechus manatus*, ocorre apenas em águas costeiras e alguns estuários, desde a Flórida, nos Estados Unidos, até Alagoas, no nordeste do Brasil, incluindo as Antilhas (DEUTSCH *et al.*, 2008). Habita preferencialmente águas com até cinco metros de profundidade, onde ocorrem bancos de algas e fanerógamas marinhas e fontes de água doce (HUSAR, 1978; ODELL, 1982; BOSSART, 1999; REYNOLDS; POWELL, 2002; LEFEBVRE *et al.*, 2001).

No Brasil, o peixe-boi-marinho tinha sua distribuição ao longo de aproximadamente 3.000 quilômetros de costa (WHITEHEAD, 1978). No entanto, até o presente, já foi registrada uma redução de aproximadamente 1.109Km em sua área de ocorrência. A espécie já ocorreu desde o Espírito Santo até o Amapá, mas foi considerada extinta nos estados mais ao sul: Espírito Santo, Bahia e Sergipe (ALBUQUERQUE; MARCOVALDI, 1982; LIMA *et al.*, 1992). Atualmente, o peixe-boi-marinho possui sua distribuição restrita às regiões Norte e Nordeste do Brasil, ocorrendo de forma descontínua entre os estados do Amapá e Alagoas (Figura 1). O Pontal do Peba, em Alagoas, é hoje o limite meridional sul da distribuição de *T. manatus* no Brasil. Lima *et al.* (1992) confirmaram que na região nordeste, de Alagoas ao Piauí, a distribuição da espécie é descontínua, sem ocorrência no litoral sul de Pernambuco, no litoral central do Ceará e na costa oriental do Maranhão.

Estudos realizados por Silva (2003), Aquasis (2008), Choi *et al.* (2009) e Choi (2011) no Ceará mostram que existem duas áreas de ocorrência do peixe-boi-marinho no estado: no litoral oeste, no município de Barroquinha (divisa com o Piauí) e no litoral leste, nos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí, na divisa com o Rio Grande do Norte. O município de Icapuí é considerado uma importante área de ocorrência da espécie no Ceará, devido à presença de bancos de macroalgas e capim-agulha (*Halodule wrightii*) que fazem parte da sua dieta, além da presença de olhos de água doce na região do meso e infralitoral. Neste município, a presença dos animais é registrada ao longo de todo o ano. No litoral oeste, o estuário formado pelos rios Timonha e Ubatuba ainda se encontra bastante preservado. Há registros de ocorrência de peixes-bois oito quilômetros rio acima, no município de Chaval (CE), denotando a importância deste rico ecossistema para a manutenção da população local desta espécie.

Mais informações sobre a ocorrência da espécie nos estados do Norte e Nordeste estão detalhadas no capítulo "Conservação".



Figura 1. Distribuição atual do peixe-boi-marinho no Brasil (Fonte: Choi, 2011).
Figure 1. Current West Indian manatee distribution in Brazil (Source: Choi, 2011).

The West Indian manatee, *Trichechus manatus*, occurs only in coastal waters and some estuaries, from Florida, in the United States, until Alagoas, in northeastern Brazil, including the Antilles (DEUTSCH *et al.*, 2008). It preferably inhabits waters up to five meters deep, where there are algae and seagrass meadows and freshwater sources (HUSAR, 1978; ODELL, 1982; BOSSART, 1999; REYNOLDS; POWELL, 2002; LEFEBVRE *et al.*, 2001).

In Brazil, the manatee was distributed over approximately 3,000 kilometers of coast (WHITEHEAD, 1978). However, until the present, a reduction of approximately 1.109km has already been registered in its area of occurrence. The species used to occur from Espírito Santo to Amapá, but is now considered extinct in the more southern states: Espírito Santo, Bahia and Sergipe (ALBUQUERQUE; MARCOVALDI, 1982; LIMA *et al.*, 1992). Currently, the manatee is restricted to the north and northeast regions of Brazil, occurring discontinuously between the states of Amapá and Alagoas (Figure 1). Pontal do Peba, in Alagoas, is today the southern distribution limit of *T. manatus* in Brazil. Lima *et al.* (1992) confirmed that in the northeast region of Alagoas to Piauí, the distribution of the species is discontinuous, without occurrence on the southern coast of Pernambuco, on the central coast of Ceará and the eastern coast of Maranhão.

Studies conducted by Silva (2003), Aquasis (2008), Choi *et al.* (2009) and Choi (2011) in Ceará show there are two areas of manatee occurrence in the state: on the west coast, in the municipality of Barroquinha (on the border with Piauí) and on the east coast, in the municipalities of Fortim, Aracati and Icapuí, on the border with Rio Grande do Norte. The municipality of Icapuí is considered an important area of occurrence of the species in Ceará, due to the presence of macroalgae and shoal grass (*Halodule wrightii*) meadows that are part of the species' diet, in addition to the presence of fresh water springs in the meso and subtidal region. In this municipality, the animals are recorded throughout the year. On the west coast, the estuary of the Timonha and Ubatuba Rivers is still well preserved. There are records of manatee occurrence eight kilometers upstream, in the municipality of Chaval (CE), denoting the importance of this rich ecosystem for the maintenance of the local population of this species.

More information on the species occurrence in north and northeast states are detailed in "Conservation" chapter.

Uso do habitat e área de vida dos peixes-bois-marinhos no Brasil West Indian manatee habitat use and home range in Brazil

O conceito de área de vida ou área de uso, traduzido do termo em inglês *home range*, é utilizado há bastante tempo na literatura especializada e remete a pesquisas no campo da história natural de organismos. Darwin (1859), no famoso livro *On the Origin of Species*, definiu que “Indivíduos animais restringem seus movimentos a áreas definidas, conhecidas como área de vida”.

Outros autores buscaram aprofundar o conceito, a exemplo de Burt (1943) que postulou área de vida como sendo a “área percorrida por um indivíduo em suas atividades normais de busca por alimento, acasalamento e cuidado com filhotes. Saídas ocasionais desta área, talvez de natureza exploratória, não devem ser consideradas como parte da área de vida”.

No entanto, a precisa definição dos limites da área de vida é menos relevante que o conhecimento da intensidade do uso e importância biológica de sua estrutura interna (POWELL, 2000). Tal intensidade e importância correspondem à definição de padrões de utilização do habitat, que podem ser resultantes de diferentes atividades comportamentais, tais como busca por alimento, abrigo e parceiros e onde o indivíduo sobrevive, reproduz e tem sua aptidão maximizada (KREBS; DAVIES, 1997 *apud* KIE *et al.*, 2010).

As pesquisas para definição dos tamanhos de áreas de vida e reconhecimento dos padrões de utilização do habitat de peixes-bois-marinhos no Brasil têm utilizado tanto indivíduos devolvidos ao ambiente natural após reabilitação em cativeiro, como exemplares nativos capturados através de rede de cerco (NORMANDE, 2014; PETROBRAS, 2014).

A seleção de animais reabilitados em cativeiro e aptos à soltura seguem os critérios do Protocolo de Reintrodução (LIMA *et al.*, 2007) e incluem origem, tamanho e peso mínimos, adaptação à alimentação natural, tempo em cativeiro, histórico clínico e aspectos comportamentais. Após a reabilitação em piscinas e oceanários, os indivíduos aptos são translocados para recintos de aclimação ao ambiente natural. Já a captura de animais de vida livre consiste na utilização de uma rede de cerco, lançada por barco específico para captura de sirênios, circundando a região onde o animal foi avistado. Após o cerco, o animal é trazido até o barco, contido fisicamente e depois transportado até a praia para realização dos procedimentos.

Antes da liberação dos indivíduos ao ambiente, estes são marcados com dispositivos de monitoramento satelital. O sistema de marcação utilizado é composto por cinto, cabo e transmissor flutuante (RATHBUN *et al.*, 1987). Os transmissores utilizam tecnologias PTT, GPS e VHF, viabilizando a aquisição de coordenadas de formas remota e presencial.

É recomendado que além do monitoramento remoto, seja realizado o monitoramento de campo, por técnicos ou monitores locais contratados e treinados pelos projetos. O monitoramento em campo permite a visualização dos animais marcados, possibilitando a validação dos dados remotos, além da coleta de informações comportamentais e das características ambientais das áreas de utilização.

As áreas de vida dos peixes-bois monitorados podem ser calculadas através do método de *kernel* fixo (SEAMAN; POWELL, 1996; POWELL, 2000; JACOB; RUDRAN,

The home range concept has long been used in the specialized literature and refers to studies in the field of the natural history of organisms. Darwin (1859), in the famous book 'On the origin of Species', defined that "individual animals restrict their movements to defined areas, known as home range".

Other authors have attempted to deepen the concept, for example Burt (1943), who postulated home range as being the "that area traversed by the individual in its normal activities of food gathering, mating and caring for young. Occasional sallies outside the area, perhaps exploratory in nature, should not be considered as in part of the home range".

*However, the precise definition of home range limits is less relevant than the knowledge of the intensity of use and biological importance of its internal structure (POWELL, 2000). Such intensity and importance correspond to the definition of habitat use patterns, which can result from different behavioral activities, such as searching for food, shelter and mates, and where the individual survives, reproduces and has its fitness maximized (KREBS; DAVIES, 1997 *apud* KIE *et al.*, 2010).*

The research to define the size of the home range and recognize patterns of habitat utilization by manatees in Brazil have used both individuals returned to the natural environment after rehabilitation in captivity and wild specimens captured by seine nets (NORMANDE, 2014; PETROBRAS, 2014).

*The selection of animals rehabilitated in captivity that are suitable for reintroduction follows criteria from the Reintroduction Protocol (Lima *et al.*, 2007) and includes origin, minimum size and weight, adaptation to natural food, time in captivity, clinical history and behavioral aspects. After rehabilitation in tanks and aquariums, suitable individuals are transported to soft-release enclosures in the natural environment. The capture of free-living animals, on the other hand, consists in the use of nets, launched by a specific boat for catching sirenians, encircling the region where the animal was sighted. After the capture, the animal is brought up to the boat, physically restrained and then transported to the beach for the completion of the procedures.*

*Before being released, the individuals are marked with satellite monitoring devices. The marking system used is composed of a belt, tether and buoyant house containing a transmitter (RATHBUN *et al.*, 1987). The transmitters use PTT, GPS and VHF technologies, enabling the acquisition of coordinates both off site and in situ. We recommend that field monitoring is performed, in addition to the remote monitoring, by technicians or local observers hired and trained by the projects. The field monitoring allows the visualization of the marked animals, permitting the validation of remote data, in addition to the collection of environmental and behavioral information.*

*The home range of monitored manatees can be calculated using the fixed kernel method (SEAMAN; POWELL, 1996; POWELL, 2000; JACOB; RUDRAN, 2006; e KIE *et al.*, 2010), considering 95% of the use distributions to determine the size of the home range and 50% to determine the centers of activity (COAs).*

In addition to the data collected in the field, the environmental characteristics of COAs may be obtained by plotting the polygons generated in softwares such as Google Earth and ArcGIS and from secondary data. This definition is crucial to understand the biological importance of the internal structure of the monitored individual's home range.

In Brazil, the studies published have calculated the size of home ranges as ranging between 4.24 and 155.56 km² (Table 1), and there were no significant differences in function of gender, age and place of release for individuals rehabilitated in captivity and returned to nature.

*Likewise, similar studies in Australia, Mexico and Belize (SHEPPARD *et al.*, 2006; CASTELBLANCO-MARTINEZ *et al.*, 2012) with wild animals also observed that sex did*

not influence the home range measured. On the other hand, studies performed with Florida manatees observed higher movement rates for males when compared to females with or without calves (DEUTSCH *et al.*, 2003; FLAMM *et al.*, 2005). This corroborates the preliminary results obtained for wild manatees marked in Ceará (PETROBRAS, 2014), although the small sample size (n = 6) did not allow for statistical tests (Figure 2).

The results available for manatees rehabilitated in captivity and released back to nature in Brazil suggest that other variables may be acting to provide the variation observed in the size of the home ranges. The dichotomy observed in studies with manatees released in Brazil can be compared to those observed with dugongs (*Dugong dugon*) in Australia (SHEPPARD *et al.*, 2006) and manatees in Mexico, where some individuals showed sedentary habits, while others travelled long distances.

Environmental factors such as water temperature, depth, hydrological regime and proximity to freshwater sources can influence sirenian distribution in different parts of the globe, sometimes causing seasonal migratory behaviours (IRVINE, 1983; REID *et al.*, 1991; OLIVEIRA-GÓMEZ; MELLINK, 2005; SHEPPARD *et al.*, 2006; CASTELBLANCO-MARTINEZ *et al.*, 2009).

In Florida manatees, the seasonal temperature fluctuation plays a fundamental role in their distribution and movement patterns (IRVINE, 1983; REID *et al.*, 1991). However, in tropical and subtropical regions the water temperature must not be seen as an important factor in the geographical distribution of manatees (DEUTSCH *et al.*, 2003). Yet, evidence of seasonal migrations was observed in manatee populations in Mexico (COLMENERO-ROLÓN, 1986), Honduras (RATHBUN *et al.*, 1983) and Trinidad (REYNOLDS; ODELL, 1991). Reeves *et al.* (1988) observed seasonal migrations in African manatees (*T. senegalensis*) and Best (1983) observed the same behavior in Amazonian manatees (*T. inunguis*). In all cases, the populations inhabited freshwater systems

Os resultados disponíveis para peixes-bois reabilitados em cativeiro e devolvidos à natureza no Brasil sugerem que outras variáveis podem estar atuando no sentido de proporcionar a variação observada no tamanho das áreas de vida. A dicotomia observada nos estudos com peixes-bois liberados na natureza no Brasil pode ser comparada a observada com dugongos (*Dugong dugon*) na Austrália (SHEPPARD *et al.*, 2006) e com peixes-bois-marinhos no México, onde alguns indivíduos apresentaram hábito sedentário, enquanto outros realizaram longos deslocamentos.

Fatores ambientais como temperatura da água, profundidade, regime hidrológico e proximidade de fontes de água doce podem influenciar a distribuição dos sirênios em diferentes partes do globo, algumas vezes provocando comportamentos migratórios sazonais (IRVINE, 1983; REID *et al.*, 1991; OLIVEIRA-GÓMEZ; MELLINK, 2005; SHEPPARD *et al.*, 2006; CASTELBLANCO-MARTINEZ *et al.*, 2009).

Nos peixes-bois-da-Flórida, a flutuação sazonal da temperatura exerce um papel fundamental em sua distribuição e padrões de movimentação (IRVINE, 1983; REID *et al.*, 1991). Já em regiões tropicais e subtropicais, a temperatura da água não deve ser encarada como um fator importante na distribuição geográfica dos peixes-bois (DEUTSCH *et al.*, 2003). No entanto, evidências de migrações sazonais foram observadas em populações de peixes-bois-marinhos no México (COLMENERO-ROLÓN, 1986), Honduras (RATHBUN *et al.*, 1983) e Trinidad (REYNOLDS; ODELL, 1991). Reeves *et al.* (1988) observaram migrações sazonais em peixes-bois-africanos (*T. senegalensis*) e Best (1983) observou o mesmo comportamento em peixes-bois-amazônicos (*T. inunguis*). Em todos os casos, as populações habitavam sistemas de água doce formados por grandes bacias hidrográficas afastadas da costa e o comportamento migratório foi associado à disponibilidade de alimento e restrições de deslocamento decorrentes dos ciclos hidrológicos presentes nestes locais.

Parece, ainda, não haver distinção entre animais selvagens e reabilitados em cativeiro no que se refere à utilização de áreas costeiras. As pesquisas no Brasil

not influence the home range measured. On the other hand, studies performed with Florida manatees observed higher movement rates for males when compared to females with or without calves (DEUTSCH *et al.*, 2003; FLAMM *et al.*, 2005). This corroborates the preliminary results obtained for wild manatees marked in Ceará (PETROBRAS, 2014), although the small sample size (n = 6) did not allow for statistical tests (Figure 2).

The results available for manatees rehabilitated in captivity and released back to nature in Brazil suggest that other variables may be acting to provide the variation observed in the size of the home ranges. The dichotomy observed in studies with manatees released in Brazil can be compared to those observed with dugongs (*Dugong dugon*) in Australia (SHEPPARD *et al.*, 2006) and manatees in Mexico, where some individuals showed sedentary habits, while others travelled long distances.

Environmental factors such as water temperature, depth, hydrological regime and proximity to freshwater sources can influence sirenian distribution in different parts of the globe, sometimes causing seasonal migratory behaviours (IRVINE, 1983; REID *et al.*, 1991; OLIVEIRA-GÓMEZ; MELLINK, 2005; SHEPPARD *et al.*, 2006; CASTELBLANCO-MARTINEZ *et al.*, 2009).

In Florida manatees, the seasonal temperature fluctuation plays a fundamental role in their distribution and movement patterns (IRVINE, 1983; REID *et al.*, 1991). However, in tropical and subtropical regions the water temperature must not be seen as an important factor in the geographical distribution of manatees (DEUTSCH *et al.*, 2003). Yet, evidence of seasonal migrations was observed in manatee populations in Mexico (COLMENERO-ROLÓN, 1986), Honduras (RATHBUN *et al.*, 1983) and Trinidad (REYNOLDS; ODELL, 1991). Reeves *et al.* (1988) observed seasonal migrations in African manatees (*T. senegalensis*) and Best (1983) observed the same behavior in Amazonian manatees (*T. inunguis*). In all cases, the populations inhabited freshwater systems

ID ID	Nome Name	Sexo Sex	Local Location	Área vida Home range (km ²)	COA (km ²)	COA (n)	Fator H Factor (dias)	Esforço Effort (days)	Deslocamento Displacement (km/dias)	Tag Tag
01-F	Aira	F	AL	5,53	0,61	1	0,25	174,72	1,7	PTT
02-M	Arani	M	AL	6,69	0,95	1	0,25	139,11	2,89	PTT
03-F	Ariel	F	AL	6,42	1,31	4	0,25	21,41	2,27	PTT
04-M	Arthur	M	PB	24,08	3,36	6	0,25	93,65	5,85	PTT
05-F	Luna	F	AL	13,87	1,5	4	0,25	216,19	4,09	PTT
06-F	Mel	F	PB	6,41	0,7	1	0,25	127,3	2,61	PTT
07-M	Potiguar	M	AL	8,06	1,15	1	0,25	112,79	2,98	PTT
08-M	Puã	M	PB	22,19	1,89	1	0,25	115,48	4,48	PTT
09-M	Tamunha	M	AL	17,62	2,79	3	0,25	100,57	4,99	PTT
10-M	Tico	M	PB	28,63	1,29	3	0,25	139,96	6,7	PTT
11-M	Chiquinho	M	AL	4,95	0,73	2	0,25	14,17	4,68	GPS
12-M	Guga	M	AL	6,07	0,47	1	0,25	13,96	4,45	GPS
13-F	Zelinha	F	PB	6,65	0,99	2	0,25	219,56	2,83	PTT/GPS
14-F	Telinha	F	AL	4,24	0,24	1	0,25	100,29	2,37	GPS
15-M	Tupã	M	AL	6,97	0,31	1	0,25	131,72	3,62	GPS
16-F	Tita	F	PB	6,02	1,1	5	0,25	239,3	4,11	GPS
17-F	Tuca	F	AL	19,96	2,96	4	0,25	70,46	7,29	GPS
18-M	Fontinho	M	AL	30,96	2,96	5	0,25	179,97	4,98	GPS
19-M	Sereno	M	AL	5,46	0,53	1	0,25	15	3,47	GPS
20-M	Atol	M	AL	4,91	1,15	2	0,25	12,93	6,03	GPS
21-M	Tinga	M	AL	7,01	1,49	5	0,25	18,5	5,42	GPS
MCE-01m	Adão	M	CE	155,56	21,89	5	1	339	11,10	GPS
MCE-02f	Eva	F	CE	76,77	11,83	3	1	198	7,28	GPS
MCE-03f	Icapuí	F	CE	68,06	10,94	1	1	112	4,88	GPS
MCE-04f	Redonda	F	CE	41,33	6,18	1	1	151	5,35	GPS
MCE-05f	Gabi	F	CE	21,93	5,43	1	1	3	7,33	GPS
MCE-06m	Bio	M	CE	28,73	4,78	1	1	4	7,75	GPS

Quadro 1. Sumário de resultados de área de vida e padrões de movimentação.
Table 1. Summary of home range and movement pattern results.

indicam uma predileção por áreas de até 5 m de profundidade, sendo registrada ainda a utilização de áreas de até 10 m (NORMANDE, 2014; NORMANDE *et al.*, 2014). A ocorrência de recursos alimentares e de fontes de água doce, bem como de locais abrigados da ação das ondas e ventos, parecem explicar esta predileção da espécie por águas costeiras, como corroborado pela literatura (REEVES *et al.*, 2002; REEP; BONDE, 2006).

No caso dos animais soltos em Alagoas e Paraíba, a maior frequência de utilização do ecossistema estuarino frente ao ecossistema marinho, pode estar relacionada à oferta de água doce e ao método de *soft-release*. Nestes estados, a oferta de água doce para os peixes-bois está quase sempre relacionada aos rios e corpos d'água que deságuam no mar e as solturas avaliadas foram realizadas exclusivamente em estuários. Em contrapartida, o recurso alimento é encontrado de forma mais dispersa no ambiente, sugerindo que os animais se concentram nas regiões de foz de rios para consumir água e repousar e depois saem ao mar em busca de alimento, consumindo principalmente fanerógamas (*Halodule sp.*) e algas marinhas (BORGES *et al.*, 2008).

Já nenhum dos animais nativos monitorados no Ceará utilizou ambientes estuarinos. Possivelmente a não utilização destes ambientes estuarinos esteja relacionada a dois fatores: (1) a presença de olhos d'água (afloramentos do lençol freático no assoalho oceânico) na região, possibilitando a ingestão de água doce e (2) a supressão da vegetação e assoreamento provocados pelas alterações ambientais decorrentes da implantação de fazendas de camarão e salinas (CAMPOS *et al.*, 2003). Tal redução de habitat, usado também para fins reprodutivos, é considerada a principal causa de encalhe de filhotes de peixe-boi dependentes nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte (MEIRELLES, 2008).

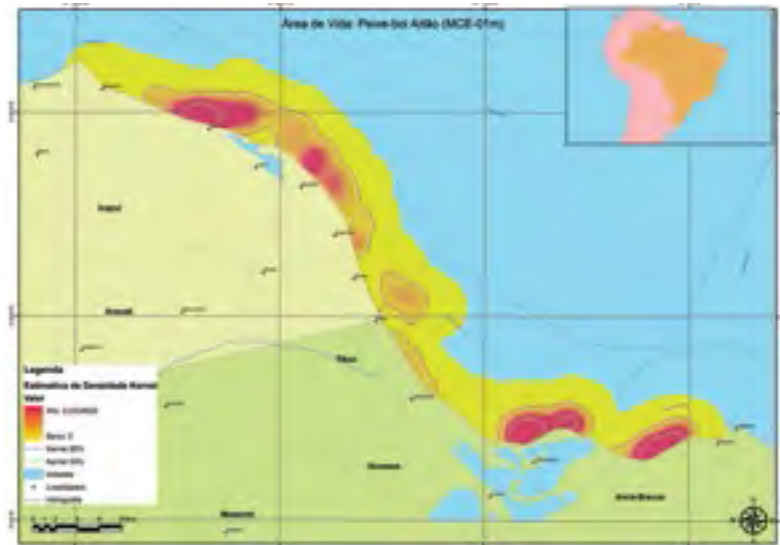


Figura 2. Área de vida de peixe-boi nativo macho marcado com GPS capturado em Icapuí/CE. A área mais extensa quando comparada com fêmeas sem e com filhotes sugere que o sexo pode influenciar o tamanho da área utilizada (Adaptado pelo autor de PETROBRAS, 2014).

Figure 2. Home range of a wild male manatee marked with GPS captured in Icapuí/CE. The more extensive range when compared to females with and without calves suggests that sex can influence the size of the home range (adapted by the author from PETROBRAS, 2014).

formed by large hydrographic basins distant from the coast and the migratory behavior was associated with the availability of food and travel restrictions arising from the hydrological cycles in these locations.

There seems to be no distinction between wild and rehabilitated animals with regards to the use of coastal areas. Studies in Brazil indicate a predilection for areas of up to 5 m depth, although the use of areas of up to 10 m depth is also recorded (NORMANDE, 2014; NORMANDE *et al.*, 2014). The occurrence of food resources and freshwater sources, as well as shelter from wave and wind action, seem to explain this predilection for coastal waters, as corroborated in the literature (REEVES *et al.*, 2002; REEP; BONDE, 2006).

In the case of animals released in Alagoas and Paraíba, the greater frequency in the use of estuarine ecosystems compared to marine ecosystems can be related to the supply of fresh water and the method of soft-release. In these states, the supply of fresh water for the manatees is almost always related to the rivers and water bodies that flows into the sea and the releases evaluated were performed exclusively in estuaries. In contrast, food is found more dispersed in the environment, suggesting that the animals concentrate near river mouths to consume water and rest and then come out to sea in search of food, consuming mainly seagrass (*Halodule sp.*) and algae (BORGES *et al.*, 2008).

None of the wild animals monitored in Ceará used estuarine environments. This is possibly related to two factors: (1) the presence of freshwater springs on the ocean floor in the region, allowing the intake of fresh water and (2) the removal of vegetation and silting caused by shrimp farms and salines (CAMPOS *et al.*, 2003). Such reduction in habitat, also used for reproductive purposes, is considered the main stranding cause for dependent calves in the states of Ceará and Rio Grande do Norte (MEIRELLES, 2008).

Implications for conservation

The identification of habitat use patterns generates conservation subsidies because it maps the areas and resources used with greater intensity and even the routes or movement corridors between these areas. This monitoring generates useful information for the indication of priority areas for the protection of the habitat and reduction of anthropic impacts, either via the creation of protected areas or by spatial planning and control measures.

In the case of animals rehabilitated in captivity and returned to nature, post-release monitoring allows the assessing of program outcomes, enabling the continuity of the management strategy, as it assists in the planning of the releases and the post-release monitoring and facilitates the rescue in case of individuals not adapting to the environment (NORMANDE *et al.*, 2015).

The adequate protection of seagrass and algae beds in the region should be regarded as extremely important for manatee conservation. Such features are susceptible to burying by sediments carried from water bodies or coastal erosion. Estuaries and freshwater springs should also be prioritized by habitat use planning measures, affording greater protection to the most important environments for the species' conservation.

The large overlap between the home range and centers of activity of monitored manatees and oil and gas exploitation blocks in shallow waters can be considered an effective threat to the conservation of manatees in the Potiguar Basin. The oil and gas production and exploitation activity, if performed inadequately, can generate a series of environmental impacts in an area of high sensitivity and considered strategic for the conservation of an endangered species, as is the case of manatees. The deployment of platforms and ducts and the traffic of large vessels may cause environmental impacts such as burial or destruction of seagrass and seaweed beds, noise pollution, contamination due to spills, collision with large marine vertebrates, among others.

Implicações para a conservação

A identificação dos padrões de utilização do habitat por peixes-bois gera subsídios para a conservação quando mapeia as áreas e os recursos utilizados com maior intensidade e ainda as rotas ou corredores de deslocamento entre estas áreas. Este monitoramento gera informações úteis para indicação de áreas prioritárias para a proteção do habitat e redução dos impactos antrópicos, seja pela criação de áreas protegidas, seja por medidas de ordenamento e controle.

No caso dos animais reabilitados em cativeiro e devolvidos à natureza, o monitoramento pós soltura proporciona o acompanhamento dos resultados do programa, viabilizando a continuidade da estratégia de manejo para a conservação, à medida que auxilia o planejamento das solturas, do acompanhamento pós soltura e favorece a realização de resgates em caso de não adaptação do indivíduo ao meio (NORMANDE *et al.*, 2015).

A adequada proteção das pradarias de fanerógamas marinhas e bancos de algas marinhas existentes na região deve ser considerada como extremamente importante para a conservação dos peixes-bois. Tais pradarias são susceptíveis a soterramentos decorrentes de aporte de sedimentos oriundos de corpos d'água ou erosão costeira. Estuários e olhos d'água também devem ser priorizados em medidas de ordenamento do uso do habitat, conferindo maior proteção aos ambientais mais importantes para conservação da espécie.

A grande sobreposição observada entre as áreas de vida e centros de atividade dos peixes-bois monitorados com blocos de exploração de óleo e gás em águas rasas pode significar uma ameaça efetiva para a conservação dos peixes-bois na Bacia Potiguar. A atividade de produção e exploração de óleo e gás, se não desempenhada de forma correta, pode gerar uma série de impactos ambientais em uma área de elevada sensibilidade e considerada estratégica para a conservação de espécies ameaçadas de extinção, como é o caso do peixe-boi-marinho. A implantação de plataformas e dutos e o tráfego de embarcações de grande porte podem acarretar impactos ambientais como soterramento ou destruição de bancos de fanerógamas e algas marinhas, poluição sonora, contaminação decorrente de vazamentos, abaloamento de grandes vertebrados marinhos, entre outros.

A utilização intensiva pelos peixes-bois de ambientes estuarinos e costeiros amplia a potencial existência de conflitos em razão do histórico processo de ocupação das áreas litorâneas no Brasil. Problemas relacionados à ocupação desordenada de áreas costeiras têm gerado a supressão da vegetação nativa, o assoreamento e poluição química de corpos d'água. O turismo desordenado também pode ser visto como uma ameaça à conservação dos peixes-bois na região nordeste do Brasil, por gerar um incremento do tráfego de embarcações e degradação de ambientes recifais (ICMBio, 2011).

Objetivando contemplar tanto áreas de uso intensivo quanto corredores de deslocamento, a criação de mosaicos de unidades de conservação de diferentes graus de proteção, ou de Áreas de Proteção Ambiental (APAs), que possuam zonas de uso restrito em seu interior se mostram como alternativas viáveis. Devido à grande extensão das áreas utilizadas pelos peixes-bois e as diferentes formas de utilização humana, tais estratégias poderiam auxiliar de forma significativa a conservação da espécie e seus habitats prioritários, sem, contudo, desconsiderar o processo histórico de ocupação humana na região e estimular o uso sustentável dos recursos naturais.

The intensive use of estuarine and coastal environments by manatees expands the potential for conflicts due to the historical process of occupation of coastal areas in Brazil. Problems related to the disordered occupation of coastal areas have generated the suppression of native vegetation, besides silting and chemical pollution of water bodies. Disorderly tourism can also be seen as a threat to the conservation of manatees in the northeast region of Brazil, by generating an increment in boat traffic and degradation of reef environments (ICMBio, 2011).

Aiming to contemplate both areas of intensive use and movement corridors, the creation of a mosaic of protected areas of different degrees of protection, or Environmental Protection Areas, with restricted use areas in their interior, are viable alternatives. Because of the great extension of the areas used by manatees and the different forms of human use, such strategies could significantly assist the conservation of the species and their priority habitats, without, however, disregarding the historical human occupation process in the region, while encouraging the sustainable use of the natural resources.

Estimativas populacionais Population estimates

O tamanho populacional de espécies ameaçadas de extinção é considerado uma variável essencial de conservação. Segundo a Lista Vermelha da *International Union for the Conservation of Nature* (IUCN), o peixe-boi-das-Índias-Occidentais, ou apenas peixe-boi-marinho, está classificado como “Vulnerável”, em declínio populacional, com populações severamente fragmentadas (DEUTSCH *et al.*, 2008). As estimativas populacionais no Caribe e América do Sul são mais escassas quando comparados à região dos Estados Unidos. Uma estimativa de abundância cautelosa aponta a existência de 6.000 espécimes em 20 países ao longo da ocorrência da espécie (SELF-SULLIVAN; MIGNUCCI-GIANNONI, 2012).

No Brasil, o declínio populacional do peixe-boi-marinho torna-o um dos mamíferos aquáticos mais ameaçados de extinção (ICMBio, 2011). Os primeiros esforços para determinar sua abundância ocorreram a partir da década de 90, baseados no conhecimento tradicional de pescadores, considerando o número máximo de peixes-bois vivos avistados por cada entrevistado. O resultado foi de aproximadamente 500 espécimes distribuídos no norte e nordeste do país (LUNA *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2011). Outra estimativa de apenas 200 indivíduos foi divulgada pela IUCN, porém sem detalhes metodológicos (SELF-SULLIVAN; MIGNUCCI-GIANNONI, 2008). Ambos os dados, apesar de suprirem a carência de informações populacionais sobre a espécie, não seguiram os padrões metodológicos e probabilísticos de estimativas populacionais.

Estudos mundiais de estimativa de abundância de sirênios utilizam comumente os levantamentos aéreos (e.g. REYNOLDS *et al.*, 2012; BAUDUIN *et al.*, 2013). No entanto, esta técnica possui fatores limitantes de aplicação, como a turbidez da água aliada ao viés de percepção do observador sobre as avistagens (POLLOCK *et al.*, 2006; MARTIN *et al.*, 2012). Além disso, consiste numa amostragem logisticamente difícil e dispendiosa, exigindo aeronaves confiáveis, pilotos qualificados e observadores treinados (REYNOLDS *et al.*, 2012). No Brasil, os censos aéreos de peixes-bois ocorreram ainda na década de 90, pela ONG Fundação Mamíferos Aquáticos, porém sem dados publicados. Em junho de 2003 a outubro de 2004, a ONG Aquasis realizou voos no litoral leste do Ceará, dando início aos primeiros entendimentos metodológicos aéreos (AQUASIS, 2006; COSTA, 2006), porém sem o objetivo de estimativas de abundância.

O primeiro levantamento aéreo para estimar a abundância de peixes-bois no nordeste do Brasil foi realizado em 2010, entre os estados do Piauí e Alagoas (ALVES, 2013). Primeiramente, a técnica foi testada no litoral norte de Alagoas, com condições ambientais favoráveis (ALVES *et al.*, 2013). A transparência da água foi um fator determinante para este estudo, com a categorização de quatro tipos de escala de visibilidade, conforme a detecção dos animais pelos observadores (Figura 3).

Um total de 67 peixes-bois (dentro e fora do esforço de amostragem) foram registrados em 55 avistagens (Figura 4). A abordagem bayesiana dos dados estimou uma abundância média de 1.104 animais (IC 95%: 610 – 1955). Isto representa uma população pequena em relação à grande área amostrada (1.500 km de costa), sendo necessário esforços futuros para o entendimento

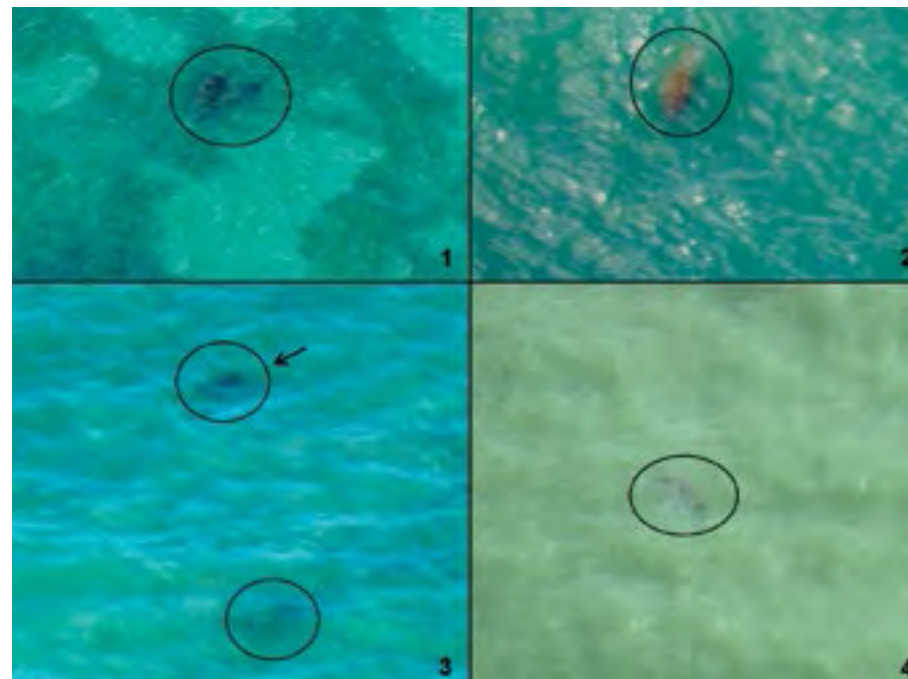


Figura 3. Avistagem de peixes-bois sob diferentes escalas de visibilidade, durante pesquisas aéreas no nordeste do Brasil. (1) Excelente - dois peixes-bois na praia de Quitéria, Ceará; (2) Boa - um peixe-boi na praia de Pirangi do Sul, no Rio Grande do Norte; (3) Média - dois peixes-bois na praia de Oiteiro, na Paraíba; e (4) Ruim - um peixe-boi na boca estuarina no Rio Guaju, no Rio Grande do Norte (ALVES *et al.*, 2015).

Figure 3. Manatee sightings under different visibility scales, during aerial surveys carried in Northeast Brazil: (1) Excellent - two manatees in Quitéria beach, Ceará; (2) Good - one manatee in Pirangi do Sul beach, in Rio Grande do Norte; (3) Medium - two manatees in Oiteiro beach, in Paraíba; and (4) Bad - one manatee in the River Guaju estuary, in Rio Grande do Norte (ALVES *et al.*, 2015).

The population size of endangered species is considered an essential conservation variable. According to the Red List of the International Union for the Conservation of Nature (IUCN), the West Indian manatee is classified as “vulnerable”, in population decline, with severely fragmented populations (DEUTSCH *et al.*, 2008). The population estimates in the Caribbean and South America are more scarce when compared to the United States region. A cautious abundance estimate points out to the existence of 6,000 specimens in 20 countries along the species’ occurrence (SELF-SULLIVAN; MIGNUCCI-GIANNONI, 2008).

das tendências populacionais temporais da espécie, além de estudos em áreas *hotspot* de ocorrência, visando a correção das variáveis e técnicas aprimoradas para o monitoramento dos peixes-bois.

Recentemente, a Petrobras (2014), através do Projeto de Monitoramento de Sirênios (PMS), realizou sobrevoos com o objetivo de estimar a abundância de peixes-bois-marinhos entre o município de Aquiraz, no litoral central do Ceará, e o município de Touros, no Rio Grande do Norte, em aproximadamente 387 km de costa. O PMS foi um projeto de avaliação de impactos estabelecido no âmbito do licenciamento ambiental federal conduzido pelo IBAMA. A metodologia utilizada foi a amostragem por distância, através da realização de transecções lineares. Um total de 16 avistagens foi registrado e a estimativa gerada foi de 193 indivíduos (IC 95%: 93-378). Como o método utilizado previa um mínimo de 60 a 80 avistagens (BUCKLAND *et al.*, 2001), o autor sugeriu que os resultados fossem interpretados como uma estimativa preliminar e que as transecções deveriam ser percorridas quatro vezes no total, visando a geração de dados mais robustos.



Figura 4. Avistagens de peixes-bois entre os estados do Piauí e Alagoas, durante o esforço de amostragem (desenhos de peixe-boi) e fora do esforço (círculo azul claro), com destaque para os principais centros urbanos costeiros de cada estado (quadrados azuis) (ALVES *et al.*, 2015).

Figure 4. Manatee sightings between the states of Piauí and Alagoas, during the sampling effort (manatee drawings) and outside the effort (blue circle), with emphasis to the main coastal urban centers of each state (blue squares) (ALVES *et al.*, 2015).

In Brazil, the manatee population decline makes it one of the most endangered aquatic mammals (ICMBio, 2011). The first efforts to determine their abundance occurred in the nineties, based on traditional fishermen knowledge, considering the maximum number of live manatees sighted by each interviewee. The result was approximately 500 specimens distributed in the north and northeast of the country (LUNA *et al.*, 2008, LIMA *et al.*, 2011). Another estimate of only 200 individuals was published by the IUCN, though without methodological details (SELF-SULLIVAN; MIGNUCCI-GIANNONI, 2008). Both data, despite satisfying the lack of population information on the species, did not follow the methodological and probabilistic patterns of population estimates.

Global studies to estimate sirenian abundance commonly use aerial surveys (e.g. REYNOLDS *et al.*, 2012; BAUDUIN *et al.*, 2013). However, this technique has limiting factors, such as water turbidity and observer bias (POLLOCK *et al.*, 2006; MARTIN *et al.*, 2012). In addition, this kind of sampling is logistically difficult and costly, requiring reliable aircrafts, qualified pilots and trained observers (REYNOLDS *et al.*, 2012). In Brazil, manatee aerial surveys occurred in the nineties, carried out by the NGO Fundação Mamíferos Aquáticos, although the data was not published. From June 2003 to October 2004, the NGO Aquasis held surveys on the east coast of Ceará, starting the first aerial methodological understandings (AQUASIS, 2006; COSTA, 2006), though without aiming to estimate abundance.

The first aerial survey to estimate the abundance of manatees in the northeast of Brazil was carried out in 2010, between the states of Piauí and Alagoas (ALVES, 2013). Firstly, the technique was tested on the north coast of Alagoas, with favorable environmental conditions (ALVES *et al.*, 2013). Water transparency was a determinant factor for this study, with the categorization of four types of visibility scales, according to the detection of animals by the observers (Figure 3).

A total of 67 manatees (within and outside the sampling effort) were recorded in 55 sightings (Figure 4). The Bayesian approach of the data estimated a mean abundance of 1,104 animals (CI 95%: 610 - 1955). This represents a small population in relation to the large area sampled (1,500 km of coastline), so future efforts are needed to understand the species temporal population trends, in addition to studies in hotspot areas of occurrence, aiming for the correction of the variables and improving the manatee monitoring techniques.

Recently, Petrobras (2014), through the 'Programa de Monitoramento de Sirênios (PMS)', held aerial surveys with the objective of estimating the abundance of manatees between the municipality of Aquiraz, on the central coast of Ceará, and the municipality of Touros, in Rio Grande do Norte, along approximately 387 km of coastline. The PMS was an impact assessing project established under the federal environmental licensing conducted by IBAMA. The methodology used was distance sampling, through linear transects. A total of 16 sightings was recorded which generated an estimate of 193 individuals (95% CI: 93-378). As the method used assumed a minimum of 60 to 80 sightings (BUCKLAND *et al.*, 2001), the author suggested the results should be interpreted as a preliminary estimate and that the transects should be surveyed four times in total, to generate more robust data.

Mortalidade Mortality

Até recentemente, o peixe-boi-marinho era considerado criticamente ameaçado de extinção no Brasil (MMA, 2003), com uma população estimada de 1.000 indivíduos entre os estados de Alagoas e Piauí, litoral nordeste (ALVES, 2013). Suas populações foram utilizadas como uma importante fonte de proteína animal nos séculos passados (ALVITE; LIMA, 2012; LUNA *et al.*, 2008), com implicações populacionais não conhecidas. O provável declínio na abundância de animais foi intensificado pela contínua degradação dos ambientes costeiros e estuarinos, que são utilizados pela espécie para alimentação, reprodução e descanso (BORGES *et al.*, 2007; LUNA *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2011; ALVES *et al.*, 2013b).

Capturas acidentais em aparelhos de pesca (OLIVEIRA *et al.*, 1990; AQUASIS, 2006, MEIRELLES, 2008) e o encalhe de filhotes devido à perda de habitats naturais para cuidado parental (LIMA *et al.*, 1992; MEIRELLES, 2008; PARENTE *et al.*, 2004; CHOI, 2011) são as principais causas de mortalidade reportadas ao longo da área de distribuição da espécie. Outras causas de mortalidade registradas são atropelamentos por embarcações motorizadas e a vela (BORGES *et al.*, 2007, AQUASIS, 2006, MEIRELLES *et al.*, 2009) e a ingestão de lixo marinho (ATTADEMO *et al.*, 2008). A exploração petrolífera e as prospecções sísmicas surgem também como ameaças à espécie (PARENTE; ARAÚJO, 2011).

Os diversos fatores de ameaça aos peixes-bois podem causar o abandono momentâneo da área e a interrupção das atividades comportamentais, como a desagregação de grupos (ALVES, 2007; LUNA *et al.*, 2008), ou mesmo a morte (Figura 5), com risco de declínio populacional irreversível. Sua baixa taxa reprodutiva limita a capacidade de recuperação das populações, afetando gradativamente sua viabilidade futura (MARMONTEL, 1995). Além das ameaças sofridas em sua área de ocorrência, a espécie sofre com baixa variabilidade genética (GARCIA-RODRIGUEZ *et al.*, 1998). De acordo com Vianna *et al.* (2006), a densidade populacional da espécie é extremamente baixa para a dimensão da costa brasileira, fato esse que se agrava devido a sua distribuição fragmentada, com populações que provavelmente já se encontram geneticamente isoladas, o que torna o seu status de conservação ainda mais crítico.



Figura 5. Peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) encalhado morto no litoral de Icapuí, leste do Ceará.

Figure 5. West Indian manatee (*Trichechus manatus*) stranded dead on the coast of Ceará State.

Until recently, the West Indian manatee was considered critically endangered in Brazil (MMA, 2003), with an estimated population of 1,000 individuals between the states of Alagoas and Piauí, on the northeastern coast (ALVES, 2013). Their populations were used as an important source of animal protein in past centuries (ALVITE; LIMA, 2012; LUNA *et al.*, 2008), with unknown implications for the stocks. The probable decline in the abundance of animals was intensified by the continuous degradation of estuarine and coastal environments, which are used by the species for feeding, reproduction and rest (BORGES *et al.*, 2007; LUNA *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2011; ALVES *et al.*, 2013b).

Accidental catches in fishing gear (OLIVEIRA *et al.*, 1990; AQUASIS, 2006; MEIRELLES, 2008) and the stranding of calves due to the loss of natural habitats for parental care (LIMA *et al.*, 1992; MEIRELLES, 2008; PARENTE *et al.*, 2004; CHOI, 2011) are the main causes of mortality reported along their area of distribution. Other causes of mortality recorded are collisions with motorized and sailing boats (BORGES *et al.*, 2007; AQUASIS, 2006; MEIRELLES *et al.*, 2009) and the ingestion of marine debris (ATTADEMO *et al.*, 2008). Oil exploitation and seismic surveys also emerge as threats to the species (PARENTE; ARAÚJO, 2011).

These various threats to manatees can cause the abandonment of the area and the temporal interruption of behavioral activities, such as the disruption of groups (ALVES, 2007; LUNA *et al.*, 2008), or even death (Figure 5), with risks of irreversible population decline. Their low reproductive rate limits the ability of populations to recover, gradually affecting their future viability (MARMONTEL, 1995). In addition to the threats suffered in its occurrence area, the species struggles with low genetic variability (GARCIA-RODRIGUEZ *et al.*, 1998). According to Vianna *et al.* (2006), the species' population density is extremely low for the size of the Brazilian coast, a fact that is aggravated by its fragmented distribution, with populations that are probably already genetically isolated, which renders their conservation status even more critical.

Encalhes Strandings

Ao longo dos últimos anos, o número de encalhes de filhotes de peixes-bois no litoral nordestino vem aumentando significativamente, apresentando os estados do Rio Grande do Norte e Ceará como os principais pontos de encalhes (PARENTE *et al.*, 2004; MEIRELLES, 2008). Essas áreas constituem importantes sítios de ocorrência da espécie no país, embora seus estuários estejam bastante impactados pelas práticas da carcinicultura e produção de sal (CHOI, 2011; ALVES *et al.*, 2013b).

Atualmente, a maior ameaça ao peixe-boi-marinho é a intensa degradação do ambiente onde vivem, principalmente as áreas estuarinas. O assoreamento dos rios barra o acesso dos animais a importantes locais de alimentação e berçário. Esses locais possuem águas calmas, onde a fêmea pode dar à luz e cuidar do filhote nos primeiros dias de vida. O impacto da perda dessas áreas, de importante papel ecológico para a espécie, se traduz no alto índice de encalhes de filhotes neonatos vivos. A costa semi-árida do Ceará se caracteriza por um perfil bastante retilíneo, com a presença de enseadas abertas e pontas não muito pronunciadas. Tal conformação, associada aos fortes ventos entre julho e novembro e a intensa corrente de deriva costeira, cria condições desfavoráveis para recém-nascidos permanecerem próximos às fêmeas, causando o desgarramento e consequente encalhe na praia (MEIRELLES *et al.*, 2014) (Figura 6).

O encalhe de filhotes neonatos é um dos fatores de maior preocupação quanto à conservação da espécie no Brasil. Meirelles (2008) determinou que oitenta por cento dos encalhes nesta região, entre os anos de 1987 e 2002, foram de filhotes com menos de 10 dias de vida. Um estudo realizado pela Aquasis, mostrou que existe uma forte relação entre a perda do manguezal e os acontecimentos de encalhes de filhotes (CHOI, 2011). Segundo a Aquasis (2010), de 1988 a 2008, houve um total de 11.500,39 hectares de perda de manguezal, no Ceará e oeste do Rio Grande do Norte, ou seja, em 20 anos o peixe-boi-marinho perdeu alguns milhares de hectares de habitat de reprodução, cuidado parental, alimentação e descanso. Segundo Pimm e Raven (2000) a destruição de habitat é considerada a causa mais importante da extinção de espécies em todo o mundo. No capítulo "Conservação" há uma ampla discussão sobre o tema encalhes, incluindo o de filhotes neonatos.

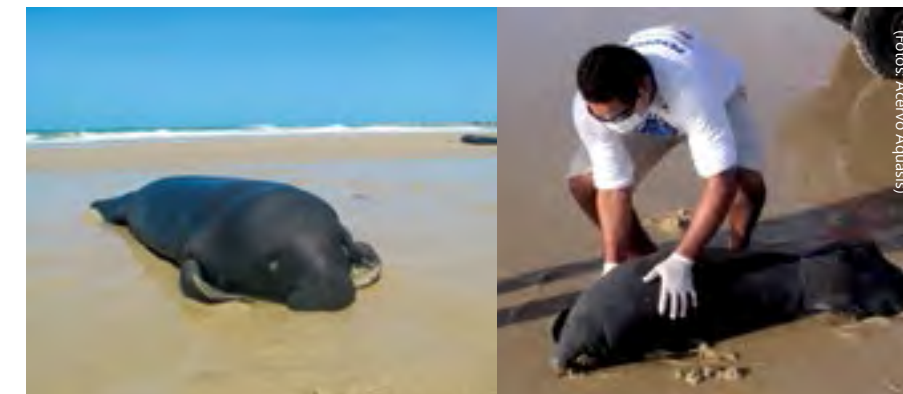


Figura 6. Encalhe e resgate de um filhote de peixe-boi-marinho no litoral leste do Ceará.
Figure 6. Stranding and rescue of a manatee calf on the east coast of Ceará.

Over the past few years, the number of manatee calf strandings on the northeastern coastline has been increasing significantly, with the states of Rio Grande do Norte and Ceará leading the statistics (PARENTE *et al.*, 2004; MEIRELLES, 2008). These areas are important occurrence sites for the species in the country, although their estuaries are highly impacted by aquaculture and salt production (CHOI, 2011; ALVES *et al.*, 2013b).

Currently, the greatest threat to the manatees is the intense degradation of the environment where they live, mainly the estuarine areas. The silting of rivers prevents the animals' access to important nursery and feeding areas. These sites have calm waters, where the females can give birth and nurse their calves for the first days of life. The impact of the loss of these areas, of such important ecological role for the species, translates into the high rates of live newborn strandings. The semi-arid coast of Ceará is characterized by a rectilinear profile, with the presence of open bays and unpronounced tips. This feature, associated to strong winds between July and November and the intense coastal drift current, creates unfavorable conditions for the newborns to remain close to the female, causing their separation and consequent stranding of the calf on the beach (MEIRELLES *et al.*, 2014) (Figure 6).

The stranding of newborn calves is the factor of greatest concern regarding the species' conservation in Brazil. Meirelles (2008) determined that eighty per cent of strandings in this region, between the years 1987 and 2002, were of calves under 10 days of life. A study conducted by Aquasis showed that there is a strong relationship between the loss of mangroves and the calf stranding events (CHOI, 2011). According to Aquasis (2010), from 1988 to 2008 there was a total loss of 11,500.39 hectares of mangroves in Ceará and west of Rio Grande do Norte, i.e., in 20 years the manatees lost thousands of hectares of breeding, nursing, feeding and resting habitat. According to Pimm and Raven (2000), habitat destruction is considered the most important cause of species extinctions in the world. In the "Conservation" chapter, there is a wide discussion on the topic "strandings", including those involving newborns.



(foto: Enrico Marcolini/Acervo FMA)

Genética

Genetics

Fabício R. Santos
Programa de Pós-Graduação em Genética, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
Postgraduate Program in Genetics, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil

Helen M.D.R. Barros
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil
Federal University of Pernambuco, Recife, PE, Brazil

Marco A.A. Schetino & Camilla S. Lima
Programa de Pós-Graduação em Genética, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
Postgraduate Program in Genetics, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil



Foto: Erico Marcolini/Acerio FMA

Genética da conservação e marcadores moleculares *Conservation genetics and molecular markers*

A genética da conservação é uma disciplina científica que incorpora o estudo de variantes hereditárias, genotípicas ou fenotípicas à pesquisa da biologia da conservação, com a finalidade de gerar conhecimento sobre a diversidade populacional para a elaboração de estratégias que visem a conservação de espécies e ecossistemas.

Atualmente, estudos de história natural de espécies e suas populações nativas fornecem alguns dos principais subsídios que são utilizados para determinar prioridades e estratégias de conservação da biodiversidade. Os dados genéticos de espécies ameaçadas permitem compreender a dinâmica evolutiva de suas populações naturais, a qual deve ser mantida ou restaurada para mitigar os efeitos antropogênicos e garantir a persistência destas populações na natureza em médio e longo prazo. Por exemplo, dados sobre parentesco, diversidade genética remanescente, tamanho efetivo e níveis de endogamia são parâmetros importantes para estimar a viabilidade das populações na natureza e minimizar problemas devido à depressão endogâmica. Outros dados interpopulacionais, como fluxo gênico, estrutura genética ao longo da distribuição espacial da espécie, padrões filogeográficos e adaptações gênicas locais permitem planejar estratégias apropriadas de translocação de indivíduos de acordo com a dinâmica evolutiva das populações, as quais permitem aumentar a diversidade genética local e minimizar outros efeitos negativos como a depressão exogâmica.

Nos estudos de genética da conservação da biodiversidade, o DNA mitocondrial (DNAm) tem sido muito utilizado desde o final da década de 1980. Por ser uma molécula circular simples, portadora de vários genes em um arranjo estável, sem DNA repetitivo, introns ou pseudogenes, de rápida evolução, herdado uniparentalmente (via materna), sem recombinação e virtualmente haploide, o DNAm oferece diversas vantagens no estudo da história natural das espécies e de suas populações (AVISE *et al.*, 1987; FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE *et al.*, 2008). Além disso, diferentes regiões codificadoras e não codificadoras podem ser escolhidas, adequando a taxa evolutiva requerida à profundidade temporal a ser investigada. Geralmente, a região controladora ou HVSI do DNAm é de evolução rápida, portanto, útil para investigar eventos recentes (intraespecíficos), enquanto genes codificadores de proteínas, como o Citocromo c Oxidase Subunidade I (COI), são úteis em estudos interespecíficos. Por essas características, o DNAm tem sido também muito utilizado em estudos de biogeografia histórica por meio de análises filogeográficas e de genética populacional. Os resultados filogeográficos permitem compreender a dinâmica evolutiva de linhagens genéticas (ou haplótipos), no tempo e no espaço, a qual está associada aos eventos de divergência populacional, às flutuações demográficas e ao padrão de fluxo gênico interpopulacional que moldaram a distribuição da diversidade genética atual de cada espécie.

Atualmente, várias abordagens alternativas em genética são possíveis com o aumento do conhecimento dos genomas. Isto permite o desenvolvimento de novos marcadores moleculares que complementam e refinam as análises feitas com DNAm nas diferentes escalas temporais. Entre estes marcadores, os mais

Conservation genetics is a scientific discipline that incorporates the study of hereditary variants, genotypic or phenotypic, to conservation biology research, with the purpose of generating knowledge about population diversity for the elaboration of strategies aimed at the conservation of species and ecosystems.

Currently, studies of the natural history of species and their native populations provide major subsidies to determine priorities and strategies for biodiversity conservation. Genetic data from threatened species bring an understanding about the evolutionary dynamics of their natural populations, which must be maintained or restored to mitigate anthropogenic effects and guarantee the persistence of these populations in nature in the medium and long terms. For example, data on kinship, remaining genetic diversity, effective size and inbreeding levels are important parameters to estimate the viability of populations in nature and minimize problems due to inbreeding depression. Other inter-population data, such as gene flow, genetic structure along the species' spatial distribution, phylogeographic patterns and local genic adaptations, permit the planning of appropriate strategies for the translocation of individuals according to the evolutionary dynamics of populations, which result in increased local genetic diversity and minimize other negative effects, such as outbreeding depression.

In studies of genetics for biodiversity conservation, the mitochondrial DNA (mtDNA) has been widely used since the end of the eighties. For being a simple circular molecule, carrier of several genes in a stable arrangement, without repetitive DNA, introns or pseudogenes, of rapid evolution, inherited uniparentally (maternally), without recombination and virtually haploid, the mtDNA offers several advantages in the study of the natural history of species and their populations (AVISE *et al.*, 1987; FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE *et al.*, 2008). In addition, different coding and non-coding regions can be chosen, adjusting the evolutionary rate required to the temporal depth to be investigated. Usually, the mtDNA control region, or the HVSI, is fast evolving, therefore, useful to investigate recent events (intraspecific), while protein coding genes, such as the cytochrome c oxidase subunit I (COI), are useful in interspecific studies. For these characteristics, the mtDNA has also been widely used in historical biogeography studies through phylogeographic and population genetics analysis. The phylogeographic results reveal the evolutionary dynamics of genetic lineages (or haplotypes), in time and space, which is associated to population divergence events, demographic fluctuations and the inter-population gene flow pattern that shaped each species' current genetic diversity distribution.

Currently, several alternative approaches in genetics are possible with the increased knowledge of the genomes. This allows the development of new molecular markers that complement and refine the analysis of mtDNA in different time-scales. Among these markers, microsatellites are the most popular. These are biparental nuclear repetitive segments (inherited from both mother and father), which are very useful in recent scale analysis (last decades and centuries), as in studies of paternity, kinship, interpopulation gene flow and inbreeding estimates. In longer time scales (thousands to millions of years), the association of various markers representative of the entire genome allows one to generate more robust intra and interspecific phylogenetic trees that can clarify doubts in the systematics and natural history of some taxonomic groups (FRANKHAM *et al.*, 2008). Therefore, with the growing availability of genomic data for several species, including the manatee (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bioproject/68243>), new nuclear markers based on sequencing or genotyping of point mutations (SNPs) can be developed and used to complement genetic data obtained with mtDNA and microsatellites.

populares são os microssatélites, segmentos repetitivos nucleares biparentais (herdados do pai e da mãe) que se mostram muito úteis nas análises em escalas recentes (últimas décadas e séculos), tal como nos estudos de paternidade, parentesco, fluxo gênico interpopulacional e estimativas de endogamia. Nas escalas temporais antigas (milhares a milhões de anos), a associação de vários marcadores representativos de todo o genoma permite gerar filogenias intra e interespecíficas mais robustas, que podem esclarecer dúvidas em sistemática e história natural de alguns grupos taxonômicos (FRANKHAM *et al.*, 2008). Portanto, com a disponibilização crescente de dados genômicos de vários organismos, inclusive do peixe-boi-marinho (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bioproject/68243>), novos marcadores nucleares baseados em sequenciamento ou genotipagem de mutações de ponto (SNPs) podem ser desenvolvidos e utilizados para complementar os dados genéticos obtidos com DNAm e microssatélites.

Fundamentos genéticos para a prática da conservação

Genetic fundamentals for conservation practice

No nível intraespecífico, a genética lida com toda a variação hereditária genotípica e fenotípica que é necessária para a continuidade evolutiva das populações ameaçadas. Quando esta variação é quantificada dentro de populações, ela permite entender aspectos relacionados à biologia reprodutiva (poliginia, poliandria, paternidade extra-par, nível de parentesco, etc) e à diversidade genética que ainda existe (FRANKHAM *et al.*, 2008). Normalmente, esta diversidade é quantificada com marcadores neutros (não influenciados pela Seleção Natural), mas com os novos dados genômicos e a identificação de genes relacionados a processos adaptativos ou reprodutivos, a quantificação da variação diretamente ligada à adaptação populacional poderá ser futuramente utilizada. Com este tipo de evidência genética intrapopulacional é possível, por exemplo, sugerir manejos para o aumento da diversidade genética e diminuição da homoziguidade (nos casos de endogamia) das populações naturais, ou nos casos de cativeiro, planejar acasalamentos que evitem, por exemplo, a endogamia e a manifestação de desordens recessivas (FRANKHAM *et al.*, 2008, Figura 1).

Outras análises estimam também a diversidade que existe entre populações, as quais podem ser mais ou menos diferenciadas, dependendo do grau de isolamento de cada uma delas, ou seja, o nível de fluxo gênico entre elas. Estes resultados permitem inferir o padrão de estruturação populacional, que na maior parte dos casos está relacionado com a distribuição geográfica das populações. Estas medidas de estruturação populacional permitem revelar agrupamentos de indivíduos ou populações muito divergentes que, em certos casos, podem ser consideradas subespécies ou *quasi*-espécies (espécies incipientes). Na prática da conservação, estas análises de estruturação populacional e filogeografia permitem identificar unidades evolutivas significativas (ESUs), que são populações

At the intraspecific level, genetics deals with the entire genotypic and phenotypic hereditary variation that is required for the evolutionary continuity of threatened populations. When this variation is quantified within populations, it clarifies aspects related to reproductive biology (polygyny, polyandry, extra-pair paternity, level of kinship, etc.) and to remaining genetic diversity (FRANKHAM *et al.*, 2008). Normally, this diversity is quantified with neutral markers (not influenced by natural selection), but with new genomic data and the identification of genes related to adaptive or reproductive processes, the quantification of variation directly linked to the population adaptation may be used in the future. With this type of intra-population genetic evidence it is possible, for example, to suggest management measures to increase genetic diversity and decrease homozygosity (in cases of inbreeding) of natural populations, or, in captivity cases, to plan matings which avoid, for example, inbreeding and the manifestation of recessive disorders (FRANKHAM *et al.*, 2008, Figure 1).

Other analyses also estimate the diversity between populations, which can be more or less differentiated, depending on the degree of isolation of each one of them, i.e. the level of gene flow between them. These results allow us to infer the population-structuring pattern, which in most cases relates to the geographic distribution of the populations. These measures of population structuring reveal very divergent groupings of individuals or populations, which may, in certain cases, be considered subspecies or quasi-species (incipient species). In conservation practice, these analyses of population structuring and phylogeography allow the identification of Evolutionary Significant Units (ESUs), which are populations with relative evolutionary independence that are generally treated as different management units or populations of conservation priority. This enables the development of management methods aimed at perpetuating the evolutionary dynamics of natural populations, minimizing recent anthropic impacts and future problems evolving from inadequate management (FRANKHAM *et al.*, 2008).

The population structuring, especially in the long term (several thousands of years), should be seriously considered in cases of management involving the translocation of individuals between divergent populations. Although increasing genetic diversity

com relativa independência evolutiva e são geralmente tratadas como unidades diferentes de manejo ou populações prioritárias para conservação. Isto permite a implantação de métodos de manejo que visem perpetuar a dinâmica evolutiva das populações naturais, minimizando impactos antrópicos recentes e futuros problemas advindos do manejo inadequado (FRANKHAM *et al.*, 2008).

A estruturação populacional, principalmente aquela de longo prazo (vários milhares de anos), deve ser seriamente considerada nos casos de manejo envolvendo a translocação de indivíduos entre populações divergentes. Embora o aumento da diversidade genética seja um dos objetivos do manejo na natureza e um critério importante para reverter efeitos negativos da endogamia, o cruzamento entre indivíduos de populações que possuem grandes diferenças genéticas, seja por adaptações exclusivas para cada localidade ou por combinações adaptadas de genes (epistasia), pode resultar na menor viabilidade ou problemas reprodutivos na prole (FRANKHAM *et al.*, 2008). Este efeito deletério é conhecido como depressão exogâmica, uma diminuição do valor adaptativo populacional devido à inviabilidade relativa da prole destes cruzamentos que pode levar à extinção local de populações com número reduzido (Figura 1). Isto se dá porque os indivíduos oriundos destes cruzamentos não são tão adaptados para a sobrevivência quanto os seus pais, nos seus respectivos ambientes originais (FRANKHAM *et al.*, 2008).

Os efeitos da depressão exogâmica são ainda mais drásticos quando há hibridização entre espécies diferentes, podendo ocorrer uma acentuada diminuição da viabilidade populacional (ALLEN DORF *et al.*, 2001). Em raros casos, alguns híbridos são férteis e podem cruzar com uma das espécies parentais, resultando em introgressão. Estes híbridos podem competir por recursos e prioridade reprodutiva, diminuindo o valor adaptativo das populações locais das espécies parentais e, eventualmente, levar à extinção local ou global. A depressão exogâmica intra e interespecífica (Figura 1) aparece, normalmente, por consequência de dois tipos de efeitos antropogênicos: indiretos, quando o declínio populacional resulta em aumento da hibridização (principalmente entre espécies); ou diretos, quando o manejo inadequado das translocações põe em contato indivíduos de populações ou espécies muito divergentes geneticamente.

is one of the management objectives in nature and an important criterion to revert the negative effects of inbreeding, the mating between individuals from genetically different populations, because of either adaptations unique to each locality or adapted combinations of genes (epistasy), may result in lower viability or reproductive problems in the offspring (FRANKHAM *et al.*, 2008). This deleterious effect is known as outbreeding depression, a decrease in the population adaptive value due to the relative unviability of the offspring from these matings that can lead to the local extinction of small populations (Figure 1). This is because the individuals born from these matings are not as adapted as their parents for the survival in their respective original environments (FRANKHAM *et al.*, 2008).

The effects of outbreeding depression are even more drastic when there is hybridization between different species, possibly leading to a marked reduction of the population viability (ALLEN DORF *et al.*, 2001). In rare cases, some hybrids are fertile and can mate with one of the parental species, resulting in introgression. These hybrids can compete for resources and reproductive priority, decreasing the adaptive value of local populations of the parental species and possibly lead to local or global extinction. The intra and interspecific outbreeding depression (Figure 1) appears, normally, as a result of two types of anthropogenic effects: indirect, when the population decline results in increased hybridization (mainly between species); or direct, when the inadequate management of translocations brings into contact individuals from genetically divergent populations or species.

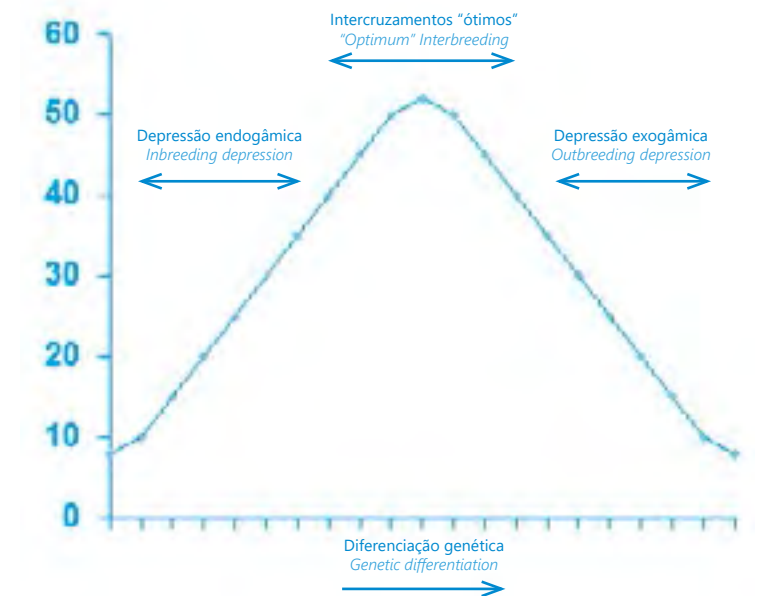


Figura 1. Gráfico que mostra a associação entre viabilidade e/ou sucesso reprodutivo da prole e a diferenciação genética entre os pais. A parte interna da curva revela a "zona ótima" de intercruzamentos e nas extremidades aparecem as zonas com efeitos negativos (depressão) dos intercruzamentos extremos endogâmicos e exogâmicos.

Figure 1. Graphic that shows the association between the reproductive viability and/or success of the offspring and the genetic differentiation between the parents. The centre of the curve reveals the "optimal" breeding zone and in the extremities appear the areas with negative effects (depression) from extreme inbreeding and outbreeding.

Estudos genéticos com peixes-bois

Genetic studies with manatees

Os primeiros estudos de citogenética indicaram composições cromossômicas diferentes entre a espécie marinha (*Trichechus manatus*) e a espécie amazônica (*T. inunguis*) (ASSIS *et al.*, 1988; GRAY *et al.*, 2002; WHITE *et al.*, 1976). O peixe-boi-marinho apresenta número diploide (2n) de 48 cromossomos, com cariótipo constituído principalmente por cromossomos de dois braços (metacêntricos, submetacêntricos e subteloicêntricos), enquanto que o peixe-boi-amazônico possui 56 cromossomos, sendo encontrados vários pares cromossômicos acrocêntricos (um braço). A espécie do ocidente africano (*T. senegalensis*) não tem dados cariotípicos e o dugongo (*Dugong dugon*), sirênio do oriente africano, sul da Ásia e Oceania, possui 50 cromossomos (SHORT, 1984).

Recentemente, uma análise citogenética comparativa (BARROS, 2014) entre *T. manatus* e *T. inunguis* com a técnica de hibridização *in situ* fluorescente (FISH) e sondas teloméricas revelou sinais de hibridização apenas nas regiões teloméricas, mas não foram observados remanescentes de telômeros intersticiais nos seus cromossomos, os quais seriam indicativos de inversões e fusões cromossômicas durante a diferenciação cariotípica. Este resultado está de acordo com a proposta de Gray *et al.* (2002), que indica que a evolução das diferenças cariotípicas observadas entre estas duas espécies poderia ser melhor explicada pela ocorrência de uma variedade de mecanismos de rearranjos intra e intercromossômicos e não somente por rearranjos do tipo fusão ou fissão cromossômica, como sugerido por Assis *et al.* (1988). Análises cariotípicas detalhadas (BARROS, 2014) também revelaram algumas diferenças no nível intraespecífico entre a população de *T. manatus* do Brasil e as populações de *T. manatus* que habitam Porto Rico e Flórida (EUA). Os pares cromossômicos 4 e 10 se mostraram metacêntrico e submetacêntrico, respectivamente, na população brasileira, enquanto nas populações do Caribe e da Flórida, estes pares são submetacêntrico e subteloicêntrico, respectivamente (GRAY *et al.*, 2002; HUNTER *et al.*, 2012). Assim, embora os peixes-bois que ocorrem em Porto Rico sejam tradicionalmente classificados como parte da subespécie *Trichechus manatus manatus*, estes apresentaram um cariótipo similar ao observado em *T. m. latirostris* (HUNTER *et al.*, 2012) e diferente da população brasileira que também é classificada como *T. m. manatus*.

O primeiro estudo de variação molecular com o peixe-boi-marinho (GARCIA-RODRIGUEZ *et al.*, 1998) identificou baixa diversidade nos dois extremos da distribuição da espécie, nas populações da Flórida (EUA) e do Brasil, assim como algumas discontinuidades na distribuição, que influenciam o padrão de fluxo gênico interpopulacional. Este estudo inicial também mostrou a existência de três haplogrupos ou linhagens mitocondriais (Figura 2) que não eram coerentes com a divisão de subespécies sugerida por análises morfológicas com um número limitado de amostras (DOMNING; HAYEK, 1986). Essas primeiras evidências genéticas foram corroboradas por um estudo posterior com marcadores mitocondriais e nucleares em uma grande amostragem (VIANNA *et al.*, 2006a,b), de 189 indivíduos de *T. manatus*, 93 de *T. inunguis* e seis de *T. senegalensis*. Este primeiro estudo de genética comparada entre as três espécies de peixe-boi

The first cytogenetic studies indicated different chromosomal compositions between the marine species (*Trichechus manatus*) and the Amazonian species (*T. inunguis*) (ASSIS *et al.*, 1988; GRAY *et al.*, 2002; WHITE *et al.*, 1976). The West Indian manatee has a diploid number (2n) of 48 chromosomes, with a karyotype consisting primarily of chromosomes with two arms (metacentric, submetacentric and subteloicentric), while the Amazonian manatee has 56 chromosomes and several pairs of acrocentric (one arm) chromosomes can be found. The African species (*T. senegalensis*) has no karyotypic data and the Dugong (*Dugong dugon*), the East African, South Asian and Oceania sirenian, has 50 chromosomes (SHORT, 1984).

Recently, a comparative cytogenetic analysis (BARROS, 2014) between *T. manatus* and *T. inunguis*, with the technique of fluorescence *in situ* hybridization (FISH) and telomeric probes, showed signs of hybridization in the telomeric regions only, but no interstitial telomere remnants were observed in their chromosomes, which would be indicative of chromosomal inversions and fusions during the karyotypic differentiation. This result is in agreement with Gray *et al.* (2002), which proposed that the evolution of the karyotype differences observed between these two species could be better explained by the occurrence of a variety of intra and inter-chromosomal rearrangement mechanisms and not only by chromosomal fusion or fission-type rearrangements, as suggested by Assis *et al.* (1988). Detailed karyotypic analyses (BARROS, 2014) also revealed some differences at the intraspecific level between the population of *T. manatus* from Brazil and the populations of *T. manatus* that inhabit Puerto Rico and Florida (USA). The chromosomal pairs 4 and 10 are metacentric and submetacentric, respectively, in the Brazilian population, while in the populations from the Caribbean and Florida these pairs are submetacentric and subteloicentric, respectively (GRAY *et al.*, 2002; Hunter *et al.*, 2012). Thus, while the manatees that occur in Puerto Rico are traditionally classified as part of the *Trichechus manatus manatus* subspecies, these presented a karyotype similar to that observed in *T. m. latirostris* (HUNTER *et al.*, 2012) and different from the Brazilian population that is also classified as *T. m. manatus*.

The first molecular variance study with the West Indian manatee (GARCIA-RODRIGUEZ *et al.*, 1998) identified low diversity at the two extremes of the species distribution, in populations of Florida (USA) and Brazil, as well as some discontinuities in the distribution, which influence the pattern of interpopulation gene flow. This initial study also showed the existence of three haplogroups, or mitochondrial lineages (Figure 2), that were not consistent with the subspecies division suggested by morphological analysis with a limited number of samples (DOMNING; HAYEK, 1986). These first genetic evidences were corroborated by a later study with nuclear and mitochondrial markers in a large sample size (VIANNA *et al.* 2006a,b) of 189 individuals of *T. manatus*, 93 of *T. inunguis* and six of *T. senegalensis*. This first comparative genetics study between the three species of manatees showed different evolutionary dynamics between them, as can be seen in the compared phylogeography study between the American species (Figure 2). The African manatee (*T. senegalensis*) presented divergent lineages associated with different river basins in west Africa, while the Amazonian manatee (*T. inunguis*) configured as a species of more recent origin than *T. manatus* (Figure 2), whose population began to expand a little more than 100 thousand years ago, probably from ancestors with unique adaptations to the Amazon river environment.

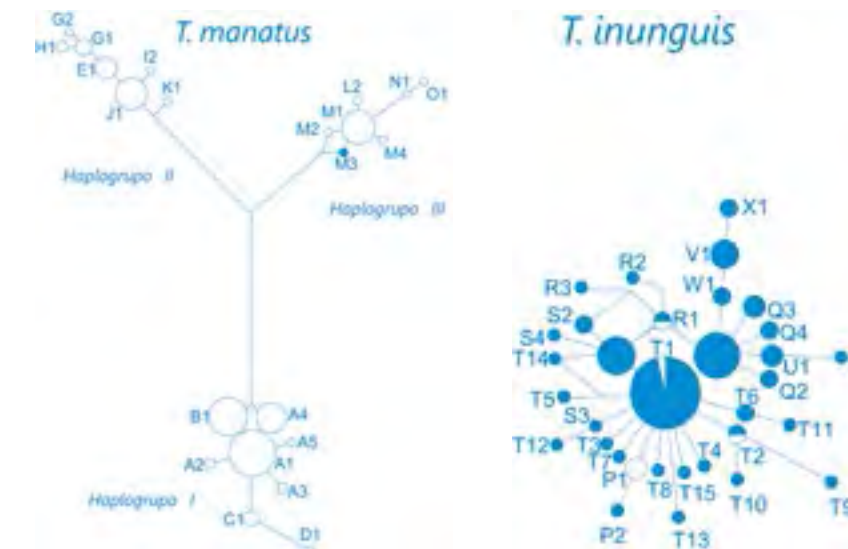


Figura 2. Filogeografia comparada das espécies americanas de peixe-boi com dados da região controle do DNAm (VIANNA *et al.*, 2006a). Cada círculo representa uma sequência nucleotídica diferente de DNAm, chamada de haplótipo, cuja área é proporcional ao número de indivíduos. O comprimento das linhas (ramos) é proporcional às diferenças nucleotídicas (mutações) entre os haplótipos. A cor dos círculos indica origem materna do DNAm: branca (*T. manatus*) e azul (*T. inunguis*). Os haplótipos M3, R1, T1, T2 e P1 representam alguns indivíduos híbridos encontrados neste estudo e o haplótipo M4 foi descrito recentemente na população do Brasil (LUNA *et al.*, 2012). Para a espécie *T. manatus* foram detectados três agrupamentos (haplogrupos I, II e III) de haplótipos que são filogeneticamente muito divergentes entre si.

Figure 2. Compared phylogeography of the American manatee species with data from the mtDNA control region (VIANNA *et al.*, 2006a). Each circle represents a different mtDNA nucleotide sequence, called haplotype, the area of which is proportional to the number of individuals. The length of the lines (branches) is proportional to the nucleotide differences (mutations) among the haplotypes. The color of the circles indicates maternal origin of the mtDNA: white (*T. manatus*) and blue (*T. inunguis*). The haplotypes M3, R1, T1, T2 and P1 represent some hybrid individuals found in this study and the haplotype M4 was recently described in the population from Brazil (LUNA *et al.*, 2012). For the species *T. manatus* three groupings were detected (Haplogroups I, II and III) of haplotypes that are phylogenetically very divergent.

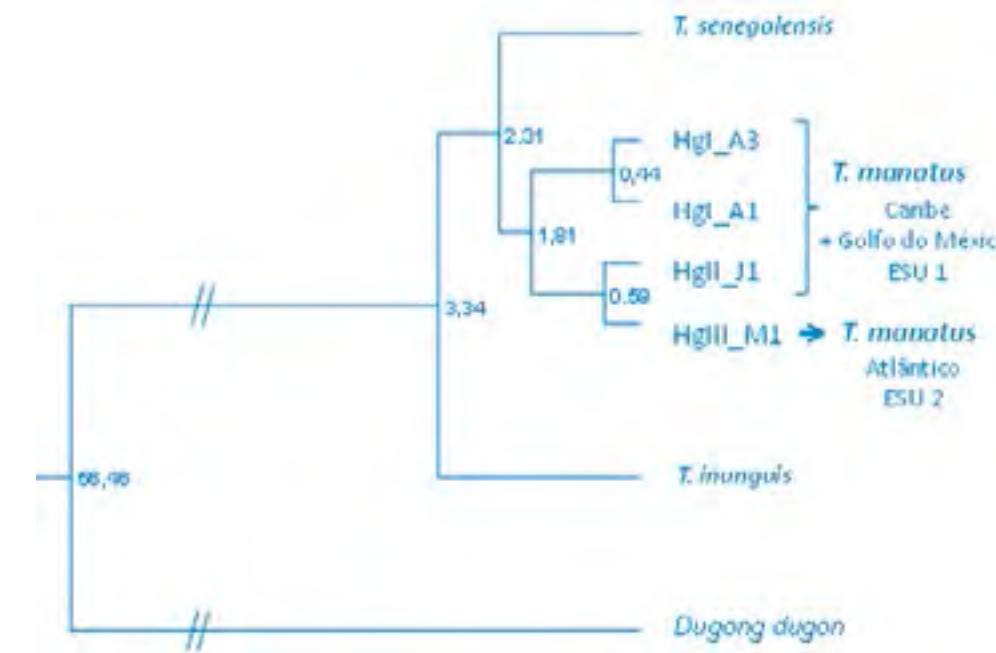


Figura 3. Filogenia bayesiana das linhagens e espécies de peixes-bois utilizando datações calibradas por fósseis (software Beast v2.2, BOUCKAERT *et al.*, 2014) a partir de dados de Citocromo B (GARCIA-RODRIGUEZ *et al.*, 1998, VIANNA *et al.*, 2006a). Os fósseis de sirênios utilizados definem datas para a divergência entre *Trichechus* e *Dugong* entre 47,6 e 66 milhões de anos (DOMNING *et al.*, 2010). Foi utilizado relógio molecular estrito ou relaxado e diferentes grupos externos compostos por Dugongo ou por outros Afrotheria como elefantes e hiráx. Todas as filogenias apresentaram topologia e datações muito similares. As datas das separações dos ramos se referem a milhões de anos (MA). Hgl, HglII e HglIII se referem aos haplogrupos de *T. manatus* previamente identificados (Figura 2).

Figure 3. Bayesian phylogeny of manatee lineages and species using dating calibrated by fossils (Beast software v2.2, BOUCKAERT *et al.*, 2014) from cytochrome b data (GARCIA-RODRIGUEZ *et al.*, 1998; VIANNA *et al.*, 2006a). The sirenian fossils used define dates for the divergence between *Trichechus* and *Dugong* between 47.6 and 66 million years (DOMNING *et al.*, 2010). Relaxed or strict molecular clocks and different external groups composed by *Dugong* or by other Afrotheria, such as elephants and hyrax, were used. All phylogenetic trees presented very similar topologies and datings. The branch separation dates refer to millions of years (MA). Hgl, HglII and HglIII relate to the previously identified *T. manatus* haplogroups (Figure 2).

demonstrou diferentes dinâmicas evolutivas entre elas, como pode ser visto no estudo de filogeografia comparada entre as espécies americanas (Figura 2). O peixe-boi-africano (*T. senegalensis*) apresentou linhagens divergentes associadas a diferentes bacias fluviais no oeste da África, enquanto o peixe-boi-amazônico (*T. inunguis*) se configurou como uma espécie de origem mais recente que *T. manatus* (Figura 2), cuja população começou a se expandir há pouco mais de 100 mil anos, provavelmente a partir de ancestrais com adaptações únicas para o ambiente fluvial amazônico.

Foram feitos estudos com uma grande amostragem do peixe-boi-marinho (*T. manatus*) ao longo de sua distribuição nos litorais americanos do Caribe, Golfo do México e do Atlântico, da Flórida (EUA) ao nordeste do Brasil (GARCIA-RODRIGUEZ *et al.*, 1998; VIANNA *et al.*, 2006a). A espécie marinha apresentou uma separação significativa entre populações e áreas geográficas (Figura 2), representadas por uma ESU (unidade evolutiva significativa) com haplogrupos I e II e que habita as costas do Caribe e Golfo do México, da Colômbia à Flórida (EUA) e Antilhas, e outra ESU com indivíduos do haplogrupo III e que habita o nordeste do Atlântico da América do Sul, das Guianas ao Brasil (VIANNA *et al.*, 2006a,b; PARR *et al.*, 2012). As primeiras análises filogenéticas com métodos de datação baseados em “árvores linearizadas” implementadas no programa Mega v3 (KUMAR *et al.*, 2004) indicavam uma separação de pelo menos 130 mil anos (VIANNA *et al.*, 2006a) entre as duas unidades evolutivas significativas (ESUs), as populações do Atlântico (Guianas e Brasil) e do Caribe+Golfo do México. As duas ESUs surgiram, aparentemente, por processos vicariantes ocorridos durante as glaciações do Pleistoceno, quando o nível do mar estava até 120 m abaixo do nível atual e as Antilhas formaram uma barreira (Arco das Antilhas), tornando o mar do Caribe (e Golfo do México) relativamente isolado do nordeste Atlântico (PELTIER; FAIRBANKS, 2006). Estes eventos de vicariância marinha são a provável causa da grande diferenciação genética das linhagens mitocondriais (haplogrupos I, II e III) e do longo tempo de separação entre as populações do Atlântico e aquelas do Caribe e Golfo do México, que é estimada em 590 mil anos, data obtida com filogenia bayesiana de DNAmT e calibração cronológica com fósseis de sirênios (Figura 3).

Os primeiros estudos genéticos com populações de peixe-boi-amazônico foram publicados por dois grupos independentes com amostragens diferentes (CANTANHEDE *et al.*, 2005; VIANNA *et al.*, 2006a). Os resultados das análises filogeográficas e de genética populacional de ambos os estudos indicaram que esta espécie possui uma grande diversidade genética remanescente, mas que apresenta um agrupamento compacto de linhagens genéticas relacionadas (Figura 2). Isto indicou uma origem mais recente para esta espécie, que apresentou uma expansão populacional nos últimos 120 mil anos (VIANNA *et al.*, 2006a), podendo estar relacionada ao aparecimento recente de novas adaptações para sobrevivência no ambiente amazônico, permitindo a esta espécie colonizar vários afluentes com diferentes características. O peixe-boi-amazônico não apresentou uma diferenciação e estruturação geográfica tão grande quanto o peixe-boi-marinho, mas esta divergência interpopulacional variou de 10 a 22 % (*F_{st}*), dependendo de qual tipo de agrupamento geográfico era utilizado (VIANNA *et al.*, 2006a).

Vários outros estudos genéticos foram feitos recentemente com *T. manatus*, utilizando marcadores baseados em microsatélites e DNAmT. Tucker *et al.* (2012) utilizaram 18 microsatélites e compararam indivíduos de quatro unidades de

Studies were conducted with a large sample size of the West Indian manatee (T. manatus) along their distribution in the American coasts of the Caribbean, Gulf of Mexico and the Atlantic, from Florida (USA) to northeastern Brazil (GARCIA-RODRIGUEZ et al., 1998, VIANNA et al., 2006a). The marine species presented a significant separation between populations and geographical areas (Figure 2), represented by an Evolutionarily Significant Unit (ESU) with haplogroups I and II, which inhabit the coast of the Caribbean and Gulf of Mexico, from Colombia to Florida (USA) and the Antilles, and another ESU with individuals from haplogroup III, that live in the Northeast Atlantic of South America, from Guyana to Brazil (VIANNA et al., 2006a,b; PARR et al., 2012). The first phylogenetic analyses with dating methods based on "linearised" trees implemented in the program Mega v3 (KUMAR et al., 2004) indicated a separation of at least 130 thousand years (VIANNA et al., 2006a) between the two ESUs, the populations of the Atlantic (Guyanas and Brazil) and the Caribbean + Gulf of Mexico. The two ESUs arose, apparently, by vicariant processes occurring during the Pleistocene glaciers, when the sea level was up to 120 m below the current level and the Antilles formed a barrier (Antilles Arc), making the Caribbean Sea (and Gulf of Mexico) relatively isolated from the North East Atlantic (PELTIER; FAIRBANKS, 2006). These vicariant marine events are the likely cause of the great genetic differentiation between the mitochondrial lineages (haplogroups I, II and III) and the long period of separation between the populations of the Atlantic and the Caribbean and Gulf of Mexico, which is estimated at 590 thousand years, obtained with mtDNA Bayesian phylogeny and chronological calibration with sirenian fossils (Figure 3).

*The first genetic studies with populations of the Amazonian manatee were published by two independent groups with different samplings (CANTANHEDE et al., 2005; VIANNA et al., 2006a). The results of the phylogeographic and population genetics analyses from both studies indicated that this species has a large remaining genetic diversity, but that it has a compact grouping of related genetic lineages (Figure 2). This indicated a more recent origin for this species, which underwent a population expansion in the last 120 thousand years (VIANNA et al. 2006a), and may be related to the recent emergence of new adaptations for survival in the Amazonian environment, allowing this species to colonize several tributaries with different characteristics. The Amazonian manatee did not show a differentiation and geographic structuring as large as the West Indian manatee, but this inter-population divergence ranged from 10 to 22 % (*F_{ST}*), depending on which type of geographic grouping was used (VIANNA et al. 2006a).*

Several other genetic studies were recently performed with T. manatus, using markers based on microsatellites and mtDNA. Tucker et al. (2012) used 18 microsatellites and compared individuals from four management units in Florida (USA), from the east coast and the Gulf. The data obtained showed low genetic diversity in manatees from Florida and little differentiation between them. Hunter et al. (2010) used microsatellites and mtDNA sequences and demonstrated the low genetic diversity in the population of Belize, with significant differentiation between groups located in City Cayes and Southern Lagoon, which are different habitats. With the same markers, Hunter et al. (2012) showed significant differences between the populations of Florida (USA) and Puerto Rico, suggesting that there has been no recent mixing (past few centuries) between the two locations.

Nourisson et al. (2011) used mtDNA and microsatellites to study the distribution of the populations that inhabit the coastal systems and wetlands of the Gulf of Mexico and the Caribbean coast. The data revealed a differentiated grouping in the Gulf of Mexico and another in the Bay of Chetumal (Caribbean), with a mixing zone between them in the Bay of Ascención. A gene flow was also identified in the direction from the Gulf of Mexico to the Caribbean coast, and it was demonstrated that several mtDNA haplotypes found in the Caribbean are also present in the Gulf of Mexico, in Florida (USA) and in Belize. The data from Nourisson et al. (2011) clearly show the connection between these Caribbean populations, the Gulf of Mexico and Florida, emphasizing the importance of maintaining this natural migration route, ensuring a greater genetic diversity and the evolutionary dynamics of these populations.

manejo da Flórida (EUA), das costas leste dos EUA e do Golfo. Os dados obtidos demonstraram baixa diversidade genética nos peixes-bois-marinhos da Flórida e pouca diferenciação entre elas. Hunter *et al.* (2010) utilizaram microsatélites e sequências de DNAmT e demonstraram a baixa diversidade genética na população de Belize, com diferenciação significativa entre grupos localizados em City Cayes e Southern Lagoon, que são habitats diferentes. Com os mesmos marcadores, Hunter *et al.* (2012) mostraram diferenças significativas entre as populações da Flórida (EUA) e de Porto Rico, sugerindo que não há mistura recente (últimos séculos) entre as duas localidades.

Nourisson *et al.* (2011) utilizaram DNAmT e microsatélites para estudar a distribuição das populações do México que habitam os sistemas costeiros e zonas húmidas do Golfo do México e da costa do Caribe. Os dados revelaram um agrupamento diferenciado no Golfo do México e outro na Baía de Quetumal (Caribe), com uma zona de mistura entre elas na Baía de Ascención. Foi também identificado um fluxo gênico no sentido do Golfo do México para a costa do Caribe, e demonstrado que vários haplótipos de DNAmT encontrados no Caribe estão também presentes no Golfo do México, na Flórida (EUA) e em Belize. Estes dados de Nourisson *et al.* (2011) demonstram claramente a conexão destas populações do Caribe, do Golfo do México e Flórida, ressaltando a importância de se manter esta rota natural de migração, garantindo uma maior diversidade genética e a dinâmica evolutiva destas populações.

Estudos genéticos com os peixes-bois-marinhos e amazônicos nos rios da Colômbia (SATIZÁBAL *et al.*, 2012) também revelaram estruturas populacionais significativas e uma tendência de dispersão sexo-específica restrita a machos. Os dados de DNAmT e de microsatélites indicaram a existência de duas populações diferenciadas de peixe-boi-amazônico, separando a Amazônia colombiana e peruana. Já o peixe-boi-marinho apresentou diferenciação populacional significativa entre os rios colombianos com o DNAmT, mas não com os dados de microsatélites, indicando fluxo gênico promovido por machos, provavelmente através de migração pelo litoral.

No Brasil, as populações de peixe-boi-marinho da costa nordeste (Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão) foram analisadas com DNAmT (LUNA *et al.*, 2012) e foi encontrado um novo haplótipo (M04) em dois indivíduos do Maranhão e um do Piauí, além dos haplótipos previamente descritos (VIANNA *et al.*, 2006a). Luna *et al.* (2012) sugeriram que por terem um haplótipo diferente de DNAmT, indivíduos capturados ou encaixados nesta área não poderiam ser liberados em outros lugares como Alagoas, por exemplo. No entanto, os autores não apresentaram a análise filogenética. Uma reanálise dos dados realizada pelos autores deste capítulo (Figura 2) demonstra que M04 se diferencia do principal haplótipo encontrado na população brasileira (M01) por apenas uma mutação, que pode acontecer espontaneamente em uma geração. Então, consideramos que o argumento de possível depressão exogâmica levantado por Luna *et al.* (2012) para não liberação em áreas diferentes, não procede.

Genetic studies with West Indian and Amazonian manatees in the rivers of Colombia (SATIZÁBAL et al., 2012) also revealed significant population structures and a sex-specific dispersion tendency restricted to males. The mtDNA and microsatellite data indicated the existence of two differentiated Amazonian manatee populations, separating the Colombian Amazon and Peru. The West Indian manatee, on the other hand, presented significant population differentiation between the Colombian rivers with mtDNA, but not with the microsatellite data, indicating gene flow promoted by males, probably through coastal migration.

In Brazil, the manatee populations from the northeast coast (Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí and Maranhão) were analyzed with mtDNA (LUNA et al. 2012) and a new haplotype (M04) was found in two individuals from Maranhão and Piauí, in addition to the previously described haplotypes (VIANNA et al. 2006a). Luna et al. (2012) suggested that because this was a different mtDNA haplotype, individuals captured or stranded in this area should not be released in other places such as Alagoas, for example. However, the authors did not present the phylogenetic analysis. A review of the data held by the authors of this chapter (Figure 2) shows that M04 differentiates from the main haplotype found in the Brazilian population (M01) by only one mutation, which can occur spontaneously in one generation. Thus, we believe that the argument of possible outbreeding depression raised by Luna et al. (2012) not to release in different areas, is unfounded.

Hibridização interespecífica entre Sirênios da América do Sul

Interspecific hybridization amongst South American Sirenians

A formação de híbridos entre as espécies de peixe-boi-amazônico e marinho foi demonstrada pela análise de diferentes marcadores mitocondriais, nucleares e dados citogenéticos por Vianna *et al.* (2006a,b) e Parr *et al.* (2012). Foram identificados sete indivíduos híbridos entre *T. manatus* e *T. inunguis* na zona costeira do Atlântico norte da América do Sul, sendo três na Guiana Francesa, três na Guiana e um no estado brasileiro do Amapá. Estes híbridos costeiros foram reconhecidos morfologicamente como peixe-boi-marinho, mas possuíam DNAmT de *T. inunguis*, indicando uma origem materna da espécie amazônica. Também foi identificado um híbrido no Rio Amazonas, próximo a Belém (Pará, Brasil), identificado inicialmente como peixe-boi-amazônico, mas com DNAmT de peixe-boi-marinho. Um híbrido macho que se encontra em cativeiro e de nome Poque, oriundo da região costeira do Amapá (próximo ao Rio Oiapoque), foi estudado também por citogenética e apresentou 50 cromossomos, um número intermediário entre a espécie marinha (2n=48) e a espécie amazônica (2n=56) (VIANNA *et al.*, 2006a; PARR *et al.*, 2012). Esta configuração cromossômica e a composição de alelos de microssatélites indicam que este indivíduo deve ser um híbrido de segunda geração (F2), filho de um pai da espécie marinha com uma mãe híbrida F1 (que teria provavelmente 52 cromossomos e DNAmT da espécie amazônica).

As evidências genéticas identificaram uma zona de hibridização ao redor da foz do Rio Amazonas (Figura 4), com ocorrência de híbridos principalmente no litoral oeste da foz, na região das Guianas (incluindo o Amapá), que perfazem mais de 40% da população analisada (VIANNA *et al.*, 2006a e dados não publicados).

The hybridization between Amazonian and West Indian manatees was demonstrated by analysis of different mitochondrial and nuclear markers and cytogenetic data by Vianna *et al.* (2006a,b) and Parr *et al.* (2012). Seven hybrid individuals were identified between *T. manatus* and *T. inunguis* in the coastal zone of the north Atlantic of South America, three in French Guiana, three in Guyana and one in the Brazilian state of Amapá. These hybrids were recognized morphologically as West Indian manatees but had *T. inunguis* mtDNA, indicating that the maternal lineage came from the Amazonian manatee. A hybrid was also found in the Amazon River, close to Belém (Pará, Brazil), initially identified as Amazonian manatee, but with West Indian mtDNA. A hybrid male called Poque which is in captivity and came from the coastal region of Amapá (near the Oiapoque River) was also studied by cytogenetics and presented 50 chromosomes, an intermediary number between the marine species (2n=48) and the Amazonian species (2n=56) (VIANNA *et al.*, 2006th; PARR *et al.*, 2012). This chromosomal configuration and microsatellite allele composition indicates this individual is probably a second-generation (F2) hybrid, the son of a West Indian father with an F1 hybrid mother (which would probably have 52 chromosomes and Amazonian mtDNA).

Genetic evidence identified a hybridization zone around the mouth of the Amazon River (Figure 4), with the occurrence of hybrids mainly on the west coast of the estuary, in the Guyana region (including Amapá), which make up more than 40% of the studied population (VIANNA *et al.*, 2006a and unpublished data).



Figura 4. Distribuição das espécies americanas de peixe-boi e a zona de hibridização interespecífica (elipse azul). Também são apresentadas as áreas de distribuição das duas unidades evolutivas significativas de *Trichechus manatus*: ESU-1 (Caribe e Golfo do México: Venezuela aos EUA e Antilhas) e ESU-2 (Atlântico: Brasil e Guianas).
 Figure 4. American manatee species distribution and interspecific hybridization zone (blue ellipse). The distribution areas of the two evolutionary significant units of *Trichechus manatus* are also shown: ESU-1 (Caribbean and Gulf of Mexico: Venezuela to the USA and the Antilles) and ESU-2 (Atlantic: Brazil and the Guianas).

Implicações dos dados genéticos para a conservação dos peixes-bois

Implications of genetic data for manatee conservation

O único estudo genético feito com a espécie de peixe-boi-africano (VIANNA *et al.*, 2006a) indica que há estruturação populacional de acordo com as bacias fluviais da África ocidental. No entanto, esta espécie carece urgentemente de estudos genéticos e ecológicos, sendo a menos conhecida e está atualmente muito ameaçada, não apenas pela caça, mas também pela construção de várias barragens nos rios do oeste da África, que estão isolando artificialmente as populações que antes eram conectadas.

Embora as populações de peixe-boi-amazônico não tenham apresentado uma estruturação populacional marcada como visto para a espécie marinha, a diferenciação interpopulacional moderada ($F_{st} \sim 0.20$) indica que pode haver populações amazônicas com um relativo isolamento das demais (VIANNA *et al.*, 2006a; SATIZÁBAL *et al.*, 2012). No entanto, ainda falta um estudo detalhado das populações de várias sub-bacias para desvendar a estrutura e dinâmica evolutiva populacional desta espécie, com finalidade de sugerir translocação de indivíduos entre as diversas áreas na Amazônia. Com os dados existentes, o ideal é manter os eventos de translocação de indivíduos, caso se façam necessários, restritos a uma mesma sub-bacia (SATIZÁBAL *et al.*, 2012).

O peixe-boi-marinho é a espécie de sirênio mais estudada cientificamente, principalmente a população da Flórida, nos Estados Unidos. Também é a espécie com mais dados genéticos gerados a partir de uma amostragem representativa de quase toda a sua distribuição atual. Por isto, *T. manatus* é a espécie de sirênio com mais evidências genéticas que já podem ser utilizadas na prática da conservação e elaboração de estratégias de manejo *ex-situ* e *in-situ*. Como evidenciado em vários estudos genéticos com DNAm e microssatélites, muitas populações têm baixa diversidade e são endogâmicas, por exemplo, as populações do extremo da distribuição, na Flórida (EUA) e Brasil. A liberação de indivíduos nestas áreas pode ser promovida com a intenção de aumentar a diversidade genética local ou até mesmo recolonizar uma área onde houve extinção local da espécie. Para isto, temos de utilizar evidências da dinâmica evolutiva nesta espécie, tal como a identificação de duas ESUs (Figura 4), os dois grupos populacionais que foram separados por tempo suficiente para o acúmulo de diferenças adaptativas. Estas diferenças moleculares entre as ESUs são corroboradas por análises citogenéticas e análises de morfometria geométrica dos crânios (BARROS, 2014) demonstrando que a população brasileira de *T. manatus* possui características diferentes das populações do Caribe e da Flórida (EUA). Portanto, as evidências moleculares, citogenéticas e morfológicas (VIANNA *et al.*, 2006a,b; NOURISSON *et al.*, 2011; PARR *et al.*, 2012; BARROS, 2014) não estão de acordo com a classificação subspecífica reconhecida para *T. manatus* (DOMNING e HAYEK 1986), sugerindo que deve ser feita uma revisão taxonômica neste táxon.

No manejo de *T. manatus*, os processos de translocação e reintrodução de peixes-bois devem considerar as duas ESUs como unidades totalmente independentes de manejo, isto é, as liberações de indivíduos ao ambiente natural não devem ocorrer entre diferentes ESUs, separadas há vários milhares de anos (Figura 3). Outras considerações podem ser feitas no nível microgeográfico para tentar manter o padrão de fluxo gênico de curto prazo, isto é, a preferência de

The only genetic study carried out with the African manatee (VIANNA et al., 2006a) indicates population structuring according to the West African river basins. However, this species is in urgent need of genetic and ecological studies, being the lesser known manatee species and currently highly threatened not only by poaching, but also by the construction of several dams in the rivers of West Africa that are artificially isolating the populations that were previously connected.

Although the Amazonian manatee populations have not exhibited a marked population structuring as seen in the marine species, the moderate inter-population differentiation ($F_{st} \sim 0.20$) indicates there may be some Amazonian populations relatively isolated from others (VIANNA et al., 2006a; SATIZÁBAL et al., 2012). However, we still lack a detailed study of the populations from several sub-basins to unveil the structure and evolutionary dynamics of this species, with the purpose of suggesting the translocation of individuals among the various areas in the Amazon. With the existing data, the ideal is to maintain the translocation of individuals, whenever required, restricted to a same sub-basin (SATIZÁBAL et al. 2012).

*The West Indian manatee is the most scientifically studied sirenian species, mainly the population from Florida in the United States. It is also the species with most genetic data generated from a representative sample of almost all its current distribution. For this reason, *T. manatus* is the sirenian species with most genetic evidence that can already be used in conservation practice and preparation of ex-situ and in-situ management strategies. As evidenced in several genetic studies with mtDNA and microsatellites, many populations have low diversity and are endogamous, for example, the populations of the extreme of the distribution, in Florida (USA) and Brazil. The release of individuals in these areas can be promoted with the intention of increasing the local genetic diversity or even recolonizing an area where the species was locally extinct. For this, evidences of evolutionary dynamics in this species must be taken into account, such as the identification of two ESUs (Figure 4), the two population groups that were separated long enough for the accumulation of adaptive differences. These molecular differences between the ESUs are corroborated by cytogenetic examination and analyses of skull geometric morphometrics (BARROS, 2014), demonstrating that the Brazilian *T. manatus* population has different characteristics from the populations in the Caribbean and Florida (USA). Therefore, the molecular, cytogenetic and morphological evidence (VIANNA et al., 2006a,b; NOURISSON et al., 2011; PARR et al., 2012; BARROS, 2014) are not in accordance with the sub-specific classification recognized for *T. manatus* (DOMNING and HAYEK, 1986), suggesting the need for a taxonomic revision of this taxon.*

*In *T. manatus* management, the processes of translocation and reintroduction should consider the two ESUs as fully independent management units, i.e. the release of individuals to the natural environment should not occur between different ESUs, which have been separated for several thousand years (Figure 3). Other considerations can be made at the microgeographic level to attempt the maintenance of the short term gene flow pattern, that is, the preference for philopatric mating of manatee populations as previously identified by some studies (HUNTER et al., 2010; 2012; NOURISSON et al., 2011; TUCKER et al., 2012; SATIZÁBAL et al., 2012). However, this type of management is only advisable if the populations are relatively large or growing, and the increase of local genetic diversity or the recolonization of areas are not priority goals. In the Brazilian population of *T. manatus*, even if there are genetic differences and some geographic structure along the coast, all individuals belong to the same ESU (Atlantic) and breeding between any individuals of this ESU, including the Guyanas, should*

acasalamento filopátrico das populações de peixe-boi-marinho como previamente identificado por alguns estudos (HUNTER *et al.*, 2010, 2012; NOURISSON *et al.*, 2011; TUCKER *et al.*, 2012; SATIZÁBAL *et al.*, 2012). No entanto, este tipo de manejo só é aconselhável se as populações forem relativamente grandes ou em expansão, e o aumento da diversidade genética local ou recolonização de áreas não forem metas prioritárias. Na população brasileira de *T. manatus*, mesmo que existam diferenças genéticas e alguma estruturação geográfica ao longo do litoral, todos os indivíduos pertencem à mesma ESU (Atlântico) e cruzamentos entre quaisquer indivíduos desta ESU, inclusive das Guianas, não devem resultar em depressão exogâmica, exceto se houver híbridos interespecíficos envolvidos (ver abaixo). Portanto, como foi demonstrada uma baixa diversidade genética na população brasileira (VIANNA *et al.*, 2006a; LUNA *et al.*, 2012), a translocação de indivíduos entre áreas diferentes do litoral brasileiro pode ser uma estratégia viável para diminuir a perda de diversidade por deriva e o aumento da endogamia local.

Entretanto, outra grande preocupação de conservação apareceu na América do Sul com a detecção de hibridização interespecífica entre os peixes-bois-marinhos e amazônico (VIANNA *et al.*, 2006a). Sabe-se que o processo de hibridização interespecífica ocorre naturalmente na evolução de vários grupos taxonômicos (ALLENDORF *et al.*, 2001), porém este fenômeno pode ser disparado por ações antropogênicas que promovem o declínio populacional das espécies ameaçadas, fazendo com que os indivíduos de sexos e espécies diferentes possam cruzar mais frequentemente, já que se tornam raros os encontros de indivíduos de mesma espécie (VILAÇA *et al.*, 2012). A hibridização pode gerar indivíduos com menor sobrevivência e/ou viabilidade reprodutiva e aumentar a chance de extinção das espécies, principalmente aquelas que já estão com uma população muito diminuída (ALLENDORF *et al.*, 2001). Este resultado negativo da hibridização é conhecido como depressão exogâmica, que também pode ser visto em alguns cruzamentos intraespecíficos, quando este se dá entre indivíduos de populações divergentes e com adaptações locais diferentes, como entre as duas ESUs de peixe-boi-marinho (Figura 4).

Por causa das várias diferenças citogenéticas, genômicas, morfológicas e ecológicas (adaptações) entre as duas espécies sul-americanas de peixe-boi, estes híbridos devem possuir baixa viabilidade e fertilidade na natureza. No entanto, visto que foi encontrado pelo menos um híbrido de segunda geração (VIANNA *et al.*, 2006a; PARR *et al.*, 2012), parece não haver infertilidade completa entre as fêmeas híbridas F1, possibilitando que os genes de uma espécie possam ser transferidos para a outra, resultando no fenômeno da introgressão. Assim, alguns indivíduos desta área de hibridização no litoral ao redor da foz do Amazonas (Figura 4) podem ser animais introgrididos de geração F2 ou mais, que podem ocupar um nicho parecido ao das espécies parentais. De qualquer forma, a presença de híbridos de sobrevivência reduzida, estéreis ou com baixa fertilidade nesta zona de hibridização deve reduzir bastante o valor adaptativo populacional, que consequentemente, pode levar à extinção local.

Devido à ocorrência de híbridos ao redor da foz do Amazonas e nas áreas costeiras das Guianas (e Amapá), além do Pará e Maranhão, assim como nos trechos fluviais próximos à foz do Rio Amazonas (Figura 4), qualquer translocação ou reintrodução envolvendo indivíduos oriundos desta área deve ser monitorada geneticamente. Isto deve ser feito para evitar a depressão exogâmica nas áreas onde estes animais forem liberados, tanto para as populações de peixe-boi-marinho quanto amazônico. Portanto, caso os indivíduos candidatos à reintrodução sejam identificados como híbridos, eles não deveriam ser reintroduzidos na natureza.

not result in outbreeding depression, except if interspecific hybrids are involved (see below). Therefore, given that a low genetic diversity was demonstrated in the Brazilian population (VIANNA et al., 2006a; LUNA et al., 2012), the translocation of individuals between different areas of the Brazilian coast may be a viable strategy to reduce the loss of diversity from drifting and increased local inbreeding.

However, another significant conservation concern arose in South America with the detection of interspecific hybridization between the Amazonian and West Indian manatees (VIANNA et al., 2006a). It is a known fact that the process of interspecific hybridization occurs naturally in the evolution of various taxonomic groups (ALLENDORF et al., 2001). This phenomenon, however, may be triggered by anthropogenic actions that promote the decline of endangered species populations, causing individuals of different sexes and species to come across more often, since the meetings of individuals of the same species become rarer (VILAÇA et al., 2012). Hybridization can generate individuals with lower survival and/or reproductive viability and increase the chance of species extinction, mainly for those populations that are already reduced (ALLENDORF et al., 2001). This negative result of hybridization is known as outbreeding depression, and can also be observed in some intraspecific breeding, when this occurs between individuals of differing populations with different local adaptations, such as between the two West Indian manatee ESUs (Figure 4).

Because of the multiple cytogenetic, genomic, morphological and ecological (adaptations) differences between the two South American manatee species, these hybrids should have low viability and fertility in nature. However, since at least one second generation hybrid has been found (VIANNA et al. 2006a; PARR et al., 2012), it seems there is no complete infertility among the F1 hybrid females, enabling the genes of a species to be transferred to another, resulting in the phenomenon of introgression. Thus, some individuals of this hybridization area on the coast around the mouth of the Amazon (Figure 4) can be introgressed animals of F2 generation or more, which may occupy a niche similar to that of the parental species. In any case, the presence of hybrids of reduced survival, sterile or with low fertility in this hybridisation zone should greatly reduce the population's adaptive value, which, consequently, can lead to local extinction.

Due to the occurrence of hybrids around the mouth of the Amazon and in the coastal areas of the Guyanas (and Amapá), besides Pará and Maranhão, as well as in the fluvial stretches near the mouth of the Amazon River (Figure 4), any reintroduction or translocation involving individuals originating from this area must be genetically monitored. This must be done to avoid exogamous depression in areas where these animals are released, for both the West Indian and the Amazonian manatee populations. Therefore, individuals identified as hybrids should not be reintroduced to nature.



[Foto: Eritto Marcovecchi/Agência FMA]

Sanidade

Animal Health

Vitor Luz Carvalho
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems – AQUASIS

Fernanda Menezes de Oliveira e Silva
Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Estadual do Ceará
Postgraduate Program in Veterinary Science, State University of Ceará



Introdução

Introduction

Os estudos sobre os aspectos sanitários do peixe-boi-marinho no Brasil são recentes, provenientes principalmente de animais encalhados e mantidos em centros de reabilitação. Entre os anos de 1981-1990, época em que foram realizados os primeiros esforços de pesquisas sobre a espécie, apenas três animais vivos foram resgatados, porém vieram a óbito em cativeiro. A partir da década de 90, período em que foram construídas as primeiras instalações para a reabilitação da espécie no país, as taxas de sobrevivência se elevaram e houve avanços significativos com relação às técnicas de manejo, nutrição, clínica médica, diagnóstico e terapêutica (LIMA *et al.*, 2001). Além disso, a captura de seis peixes-bois nativos no litoral do Ceará, realizada entre 2012-2013, apresentou novos parâmetros sobre a saúde de animais de vida livre (PETROBRAS, 2014). O resgate e a necropsia de carcaças encalhadas também representa uma importante fonte de informações sobre as causas de mortalidade e doenças que atingem a espécie (Figura 1) (VERGARA-PARENTE, 2005).



Figura 1. Peixe-boi-marinho encontrado morto na Praia de Ponta Grossa, Icapuí.
Figure 1. West Indian manatee found dead on Ponta Grossa beach, Icapuí.

Studies on the health aspects of the West Indian manatee in Brazil are recent, coming mainly from animals stranded and kept in rehabilitation centers. Between the years 1981-1990, when research efforts on the species were initiated, only three live animals were rescued, but died in captivity. From 1990, when the first rehabilitation facilities for this species were built in the country, the survival rates increased and significant advances were made with respect to handling techniques, nutrition, medical clinic, diagnosis and therapy (LIMA *et al.*, 2001). In addition, the capture of six wild manatees from the coast of Ceará, between 2012 and 2013, supplied new parameters on the health of free-ranging animals (PETROBRAS, 2014). The rescue and necropsy of stranded carcasses also represents an important source of information on the causes of mortality and diseases affecting the species (Figure 1) (VERGARA-PARENTE, 2005).

Clínica médica Medical clinic

O monitoramento dos parâmetros fisiológicos é uma importante ferramenta para identificar mudanças em animais mantidos em cativeiro e resgatados em encalhes. A identificação de problemas em tempo hábil pode significar a diferença entre salvar ou não um animal. Múltiplos parâmetros devem ser monitorados durante o exame clínico e, para obtenção de valores corretos, faz-se necessária a manutenção do animal em uma posição confortável e em um ambiente com o mínimo de estresse, levando-se em consideração que a contenção física ou química pode alterar consideravelmente tais parâmetros (Figura 2).

Muitos fatores são fundamentais para obtenção dos parâmetros clínicos dos animais, inerentes ao equipamento e técnica a serem utilizados, tais como disponibilidade de recursos, custo, familiaridade com a técnica e experiência do profissional. Em campo, a limitação de recursos inviabiliza o uso de equipamentos mais sofisticados; no entanto, isto não impede a obtenção de valores de parâmetros básicos e imprescindíveis para o monitoramento da sanidade do animal, que podem ser obtidos facilmente através de contato visual e com o uso de estetoscópio e termômetro.

Para avaliar um peixe-boi corretamente é necessário conhecer sua anatomia e comportamento. Apesar de dócil, deve-se tomar cuidado redobrado durante o manejo e contenção devido ao seu grande tamanho e peso. A avaliação inicial do animal para obtenção dos parâmetros clínicos envolve a sua observação na água (movimentação e posicionamento), resposta a estímulos, condição corporal (pele e massa muscular), frequência respiratória e cardíaca e temperatura. Posteriormente estes indicadores devem ser correlacionados com dados laboratoriais, obtidos pela análise de sangue, fezes e urina.

O animal deve apresentar-se com flutuabilidade equilateral, ou seja, não apresentar seu corpo inclinado ("pendido") para nenhum dos lados. Quando a observação é feita com o animal livre, ou seja, sem contenção física ou química, este deve estar nadando livremente, geralmente sem padrão de repetição. Em casos de estresse, peixes-bois têm a tendência de nadar em círculos de forma contínua até a fonte causadora do distúrbio cessar.

A avaliação da condição corporal inicia-se com uma avaliação geral do status nutricional do indivíduo e obtenção do peso corporal. Alguns animais encalhados podem apresentar-se extremamente mal nutridos, apresentando ossos evidentes em diferentes áreas do corpo, tais como pescoço, escápula e pedúnculo caudal, e a região do abdômen ventral afundada (Figura 3). Após, a pele deve ser observada para identificar a presença de lesões e/ou ectoparasitas e a mucosa oral deve ser avaliada quanto à coloração e tempo de preenchimento capilar, sendo semelhante ao observado em mamíferos domésticos.

O padrão respiratório e cardíaco da espécie é muito variável, sendo diretamente influenciado pelo ambiente e tipo de contenção utilizada. O peixe-boi possui pulmões diferentes dos demais mamíferos aquáticos, estendendo-se dorsalmente ao longo de cada hemitórax (D'AFFONSECA NETO; VERGARA PARENTE, 2007) e dorsal ao coração (ROMMEL; LOWESTINE, 2001). Ao respirar,



Figura 2. Exame clínico de filhote de peixe-boi.
Figure 2. Clinical examination of a manatee calf.

Monitoring physiological parameters is an important tool to identify variations in captive or stranded and rescued animals. The identification of problems in a timely manner can mean the difference between saving or not an animal. Multiple parameters must be monitored during the clinical examination and, to obtain the correct values, it is necessary to maintain the animal in a comfortable position and in an environment with minimal stress, taking into account that the physical or chemical restraint may considerably change such parameters (Figure 2).

Many factors are fundamental for obtaining the animals' clinical parameters, inherent to the techniques and equipment used, such as resource availability, costs, familiarity with the techniques and the professional's experience. In the field, resource limitations may prevent the use of sophisticated equipment; however, this must not prevent the acquisition of basic parameter values that are essential to monitor the animal's health and which can be easily obtained through visual contact or the use of a stethoscope and thermometer.

To correctly evaluate a manatee it is necessary to know its anatomy and behavior. Despite its docility, great care must be taken during handling and restraint due to its large size and weight. The initial evaluation to obtain clinical parameters involves in water observations (moving and positioning), response to stimuli, body condition (skin and muscle mass), respiratory and cardiac frequency and temperature. Later on, these indicators should be correlated with laboratory data, obtained through the analysis of blood, feces and urine.



Figura 3. Filhote de peixe-boi caquético.
Figure 3. Cachectic manatee calf.

o animal faz um barulho característico, de baixo volume e semelhante a uma expiração bem forte. A frequência respiratória pode variar de 1 a 2 por minuto em filhotes e 1 a 2 a cada 5-10 minutos em animais adultos. Bossart (2001) sugere a avaliação do "hálito" do animal, que deve ser de odor adocicado, semelhante ao observado em ruminantes.

Além da auscultação respiratória e cardíaca, deve ser feita a auscultação gastrointestinal. Peixes-bois possuem uma estrutura semelhante ao ceco de equinos, o que faz com que haja a produção de grande quantidade de gases. Assim, a presença de sons decorrentes da peristalsia intestinal e dos gases abundantes presentes na região é um achado normal nesta espécie.

A temperatura pode ser obtida facilmente através do uso de termômetro retal. Sugere-se que a temperatura corporal dos peixes-bois varia de 30 a 33 °C, sendo influenciada diretamente pela temperatura da água (IRVINE, 1980; BOSSART, 2001). Peixes-bois possuem uma baixa taxa metabólica, o que pode restringir sua capacidade de manter sua temperatura corporal constante em situações de frio persistente (BOSSART, 2001). Assim, recomenda-se manter o animal sempre úmido durante a avaliação para evitar a perda de calor e desidratação, lembrando que adultos são mais tolerantes a essas mudanças do que filhotes e jovens.

The animal must show equilateral buoyancy, i.e. its body is not tilted ("leaning") to either side. When observing free animals, i.e. in the absence of physical or chemical restraint, it must be swimming freely, generally without a repetitive pattern. In cases of stress, manatees show a tendency to continuously swim in circles until the source of the stress ceases.

The evaluation of body condition starts with a general assessment of the individual's nutritional status and weight. Some stranded animals may be extremely malnourished, with evident bones in different areas of the body, such as the neck, scapula and caudal peduncle, and the ventral abdominal region curved in (Figure 3). Posteriorly, the skin should be observed to identify the presence of lesions and/or ectoparasites, and the oral mucosa should be evaluated regarding color and capillary refill time, being similar to that observed in domestic mammals.

The species' cardiac and respiratory patterns are very variable, being directly influenced by the environment and type of restraint used. The manatee's lungs are different from other aquatic mammals, extending dorsally along each hemithorax (D'AFFONSECA NETO; VERGARA PARENTE, 2007) and dorsal to the heart (ROMMEL; LOWESTINE, 2001). When breathing, the animal makes a characteristic low noise, similar to a strong exhalation. The respiratory frequency may vary from 1 to 2 per minute in calves and 1 to 2 every 5-10 minutes in adult animals. Bossart (2001) suggests the assessment of the animal's "breath", which should have a sweetish odor, similar to that observed in ruminants.

In addition to the respiratory and cardiac auscultation, the gastrointestinal tract must also be auscultated. Manatees have a structure similar to the caecum of equines, which produces large quantities of gases. Thus, the presence of sounds arising from intestinal peristalsis and abundant gases present in the region is a normal finding in this species.

The body temperature can be easily obtained using a rectal thermometer. It is suggested that the body temperature in manatees varies from 30 to 33 °C, being directly influenced by water temperature (IRVINE, 1980; BOSSART, 2001). Manatees have a low metabolic rate, which may restrict their ability to maintain their body temperature constant in situations of persistent cold (BOSSART, 2001). Thus, it is recommended to always keep the animal humid during the assessment to avoid heat loss and dehydration, remembering that adults are more tolerant to these changes than calves and juveniles.

Parâmetros sanguíneos

A hematologia e a bioquímica sérica, aliadas ao histórico do paciente e a uma boa anamnese, complementam o exame clínico e desempenham um papel crucial no diagnóstico diferencial de certas enfermidades e no monitoramento da sanidade dos indivíduos. Assim, o laboratório clínico vem sendo utilizado como ferramenta para prevenção, diagnóstico e controle de doenças.

Inúmeros trabalhos foram realizados com peixes-bois-marinhos, visando definir os parâmetros de normalidade para serem utilizados em animais nativos e cativos (WHITE *et al.*, 1976; MEDWAY *et al.*, 1982; BAZZINI *et al.*, 1986; CONVERSE *et al.*, 1994; KEIL; SCHILLER, 1994; REIDARSON *et al.*, 2000; BOSSART *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 2007, 2009; HARVEY, 2009). Os valores obtidos podem mudar consideravelmente em decorrência do manejo, contenção, dieta e condições de cativeiro (Tabelas 1 e 2).

As coletas de sangue em peixes-bois são feitas de forma diferente à de outros mamíferos aquáticos devido à sua estrutura anatômica. A obtenção de amostras de sangue é feita por meio da punção do plexo venoso braquial no espaço interósseo do rádio e ulna, localizado na parte medial da nadadeira peitoral (BOSSART, 2001) (Figura 4). Isto requer contenção física, o que deve ser considerado no momento da análise dos resultados.

Para a coleta sanguínea é feita a limpeza do local com produtos antissépticos tais como solução contendo iodo, álcool isopropílico ou clorexidina. O uso de seringas acopladas a agulhas ou ao sistema Vacuntainer® é opcional, sendo o último de mais fácil manuseio e consequente acesso ao local de coleta.

O sangue colhido deve ser mantido refrigerado até o momento da análise e, por esta razão, recomenda-se o uso de caixas térmicas com gelo para o transporte, evitando sempre o contato direto do gelo com os tubos de coleta para não danificar as amostras. A coleta deve ser feita em dois tipos diferentes de tubo: com anticoagulante (EDTA ou heparina), para realização de hemograma completo; e sem anticoagulante, para realização de análises de bioquímica sérica.

Em geral as amostras são enviadas a um laboratório veterinário para análise. Neste caso, deve-se comunicar ao laboratório a espécie animal que está sendo avaliada e, sempre que possível, enviar ao estabelecimento alguma informação adicional referente a quaisquer particularidades sanguíneas ou mesmo os valores de referência usados para a espécie. Caso haja um laboratório a disposição da equipe, o sangue deve ser centrifugado o quanto antes por 10min, a 3000-3500 rpm para obtenção do soro (hemograma) e plasma (bioquímica sérica), em até 1 hora após a coleta. O plasma pode ser congelado a -20°C por até sete dias até o momento da análise bioquímica (FARVER, 1997).

O hemograma completo é imprescindível para a avaliação clínica completa do animal (Tabela 1). Para análise bioquímica, recomenda-se a avaliação dos perfis renal (creatinina e ureia), hepático (Aspartato Aminotransferase – AST, Alanina Aminotransferase – ALT e Fosfatase alcalina), anólitos relacionados à dieta (Glicose, Triglicérides, Colesterol), eletrólitos (cálcio, fósforo e potássio) e proteína total (Tabela 2). Caso não seja possível fazer todas as análises, as análises de proteína sérica e glicose devem ser priorizadas.



Figura 4. Coleta de sangue.
Figure 4. Blood sampling.

Blood parameters

The hematology and serum biochemistry, allied to the patient history and a good anamnesis, complement the clinical examination and play a crucial role in the differential diagnosis of certain diseases and in monitoring the health of individuals. Thus, the clinical laboratory is being used as a tool for prevention, diagnosis and control of diseases.

Several studies have been conducted with manatees aiming to define normality parameters for use in free-ranging and captive animals (WHITE *et al.*, 1976; MEDWAY *et al.*, 1982; BAZZINI *et al.*, 1986; CONVERSE *et al.*, 1994; KEIL; SCHILLER, 1994; REIDARSON *et al.*, 2000; BOSSART *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 2007, 2009; HARVEY *et al.*, 2009). The values obtained can vary considerably as a result of handling, restraint, diet and captivity conditions (Tables 1 and 2).

Blood sampling in manatees is carried out differently to other aquatic mammals due to their anatomical structure. Blood samples are obtained by puncturing the brachial venous plexus in the interosseous space between the radius and ulna, located on the medial part of the flipper (BOSSART, 2001) (Figure 4). This requires physical restraint, which should be considered when analyzing the results.

Before blood sampling, the area must be cleaned with antiseptic products such as solutions containing iodine, isopropyl alcohol or chlorhexidine. The use of coupled syringes and needles or the Vacuntainer® system is optional, the latter being easier to handle and consequently accessing the sampling area.

Parâmetros Parameters	Peixes-bois de vida livre Free-ranging Manatees	Peixes-bois cativos Captive Manatees
Hematócrito (L/L) Haematocrit (L/L)	0,289-0,435	0,277-0,461
Hemoglobina (g/L) Haemoglobin (g/L)	94-135	86-149
Hemácias (x10 ² /L) Red blood cells (x10 ² /L)	2,17-3,39	2,30-3,51
VCM (fL) MCV (fL)	114-140	105-140
HCM (pg) MCH (pg)	36,6-44,9	32,9-44,3
CHCM (g/L) MCHC (g/L)	280-354	294-336
Leucócitos totais (x10 ⁹ /L) Total leukocytes (x10 ⁹ /L)	2,77-13,50	2,85-14,2
Bastonetes (x10 ⁹ /L) Rods (x10 ⁹ /L)	0-0,22	0-0,16
Heterófilo (x10 ⁹ /L) Heterophil (x10 ⁹ /L)	0,77-6,53	1,40-8,50
Linfócito (x10 ⁹ /L) Lymphocyte (x10 ⁹ /L)	1,01-7,20	0,83-8,50
Monócito (x10 ⁹ /L) Monocyte (x10 ⁹ /L)	0,08-1,70	0,07-2,80
Eosinófilos (x10 ⁹ /L) Eosinophils (x10 ⁹ /L)	0-1,23	0-0,41
Basófilos (x10 ⁹ /L) Basophils (x10 ⁹ /L)	0-0,27	0-0,14
Plaquetas (x10 ⁹ /L) Platelets (x10 ⁹ /L)	111-424	137-507

Tabela 1. Valores hematológicos de referência (mínimo e máximo) de peixe-boi-marinho de vida livre e mantido em cativeiro (Fonte: HARVEY *et al.*, 2009).
Table 1. Reference hematologic values (minimum and maximum) for free-ranging and captive manatees (Source: HARVEY *et al.*, 2009).

Parâmetros urinários

A coleta de urina em peixes-bois é de difícil execução, uma vez que o acesso ao aparelho urogenital de machos e fêmeas para obtenção de amostras é inviável. Não há parâmetros urinários estabelecidos para a espécie, dificuldade verificada na maioria dos mamíferos aquáticos (BOSSART *et al.*, 2001). Assim, a urina pode ser obtida através de coleta espontânea, colocando-se um prato ou frasco estilo "freesbie" na região da abertura urogenital, aplicando uma leve pressão para estimulação na região. A inserção de cateter é difícil uma vez que o pênis não pode ser exposto manualmente e a abertura urogenital da fêmea é muito curta e de difícil acesso. Em casos urgentes, pode-se realizar cistocentese, um processo invasivo que só deve ser realizado como última opção.

Lima *et al.* (2005) realizaram um treinamento médico em uma fêmea de peixe-boi-marinho mantida em cativeiro, visando a realização de exame clínico, diagnóstico ultrassonográfico e coleta de material biológico, incluindo a colheita de urina. O animal era mantido com o ventre para cima, com o corpo paralelo a superfície da água, apoiado por um técnico e recebia pressão na região genital para coleta da amostra de urina, que só foi obtida em uma sessão de treinamento.

Parâmetros Parameters	Peixes-bois filhotes Manatee calves	Peixes-bois adultos Manatee adults
Albumina (g/dL) Albumin (g/dL)	0,83-6,45	0,93-3,3
ALT (U/mL) ALT (U/mL)	0-10	5 -10
AST (U/mL) AST (U/mL)	0-20	0-15
Cálcio (mg/mL) Calcium (mg/mL)	1,79-11,84	4,61-13,56
Cloreto (mEq/mL) Chloride (mEq/mL)	27-227	26-99
Colesterol (mg/dL) Cholesterol (mg/dL)	12-126	23-93
Creatinina (mg/dL) Creatinine (mg/dL)	0,5-3,9	0,4-2,8
Globulina (g/dL) Globulin (g/dL)	0,24-5,78	0,4-6,37
Glicose (mg/dL) Glucose (mg/dL)	20-133	14-98
Fosfato (mg/dL) Phosphate (mg/dL)	2-25,1	0,8-8,6
Proteína total (g/dL) Total protein (g/dL)	2,2-8,2	3,7-7,3
Triglicérides (mg/dL) Triglycerides (mg/dL)	20-169	33-171
Ureia (mg/dL) Urea (mg/dL)	3-47	1-20
Ácido úrico (g/dL) Uric acid (g/dL)	0,4-2,6	0,5-1,1

Tabela 2. Valores de bioquímica séria de referência (mínimo e máximo) para peixe-boi-marinho mantido em cativeiro no Brasil (Fonte: SILVA *et al.*, 2009).
Table 2. Reference serum biochemistry values (minimum and maximum) for captive manatees in Brazil (Source: SILVA *et al.*, 2009).

The blood collected should be kept under refrigeration until the moment of analysis and, for this reason, the use of thermal boxes with ice is recommended during transport, always avoiding the direct contact of the ice with the collection tubes not to damage the samples. The collection should be performed in two different types of tubes: with EDTA anticoagulant (or heparin), for conducting a complete hemogram; and without anticoagulant, for carrying out serum biochemistry analyses.

In general, the samples are sent to a veterinary laboratory for analysis. In this case, the laboratory should be informed of the animal species that is being evaluated and, whenever possible, some additional information should be sent to the establishment containing any special notes on that blood or even the reference values used for the species. When a laboratory is available for the project staff to use, the blood should be centrifuged as soon as possible for 10min, at 3000-3500 rpm, to obtain the serum (hemogram) and plasma (serum biochemistry), up to 1 hour after collection. Plasma can be frozen at -20°C for up to seven days until the biochemical analysis can be carried out (FARVER, 1997).

A complete blood count is imperative for the animal's complete clinical assessment (Table 1). For biochemical analysis, it is recommended to evaluate renal (creatinine and BUN) and hepatic profiles (aspartate aminotransferase - AST, alanine aminotransferase - ALT and alkaline phosphatase - ALP), diet related analites (glucose, triglycerides, cholesterol), electrolytes (calcium, phosphorus and potassium) and total protein (Table 2). If not all analyses are possible, then serum protein and glucose should be prioritized.

A urinálise deve ser realizada com amostra fresca, sendo possível armazenar a urina refrigerada por até seis horas. Assim como em outros mamíferos aquáticos, os parâmetros avaliados são os físicos (aspecto, cor, odor e volume) e químicos (densidade, pH, proteína, glicose, cetonas, sangue, bilirrubina e urobilinogênio). Ainda verifica-se a presença de cilindros, cristais, células epiteliais e bactérias. Em alguns casos realiza-se ainda a urinocultura.

Urine parameters

Urine collection in manatees is difficult to perform, since the access to the urogenital tract of males and females for obtaining samples is impracticable. Furthermore, there are no urine parameters established for the species, similarly to most aquatic mammals (BOSSART *et al.*, 2001). Urine can be obtained through spontaneous collection, by placing a dish or "frisbee" style bottle in the region of the urogenital opening, while applying gentle pressure to stimulate the region. The insertion of catheters is difficult since the penis cannot be manually exposed and the female urogenital opening is very short and difficult to access. In urgent cases, cystocentesis, an invasive process, can be used as a last option.

Lima *et al.* (2005) performed medical training with a captive female manatee, attempting clinical examination, ultrasonography diagnosis and collection of biological material, including urine. The animal was kept belly up, parallel to the water surface, supported by a technician and received pressure in the genital region for the collection of a urine sample, which could only be obtained during one training session.

The urinalysis should be performed with a fresh sample, which can be stored in a refrigerator for up to six hours. Like in other aquatic mammals, physical (aspect, color, smell and volume) and chemical (density, pH, protein, glucose, ketones, blood, bilirubin and urobilinogen) parameters are evaluated. The presence of cylinders, crystals, epithelial cells and bacteria are also observed. In some cases urine culture can be performed.

Microbiota e sensibilidade aos antimicrobianos

Microbiota and sensitivity to antimicrobial agents

A microbiota consiste em comunidades complexas de microrganismos que habitam as superfícies corporais de praticamente todos os vertebrados (HOOPER *et al.*, 2012). Bactérias, arqueas, vírus e fungos formam essas comunidades e trazem diversos benefícios à saúde dos hospedeiros, relacionados principalmente à imunidade, inibição de patógenos, síntese e absorção de nutrientes (SANFORD; GALO, 2013).

Estudos sobre a microbiota bacteriana e fúngica de peixes-bois-marinhos no Brasil são recentes, realizados principalmente com animais mantidos em cativeiro (Figura 5). Animais mantidos em sistema de cativeiro em ambiente natural e indivíduos de vida livre capturados no litoral do Ceará também já tiveram a sua microbiota bacteriana pesquisada (VERGARA-PARENTE *et al.*, 2003a; CARVALHO *et al.*, 2015; PETROBRAS, 2014).

Vergara-Parente *et al.* (2003a) encontraram 24 espécies e sete gêneros de bactérias no trato respiratório superior de peixes-bois cativos, com predominância de bactérias Gram-negativas, com destaque para a enterobactéria *Escherichia coli*. Já os animais mantidos em cativeiro em ambiente natural tiveram nove espécies e seis gêneros isolados do mesmo sítio anatômico, com maior prevalência do

The microbiota consists of complex communities of microorganisms that inhabit the body's surfaces of virtually all vertebrates (HOOPER *et al.*, 2012). Bacteria, fungi, viruses and archaea form these communities and bring many benefits for the health of the hosts, mainly related to immunity, inhibition of pathogens, synthesis and absorption of nutrients (SANFORD; GALO, 2013).

Studies on the bacterial and fungal microbiota of manatees are recent in Brazil and come mainly from captive animals (Figure 5). Semi-captive and free-ranging individuals on the coast of Ceará have also had their bacterial microbiota studied (VERGARA-PARENTE *et al.*, 2003a; CARVALHO *et al.*, 2015; PETROBRAS, 2014).

Vergara-Parente *et al.* (2003a) found 24 species and seven genera of bacteria in the upper respiratory tract of captive manatees, with predominance of Gram-negative bacteria, with emphasis to the enterobacter *Escherichia coli*. In the semi-captive animals, on the other hand, nine species and six genera were isolated from the same anatomical site, with higher prevalence of Gram-positive bacillus *Bacillus sp.* This study observed a qualitative and quantitative difference in the bacteria from the two groups of manatees, demonstrating the influence of environmental factors on the microbial communities.

Attademo (2014) identified six species and eleven genera of bacteria in the natural cavities of captive animals and also observed a greater predominance of *E. coli* in the samples. Additionally, she tested the sensitivity of the isolated bacteria to eight

bacilo Gram-positivo *Bacillus sp.* Nesse estudo foi observada uma diferença qualitativa e quantitativa de bactérias provenientes dos dois grupos de peixes-bois, demonstrando a influência dos fatores ambientais sobre as comunidades microbianas.

Attademo (2014) identificou seis espécies e onze gêneros de bactérias das cavidades naturais de animais mantidos em cativeiro e também observou maior predominância de *E. coli* nas amostras. Adicionalmente testou a sensibilidade dos isolados a oito antibióticos, com resistência a pelo menos uma droga em 67,4% das cepas. Os antibióticos que apresentaram maiores níveis de resistência foram penicilina, eritromicina, amoxicilina, ampicilina e gentamicina, possivelmente devido ao uso desses medicamentos durante o período de reabilitação em cativeiro.

Em avaliação similar realizada com seis animais nativos capturados no litoral do Ceará, foram encontradas três espécies e cinco gêneros de bactérias, com predominância de Gram-positivos, com destaque para *Corynebacterium sp.* (PETROBRAS, 2014).

Carvalho *et al.* (2015) realizaram um levantamento da microbiota leveduriforme das cavidades naturais de peixes-bois-marinhos cativos, sendo isolados três gêneros: *Candida sp.*, *Rhodotorula sp.* e *Trichosporon sp.* Apesar de constituírem a microbiota normal da espécie, a colonização de neonatos por leveduras é sugestiva de prognóstico clínico reservado. O contato precoce com condições artificiais e seres humanos representa a principal fonte de leveduras que colonizam esses animais, com maior prevalência de *C. albicans* dentre as espécies isoladas, sendo este o principal agente fúngico envolvido em infecções oportunistas na medicina humana.



Figura 5. Colheita de 'swab' na narina para isolamento de microorganismos.
Figure 5. Swab sampling from the nostril to isolate microorganisms.

antibiotics, with resistance to at least one drug in 67.4% of the strains. The antibiotics that presented higher levels of resistance were penicillin, erythromycin, amoxicillin, ampicillin and gentamicin, possibly due to the use of these drugs during the rehabilitation period in captivity.

In a similar evaluation performed with six free-ranging animals captured on the coast of Ceará, three species and five genera of bacteria were found, with predominance of Gram-positive, with emphasis to *Corynebacterium sp.* (Petrobras, 2014).

Carvalho *et al.* (2015) conducted a survey of yeast microbiota from the natural cavities of captive manatees and isolated three genera: *Candida sp.*, *Rhodotorula sp.* and *Trichosporon sp.* In spite of being the normal microbiota of the species, the colonization of neonates by yeasts is suggestive of a reserved clinical prognosis. The early contact with artificial conditions and human beings represents the main source of yeasts that colonize these animals, with higher prevalence of *C. albicans* among the species isolated, and this is the main fungal agent involved in opportunistic infections in human medicine.

Doenças infecciosas Infectious diseases

Em geral, casos de doenças infecciosas em sirênios são raros, relatados principalmente em animais mantidos em cativeiro. Diagnósticos completos, com identificação do agente etiológico, em animais de vida livre ou encalhados, são escassos. Dentre essas doenças, as infecções bacterianas são as mais prevalentes, afetando principalmente a pele e seus apêndices, bem como causando infecções sistêmicas.

Os abscessos ocorrem comumente em locais de aplicação de injeção onde uma antisepsia rigorosa não foi realizada. A recidiva dessas lesões é frequente caso um diagnóstico e tratamento adequado não sejam realizados. Attademo (2014) isolou *Staphylococcus* sp., *Proteus* sp. e *E. coli* de abscessos de animais de cativeiro e detectou resistência a pelo menos oito antibióticos em 97,1% das cepas avaliadas.

Otitis externas causadas por *Pseudomonas* sp. e *Proteus mirabilis* foram relatadas em filhotes de peixes-bois-marinhos cativos, sendo observados os sinais clínicos de edema local e drenagem de secreção purulenta (VERGARA-PARENTE *et al.*, 2001). Quadro clínico similar foi observado em filhotes mantidos em reabilitação no CRMM/AQUASIS, porém ocasionado por *Staphylococcus* sp. (Figura 6).

Infecções bacterianas sistêmicas também foram diagnosticadas, causando quadros graves e, geralmente, fatais. Vergara-Parente *et al.* (2003b) descreveram um caso de salmonelose aguda ocorrido em um filhote após 25 dias de reabilitação, que veio a óbito sem apresentar sinais clínicos. O diagnóstico histopatológico e microbiológico foi realizado a partir de amostras coletadas na necropsia, com o isolamento de *Salmonella panama* no fígado e ceco. Lazzarini *et al.* (2014) relataram um caso de septicemia causada por *Pseudomonas* sp. em animal cativo que apresentou sinais clínicos de pneumonia e emagrecimento, com evolução positiva após tratamento com antibióticos.

Um caso de sepsé causada por cocos Gram-positivos anaeróbios, de espécie não identificada, ocorreu em filhote de peixe-boi-marinho mantido no CRMM/AQUASIS, que apresentava caquexia pronunciada, abscessos cutâneos múltiplos e uma grave insolação na região torácica. Diversos nódulos subcutâneos surgiram no corpo do animal, contendo líquido com bactérias no seu interior. Houve evolução positiva e cura após tratamento com ceftriaxona e cuidados intensivos.

Sousa *et al.* (2013) relataram um caso de piotórax em filhote mantido em cativeiro, que evoluiu para o óbito. Na necropsia foi observado o acúmulo de secreção purulenta e atrofia pulmonar. O agente etiológico não foi determinado, porém possivelmente se tratava de infecção bacteriana.

As enterobactérias *Klebsiella pneumoniae* e *Morganella morganii* foram isoladas de cisto gasoso na parede cecal (*pneumatosis cystoides intestinalis*) de um filhote de peixe-boi que veio a óbito no CRMM/AQUASIS com enterocolite, além de um quadro concomitante de hidrocefalia, ambos diagnosticados na necropsia. O animal apresentava diarreia profusa crônica, recebeu tratamento de suporte durante um mês, porém não resistiu.



Figura 6. Peixe-boi com secreção purulenta no ouvido (seta).

Figure 6. Manatee showing purulent secretion from the ear (arrow).

In general, cases of infectious diseases are rare in sirenians and are reported mainly in captivity. A comprehensive diagnostics, with identification of the etiologic agent, in free-ranging or stranded animals is scarce. Among these diseases, bacterial infections are the most prevalent, primarily affecting the skin and its appendices, as well as causing systemic infections.

Abscesses commonly occur where injections were applied without rigorous previous asepsis. The recurrence of such lesions is frequent if the diagnosis and adequate treatment are not performed. Attademo (2014) have isolated *Staphylococcus* sp., *Proteus* sp. and *E. coli* from abscesses of animals in captivity and detected resistance to at least eight antibiotics in 97.1% of strains evaluated.

External otitis caused by *Pseudomonas* sp. and *Proteus mirabilis* were reported in captive manatee calves, with the clinical observation of local edema and drainage of purulent secretion (VERGARA-PARENTE *et al.*, 2001). A similar clinical picture was observed in calves in rehabilitation at CRMM/AQUASIS, though caused by *Staphylococcus* sp. (Figure 6).

Systemic bacterial infections have also been diagnosed, leading to severe and generally fatal pictures. Vergara-Parente *et al.* (2003b) described a case of acute salmonellosis occurred in a calf after 25 days of rehabilitation that died without presenting clinical signs. The histopathological diagnosis and microbiological testing

Com relação às infecções fúngicas, sua ocorrência é incomum, tanto em animais de vida livre, como de cativeiro. Sidrim *et al.* (2015) relataram um caso de feohifomicose cutânea superficial em filhote de peixe-boi-marinho mantido em reabilitação no CRMM/AQUASIS (Figura 7). O animal apresentava lesões enegrecidas de distribuição multifocal, sem apresentar sinais clínicos de coceira ou inapetência. Foi realizado tratamento com itraconazol, havendo boa resposta. O fungo possivelmente era oriundo da vegetação circundante dos tanques.

Carvalho *et al.* (2015) relataram um surto de fusariose cutânea por *Fusarium* sp., acometendo todos os filhotes mantidos em reabilitação no CRMM/AQUASIS ao longo de seis meses. Os animais apresentaram lesões rosadas irregulares na região ventral do corpo e cabeça, sem sinais de prurido, que regrediram espontaneamente ou necessitaram de tratamento com antifúngico sistêmico quando uma grande porção da pele foi acometida. A persistência do fungo em ambiente cativo, mesmo com boa qualidade de água e boas condições de manejo, demonstra a susceptibilidade da espécie às doenças infecciosas no ambiente artificial.

Infecções virais são raras em sirênios, sendo a papilomatose a principal doença viral que acomete esses animais (WOODRUFF *et al.*, 2005). Attademo *et al.* (2013) detectou a presença de rotavírus nas fezes de peixes-bois através de PCR e sequenciamento de DNA. Dos 19 animais testados, foi detectada a presença do vírus em cinco animais cativos e dois mantidos em cativeiro de readaptação em Alagoas, sem descrição de sinais clínicos associados.

were performed in samples collected during the necropsy, with isolation of *Salmonella panama* in the liver and cecum. Lazzarini *et al.* (2014) reported a case of septicemia caused by *Pseudomonas* sp. in a captive animal that presented clinical signs of pneumonia and weight loss, with positive evolution after treatment with antibiotics.

One case of sepsis caused by Gram-positive anaerobic cocci, from unidentified species, occurred in a manatee calf kept at CRMM/AQUASIS, which presented pronounced cachexia, multiple cutaneous abscesses and a serious insolation on the thoracic region. Several subcutaneous nodules appeared in the animal body, filled with bacteria-containing liquid. There was positive development and cure after treatment with ceftriaxone and intensive care.

Sousa *et al.* (2013) reported a case of pyothorax in a captive calf, which evolved to death. In the necropsy the accumulation of purulent secretion and pulmonary atrophy were observed. The etiological agent was not determined, but it was possibly a bacterial infection.

The enterobacteria *Klebsiella pneumoniae* and *Morganella morganii* were isolated from gaseous cysts in the caecal wall (*pneumatosis cystoides intestinalis*) of a manatee calf that died at CRMM/AQUASIS with enterocolitis, besides a picture of concomitant hydrocephalus, both diagnosed during the necropsy. The animal presented chronic profuse diarrhea and received support treatment during a month, but did not survive.

With relation to fungal infections, their occurrence is uncommon, in both free-ranging and captive animals. Sidrim *et al.* (2015) reported a case of superficial cutaneous phaeohyphomycosis in a manatee calf in rehabilitation at CRMM/AQUASIS (Figure 7). The animal showed blackened lesions with a multifocal distribution but no clinical signs of itching or poor appetite. Treatment was performed with Itraconazole, with good response. The fungus possibly originated from the vegetation surrounding the tanks.

Carvalho *et al.* (2015) reported an outbreak of cutaneous fusariosis by *Fusarium* sp., affecting all calves in rehabilitation at CRMM/AQUASIS over six months. The animals presented irregular pink lesions in the ventral region of the body and head, without signs of pruritus, which regressed spontaneously or required treatment with systemic antifungal when a large portion of the skin was affected. Fungus persistence in captivity, regardless of good water quality and husbandry, demonstrates the susceptibility of this species to infectious diseases in the artificial environment.

Viral infections are rare in sirenians but papillomatosis is the viral disease that mostly affects these animals (WOODRUFF *et al.*, 2005). Attademo *et al.* (2013) has detected the presence of rotavirus in manatee feces through PCR and DNA sequencing. Of the 19 animals tested, the virus was detected in five captive animals and two individuals maintained in soft-release facilities in Alagoas, without the description of associated clinical signs.



Figura 7. Filhote apresentando lesões enegrecidas, diagnosticadas como feohifomicose cutânea.

Figure 7. Manatee calf showing blackened lesions, diagnosed as cutaneous phaeohyphomycosis.

Doenças parasitárias

Parasitic diseases

A fauna parasitária dos sirênios é composta principalmente por protozoários e cerca de 25 espécies de trematódeos e nematóides, sendo a maioria destas exclusiva de seus hospedeiros. Peixes-bois e dugongos são pouco parasitados em comparação com outros grupos de mamíferos aquáticos, possivelmente devido aos hábitos alimentares herbívoros (DAILEY, 2001; RAGA *et al.*, 2002).

Doenças causadas por helmintos são pouco comuns, principalmente em animais de cativeiro, visto que a maioria desses parasitos possui ciclo de vida indireto, necessitando de um ou mais hospedeiros intermediários para completarem o seu desenvolvimento (BOSSART, 2001; RAGA *et al.*, 2002). Na ausência de invertebrados no ambiente artificial, os ciclos são interrompidos.

O monitoramento de helmintos gastrointestinais foi realizado de 1991 a 2005 em peixes-bois-marinhos cativos no Brasil, não sendo observada evidência de infecção por meio de exames coproparasitológicos, bem como através de necropsias (VERGARA-PARENTE, 2005). Carvalho *et al.* (2009) descreveram pela primeira vez a presença de helmintos parasitando peixes-bois no país. Nesse estudo foi observada a presença do trematódeo *Pulmonicola cochleotrema* parasitando as narinas, traqueia e brônquios de 26,7% dos animais encahados e necropsiados no litoral do Ceará. Borges *et al.* (2014) observaram a mesma espécie de parasito ocasionando infecção respiratória em um animal reintroduzido na Barra de Mamanguape, estado da Paraíba. O animal foi capturado e tratado com anti-helmíntico e medicação de suporte, havendo evolução positiva do quadro clínico.

Dentre as infecções parasitárias descritas em peixes-bois-marinhos no Brasil, destaca-se a criptosporidiose. A detecção de oocistos de *Cryptosporidium* sp. foi verificada em 50% (17/34) dos animais avaliados, incluindo espécimes cativos, mantidos em cativeiro de readaptação no ambiente natural e em vida livre. Entre os animais positivos, 76,47% apresentaram sinais clínicos como diarreia, desconforto abdominal, letargia e taquipnéia, compatíveis com aqueles provocados pelo agente parasitário. As fontes de infecção podem ter múltiplas origens, como a contaminação dos ambientes costeiros, a oferta de itens alimentares, a manipulação de alimentos por tratadores e o contato direto destes com os animais (BORGES, 2007).

Um caso de giardíase ocorreu em um filhote de peixe-boi-marinho mantido em reabilitação no CRMM/AQUASIS. Foi diagnosticada a infecção por *Giardia lamblia* através de exame parasitológico seriado em um animal que apresentava diarreia crônica, anorexia e cólicas abdominais. O filhote foi tratado com metronidazol e probióticos, evoluindo para a cura.

The parasitic fauna of sirenians is mainly composed of protozoa and about 25 species of trematodes and nematodes, the majority of which are exclusive of their hosts. Manatees and dugongs are little parasitized in comparison with other groups of aquatic mammals, possibly due to their herbivorous dietary habits (DAILEY, 2001; RAGA et al., 2002).

Diseases caused by helminths are uncommon, especially in captivity, since the majority of these parasites have indirect life cycles, requiring one or more intermediary hosts to complete their development (BOSSART, 2001; RAGA et al., 2002). In the absence of invertebrates in the artificial environment, the cycles are interrupted.

Gastrointestinal helminthiasis were monitored through coproparasitological examinations or necropsies from 1991 to 2005 in captive manatees in Brazil, without evidence of infection (VERGARA-PARENTE, 2005). Carvalho et al. (2009) described for the first time the presence of helminths parasitizing manatees in the country. This study observed the presence of the Pulmonicola cochleotrema trematode parasitizing the nostrils, trachea and bronchi of 26.7% of animals stranded and necropsied on the coast of Ceará. Borges et al. (2014) observed the same species of parasite causing respiratory infection in an animal reintroduced in the Mamanguape estuary, Paraíba state. The animal was captured and treated with anti-helminthic and support medication and the clinical picture developed positively.

Among the parasitic infections described for manatees in Brazil, cryptosporidiosis is of special interest. The detection of Cryptosporidium sp. oocysts was verified in 50% (17/34) of animals evaluated, including captive, semi-captive and free-ranging specimens. Among the positive animals, 76.47% showed clinical signs such as diarrhea, abdominal discomfort, lethargy and tachypnea, compatible with those caused by the parasitic agent. The infection may have multiple origins, such as the contamination of coastal environments, food items, food manipulation by the animal keepers and direct contact with them (BORGES, 2007).

A case of giardiasis occurred in a manatee calf in rehabilitation at CRMM/AQUASIS. The infection was diagnosed with Giardia lamblia through parasitological examination in an animal that presented chronic diarrhea, anorexia and abdominal cramps. The calf was treated with metronidazole and probiotics, evolving to its cure.

Doenças não infecciosas

Non-infectious diseases

As doenças não infecciosas são assim classificadas por não haver microrganismos envolvidos na sua etiologia e pelo seu curso crônico. Neoplasias, malformações, doenças perinatais, doenças metabólicas, traumas, problemas relacionados a interações intra e interespecíficas, dentre outras, estão incluídas nessa categoria.

Malformações congênitas são pouco descritas em sirênios, havendo relatos de ectrodactilia, fibrose valvular neonatal e aderência do cólon descendente ao rim direito em peixes-bois-da-Flórida (FORRESTER, 1992). De 2013 ao primeiro semestre de 2015, 10 filhotes de peixe-boi-marinho deram entrada no CRMM/AQUASIS para reabilitação. Destes, dois vieram à óbito no início do processo por malformações congênitas, ambas diagnosticadas durante a realização da necropsia. Um caso de hidrocefalia ocorreu em um filhote que passou um mês em tratamento intensivo. O animal apresentava postura atípica, permanecendo longos períodos com o ventre voltado para cima, e pressionando a cabeça contra o fundo do tanque. Complicações gastrointestinais agravaram o quadro, com evolução para o óbito. Outro caso foi registrado em um filhote que a partir do décimo dia de reabilitação apresentou anorexia, apatia e postura lateralizada do corpo, sem alterações no exame clínico, porém com elevação em dez vezes da transaminase glutâmico-oxalacética (TGO). Na necropsia foram observadas diversas alterações cardíacas, incluindo uma atresia do ventrículo direito, defeito do septo interventricular, estenose da passagem átrio-ventricular direita, dilatação do tronco pulmonar, hipertrofia do átrio direito e hipertrofia do ventrículo esquerdo. Outro filhote veio a óbito poucas horas após o encalhe por choque hipovolêmico devido a hemorragia umbilical maciça.

Alterações no sistema locomotor e nadadeiras também têm sido observadas em filhotes de peixe-boi encahados no Ceará e Rio Grande do Norte. Dois filhotes apresentaram dobradura ventrodorsal parcial da nadadeira caudal (Figura 8), enquanto outro possui desvio lateral direito da região lombar da coluna vertebral e redução no espaço intervertebral entre L4-5 e L5-6. Sugeriu-se que um processo de fusão dessas vértebras esteja em curso. Nenhuma dessas malformações locomotoras provocou limitações severas nos movimentos ou se mostraram incapacitantes.

Neoplasias em peixes-bois são raras e estão associadas principalmente a infecção por papilomavírus (BOSSART, 2001). Um caso de leiomioma uterino, sem evidências de malignidade, foi diagnosticado na necropsia de uma fêmea de peixe-boi adulta encahada no litoral do Ceará, que apresentava ainda lesões importantes em outros órgãos. Brito (2015) realizou avaliação histopatológica de tecidos de 38 peixes-bois que vieram a óbito durante o processo de reabilitação ou encaharam mortos no litoral do nordeste. Foram diagnosticadas lesões como estomatite, fibrose cardíaca, miocardite, fibrose hepática, atrofia pancreática, metrite e achados de melanose no fígado, baço e linfonodos, sendo necessário o diagnóstico diferencial, e com metástases decorrentes de melanomas cutâneos nesses últimos casos.

As doenças decorrentes de interação antropogênica, como traumas, colisões com embarcações, capturas acidentais e ingestão de corpo estranho foram abordadas no capítulo 5 deste livro.

Non-infectious diseases are classified by the absence of microorganisms involved in their etiology and by their chronic course. Neoplasia, malformations, perinatal diseases, metabolic diseases, traumas, problems related to intra and interspecific interactions, among others, are included in this category.

Congenital malformations are rarely described for sirenians, but there are reports of ectrodactyly, neonatal valvular fibrosis and adherence of the descending colon on the right kidney in Florida manatees (FORRESTER, 1992). From 2013 to the first half of 2015, 10 manatee calves came into CRMM/AQUASIS for rehabilitation. Of these, two died at the beginning of the process due to congenital malformations, both diagnosed during the necropsy. A case of hydrocephalus occurred in a calf that spent one month in intensive care. The animal presented atypical posture, remaining long periods belly up and pressing the head against the bottom of the tank. Gastrointestinal complications exacerbated the picture, with progression to death. Another case was registered in a calf that after ten days in rehabilitation presented anorexia, apathy and lateralized elevation in glutamic-oxaloacetic transaminase (GOT). At necropsy several cardiac alterations were observed, including atresia of the right ventricle, interventricular septal defect, stenosis of the right atrial-ventricular passage, dilation of the pulmonary trunk, hypertrophy of the right atrium and left ventricle hypertrophy. Another calf died a few hours after stranding from hypovolemic shock due to massive umbilical hemorrhage.

Alterations in the locomotive system and caudal flukes have also been observed in stranded calves in Ceará and Rio Grande do Norte. Two calves presented partial ventrodorsal folding of the caudal fluke (Figure 8), while another had a right lateral deviation of the lumbar region of the spine and reduction in the intervertebral space between L4-5 and L5-6. It was suggested that a process of fusion of these vertebrae is ongoing. None of these locomotor malformations caused severe limitations in their movements or proved to be incapacitating.

Neoplasia in manatees are rare and mainly associated to infection by papillomavirus (BOSSART, 2001). A case of uterine leiomyoma, with no evidence of malignancy, was diagnosed during the necropsy of an adult female manatee stranded on the coast of Ceará, which also presented important lesions in other organs. Brito (2015) performed histopathological tissue evaluation of 38 manatees that died during the rehabilitation process or stranded dead on the northeastern coast. He diagnosed injuries such as stomatitis, cardiac fibrosis, myocarditis, liver fibrosis, pancreatic atrophy, metritis and melanosis in the liver, spleen and lymph nodes, requiring differential diagnosis and with metastases arising from cutaneous melanomas in these latter cases.

Diseases arising from anthropogenic interaction, such as trauma, collisions with boats, incidental captures and ingestion of foreign bodies were covered in chapter 5 of this book.

O primeiro estudo sorológico realizado para detectar títulos de anticorpos contra agentes infecciosos ou parasitários em peixes-bois-marinheiros no Brasil foi o de Silva *et al.* (2001). Nesse trabalho foram avaliadas amostras de 12 indivíduos cativos quanto a presença de anticorpos anti-*Toxoplasma gondii*, *Leptospira interrogans* e *Brucella abortus*, no qual apenas um animal (8,3%) foi soropositivo para *T. gondii*.

Posteriormente, Attademo (2014) investigou a soroprevalência dos mesmos agentes: *T. gondii*, 24 estirpes de *Leptospira* sp. e *Brucella abortus*, tanto em animais cativos como em indivíduos mantidos em cativeiro de readaptação no ambiente natural. Os mesmos anticorpos foram dosados em soro de peixes-bois nativos capturados no litoral do Ceará nos anos de 2012 e 2013 (PETROBRAS, 2014).

Com relação a *T. gondii*, a soroprevalência deste parasito foi de 10,9% (6/55) dos animais avaliados, incluindo espécimes cativos e mantidos em cativeiro de readaptação no ambiente natural. Dentre esses animais, destaca-se uma fêmea adulta que apresentou a maior titulação (25.600) já detectada para uma espécie de mamífero aquático (ATTADEMO, 2014).

Quanto aos agentes da leptospirose, 9,2% (5/54) dos peixes-bois-marinheiros avaliados foram soropositivos para anticorpos anti-*Leptospira* spp. Nenhum animal apresentou soropositividade para *B. abortus* (ATTADEMO, 2014). Todos os indivíduos nativos foram soronegativos para os agentes pesquisados (PETROBRAS, 2014).



Figura 8. Peixe-boi apresentando malformação na nadadeira caudal.
Figure 8. Manatee calf showing malformation of the caudal fin.

Silva *et al.* (2001) conducted the first study in Brazil to detect serological titers of antibodies against infectious agents or parasites in manatees. In this study, samples from 12 captive individuals were assessed regarding the presence of antibodies for *Toxoplasma gondii*, *Leptospira interrogans* and *Brucella abortus*, in which only one animal (8.3%) tested positive for *T. gondii*.

Subsequently, Attademo (2014) investigated the seroprevalence of the same agents: *T. Gondii*, 24 strains of *Leptospira* sp. and *Brucella abortus*, both in captive and semi-captive animals. The same antibodies were measured in the serum of free-ranging manatees captured on the coast of Ceará in the years 2012 and 2013 (PETROBRAS, 2014).

With relation to *T. gondii*, the seroprevalence of this parasite was 10.9% (6/55) in the animals evaluated, including captive specimens and those in soft-release facilities. Among these animals, one adult female presented the largest titration (25,600) ever detected for an aquatic mammal species (ATTADEMO, 2014).

With regards to the leptospirosis agents, 9.2% (5/54) of assessed manatees were seropositive for anti-*Leptospira* spp. antibodies. No animal was seropositive for *B. abortus* (ATTADEMO, 2014). All free-ranging individuals were seronegative for the studied agents (PETROBRAS, 2014).

Anzolin *et al.* (2012) realizaram o principal estudo toxicológico robusto com amostras coletadas de peixes-bois-marinheiros no Brasil, no qual foram avaliadas as concentrações de PCBs, OCPs e metais (Al, Mg, Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr e Sn) no sangue de animais cativos e de indivíduos mantidos em cativeiros de readaptação ao ambiente natural situados nos estados da Paraíba e Alagoas. As atividades das enzimas butirilcolinesterase, catalase e glutatona s transferase também foram avaliadas como indicadoras de exposição a contaminantes. PCBs e OCPs não foram detectados, no entanto, foram verificados níveis elevados dos metais Al, Pb, Cd e Sn em peixes-bois mantidos na Paraíba, sendo observadas alterações hematológicas sugestivas de exposição ao chumbo nesses animais. Foi detectada uma inibição significativa da enzima butirilcolinesterase nos peixes-bois mantidos em cativeiros de readaptação, indicando uma possível exposição a organofosforados e carbamatos, classes de inseticidas utilizados nas lavouras de cana-de-açúcar, principalmente na região da Paraíba.

Lailson-Brito *et al.* (2010) realizaram um estudo para detecção de mercúrio (HgT) e organoclorados (DDT, PCB, HCB, HCH e MIREX) no fígado e tecido adiposo, respectivamente, de sete peixes-bois encalhados mortos no litoral do Ceará. As concentrações de HgT variaram entre 7 e 76 ng.g⁻¹ e os organoclorados DDT, HCH e Mirex foram identificados em todos exemplares, enquanto o PCB foi detectado em apenas um indivíduo. As baixas concentrações destes contaminantes se deveram possivelmente aos hábitos alimentares herbívoros da espécie.

Anzolin *et al.* (2012) performed the main robust toxicological study with samples collected from manatees in Brazil, in which the concentrations of PCBs, OCPs and metals (Al, Mg, Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr and Sn) were evaluated in the blood of captive and semi-captive animals located in the states of Paraíba and Alagoas. The activities of the enzymes butyrylcholine esterase, catalase and glutathione S transferase were also evaluated as indicators of exposure to contaminants. PCBs and OCPs were not detected, however, high levels of the metals Al, Cd, Pb and Sn were verified in manatees from Paraíba, and hematological alterations suggestive of exposure to lead were also observed in these animals. A significant inhibition of the butyrylcholine esterase enzyme was detected in semi-captive manatees, indicating a possible exposure to organophosphorates and carbamate, insecticides that are used in sugar cane crops, mainly in the region of Paraíba.

Lailson-Brito *et al.* (2010) conducted a study for the detection of mercury (HgT) and organochlorine pesticides (DDT, PCBs, HCB, HCH and Mirex) in the liver and adipose tissue, respectively, of seven manatees stranded dead on the coast of Ceará. Concentrations of HgT varied between 7 and 76 ng.g⁻¹ and the organochlorines DDT, HCH and Mirex were identified in all individuals, while PCB was detected in only one. The low concentrations of these contaminants were possibly due to the species' herbivorous dietary habits.



(foto: Brito Marcoveldi/Facebook FMA)

Ameaças *Threats*

Cristine Pereira Negrão Silva
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems - AQUASIS

Ana Carolina Oliveira de Meirelles
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems - AQUASIS

Juliana Umezaki
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems - AQUASIS



(Foto: Enrico Marcovaldi/Aceno FMA)

Introdução

Introduction

O peixe-boi-marinho habita águas costeiras, baías e enseadas, além de ecossistemas estuarinos e rios ao longo da sua área de distribuição. Tais áreas também são intensamente ocupadas pelas populações humanas, levando a conflitos de uso e diversos impactos sobre a espécie, muitos deles ainda difíceis de serem totalmente dimensionados devido a sua complexidade e grande extensão de área. De acordo com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (MMA, 2015), no Brasil há 395 municípios e 16 regiões metropolitanas na zona costeira do país, onde encontra-se 24% da população.

Assim como outras espécies K estrategistas (ver Capítulo Biologia), a recuperação das populações de peixes-bois ocorre de forma muito lenta, ao contrário dos adensamentos populacionais e atividades econômicas diversas, que são implantadas de forma a atender principalmente a demanda econômica em detrimento da conservação das reduzidas áreas naturais ainda existentes e seus serviços ambientais.

Assim, neste capítulo serão discutidas as principais ameaças identificadas para o peixe-boi-marinho no Brasil.

The West Indian manatee inhabits coastal waters, bays and coves, as well as estuarine ecosystems and rivers, throughout their distribution. These areas are also intensively occupied by human populations, leading to conflicts and various impacts on the species, many of which are still difficult to fully scale due to their complexity and large area. According to the National Coastal Management Plan (MMA, 2015), in Brazil there are 395 municipalities and 16 metropolitan areas in the country's coastal region, where 24% of the population lives.

Like other K-strategist species (see Biology chapter), manatee populations grow very slowly, unlike the human settlements and various economic activities that are implemented to meet mainly economic demands at the expense of the conservation of reduced remaining natural areas and their environmental services.

In this chapter we will discuss the main threats to West Indian manatees in Brazil.

Capturas intencionais e acidentais

Intentional and incidental captures

No Brasil, tanto o peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) quanto o peixe-boi-amazônico (*T. inunguis*) foram explorados durante muitos anos por meio da caça predatória (exploratória) e tradicional. Veríssimo (1970) relata que “o peixe-boi parece ter sido desde o começo do século XVII objeto de comércio dos holandeses...”. O mesmo autor afirma que de um peixe-boi se aproveitava tanto a carne quanto a gordura. Um bom animal produzia de 40 a 60 kg de carne e oito a nove potes de 22 a 30 kg de gordura que serviam para a iluminação doméstica e cozinha dos mais humildes. A gordura, a carne, o couro e até mesmo os ossos foram utilizados durante mais de dois séculos para alimentação e outros usos domésticos ou comerciais (ORICO, 1972).

Veríssimo (1970) relata registros antigos de europeus que descreveram a utilização doméstica e comercial de peixe-boi (marinho e amazônico): “Padre Antônio Vieira, em 1658 (...) carregavam os holandeses mais de vinte navios de peixes-bois todos os anos”; o padre também informa que novelos de algodão eram a moeda do Maranhão, assim como sal, peixes, tartarugas e peixes-bois (provavelmente o marinho), que eram utilizados para pagamento de propinas e ordenados. O mesmo autor verificou que os produtos do peixe-boi, como a carne salgada, a mixira, a linguiça e a banha, eram muito valiosos em meados do século XVIII. A carne era vendida de 500 a 640 réis a arroba nos povoados, chegando até 1.000 réis no Pará, onde o pote da mixira valia 2.000 réis e o da manteiga de 1.900 a 3.000 réis.

Domning (1982) descreveu que em 1959, em Alagoas foram produzidas duas toneladas de carne de peixe-boi-marinho e em 1964 na Bahia, uma tonelada. Segundo Lima (1997), a caça do peixe-boi-marinho no litoral nordeste do Brasil foi um hábito herdado dos índios. O autor considerou que no final da década de 1990 praticamente não existia mais caça predatória da espécie na região, apenas captura acidental seguida de morte intencional e utilização como alimento. Paludo (1997) relatou que o último registro de caça da espécie com arpão na Barra do rio Mamanguape, na Paraíba, ocorreu em 1987.

Luna *et al.* (2008), no entanto, afirmaram que a captura intencional foi responsável por 94% da mortalidade de peixes-bois no litoral norte do país (MA, PA e AP), tendo a caça com arpão (86,38%) se destacado como principal petrecho de pesca utilizado para esse fim. Capturas acidentais (11,07%) ocorreram com o aprisionamento em currais ou com o emalhe em diversos tipos de redes destinadas à pesca de peixes e camarões. Nestes casos, os animais encontrados vivos foram mortos propositalmente pelos pescadores.

Aquasis (2006) e Meirelles (2008) afirmaram que a captura acidental representa um sério risco para a conservação dos peixes-bois-marinhos no litoral leste do Ceará, uma vez que as áreas de pesca artesanal se sobrepõem às áreas de vida da espécie. De 2000 a 2015, a Aquasis registrou sete capturas acidentais, nas quais seis indivíduos vieram a óbito por afogamento e um por septicemia em consequência de um ferimento profundo ocasionado por restos de fio de nylon oriundos de rede de emalhar presos à nadadeira peitoral (MEIRELLES, 2008; AQUASIS, dados não publicados). Dois machos (um filhote de 2,03 m e

In Brazil, both the West Indian (Trichechus manatus) and the Amazonian manatees (T. inunguis) were exploited for many years by poaching and traditional hunting. Veríssimo (1970) reports that “the manatee appears to have been object of Dutch trading from the beginning of the 17th century...”. The same author says that both manatee meat and fat were used. A good animal produced 40 to 60 kg of meat and eight to nine 22 to 30 kg pots of fat that were used for domestic lighting and in the kitchens of the most humble. The fat, meat, leather and even the bones were used for over two centuries for food and other household or commercial purposes (ORICO, 1972).

Veríssimo (1970) reports old European records that described the domestic and commercial use of manatees (West Indian and Amazonian): “Father Antônio Vieira, in 1658 (...) the Dutch transported more than twenty ships loaded with manatees every year”; the priest also reports that cotton reels were the currency of Maranhão, as well as salt, fish, turtles and manatees (probably the West Indian), which were used to pay for bribes and wages. The same author noticed that manatee products, such as meat jerky, preserve, sausage and fat, were very valuable in the mid-18th century. The ‘arroba’ of meat (32 pounds) was sold for 500 to 640 ‘réis’ at the villages, reaching up to 1000 ‘réis’ in Pará, where the pot of preserve was worth 2000 ‘réis’ and the butter 1900 to 3000 ‘réis’.

Domning (1982) described that in 1959, in Alagoas, two tonnes of West Indian manatees were produced and in 1964, in Bahia, one ton. According to Lima (1997), the habit of hunting manatees on the northeast coast of Brazil was inherited from the Indians. The author considered that in the late 1990’s poaching barely existed in the region, only the incidental capture followed by intentional killing and use as food. Paludo (1997) reported that the last record of a manatee killed by harpoon in Mamanguape River bar, Paraíba, occurred in 1987.

Luna et al. (2008), however, stated that intentional captures were responsible for 94% of manatee mortality on the country’s North Coast (MA, PA and AP) and harpoons stood out as the main fishing gear (86.38%) used for this purpose. Incidental captures (11.07%) occurred in traps or various types of nets used to catch fish and shrimp. In these cases, the animals were found alive and intentionally killed by fishermen.

Aquasis (2006) and Meirelles (2008) state that accidental captures represent a serious risk to the conservation of manatees on the East Coast of Ceará, since traditional fishing areas there overlap the species’s home range. From 2000 to 2015, Aquasis recorded seven accidental captures, in which six individuals died by drowning and one by septicemia, as a result of a deep wound caused by the nylon from the gillnet wrapped around its flipper (MEIRELLES, 2008; AQUASIS, unpublished data). Two males (a 2.03 m calf and a 2.69 m juvenile) and two adult females (one 2.72 m and another 3.03 m long) were caught in a motorised shrimp trawl, which operates illegally on the coasts of Aracati and Icapuí, in Ceará (Figure 1). In addition, a 1.40 m male calf got entangled in a gillnet and was removed alive, but died shortly after (MEIRELLES, 2008). Aquasis also collected information from fishermen in Retiro Grande, which confirmed at least six more cases of interactions with gillnets in the region, all involving young individuals that were rescued and released by the fishermen (AQUASIS, 2006). Furthermore, in 2015 one 3.0 m adult male drowned in the area of Ponta Grossa, municipality of Icapuí. However, it was impossible to determine what type of fishing equipment caused the death.

um juvenil de 2,69 m) e duas fêmeas adultas (uma de 2,72 m e outra de 3,03 m) foram capturados em rede de arrasto motorizado de camarão, que opera de forma ilegal no litoral dos municípios de Aracati e Icapuí, no Ceará (Figura 1). Além destes, um filhote macho de 1,40 ficou preso a uma rede de espera, sendo retirado ainda com vida, vindo a óbito pouco tempo depois (MEIRELLES, 2008). Além desse registro, a Aquasis coletou informações com pescadores, na praia de Retiro Grande, que confirmaram pelo menos mais seis casos de interações com redes de espera na região, todos com indivíduos jovens que foram socorridos e liberados pelos pescadores (AQUASIS, 2006). Além disso, em 2015 um macho adulto de 3,0 m morreu em decorrência de afogamento na região de Ponta Grossa, município de Icapuí. No entanto, não foi possível determinar que tipo de equipamento de pesca causou o óbito.

Interações com aparelhos de pesca também foram registradas em entrevistas com pescadores da região do complexo estuarino dos rios Timonha/Ubatuba (CE/PI) e Cardoso/Camurupim (PI), ambos inseridos na Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Parnaíba/ICMBio (AQUASIS, 2008). Os relatos indicaram redes de espera como sendo os principais equipamentos de pesca que capturam peixes-bois na região, seguida da rede de arrasto tipo “cobal” (rede de arrasto com malha pequena, praticada dentro dos rios e considerada ilegal) e curral de pesca. No litoral do Rio Grande do Norte foi registrada há cerca de dois anos a captura acidental de um filhote fêmea de 1,35 m em uma rede de arrasto de tresmalho (arrasto de praia). O filhote sobreviveu e encontra-se em reabilitação no Centro de Reabilitação de Mamíferos Marinhos da Aquasis (CRMM).

Em outros estados do Nordeste, diversos registros de captura acidental de peixe-boi em rede de emalhar e curral de pesca foram reportados por Paludo (1997) e Parente *et al.* (2004). A maioria dos eventos foi registrada no estado da Paraíba, nas praias de Tambaú, Bessa, Penha e Lucena. Em Pernambuco, um animal foi capturado e morto em Olinda. No Rio Grande do Norte, em Diogo Lopes, um peixe-boi também foi morto em rede de pesca. No estado do Maranhão, capturas acidentais de pelo menos sete peixes-bois em um intervalo de seis meses chamaram a atenção em 2005. Acredita-se que no norte do país o número de eventos desta natureza está muito subestimado, uma vez que há muitas áreas remotas, de difícil acesso, e a população ainda se alimenta de carne de peixe-boi.

É notório, através dos registros apresentados, que as capturas acidentais em aparelhos de pesca são uma ameaça para o peixe-boi-marinho. Em alguns casos, a pescaria responsável pelas capturas atua ilegalmente, como é o caso da pesca de arrasto motorizado na costa do Ceará, a qual precisa de medidas de fiscalização e controle mais efetivas. Em outros, vê-se uma necessidade de criação de áreas de exclusão, seja através de acordos de pesca, criação de áreas protegidas ou através da regulamentação da atividade dentro do plano de manejo das unidades de conservação onde a espécie ocorre.



Figura 1. Fêmea de peixe-boi capturada acidentalmente em arrasto motorizado de camarão em Aracati. Na tentativa de fazer o animal afundar, o pescador efetuou um corte na região ventral.

Figure 1. Manatee female accidentally caught in a motorised shrimp trawl in Aracati. In an attempt to sink the animal, the fisherman made a deep cut on its ventral region.

Interactions with fisheries were also recorded in interviews with fishermen in the region of the Timonha/Ubatuba (CE/PI) and Cardoso/Camurupim (PI) estuarine complexes, both located in the Delta do Parnaíba Environmental Protection Area (APA)/ICMBio (AQUASIS, 2008). The reports indicated gillnets as the main fishing equipment catching manatees in the region, followed by the “cobal” type trawl (small mesh trawl, illegally used in rivers) and fishing corrals. On the coast of Rio Grande do Norte, a 1.35 m female calf was accidentally caught in a trammel trawl net (launched from the beach), two years ago. The calf survived and is currently at the Marine Mammal Rehabilitation Center (CRMM - Aquasis).

In other northeastern states, there are several records of manatees caught in gillnets and corrals reported by Paludo (1997) and Parente et al. (2004). Most of the events happened in the state of Paraíba, on the beaches of Tambaú, Bessa, Penha and Lucena. In Pernambuco, one animal was captured and killed in Olinda. In Rio Grande do Norte, at Diogo Lopes, a manatee was also killed in a fishing net. In the state of Maranhão, incidental catches of at least seven manatees within six months drew attention in 2005. It is believed that in the North of the country the number of events of this nature are underestimated, since there are many remote areas of difficult access, and the population still eats manatee meat.

It is evident, from the records presented herein, that incidental captures in fisheries are a significant threat to the West Indian manatees. In some cases, the fishery responsible for the captures acts illegally, such as the motorized trawling off the coast of Ceará, which requires more effective monitoring and control measures. In other cases, there is a need to create exclusion areas, either through fishing agreements, creation of protected areas or through the regulation of the activity within the management plan of the protected areas where the species occurs.

Colisões e atropelamentos

Collisions and boat strikes

Colisões e atropelamentos envolvendo o peixe-boi-marinho e embarcações são a principal causa de mortalidade da espécie na Flórida (ACKERMAN *et al.*, 1995, LIGHTSEY *et al.*, 2006), Porto Rico (MIGNUCCI-GIANNONI *et al.*, 2000) e Belize (AUIL; VALENTINE, 2004). Mesmo quando o indivíduo não vem ao óbito, em muitos casos, apresenta mutilações graves e permanentes (POWELL, 2002, YAN *et al.*, 2006).

No Brasil, as primeiras avaliações de mortalidade de peixe-boi (PARENTE *et al.*, 2004; MEIRELLES, 2008) não indicavam o atropelamento como uma ameaça à espécie. Entretanto, o segundo Plano de Ação Nacional para Mamíferos Aquáticos (IBAMA, 2001) já considerou que o crescente número de barcos motorizados em áreas de ocorrência da espécie aumenta o potencial de mortes por acidente. Desde então, registros envolvendo atropelamentos de peixes-bois começaram a ser reportados na região Nordeste. Borges *et al.* (2007) descreveram três casos de colisões: dois filhotes recém-nascidos, apresentando resquícios de cordão umbilical, sendo o primeiro em fevereiro de 1997, em Aracati (CE), e o segundo em fevereiro de 2003, na Baía da Traição (PB). O terceiro registro envolveu um peixe-boi adulto, monitorado pelo Programa de Reintrodução do CMA. Este foi atropelado em quatro ocasiões (janeiro e dezembro de 2001, março de 2002 e fevereiro de 2005), todas na praia do Mosqueiro (SE). Em todos os eventos os animais foram resgatados e tratados com sucesso. De acordo com os autores, os cortes e traumas observados em dois dos indivíduos (o filhote da Paraíba e o adulto de Sergipe) indicaram atropelamento por embarcações motorizadas (Figura 2). O indivíduo recém-nascido oriundo do Ceará não apresentou cortes, porém constatou-se edema na região frontal, decorrente da colisão com uma embarcação de pesca.

No Ceará, Meirelles *et al.* (2009) descreveu uma colisão seguida de morte de uma fêmea adulta lactante com uma embarcação a vela no litoral de Icapuí (Figura 3). Os achados de necropsia indicaram morte causada por hemorragia abdominal severa devido ao forte traumatismo causado pela colisão. A informação foi confirmada posteriormente por um pescador, que relatou ter colidido acidentalmente com um peixe-boi adulto. Uma semana após o encalhe, um filhote encalhou muito debilitado na mesma praia. O animal permaneceu em reabilitação no Centro de Reabilitação de Mamíferos Marinheiros/Aquasis por 45 dias e foi transportado via aérea para o Centro Mamíferos Aquáticos. Análises de DNA posteriores confirmaram o parentesco entre os animais.

Recentemente, a Aquasis registrou o óbito de dois filhotes de peixe-boi, também em Icapuí, sendo um macho de 1,29 m na Praia de Redonda e uma fêmea de 1,16m na praia de Peroba, nos anos de 2013 e 2015, respectivamente. Os achados de necropsia evidenciaram politraumatismo (filhote macho) e choque hipovolêmico (filhote fêmea), causados provavelmente por colisão com embarcação. Um diagnóstico da pesca local, efetuado por Salles (2011), evidenciou que Icapuí/CE possui 35% da sua frota de embarcações constituídas por botes a vela, com destaque para a comunidade de Redonda, com 192 embarcações registradas. De acordo com o Ibama (2005), Icapuí e Aracati contabilizaram 350



Figura 2. Peixe-boi com marcas de atropelamento por embarcação motorizada.
Figure 2. Manatee showing cut wounds caused by motor boat strike.

Collisions and boat strikes involving the West Indian manatees are the main cause of mortality for the species in Florida (ACKERMAN *et al.* 1995, LIGHTSEY *et al.*, 2006), Puerto Rico (MIGNUCCI-GIANNONI *et al.*, 2000) and Belize (AUIL; VALENTINE, 2004). Even when the individual survives, in many cases, it causes severe and permanent mutilations (POWELL 2002, YAN *et al.*, 2006).

In Brazil, the first reviews of manatee mortality (PARENTE *et al.*, 2004; MEIRELLES, 2008) did not indicate collisions as a threat to the species. However, the second National Action Plan for Aquatic Mammals (IBAMA, 2001) considered the increasing number of motor boats in areas of manatee occurrence a potential for accidental deaths. Since then, records of collisions involving manatees began to be reported in the Northeast. Borges *et al.* (2007) described three cases of collisions: two newborn calves, showing remnants of umbilical cord, the first one in February 1997 in Aracati (CE) and the second in February 2003, at Traição Bay (PB). The third case involved an adult manatee monitored by the CMA reintroduction program. This individual was hit on four occasions (January and December 2001, March 2002 and February 2005), all at Mosqueiro beach (SE). In all events the animals were rescued and treated successfully. According to the authors, the cuts and trauma observed in two of the individuals (the calf from Paraíba and the adult from Sergipe) indicated collision with a motorised vessel (Figure 2). The newborn individual from Ceará showed no cuts, but there was oedema in the frontal region, due to the collision with a fishing boat.

In Ceará, Meirelles *et al.* (2009) described a collision followed by death between an adult nursing female and a sailing vessel on the coast of Icapuí (Figure 3). The necropsy

embarcações a motor e 1.164 embarcações a vela. Considerando que a zona costeira de ambos os municípios é apontada como uma das principais áreas de ocorrência do peixe-boi-marinho no Ceará (CHOI, 2011), o risco potencial de colisões e atropelamentos é alto, sendo os filhotes os mais vulneráveis em decorrência da pouca vivência (BORGES *et al.*, 2007).

Além de ferimentos e traumas oriundos de atropelamentos e colisões, interações com embarcações são consideradas passíveis de provocarem distúrbios que levam os animais a se deslocarem de importantes áreas de alimentação e descanso, bem como ocasionar a separação de fêmeas e seus filhotes, podendo levar à sua morte caso não seja efetuado o resgate ou ambos não venham a se reencontrar (MEIRELLES *et al.*, 2014). Lima *et al.* (2005) relataram que em 17 de dezembro de 2003, uma fêmea denominada "Lua", reabilitada em cativeiro e solta na natureza, deu à luz ao seu primeiro filhote (1,20 m e 34 Kg) no estuário do rio Maracaípe/PE. Quatro dias após o nascimento, houve incremento no tráfego de embarcações e pessoas no estuário, o que causou o deslocamento da fêmea com o filhote para a praia de Serrambi/ PE, onde permaneceram até o dia 24. No dia seguinte a fêmea foi avistada sozinha na mesma praia. O filhote foi encontrado morto no dia 26 em Serrambi, mas devido ao avançado estado de decomposição da carcaça não foi possível determinar a *causa mortis*.

Diante disso, torna-se de extrema importância a regulamentação do trânsito de embarcações em áreas de concentração do peixe-boi, visando diminuir as chances de atropelamento e o impacto sobre as populações.



Figura 3. Fêmea de peixe-boi lactante atropelada por embarcação à vela em Retiro Grande, Icapuí.
Figure 3. Nursing female manatee hit by a sailing vessel at Retiro Grande, Icapuí.

findings indicated death caused by severe abdominal hemorrhage due to strong trauma caused by the collision. The information was later confirmed by a fisherman, who reported to have collided accidentally with an adult manatee. A week later, an extremely debilitated calf stranded on the same beach. The animal remained at the Marine Mammal Rehabilitation Center/Aquasis for 45 days and was airlifted to the Aquatic Mammals Centre. Subsequent DNA analysis confirmed the relationship between the animals.

Aquasis recently recorded the death of two manatee calves, also in Icapuí. One was a 1.29 m male at Redonda Beach and the other a 1.16 m female at Peroba Beach, in 2013 and 2015, respectively. Necropsy findings showed multiple trauma (male calf) and hypovolemic shock (female calf), probably caused by collision with a vessel. A local fishery diagnosis, carried out by Salles (2011), showed that the vessels at Icapuí/CE consist of 35% sailing boats, especially the Redonda community, with 192 vessels registered. According to Ibama (2005), Icapuí and Aracati accounted for 350 motorised vessels and 1164 sailing vessels, respectively. Considering that the coastal zone of both municipalities is one of the major West Indian manatee occurrence areas in Ceará (CHOI, 2011), the potential risk of collisions and strikes is high, and calves are the most vulnerable due to their inexperience (BORGES *et al.*, 2007).

In addition to injuries and traumas from collisions, interactions with boats are likely to provoke disturbances that may lead the animals to leave important feeding and resting areas, or separate females from their calves, resulting in their death if they are not rescued or reunited with their mothers (MEIRELLES *et al.*, 2014). Lima *et al.* (2005) reported that a female named "Lua", rehabilitated in captivity and released, gave birth on December 17th 2003 to her first calf (1.20 m and 34 kg), in the Maracaípe River estuary/PE. Four days after the birth, there was an increase in boat traffic and people in the estuary, which caused the pair to move away to the Serrambi beach/PE, where they remained until December 24th. On the next day, the female was spotted alone at the same beach. The calf, however, was found dead on December 26th in Serrambi, but due to the advanced state of decomposition, it was not possible to determine the cause of death.

Consequently, the regulation of vessel traffic in areas of manatee concentration is of extreme importance to decrease the chances of collisions and other impacts on these populations.

Perda e degradação de habitat

Habitat loss and degradation

A perda de habitat é hoje uma das principais ameaças ao peixe-boi-marinho no Brasil. Por ser uma espécie costeira, com preferência por áreas naturalmente abrigadas, como enseadas, baías e estuários, o peixe-boi sofre com a ocupação destes locais por cidades, portos, marinas, estaleiros, salinas, fazendas de camarão, etc., e por diversas outras atividades geradas a partir da implantação destes.

Em grande parte da distribuição do peixe-boi no litoral nordeste do país, os prados de fanerógamas marinhas constituem a principal fonte de alimentação da espécie. Esses prados abrigam complexas teias alimentares, mantendo uma alta biodiversidade marinha devido a sua importante função estrutural e trófica. Entretanto, estão entre os ecossistemas mais ameaçados do mundo, com reduções significativas de cobertura sendo registradas globalmente. Um dos principais fatores associados a esta perda é o crescimento da população humana, e consequentemente, os distúrbios provocados direta e indiretamente nos ambientes costeiros (HEMMINGA; DUARTE, 2000). No Brasil, alguns estudos têm indicado o impacto do desenvolvimento costeiro, o despejo de esgoto, de resíduos sólidos, ancoragem de embarcações, aterros, pesca, coleta de mariscos, etc. sobre esses prados (e.g., CREED; AMADO-FILHO, 1999; PITANGA *et al.*, 2012). Mesmo com poucas avaliações publicadas, é notório que a cada ano as fontes de impacto sobre estes ecossistemas aumentam. Além disso, novas fontes de impacto surgem e, atuando de forma sinérgica com as existentes, podem estar causando danos irreversíveis a estes ambientes.

No litoral leste do Ceará e norte do Rio Grande do Norte, o arrasto de camarão e a colocação de marambaias como ferramenta para a captura de lagostas são duas atividades preocupantes quando se fala da conservação dos prados de fanerógamas, principalmente de *Halodule wrightii*, popularmente conhecido como capim-agulha, o principal item alimentar do peixe-boi na região. O arrasto ocorre em águas costeiras rasas em diversas regiões do nordeste. No Ceará, alguns peixes-bois já foram capturados e mortos neste tipo de pescaria, que também destrói os prados de capim e aumentam a turbidez da água, diminuindo o recebimento de luz e consequentemente o desenvolvimento das fanerógamas.

Já o impacto causado pela disposição de marambaias ainda não foi mensurado, mas é evidente. Neste tipo de pescaria, são colocados diversos tipos de materiais, como pneus, carcaças de carros, eletrodomésticos e tambores de metal, em águas rasas, que servem de abrigo para as lagostas. Ali, elas são coletadas com a utilização de compressores. O aumento na utilização desta técnica se deu a partir de 2002, com o declínio na pesca legal da lagosta com a utilização de manzuás. Nos últimos anos, as marambaias feitas com tambores de metal de armazenamento de produtos tóxicos tem sido amplamente usadas na costa do Ceará e do Rio Grande do Norte (BRASIL, 2013). Ainda de acordo com o mesmo autor, o IBAMA estima que entre 50 e 100 mil marambaias de tambores tenham sido colocadas no mar do Ceará, mas acredita-se que este número esteja subestimado.



Figura 4. Tambores de produtos químicos amassados para a confecção de marambaias em Icapuí, leste do Ceará. Rótulos encontrados em alguns desses tambores revelam a presença de resina alquídica.

Figure 4. Toxic chemical barrels flattened to be used to build lobster traps in Icapuí, east Ceará. The labels found on some of these barrels reveal the presence of alkyd resin.

Loss of habitat is today one of the main threats to the West Indian manatee in Brazil. As a coastal species, with a preference for naturally sheltered areas, such as coves, bays and estuaries, the manatee suffers with the occupation of these sites by cities, ports, marinas, shipyards, salines, shrimp farms, etc., and several other activities associated to their construction.

In much of the manatee's distribution along the country's northeast coast, seagrass meadows are their main source of food. These meadows are home to complex food webs and retain a high marine biodiversity due to their important trophic and structural function. However, they are among the most threatened ecosystems in the world, with significant reductions in coverage being recorded globally. One of the main factors associated with this loss is human population growth and, consequently, the disturbances caused directly and indirectly to coastal environments (HEMMINGA; DUARTE, 2000). In Brazil, some studies have shown the impact of coastal development, such as sewage and solid waste disposal, boat anchoring, landfills, fishing, shellfish harvesting, etc., on these meadows (e.g., CREED; AMADO-FILHO, 1999; PITANGA *et al.*, 2012). Even though there are few reviews published on the topic, it is obvious that every year the sources of impact on these ecosystems are increasing. In addition, new sources of impact are arising and, acting in synergy with the already existing ones, may cause irreversible damage to these environments.

No estudo de Brasil (2013), pescadores relatam que os tambores utilizados ainda vêm com produtos tóxicos que podem causar sérios problemas àqueles que os manuseiam. Os produtos tóxicos são diversos e entre eles está a resina alquídica, um hidrocarboneto aromático altamente volátil e nocivo em contato com a pele ou inalado. Também é altamente perigoso para animais aquáticos e a embalagem não pode ser reutilizada, cabendo ao produtor dar o destino final adequado a esta. Ou seja, todo o caminho de confecção da marambaia de tambor é ilegal, desde a compra do material a sua colocação do mar, até a pesca da lagosta com o uso do compressor. Já há relatos de moradores das comunidades de que a lagosta proveniente do tambor fica com cor e sabor de ferrugem.

Além da contaminação do ambiente marinho pelos produtos químicos tóxicos e dos tambores, as marambaias estão cobrindo uma área considerável do fundo do oceano, cobrindo e matando bancos de algas e de fanerógamas, diminuindo assim a disponibilidade de alimento para várias espécies marinhas, incluindo o peixe-boi (Figura 4). Torna-se assim, urgente a tomada de medidas de monitoramento pelos órgãos públicos responsáveis, como IBAMA, Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente, Capitania dos Portos, para conter esta prática, que é ilegal e pode estar causando consequências incalculáveis não apenas para a biodiversidade marinha, mas para toda a população costeira que vive da pesca.

Outro grande problema enfrentado pelo peixe-boi-marinho no país é a degradação dos estuários, um importante habitat de alimentação, descanso e cuidado parental para a espécie. Esses ambientes e as áreas costeiras adjacentes têm sido considerados historicamente como locais preferenciais para os assentamentos humanos, resultando em desmatamento, poluição e sobre-exploração de recursos (LOTZE *et al.*, 2006). Especialmente no litoral semi-árido do



Figura 5. Salina no manguezal da Barra Grande, em Icapuí.
Figure 5. Salines in the Barra Grande mangroves, in Icapuí.

On the east coast of Ceará and north of Rio Grande do Norte, shrimp trawls ('arrasto') and lobster traps ('marambaias') are two activities of concern for the conservation of seagrass meadows, mainly of *Halodule wrightii*, commonly known as shoal grass, the main food item of manatees in the area. The trawling occurs in shallow coastal waters in different regions of the Northeast. In Ceará, manatees have been captured and killed in this type of fishery, which destroys the grass meadows and increases the water turbidity, reducing the incoming light and, consequently, seagrass development.

The impact caused by the deployment of lobster traps ('marambaias'), on the other hand, has not been measured yet, but is evident. In this type of fishery, various types of materials, such as tires, car carcasses, domestic appliances and metal barrels, are placed in shallow water to provide shelter for the lobsters, which are then collected by fishermen using air compressors. The use of this technique has been increasing since 2002, with the decline in legal lobster harvesting with the use of cages. In recent years, traps made from metal toxic chemical storage barrels have been widely used on the coast of Ceará and Rio Grande do Norte (BRASIL, 2013). In addition, according to the same report, IBAMA estimates that between 50 and 100 thousand of these traps have been placed in the sea of Ceará, but this number is believed to be underestimated.

In the study of Brasil (2013), fishermen report that the metal barrels used come with toxic chemical residues that can cause serious problems when handled. The toxic products are diverse and among them is the alkyd resin, a highly volatile aromatic hydrocarbon, harmful when in contact with skin or inhaled. It is also highly dangerous to aquatic animals and the containers should not be reused. The manufacturer is responsible for providing an adequate final destination for these containers. Thus, the whole process involved in the use of these lobster traps, from purchasing the drums to placing them in the sea, to harvesting the lobsters with the use of the compressors, is illegal. There are already reports from residents of those communities that the lobsters caught in these traps look and taste like rust.

In addition to polluting the marine environment with toxic chemicals and metal barrels, these lobster traps are covering a considerable area of ocean floor, smothering and killing algae and seagrass banks, thus decreasing food availability for many marine species, including the manatees (Figure 4). It becomes urgent that responsible public agencies such as IBAMA, state and municipal Environment Departments and Port Authorities adopt monitoring measures to control this practice, which is illegal and may be causing incalculable consequences, not only for marine biodiversity, but for the entire coastal population that depends on fishing.

Another major problem faced by the West Indian manatees in the country is the degradation of estuaries, an important feeding, resting and nursing habitat for the species. These environments and their adjacent coastal areas have historically been preferred sites for human settlements, resulting in deforestation, pollution and resource over-exploitation (LOTZE *et al.*, 2006). Especially in the semi-arid northeast coast, where most of the rivers are small and intermittent, the degradation effects, particularly siltation, seem to have a great impact on these water courses (MEIRELLES *et al.*, 2014) (Figure 5). This region, between the east coast of Ceará and the north coast of Rio Grande do Norte, presents the highest frequency of manatee strandings in the country. Lima *et al.* (1992) indicated this was happening because pregnant females weren't having access to estuaries to give birth and, thus, the newborns were unable to keep up with their mothers in open waters and ended up stranding. In fact, some evidence supports this information, such as the good health of the majority of the stranded calves (MEIRELLES, 2008) and the fact that manatees used the estuaries in the region in the past (CHOI, 2011). This latter information was confirmed when six native animals were captured in Icapuí and monitored via telemetry (see Ecology chapter) (PETROBRAS, 2014).

In the study by Choi (2011) in the region, information from traditional knowledge of the residents of Macau indicated that following the installation of salines in the estuary, the manatees disappeared from a place where they were frequently observed, called

nordeste, onde a maioria dos rios são de pequeno porte e alguns intermitentes, o efeito da degradação sobre estes ambientes, principalmente o assoreamento, parece ter maior impacto sobre os cursos d'água (MEIRELLES *et al.*, 2014) (Figura 5). Nesta região, entre o litoral leste do Ceará e a costa norte potiguar, observa-se a maior frequência de registros de encalhes de peixe-boi-marinho no país. Lima *et al.* (1992) indicou que isto estava acontecendo porque as fêmeas grávidas não estavam tendo acesso aos estuários para dar à luz e assim, os recém-nascidos, sem condições de acompanhar as mães em mar aberto, acabavam encalhando. De fato, algumas evidências suportam esta informação, como as boas condições de saúde da maioria dos filhotes encalhados (MEIRELLES, 2008), somadas às informações de que os peixes-bois utilizavam os estuários da região apenas no passado (CHOI, 2011). Esta última pode ser confirmada depois que seis animais nativos foram capturados em Icapuí e monitorados através de telemetria (ver capítulo de Ecologia Populacional) (PETROBRAS, 2014).

No estudo realizado por Choi (2011) na região, informações provenientes do conhecimento tradicional dos moradores de Macau indicaram que após a instalação de salinas no estuário, os peixes-bois desapareceram de um local onde eram observados frequentemente, chamado de "Volta do peixe-boi". De acordo com a autora, o aumento da salinidade devido ao despejo da "água mãe", efluente resultante do processo de extração do sal, foi apontado como a principal causa para este fato. No mesmo estudo, foi apontada a ocorrência histórica da espécie nos estuários de Areia Branca/Grossos, Porto do Mangue/Macau e Guamaré/Galinhas no Rio Grande do Norte e Jaguaribe no Ceará. Em todos estes estuários há perda significativa de bosque de mangue para a implantação de salinas e/ou fazendas de cultivo de camarão.

Na divisa entre o Ceará e o Piauí, onde a espécie habita o estuário dos rios Timonha e Ubatuba, não há registros de encalhes de filhotes. Este estuário tem um dos maiores bosques de mangue do nordeste do país e, comparado com aqueles do Ceará e do Rio Grande do Norte, está menos impactado. Na região, o peixe-boi habita tanto a área estuarina como a área costeira adjacente. Fêmeas com filhotes podem ser frequentemente observadas no rio Carpina e um nascimento já foi registrado na Barrinha (AQUASIS, 2008).

"Volta do peixe-boi" ("manatee corner"). According to the author, increased salinity caused by "mother water" effluents from the salt extraction process was appointed as the main cause. In the same study, the species' historical occurrence in the estuaries of Areia Branca/Grossos, Porto do Mangue/Macau and Guamaré/Galinhas, in Rio Grande do Norte, and Jaguaribe, in Ceará, was pointed out. In all of these estuaries there is significant loss of mangrove forests to salines and/or shrimp farms.

On the border between Ceará and Piauí, where the species inhabits the estuary of the rivers Timonha and Ubatuba, there are no calf stranding records. This estuary has one of the largest mangrove forests of the northeast and, compared with those of Ceará and Rio Grande do Norte, it is less impacted. In the region, the manatees inhabit both the estuarine area and the adjacent coastal waters. Females with calves can often be observed in the river Carpina and one birth has already been registered in Barrinha (AQUASIS, 2008).

Encalhes de neonatos

Newborn strandings

Como discutido por Meirelles *et al.* (2014), o padrão de encalhes de peixes-bois-marinhos no Brasil, com uma alta frequência de registros de neonatos, seguida por uma baixa frequência de juvenis e adultos, é distinto do esperado para mamíferos quando se trata de mortalidade natural. No estudo de Parente *et al.* (2004) sobre os encalhes da espécie na costa nordeste do país, foram reportados 74 eventos de 1981 a 2002, sendo a maioria de filhotes vivos, registrados principalmente em praias do Ceará e Rio Grande do Norte. No Ceará, Meirelles (2008) analisou os 25 eventos registrados no estado de 1987 a 2002, dos quais 96% tiveram a causa identificada, sendo a maioria relacionada ao encalhe de neonatos. Silva (2010) atualizou os registros de encalhes para o estado, verificando a influência de variáveis antrópicas e ambientais sobre os eventos. Em 54 dos 55 registros feitos entre 1987 e 2010, 75,9% foram filhotes. A maioria dos eventos foi indicada como sendo indiretamente relacionados a ações antrópicas. De acordo com a autora, assim como observado por Meirelles (2008), a maioria dos eventos relacionados a filhotes ocorreu nos meses de fevereiro e março (verão), sugerindo um pico de nascimentos neste período. Esse estudo também identificou uma maior frequência de registros nas luas nova e crescente. Além da degradação de habitat, outros fatores podem estar atuando de forma sinérgica sobre o encalhe de filhotes, como o recrutamento de fêmeas jovens e/ou com experiências malsucedidas e a perda de habilidade materna causada pela endogamia.

O recrutamento de fêmeas jovens e inexperientes, que têm maior chance de abandonar seus filhotes após o parto, já foi indicado como um dos fatores de encalhes de neonatos nos Estados Unidos (BOSSART, 2001). No Brasil, onde os peixes-bois foram quase dizimados devido a caça e a população passou por um gargalo, é possível que, com a baixa densidade de animais, grande parte das fêmeas em estro seja recrutada para a reprodução. Mesmo aquelas com experiências malsucedidas, que podem abandonar suas crias com mais facilidade, podem estar sendo sucessivamente recrutadas (MEIRELLES *et al.*, 2014).

A perda de habilidade materna devido à endogamia foi citada por SILVA *et al.* (2010) como uma possível causa da alta frequência de encalhes de neonatos de peixe-boi-marinho no país. Esta é uma causa difícil de ser investigada em animais de vida livre. Entretanto, resultados de estudos genéticos realizados com amostras de animais da região já indicam um alto grau de parentesco entre os indivíduos encalhados (SILVA *et al.*, 2015), sugerindo que o fato deve ser melhor investigado.

*As discussed by Meirelles *et al.* (2014), the pattern of manatee strandings in Brazil, with a high newborn frequency, followed by a low frequency of juveniles and adults, is not what is expected from mammals when it comes to natural mortality. The study of Parente *et al.* (2004) about strandings on the northeast coast of the country, reported 74 events between 1981 and 2002, the majority were live calves, recorded mainly on beaches of Ceará and Rio Grande do Norte. In Ceará, Meirelles (2008) examined the 25 events registered in the state from 1987 to 2002, 96% of which had the cause identified, and the majority was newborn strandings. Silva (2010) updated the strandings records for the state, checking the influence of anthropogenic and environmental variables on the events. In 54 of 55 records made between 1987 and 2010, 75.9% were calves. Most of the events were indirectly related to anthropogenic activities. According to the author, as noted by Meirelles (2008), the majority of calf-related events occurred in the months of February and March (summer), suggesting a peak in births during this period. This study also identified an increased frequency of records on new and crescent moons. In addition to habitat degradation, other factors may be acting synergistically to cause calf strandings, such as the recruitment of young females and/or females with bad experiences and loss of maternal ability caused by inbreeding.*

*The recruitment of young and inexperienced females, which have greater chances to abandon their young after birth, has been indicated as one of the factors behind neonate strandings in the United States (BOSSART, 2001). In Brazil, where the manatees were almost decimated due to hunting and the population went through a bottleneck, it is possible that, with the low density, most females in oestrus are recruited for reproduction, even those with bad experiences, which can abandon their offspring more easily, are being successively recruited (MEIRELLES *et al.*, 2014).*

*The loss of maternal ability due to inbreeding was cited by Silva *et al.* (2010) as a possible cause for the high frequency of neonate strandings of West Indian manatees in the country. This is a difficult cause to be investigated in free-living animals. However, results of genetic studies conducted with samples from animals in the region indicate a high degree of kinship between stranded individuals (SILVA *et al.*, 2015), suggesting the need for further investigations.*

Lixo e contaminantes

Marine debris and contaminants

Por ser uma espécie herbívora, o peixe-boi-marinho está exposto a uma concentração menor de alguns contaminantes quando comparado com outros mamíferos aquáticos. Entretanto, alguns estudos têm revelado que a espécie pode ser uma boa bioindicadora da presença de alguns tipos de contaminantes químicos (MARSH *et al.*, 2011). Como exemplo, pode-se citar os compostos organoestênicos (HARINO *et al.*, 2007).

Além disso, fanerógamas e algas marinhas, principais itens alimentares do peixe-boi no nordeste do Brasil, têm uma alta capacidade de concentração de metais pesados, resultando em impacto negativo não apenas às espécies que se alimentam destas, mas também à fauna associada a estes ambientes. No Brasil há poucos estudos sobre contaminantes em peixes-bois-marinhos. Brito-Junior *et al.* (2010) apresentou o primeiro estudo sobre o assunto no país, determinando as concentrações de mercúrio total e compostos organoclorados (DDT, PCB, HCH, HCB e Mirex), no fígado e no tecido adiposo subcutâneo de espécimes enalhados no estado do Ceará. As concentrações encontradas foram baixas e em apenas um animal foi detectado PCB.

Anzolin *et al.* (2012) determinou a concentração de metais pesados, bifenilas policloradas (PCBs) e pesticidas organoclorados em peixes-bois mantidos em cativeiro em Pernambuco e em duas áreas de soltura na Paraíba e Alagoas. Os animais da Paraíba apresentaram maiores concentrações de alumínio, chumbo, cádmio e estanho do que os peixes-bois de PE e AL. Além disso, os resultados indicaram uma possível exposição dos animais da Paraíba ao carbofuran, um dos pesticidas mais tóxicos existentes, amplamente utilizado na monocultura de cana-de-açúcar.

Além dos contaminantes químicos, o lixo também tem gerado impacto nos peixes-bois. No nordeste, Attademo *et al.* (2015) reportou a ocorrência de quatro casos de ingestão de lixo plástico por peixes-bois reabilitados e soltos na natureza. Dois deles vieram a óbito e os outros dois retornaram para o cativeiro para reabilitação. No Ceará, Vasconcelos (2013) verificou a presença de fragmentos de plástico no conteúdo estomacal de três dos oito espécimes estudados. Além disso, no Piauí, em conjunto com o Instituto Tartarugas do Delta, a Aquasis registrou o enalhe de uma fêmea juvenil morta com um fragmento de corda de seda no intestino. Apesar do número de registros desse tipo de interação ainda ser pequeno, acredita-se que, pelo caráter curioso da espécie, muitos animais podem estar ingerindo lixo. Entretanto, o efeito desta ingestão pode se manifestar em médio e longo prazo, ou não se manifestar caso o lixo ingerido saia nas fezes.

As herbivores, the West Indian manatees are exposed to lower concentrations of some contaminants when compared to other aquatic mammals. However, some studies have suggested the species as a good bioindicator for the presence of some types of chemical contaminants (MARSH et al., 2011). As an example, organotin compounds (HARINO et al., 2007) can be cited.

In addition, seagrasses and seaweeds, major manatee food items in northeastern Brazil, have a high capacity to concentrate heavy metals, resulting in negative impacts not only for the species that feed on these, but also for the fauna associated with these environments. In Brazil, there are few studies with contaminants in manatees. Brito-Junior et al. (2010) presented the first study on the subject in the country, determining the concentrations of total mercury and organochlorine compounds (DDT, PCBs, HCH, HCB and Mirex) in the liver and subcutaneous adipose tissue from specimens stranded in Ceará. The concentrations found were low and PCB was detected in only one animal.

Anzolin et al. (2012) determined the concentration of heavy metals, polychlorinated biphenyls (PCBs) and pesticides in captive manatees from Pernambuco (PE) and two release areas in Paraíba and Alagoas (AL). The animals from Paraíba presented higher concentrations of aluminium, lead, cadmium and tin than the manatees from PE and AL. In addition, the results indicated a possible exposure of the animals from Paraíba to carbofuran, one of the most toxic pesticides, widely used in the sugar cane monoculture.

In addition to chemical contaminants, marine debris has also been affecting the manatees. In the Northeast, Attademo et al. (2015) reported four cases of plastic waste ingestion by rehabilitated manatees in the wild. Two of these died and the other two were returned to captivity for rehabilitation. In Ceará, Vasconcelos (2013) verified the presence of plastic fragments in the stomach contents of three of the eight specimens studied. In addition, in Piauí, in conjunction with the Institute Tartarugas do Delta, Aquasis recorded the stranding of a dead juvenile female with a silk line fragment in its intestines. Despite the number of records of this kind of interaction being small, it is believed that because of their curious nature, many animals could be eating garbage. However, the effect of this intake can manifest itself in the medium and long terms or not at all, if the rubbish ingested is passed in the faeces.

Turismo de observação

Manatee watching tourism

O turismo de observação de animais silvestres tem crescido em todo o mundo. Esta é uma ferramenta com um grande potencial de sensibilização e educação ambiental, que pode trazer diversos benefícios para a economia local e até nacional, além de beneficiar as próprias espécies-alvo. Entretanto a atividade tem o potencial de causar grandes impactos às espécies se for feita de forma desordenada.

No caso do peixe-boi-marinho, estudos desenvolvidos na Flórida, em Crystal River, onde a espécie tem sido foco do turismo de observação há décadas, indicaram que tanto a presença das embarcações quanto dos visitantes dentro da água tem impacto no comportamento dos animais, que ficam mais ativos e consequentemente gastam mais energia. Além disso, os animais se deslocam para outras áreas, dando preferência para aquelas onde o uso humano é restrito (ABERNATHY, 1995; KING; HEINEN, 2004; SORICE *et al.*, 2006).

No Brasil, na região da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape, no estado da Paraíba, criada com o principal objetivo de proteger o peixe-boi-marinho e conservar o seu habitat (MOREIRA, 2008), este é considerado o principal atrativo turístico (CRUZ, 2012). A atividade de observação era desenvolvida principalmente com visitas aos animais que se encontravam dentro de um cativeiro onde eram mantidos peixes-bois que foram resgatados enalhados em praias do nordeste, principalmente Ceará e Rio Grande do Norte. Estes animais passavam um período neste cativeiro para readaptação ao ambiente natural. Entretanto, o recinto foi desativado em 2012, mas os visitantes ainda podem passear de canoa e ver peixes-bois nativos e aqueles que foram reabilitados e soltos na região (GUEDES-TEMOTEO *et al.*, 2014). O tráfego de embarcações na área é regulamentado no Plano de Manejo. Além disso, a Associação de Artesãos e Condutores de Ecoturismo da região da APA da Barra do rio Mamanguape, em parceria com o ICMBio, oferece passeios de canoa para observar os animais.

Atualmente, em Alagoas, às margens do rio Tatuamunha, na APA Costa dos Corais/ICMBio, funciona um cativeiro de peixe-boi para readaptação ao ambiente natural. Nesta região é realizado o turismo de observação de peixes-bois visando apenas animais que foram soltos e se encontram em vida livre. A atividade teve que ser regulamentada através de um TAC (Termo de Ajuste de Conduta), que estipulou a distância mínima, o tempo de permanência e a conduta dos jangadeiros e turistas diante da presença dos peixes-bois, após terem sido feitas denúncias de perseguição e molestamento dos animais (UMEZAKI, 2010). Além disso, a cada dois anos o ICMBio tem realizado uma capacitação para credenciamento de novos condutores e reciclagem dos antigos condutores que acompanham os visitantes durante os passeios de observação do peixe-boi. Embora represente uma alternativa de renda e atividade sustentável, o turismo de observação de peixes-bois precisa ser melhor estudado para avaliar os efeitos a longo prazo da presença humana sobre o comportamento destes animais que, além de dóceis e lentos, estão muito acostumados com pessoas devido ao tempo em que viveram em cativeiro. Umezaki (2010) afirma que diante da presença



Figura 6. Peixe-boi abraçando uma embarcação de turismo no rio Tatuamunha, em Alagoas.

Figure 6. Manatee 'hugging' a tourist boat in the river Tatuamunha, Alagoas.

Wildlife watching tourism has been growing throughout the world. This is a potentially valuable tool for environmental education and awareness raising, that can bring many benefits to the local and even national economies, besides benefiting the target species. However, the activity has the potential to cause major impacts to the species if carried out in a disorderly manner.

In the case of West Indian manatees in Crystal River, Florida, where the species has been the focus of tourism for decades, studies indicated that the presence of both the vessels and the visitors in the water has an impact on the animals' behaviour, which become more active and, consequently, spend more energy. In addition, the animals move to other areas, giving preference to those where human use is restricted (ABERNATHY, 1995; KING; HEINEN, 2004; SORICE et al., 2006).

In Brazil, the manatees are regarded as the main tourist attraction (CRUZ, 2012) in the Mamanguape River Bar Environmental Protection Area (APA), in the state of Paraíba, created with the main purpose of protecting the West Indian manatees and their habitat (MOREIRA, 2008). The observation activity was developed mainly with visits to the animals inside a soft-release enclosure, where manatees stranded and rescued from beaches along the northeast, mostly Ceará and Rio Grande do Norte, were kept for readaptation to the natural environment. However, these facilities were deactivated in 2012, but visitors can still take canoes to watch native and released manatees in region (GUEDES-TEMOTEO et al., 2014). Boat traffic in the area is regulated within the APA's

de embarcações, principalmente de turismo, os peixes-bois soltos em Alagoas tendem a se aproximar e interagir com as jangadas (Figura 6).

Em Cajueiro da Praia, no Piauí, o turismo de observação de peixes-bois é feito principalmente de uma plataforma de observação, de onde são executados, pelo ICMBio, monitoramentos com o objetivo de acompanhar a presença da espécie no estuário. Os turistas interessados podem acompanhar a equipe de monitoramento, em grupo máximo de quatro pessoas. Como a observação é feita de uma plataforma fixa, não há impacto sobre os animais (MELO & AGUIAR, 2014). Entretanto, recentemente foi iniciada a atividade de turismo de observação com o uso de embarcação motorizada por um pescador da região. Isto indica a necessidade de inserir o ordenamento da atividade no Plano de Manejo da APA, para evitar que a presença das embarcações torne-se um risco para os animais.

management plan. In addition, the Association of Artisans and Eco-tourism Guides of the Mamanguape River Bar APA, in partnership with ICMBio, offers manatee watching tours.

Currently, in Alagoas, on the banks of the river Tatuamunha, in the Costa dos Corais APA/ICMBio, there is a soft-release facility for acclimatization of rehabilitated manatees to the natural environment. In this region, the manatee watching tourism targets solely released animals. The activity became regulated by a Term of Adjustment of Conduct (TAC), which stipulated the minimum distance, the maximum time and the conduct of the guides and tourists on the presence of manatees, after harassment and molestation complaints were made (UMEZAKI, 2010).

Furthermore, every two years ICMBio conducts a training course for accreditation of new guides and updating existing guides who accompany visitors during the manatee watching tours. Although it is a sustainable activity that brings alternative income for the communities, manatee watching tourism must be studied to assess the long-term effects of human presence on these animals' behaviour, which besides being docile and slow, are too accustomed to human presence due to time spent in captivity. Umezaki (2010) states that given the presence of boats, mainly from tourism, the manatees released in Alagoas tend to approach and interact with the vessels (Figure 6).

In Cajueiro da Praia, in Piauí, manatee watching is carried out mainly from an observation deck, where ICMBio monitors the species' presence in the estuary. Interested tourists can accompany the monitoring team, in groups of up to four people. As the observation is made from a fixed station, there is no impact on the animals (MELO & AGUIAR, 2014). However, a fisherman recently started using a motorized vessel to carry out manatee watching tourism in the region. This indicates the need to include this activity in the APA's management plan, to prevent risks for the animals.

Molestamento

Molesting

Um problema enfrentado pelos peixes-bois após a soltura é o molestamento. Embora não se tenha dados publicados, diversos tipos de molestamento já foram relatados, como a perseguição aos animais com uso de embarcações, o encerramento de peixes-bois em camboas (braços de rio) para visitação de jangadas de turismo de observação e a busca por interação com os animais em momentos de alimentação ou repouso por parte de banhistas e mergulhadores (Juliana Umezaki, com. pess.).

Há também tentativas de injúrias e morte registradas. Em 2009, uma fêmea chamada Mel foi encontrada com um corte profundo na Barra do Rio Mamanguape, na Paraíba, onde havia sido solta (Figura 7). Felizmente, com todo o esforço da equipe do Centro Mamíferos Aquáticos e Fundação Mamíferos Aquáticos, o animal se recuperou. No entanto, outros animais não tiveram o mesmo destino.

Em 2014 foram reportadas as mortes intencionais de dois peixes-bois que faziam parte do programa de reintrodução do ICMBio. Um deles, Fontinho, tinha sete anos de idade e foi resgatado pela Aquasis no Ceará. O animal levou um tiro e

Manatees face the problem of harassment following their release. Although there are no published data, various types of harassment have been reported, such as the animals' persecution by boats, corralling the animals for the manatee watching tourists, and forced interaction by swimmers and divers during feeding and resting periods (Juliana Umezaki, pers. comm.).

Attempts to harm and kill manatees have also been recorded. In 2009, a female named 'Mel' was found with a deep cut on the head at Mamanguape River Bar, Paraíba, where she had been released (Figure 7). Luckily, with all the effort from the team at the Aquatic Mammals Centre (CMA) and the Aquatic Mammals Foundation (FMA), the animal recovered. However, other animals did not have the same fate.

In 2014, the intentional deaths of two manatees that were part of the ICMBio reintroduction program were reported. One of them, 'Fontinho', was seven years old and was rescued by Aquasis in Ceará. The animal was shot and stranded on Ilha de Crôa, in Barra de Santo Antônio, Alagoas. The other animal, a 12-year-old male named 'Arani', also rescued by Aquasis on the coast of Ceará, suffered several traumas and did not resist. He was rescued in Barra dos Coqueiros, Sergipe.

encalhou na Ilha de Crôa, na Barra de Santo Antônio, em Alagoas. O outro animal, um macho de 12 anos chamado de Arani, também resgatado pela Aquasis na costa cearense, sofreu diversos traumas e acabou não resistindo. Ele foi resgatado em Barra dos Coqueiros, no estado de Sergipe.



Figura 7. Peixe-boi Mel, com corte profundo na cabeça, já em tratamento, na Barra do Rio Mamanguape.
Figure 7. 'Mel' with a deep cut wound on the head under treatment at Mamanguape River Bar.

Exploração e produção de óleo e gás

Oil and gas exploration and production

De acordo com IBAMA (2003), desde 1997, com a quebra do monopólio e abertura do setor de petróleo para o capital externo, as atividades de exploração e produção de óleo e gás foram intensificadas no Brasil. Consequentemente, os impactos dessa atividade sobre a atmosfera, solo, água, sedimentos, ecossistemas marinhos e terrestres e a biodiversidade destes também foram ampliados, tanto durante as fases iniciais de prospecção sísmica, como nas etapas de exploração e produção (ITE et al., 2013).

Desde então, a exploração de óleo e gás no país sofreu um incremento, com a licitação de centenas de blocos tanto *on* quanto *offshore*. Muitos dos blocos *offshore* foram licitados no nordeste e norte do país, incluindo na margem equatorial, onde o peixe-boi ocorre em diversas áreas ainda pouco estudadas e de alta sensibilidade. Com o aumento da exploração, as populações de peixe-boi-marinho podem ser impactadas pelo tráfego de embarcações, derramamento de óleo, ruídos advindos de sísmica e perfuração, entre outros. Desta forma, a execução de projetos específicos para identificar e mitigar os impactos decorrentes dessa atividade sobre a espécie devem ser priorizados no âmbito do licenciamento.

According to IBAMA (2003), since 1997, when the national monopoly was broken down and the oil sector was opened to foreign investors, the oil and gas exploration and production activities were intensified in Brazil. Consequently, the impacts from this activity on the atmosphere, soil, water, sediments, marine and terrestrial ecosystems and biodiversity have also expanded, during both the initial phases of seismic prospecting, and in the exploration and production phases (ITE et al., 2013).

Since then, oil and gas exploration in the country increased, with the auctioning of hundreds of blocks both on and offshore. Many of the offshore blocks were offered in the country's Northeast and North, including in the equatorial margin, where manatees occur in several poorly studied and highly sensitive areas. With increasing exploitation, the population of West Indian manatees can be impacted by vessel traffic, oil spills, noise from seismic and drilling, among others. As such, the implementation of specific projects to identify and mitigate the impacts on the species resulting from this activity should be prioritized in the licensing context.



(Foto: Amanda Vasconcelos/Acervo Aquasis)

Reabilitação

Rehabilitation

Vitor Luz Carvalho
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems – AQUASIS

João Carlos Gomes Borges
Fundação Mamíferos Aquáticos – FMA
Aquatic Mammals Foundation – FMA



(Foto: Carol Meirelles/Acervo Aquasis)

Introdução

Introduction

Em espécies silvestres, a reabilitação consiste no atendimento e prestação de cuidados por profissionais aos animais doentes, feridos ou órfãos, com objetivo de restabelecer a sua saúde e retorná-los para o seu habitat natural. Para muitas espécies de mamíferos marinhos, principalmente aquelas que não estão ameaçadas de extinção, o resgate e reabilitação de indivíduos encalhados são iniciativas mais relevantes do ponto de vista do bem-estar animal do que da conservação. Entretanto, em determinadas situações, sobretudo envolvendo espécies ameaçadas e com baixa densidade populacional, como o peixe-boi-marinho, cada indivíduo resgatado e solto na natureza tem o seu valor efetivo para a conservação (CORKERON, 2001; NORMANDE *et al.*, 2015). No Brasil, especialmente na região nordeste, o encalhe de filhotes dependentes de peixe-boi representa uma das principais ameaças à espécie, visto que cerca de 80% dos eventos ocorrem nessa faixa etária, na qual os índices de mortalidade são significativamente mais elevados (PARENTE *et al.*, 2004; MEIRELLES, 2008; MEIRELLES *et al.*, 2014). Desde 1987 até meados de 2015, estima-se que mais de 100 filhotes foram resgatados no litoral nordeste e norte do Brasil, uma parcela representativa da população brasileira de *Trichechus manatus*.

*The rehabilitation of wild species consists of providing professional care to sick, injured or orphaned animals, aiming to restore their health and return them to their natural habitat. For many species of marine mammals, especially those that are not threatened with extinction, the rescue and rehabilitation of stranded individuals are mostly relevant from an animal welfare point of view rather than from a conservation perspective. However, in certain situations, especially when it comes to endangered species with low population densities, such as the West Indian manatee, every individual rescued and released has an effective value for conservation (CORKERON, 2001; NORMANDE *et al.*, 2015). In Brazil, especially in the Northeast, the stranding of dependent manatee calves represents one of the main threats to the species, given that around 80% of the events occur in this age group, for which mortality rates are significantly higher (PARENTE *et al.*, 2004; MEIRELLES, 2008; MEIRELLES *et al.*, 2014). From 1987 until mid-2015, it is estimated that more than 100 calves have been rescued on the north and northeast coasts of Brazil, which represents a significant portion of the Brazilian *Trichechus manatus* population.*

Histórico History

O primeiro registro da possível manutenção de peixe-boi-marinho em cativeiro no Brasil data de 1895, quando um espécime de *Manatus americanus* foi listado como integrante do plantel do Parque Zoológico do Museu Goeldi, em Belém/PA (SANJAD *et al.*, 2012; GOELDI, 1893). Relatos precisos da presença da espécie em cativeiro datam do início da década de 70, porém também se referem a exemplares utilizados para exibição ao público.

Uma fêmea de peixe-boi, denominada Xica, após ser capturada e mantida durante sete anos em um tanque numa fazenda no litoral de Pernambuco, foi doada para a Prefeitura de Recife em 1970, sendo esta mantida até 1992 em condições inadequadas em uma praça pública (Praça do Derby), tendo como consequência direta uma deformidade na coluna. Em decorrência da situação em que este animal se encontrava, o mesmo foi transferido para as instalações do Centro Mamíferos Aquáticos/CMA (LUNA *et al.*, 2013) (Figura 1). A fêmea teve três gestações em cativeiro e sobreviveu durante 52 anos, vindo ao óbito em junho de 2015. Além disso, dois peixes-bois-marinhos, um macho e uma fêmea, foram mantidos de 1971 a 1973 no Zoológico de Recife, sendo a fêmea transferida posteriormente para o Zoológico do Rio de Janeiro. No mesmo período, outros dois animais também foram levados do Rio Grande do Norte para a mesma instituição na capital pernambucana, onde permaneceram por quatro meses (WHITEHEAD, 1978).

O primeiro registro de encalhe de um filhote de peixe-boi-marinho vivo no Brasil, levado para reabilitação em cativeiro, foi realizado em março de 1984, porém o animal veio a óbito (OLIVEIRA *et al.*, 1994 apud PARENTE *et al.*, 2004). Silva *et al.* (1992b) realizaram uma das primeiras descrições do processo de reabilitação de filhotes de peixe-boi no país, na qual relatam que um espécime foi mantido em cativeiro em ambiente natural localizado na Barra de Mamanguape/PB em 1989, teve sua dieta, comportamento e desenvolvimento monitorados, porém veio a óbito após 241 dias de tratamento. Em 1990, com a implantação da Unidade de Reabilitação de Peixes-bois no CMA, na Ilha de Itamaracá/PE, o país passou a contar com infraestrutura para o recebimento e tratamento de animais encalhados (LUNA; PASSAVANTE, 2010).

Em 1992, o Grupo de Estudos de Cetáceos do Ceará/GECC passou a realizar o resgate de peixes-bois-marinhos no litoral do estado, que se mostrou a principal área de encalhes de filhotes no Brasil (Figura 2). Com a fundação da Aquasis, em 1994, as atividades de resgate foram aperfeiçoadas e, em 2001, a instituição inaugurou em parceria com o SESC Ceará e a FECOMÉRCIO, o Centro de Reabilitação de Mamíferos Marinheiros/CRMM em Caucaia/CE, que possuía estrutura de quarentena para peixes-bois, sendo os animais posteriormente transferidos para o CMA (Figura 3). Desde 2013, com a ampliação do centro com patrocínio da PETROBRAS, todo o processo de reabilitação de animais resgatados no Ceará e litoral noroeste do Rio Grande do Norte, passou a ser conduzido pela Aquasis.

Atualmente, existem cinco locais no Brasil onde são mantidos peixes-bois-marinhos em reabilitação, sendo estes o Centro de Reabilitação de Mamíferos



Figura 1. Transferência de Xica da Praça do Derby, em Recife, para o CMA.
Figure 1. 'Xica' being transferred from Praça do Derby, in Recife, to the CMA.

The first record of a captive West Indian manatee in Brazil dates back to 1895, when a specimen of *Manatus americanus* was listed as an integrant of the Zoobotanic Park of the Goeldi Museum in Belém/PA (SANJAD *et al.*, 2012; GOELDI, 1893). Accurate reports of the species in captivity date back to the beginning of the 1970's, although also referring to manatees used for public display.

A female manatee, called 'Xica', captured from the wild and held for seven years in a tank on a farm on the coast of Pernambuco, was donated to the city of Recife in 1970 and maintained until 1992 in inadequate conditions in a public square (Praça do Derby), earning, as a consequence, a spinal deformity. It was then transferred to the Aquatic Mammals Centre/CMA (LUNA *et al.*, 2013) (Figure 1). The female had three pregnancies in captivity and survived for 52 years, dying in June 2015. In addition, two manatees, a male and a female, were kept from 1971 to 1973 at the Recife Zoo. The female was later transferred to the Rio de Janeiro Zoo. In the same period, two other animals were also taken from Rio Grande do Norte to the same institution in the capital of Pernambuco, where they remained for four months (WHITEHEAD, 1978).

The first record of a live West Indian manatee calf stranded in Brazil taken to rehabilitation in captivity is from March 1984, but the animal died (OLIVEIRA *et al.*, 1994 apud PARENTE *et al.*, 2004). Silva *et al.* (1992b) were the first to describe the rehabilitation of manatee calves in the country. They report that a specimen was kept in a soft-release enclosure at Mamanguape River Bar/PB in 1989, where it had its diet, behavior and development monitored, but died 241 days into the rehabilitation process. In 1990, with the establishment of the Manatee Rehabilitation Unit at the CMA, on

Marinhos (CRMM/Aquasis) em Caucaia/CE, o Centro Mamíferos Aquáticos (CMA/ICMBio) em Itamaracá/PE, a APA Costa dos Corais/ICMBio em Porto de Pedras/AL, o Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS/IBAMA) em Macapá/AP e o Grupo de Estudo de Mamíferos Aquáticos da Amazônia (GEMAM) na Ilha do Marajó/PA. Nos dias atuais, apenas os peixes-bois mantidos no cativeiro de adaptação ao ambiente natural em Porto de Pedras estão expostos a visitação do público no país, regulamentada pelo plano de manejo da APA Costa dos Corais.



Figura 3. Transporte aéreo de peixe-boi.
Figure 3. Aerial translocation of a manatee.



Figura 2. Filhote em reabilitação nas dependências do GECC.
Figure 2. Calf in rehabilitation at the GECC.

Itamaracá Island/PE, the country gained the infrastructure necessary to receive and treat stranded animals (LUNA; PASSAVANTE, 2010).

In 1992, the Group of Studies of Cetaceans of Ceará (GECC) took on the rescue of manatees in that State, which proved to be the main area of calf strandings in Brazil (Figure 2). With the founding of Aquasis, in 1994, the rescue activities were improved and, in 2001, the institution inaugurated, in partnership with SESC Ceará and FECOMÉRCIO, the Marine Mammal Rehabilitation Center (CRMM) in Caucaia/CE, with a quarantine structure to treat the manatees before being transferred to the CMA (Figure 3). From 2012, with the expansion of the CRMM, sponsored by PETROBRAS, Aquasis was able to rehabilitate animals rescued in Ceará and the northwest coast of Rio Grande do Norte.

Currently, there are five locations in Brazil keeping manatees for rehabilitation, the Marine Mammal Rehabilitation Center (CRMM) in Caucaia/CE; the Aquatic Mammals Centre (CMA/ICMBio) in Itamaracá/PE; the Costa dos Corais APA/ICMBio in Porto de Pedras/AL; the Wild Animal Triage Centre (CETAS/IBAMA) in Macapá/AP; and the Aquatic Mammals of the Amazon Study Group (GEMAM) on the island of Marajó/PA. The manatees kept in soft-release enclosures for acclimatization to the natural environment in Porto de Pedras are the only ones exposed to public visitation, and this activity is regulated in the Costa dos Corais APA management plan.

A maioria dos animais encontrados encalhados vivos no litoral do Brasil foram neonatos, em condição corporal razoável, com coto umbilical presente, pregas fetais na nadadeira caudal, pele escura e pouco áspera, apresentando alterações clínicas relacionadas às circunstâncias do encalhe (hipertermia, insolação, irritação nos olhos, ferimentos, etc.) e privação de alimentação. Ao longo de mais de 20 anos, a Aquasis e o PCCB/UERN já resgataram 55 filhotes vivos no Ceará e Rio Grande do Norte. A destinação usual para esses animais foi o transporte para cativeiro, onde foram submetidos a um processo de reabilitação de longo prazo. Encalhes de espécimes juvenis e adultos vivos foram raros. Apenas um registro de encalhe de uma fêmea adulta viva foi realizado no Ceará desde o início das atividades da Aquasis no estado (Figura 4). Em outras regiões, quatro espécimes foram retirados de cativeiros inapropriados e levados para reabilitação no CMA com idade mais avançada (LUNA; PASSAVANTE, 2010).

Em geral, os animais foram encontrados por moradores de comunidades litorâneas, pescadores, veranistas, dentre outros, que entraram em contato com instituições locais, IBAMA, ICMBio ou Corpo de Bombeiros. Este compromisso assumido por parte da sociedade é, dentre outros fatores, reflexo das ações inerentes às campanhas de educação e informação ambiental que são essenciais para a sensibilização das comunidades, proporcionando maior agilidade ao processo de resgate.

Quanto às medidas de primeiros socorros, recomenda-se que os filhotes sejam acondicionados em local sombreado, mantidos sobre superfície macia e molhados constantemente para evitar desidratação, com cuidado para não haver entrada de água pelas narinas (Figura 5). O acondicionamento em piscina desmontável ou tanque abastecido com água salgada pode ser necessário caso o encalhe ocorra em localidade distante ou não haja condições imediatas de translocação para cativeiro. Nessas situações, é importante observar se o animal apresenta condições físicas de se manter na água sozinho ou se precisa de auxílio para respirar (VERGARA-PARENTE, 2005).

Na chegada da equipe de resgate ao local do encalhe, o animal deve ser inspecionado e adequadamente contido para que sua condição clínica seja avaliada. Por meio da contenção física, os filhotes devem ser colocados em decúbito ventral sobre colchonete ou superfície macia de material emborrachado. Duas pessoas são suficientes para restringir os movimentos, mantendo-se uma pressão adequada sobre a nadadeira caudal e o tórax (VERGARA-PARENTE, 2005; LAZZARINI *et al.*, 2014). Para a remoção de um peixe-boi de pequeno porte, seja para acondicionamento em local apropriado ou em veículo para transporte, deve-se abraçar completamente o corpo do animal, com uma pessoa se posicionando na altura das nadadeiras peitorais e outra no pedúnculo caudal, e, somente após contido, erguê-lo do solo e levá-lo para o local desejado.

A avaliação da possibilidade de realização da soltura imediata deve ser sempre considerada no momento do resgate, desde que o animal apresente boas condições físicas e clínicas, seja constatada a presença de animais adultos na região e as condições ambientais sejam favoráveis. Assim, o vínculo com a mãe pode ser restabelecido, evita-se a retirada de indivíduos da população



Figura 4. Encalhe de fêmea adulta viva na Praia de Fontainhas, Aracati.
Figure 4. Live adult female stranded on Praia de Fontainhas, Aracati.

The majority of manatees found stranded alive on the coast of Brazil were newborns. These were in reasonable health conditions, had umbilical stumps, fetal folds on the caudal fin, dark and smooth skin, and showed clinical changes related to the stranding circumstances (hyperthermia, sunstroke, eye irritation, injuries, etc.) and food deprivation. For over 20 years, Aquasis and the PCCB/UERN rescued 55 live calves in Ceará and Rio Grande do Norte. These animals were usually transported to captivity, where they were subjected to a long-term rehabilitation process. Live juvenile and adult strandings were rare. Only one live adult female stranding has been recorded in Ceará since Aquasis began its activities in the state (Figure 4). In other regions, four older specimens were removed from inappropriate captive facilities and taken to rehabilitation at the CMA (LUNA; PASSAVANTE, 2010).

In general, the animals were found by residents of the coastal communities, fishermen, tourists, among others, that contacted local institutions, such as IBAMA, ICMBio or the fire department. This sign of community engagement is a reflection, in part, of the environmental education and information campaigns, which are essential to raise awareness in the communities and provide greater agility to the rescue process.

The first aid procedures include placing the calves on a soft surface in a shaded area and keeping them constantly wet to avoid dehydration, taking special care to avoid water from entering the nostrils (Figure 5). Pools or tanks filled with salt water may be required if the stranding occurs in a remote location or where the immediate relocation to rehabilitation facilities is not viable. In these situations, it is important to verify if the animal is physically able to remain in the water alone or if it needs assistance to breathe (VERGARA-PARENTE, 2005).

local, não há contato com condições artificiais e manejo em cativeiro, bem como não existirão os custos financeiros do processo de reabilitação. Entretanto, tentativas de realização de soltura imediata são completamente desaconselhadas quando não há a presença de equipe especializada, mas já foram realizadas esporadicamente por pessoas que encontraram peixes-bois encalhados, com consequências que podem ser irreparáveis.

Até os dias atuais houve sucesso em apenas duas tentativas de realização de soltura imediata de filhotes no país, uma na Barra do Rio Mamanguape (Paraíba) e outra na Praia das Agulhas (Ceará) (CHOI *et al.*, 2009a; LUGARINI *et al.*, 2009) (Figura 6). Mesmo havendo uma avaliação criteriosa, há riscos envolvidos quando a decisão de realizar a soltura imediata é tomada. Como exemplo, houve dois procedimentos realizados sem sucesso no Ceará (2014) e Rio Grande do Norte (2015), com ocorrência de novo encalhe após 27 e 12 dias, respectivamente (Figura 7). Ambos os filhotes foram resgatados novamente pelas equipes da Aquasis e PCCB e encontram-se em reabilitação.

Na maioria dos casos de encalhes não houve condições para a realização de soltura imediata dos filhotes, tendo sido realizada a translocação para cativeiro. O transporte deve ser realizado preferencialmente nas horas mais frias do dia, caso o animal seja levado na carroceria de pick-ups ou caminhões, ou o peixe-boi pode ser acondicionado no interior de veículo fechado, com temperatura controlada, metodologia que tem sido mais utilizada nos últimos anos (Figura 8). O animal deve ser acondicionado sobre uma superfície macia, sendo recomendada a aplicação de óleo mineral sobre a pele para manter a hidratação e cobri-la com panos claros e molhados, umedecer os olhos com solução fisiológica e monitorar os parâmetros fisiológicos com frequência. Mamadeiras com água de coco ou solução reidratante podem ser oferecidas a cada hora, caso o filhote esteja alerta e consciente. Vergara-Parente (2005) recomenda que o transporte terrestre



Figura 5. Filhote resgatado por comunitários no Pontal do Maceió, Fortim.
Figure 5. Manatee calf rescued by members of the Pontal do Maceió community, Fortim.

On arrival of the rescue team to the stranding location, the animal must be inspected and adequately restrained so that its medical condition can be evaluated. While being restrained, the calves should be placed in ventral decubitus on a mattress or a soft surface of rubberized material. Two people are enough to restrict their movements, keeping adequate pressure on the caudal fin and thorax (VERGARA-PARENTE, 2005; LAZZARINI *et al.*, 2014). To move a small manatee, to either a more appropriate place or vehicle for transportation, the animal's body must be completely embraced, with one person holding around the pectoral fins and another around the caudal peduncle. Only after being restrained can it be lifted and taken to the desired location.

The possibility of immediate release should always be considered at the time of rescue, as long as the animal presents good clinical and physical conditions, the presence of adult animals is detected in the region and the environmental conditions are favorable. In this way, the mother and calf bond can be reestablished, preventing the removal of individuals from the local population and avoiding contact with artificial conditions and handling in captivity, as well as the financial costs of the rehabilitation process. However, immediate release is not recommended in the absence of expert staff. Attempts to immediately release stranded manatee calves have been sporadically made by the general public, but the consequences may be irreparable.

Until the present, only two attempts to immediately release calves have been successful in the country, one at Mamanguape River Bar (Paraíba) and another on Agulhas Beach (Ceará) (CHOI *et al.*, 2009a; LUGARINI *et al.*, 2009) (Figure 6). Even after careful assessment, there are risks involved in the immediate release. As an example, two procedures were performed unsuccessfully in Ceará (2014) and Rio Grande do Norte (2015), with new strandings occurring after 27 and 12 days, respectively (Figure 7). Both calves were rescued again by Aquasis and PCCB and are in rehabilitation.

In most calf stranding cases, the conditions were unfavorable for their immediate release, so they were transported to captive facilities. Transportation in the back of pick-ups or trucks must be carried out preferably on cooler days. Otherwise, the animal can be carried inside an air-conditioned vehicle. This methodology has been used in recent years (Figure 8). The animal should be placed on a soft surface and we recommend applying mineral oil to the skin and covering it with light-colored wet cloths to maintain hydration, moistening the eyes with saline solution and monitoring their physiological parameters frequently. If the calf is alert and conscious, bottles with coconut water or rehydrating solution can be offered every hour. Vergara-Parente (2005) recommends using ground transportation for up to 500 km, and using aircrafts for longer distances.

Manatees are more resistant to transport procedures than other aquatic mammals, since they tolerate higher temperatures and are less susceptible to stress or capture myopathy (GERACI; LOUNSBURY, 2005). Since 1992, only one calf died during ground transportation performed by the Aquasis team. It was a premature animal, with immature lungs and heart lesions diagnosed during the necropsy.

Besides the rescue of manatee calves, older manatees released on the coast of Paraíba and Alagoas have been rescued due to collisions with motorized vessels, injuries caused by sharp objects, illness or critical cases of weight loss. Some were rescued due to their low adaptability to coastal systems (presence of waves, currents, etc.) or movement to offshore areas (Figure 9).

seja realizado em percursos de até 500km, devendo ser utilizada aeronave para deslocamentos de maiores distâncias.

Os peixes-bois são mais resistentes aos procedimentos de transporte do que outras espécies de mamíferos aquáticos, visto que toleram maiores temperaturas e são menos suscetíveis ao estresse ou miopatia de captura (GERACI; LOUNSBURY, 2005). Desde 1992, apenas um filhote veio ao óbito durante o transporte terrestre realizado pela equipe da Aquasis. Se tratava de um animal prematuro, com imaturidade dos pulmões e lesões cardíacas diagnosticadas na necropsia.

Além do resgate de filhotes, alguns peixes-bois soltos entre o litoral da Paraíba e Alagoas necessitaram ser resgatados em decorrência de atropelamentos ocasionados por embarcações motorizadas, lesões provocadas por objetos perfuro-cortantes, enfermidades ou casos críticos de perda de peso, assim como encalhes devido à pouca adaptabilidade à dinâmica costeira (presença de ondas, correntes marinhas, etc) ou ainda, a realização de deslocamentos para áreas distantes da costa (Figura 9).



Figura 6. Filhote acompanhado da mãe após a soltura imediata realizada na Praia das Agulhas, Fortim.

Figure 6. Female and calf after immediate release at Praia das Agulhas, Fortim.



Figura 7. Estado crítico de filhote resgatado após 27 dias da soltura imediata realizada na Praia Ceará, Icapuí.

Figure 7. Calf in critical condition 27 days after immediate release at Praia Ceará, Icapuí.



Figura 8. Filhote de peixe-boi transportado no interior do veículo.

Figure 8. Manatee calf transported inside a vehicle.



Figura 9. Resgate de peixe-boi-marinho reintroduzido após atropelamento por embarcação motorizada.

Figure 9. Rescue of reintroduced West Indian manatee following collision with a motorized vessel.

Reabilitação Rehabilitation

Os filhotes de peixe-boi-marinho levados para centros de reabilitação devem receber um exame físico e clínico minucioso (ver Capítulo de Sanidade), ter as medidas e peso tomados e amostras biológicas coletadas para a realização de exames laboratoriais complementares. Diversos parâmetros hematológicos e bioquímicos já foram determinados por pesquisadores brasileiros, assim como foram identificados os principais agentes parasitários e microbianos, o que auxilia no diagnóstico de doenças nos animais em reabilitação. No entanto, outros parâmetros fisiológicos, clínicos e definições terapêuticas ainda são extrapolados a partir das informações disponíveis para os peixes-bois-da-Flórida.

Ainda assim, a partir de uma avaliação completa é possível estabelecer um prognóstico preliminar, iniciar a dieta artificial, bem como os tratamentos medicamentosos que forem necessários. Todo o histórico clínico, nutricional, biométrico, comportamental, de qualidade de água e de mudanças de recintos deve ser documentado desde a chegada dos animais ao cativeiro até as últimas etapas do processo de reabilitação.

Instalações

As recomendações sobre dimensões e tipos de recintos nos quais deve-se manter peixes-bois-marinhos e outros mamíferos aquáticos no Brasil estão regulamentadas na Instrução Normativa IBAMA N° 03/2002. Neste documento está indicado que espécimes de *T. manatus* sejam mantidos em recintos abastecidos com água salgada, mantida a temperatura ambiente (25-28°C), respeitando-se os parâmetros fisiológicos da espécie. Os recintos de reabilitação devem ter distância horizontal mínima de 8m e profundidade mínima de 2m. Já os recintos para manutenção permanente devem ter distância horizontal mínima de 14m e profundidade mínima de 4m. Entretanto, esta normativa foi publicada há mais de uma década e necessita de revisão, uma vez que a realidade acerca da manutenção de mamíferos aquáticos em cativeiro no país é outra e que desde então diversas instituições e pesquisadores do país têm adquirido experiência na reabilitação e manutenção de sirênios em cativeiro.

No Brasil tem se utilizado piscinas de fibra e tanques de concreto revestidos por fibra ou pintura epóxi para manutenção de peixes-bois nos centros de reabilitação existentes (Figura 10). Outra alternativa são os recintos construídos em rios e praias, onde os animais são mantidos na fase de readaptação ao habitat natural. Atualmente, existe um cativeiro desse tipo em funcionamento, localizado no Rio Tatuamunha, município de Porto de Pedras/AL (Figura 11). Outros recintos existiam na Barra do Rio Mamanguape/PB, na Praia de Paripueira/AL e na Praia do Patacho/AL (Figura 12). Em instalações desta natureza, porém com o propósito de reabilitação, vem sendo mantido um filhote de peixe-boi-marinho no município de Salvaterra/PA.

West Indian manatee calves taken to rehabilitation centres should receive a thorough clinical and physical examination (see Animal Health Chapter). They should be measured, weighed and have biological samples collected for laboratory tests. Several hematological and biochemical parameters, as well as the main parasitological and microbiological agents, have been determined by Brazilian researchers and this helps to diagnose diseases of animals in rehabilitation. However, other physiological and clinical parameters, as well as some therapeutic definitions, are still extrapolated from information available for Florida manatees.

Nonetheless, with a complete evaluation it is possible to establish a preliminary prognosis and initiate the artificial diet, as well as any necessary drug treatments. Records should be kept from the animals' arrival in captivity until the last stages of the rehabilitation process, including the clinical, nutritional, behavioral and biometric history, as well as changes in water quality and enclosures.



Figura 10. Tanque de reabilitação de concreto revestido com pintura epóxi.

Figure 10. Concrete rehabilitation tank coated with epoxy paint.

Os cativeiros construídos em ambiente natural, quando concebidos, devem propiciar condições para o manejo dos espécimes, considerando a existência de bancos de areia ou acesso para embarcação para servir como plataforma. Além disso, devem ser avaliados os riscos inerentes às estruturas de contenção utilizadas, tanto para os espécimes cativos, como também para os demais organismos aquáticos que utilizam o local. Essas estruturas são construídas preferencialmente em canais de rios, estuários ou no mar. LIMA *et al.* (2007) indicaram que se forem construídas no mar, a distância horizontal mínima deve ser de 20m e permanecer com profundidade mínima de 1m na maré vazante. A estrutura pode ser construída com madeira, rede e cordas de *nylon*.

Os principais sistemas utilizados para manutenção da qualidade de água nos centros de reabilitação no Brasil envolvem a filtração mecânica e o tratamento químico com cloro. Diversos parâmetros indicadores de qualidade de água, tais como temperatura, pH, salinidade, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais, coliformes fecais, dosagem de cloro e ausência de fenóis, devem ser tomados periodicamente e atender as exigências da Instrução Normativa IBAMA N° 03/2002. Quanto aos cativeiros construídos no ambiente natural, a qualidade da água do local deverá ser compatível com a espécie em questão e deverá ser rotineiramente monitorada quanto aos parâmetros mencionados.

A manutenção de peixes-bois em condições inadequadas, considerando as dimensões dos recintos e densidade de animais em cada instalação, além de poder desencadear fatores inerentes ao estresse, comprometendo o bem-estar, podem provocar limitações significativas no desenvolvimento dos indivíduos, principalmente na categoria de idade de filhotes e juvenis, ou ainda, ocorrer manifestações patológicas como atrofia e distrofias musculares ocasionadas por limitações dos movimentos, assim como dermatopatias devido à baixa profundidade dos recintos.



Figura 11. Cativeiro de readaptação ao ambiente natural no Rio Tatuamunha, Alagoas.
Figure 11. Soft-release enclosure in the River Tatuamunha, Alagoas.

Facilities

In Brazil, IBAMA normative instruction N°. 03/2002 regulates the dimensions and types of facilities to keep manatees and other aquatic mammals. This document recommends enclosures filled with salt water, kept at ambient temperature (25-28° C), respecting the physiological parameters of *T. manatus*. Rehabilitation enclosures must have a minimum 8 m horizontal distance and 2 m depth. Enclosures for permanent maintenance must have a minimum 14 m horizontal distance and 4 m depth. However, this legislation was published over a decade ago and requires revision, as the reality of aquatic mammal husbandry in the country has changed since then and several institutions and researchers have acquired large amounts of experience in rehabilitating and keeping sirenians in captivity.

In Brazil, glass fibre pools and concrete tanks coated with fibreglass or epoxy paint have been used to house manatees in the existing rehabilitation centres (Figure 10). Soft-release enclosures, built in rivers and beaches, are an alternative to keep the animals during the phase of acclimatization to the natural habitat. Currently, there is one soft-release enclosure in operation, located in the Tatuamunha River, in the municipality of Porto de Pedras/AL (Figure 11). Others existed at Mamanguape River Bar/PB, on Paripueira beach/AL and Patacho beach/AL (Figure 12). In the municipality of Salvaterra/PA, a manatee calf is being rehabilitated in a natural environment captive enclosure.

Soft-release enclosures must be designed to allow animal husbandry and handling, considering the existence of sand banks or access for a boat to serve as a platform. In addition, the risks inherent to the restraint structures used should be assessed for both the captive specimens and other aquatic organisms that use the site. These structures are built preferably in river channels, estuaries or at sea. LIMA *et al.* (2007) suggested that when built in the sea, the minimum horizontal distance should be 20 m and a minimum 1 m depth should be maintained at low tide. The structure can be built with wood and nylon ropes or nets.



Figura 12. Cativeiro de readaptação que existia na Barra do Rio Mamanguape, Paraíba.
Figure 12. Former soft-release enclosure at Mamanguape River Bar, Paraíba.

Manejo biomédico

O manejo biomédico de rotina de peixes-bois-marinhos em reabilitação ou manutenção permanente no Brasil inclui a realização da biometria, pesagem, exame físico, exame clínico e coleta de amostras para exames complementares (Figura 13). Para a realização do manejo, os animais são mantidos no meio seco para que se possa avaliá-los. As opções utilizadas mais comumente são a drenagem completa dos recintos, preferencialmente nas áreas de cambiamento, ou captura em redes para retirada dos animais da água.

De forma similar ao que foi descrito nos primeiros socorros, peixes-bois devem ser mantidos em decúbito ventral durante o exame, de preferência sobre uma superfície macia. Animais de médio e grande porte requerem um maior número de técnicos treinados para contenção da nadadeira caudal e impedimento dos movimentos de rolagem do corpo. Para facilitar esse procedimento, colchões de espuma molhados têm sido utilizados para restringir a movimentação (VERGARA-PARENTE, 2005).

Uma exceção a essa metodologia usual foi a realização de treinamento médico numa fêmea adulta cativa, que foi mantida na água enquanto era utilizada a técnica de condicionamento operante, baseada no reforço positivo à medida que o animal colaborava. Sessões de 30 minutos foram realizadas seis vezes por semana, variando de 12 a 53 treinos de acordo com o objetivo da coleta. Nesse experimento houve sucesso na tomada de dados biométricos, colheita de amostras de urina e fezes, medição da temperatura corporal e realização de exame ultrassonográfico (LIMA *et al.*, 2005).

Os filhotes de pequeno e médio porte (até um ano) podem ser pesados em balança de plataforma, enquanto animais maiores requerem uso de maca e balança do tipo dinamômetro, que deve ser fixada a uma mini-grua, suporte com talha, ou caminhão munck (Figura 15). O exame clínico e a coleta de amostras são realizados de acordo com informações apresentadas no Capítulo Sanidade. A frequência de manejo se torna mais espaçada à medida que os animais se desenvolvem. D’Affonseca Neto e Vergara-Parente (2007) recomendam que filhotes com idade de até um mês sejam avaliados semanalmente, de dois a três meses quinzenalmente, de quatro meses a um ano mensalmente, de um a três anos bimestralmente e acima dos três anos, trimestralmente. Animais doentes requerem avaliações mais frequentes, bem como filhotes que apresentem dificuldades de adaptação ao desmame.

Alimentação

Diversas fórmulas artificiais já foram utilizadas para alimentação de filhotes de peixe-boi-marinho no Brasil. Muitas destas foram propostas de forma empírica, visto que não havia parâmetros de composição do leite de *T. manatus* no país para comparação. Vergara *et al.* (2000) coletaram leite de uma fêmea que teve gestação em cativeiro, obtendo-se amostra com 17,40% de gordura, 5,25% de proteína, 125mg de cálcio, 105mg de fósforo e ausência de lactose em 100ml.

Posteriormente, Altieri *et al.* (2008) descreveram a composição de gorduras de uma amostra de leite coletada de uma fêmea adulta encalhada morta no Ceará, sendo encontrados quatro ácidos graxos mais abundantes: ácido láurico



Figura 13. Realização de biometria em peixe-boi-marinho.
Figure 13. Biometric procedures on a West Indian manatee.

In Brazil, mechanical filtration and chemical treatment with chlorine are the main systems used to maintain the water quality in rehabilitation centers. Several indicators of water quality parameters, such as temperature, pH, salinity, turbidity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total coliforms, fecal coliforms, chlorine dosage and the absence of phenols, must be taken regularly and meet the requirements of the IBAMA normative instruction N° 03/2002. For soft-release enclosures, the water quality must be compatible with the species in question and should be routinely monitored for the abovementioned parameters.

Inadequate conditions, including enclosure dimension and animal density, may lead to stress, compromising the animals' welfare. Additionally, these conditions may limit their development, especially of calves and juveniles, or result in pathological manifestations, such as atrophies and muscular dystrophies, due to limited movement, as well as skin diseases in the case of shallow enclosures.

Biomedical husbandry

The routine biomedical husbandry of manatees in rehabilitation or permanent captivity in Brazil includes biometrics, weighing, physical examination, clinical examination and sample collection for complementary exams (Figure 13). In order to carry out the handling procedures, the animals are kept in the dry. The most commonly used options are completely draining the enclosure or catching and removing the animals from the water using nets.

Similarly to what was described for first aid, manatees must be kept in ventral decubitus for the examination, preferably on a soft surface. Medium and large animals require a greater number of trained technicians to restrain the caudal fin and avoid rolling movements. Wet foam mattresses have been used for this purpose (VERGARA-PARENTE, 2005).

(29,97%), ácido cáprico (16,16%), ácido palmítico (13,56%) e ácido oléico (12,06%). Outros ácidos graxos importantes foram o ácido linoleico, ácido ariquídico, ácido araquidônico, ácido eicosapentaenóico e ácido heneicosanóico, sendo os três últimos não descritos no leite de peixe-boi-da-Flórida.

Como os peixes-bois possuem restrição natural à lactose, visto que esse açúcar está presente em mínima quantidade no leite materno, as fórmulas para aleitamento artificial são à base de leite deslactosado ou proteína isolada de soja (VERGARA, 2000). Com base nisto, diversas formulações já foram testadas no Brasil, e outros ingredientes já foram empregados visando enriquecer o teor de gordura, como gema de ovo, coco, óleo de canola e manteiga sem sal. De forma complementar, legumes, vegetais cultivados ou algas podem ser acrescentados para enriquecer a fórmula e facilitar a adaptação à dieta sólida.



Figura 14. Sessão de treinamento em fêmea adulta de peixe-boi.
Figure 14. Training session with adult female manatee.

As an exception to this usual methodology, one captive adult female was trained to allow medical procedures. The operant conditioning technique, based on positive reinforcement as the animal collaborated, was used with the animal inside the water. Thirty-minute sessions were held six days a week, ranging from 12 to 53 repetitions depending on the procedure to be carried out. In this experiment, success was obtained in collecting biometric data, urine and feces samples, body temperature and ultrasound examination (LIMA et al., 2005).

Small to medium-sized calves (up to one year old) can be weighed on a platform scale, while larger animals require the use of a stretcher and crane scales, which must be fixed to a small crane, support or muck truck (Figure 15). The clinical examination and sample collection are conducted in accordance with the information provided in the Animal Health Chapter. The handling becomes less frequent as the animals grow. D' Affonseca Neto and Vergara-Parente (2007) recommend that calves aged up to one month should be evaluated weekly; two to three months fortnightly; four months to one year monthly; one to three years every two months; and over three years on a quarterly basis. Sick animals require more frequent assessments, as well as calves with weaning difficulties.



Figura 15. Pesagem de peixe-boi juvenil em cativeiro de readaptação ao ambiente natural.
Figure 15. Weighing of a juvenile manatee in a soft-release enclosure.

No CRMM/Aquasis, um sucedâneo composto principalmente de ingredientes de origem animal (leite longa vida deslactosado e manteiga sem sal), suplementado com proteína isolada de soja, tem proporcionado desenvolvimento corporal aproximado ao de filhotes nascidos em cativeiro que receberam leite materno (BORGES et al., 2012; FERREIRA et al., 2014).

Em geral, são oferecidas cinco mamadeiras por dia aos filhotes, com aumento gradual do volume de acordo com a faixa etária. Durante muitos anos foram utilizadas mamadeiras com bico para bezerro para fornecimento direto da fórmula aos animais (Figura 16). Entretanto, Freire & Marmontel (2011) desenvolveram um dispositivo subaquático para aleitamento de filhotes de peixe-boi que vem sendo utilizado na maioria dos centros de reabilitação, tornando a amamentação menos invasiva e reduzindo o contato dos animais com tratadores (Figura 17).

O desmame dos filhotes é realizado geralmente em torno dos dois anos de idade, porém existem variações individuais importantes, com animais mais precoces e outros mais tardios, inclusive havendo peixes-bois que se tornaram dependentes das mamadeiras por período prolongado, limitando a possibilidade de soltura.

O oferecimento de dieta sólida deve ser iniciado a partir dos primeiros dias de reabilitação, visto que na natureza os filhotes consomem pequenas quantidades de vegetais desde as primeiras semanas de vida. Alguns neonatos resgatados pela Aquasis, vivos ou mortos, apresentaram fibras vegetais, principalmente capim-agulha, nas fezes. A dieta sólida em cativeiro deve se aproximar ao máximo dos itens consumidos no habitat natural, como capim-agulha, algas-marinhas, dentre outros. Na limitação de acesso às fanerógamas ou algas marinhas, vegetais cultivados (alface, couve, acelga, repolho, etc.), frutas (banana e maçã), legumes (cenoura, beterraba, pepino, etc.) e forragens utilizadas para alimentação de animais de produção, como feno ou gramíneas frescas, podem ser fornecidos,



Figura 17. Filhote mamando em dispositivo subaquático.
Figure 17. Manatee calf drinking milk from an underwater bottle.



Figura 16. Uso de mamadeira com bico para bezerro para amamentação de peixe-boi.
Figure 16. Calf Feeding Bottle with a rubber nipple.

Feeding

*Various artificial formulas have been used to feed West Indian manatee calves in Brazil, many of which have been proposed empirically in the absence of milk composition parameters of *T. manatus* in the country for comparison. Vergara et al. (2000) collected milk from a female that gave birth in captivity, obtaining a sample with 17.40% fat, 5.25% protein, 125 mg of calcium, 105mg of phosphorus and no lactose in 100 ml.*

Posteriorly, Altieri et al. (2008) described the fat composition of a milk sample collected from an adult female that stranded dead in Ceará and four fatty acids were most abundant: lauric acid (29.97%), capric acid (16.16%), palmitic acid (13.56%) and oleic acid (12.06%). Other important fatty acids were linoleic acid, arachidonic acid, eicosapentaenoic acid and heneicosanoic acid, and the last three were not described in the milk of Florida manatees.

Manatees have a natural lactose restriction as this sugar is present only in minimal quantities in the maternal milk. Therefore, bottle-feeding formulas are based on lactose-free milk or isolated soy protein (VERGARA, 2000). On this basis, several formulations have been tested in Brazil and other ingredients have been used to enrich the fat content, such as egg yolks, coconut, canola oil and unsalted butter. Vegetables or algae can also be added to enrich the formula and promote the adaptation to a solid diet.

At Aquasis/CRMM, calves fed a milk replacer made mainly from ingredients of animal origin (lactose-free UHT milk and unsalted butter), supplemented with isolated soy protein, had a body development approximate to captive-born calves nursed by their mothers (BORGES et al., 2012; FERREIRA et al., 2014).

In general, the calves are bottle-fed five times a day, with a gradual volume increase as they grow. For many years, ordinary bottles with rubber nipples were used to feed the formula directly to the animals (Figure 16). However, Freire & Marmontel (2011) developed an underwater manatee bottle that is now used in most rehabilitation centres, making feeding less invasive and reducing the contact between the animals and their animal keepers (Figure 17).



Figura 18. Peixe-boi se alimentando de forragens em cativeiro.
Figure 18. Captive manatee feeding on fodder.

sendo necessário realizar uma adaptação à alimentação natural antes do transporte para o cativeiro de readaptação no ambiente natural (Figura 18).

A quantidade de vegetais ofertada deve aumentar gradativamente a partir do primeiro mês até atingir de 4 a 5% do peso vivo/dia. No entanto, deve-se considerar o valor nutricional e não apenas o peso dos itens alimentares, principalmente quando se faz uso em grande quantidade de folhagens cultivadas, que possuem baixo teor calórico. Na natureza, animais adultos consomem até 10% do seu peso vivo/ dia, porém no ambiente cativo os gastos energéticos são menores, devendo-se tomar cuidado para não tornar os peixes-bois obesos.

Desenvolvimento corporal

Parâmetros biométricos de peixes-bois-marinhos são tomados desde o final da década de 80, o que proporcionou a construção de curvas de crescimento de animais em cativeiro e comparações com indivíduos nativos. Neonatos chegam à reabilitação com média de tamanho e peso de 1,26m e 34 Kg, respectivamente (BORGES *et al.*, 2012; LAZZARINI *et al.*, 2014). Dentre os filhotes resgatados vivos pela Aquasis, o menor espécime possuía comprimento total de 1m e peso de 20kg, enquanto o maior media 1,41 e pesava 47Kg, todos com resquícios de cordão umbilical.

Borges *et al.* (2012) observaram diferenças significativas no desenvolvimento corporal entre 29 filhotes que receberam somente o aleitamento artificial (grupo 1) e nove espécimes nascidos em cativeiro (grupo 2), que tomaram leite materno. Enquanto animais do grupo 1 apresentaram média de ganho de peso no primeiro

Weaning usually starts at around two years of age, however, there are significant individual variations, with some animals weaning earlier than others, including some manatees that become dependent on the bottles for extended periods, limiting their possibility of release.

Solid food should be offered from the first days in rehabilitation given that, in the wild, calves consume small amounts of vegetables from the first weeks of life. Some live and dead newborns rescued by Aquasis had vegetable fibers, mainly shoal grass, in their feces. The solid diet in captivity must be as similar as possible to that consumed in the natural habitat, such as shoal grass and seaweed among others. When there is limited access to seagrass or marine algae, vegetables (lettuce, cabbage, spinach, carrots, beets, cucumbers, etc.), fruit (bananas and apples), and farm animal fodder, such as hay or fresh grass, can be provided. The adaptation to natural food should start before moving to the soft-release facility for acclimatization to the natural environment (Figure 18).

The amount of vegetables supplied should increase gradually from the first month until it reaches 4 to 5% of the body weight/day. However, one must consider the nutritional value and not just the weight of food items, especially when it comes to cultivated vegetables, which are low in calories. In the wild, adult animals consume up to 10% of their body weight per day but, in the captive environment, energy expenditures are smaller, and care must be taken to avoid obesity.

Body development

Since the late 1980's, the biometric parameters of manatees have been recorded, which allowed the construction of growth curves for captive animals and comparisons with free-ranging individuals. Newborns come to rehabilitation measuring 1.26 m and weighing 34 kg on average (BORGES *et al.*, 2012; LAZZARINI *et al.*, 2014). The smallest calf ever rescued alive by Aquasis was 1 m long and weighed 20 kg, while the largest measured 1.41 m and weighed 47 kg, both with remnants of umbilical cord.

Borges *et al.* (2012) observed significant differences in body development among 29 calves that were exclusively bottle-fed (Group 1) and nine captive-born specimens nursed by their mothers (Group 2). While the animals from Group 1 showed an average weight gain in the first year of life of 53 kg and 34.81 cm growth, Group 2 averages were 106.87 kg and 83.83 cm, which indicated the need to review the composition of the formulas offered and the size of the enclosures in the initial period of rehabilitation. In this study, the authors did not find significant differences between the groups from 13 to 24 months of age. The size and weight of the animals at weaning (24 months), age from which they are considered juveniles, were 1.99 m and 157 kg for Group 1 and 2.20 m and 218 kg for Group 2.

Adult specimens kept permanently in captivity, which were considered unfit for release, reached more than 750 kg of weight and lengths exceeding 3.25 m.

Common diseases

Manatees are more resistant to disease and less sensitive to stress conditions than other species of aquatic mammals. However, like many species of wild animals, clinical signs are often masked and death occurs suddenly. Picanço *et al.* (1998) noted that calves up to six months of age are more susceptible to diseases and represent the most critical age group for deaths in captivity. Good hygienic-sanitary husbandry practices, coupled with good water quality, will reflect directly on the health of captive animals, reducing the risk of death.

ano de vida de 53,5kg e de crescimento de 34,81 cm, os do grupo 2 tiveram médias de 106,87 Kg e 83,83 cm, o que indicou a necessidade de revisão da composição das fórmulas oferecidas e do tamanho dos recintos no período inicial de reabilitação. Nesse estudo não foram detectadas diferenças significativas entre os grupos dos 13 aos 24 meses de idade. As médias de tamanho e peso dos animais ao desmame (24 meses), idade a partir do qual são considerados juvenis, foram de 1,99 m e 157 Kg para o grupo 1 e de 2,20m e 218Kg para o grupo 2.

Espécimes adultos mantidos de forma permanente em cativeiro, que não se encaixaram no perfil para soltura, atingiram mais de 750 kg de peso e comprimento superior a 3,25m.

Principais doenças

Peixes-bois são mais resistentes a doenças do que outras espécies de mamíferos aquáticos e menos sensíveis a condições de estresse. No entanto, assim como muitas espécies de animais silvestres, podem mascarar sinais clínicos e vir ao óbito de forma súbita. Picanço *et al.* (1998) ressaltaram que filhotes com até seis meses de idade estão mais suscetíveis a doenças e representam a faixa etária mais crítica de óbitos em cativeiro. As boas práticas de manejo higiênico-sanitário, aliadas a uma boa qualidade de água, irão refletir diretamente sobre a saúde dos animais cativos, diminuindo os riscos de morte.

Os sinais clínicos mais comumente observados nos primeiros dias de reabilitação de neonatos são de desidratação, inapetência, aftas, conjuntivite, constipação, cólicas intestinais e ferimentos superficiais decorrentes do encalhe. Ao longo do processo de reabilitação, os distúrbios gastrintestinais decorrentes de má adaptação à dieta artificial e infecções por bactérias e protozoários, bem como do trato respiratório, causadas por microrganismos, aspiração de leite, dentre outras etiologias, representam a maior parte da casuística em cativeiro. Doenças cutâneas e subcutâneas, tais como micoses superficiais, foliculites, abscessos, dentre outras, também são importantes e frequentemente subdiagnosticadas, principalmente em espécimes que possuem a pele extensivamente colonizada por algas e são mantidos em recintos com água escura. No capítulo Sanidade foram apresentadas as principais afecções que acometem o peixe-boi-marinho em cativeiro.

Diagnóstico

O processo de diagnóstico de doenças em peixes-bois deve ser iniciado com a observação de alterações comportamentais e posturais (apatia, flutuabilidade positiva ou negativa, encurvamento, inapetência, etc.), seguida de um exame clínico minucioso, que auxiliam no estabelecimento do quadro e do tratamento adequado. Exames complementares (hemograma completo, bioquímica sérica, urinálise, coproparasitológico e microbiológico) são essenciais para se estabelecer um diagnóstico e prognóstico seguros.

Exames de imagem possuem limitações em animais de médio e grande porte devido a capacidade restrita dos aparelhos e dificuldades em se deslocar os animais para clínicas especializadas que possuem equipamentos mais potentes e sofisticados. Exames de raio-X são úteis para se detectar fraturas ou malformações

In newborn calves, the clinical signs most commonly observed in the early days of rehabilitation are dehydration, appetite loss, mouth sores, conjunctivitis, constipation, intestinal colic and superficial wounds resulting from the stranding. Throughout the rehabilitation process, gastrointestinal disorders arising from bad adaptation to the artificial diet and infections by bacteria and protozoa, as well as infections of the respiratory tract, caused by microorganisms, milk aspiration, among other etiologies, represent the bulk of the incidences in captivity. Cutaneous and subcutaneous diseases such as superficial mycoses, folliculitis, abscesses, among others, are also important and often go widely misdiagnosed, particularly in specimens whose skin is extensively colonized by algae and are kept in enclosures with dark water. In the Animal Health Chapter, the main disorders that affect the West Indian manatee in captivity were presented.

Diagnosis

The process of diagnosing diseases in manatees must start with the observation of behavioral changes and posture (apathy, positive or negative buoyancy, curving, loss of appetite, etc.), followed by a thorough clinical examination, to assist in establishing the picture and the appropriate treatment. Additional tests (complete blood count, serum biochemistry, urinalysis, microbiology and parasitological) are essential to establish a confident diagnosis and prognosis.

Imaging scans have limitations for medium and large animals due to equipment capacity and difficulties in moving the animals to specialized clinics with more powerful and sophisticated equipment. X-ray exams are useful to detect fractures or malformations in the flippers and head, as well as to investigate the presence of foreign bodies and lung diseases.

Ultrasound exams have limitations due to the thickness of the fat layer and muscle density, as well as the large volume occupied by the intestinal loops in the abdominal cavity. The gestational diagnosis is also limited in the early months of pregnancy. However, Lima *et al.* (2005), performing medical training with ultrasound in an adult female manatee, reported that it was possible to view the heart, hepatic parenchyma, gallbladder, bladder, kidneys, gastric cavity, intestinal tract, uterus and ovaries. Echocardiograms can be easily accomplished in small animals for diagnosis of heart diseases.

Several infectious diseases have been diagnosed in manatees in Brazil. The collection of swabs, skin scrapings, puncture of abscesses and blood culture are accessible techniques of considerable diagnostic value (CARVALHO, 2015). Serological tests have also been employed for the detection of antibodies for *Toxoplasma gondii*, *anti-Brucella sp.* and *anti-Leptospira sp.* (ATTADAMO, 2014).

Therapy

In Brazil, pharmacological studies to determine drug dosages and effects on manatees are still missing. Many of the drugs used to treat domestic animals are employed in the treatment of diseases in sireniens (LAZZARINI *et al.*, 2014). However, the rehabilitation experience of some Brazilian professionals and the extrapolation of dosages established for Florida manatees allow for the safe use of various medicines.

Antibiotics, antifungals, steroidal and non-steroidal anti-inflammatories, anti-parasitic, antispasmodic, antiphysetics, anti-toxin, gastric protectors, food supplements, ointments, etc., are used with variable frequency in the sirenic clinical medicine (BOSSART, 2001; DAFFONSECA NETO & VERGARA-PARENTE, 2007; LAZZARINI *et al.*, 2014). Drugs are administered mainly through the intramuscular and oral routes.

nas nadadeiras peitorais e cabeça, bem como para observação da presença de corpos estranhos e pneumopatias.

A ultrassonografia possui limitações devido à espessura da camada de gordura e densidade da musculatura, bem como pelo grande volume que as alças intestinais ocupam na cavidade abdominal. O diagnóstico gestacional também é limitado nos primeiros meses de gestação. No entanto, Lima *et al.* (2005), realizando treinamento médico com ultrassom em uma fêmea de peixe-boi adulta, relataram que foi possível visualizar o coração, parênquima hepático, vesícula biliar, bexiga, rins, cavidade gástrica, trato intestinal, útero e ovários. O ecocardiograma pode ser facilmente realizado em animais de pequeno porte para diagnóstico de doenças cardíacas.

Diversas doenças infecciosas já foram diagnosticadas em peixes-bois-marinhos no Brasil. A coleta de *swabs*, realização de raspado de pele, punção de abscessos e hemocultura são técnicas acessíveis e de considerável valor diagnóstico (CARVALHO, 2015). Exames sorológicos também já foram empregados para detecção de anticorpos anti-*Toxoplasma gondii*, anti-*Brucella* sp. e anti-*Leptospira* sp. (ATTADEMO, 2014).

Terapêutica

Estudos farmacológicos para determinação de dosagens e efeito de medicamentos em peixes-bois-marinhos não foram realizados no Brasil. Muitos fármacos utilizados na clínica veterinária de animais domésticos são também empregados no tratamento de doenças em sirênios (LAZZARINI *et al.*, 2014). Entretanto, a experiência em reabilitação de alguns profissionais brasileiros e a extrapolação de dosagens estabelecidas para o peixe-boi-da-Flórida facilitaram o uso de diversos medicamentos com segurança.

Antibióticos, antifúngicos, anti-inflamatórios esteroidais e não esteroidais, antiparasitários, antiespasmódicos, antifiséticos, antitóxicos, protetores gástricos, suplementos alimentares, pomadas, etc., são utilizados com frequência variável na clínica médica de sirênios. (BOSSART, 2001; DAFFONSECA NETO & VERGARA-PARENTE, 2007; LAZZARINI *et al.*, 2014). As principais vias de administração de medicamentos são a intramuscular e a oral. A via endovenosa é extremamente limitada devido à dificuldade de manter o plexo braquial cateterizado. Pomadas são comumente misturadas a fixadores de prótese dentária para melhorar a aderência à pele, obtendo-se sucesso no tratamento tópico de feridas, abscessos, infecções cutâneas, etc. A intubação orogástrica de animais caquéticos, debilitados e/ou em jejum prolongado se mostrou essencial na recuperação de espécimes em estado de saúde grave, proporcionando melhor hidratação e recuperação do peso.

Reprodução

Os parâmetros reprodutivos de peixes-bois-marinhos no Brasil são pouco conhecidos, sendo muitas vezes extrapolados do conhecimento existente sobre a espécie na Flórida. Não há estudos publicados sobre maturidade sexual, dosagens hormonais, ciclos reprodutivos, dentre outros aspectos, tanto em animais cativos como de vida livre.

Intravenous routes are extremely limited due to the difficulty of maintaining the brachial plexus catheterized. Ointments are commonly mixed with denture fixative cream to improve adhesion to the skin, thus obtaining success in the topical treatment of wounds, abscesses, skin infections, etc. The orogastric intubation of cachectic and debilitated animals, and/or those that suffered prolonged fasting, proved to be essential in the treatment of specimens in serious health conditions, providing better hydration and faster weight recovery.

Reproduction

The reproductive parameters of manatees from Brazil are little known and are often extrapolated from existing knowledge about the species in Florida. There are no published studies on sexual maturity, hormone dosages and reproductive cycles, among other aspects, for either captive or free-ranging animals.

*The first record of a captive birth in Brazil occurred in 1996 at the CMA, when the female 'Xica', over 30 years old, gave birth for the first time. The following year, the Center recorded the birth of twins from a seven-year-old female (PICANÇO; ZANILOLO, 1998). Between 1996 and 2012, nine births occurred in captivity, with the calves remaining with their mothers during the entire lactation phase (BORGES *et al.*, 2012) (Figure 19). Six other pregnancies resulted in stillbirths or calves which died a few days after birth but, in most cases, the causes of death were unknown (VERGARA *et al.*, 2000; ATTADEMO, 2014). Cases of adoption of rescued orphan calves by captive females have been described (LUNA; PASSAVANTE, 2010).*

*Luna *et al.* (2014) analyzed the pedigree of captive manatees and detected close genetic relationships between individuals and the existence of inbreeding, since there is one male who is the father of many calves born in the artificial environment. The authors also reported the mating between closely related animals resulting in stillbirths. Considering that there are adult animals in reproductive age unfit for release, and that some of these animals' calves have been returned to nature, an assisted captive reproduction program, with appropriate selection of the breeding stock, could significantly strengthen the population and increase the species' genetic diversity.*

Behaviour

*The behavior of manatees in rehabilitation was first described in the late 1980's. Silva *et al.* (1992b) observed the use of enclosure area, postures, respiratory intervals, dive times, among other parameters, including responses to conditioning signs for bottle feeding, in calves enclosed in the natural environment.*

The behavior of captive animals relates to enclosure characteristics, feeding routines, environmental enrichment, individual factors, presence of other animals and contact with humans. In general, manatees are docile and become easily domesticated, accepting contact with animal keepers and technicians involved in the rehabilitation routine as time goes by. Calves tend to become conditioned to mealtimes, swimming faster, approaching the sides and/or moving their lips simulating the bottle suction. Feeding behaviors, like sucking other animals on the axillary region, are commonly observed when animals are kept together.

Medina (2008) analysed the behavior of seven manatees in rehabilitation and noted that about 60% of the activities were carried out on an individual basis, including rest, feeding and fresh water intake. The author also reported the existence of stereotyped behaviours associated with confinement, such as banging their heads against the wall and swimming in circles. At CRMM/Aquasis, two twin calves performed most of the activities together and sometimes in a synchronized manner, avoiding contact with a third animal present in the enclosure.

O primeiro registro de nascimento de filhotes em cativeiro no Brasil ocorreu no ano de 1996 no CMA, quando a fêmea Xica, com mais de 30 anos de idade, pariu pela primeira vez. No ano seguinte, o Centro registrou o nascimento de gêmeos de uma fêmea com sete anos de idade (PICANÇO & ZANILOLO, 1998). Desde 1996 a 2012 ocorreram nove nascimentos em cativeiro, com os filhotes permanecendo durante toda a fase de lactação com as mães (BORGES *et al.*, 2012) (Figura 19). Outras seis gestações resultaram em natimortos ou filhotes que vieram a óbito em poucos dias após o nascimento, porém as causas *mortis* da maioria são desconhecidas (VERGARA *et al.*, 2000; ATTADEMO, 2014). Casos de adoção de filhotes órfãos, que foram resgatados enalhados, por fêmeas em cativeiro já foram descritos (LUNA; PASSAVANTE, 2010).

Luna *et al.* (2014) analisaram o pedigree de peixes-bois mantidos em cativeiro e detectaram relações genéticas próximas entre indivíduos e a existência de endogamia, visto que há um macho que é pai de muitos filhotes nascidos no ambiente artificial. Os autores também relataram que houve acasalamento entre animais aparentados, gerando natimorto. Tendo em vista que há animais adultos em fase reprodutiva impossibilitados de serem soltos, e que alguns filhotes desses animais já foram devolvidos para a natureza, um programa de reprodução assistida em cativeiro, com adequada seleção dos reprodutores, pode representar um importante reforço populacional, bem como incrementar a diversidade genética da espécie.

Comportamento

As primeiras descrições do comportamento de peixes-bois em reabilitação foram realizadas no final da década de 80. Silva *et al.* (1992b) observaram o uso do espaço no recinto, posturas, intervalo entre respirações, tempo de mergulho, dentre outros parâmetros em filhotes mantidos em cativeiro em ambiente natural, incluindo a resposta a sinais de condicionamento para fornecimento de mamadeiras.

O comportamento de animais cativos está relacionando às características do recinto, rotinas de alimentação, enriquecimento ambiental, fatores individuais, presença de outros animais e contato com seres humanos. Em geral, peixes-bois são dóceis e facilmente se tornam domesticados, aceitando contato com tratadores e técnicos envolvidos na rotina de reabilitação à medida que passam mais tempo em cativeiro. Filhotes tendem a ficar condicionados aos horários de fornecimento das refeições, nadando com maior velocidade, se aproximando das bordas dos recintos e/ou movimentando os lábios simulando a sucção da mamadeira. Comportamentos de mamar, com sucção na região axilar, são comumente observados em animais pareados.

Medina (2008), analisando o comportamento de sete peixes-bois em reabilitação, observou que cerca de 60% das atividades foram realizadas de forma individual, incluindo repouso, alimentação, deslocamento e ingestão de água doce. A autora também relatou a existência de estereotípias associadas ao confinamento, como dar cabeçadas contra a parede e girar em círculos. No CRMM/Aquasis, dois filhotes gêmeos demonstram elevado grau de associação, desempenhando a maioria das atividades juntos e algumas vezes de forma sincronizada, evitando contato com um terceiro animal presente no recinto.



Figura 19. Peixe-boi fêmea acompanhado de filhote nascido em cativeiro. Figure 19. Female manatee accompanied by calf born in captivity.

*Gomes *et al.* (2008) described 19 behavior categories in juvenile manatees in rehabilitation, with six activities corresponding to approximately 96% of the repertoire, the main one being rest, followed by exploration, ingestion of fresh water, interaction with objects, circular movements and coprophagy. Most manatees kept in rehabilitation at CRMM/Aquasis carry out coprophagy. The meaning of this habit, for either nutritional supplementation or reinforcement of the intestinal microbiota, is still unknown.*

*Reproductive behaviors are monitored in captive animals and interactions between individuals and with objects have been registered. Gomes *et al.* (2008) assessed juvenile animals in captivity and did not detect sexual activities between the individuals. Attademo *et al.* (2013b) reported homosexual behavior of an adult male, with preference for mating with two other males instead of females. At CRMM/Aquasis, sexual activity was observed in one and two-year old calves, which attempted to copulate with other animals in the same enclosure, exposing the penis.*

Environmental enrichment is still incipient in most institutions that keep manatees in rehabilitation in Brazil. Careful consideration must be given to the use of toys and artificial objects, considering the possibility of the animals interacting with rubbish, fishing artifacts or other objects found in the natural environment after release. At CRMM/Aquasis, the use of hula hoops, wooden trunks, carpets with textures, among other objects, has been tested in rehabilitating animals, with variable interactions.

Rehabilitation indicators

Considering the 55 live calves rescued by Aquasis and the PCCB, one was released immediately after stranding, two died before entering captivity and 52 went through a quarantine or rehabilitation process for at least one day. Of this total, 11.5% (6/52) died and 86.5% (45/52) survived. From the dead animals, three presented life hindering congenital malformations and two others arrived cachectic or in serious health

Gomes *et al.* (2008) descreveu 19 categorias de comportamento em peixes-bois juvenis em reabilitação, com seis atividades correspondendo a cerca de 96% do repertório, sendo a principal o descanso, seguido de exploração, ingestão de água doce, interação com objetos, movimentos circulares e coprofagia. A coprofagia é realizada pela maioria dos peixes-bois mantidos em reabilitação no CRMM/Aquasis. O significado desse hábito, seja para suplementação nutricional ou reforço da microbiota intestinal, ainda é desconhecido.

Comportamentos reprodutivos são monitorados em animais cativos, verificando-se as interações entre indivíduos e objetos. Gomes *et al.* (2008) avaliou animais juvenis em cativeiro e não detectou atividades sexuais nos indivíduos. Attademo *et al.* (2013b) relataram comportamento homossexual em macho adulto, com preferência por cópula com outros dois machos ao invés das fêmeas. No CRMM/Aquasis, a atividade sexual foi observada em filhotes machos com um e dois anos de idade, com tentativas de cópula com outros animais no mesmo recinto, havendo exposição do pênis.

O enriquecimento ambiental ainda é incipiente na maioria das instituições que mantém peixes-bois em reabilitação no Brasil. A utilização de brinquedos e objetos artificiais deve ser bem avaliada, tendo em vista a possibilidade dos animais interagirem com lixo, artefatos de pesca ou outros objetos que encontrarem no ambiente natural após a soltura. No CRMM/Aquasis, o uso de bambolês, pedaços de troncos de madeira, tapetes com texturas, dentre outros objetos, tem sido testado nos animais em reabilitação, com interação variável.

Indicadores de reabilitação

Considerando os 55 filhotes vivos que já foram resgatados pela Aquasis e PCCB, um foi solto imediatamente após o encalhe, dois vieram à óbito antes de darem entrada no cativeiro e 52 passaram por um processo de quarentena ou reabilitação de pelo menos um dia. Deste total, 11,5% (6/52) vieram ao óbito e 86,5% (45/52) sobreviveram. Quanto aos animais mortos, três apresentaram malformações congênitas incompatíveis com a sobrevivência e outros dois chegaram caquéticos, em estado de saúde grave. Dentre os sobreviventes, 38 foram translocados para o CMA, procedimento realizado até janeiro de 2013, e oito estão em reabilitação no CRMM/Aquasis.

Attademo (2014) analisou a taxa de sobrevivência de 89 peixes-bois-marinheiros que passaram pelo processo de reabilitação nas dependências do CMA de 1987 a 2013, incluindo filhotes nascidos em cativeiro. Destes, 44,9% foram destinados para a soltura e 28,1% estavam em reabilitação, totalizando uma taxa de sucesso de 73%, enquanto 27% dos animais foram ao óbito antes da translocação, com maior taxa de mortalidade no primeiro ano de vida.

conditions. Among the survivors, 38 were translocated to the CMA, until January 2013, and eight are in rehabilitation at CRMM/Aquasis.

Attademo (2014) examined the survival rate of 89 manatees that went through the rehabilitation process at the CMA between 1987 and 2013, including captive born calves. From those, 44.9% were released and 28.1% were in rehabilitation, totaling a success rate of 73%, while 27% of the animals died before the translocation, with higher mortality rate in the first year of life.

Readaptação ao ambiente natural Acclimatization to the natural environment

A translocação para recintos construídos no ambiente natural consiste na etapa seguinte à reabilitação em cativeiro (Figura 20). Atualmente, existe apenas uma estrutura desse tipo em funcionamento no Brasil, localizada em Porto de Pedras/AL.

Diversos critérios são considerados para que um animal esteja apto à translocação e posterior soltura. Lima *et al.* (2007) definiram como aptos os peixes-bois originados de encalhes, desmamados, com tempo de cativeiro de 2 a 5 anos, adaptados à dieta natural, peso superior a 175kg, tamanho superior a 2m, sem patologias, com baixo grau de domesticação e originados da mesma população do local de soltura. Os animais aptos com restrições podem ser provenientes de cativeiros inadequados, nascidos em cativeiro ou recapturados, com tempo de reabilitação entre 5 a 10 anos, não adaptados à dieta natural, com peso e tamanho inferiores a 175kg e 2m, com patologias em tratamento, com afinidade com humanos e sem estudos do perfil genético. Peixes-bois-marinheiros inaptos são aqueles com mais de 11 anos, sem adaptação à dieta natural, com desenvolvimento corporal inadequado, com patologia em curso, híbridos e com restrições genéticas relacionadas à região de origem. O tempo de permanência em cativeiro de peixes-bois destinados ao programa de soltura realizado pelo CMA e FMA entre os anos de 1994 a 2013 variou de um a mais de 16 anos (Figura 21). No entanto, animais com idade de aproximadamente cinco anos apresentaram as maiores taxas de sobrevivência pós-soltura (NORMANDE *et al.*, 2014).

Dentre os exames necessários para uma avaliação adequada do estado de saúde para a soltura deve se considerar o hemograma completo, bioquímica sérica, exames parasitológicos, microbiológicos e sorológicos (LIMA *et al.*, 2007). No capítulo Genética desse livro são abordadas as questões genéticas relativas à translocação, soltura e reintrodução de *T. manatus*, mostrando que as diferenças haplotípicas entre subpopulações no Brasil são pequenas e que este não é um fator essencialmente limitante à liberação de indivíduos em áreas geograficamente não relacionadas à sua população de origem.

Antes da translocação, os animais devem passar por uma última bateria de exames e ser microchipados. O transporte do cativeiro para os recintos de readaptação é realizado em caminhões munck equipados com piscinas de fibra, com coluna de água de até 20cm, forradas com colchões de espuma densa, nas horas mais frias do dia. Os animais têm a pele umedecida constantemente e são monitorados durante todo o percurso, que deve ser feito via terrestre em até 500km de distância (LIMA *et al.*, 2007).

Os animais são colocados no recinto com auxílio de macas ou botes infláveis. O período de manutenção de peixes-bois-marinheiros em cativeiros construídos no ambiente natural, ou cativeiros de readaptação, variou de sete dias a mais de sete anos. Nesse novo ambiente devem receber alimentação natural e água doce, ter seu comportamento monitorado e manejos biomédicos realizados com periodicidade (LIMA *et al.*, 2007). Os equipamentos de telemetria (radio e satelital) podem ser acoplados ao pedúnculo caudal por meio de acessórios de marcação, na ocasião da entrada no recinto ou nas proximidades da soltura (Figura 22).



Figura 20. Peixe-boi sendo retirado do recinto para translocação para cativeiro de readaptação ao ambiente natural.

Figure 20. Manatee being removed from its enclosure for translocation into a soft-release facility.

The translocation to enclosures built in the natural environment is the following step after rehabilitation in captivity (Figure 20). Currently, there is only one facility of this type in operation in Brazil, located in Porto de Pedras/AL.

Several criteria are considered to determine if an animal is apt for translocation and subsequent release. Lima et al. (2007) defined that manatees originating from strandings are apt for reintroduction when weaned, with a captivity time of 2 to 5 years, adapted to the natural diet, weighing more than 175 kg and measuring more than 2 m, without diseases, with a low degree of domestication and originated from the same population of the release site. Animals fit for reintroduction with restrictions are those coming from inadequate captive facilities, born in captivity or recaptured, in rehabilitation between 5 to 10 years, not adapted to the natural diet, with weight and size below 175 kg and 2 m, with pathologies in treatment, with affinity for humans and no studies of their genetic profile. Manatees older than 11 years of age, not adapted to the natural diet, with inadequate body development or ongoing pathologies, hybrids or with genetic constraints related to the region of origin are unfit for release. Between 1994 and 2013, manatees destined for the release programme carried out by the CMA and FMA had been between one and over 16 years in captivity (Figure 21). However, animals aged approximately five years presented the highest post-release survival rates (NORMANDE, 2014).

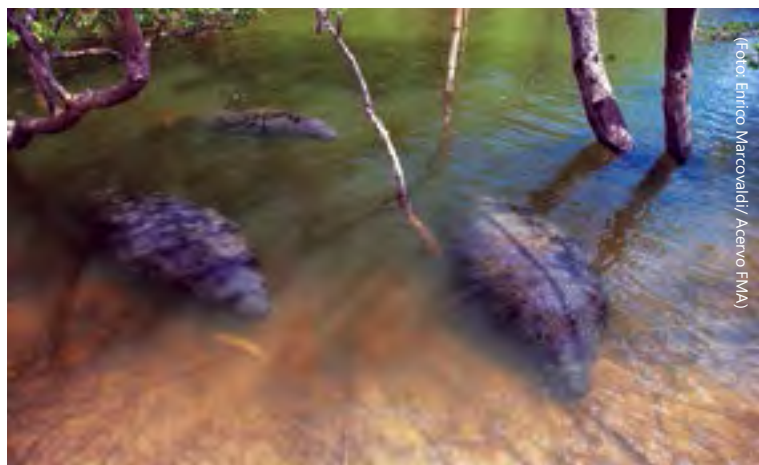


Figura 21. Peixes-bois em cativeiro em ambiente natural na Barra do Rio Mamanguape, Paraíba.
Figure 21. Manatees in a soft-release enclosure at Mamanguape River Bar, Paraíba.

Soltura Release

Os primeiros animais selecionados para o programa de reintrodução de peixes-bois-marinhos no Brasil foram Astro e Lua, ambos resgatados ainda filhotes no litoral do Ceará e soltos em Alagoas em 1994. Até 2011, 30 animais já foram soltos nos estados de Alagoas e Paraíba, incluindo indivíduos nascidos em cativeiro (NORMANDE *et al.*, 2015).

O monitoramento diário dos animais soltos é fortemente recomendado, sendo este realizado por meio de transmissores de sinal de rádio ou satélite. Os animais são acompanhados por monitores durante as atividades de campo e supervisionados periodicamente por veterinários. Biometrias e manejos para avaliação do estado de saúde devem ser realizados semestralmente. Intervenções, com necessidade de recapturas podem ser necessárias para a recuperação de indivíduos perdidos, em locais inadequados, feridos, com perda de peso ou outros problemas de saúde (LIMA *et al.*, 2007).

Em geral, animais devolvidos à natureza permanecem em áreas que satisfazem suas condições biológicas e ecológicas. Indivíduos errantes já foram recapturados e retornaram ou foram excluídos do programa de reintrodução. Enquanto alguns peixes-bois apresentam hábitos sedentários, outros se deslocam por grandes extensões, sendo a área de vida de animais soltos variável entre 4,24 e 30,96 km² (LIMA, 2008; NORMANDE, 2014).

Normande *et al.* (2015) realizaram uma avaliação de 18 anos do programa de soltura de peixes-bois-marinhos desenvolvido pelo CMA e a FMA de 1994 a 2011, sendo considerado sucesso a sobrevivência dos animais por pelo menos um ano após a soltura. Trinta animais foram soltos, sendo o procedimento considerado

For a proper evaluation of the health status prior to release, complete blood count, serum biochemistry, microbiological, parasitological and serological examinations should be considered (LIMA *et al.*, 2007). In the Genetics Chapter, genetic issues concerning translocation, release and reintroduction of *T. manatus* are addressed, showing that the differences between haplotype subpopulations in Brazil are small and that this is not a limiting factor for the release of individuals in areas geographically unrelated to their original population.

Before the translocation, the animals must undergo a final set of tests and be microchipped. The transport from captivity to the soft-release enclosures is carried out in munc trucks equipped with glassfibre swimming pools, with up to 20 cm of water depth, lined with dense foam mattresses, during the cooler hours of the day. The animals should have their skin constantly moistened and be monitored throughout the journey, which should not exceed 500 km (LIMA *et al.*, 2007).

The animals are placed in the enclosure with the help of stretchers or inflatable boats. Manatees have been kept in soft-release enclosures built in the natural environment, or acclimatization enclosures, for periods ranging from seven days to more than seven years. In this new environment they should receive natural food and fresh water, have their behaviour monitored and receive periodic biomedical husbandry (LIMA *et al.*, 2007). Telemetry equipment (radio and satellite) can be attached to the caudal peduncle with marking accessories upon entry into the enclosure or prior to release (Figure 22).

The first animals selected for the manatee reintroduction program in Brazil were Astro and Lua, both rescued as calves on the coast of Ceará and released in Alagoas in 1994. Until 2011, 30 animals had been released in the states of Alagoas and Paraíba, including captive-born individuals (NORMANDE *et al.*, 2015).

The daily monitoring of released animals is strongly recommended and can be accomplished through radio or satellite transmitters. Staff members accompany the animals during field activities and veterinarians monitor them periodically. Biometrics and health assessment procedures must be carried out every six months. Interventions, with the need for recaptures, may be necessary to recover individuals lost in inappropriate locations, wounded, with weight loss or other health problems (LIMA *et al.*, 2007).

In general, released animals remain in areas that meet their biological and ecological conditions. Vagrant individuals have been recaptured and returned to captivity or have been withdrawn from the reintroduction program. While some manatees exhibit sedentary habits, others travel large distances. The home range of released animals varies between 4.24 and 30.96 km² (LIMA, 2008; NORMANDE, 2014).

Normande *et al.* (2015) assessed 18 years of the manatee release program developed by the CMA and the FMA between 1994 and 2011. They considered the reintroduction successful when the animals survived for at least one year after release. Thirty animals were released and the procedure was considered successful in 76.7% of cases. The failures included animals that died, needed to be recaptured and remained in captivity or were successfully released a second time. Considering the experience obtained over these years, the authors highlighted that: 1) the technology used to monitor the released manatees is essential for the post-release success; 2) satellite monitoring during the first three months post-release (considering the increased risk at this stage) is the

bem sucedido em 76,7% dos casos. Os casos de fracassos incluíram animais que vieram ao óbito, necessitaram ser recapturados e permaneceram em cativeiro ou foram submetidos a uma segunda soltura bem-sucedida. Considerando as experiências obtidas ao longo destes anos, os autores destacaram que: 1) a tecnologia para o monitoramento dos peixes-bois-marinhos soltos é essencial para o sucesso pós-soltura; 2) a estratégia mais eficaz é o monitoramento satelital nos primeiros três meses pós-soltura (considerando o risco maior nesta fase) e depois a utilização do sistema VHF (que apresenta menor custo); 3) o monitoramento de campo deve ser de longo prazo, considerando que algumas informações ecológicas são difíceis de serem obtidas (ex. parâmetros reprodutivos), devido ao ciclo de vida longo dos peixes-bois-marinhos.

O principal indicador de sucesso de um programa de soltura, além da sobrevivência e adaptação dos animais, é a reprodução em vida livre, proporcionando um incremento na população nativa. A fêmea Lua, solta em 1994, apresentou duas gestações em 2003 e 2009, porém ambos os filhotes foram encontrados mortos, possivelmente devido ao desordenamento costeiro e tráfego de embarcações (LIMA *et al.*, 2005; LUNA; PASSAVANTE, 2010). Normande *et al.* (2015) relatou comportamentos de cópula em quatro machos adultos soltos e gestação em duas fêmeas, incluindo Lua que teve uma terceira prenhez, desta vez obtendo sucesso no nascimento e cuidados da cria.

Campanhas de informação ambiental nos locais de soltura são essenciais para sensibilizar as populações e minimizar os riscos de interações antrópicas negativas, tais como capturas acidentais e intencionais e molestamento. Somente em 2014, dois animais soltos foram encontrados mortos em Alagoas e Sergipe, um com marcas de tiro e outro com evidências de traumatismo, respectivamente. Lima (2008) relatou o óbito de um animal solto em 1999 em Alagoas por explosivo utilizado para a pesca.

O turismo de observação de peixes-bois soltos na APA Costa dos Corais/AL vem sendo realizado e consiste numa atividade importante para a sensibilização de visitantes e para proporcionar uma oportunidade econômica para as comunidades locais. No entanto, a atividade deve ser monitorada, visto que animais que possuem áreas de vida restrita e movimentos conhecidos podem ser domesticados e, caso atraídos para se aproximarem de embarcações, podem ser alvos frequentes de molestamento.

Futuras solturas de peixes-bois-marinhos serão realizadas no município de Icapuí, no Ceará. Um recinto de readaptação será construído pela Aquasis para translocação dos animais em reabilitação no CRMM, possibilitando finalmente o retorno dos animais enclachados no litoral do estado e no noroeste do Rio Grande do Norte para a sua população de origem.



Figura 22. Peixe-boi sendo transportado para recinto de readaptação com auxílio de bote inflável. Observar equipamento de telemetria preso ao pedúnculo caudal.
Figure 22. Manatee being transported to acclimatization facilities with the aid of an inflatable boat. Observe the telemetry equipment attached to the caudal peduncle.

most effective strategy, and only then using the VHF system (less costly); 3) long-term field monitoring should be maintained, given that some ecological information (e.g. reproductive parameters) are difficult to obtain due to the manatees' long life cycle.

The ultimate success indicator for a release program, besides survival and adaptation, is reproduction, providing an increase of the wild population. The female Lua, released in 1994, had two pregnancies, in 2003 and 2009, however both calves were found dead, possibly due to the disorderly coastal development and marine traffic (LIMA *et al.*, 2005; LUNA; PASSAVANTE, 2010). Normande *et al.* (2015) reported mating behaviours in four released adult males and pregnancy in two females, including Lua, which had a successful third pregnancy and calf rearing.

Environmental information campaigns in the release locations are essential to raise awareness in the population, minimizing the risk of negative anthropogenic interactions, such as accidental and intentional captures and molestation. In 2014 alone, two released animals were found dead in Alagoas and Sergipe, one with gunshot marks and another with evidences of trauma, respectively. Lima (2008) reported the death of one animal released in 1999 in Alagoas by explosives used for fishing.

The manatee watching tourism, targeting animals released in the Costa dos Corais APA/AL is important to raise visitor awareness and to provide an economic opportunity for the local communities. However, the activity should be monitored since animals that have restricted living areas and known movements can be easily tamed and, if attracted to the boats, become targets of frequent harassment.

Future manatee releases are planned for the municipality of Icapuí, Ceará. A soft-release enclosure will be built by Aquasis to translocate the animals in rehabilitation at the CRMM, allowing, at last, the animals stranded in Ceará and on the northwest coast of Rio Grande do Norte to return to their original population.



(Foto: Amanda Vasconcelos/Aervo Aquas)

Conservação *Conservation*

Ana Carolina Oliveira de Meirelles
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems – AQUASIS

Danielle Lima
Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá & Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá
Mamirauá Institute for Sustainable Development & Amapá Institute for Scientific and Technological Research

Katherine Fiedler Choi Lima
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems – AQUASIS



(Foto: Carol Mirelles/Acervo Aquasis)

Histórico da conservação do peixe-boi no Brasil

History of manatee conservation in Brazil

O peixe-boi-marinho há muito tempo habita águas brasileiras. E parecia ser uma espécie abundante, uma vez que foi descrito por vários personagens da história de exploração das terras deste país. O primeiro relato da espécie vem de um integrante da armada de Pedro Álvares Cabral, autointitulado “Piloto Anônimo”, que descreveu detalhes da expedição, incluindo as características da natureza e do povo que habitava as terras que chamariam de Brasil. Esta primeira descrição falava de um peixe pescado pelos nativos que seria “...comprido e redondo, e tinha a cabeça como um porco e os olhos pequenos e não tinha dentes e tinha orelhas compridas do tamanho dum braço, e da largura de meio braço. Por baixo do corpo tinha dois buracos, e a cauda era do comprimento dum braço e outro tanto de largura. E não tinha nenhum pé em sítio nenhum. Tinha pêlos como o porco e a pele era grossa como um dedo e as suas carnes eram brancas e gordas como a de porco” (PILOTO ANÔNIMO, 1500). Este relato já indicava que a espécie era consumida pelos índios na Bahia e que devido ao sabor e riqueza da carne, passou a ser também admirada pelos portugueses.

Depois deste, o documento histórico conhecido que fala sobre o peixe-boi na costa brasileira é aquele do Padre José de Anchieta, intitulado “Cartas de São Vicente” (1560). Neste, o relato é mais minucioso e fala, além da anatomia, sobre os hábitos da espécie e detalhes do consumo de sua carne, gordura e ossos. O interessante da narração é a descrição de que “...o denominam iguaraguã, frequente na Capitania do Espírito Santo e em outras localidades para o Norte, onde o frio não é tão rigoroso...”, sendo esta uma das principais características ambientais relacionadas à presença da espécie ao longo da costa das Américas.

Após Padre Anchieta, o historiador português Pêro de Magalhães Gandavo, autor do livro “História da Província de Santa Cruz, a que vulgarmente chamamos Brasil” (1576), descreveu detalhes da fauna da região entre São Vicente (SP) e Itamaracá (PE). Gandavo, além de fazer uma descrição da anatomia da espécie, também relatou que “estes peixes pela maior parte se acham em alguns rios ou baías nestas costas, principalmente são mais certos onde algum ribeiro ou regato se mete na água salgada, porque botam o focinho para fora e pascem as ervas que se criam em semelhantes partes, e também comem as folhas de umas árvores a que chamam mangues”. Este foi o primeiro registro da preferência de habitat pelos animais (estuários) e do mangue como item alimentar. Ao final de seu relato, o autor também fala sobre a captura do animal pelos nativos, utilizando arpões ou rede. Assim como os outros, Gandavo também diz que a carne do peixe-boi é muito saborosa, similar à de porco.

Já no final do século XVI, o português Gabriel Soares de Souza, navegador que tornou-se dono de engenho na Bahia, escreveu a obra “Tratado descritivo do Brasil” em 1587, considerada um importante relato sobre a geografia, flora, fauna e povos da região. Em seus relatos, ele fala da abundância de peixe-boi no Rio Real (na divisa entre Sergipe e Bahia), onde havia grandes pescarias da espécie. Além disso, o autor dedica um capítulo inteiro para o Guaraguá, que “é o peixe que os portugueses chamam de boi”, no qual chama a atenção para o fato de que o animal bebe água doce e come “de uma erva miúda como milhã que se dá ao longo da água”, provavelmente se referindo à fanerógama marinha *Halodule wrightii*. O autor também relata a forma como o animal é capturado: “a estes peixes se mata com arpões muitos grandes, atados a grandes arpoeiros mui

The West Indian manatee has long inhabited Brazilian waters. And it seems it was an abundant species, described by several characters in the history of this country's exploration. The first report of the species comes from an integrant of Pedro Álvares Cabral's Armada, self-entitled "Anonymous Pilot", who described in detail the expedition, including characteristics of the nature and the people that inhabited the lands later to be called Brazil. This first description was about a fish caught by the natives that was "... long and round, with a pig's head and small eyes and no teeth and long ears the length of an arm, and the width of half an arm. Underneath the body it had two holes, and the tail was the length of an arm and another in width. And it had no feet anywhere. It has hairs as a pig and its skin was thick as a finger and their meat was white and fat as pork" (Anonymous Pilot, 1500). This report already indicated that the species was consumed by Indians in Bahia and due to the meat's flavor and richness it became admired also by the Portuguese.

After this, the next known historic document that refers to the manatee on the Brazilian coast is that of Father José de Anchieta, entitled "Letters of Saint Vincent" (1560). This report is more detailed and cites, beyond the anatomy, the species' habits and details of the consumption of its meat, fat and bones. The most interesting part of the narration describes that "...they are called iguaraguã, and are frequent in the captaincy of Espírito Santo and in other locations to the North, where the cold is not as rigorous...", and this is one of the main environmental characteristics related to species' presence along the coast of the Americas.

After Father Anchieta, the Portuguese historian Pêro de Magalhães Gandavo, author of the book "The History of the Province of Santa Cruz, which we commonly call Brazil" (1576), described the details of the fauna of the region between São Vicente (SP) and Itamaracá (PE). Gandavo, besides describing the species' anatomy, also reported that "these fish are mostly found in some rivers or bays on these coasts, mainly where some stream or river trickles into the salt water, because they stick their muzzles out and graze the herbs that grow in similar areas, and they also eat the leaves of some trees that people call mangroves". This was the first record of the species' habitat preference (estuaries) and of the mangrove as a food item. At the end of his report, the author also describes the animal's capture by the natives, using harpoons or nets. Like the others, Gandavo also says that the manatee's meat was very tasty, similar to pork.

*At the end of the 16th century, the Portuguese Gabriel Soares de Souza, explorer that became a sugar mill owner in Bahia, wrote the "Descriptive Treaty of Brazil" in 1587, considered an important report about the geography, flora and fauna and people of the region. In his reports, he refers to the abundance of manatees in the River Real (on the border between Bahia and Sergipe), where there were large fisheries of the species. In addition, the author devotes a whole chapter to the Guaraguá, which "is the fish that the Portuguese call ox", in which he draws attention to the fact that the animal drinks freshwater and eats "a grass small as millet that grows in the water", probably referring to the seagrass *Halodule wrightii*. The author also reports how the animal is captured: "these fish are killed with very large harpoons, tied to long and strong ropes, and their cable tied to a barrel or other float, because the harpoon and rope are thrown at them, and the harpooner sails on a raft following the trail of the barrel or float that the fish drags behind itself with great fury, until the fish is drained of all its blood, and floats up dead; it is then hauled ashore or onto the boat, where it is flayed like a bullock".*

All these historical documents refer mainly to subsistence hunting, but with the manatees meat and fat being so appreciated, it was not long before the species became the target of commercial hunting. Father Antônio Vieira reported the shipment of 20 Dutch vessels with manatee (West Indian and Amazonian) meat, in 1660, in the region where the state of Amapá is currently located. However, the trade in West Indian

fortes, e no cabo delas atado um barril ou outra boia, porque lhe largam com o arpão a arpoeira, e o arpador vai em uma jangada seguindo o rasto do barril ou boia, que o peixe leva atrás de si com muita fúria, até que o peixe se vaza todo de sangue, e se vem acima da água morto; o qual levam atado à terra ou ao barco, onde o esfolam como novilho”.

Todos estes documentos históricos falam principalmente da caça de subsistência do peixe-boi-marinho, mas com a carne e a gordura tão apreciadas, não demorou para que a espécie se tornasse alvo da caça comercial. Padre Antônio Vieira relatou o embarque de 20 navios holandeses com carne de peixe-boi (marinho e amazônico), no ano de 1660, na região onde hoje localiza-se o estado do Amapá. Entretanto, o comércio da carne de peixe-boi-marinho não foi documentado como o do amazônico (DOMNING, 1982) e não há informações ou estatística sobre a quantidade de animais caçados nesta época ou depois. Sabe-se que, mesmo depois do fim da caça comercial, a espécie continuou sendo caçada para a subsistência e, com isso, foi exterminada dos estados onde antes era abundante e de onde surgiram suas primeiras descrições no país: Espírito Santo, Bahia e Sergipe.

Mesmo após a publicação da Lei de Proteção à Fauna pelo Governo Federal em 1967, a espécie continuou a ser caçada, pois não havia fiscalização ao longo dos milhares de quilômetros da costa norte e nordeste. Foi apenas a partir de 1980, sob a coordenação do antigo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), que os primeiros levantamentos em um esforço conjunto visando obter informações sobre o peixe-boi e as tartarugas marinhas no país tiveram início. Em campo, uma equipe formada por oceanólogos percorreu praias do norte, nordeste e sudeste à procura destes animais. Ao fim dos levantamentos, um deles, Catuetê Albuquerque, se estabeleceu na Barra do Rio Mamanguape, na Paraíba, onde foi implantada a primeira base do Projeto Peixe-boi. Para facilitar a captação e gestão de recursos, os técnicos do projeto criaram em 1989 a Fundação Mamíferos Marinhos (hoje Fundação Mamíferos Aquáticos), que atuou em conjunto com o governo no projeto até 2010, e continua trabalhando em prol da conservação da espécie.

No início da década de 90, um esforço de levantamento da distribuição, impactos e de realização de atividades de educação ambiental foi realizado no norte e nordeste do país pelo Projeto Peixe-boi. Além disso, Borobia e Lodi (1992), compilaram informações de registros da espécie em jornais do país, de coleções biológicas de universidades e de relatos de pesquisadores. Os registros datavam desde a década de 1970 e tinham origem principalmente na Paraíba, mas também no Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas e em Caravelas, no sul da Bahia. As mesmas autoras também estudaram a espécie na Barra do Rio Mamanguape.

Desde então, a atuação inicialmente governamental tem se somado à da sociedade civil no desenvolvimento de ações para o aumento do conhecimento e para a conservação do peixe-boi-marinho na costa brasileira.

No Ceará, a Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos (Aquasis), desde a sua criação em 1994, vem direcionando esforços para a conservação de espécies ameaçadas, com foco no peixe-boi-marinho. Essa região configura-se como a recordista em encalhes de filhotes da espécie, sendo estratégica a adoção de ações de resgate, reabilitação, pesquisa e de conservação para salvar os animais encalhados e para tentar diminuir os impactos que vêm causando o desequilíbrio ambiental responsável pelo aumento dos eventos registrados. Não é uma causa fácil, mas para a manutenção da espécie, precisa de dedicação e comprometimento.

manatee meat was not as well documented as for the Amazonian species (DOMNING, 1982) and there is no information or statistics on the quantity of animals hunted in those times or after. It is known that even after the end of the commercial hunting, the species continued to be hunted for subsistence and, with this, was exterminated from the states where it was once abundant and where its first descriptions in the country came from: Espírito Santo, Bahia and Sergipe.

Even after the publication of the Fauna Protection Law by the Federal Government in 1967, the species continued to be hunted, since there was no law enforcement over the thousands of kilometers of north and northeast coast. From 1980 only, under the coordination of the former Brazilian Institute of Forestry Development (IBDF), the first surveys in a joint effort aiming to obtain information on the manatees and sea turtles in the country began. In the field, the team formed by oceanographers travelled beaches to the north, northeast and southeast in search of these animals. At the end of the survey one of them, Catuetê Albuquerque, established himself at the estuary of the Mamanguape River, Paraíba, where the first base of the Manatee Project (Projeto Peixe-boi) was founded. To facilitate the acquisition and management of resources, the project's technicians created, in 1989, the Marine Mammals Foundation (nowadays called Aquatic Mammals Foundation), which worked together with the government until 2010 and still works for the species' conservation ever since.

At the beginning of the 1990's, an effort to study manatee distribution and threats and to carry out environmental education was conducted on the north and northeast of the country. In addition, Borobia and Lodi (1992) compiled information on records of the species in newspapers around the country, from university biological collections and researcher reports. The records dated back to 1970 and originated mainly from Paraíba, but also Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas and Caravelas, southern Bahia. The same authors also studied the species in the estuary of the Mamanguape River.

Since then, the initially governmental initiative summed up with the civil society to develop activities to improve the knowledge and conservation of the West Indian manatee along the Brazilian coast.

In Ceará, the Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems (Aquasis), since its creation in 1994, has been directing efforts to the conservation of threatened species, with focus on the West Indian manatee. This region holds the record for strandings of calves of this species, so the adoption of rescue, rehabilitation, research and conservation activities is strategic to save stranded animals and reduce the impacts that have been causing the environmental imbalance responsible for the increase in stranding events. It is not an easy task and, for the maintenance of the species, great dedication and commitment are necessary.

Ações e áreas prioritárias para a conservação

Priority activities and areas for conservation

Diante da crise atual da biodiversidade, exercícios que selecionam grupos de espécies e áreas prioritárias para a conservação tornam-se imprescindíveis, principalmente para o direcionamento dos esforços e delineamento de ações para evitar a extinção de espécies e ecossistemas e garantir serviços ecológicos (LOYOLA; LEWINSOHN, 2009; MARGULES; PRESSEY, 2000; LANGHAMMER *et al.*, 2007; ROCHA *et al.*, 2006).

Devido às ameaças que o peixe-boi-marinho vem sofrendo e a rápida degradação de seu habitat, a identificação de áreas prioritárias é uma importante estratégia de conservação da espécie. Através da identificação de sítios de alimentação, reprodução e cuidado parental, tanto através de entrevistas como de observações *in locu*, é possível identificar áreas importantes para a espécie.

A costa norte é reconhecida como uma das áreas prioritárias para a conservação do peixe-boi-marinho no país (MMA, 2002). Com cerca de 2.500 km de extensão, a região norte, desde a foz do rio Oiapoque, no Amapá, até a foz do rio Parnaíba, no Maranhão (ISAAC; BARTHEM, 1995), contempla uma das maiores faixas contíguas de manguezal do mundo (KJERFVE *et al.*, 2002), considerado este um dos ecossistemas detentores de características ecológicas favoráveis à manutenção do peixe-boi-marinho (LUNA *et al.*, 2008).

A relevância da costa norte para a conservação do peixe-boi-marinho se dá, especialmente, por abrigar um representativo percentual da população estimada para a espécie no Brasil, onde, aparentemente, está sujeita a uma menor frequência e diversidade de ameaças, se comparada àquelas distribuídas ao longo do litoral nordestino (LUNA, 2001; MMA, 2002; LUNA *et al.*, 2008; ICMBio, 2011). Ademais, esta porção do litoral apresenta a singularidade da coexistência do peixe-boi-marinho e do peixe-boi-da-amazônia em certos trechos influenciados pelo rio Amazonas (DOMNING, 1981; BEST; TEIXEIRA, 1992; VIANNA *et al.*, 2006), onde a ocorrência de hibridização interespecífica pode ser considerada um fator de ameaça à conservação destes sirênios (VIANNA *et al.*, 2006).

No nordeste do país, estudos foram efetuados pela Aquasis para determinar áreas prioritárias para a conservação do peixe-boi nos estados do Piauí (CHOI *et al.*, 2009b), Ceará e Rio Grande do Norte (CHOI, 2011). A região do estuário dos rios Timonha e Ubatuba (Figura 1), na divisa dos estados do PI com o CE, ainda se encontra bastante preservada. Há registros de ocorrência de peixes-bois até oito quilômetros rio acima, no município de Chaval (CE), denotando a importância deste rico ecossistema para a manutenção da população local desta espécie.

No litoral leste do Ceará e costa noroeste do Rio Grande do Norte, os municípios de Fortim, Aracati e Icapuí no CE (Figura 2), e Grossos, Areia Branca e Touros no RN (Figura 3), foram identificados como áreas de prioridade extremamente alta para a conservação do peixe-boi-marinho. Estas áreas são importantes locais de reprodução e cuidado parental da espécie, com praias calmas e abrigadas. Essas praias se tornam prioritárias para a conservação, já que os estuários encontram-se assoreados, impossibilitando a entrada dos animais nesses locais. Todos os estuários dessa região foram considerados como áreas de prioridade extremamente alta para a conservação do peixe-boi-marinho, devido à sua importância histórica para a espécie e potencialidade de recuperação desses ambientes.



Figura 1. Complexo estuarino dos rios Timonha e Ubatuba, na divisa do Ceará com o Piauí, importante área de ocorrência do peixe-boi-marinho e área prioritária para a conservação da espécie.

Figure 1. Estuarine complex of rivers Timonha and Ubatuba, on the border of Ceará and Piauí, is a significant area of occurrence of the West Indian manatee and a priority area for the conservation of this species.

Given the current biodiversity crisis, exercises that select groups of species and priority areas for conservation are indispensable, mainly to direct the efforts and plan activities to prevent the extinction of species and ecosystems and maintain ecological services (LOYOLA; LEWINSOHN, 2009; MARGULES; PRESSEY, 2000; LANGHAMMER *et al.*, 2007; ROCHA *et al.*, 2006).

Considering the current threats to West Indian manatees and the rapid degradation of their habitat, the identification of priority areas is an important strategy for their conservation. Through the identification of feeding, breeding and parental care areas, from both interviews and *in locu* observations, it is possible to identify important areas for the species.

The northern coast is recognized as one of the priority areas for the conservation of the West Indian manatee in the country (MMA, 2002). With approximately 2,500 km, the northern region, from the mouth of the Oiapoque River, in Amapá, to the mouth of the Parnaíba River, in Maranhão (ISAAC; BARTHEM, 1995), encompasses one of the longest contiguous stretches of mangroves in the world (KJERFVE *et al.*, 2002). This ecosystem possesses ecological characteristics favorable for the maintenance of the manatee (LUNA *et al.*, 2008) and, therefore, is a vital area for this species' conservation.

The relevance of the north coast for manatee conservation is due, especially, to the fact that it holds a representative percentage of the species' estimated population in Brazil, where, apparently, it is subject to a lower frequency and diversity of threats, if compared to those distributed along the northeastern coastline (LUNA, 2001; MMA, 2002; LUNA *et al.*, 2008; ICMBio, 2011). Moreover, this portion of the coastline presents the singularity of the coexistence of the West Indian and the Amazonian manatee in

Não existem estudos detalhados similares ao mencionado acima para outras regiões do país. No entanto, pode-se sugerir, com base em dados publicados, algumas áreas de prioridade extremamente alta para a conservação da espécie: Barra do Rio Mamanguape, na Paraíba; Porto de Pedras e São Miguel dos Milagres, em Alagoas; Barra do Sagi, no Rio Grande do Norte; Ilha do Gato, na Baía do Tubarão, em Humberto de Campos, Maranhão; Baía de São Marcos, em Alcântara, no Maranhão; Baía de São José, em Guarapiranga, no Maranhão; Ilha do Marajó, municípios de Salvaterra e Soure, no Pará; Ilha Maiandeuá (Algodoal), em Maracaná, no Pará; Ilhas de Maracá e Jipioca, no município do Amapá, no Amapá; estuário do rio Oiapoque, no Amapá. Algumas destas áreas estão inseridas em unidades de conservação, como discutido mais a frente neste capítulo. Entretanto, isto não tem garantido totalmente a proteção da espécie, que vem sofrendo com a degradação de seu habitat ao longo de toda a distribuição. Além disso, no norte do país, mesmo dentro de unidades de conservação, a espécie ainda é caçada.

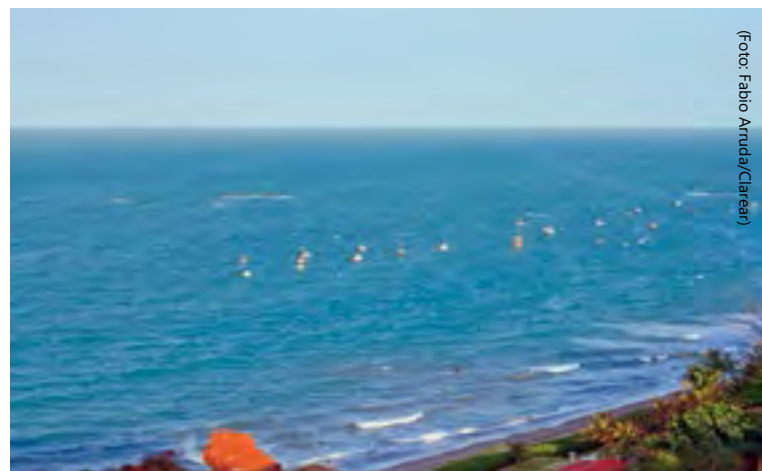


Figura 2. Icapuí, no litoral leste do Ceará.
Figure 2. Icapuí, on the east coast of Ceará.

certain sections influenced by the Amazon River (DOMNING, 1981; BEST; TEIXEIRA, 1992; VIANNA et al., 2006), where the occurrence of interspecific hybridization can be considered a threat factor to the conservation of these sirenians (VIANNA et al., 2006).

In the northeast of the country, Aquasis performed studies to determine priority areas for the conservation of the manatee in Piauí (CHOI, 2009), Ceará and Rio Grande do Norte (CHOI, 2011). The region around the estuaries of the rivers Timonha and Ubatuba (Figure 1), on the border of Piauí and Ceará, is well preserved. There are records of manatee occurrence up to eight kilometers up river, in the municipality of Chaval (CE), indicating the importance of this rich ecosystem for the maintenance of the local manatee population.

On the east coast of Ceará and the northwest coast of Rio Grande do Norte, the municipalities of Fortim, Aracati and Icapuí in Ceará (Figure 2), and Grossos, Areia Branca and Touros in Rio Grande do Norte (Figure 3), have been identified as extremely high priority areas for manatee conservation. These areas are important breeding and nursing sites, with calm and sheltered beaches. Those beaches have become priority conservation areas since all the estuaries are silted, making it impossible for the manatees to enter them. All estuaries in the region are considered of extremely high priority for manatee conservation, given their historical importance for the species and potential for restoration.

There are no detailed studies similar to the one mentioned above for other regions of the country. However, some extremely high priority areas can be suggested, based on data published in the literature: Mamanguape River Bar, in Paraíba; Porto de Pedras and São Miguel dos Milagres, in Alagoas; Sagi Bar, in Rio Grande do Norte; Gato island, in Tubarão Bay, Humberto de Campos, Maranhão; São Marcos Bay, in Alcântara, Maranhão; São José Bay, in Guarapiranga, Maranhão; Marajó Island, municipalities of Salvaterra and Soure, in Pará; Maiandeuá island (Algodoal), in Maracaná, Pará; Maracá and Jipioca islands, municipality of Amapá, Amapá; River Oiapoque estuary, Amapá. Some of these are located inside protected areas, as discussed later in this chapter. However, this has not guaranteed full protection for the species, which has been suffering with habitat degradation along its entire distribution. Additionally, on the north of the country, the species is still hunted, even within protected areas.

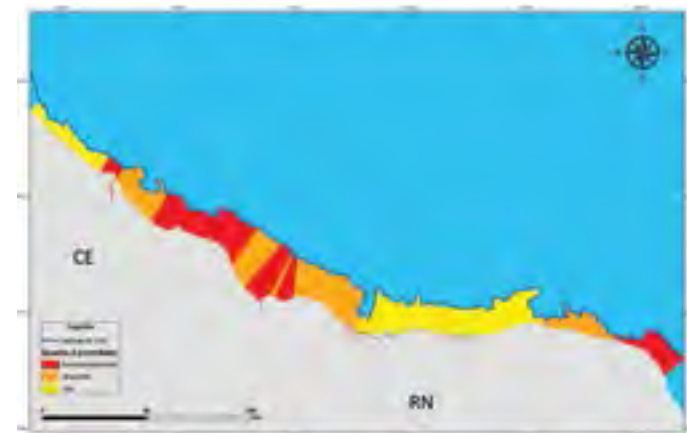


Figura 3. Áreas prioritárias para a conservação do peixe-boi-marinho no litoral leste do Ceará e noroeste do Rio Grande do Norte (Fonte: CHOI, 2011).
Figure 3. Priority areas for manatee conservation on the east coast of Ceará and northwest of Rio Grande do Norte (Source: CHOI, 2011).

Unidades de conservação Protected areas

A criação de unidades de conservação (UCs) como estratégia para proteção de espécies ameaçadas e seus habitats tem sido adotada em todo o mundo, utilizando-se comumente como espécies-bandeira aquelas denominadas megafauna, como é o caso do peixe-boi-marinho (HOOKER; BERGER, 2004). No entanto, para que estas áreas possam de fato proteger as espécies e seus habitats, elas precisam ser bem desenhadas, manejadas e monitoradas.

Para a conservação do peixe-boi-marinho, a primeira unidade de conservação criada no Brasil foi a Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra do Rio Mamanguape, em 1993. Em seu decreto, esta APA prevê “garantir a conservação do habitat do peixe-boi-marinho” e “proteger o peixe-boi-marinho”. No local foi implantada a primeira base do Projeto Peixe-boi, devido a presença de uma população da espécie no estuário e águas costeiras adjacentes (LUNA; PASSAVANTE, 2010). Até Julho de 2012, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) possuía um cativeiro de readaptação de peixe-boi ao ambiente natural em uma gamboa do rio, onde os animais passavam pela fase final de reabilitação antes de serem soltos. Atualmente, a Fundação Mamíferos Aquáticos desenvolve em parceria com a UFPE e a UFRPE, pesquisas na região visando a obtenção de dados populacionais e da qualidade do ambiente para a população nativa de peixes-bois (Figura 4).

Uma importante unidade de conservação que abrange uma ampla área nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão é a APA Delta do Parnaíba, criada em 1996 pelo governo federal com o objetivo de proteger os deltas dos rios Parnaíba, Timonha e Ubatuba (Figura 5). De acordo com o decreto de criação desta UC, dentro dos limites da APA fica proibido o “exercício de atividades que impliquem matança, captura ou molestamento de espécies raras da biota regional, principalmente do peixe-boi-marinho”. Há uma população da espécie que habita especialmente o estuário dos rios Timonha e Ubatuba (Figura 6 e 7) e águas costeiras adjacentes, que apresenta uma baixa taxa de enalhes, indicando que o ambiente apresenta ainda uma boa qualidade para os animais.

Entretanto, com a perspectiva de aumento do turismo desordenado somado à modificação nas artes e embarcações de pesca (vela e remo para motor), a Aquasis em conjunto com os gestores da APA Delta, do Centro Mamíferos Aquáticos e a Universidade Federal do Ceará, com apoio da SOS Mata Atlântica, Fundação Avina e Fundação Mamíferos Aquáticos, protocolaram a proposta de criação do “Refúgio de Vida Silvestre Peixe-boi-marinho” junto ao Ministério do Meio Ambiente em 2005, abrangendo a porção mais a leste da APA. Estudos complementares sobre a presença de peixe-boi e aves migratórias, além do diagnóstico da pesca, foram realizados e inseridos à proposta em 2008. Em dezembro de 2009 foram realizadas audiências públicas no Ceará e no Piauí, mas a unidade de conservação, apesar de sua importância para a preservação da espécie, não foi criada até a data de publicação deste livro, ou seja, 11 anos após a apresentação da proposta.

Na região da APA Delta, a ONG Comissão Ilha Ativa (CIA) em parceria com o ICMBio e a Aquasis, através do Projeto Pesca Solidária, desenvolve pesquisas

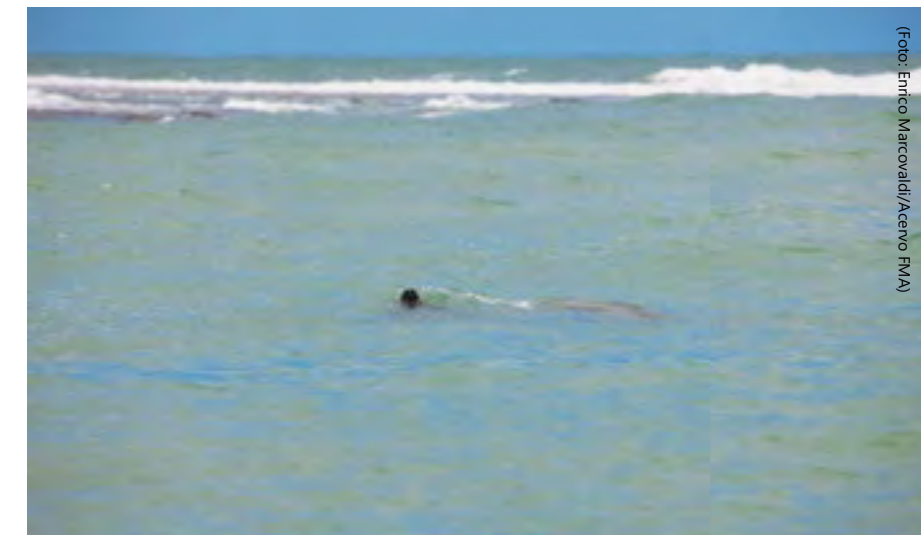


Figura 4. Peixe-boi-marinho na Barra de Mamanguape.
Figure 4. West Indian manatee in the Mamanguape River estuary.

The creation of protected areas (PAs) has been adopted throughout the world as a strategy for the conservation of threatened species and their habitats, commonly using megafauna as flagship species, as is the case of the manatee (HOOKER; BERGER, 2004). But in order for these areas to effectively protect endangered species and their habitats, they must be well designed, managed and monitored.

The first PA created in Brazil for the conservation of the West Indian manatee was the Mamanguape River Estuary Environmental Protection Area (APA), in 1993. According to its Decree, this PA should “guarantee the conservation of the West Indian manatee’s habitat” and “protect the West Indian manatee”. The first station of the Manatee Project was implanted there due to the presence of a population of the species in the estuary and adjacent coastal waters (LUNA; PASSAVANTE, 2010). Until July 2012, the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) held a soft-release enclosure for the acclimatization of manatees to the natural environment in this river, where the animals went through the final phase of rehabilitation before being released. Currently, the Aquatic Mammals Foundation (FMA) develops research in the region, in partnership with Federal Universities (UFPE and UFRPE), to obtain population and environmental quality data for the wild manatee population (Figure 4).

An important PA covers a wide area in the states of Ceará, Piauí and Maranhão – the Parnaíba Delta APA, created in 1996 by the federal government to protect the deltas of the rivers Parnaíba, Timonha and Ubatuba (Figure 5). According to its decree, within the APA’s limits it is prohibited to “carry out activities that involve killing, capturing or molesting rare species of the region’s biota, especially the West Indian manatee”. There

visando a conservação do peixe-boi na região do estuário dos rios Timonha e Ubatuba e águas costeiras adjacentes. Além disso, são realizadas atividades de educação ambiental nas escolas e associações de moradores e pescadores da região (ver capítulo 9).

Outra importante área marinha protegida, criada em 1997, que tem como um dos objetivos “manter a integridade do habitat e preservar a população do peixe-boi-marinho” na costa de Alagoas e Pernambuco é a APA Costa dos Corais (Figura 8). Esta APA percorre 130 km de costa, desde Tamandaré (PE) até Paripueira (AL). Na região da APA já foram instalados diversos cativeiros de readaptação para os peixes-bois reabilitados em Itamaracá (PE) pelo IBAMA e pelo ICMBio. O primeiro foi instalado na praia de Paripueira e recebeu os primeiros peixes-bois soltos na natureza, em 1994, Astro e Lua. Após mais de 20 anos na natureza, estes animais ainda são monitorados e se adaptaram completamente ao ambiente natural. Atualmente existe um cativeiro em funcionamento dentro do Rio Tatuamunha, em Porto de Pedras (NORMANDE *et al.*, 2014).

Além das UCs que já existem, há necessidade de criação de outras para garantir a conservação do peixe-boi-marinho na costa brasileira. O crescimento desordenado das cidades costeiras, o despejo de efluentes, a construção de portos, marinas, estaleiros, dragagens, atividades relacionadas à indústria de óleo e gás, a realização de pescarias ilegais, além da captura intencional, atuando de forma sinérgica, têm gerado impactos diversos na espécie. Considerando que a região compreendida entre o litoral leste do Ceará e noroeste do Rio Grande do Norte abriga uma população residente de peixe-boi-marinho (Figura 9) com aproximadamente 200 indivíduos e que esta área é a recordista nacional em encalhes da espécie, principalmente de neonatos vivos, torna-se importante a



Foto: Alberto Campos/Azevo Aquasis

Figura 5. Estuário dos rios Timonha e Ubatuba, na divisa dos estados do Ceará e Piauí, dentro da APA Delta do Parnaíba.
Figure 5. Estuary of rivers Timonha and Ubatuba, on the border of Ceará and Piauí, within the Delta do Parnaíba APA.

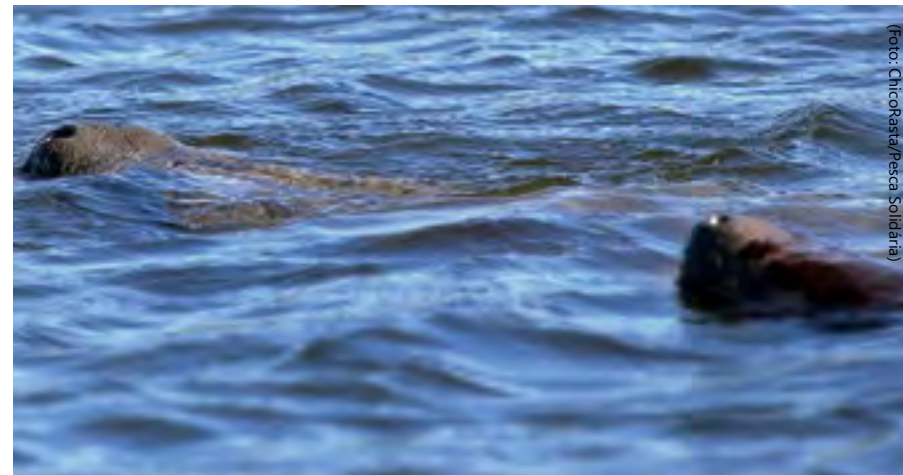


Foto: ChicoRasta/Pesca Solidária

Figura 6. Adulto com filhote de peixe-boi no estuário dos rios Timonha e Ubatuba.
Figure 6. Manatee adult with calf in the Timonha/Ubatuba estuary.

is a population of the species inhabiting mainly the estuaries of the rivers Timonha and Ubatuba (Figure 6 and 7) and adjacent coastal waters that presents a low stranding rate, indicating good environmental quality for the animals.

Nonetheless, with the prospect of increased disorderly tourism added to changes in the techniques and vessels used for fishing (sailing and rowing to engine vessels), Aquasis together with the managers of the Delta APA, the Aquatic Mammals Center (CMA) and the Federal University of Ceará (UFC), with support from the SOS Mata Atlântica, Avina Foundation and Aquatic Mammals Foundation (FMA), have filed a proposal for the creation of a “Manatee Wildlife Refuge” with the ministry of the environment (MMA) in 2005, to cover the most easterly portion of the APA, mainly the Timonha/Ubatuba estuary. Complementary studies on the presence of manatees and migratory birds, in addition to a fisheries diagnosis, were performed and included in the proposal in 2008. In December 2009, public hearings were held in Ceará and Piauí, but the Refuge, despite its importance for the preservation of the species, had not been created by the publication of this book, i.e., 11 years after the proposal was submitted.

In the region of the Delta APA, the NGO ‘Comissão Ilha Ativa’ (CIA), in partnership with ICMBio and Aquasis, through the ‘Projeto Pesca Solidária’, develops research for the conservation of manatees in the region of the Timonha and Ubatuba estuary and adjacent coastal waters. In addition, environmental education activities are carried out in the schools and residents and fishermen associations in the region (see Aquasis and Manati Project Chapter).

*Another important Marine Protected Area, created in 1997, with the purpose of “maintaining the integrity of the habitat and preserving the manatee population” on the coast of Alagoas and Pernambuco is the Costa dos Corais APA (Figure 8). This APA runs along 130 km of coastline, from Tamandaré (PE) to Paripueira (AL). Several soft-release enclosures have been set up there for the acclimatization of manatees rehabilitated in Itamaracá (PE) by IBAMA and ICMBio. The first one was built on Paripueira beach and received the first manatees to be released back to nature, in 1994, Astro and Lua. After more than 20 years in nature, these animals are still monitored and adapted fully to the natural environment. There is currently one soft-release facility in operation in the Tatuamunha River, in Porto de Pedras (NORMANDE *et al.*, 2014).*

sua proteção. Assim, em 2008 um grupo formado por comunidades costeiras, órgão ambientais federais, ONGs nacionais e internacionais e representantes do poder público de quatro municípios do litoral leste do Ceará (Beberibe, Fortim, Aracati e Icapuí), propuseram ao ICMBio a criação de uma área marinha protegida de uso sustentável nesta região (Figura 10) visando a preservação de importantes atributos de biodiversidade, como o peixe-boi-marinho, aves migratórias e berçários da vida marinha. O grupo fez 16 oitivas na região para garantir a participação das comunidades litorâneas no processo e apresentou os resultados junto com o diagnóstico socioambiental ao ICMBio em 2009, junto com a proposta de categoria de Área de Proteção Ambiental. Esta categoria de uso sustentável foi sugerida para permitir a conciliação de uso e ocupação da região com a conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais. A proposta ainda está sendo analisada pelo órgão.

Além disso, em Icapuí, no extremo leste do Ceará há também duas APAs municipais, da Barra Grande (2000) e de Ponta Grossa (1998), que até 2014 possuíam delimitação apenas terrestre. Através de uma parceria da Secretaria de Meio Ambiente do Município com a Aquasis, foi feita uma proposta de republicação das leis de criação das APAs, com a inclusão de área marinha, principalmente para a proteção do peixe-boi-marinho e do Banco dos Cajuais, um importante berçário da vida marinha na região (Figura 11).

No norte do Brasil, existem muitas Reservas Extrativistas (RESEX) onde o peixe-boi-marinho é encontrado, principalmente no estado do Pará, como a RESEX Maracanã, onde Emin-Lima *et al.* (2010) reportaram a ocorrência de peixe-boi na Ilha Maiandeuá (ou Ilha do Algodão); e a RESEX de Soure, na Ilha de Marajó, onde os mesmos autores registraram a presença da espécie. Sousa (2008)



Foto: ChicoRasta/Pesca Solidária

Figura 7. Ponto-fixe de monitoramento de peixe-boi na barra do estuário dos rios Timonha e Ubatuba.
Figure 7. Fixed platform for monitoring manatees in the Timonha/Ubatuba estuary.



Foto: Enrico Marcolini/Azevo FMA

Figura 8. Foz do rio Tatuamunha, em Alagoas, na APA Costa dos Corais.
Figure 8. Tatuamunha River mouth, Alagoas, in the Costa dos Corais APA.

In addition to the already existing PAs, there is an urgent need for others to ensure the conservation of the manatee along the Brazilian coast. The disorderly growth of coastal cities, pollution, the construction of ports, marinas, shipyards, dredging, activities related to the oil and gas industry, such as seismic and drilling, and illegal fishing, besides incidental capture, act synergistically to generate various impacts on the species. Considering that the region between the east coast of Ceará and northwest of Rio Grande do Norte harbors a resident manatee population (Figure 9), with approximately 200 individuals, and that this area holds the national record for strandings, mainly of live newborns, its protection is extremely important. Thus in 2008 a group formed by coastal communities, federal environmental organizations, national and international NGOs and representatives of the public authorities of four municipalities on the east coast of Ceará (Beberibe, Fortim, Aracati and Icapuí), proposed to ICMBio the establishment of a sustainable use marine protected area in this region (Figure 10), to protect important biodiversity attributes, such as the manatee, migratory birds and marine life nurseries. The group has held 16 public hearings in the region to ensure the participation of coastal communities in the process. The results were presented, along with the socio-environmental diagnosis, to the ICMBio in 2009, proposing the Environmental Protection Area (APA) category. This category of sustainable use was suggested to allow the reconciliation between the use and occupation of the region with the conservation of biodiversity and environmental services. The proposal is still being analyzed by ICMBio.

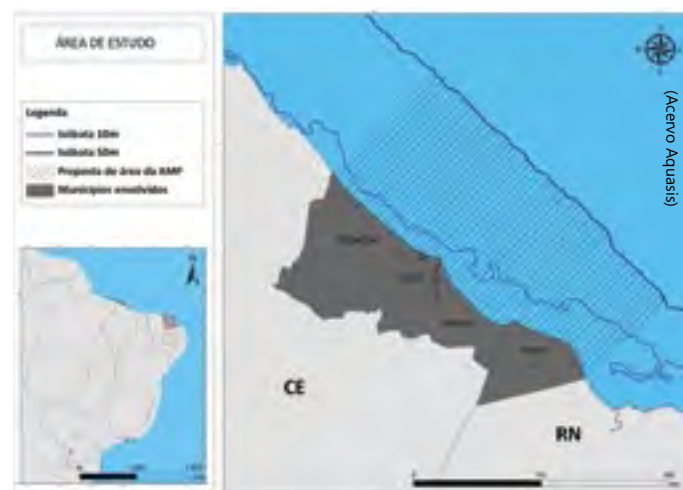
In Icapuí, on the most easterly coast of Ceará, there are also two municipal APAs, Barra Grande (2000) and Ponta Grossa (1998). Until 2014 they were only terrestrial but Aquasis, in partnership with the Environment Secretary, proposed the amendment of these APAs creation decrees, to include a marine area, mainly for the protection of the manatee and Cajuais Bank, an important marine life nursery in the region (Figure 11).

*On the north of Brazil, there are many Extractivist Reserves (RESEX) where the West Indian manatee is found, mainly in the state of Pará, such as the RESEX Maracanã, where Emin-Lima *et al.* (2010) reported the occurrence of manatees in Maiandeuá Island (or Algodão Island); and the RESEX Soure, on Marajó Island, where the same*



(Foto: Alberto Campos/Acervo Aquass)

Figura 9. Peixe-boi na Praia do Morro dos Ventos, em Icapuí, litoral leste do Ceará.
Figure 9. Manatee at Morro dos Ventos beach, Icapuí, east coast of Ceará.



(Acervo Aquass)

Figura 10. Proposta de desenho da APA Marinha do Litoral Leste do Ceará.
Figure 10. Design proposal for the East Coast Ceará Marine Protected Area.



(Acervo Aquass)

Figura 11. Delimitação das APAs da Barra Grande e da Ponta Grossa, unidades de conservação do município de Icapuí.
Figure 11. Barra Grande and Ponta Grossa APAs design, in the municipality of Icapuí.



(Foto: Luiz Sabioni/GEMAM-IDSMM)

Figura 12. Restinga na região da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca, com destaque para Paraturá (*Spartina sp.*), um dos itens alimentares do peixe-boi-marinho na costa do Amapá.

Figure 12. 'Restinga' in the region of the Maracá-Jipioca Ecological Station, with emphasis to salt marsh grass (*Spartina sp.*), one of the manatees' food items on the coast of Amapá.

reportou a ocorrência das duas espécies de sirênios nessa região, principalmente nos igarapés do Mata-fome/Praia do Garrote e na Praia do Porto. Ainda neste estado, onde a espécie ocorre ao redor de ilhas e em reentrâncias, e a logística envolvendo a realização de pesquisas torna-se onerosa, o Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos da Amazônia (GEMAM) tem se dedicado a ações de pesquisa e conservação do peixe-boi-marinho.

No estuário amazônico e na costa do Amapá, Barbosa (2013) investigou a presença de peixe-boi em sete unidades de conservação federais e estaduais. A autora constatou a presença das duas espécies na Estação Ecológica (ESEC) Maracá-Jipioca, no Parque Nacional (PARNA) do Cabo Orange e na Reserva Biológica (REBIO) Parazinho. De acordo com a autora, capturas acidentais de peixe-boi-marinho foram registradas na Ilha de Maracá e praia da Batalha, em Bailique. Além disso, em dezembro de 2013, o ICMBio resgatou um filhote neonato da espécie na ESEC Maracá-Jipioca (Figura 12), que encontra-se em reabilitação no CETAS/IBAMA em Amapá sob a coordenação do IEPA e do IDSMM (ver Capítulo Reabilitação).

Ainda no Amapá, a espécie ocorre no PARNA do Cabo Orange, unidade de conservação de proteção integral no norte do Amapá, nos municípios de Calçoene e Oiapoque. De acordo com De Thoisy *et al.* (2003), os peixes-bois podem ser encontrados até 80 km acima no rio Oiapoque. Os autores indicam que na região da foz a espécie ainda é muito caçada. Além disso, de acordo com informações da Agência de Pesca do Estado do Amapá (2012), o igarapé Mangueirinha, no rio Uaçá, é um importante local de ocorrência de peixe-boi. Este fica localizado em terras indígenas, onde, tanto funcionários da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), quanto os próprios índios declararam que a espécie tornou-se rara.

authors reported the presence of the species. Sousa (2008) reported the occurrence of the two species of sirenians in this region, mainly in the Mata-fome/Garrote Beach igarapés and in Porto Beach. Also in this state, where the species occurs around the islands and inside inlets, and the research logistics are costly, the Aquatic Mammals Research Group of the Amazon (GEMAM) has been dedicated to manatee research and conservation activities.

In the Amazon estuary and on the coast of Amapá, Barbosa (2013) investigated the presence of manatees in seven federal and state protection areas. The author found the two species in the Ecological Station (ESEC) Maracá-Jipioca, in the Cape Orange National Park (PARNA) and in the Parazinho Biological Reserve (REBIO). According to the author, incidental manatee captures were recorded in the Maracá Island and Batalha Beach, in Bailique. In addition, in December 2013, the ICMBio rescued a neonate of the species in the ESEC Maracá-Jipioca (Figure 12), which is being rehabilitated at CETAS/IBAMA in Amapá, under coordination of IEPA and IDSMM (see Rehabilitation Chapter).

Also in Amapá, the species occurs in the Cape Orange PARNA, an integral protection area (PA) on the north of Amapá, in the municipalities of Calçoene and Oiapoque. According to De Thoisy *et al.* (2003), manatees can be found up to 80 km into the Oiapoque River. The authors indicate that in the estuary region the species is still frequently hunted. Besides, according to information from the Amapá State Fisheries Agency (2012), the Mangueirinha igarapé, in the Uaçá River, is an important manatee occurrence site. This is located inside indigenous lands where, both the National Indian Foundation (FUNAI) staff and the Indians themselves, declare the species has become quite rare.

Rede de encalhes *Strandings network*

Um mamífero aquático encalhado é uma fonte importante de informação. Além da identificação das espécies que ocorrem na região, um registro de encalhe pode fornecer dados sobre a biologia da espécie (reprodução, idade, dieta, etc.), causa de mortalidade, estado de saúde, impactos antrópicos, taxonomia, entre outros. O monitoramento sistemático de encalhes também pode fornecer pistas sobre eventos incomuns, de origem natural ou antrópica.

Em todo o mundo, universidades, agências federais e organizações não governamentais têm se dedicado ao registro de encalhes de mamíferos aquáticos como ferramenta para o aumento do conhecimento e a geração de dados para subsidiar ações de manejo e conservação. Em alguns países, estas instituições têm se organizado através da formação de redes, geralmente com uma coordenação governamental, que também dá algum subsídio para a execução das atividades. Como exemplo, pode-se citar o *Marine Mammal Health and Stranding Response Program*, criado pela *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, órgão do governo americano, em 1992.

No Brasil, encalhes de mamíferos marinhos têm sido registrados por pesquisadores nacionais desde a década de 60 (e.g., DE CARVALHO, 1961, 1963), com um aumento de esforço e publicação a partir da década de 80. Ao final da década de 1990, já existiam diversos grupos no país dedicados aos estudos dos mamíferos aquáticos e que coletavam carcaças de animais e resgatavam espécimes vivos, de forma dedicada ou oportunista, como fonte para o desenvolvimento de pesquisas. Visando o trabalho em rede e o desenvolvimento de atividades padronizadas, em 2000, em conjunto com o governo, através do IBAMA, nove instituições do nordeste criaram a "Rede de encalhes de mamíferos aquáticos do Nordeste" (REMANE). A rede é coordenada pelo Centro Mamíferos Aquáticos (CMA) e gerida pelo Comitê Gestor formado por representantes das instituições. Desde a sua criação, oficinas anuais foram realizadas até o ano de 2013, com o estabelecimento de diversas ações em conjunto e a publicação do "Protocolo de conduta para encalhes de mamíferos aquáticos" (IBAMA, 2005).

A stranded aquatic mammal is an important source of information. In addition to identifying the species that occur in the region, a stranding can provide data on the species' biology (breeding, age, diet, etc.), cause of mortality, health state, anthropic impacts, and taxonomy, among others. The systematic monitoring of strandings can also provide clues about unusual events, of natural or anthropic origin.

Throughout the world, universities, federal agencies and non-governmental organizations have been dedicated to recording aquatic mammal strandings as a tool for increasing knowledge and data generation to subsidise management and conservation actions. In some countries, these institutions have been organizing themselves into networks, usually with governmental coordination, which also provide some financial aids for the execution of activities. As an example, the Marine Mammal Health and Stranding Response Program, by the National Oceanic and Atmospheric Administration, was created in 1992 by the American government.

In Brazil, marine mammal strandings have been recorded by national researchers since the 1960's (e.g., DE CARVALHO, 1961, 1963), with an increase in effort and publications from the 1980's. At the end of the 1990's, there were already several groups in the country dedicated to the study of aquatic mammals that would collect animal carcasses and rescue live specimens, opportunistically or in a dedicated way, as a source for the development of research. In 2000, aiming to establish a network and standard procedures, nine northeastern institutions formed the "Aquatic Mammals Stranding Network of the Northeast (REMANE), in conjunction with the government, through IBAMA. The network is coordinated by the Aquatic Mammals Center (CMA) and managed by a Management Committee, formed by institution representatives. Since its creation, annual workshops were performed until 2013, with the development of joint activities and the publication of the "Aquatic Mammal Strandings Protocol" (IBAMA, 2005).

Educação ambiental *Environmental education*

Atualmente, as principais ameaças ao peixe-boi-marinho no Brasil estão relacionadas com a degradação de seus habitats e a capturas acidentais em redes de pesca (MEIRELLES, 2008; PARENTE *et al.*, 2004). A presença dos peixes-bois nas regiões costeiras e ribeirinhas significa interações e contatos com as diferentes atividades humanas que ali se desenvolvem.

A participação da população, principalmente dos moradores das comunidades, nos processos de conservação da espécie, pode ser uma garantia para diminuir as ameaças geradas no convívio com o ser humano. O Plano de Ação Nacional para a Conservação de Sirênios (ICMBio, 2011) elenca uma série de providências necessárias e extremamente importantes para minimizar os impactos sobre o peixe-boi-marinho e, assim, permitir a recuperação de suas populações. Uma das metas do PAN Sirênios é a "Educação ambiental voltada para a conservação do peixe-boi-marinho" (Meta 5), com 24 ações elencadas em toda a área de ocorrência da espécie.

Dentre as ações da meta 5 (educação ambiental) do Plano de Ação Nacional, podemos destacar:

1. o desenvolvimento de programas de educação ambiental de caráter contínuo e permanente nas comunidades de ocorrência do peixe-boi-marinho;
2. o envolvimento das comunidades por meio de suas lideranças comunitárias e gestores locais nas atividades relativas à conservação do peixe-boi-marinho;
3. a articulação com o ICMBio para a realização de campanhas de divulgação da espécie em nível nacional;
4. a produção de material didático como ferramenta no processo educativo, como por exemplo: uma cartilha que enfoque o conhecimento a respeito da biologia e ecologia do peixe-boi a partir dos saberes populares, especialmente do público infantil;
5. a capacitação de multiplicadores locais voltados para práticas ambientalmente corretas;
6. a articulação e implementação de capacitações voltadas ao desenvolvimento socioambiental das comunidades;
7. o envolvimento das comunidades nos processos de pesquisa, participando as mesmas dos resultados alcançados proporcionando um sentimento de pertencimento e valorização local;
8. o desenvolvimento de um plano de ação para educação ambiental a ser aplicado em conjunto com o ensino formal (escolas/creches da rede pública e privada);
9. a sensibilização de chefes e conselhos das UCs acerca dos problemas relacionados ao peixe-boi-marinho.

De modo geral, as ações de informação e educação ambiental para a espécie no Brasil têm sido conduzidas na última década por órgãos ambientais do Governo Federal (Centro Mamíferos Aquáticos - CMA/ICMBio; APA Delta do Parnaíba - ICMBio; APA Costa dos Corais - ICMBio; APA Barra de Mamanguape), instituições de ensino superior e pesquisa (Universidade Federal de Pernambuco, Universidade



Figura 13. Jogo Ecológico "Protegendo a biodiversidade Marinha".
Figure 13. Ecological game "Protecting Marine Biodiversity".

*Currently, the major threats to the West Indian manatee in Brazil are related to habitat degradation and incidental catches in fishing nets (MEIRELLES, 2008; PARENTE *et al.*, 2004). The manatees' presence in coastal and riverine regions means interactions and contact with the various human activities developed there.*

Popular participation in the conservation process, especially by local communities, might decrease the threats of living near human beings. The National Action Plan for the Conservation of Sireniacs (ICMBio, 2011) lists a series of necessary and extremely important steps to minimize the impacts on manatees and, thus, allow their recovery. One of the targets of the Sirenian Action Plan is "environmental education directed at the conservation of the West Indian manatee" (Goal 5), with 24 actions listed for the species' entire occurrence area.

Among the Goal 5 (Environmental Education) actions of the National Action Plan, the following can be highlighted:

1. the development of permanent and continuous environmental education programs for the communities where there is manatee occurrence;
2. community involvement, through local leaders and administrators, in activities relating to manatee conservation;
3. articulation with ICMBio to develop campaigns to promote the species' conservation at national level;
4. the production of didactic material as a tool for the educational process, for example: a booklet focusing on the popular knowledge of manatee biology and ecology, especially of the younger public;



Figura 14. Cartilha "Araúê – As aventuras de um peixe-boi-marinho".
Figure 14. Booklet "Araúê - the adventures of a West Indian manatee".

Estadual do Rio Grande do Norte – UERN, Universidade Federal do Maranhão), bem como por organizações não governamentais (Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá/Grupo de Pesquisa em Mamíferos Aquáticos Amazônicos - IDSM/GPMAA, Fundação Instituto para o Desenvolvimento da Amazônia/Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos da Amazônia/Museu Emílio Goeldi - FIDESA/GEMAM, Comissão Ilha Ativa - CIA, Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos - AQUASIS, Fundação Mamíferos Aquáticos - FMA, Instituto Mamíferos Aquáticos – IMA, Instituto Biota de Conservação, Instituto Tartarugas do Delta).

Na região norte do país, o GPMAA/IDSM vem desenvolvendo palestras de educação ambiental voltadas para a conservação de mamíferos aquáticos no Amapá, principalmente nos municípios de Oiapoque, Amapá, Cutias do Araguari e Santana. Já no Pará, com o propósito de minimizar as ações humanas que influenciam negativamente a conservação dos mamíferos aquáticos o GEMAM desenvolve trabalhos de educação ambiental voltados principalmente para ressaltar a importância dos mamíferos aquáticos e para a diminuição da interação com a pesca. Os trabalhos desenvolvidos por esse grupo visam desde a sensibilização dos pescadores, por meio da inclusão de temáticas ambientais no cotidiano das comunidades, até ações como a investigação do conhecimento das comunidades pesqueiras. Ainda no Pará, o grupo Biologia e Conservação de Mamíferos Aquáticos da Amazônia, da Universidade Federal do Pará, realiza palestras, oficinas de atendimento a encalhes e atividades com cartilhas e jogos usando o conhecimento local sobre os mamíferos aquáticos com alunos da rede pública na região do baixo Tocantins e região insular de Belém.

Na região nordeste, no estado do Piauí, a ONG Comissão Ilha Ativa - CIA, atua em diversas frentes de educação ambiental. As ações executadas direcionam-se para fomentar a gestão participativa pela organização social e para a criação

5. capacity-building for local multipliers focusing on environmentally correct practices;
6. the implementation of capacity-building directed at the socio-environmental development of communities;
7. community involvement in the research process, so they can be a part of the results achieved, promoting a feeling of belonging and local valuing;
8. developing an action plan for environmental education to be applied in conjunction with the formal education (public and private schools/daycare centers);
9. awareness raising in the PAs chairs and council members about the problems relating to manatees.

In general, during the last decade, manatee environmental information and education activities in Brazil have been conducted by the environmental agencies of the Federal Government (Aquatic Mammals Centre - CMA/ICMBio; Delta do Parnaíba APA – ICMBio; Costa dos Corais APA – ICMBio; Barra de Mamanguape APA – ICMBio), higher education and research institutions (Federal University of Pernambuco - UFPE), State University of Rio Grande do Norte – UERN, Federal University of Maranhão - UFMA), as well as non-governmental organisations (Mamirauá Institute for Sustainable Development - IDSM/Amazonian Aquatic Mammals Research Group - GPMAA, Foundation Institute for the Development of the Amazon - FIDESA/Aquatic Mammals Research Group of the Amazon - GEMAM/Emílio Goeldi Museum, Ilha Ativa Commission - CIA, Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems - AQUASIS, Aquatic Mammals Foundation - FMA, Aquatic Mammals Institute – IMA, Biota Institute for Conservation, Tartarugas do Delta Institute).

In the country's north region, the GPMAA/IDSM have been developing environmental education talks about the conservation of aquatic mammals in Amapá, mainly in the municipalities of Oiapoque, Amapá, Cutias do Araguari and Santana. In Pará, in an attempt to minimise human actions that negatively influence aquatic mammal conservation, the GEMAM develops environmental education activities that emphasize primarily the importance of aquatic mammals and the need of reducing interaction with fisheries. The activities vary from awareness raising with fishermen, through the inclusion of environmental issues in their daily lives, to researching the traditional knowledge of fishing communities. Also in Pará, the Biology and Conservation of Aquatic Mammals of the Amazon Research Group - BioMA, from the Federal University of Pará - UFPA, carries out lectures, stranding workshops and games using the local knowledge about aquatic mammals with students from public schools in the region of Baixo Tocantins and insular region of Belém.

In the northeast region, in the state of Piauí, the NGO Ilha Ativa Commission - CIA, operates in different environmental education fronts. The actions are directed at fostering the participative management through social organization and the creation of shared decision-making spaces in the fishing activity. They also carry out surveys in the estuary to subsidise the management and conservation of natural resources, reconciling field research with traditional knowledge. Also, as a fundamental part of this institution's activities, transversal environmental education campaigns are performed, through lectures, visits to schools, ecological games, continuous educational activities for biodiversity protection along the occupied territory of the Parnaíba Delta APA, and the production of didactic and educational material to assist in environmental education. The Parnaíba Delta APA/ICMBio operates in the environmental awareness raising through the visitation centre at Cajueiro da Praia in Piauí, receiving the local population as well as schools, universities and tourists. In partnership with the Delta APA and CIA, Aquasis has been developing research, environmental education and management in the region.

In Ceará environmental education is being developed by the Manatí Project, through:

1. campaigns with the distribution of posters, folders, stickers and rescue cards, with the telephone number for the 24-hour stranding response program;
2. training actions with institutions and/or coastal community groups to form multipliers, approaching the popular and traditional cultures along with

de espaços de decisões compartilhadas na atividade pesqueira. São também realizadas pesquisas no estuário para subsidiar essa gestão e a conservação dos recursos naturais, conciliando pesquisas de campo com o conhecimento tradicional. Ainda, como parte fundamental das ações desta instituição, são executadas campanhas transversais de educação ambiental, através da realização de palestras, visitas às escolas, aplicação de jogos ecológicos, ações educativas contínuas para proteção da biodiversidade ao longo da ocupação do território da Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba, e produção de material didático e educativo que auxilia nas ações de educação ambiental. A APA Delta do Parnaíba/ICMBio atua na sensibilização ambiental, através da estrutura de visitação existente na praia de Cajueiro da Praia no PI, recebendo a população local assim como escolas da região, universidades e turistas. Em parceria com a APA Delta e a CIA, a Aquasis vem atuando no desenvolvimento de pesquisas, ações de educação ambiental e de gestão ambiental na região.

No Ceará, através do Projeto Manatí a educação ambiental vem sendo aplicada por meio de:

1. ações de divulgação com a distribuição de cartazes, folders, adesivos e cartões de resgate, com o número de telefone da equipe de plantão para o atendimento a encalhes;
2. ações de capacitação com instituições e/ou grupos das comunidades costeiras, para que essas pessoas atuem como multiplicadores, onde o objetivo é trabalhar as culturas populares e tradicionais em conjunto com os temas ambientais. Neste cenário é possível inserir as questões de conservação do peixe-boi-marinho, que foram ensinadas e aprendidas através da troca do conhecimento popular com o científico;
3. produção de material didático para o público infanto-juvenil, como o jogo ecológico "Protegendo a Biodiversidade Marinha" (Figura 13) e a cartilha "Araúê: As aventuras de um peixe-boi-marinho" (Figura 14). Ferramentas importantes na comunidade escolar, revelada pela participação dos professores envolvidos no trabalho, e no compromisso em dar continuidade em seus planejamentos e estratégias pedagógicas no cotidiano escolar. Os alunos das escolas trabalhadas têm mostrado o despertar de sua sensibilidade, envolvimento e interesse com as questões ambientais ao apresentarem poesias e comentários sobre a trama da história;
4. ações culturais, como a realização de eventos: regatas de mini-jangadas e mini-botes (Figura 16) e o cortejo do bumba-peixe-boi (Figura 17), com o intuito de estimular a conservação, onde o peixe-boi marinho é usado como a bandeira da conservação da zona costeira no CE e PI;
5. exposição fixa e itinerante sobre o peixe-boi-marinho e outros mamíferos marinhos onde é possível ver esqueletos de cetáceos e peixes-bois, e aprender um pouco sobre a biologia e conservação das espécies, assim como as ações do Projeto, em painéis autoexplicativos.

A realização de eventos culturais, que vêm sendo executados há mais de seis anos, como a regata de mini jangadas do peixe-boi-marinho e o cortejo ecológico, são atividades que deram um grande retorno com relação à conscientização das comunidades.

As ações do Projeto Manatí têm levado em médio prazo, a uma melhora no status de conservação do peixe-boi, tanto pela diminuição da degradação, como resultado das ações de educação ambiental, como pela mobilização da comunidade para resgatar e informar o encalhe de filhotes, que podem ser devolvidos para a natureza pela Aquasis após a reabilitação. A cada ano



Figura 15. Regata de mini embarcações do peixe-boi-marinho na comunidade de Redonda, Icapuí.
Figure 15. Manatee mini raft regatta in the Redonda community, Icapuí.

environmental themes. In this scenario it is possible to insert manatee conservation issues, which were taught and learned through the exchange between the popular and scientific knowledge;

3. production of didactic material for the young public, such as the ecological game "Protecting Marine Biodiversity" (Figure 13) and the booklet "Araúê: the adventures of a West Indian manatee" (Figure 14). These have become important tools for the school community, revealed by the participation of the teachers involved in the project and by their commitment with its continued inclusion in the schools' everyday planning and teaching strategies. The students have shown an awakening of their sensitivity, involvement with and interest in environmental issues by producing poems and comments based on the story;
4. cultural activities, such as events: mini raft and mini boat regattas (Figure 15) and the 'bumba-peixe-boi' procession (Figure 16), with the purpose of stimulating conservation, where the manatee is used as the flag for conservation of the coastal zone in Ceará and Piauí;



Figura 16. Bonecos de peixe-boi e golfinho utilizados nas atividades e eventos de educação ambiental.

Figure 16. Manatee and dolphin costumes used in the environmental education activities and events.

observa-se também um maior interesse dos moradores em participar das ações promovidas pelo projeto, um indicativo de maior sensibilização e interesse.

Também no nordeste, no estado de Alagoas, a Associação Peixe-boi, o Instituto BiomaBrasil e o Instituto Yandê vêm trabalhando em parceria com o ICMBio no desenvolvimento de ações de educação ambiental na APA Costa dos Corais, levando professores e alunos de escolas da região para conhecer o peixe-boi e seu habitat. A atividade é regulamentada por um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) e fiscalizada pela APA.

Em Pernambuco, o Centro Mamíferos Aquáticos/ICMBio mantém, até meados de 2015, uma área de visitação pública (Parque Temático Mamíferos Aquáticos) em sua sede em Itamaracá, Pernambuco, onde era possível visitar animais mantidos em cativeiro (ver capítulo de Reabilitação) e onde ações de educação ambiental eram desenvolvidas. Além disso, o CMA vem realizando ações de educação e sensibilização ambiental em diversos estados do norte e nordeste do país, onde este Centro especializado possuía bases avançadas.

Na Paraíba, a Fundação Mamíferos Aquáticos (FMA), através do Projeto Viva o peixe-boi-marinho, com patrocínio da Petrobras, realizou ações de educação ambiental e campanhas temáticas de sensibilização e informação sobre o peixe-boi, principalmente na região da Barra de Mamanguape. Nesta região, a FMA mantém a Eco-Oficina Peixe-boi & Cia, ação iniciada em 1994 para promover renda para as mulheres da comunidade através da produção de pelúcia de peixe-boi.

No litoral sul do Rio Grande do Norte, a ONG Ecomar, em parceria com a REBIO Atol das Rocas, realiza ações de educação ambiental através de palestras e exposições voltadas para a conservação dos mamíferos aquáticos que ocorrem no estado. Já no litoral noroeste, o Projeto Cetáceos da Costa Branca (PCCB/UERN) realiza palestras em associações de moradores e pescadores voltadas a apresentar os resultados de levantamentos realizados na região e a importância da conservação dos cetáceos e do peixe-boi.

5. exhibitions about the West Indian manatee and other marine mammals, including cetacean and manatee skeletons and self-explanatory panels with information about their biology and conservation, as well as the Project's activities.

The cultural events carried out for over six years, such as the manatee mini raft regatta and the ecological procession, have been successful in raising the communities' awareness.

The Project's initiatives have led, in the medium-term, to an improvement in the manatees' conservation status, both by a decrease in habitat degradation, as a result of environmental education, and by mobilising the community to rescue and report calf strandings, which can be released by Aquasis after rehabilitation. Each year a higher participation of residents in the activities promoted by the Project has been observed, indicating greater awareness and interest.

Also in the Northeast, in the state of Alagoas, the Peixe-boi Association, Bioma Brasil Institute and Yandê Institute have been working in partnership with ICMBio to develop environmental education activities in the Costa dos Corais APA, taking teachers and students from local schools to meet the manatees and their habitat. The activity is regulated by a Term of Adjustment of Conduct (TAC) and supervised by Costa dos Corais APA.

In Pernambuco, the Aquatic Mammals Center (CMA)/ICMBio maintained, until mid-2015, a public visitation area (Aquatic Mammals Theme Park) in its headquarters in Itamaracá, Pernambuco, where it was possible to visit the animals in captivity (see Rehabilitation Chapter) and take part in environmental education activities. In addition, the CMA has been conducting environmental education and awareness raising in various states of the North and Northeast, where it held advanced stations.

In Paraíba, the Aquatic Mammals Foundation (FMA), through the Project 'Viva o peixe-boi-marinho', sponsored by Petrobras, developed environmental education and awareness raising activities and thematic manatee information campaigns, mainly in the area of Mamanguape River Bar. In this region, the FMA maintains the Eco-Oficina Peixe-boi & Cia, a crafts workshop started in 1994 to generate income for women of the local community through the production of manatee stuffed toys.

In the south coast of Rio Grande do Norte, the NGO Ecomar performs environmental education through lectures and exhibits about the conservation of aquatic mammals in the state. On the northwest coast, the Cetaceans of Costa Branca Project (PCCB/UERN) performs lectures in residents and fishermen associations to present the results of surveys conducted in the region and the importance of cetacean and manatee conservation.

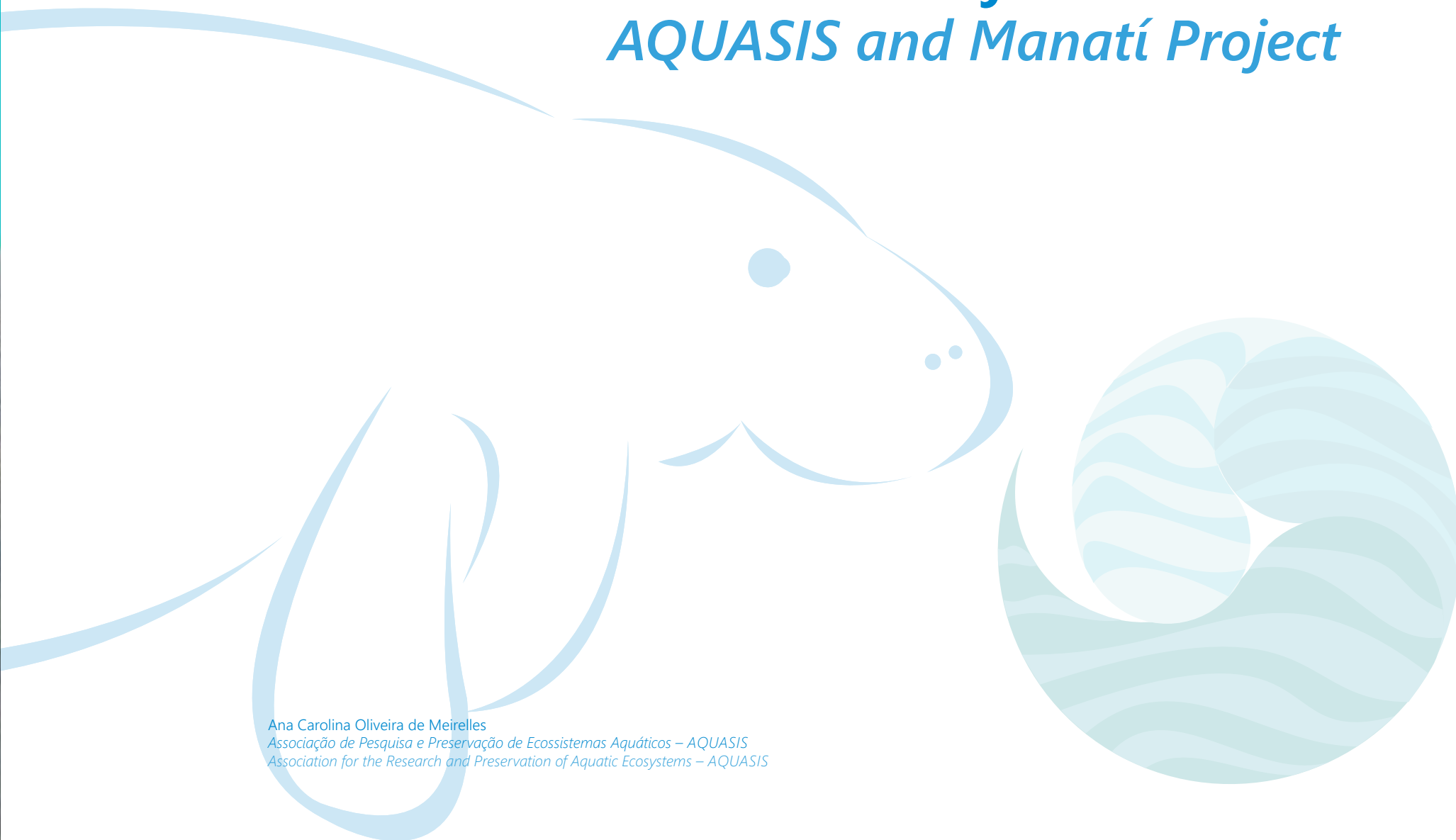




(Foto: Acervo Aquasis)

AQUASIS e Projeto Manatí

AQUASIS and Manatí Project



Ana Carolina Oliveira de Meirelles
Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS
Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems – AQUASIS



(Fotos: Acervo Aquasis)



AQUASIS AQUASIS

Em 1992, estudantes dos cursos de Ciências Biológicas e Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará (UFC) observaram que o mar de Fortaleza abrigava belos e pequenos golfinhos que davam shows na Praia de Iracema. Estes mesmo estudantes verificaram que frequentemente golfinhos como estes encalhavam nas praias da capital, com pedaços de rede presas ao corpo e carne e gordura removidas. Estimulados pela curiosidade, decidiram montar um grupo para compreender melhor esses animais e saber porque eles estavam morrendo. Assim, convidaram o prof. Dr. Cassiano Monteiro Neto, do Laboratório de Ciências do Mar da UFC (LABOMAR), especialista em peixes, para coordenar esse grupo, batizado de Grupo de Estudos de Cetáceos do Ceará (GECC). Logo, o GECC ganhou muitos agregados, maravilhados pela oportunidade de trabalhar com estes seres tão carismáticos. Com isso, foi possível estender os estudos para outras praias do estado e verificar que além daquele golfinho cinza (boto-cinza, *Sotalia guianensis*), outros mamíferos marinhos habitavam essa região, entre eles a gigante cachalote (*Physeter macrocephalus*) e o extremamente ameaçado peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*). Ainda em 1992, o GECC atendeu o primeiro encalhe desta espécie, um filhote que veio a óbito no Icaraí, na região metropolitana de Fortaleza.

Em 1994, com a experiência adquirida na realização de projetos e visando uma maior autonomia para ampliar a abrangência de suas ações, os integrantes do GECC fundaram uma Organização Não-Governamental, sem fins lucrativos, batizada de Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – Aquasis, que teve sede no LABOMAR em conjunto com o GECC até o ano de 1999. Em 2001, o GECC foi extinto e as atividades de pesquisa e conservação de cetáceos e sirênios foram incorporadas ao Programa de Mamíferos Marinhos da Aquasis.

Durante este período, a Aquasis e o GECC executaram importantes projetos. Entre eles pode-se destacar o Projeto Alarmes, realizado em parceria com o Prof. Dr. John Lien, da Memorial University de Newfoundland. John Lien desenvolveu no Canadá dispositivos para diminuir a captura acidental de baleias-jubarte em redes de pesca, através da emissão de sinais sonoros. Os dispositivos, projetados pela NASA e produzidos pela DUKANE, foram cedidos para o GECC para testar sua eficiência com o boto-cinza. Os resultados foram publicados na renomada revista científica *Marine Mammal Science*.

Além disso, em 1996 foi resgatado o segundo filhote vivo de peixe-boi-marinho no estado, em Quixaba, Aracati. O macho, batizado de Aldo, foi levado pela equipe do Projeto Peixe-boi/IBAMA para Itamaracá e solto em Alagoas. Até hoje esse peixe-boi vive dentro do rio Tatuamunha, onde pode ser observado descansando em águas rasas. No período em que permaneceu no LABOMAR, o GECC/Aquasis resgatou mais seis filhotes vivos. Esses filhotes permaneceram alguns dias em uma piscina desmontável e foram transportados para Itamaracá via aérea ou terrestre poucos dias depois (ver capítulo de Reabilitação).

Em 2001, a Aquasis alcançou um importante marco em sua trajetória. Através de um convênio com o Serviço Social do Comércio (SESC/CE) e FECOMERCIO, inaugurou uma nova sede com estrutura para receber temporariamente os filhotes encalhados, localizada na Colônia Ecológica do SESC Iparana, em Caucaia



Figura 1. Equipe da Aquasis na inauguração do Centro de Reabilitação de Mamíferos Marinhos, em Abril de 2001.

Figure 1. Aquasis team at the inauguration of the Marine Mammal Rehabilitation Center in April 2001.

In 1992, Biological Sciences and Fisheries Engineering students of the Federal University of Ceará (UFC) observed that small and beautiful gray dolphins inhabited the sea of Fortaleza and performed beautiful shows at Iracema Beach. These same students found that these dolphins often stranded on the beaches of the capital, with pieces of nets attached to their bodies and their meat and fat removed. Stimulated by curiosity, they decided to create a group to better understand these animals and discover why they were dying. They invited the fish specialist Prof. Cassiano Monteiro Neto, from the Marine Sciences Laboratory at UFC (LABOMAR), to coordinate the group baptized as Cetaceans of Ceará Study Group (GECC). The GECC rapidly earned many adepts, attracted initially by the opportunity of working with these charismatic beings. Thus, it was possible to extend the studies to other beaches in the state and realize that, besides that gray dolphin (Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*), other marine mammals inhabited this region, among them the giant sperm whale (*Physeter macrocephalus*) and the highly threatened West Indian manatee (*Trichechus manatus*). In 1992, the GECC attended the first manatee stranding, a live calf that died in Icaraí, in the metropolitan region of Fortaleza.

In 1994, with the experience gained in the implementation of projects and aiming at greater autonomy to widen its scope, the members of the GECC founded a not for profit non-governmental organization called Association for the Research and Preservation of Aquatic Ecosystems – Aquasis, with headquarters at LABOMAR in conjunction with the GECC until 1999. In 2001, the GECC was extinguished and the cetacean and sirenian research and conservation activities were incorporated into Aquasis' Marine Mammals Program.



Figura 2. Entrevista com pescador para levantamento do conhecimento tradicional sobre o peixe-boi marinho no Ceará.
Figure 2. Interview with fisherman to investigate the traditional knowledge about the West Indian manatee in Ceará.

(Figura 1). O Centro de Reabilitação de Mamíferos Marinhos contava com duas piscinas de quarentena, uma para filhotes de peixe-boi e outra para pequenos cetáceos, além de laboratório, cozinha dos animais, sala de necropsia, acervo biológico, alojamento e salão de visitantes.

Após a inauguração da nova estrutura, o primeiro peixe-boi resgatado pela equipe da Aquasis foi um macho recém-nascido que encalhou na praia de Redonda, em Icapuí, em 2002. O filhote, batizado de Tinga, ficou cerca de uma semana em quarentena no (CRMM) e depois foi transportado via aérea para o CMA/IBAMA, em Pernambuco.

De abril de 2001 até dezembro de 2012, a estrutura de quarentena do CRMM recebeu 27 filhotes de peixe-boi-marinho resgatados no Ceará pela Aquasis, e no Rio Grande do Norte pelo Projeto Cetáceos da Costa Branca da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (PCCB/UERN). Todos esses animais foram translocados para Itamaracá, a maioria via aérea com apoio da Casa Civil do Governo do Estado do Ceará.

Além do resgate e da reabilitação de peixes-bois e cetáceos, a Aquasis também vem desenvolvendo importantes pesquisas e colocando em prática ações para a conservação desses animais. Através de sobrevoos, embarques, monitoramentos de ponto-fixa e entrevistas com pescadores, foi realizado um levantamento da distribuição e das áreas de concentração da espécie no litoral leste do Ceará (Figuras 2 e 3). Também foram realizadas palestras e atividades de educação ambiental, e estimulada a criação de políticas públicas visando a proteção dos mamíferos aquáticos e seus habitats, com ênfase no peixe-boi-marinho e no boto-cinza.

A Aquasis também se dedica a conservação de aves, através de três importantes projetos: Projeto Periquito cara-suja, Projeto Soldadinho-do-Araripe e Projeto de Conservação de Aves Migratórias. Para isto, conta com uma base avançada em Pacoti, no município de Baturité, e outra na cidade do Crato, no Cariri.

During this period, Aquasis and GECC executed important projects. Among them the Alarms Project, conducted in partnership with Prof. John Lien, of the Memorial University of Newfoundland. John Lien developed, in Canada, devices to decrease the accidental catches of humpback whales in fishing gear, through the emission of beeps. The devices, designed by NASA and produced by DUKANE, were loaned to the GECC to be tested with Guiana dolphins. The results were published in the renowned scientific journal *Marine Mammal Science*.

In addition, in 1996 a second live manatee calf was rescued in the state, in Quixaba, Aracati. The male, baptized Aldo, was taken by the Peixe-boi Project/IBAMA team to Itamaracá and released in Alagoas. This manatee is still living inside the Tatuamunha River, where it can be observed resting in shallow waters. The GECC/Aquasis rescued six other live calves while at LABOMAR. The calves were initially kept in a pool before being transported by air or land to Itamaracá.

In 2001, Aquasis reached an important milestone in its trajectory. Through a partnership with the Social Service of Commerce (SESC/CE) and FECOMERCIO, it inaugurated a new headquarters with structure to temporarily house the stranded calves, located in the SESC Ecological Colony at Iparana, in Caucaia (Figure 1). The Marine Mammal Rehabilitation Center (CRMM) had two quarantine swimming pools, one for manatee calves and another for small cetaceans, besides laboratory, kitchen, necropsy room, biological collection, staff housing and visitors room.

After the inauguration of the new structure, the first manatee rescued by the Aquasis team was a newborn male that stranded on Redonda Beach, in Icapuí in 2002. The calf, baptized as Tinga, stayed in quarantine for one week at the CRMM and then was transported by air to the Aquatic Mammals Centre (CMA)/IBAMA, in Pernambuco.

From April 2001 until December 2012, the CRMM quarantine structure received 27 manatee calves rescued in Ceará by Aquasis and in Rio Grande do Norte by the Project Cetáceos da Costa Branca, from the State University of Rio Grande do Norte (PCCB/UERN). All of these animals were removed to Itamaracá, mostly by air, with the support of the Chief of Staff Office of the Ceará State Government.

In addition to the rescue and rehabilitation of manatees and cetaceans, Aquasis has been developing important research and other initiatives for the conservation of the species. Through aerial and boat surveys, land station monitoring and interviews with fishermen, the species' distribution and areas of concentration on the east coast of Ceará were surveyed (Figures 2 and 3). Lectures and environmental education activities were also performed, and the creation of public policies to protect aquatic mammals and their habitats encouraged, with emphasis on the manatee and Guiana dolphin.

Aquasis is also dedicated to bird conservation, through three important projects: Grey-breasted Parakeet Project, Araripe Manakin Project and Migratory Bird Conservation Project. For this, it has an advanced station in Pacoti, in Maciço de Baturité, and another in the town of Crato, in Cariri.



Figura 3. Peixe-boi avistado na praia de Peroba, em Icapuí, durante embarque.
Figure 3. West Indian manatee sighted at Peroba Beach, in Icapuí, during a boat survey.

Projeto Manatí Manatí Project

Com o aumento do número de encalhes de filhotes de peixe-boi-marinho vivos e de registros de animais mortos em redes de pesca e atropelamento por embarcações, a Aquasis percebeu a urgência em aumentar o esforço para evitar o desaparecimento da espécie na região. Assim, em 2008 submeteu ao edital público do Programa Petrobras Ambiental da Petrobras o projeto até então intitulado "Reeducar, resgatar, reabilitar: ações para a conservação do peixe-boi-marinho", que foi aprovado e iniciado em 2010, com o nome de PROJETO MANATÍ. Este é o nome pelo qual a espécie é conhecida no Caribe. A etimologia é incerta, mas a maioria das descrições defende que o nome foi utilizado para indicar "um animal que tem mãos" (e.g., BUFFON, 1798).

O principal objetivo da primeira fase do projeto foi "Promover a conservação do peixe-boi-marinho nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, através do resgate e reabilitação de filhotes órfãos, e do envolvimento das comunidades costeiras para diminuir a degradação do habitat da espécie". Em 2013, a Petrobras convidou a Aquasis a renovar o projeto, já dentro do Programa Petrobras Socioambiental. Na fase II, que foi encerrada em dezembro de 2015, o principal objetivo foi "Promover a conservação do peixe-boi-marinho e dos cetáceos nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, através do resgate e reabilitação, da pesquisa e do envolvimento das comunidades costeiras para redução dos impactos antrópicos sobre as espécies mais ameaçadas". Para isso, a equipe contou com médicos veterinários, biólogos, administradores, tratadores, técnico em qualidade de água, etc. (Figura 4). As duas fases dos projetos envolveram a execução de diversas ações, que serão detalhadas abaixo.

Reabilitação de mamíferos marinhos

Na primeira fase do projeto, a Aquasis construiu uma estrutura para a reabilitação completa dos filhotes de peixe-boi que encalham na região compreendida entre o leste do Ceará e a costa noroeste do Rio Grande do Norte. Esta região é a recorde nacional em encalhes da espécie (PARENTE *et al.*, 2004; MEIRELLES, 2008).

O Centro de Reabilitação de Mamíferos Marinhos (CRMM) conta com sete recintos de quarentena, reabilitação e isolamento para até 12 peixes-bois (Figuras 5 e 6). A estrutura conta ainda com ambulatório, cozinha dos vegetais, câmara fria, cozinha do leite, laboratório, casas de bombas e filtros, casa do grupo gerador e escritório. Além disso, o CRMM possui uma Estação de Tratamento de Água (ETA), que recebe a água salgada captada de poços profundos para tratamento antes de ser direcionada aos tanques. O sistema de filtração dos tanques é fechado, o efluente gerado é tratado na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e reutilizado, voltando ao sistema através da ETA. Assim, a geração de resíduos no sistema é mínima.



Figura 4. Equipe da fase II do Projeto Manatí.
Figure 4. Manatí Project phase II team.

With the increasing number of live manatee calf strandings and animals killed by fishing nets and boat collisions, Aquasis realised the urgency to increase efforts to prevent the species extinction in the region. Therefore, in 2008 Aquasis submitted a project thus far entitled "Reeducate, rescue, rehabilitate: actions for the conservation of the West Indian manatee", to the Petrobras Environmental Program public bidding, which was approved and initiated in 2010, under the name of Project Manatí. This is the name by which the species is known in the Caribbean. The etymology is uncertain, but most of the descriptions defend that the name has been used to indicate "an animal with hands" (e.g., Buffon, 1798).

The main objective of the Project's first phase was "to promote the conservation of the West Indian manatee in the states of Ceará, Piauí and Rio Grande do Norte, through the rescue and rehabilitation of orphan calves, and the involvement of coastal communities to decrease the degradation of the species' habitat". In 2014, Petrobras invited Aquasis to renew the project, within the Petrobras Socioenvironmental Program. In phase II, which was concluded in December 2015, the main objective was "to promote the conservation of the West Indian manatee and cetaceans in the states of Ceará, Piauí and Rio Grande do Norte, through the rescue and rehabilitation, research and involvement of coastal communities to reduce the anthropic impacts on the most endangered species". The team was formed by veterinarians, biologists, administrators, animal keepers, water quality technicians, etc. (Figure 4). Both phases of the project involved the implementation of several activities, which will be detailed below.



Figura 5. Tanques do Centro de Reabilitação de Mamíferos Marinhas (CRMM).
Figure 5. CRMM rehabilitation facilities.



Figura 6. Fachada do CRMM.
Figure 6. CRMM front entrance.

O conceito do projeto arquitetônico da estrutura levou em conta a utilização de materiais recicláveis e de adoção de medidas de diminuição do consumo de água e energia. Assim, o bloco principal e as casas de bombas foram construídos com tijolo ecológico a base de solo e cimento e receberam telhas feitas a partir de tubos de pasta de dente, que refletem a luz do sol deixando o ambiente mais fresco. Em parte das salas do CRMM há janelas clarabóias, que deixam a luz entrar e o ar quente sair do ambiente. Além disso, todas as janelas são de vidro e possuem venezianas largas, que permitem a entrada de luz e vento, diminuindo o consumo de energia. Em todo o telhado do CRMM há um sistema de calhas



Figura 7. Golfinhos-cabeça-de-melão em reabilitação em ambiente natural no litoral leste do Ceará.
Figure 7. Melon-headed whale in rehabilitation on the east coast of Ceará.

Marine mammal rehabilitation

In the Project's first phase, Aquasis built facilities for the complete rehabilitation of the manatee calves that strand in the region between the east of Ceará and the northwest coast of Rio Grande do Norte. This region holds the national record for manatee strandings (PARENTE et al., 2004; MEIRELLES, 2008).

The Marine Mammal Rehabilitation Center (CRMM) has seven quarantine, rehabilitation and isolation enclosures for up to 12 manatees. The structure also counts with a clinic, vegetable kitchen, cold room, milk kitchen, laboratory, diesel generator, pumping stations and office. In addition, the CRMM has a Water Treatment Plant (ETA), which receives the salt water from deep wells for treatment before being directed to the tanks. The filtration system is closed, and the effluent is treated in the Wastewater Treatment Plant (ETE) and reused, returning to the system via the ETA. Therefore, the waste generated in the system is minimal.

The architectural design concept of the whole structure favoured the use of recyclable materials and the adoption of measures to reduce water and energy consumption. Thus, the main block and the pumping stations were built with ecological bricks made of soil and cement and received tiles made from toothpaste tubes that reflect sunlight to cool down the environment. In parts of the CRMM rooms there are skylight windows that let the sunlight in and the warm air out. In addition, all windows are made of glass and feature wide shutters that let light and wind in, reducing power consumption. In the CRMM roof there is a system of gutters that collects rain water into a tank, where it can be used for several purposes around the premises.

Up to November 2015, eight manatee calves were in rehabilitation at the CRMM, including two twin male calves rescued by Project Manati at Pontal do Maceió, in Fortim, on the east coast of Ceará. The older one was two years and four months old and the youngest was eight months old.

Soon, the first animals treated in the center, Alva and Maceió, will be moved to a soft-release structure for acclimatization to the natural environment, where they will remain for approximately six months before being released into nature. In this structure,

que coleta a água da chuva para uma cisterna, onde pode ser aproveitada para diversos usos nas instalações.

Até novembro de 2015, o CRMM tinha em reabilitação oito filhotes de peixe-boi, sendo o mais velho de dois anos e quatro meses de idade e o mais de novo de oito meses, incluindo dois filhotes machos gêmeos, resgatados no Pontal do Maceió, em Fortim, no leste do Ceará, pela equipe do Projeto Manati.

Em breve, os primeiros animais recebidos no centro, Alva e Maceió, deverão ser levados para uma estrutura de readaptação ao ambiente natural, onde ficarão por aproximadamente seis meses antes de serem soltos na natureza. Nesta estrutura os animais irão conhecer as características do ambiente natural como correntes, ondas, marés e sons naturais e antrópicos provenientes do mar de Icapuí. Também receberão itens da dieta natural da espécie na região, como capim-agulha e algas. Para acompanhá-los após a soltura, garantindo a sua integridade e bem-estar e verificando se estão se adaptando, os peixes-bois receberão um equipamento de rastreamento conforme os protocolos adotados internacionalmente para sirênios.

Além da reabilitação de peixe-boi, o Projeto Manati também resgata e reabilita cetáceos, mas em ambiente natural (Figura 7) e em curto prazo, uma vez que não existe atualmente estrutura adequada no país para tal fim. Normalmente, os cetáceos encalham muito debilitados e desorientados, sendo o tratamento de extrema dificuldade.

Registro de encalhes

O encalhe de um mamífero aquático é uma fonte importantíssima de informações. Além de indicar que a espécie ocorre na área, também fornece dados sobre a sua biologia, os impactos antrópicos que afetam as populações, o estado de saúde destas, taxas de mortalidade, entre outros. Desde o início do Projeto Manati, em 2010, até outubro de 2015, foram registrados através de esforço dedicado (monitoramento de praia) e demandas de ligações, 362 encalhes de mamíferos aquáticos no estado do Ceará, de 18 espécies, sendo um sirênio e 17 cetáceos.

A espécie com o maior número de registros foi o boto-cinza (Figura 8), pequeno golfinho costeiro, ameaçado de extinção no país, que vem sofrendo com a captura acidental em aparelhos de pesca, poluição e perda de habitat. A segunda espécie com mais registros foi o peixe-boi-marinho. Dos 30 encalhes atendidos pelo projeto, 22 foram filhotes vivos.

Para facilitar o atendimento aos encalhes, a equipe do projeto identifica moradores das comunidades costeiras que tenham perfil de liderança e que atuem como multiplicadores, para receberem treinamento sobre passos básicos de atendimento de encalhes de animais vivos e mortos. Assim, no caso de encalhe de espécime vivo, a sua chance de sobrevivência será maior, pois até a chegada da equipe de resgate, o animal receberá apoio dos moradores da região. E no caso de um animal morto, pode-se evitar que sejam retirados músculo, gordura e dentes, preservando a carcaça para estudos.



Figura 8. Boto-cinza encalhado em Fortaleza.
Figure 8. Guiana dolphin stranded in Fortaleza.

the animals will get used to environmental characteristics such as currents, waves, tides and natural and anthropic sounds coming from the sea of Icapuí. They will also receive items of the species' natural diet in the region, such as shoalgrass and algae. To allow their monitoring after release, confirming their integrity, welfare and adaptation, the manatees will receive a tracking equipment according to the internationally adopted protocols for sirenians.

In addition to rehabilitating manatees, Project Manati also rescues and rehabilitates cetaceans, though in the natural environment (Figure 7) and for short periods since, to date, there are no suitable structures in the country for this purpose. Normally, the cetaceans strand extremely debilitated and disoriented, so their treatment is extremely difficult.

Stranding records

An aquatic mammal stranding is a very important source of information. In addition to indicating that the species occurs in the area, it also provides data on biology, the anthropic impacts that affect the populations, their health status, and mortality rates, among others. Since the beginning of the project, in 2010, until October 2015, 362 aquatic mammal strandings, one sirenian and 17 cetaceans species, were recorded through dedicated effort (beach monitoring) and phone calls, in the state of Ceará.

The species with the greatest number of records was a small coastal dolphin threatened with extinction in the country, the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) (Figure 8), which has been suffering with accidental catches in fishing gear, pollution and habitat loss. The second species with most stranding records was the West Indian manatee. Of 30 strandings handled by the Project, 22 were live calves.

Pesquisas

Comportamento

Para delinear estratégias para a conservação de uma espécie é essencial saber onde ela está, quando e qual a importância daquele habitat para a sua população. Assim, um dos objetivos do Projeto Manatí é estudar o peixe-boi na Praia de Picos, em Icapuí, no litoral leste do Ceará, local identificado, em estudos pretéritos desenvolvidos pela Aquasis, como um importante sítio de ocorrência da espécie na região. Através de uma plataforma fixa de observação localizada no topo de uma falésia de aproximadamente 20 m de altura, um observador monitora a presença da espécie 18 horas por semana. Em uma planilha são registradas informações sobre o tempo de permanência, a quantidade de animais, a presença de filhotes e as áreas dentro da enseada que são mais utilizadas. Até a data de produção deste livro, pode-se verificar que a área é utilizada pelos animais para descanso, alimentação e cuidado parental. Entretanto, há sazonalidade em seu uso, com períodos de maior intensidade e outros de menor. O fato pode estar relacionado à disponibilidade de alimento, uma vez que a dinâmica costeira leva ao soterramento dos bancos de fanerógamas em algumas épocas do ano, e/ou à disponibilidade de água doce, pois a vazão dos olhos d’água varia de acordo com o regime de chuvas na região. Como há outras importantes áreas de uso do peixe-boi na região, como Retiro Grande e Quitérias, os animais alternam o uso entre estas de acordo com o recurso disponível e a interferência de atividades antrópicas.

Genética

A alta frequência de encalhes de filhotes de peixe-boi não é uma característica comum para a espécie e ocorre exclusivamente na região compreendida entre o leste do litoral do Ceará e a costa noroeste do Rio Grande do Norte. É possível que fatores genéticos ligados ao gargalo populacional sofrido pela espécie no passado possam ter alguma influência sobre esses eventos. Assim, um dos objetivos do projeto é estudar o grau de parentesco dos animais encalhados, verificando se há um alto grau de cruzamento entre indivíduos aparentados, o que poderia levar a uma diminuição na habilidade materna e ao conseqüente encalhe dos neonatos. Resultados preliminares do estudo mostraram parentesco próximo de indivíduos encalhados no estado do Ceará e em reabilitação no CRMM.

Qualidade da água do lençol freático

Estudos indicam que peixes-bois que habitam áreas marinhas e se alimentam exclusivamente de vegetação marinha, como algas e fanerógamas, precisam consumir água doce (ORTIZ *et al.*, 1999). Este é o caso dos peixes-bois que habitam a costa de Icapuí. Nessa região, apesar dos animais não utilizarem mais as áreas estuarinas, devido ao assoreamento dos rios (CHOI, 2011), há a disponibilidade de água doce dos aquíferos subterrâneos, que emergem no fundo do mar, ficando expostos em alguns locais durante a maré seca. Essas ressurgências são chamadas de olhos d’água ou “olheiros”. Como em Icapuí não há sistema de coleta e tratamento de esgotos, o principal sistema de esgotamento das residências ainda é para fossas negras, que contaminam o solo e o lençol freático, de onde vem a água consumida pelo peixe-boi. O Projeto

To facilitate the stranding response, the Project team identifies residents of the coastal communities with leadership skills to act as multipliers and to receive training on the basic steps of stranding response for live and dead animals. In the case of live strandings, this will improve survival chances, since the animal will receive basic first aid from the local residents until the arrival of the rescue team. And in the case of a dead animal, loss of muscle, fat and teeth tissue can be avoided, preserving the carcass for further studies.

Research

Behaviour

In order to plan conservation strategies for a species, it is essential to know where and when it occurs and how important those habitats are for that population. Thus, one of the goals of Project Manatí is to study the West Indian manatee at Picos Beach, in Icapuí, on the east coast of Ceará, a location identified in past studies developed by Aquasis as an important site for the species in the region. Through a land station located on top of a cliff of approximately 20 m height, an observer monitors the presence of the species 18 hours a week. Information on the time of permanence, the number of animals, the presence of calves and the areas within the bay which are mostly used are recorded in a spreadsheet. Until the publishing of this book, it has been verified that the area is used by the animals for rest, feeding and parental care. However, its use is seasonal, with periods of greater intensity than others. This may be related to food availability, as coastal dynamics lead to the periodic burial of the seagrass meadows at some times of the year, and/or to the availability of fresh water, given the spring flows vary with the rain regime in the region. There are, however, other important areas for the manatees in the region, such as Retiro Grande and Quitérias, so the animals alternate between these in accordance with the resource availability and the interference of anthropic activities.

Genetics

The high frequency in manatee calf strandings is not a common characteristic and occurs exclusively in the region between the eastern coast of Ceará and the northwestern coast of Rio Grande do Norte. Genetic factors related to a population bottleneck suffered by the species in the past may have some influence on these events. Thus, one of the Project’s goals is to study the degree of kinship of stranded animals, to check whether there is a high degree of inbreeding between related individuals, which could lead to a reduction in maternal ability and the consequent stranding of neonates. Preliminary results demonstrated kinship between individuals stranded in the state of Ceará and in rehabilitation at CRMM.

Aquífer water quality

Studies indicate that manatees that inhabit marine areas and feed exclusively on marine vegetation, such as algae and seagrass, need to consume freshwater (ORTIZ et al., 1999). This is the case of manatees inhabiting the coast of Icapuí. In this region, although the animals no longer use estuarine areas, due to the rivers’ silting (CHOI, 2011), fresh water is available from underground aquifers, which emerge from the bottom of the sea and get exposed at low tides in some locations. These are called springs. In Icapuí there is no sewage collection and treatment system, so most residences use soak pits, which contaminate the soil and groundwater that is consumed by the manatees. The ‘De Olho na Água’ Project, run by the Brasil Cidadão Foundation and sponsored by Petrobras through the Petrobras Socioenvironmental Program, has been promoting the installation of biological sewages (bio remediation) in some communities of Icapuí, with the intention of reducing this contamination.

de Olho na Água, executado pela Fundação Brasil Cidadão com patrocínio da Petrobras através do Programa Petrobras Socioambiental, fomentou a instalação de esgotos biológicos (bio remediação) em algumas comunidades de Icapuí, com o intuito de diminuir esta contaminação.

Com o objetivo de avaliar as características físico-químicas e microbiológicas da água que o peixe-boi está consumindo, o Projeto Manatí realizou coletas de água em poços de Retiro Grande, Ponta Grossa, Redonda e Peroba. No período de chuva, os resultados indicaram que todas as amostras coletadas são impróprias para consumo humano. Todas estavam contaminadas por coliformes fecais e a de Retiro Grande continha bactérias do gênero *Klebsiella*. Estas bactérias são oportunistas e passíveis de provocar patologias em peixes-bois, de acordo com a literatura. Estudos comparando bactérias no trato respiratório superior de animais mantidos no Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Marinhos (CMA/ICMBio) com os microorganismos encontrados na água das instalações, revelou a possibilidade de infecção dos espécimes. As culturas com as secreções nasais demonstraram a presença das bactérias *Klebsiella* sp., *Enterobacter* sp. e *Escherichia coli* (VERGARA-PARENTE *et al.*, 2003). Estas bactérias, entre outros tipos, foram citadas como agentes patogênicos nos mamíferos aquáticos mantidos em cativeiro (BONESS, 1997).

A costa de Retiro Grande é uma importante área de ocorrência de peixe-boi em Icapuí, onde os animais foram observados através de sobrevôos, embarques e monitoramento em ponto-fixo (AQUASIS, 2006; ALVES, 2007). Assim, deve-se concentrar esforços para a criação de políticas públicas e outras medidas que visem a conservação dos aquíferos subterrâneos da região, não só para garantir a saúde dos peixes-bois, mas da população em geral.

Políticas públicas

Para garantir a criação e implementação de diretrizes visando a conservação dos mamíferos aquáticos, o Projeto Manatí articulou a criação de diversas políticas públicas:

- Criação da Lei no. 394 de 2011 que declara patrimônio natural do município de Aracati os peixes-bois-marinhos, e institui o dia 04 de Outubro como dia municipal do peixe-boi;
- Criação da Lei no. 9949 de 2012, que declara os botos-cinza como patrimônio natural do município de Fortaleza, e institui o dia 08 de Junho como dia municipal do boto-cinza;
- Criação da Lei no. 655 de 2015 que declara patrimônio natural do município de Icapuí os peixes-bois-marinhos, e institui o dia 04 de Outubro como dia municipal do peixe-boi;
- Republicação das Leis de Criação das Áreas de Proteção Ambientais (APAs) da Ponta Grossa (Lei no. 633 de 2014) e da Barra Grande (Lei no. 634 de 2014), com ampliação da delimitação para incluir área marinha.

A equipe do Projeto Manatí também participou da elaboração e monitoramento do Plano Nacional para a Conservação de Sirênios e do Plano Nacional para a conservação dos pequenos cetáceos, coordenados pelo ICMBio. Além disso, técnicos do projeto participaram da oficina de elaboração da lista oficial nacional de espécies da fauna ameaçadas de extinção.

To evaluate the physical-chemical and microbiological characteristics of the water that the manatees are consuming, Project Manatí collected water from wells in Retiro Grande, Ponta Grossa, Redonda and Peroba. In the rainy period, the results indicated that all samples collected were unfit for human consumption. All were contaminated by faecal coliforms and the sample from Retiro Grande contained bacteria of the genus Klebsiella. These bacteria are opportunistic and, according to the literature, can cause pathologies in manatees. Studies comparing bacteria in the upper respiratory tract of animals kept in the National Center for Research and Conservation of Marine Mammals (CMA/ICMBio) with the microorganisms found in the water at the facility, revealed the possibility of infection of the animals. Cultures with their nasal secretions showed the presence of the bacteria Klebsiella sp., Enterobacter sp. and Escherichia coli (VERGARA-PARENTE et al., 2003). These bacteria, among other types, have been mentioned as pathogens in captive aquatic mammals (STIRLING, 1997).

The coast of Retiro Grande is an important manatee occurrence area in Icapuí, where the animals have been observed through aerial, boat and fixed-platform surveys (AQUASIS, 2006; ALVES, 2007). Thus, efforts should be concentrated in the creation of public policies and other measures aimed at the conservation of underground aquifers in the region, not only to ensure the health of manatees, but also of the general population.

Public policies

To promote the development and implementation of public policies for the conservation of aquatic mammals, the Project Manatí articulated the creation of several laws:

- Law nº. 394 of 2011, declaring manatees as natural heritage of the municipality of Aracati and establishing the October 4th as municipal Manatee day;
- Law nº. 9949 of 2012, declaring Guiana dolphins as natural heritage of the city of Fortaleza, and establishing the June 8th as municipal Guiana dolphing day;
- Law nº. 655 of 2015, declaring manatees as natural heritage of the municipality of Icapuí, and establishing the October 4th as municipal manatee day;
- Amendment of Law nº. 633 of 2014, that established the Ponta Grossa Environmental Protection Area (APA) and Law nº. 634 of 2014, that established the Barra Grande APA, to include a marine area.

The Project Manatí team also participated in the elaboration and monitoring of the National Sirenian Conservation Plan and the National Small Cetacean Conservation Plan, coordinated by ICMBio. In addition, the Project’s technicians also participated in the workshop for the elaboration of the official national list of threatened species of fauna.

Environmental information and education

Environmental education is a transversal discipline which must be included in any biodiversity conservation project. Project Manatí has been developing several educational activities, among them, the communication of project activities and distribution of telephone contacts for strandings (posters, stickers and cards) in all communities of the coast of Ceará.

In communities considered strategic for the species’ conservation in the region, such as Aracati and Icapuí, in eastern Ceará, and Cajueiro da Praia, in Piauí, the Project has, since 2010, been developing activities in partnership with local institutions, such as Ilha Ativa Commission - CIA/Project Pesca Solidária and the Parnaíba Delta APA. The Project uses educational tools such as booklets, games, music, theater, regattas and popular dances to strengthen the communities’ relationship with the manatees.

Informação e educação ambiental

A educação ambiental é um tema transversal que deve estar inserido em todos os projetos que visam a conservação da biodiversidade. Assim, o Projeto Manatí vem desenvolvendo várias atividades educativas. Dentre elas, está a informação ambiental através da divulgação das atividades do projeto e distribuição dos contatos telefônicos para atendimento a encalhes (cartaz, adesivo, cartão) em todas as comunidades do litoral do Ceará.

Em comunidades de municípios considerados chave para a conservação da espécie na região, como Aracati e Icapuí, no leste do Ceará, e Cajueiro da Praia, no Piauí, o projeto vem desenvolvendo desde 2010 atividades em parceria com instituições locais, como a Comissão Ilha Ativa (Projeto Pesca Solidária) e APA Delta do Parnaíba. O Projeto utiliza ferramentas educativas como cartilhas, jogos, música, teatro, regatas e danças populares, para facilitar a aproximação das comunidades com o peixe-boi.

A cartilha “Arauê, as aventuras de um peixe-boi-marinho” traz uma história em quadrinhos que fala dos problemas enfrentados pela espécie no litoral leste do Ceará e o que pode ser feito para ajudar. O Jogo “Protegendo a Biodiversidade Marinha” é uma atividade de perguntas e respostas em um tabuleiro gigante que estimula os jovens e crianças a compreender as problemáticas e soluções envolvidas na conservação de diversas espécies marinhas (ver capítulo de Conservação).

Os cortejos e regatas de mini-embarcações, com apresentações instrumentais e de dança, concursos de redação e as famosas regatas levam às comunidades a abraçar a causa de defesa do meio ambiente, tendo o peixe-boi como espécie símbolo.

Plano de ação local

A identificação de ações prioritárias para a conservação de uma espécie através da construção de planos de ação, nos quais além de ações, são indicados prazos, responsáveis, indicadores, prioridades e recurso necessário, é uma ferramenta crucial na tomada de medidas eficazes e direcionadas de forma integrada.

Assim, um dos objetivos do Projeto Manatí foi construir um Plano de Ação Local envolvendo os municípios de Beberibe, Fortim, Aracati e Icapuí, no litoral leste do Ceará, com a participação de diversos atores do poder público federal, estadual e municipal, ONGs, universidades, etc.

A continuidade e ampliação das atividades do Projeto Manatí é de fundamental importância para a conservação do peixe-boi, do boto-cinza e de outras espécies de mamíferos aquáticos na região do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. A próxima fase da reabilitação dos animais mais velhos que estão no CRMM requer um importante esforço logístico, através da readaptação dos animais ao ambiente natural, seguido da soltura e monitoramento. Além disso, a execução e monitoramento das ações identificadas no Plano de Ação Local, serão de extrema importância para garantir a proteção da espécie.

Com a continuidade na demanda de atendimento a encalhes de filhotes neonatos, que vem aumentando a cada ano, a existência de uma equipe atuando 24h torna-se fundamental, assim como as atividades de educação ambiental, visando diminuir os impactos sobre as espécies oriundos de ações antrópicas.

The booklet “Arauê, the adventures of a West Indian manatee” is a cartoon book that approaches the problems faced by the species on the east coast of Ceará and ways to help. The game “Protecting Marine Biodiversity” is a quiz played on a giant board that stimulates young people and children to understand the problems and solutions involved in the conservation of several marine species (see Conservation Chapter).

The parades and mini-boat regattas, with instrumental and dance presentations, essay competitions and the famous regattas, stimulate the communities to embrace the environmental cause, using the manatee as a flagship species.

Local action plan

The identification of priorities for a species preservation through the construction of action plans, that include actions, deadlines, responsibilities, indicators, priorities and required resources, is a crucial tool in developing effective and integrated measures.

Thus, Project Manatí aimed to build a Local Action Plan involving the municipalities of Beberibe, Fortim, Aracati and Icapuí, on the east coast of Ceará, with the participation of different actors from the federal, state and municipal authorities, NGOs, universities, etc.

The continuity and expansion of the activities carried out by Project Manatí are of fundamental importance for the conservation of the West Indian manatee, the Guiana dolphin and other aquatic mammal species in the region of Ceará, Piauí and Rio Grande do Norte. The next phase of the rehabilitation of older manatees at CRMM will require major logistical efforts, including the animals’ acclimatization to the natural environment followed by their release and monitoring. In addition, the implementation and monitoring of the actions identified in the Local Action Plan will be of extreme importance to ensure the species’ protection.

With the ongoing demand of newborn strandings, which have been increasing every year, a 24-hour team becomes essential, along with environmental education activities to minimize the anthropic impacts on the species.





ABERNATHY, J. **Time–activity budgets and displacement rates in Florida manatees (*Trichechus manatus*) in the absence and presence of humans**. Dissertação de Mestrado, Department of Biology, Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida, 1995.

ACKERMAN, B.B.; WRIGHT, S.D.; BONDE, R.K.; ODELL, D.K.; BANOWETZ, D.J. Trends and patterns in mortality of Manatee in Florida, 1974–1992. In T.J. O’Shea *et al.* (eds) **Population biology of the Florida manatee**. Washington, DC: National Biological Service Information and Technology Report1, U.S. Department of the Interior, pp. 223–258, 1995.

ALBANO, M. G. **Ocorrência e distribuição de macroalgas marinhas bentônicas em 7 praias localizadas nos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí, estado do Ceará – Brasil**. 2006. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

ALBUQUERQUE, C.; MARCOVALDI, G. M. Ocorrência e distribuição do Peixe-boi-marinho no Litoral Brasileiro (Sirenia, Trichechidae, *Trichechus manatus*, Linnaeus 1758). In: Simpósio Internacional sobre a Utilização de Ecossistemas Costeiros: Planejamento, Poluição e Produtividade, Rio Grande. **Anais...Rio Grande**. 1982.

ALLENDORF, F.W.; LEARY, R.F.; SPRUELL P.; WENBURG, J.K. The problems with hybrids: setting conservation guidelines. **Tree**, v.16, n.11, p.613–622, 2001.

ALTIERI, B. L.; GODOY, H.T.; SCHERER, R. Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) fat milk composition. In: International Association for Aquatic Animal Medicine Conference Proceedings, San Antonio. **Anais...San Antonio**, 2009.

ALVES, M.D.O. **Monitoramento de peixe-boi-marinho, *Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758, no município de Icapuí, litoral leste do estado do Ceará**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

ALVES, M.D.O. **Peixe-Boi-Marinho, *Trichechus manatus manatus*: Ecologia e Conhecimento Tradicional no Ceará e Rio Grande do Norte, Brasil**. 2007. 118f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

ALVES, M.D.O. **Habitats da megafauna marinha na costa nordeste do Brasil, com ênfase em peixes-bois**. 2013. 169f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

ALVES, M.D.O.; BORGES, J.C.G.; ARAÚJO, M.E. Pilot aerial study of the marine megafauna in northern coast Alagoas, Brazil. **Tropical Oceanography**, v. 41, n. 1-2, p.108-119, 2013a.

ALVES, M.D.O.; SCHWAMBORN, R.; BORGES, J.C.G.; MARMONTEL, M.; COSTA, A.F.; SCHETTINI, C.A.F.; ARAÚJO, M.E. Aerial survey of manatees, dolphins and sea turtles off northeastern Brazil: Correlations with coastal features and human activities. **Biological Conservation**, v. 161, p.91–100, 2013b.

ALVES, M. D. O.; KINAS, P. G.; MARMONTEL, M.; BORGES, J. C. G.; COSTA, A.F.; SCHIEL, N.; ARAUJO, M. E. First abundance estimate of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in Brazil by aerial survey. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. In press.

ALVES-STANLEY, C.D.; WORTHY, G.A.J.; BONDE, R.K. Feeding preferences of West Indian manatees in Florida, Belize, and Puerto Rico as indicated by stable isotope analyses. **Marine Ecology Progress Series**, v. 402, p. 255-267, 2010.

ALVITE, C.M.C. **Indicadores populacionais e ecológicos de peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus manatus*) em duas áreas de manguezais e marismas no Maranhão**. 2008. 118f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) - Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2008.

ALVITE, C.M.C.; LIMA, R.P. Antillean manatees in Brazil. Box 4.2. In: HINES, E.M.; REYNOLDS III, J.E.; ARAGONES, L.V.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A.; MARMONTEL, M. (Eds.), **Sirenian Conservation - Issues and Strategies in Developing Countries**. Gainesville, Florida: University Press of Florida, 2012. pp. 42–43.

AMES, A.L.; VAN VLEET, E.S.; REYNOLDS, J.E. Comparison of lipids in selected tissues of the Florida manatee (Order Sirenia) and bottlenose dolphin (Order Cetacea; Suborder Odontoceti). **Comp Biochem Physiol B**, v. 132, p. 625–634, 2002.

ANCHIETA, J. **Cartas de Anchieta**. Carta ao Geral Padre Diogo Laínez, de São Vicente. 1560.

ANDERSON, P.K. Habitat, niche, and evolution of sirenian mating systems. **J. Mamm. Evolution**, v. 9, n. 1-2, p. 55-98, 2002.

ANZOLIN, D. G.; SARKIS, J. E. S.; DIAZ, E.; SOARES, D. G.; SERRANO, I. L.; BORGES, J. C. G.; SOUTO, A.S.; TANIGUCHI, S.; MONTONE, R.C.; BAINY, A.C.D.; CARVALHO, P. S. M. Contaminant concentrations, biochemical and hematological biomarkers in blood of West Indian manatees *Trichechus manatus* from Brazil. **Marine pollution bulletin**, v.64, p.1402-1408, 2012.

AQUASIS. **Status de Conservação e Plano de Ação preliminar para o peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) no litoral leste do Ceará**. Relatório Final do Projeto “Status do Peixe-Boi no Litoral Leste do Ceará”- Convênio MMA/FNMA n.059/02. 2006. 174p.

AQUASIS. **Consolidação da proposta de criação de Unidade de Conservação: Refúgio de Vida Silvestre Peixe-boi-marinho**. 288p. Projeto apoiado pelo Programa Costa Atlântica, Fundação Avina e Fundação Mamíferos Aquáticos. 2008a.

AQUASIS. **Refúgio de vida silvestre peixe-boi-marinho: estudos socioambientais complementares e consolidação da proposta de criação de Unidade de Conservação**. Relatório técnico final do projeto “Refúgio de Vida Silvestre Peixe-boi-marinho” - SOS Mata Atlântica/Fundação Avina/FMA. 2008b. 318p.

AQUASIS. **Migratory Shorebirds Conservation and Shrimp Farming in NE Brazil: Final Report**. CARLOS, C. J.; FREDRIZZI, C. E.; CAMPOS, A. A.; CASCON, H. M.; BARROSO, C. X.; RABAY, S. G.; BEZERRA, L. E. A.; MEIRELLES, C. A. O.; MEIRELES, A. J. A.; THIERS, P. R. L. (Eds.). AQUASIS/UFC/USFWS. 2010.

ARAÚJO, J.P.; MARCONDES, M.C. Comportamento de dois peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus manatus*) em Sistema de Cativeiro no Ambiente Natural da Barra de Mamanguape, Estado da Paraíba, Brasil. **Bioikos**, v. 17, n. 1-2, p. 21- 32, 2003.

ASSIS, M.F.L.; BEST, R.C.; BARROS, R.M.S.; YONENAGA-YASSUDA, Y. Cytogenetic study of *Trichechus inunguis* (Amazonian manatee). **Rev bras genét**, v. 11, n. 1, p. 41–50, 1988.

ATTADEMO, F. L. N. **Deteção da infecção de rotavírus, coronavírus, enterobactérias, *Leptospira spp.*, *Brucella abortus* e *Toxoplasma gondii* em peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) em cativeiro no Brasil**. 2014. 142f. Tese (Doutorado em Ciência Veterinária) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

ATTADEMO, F. L. N.; ALENCAR, A. E.; NOBRE, J. K.; LOPES, L. J.; SEVERO, M. M. Case reporting of ingestion of plastic debris by manatee (*Trichechus manatus manatus*) reintroduced on the coast of Paraíba/Brazil. In: Florida Marine Mammal Health Conference III, St. Augustine, Florida. **Annals...St. Augustine**, 2008.

ATTADEMO, F.L.N.; COUTINHO, P.D.F.; LUNA, F.O.; HAGE-MAGALHÃES, L.R. Registro da adoção de filhote de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) em cativeiro. In: Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, 16, Florianópolis. **Anais...Florianópolis**, 2010.

ATTADEMO, F.L.N.; LUNA, F.O.; BÓAVIAGEM, A.C.; GREGORI, F.; BERNARDES, N.T.C.G.; DA SILVA, J.C.R. Deteção de rotavírus em peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus manatus*) mantidos em cativeiro no Brasil. In: Reunião da Sessão WDA América Latina, 1, São Paulo. **Anais...São Paulo**, 2013a.

ATTADEMO, F.L.N.; FREIRE, A. C. B.; SOUSA, G. P.; MARQUES, C. C.; LUNA, F. O. Comportamento homossexual em peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) cativo no Brasil - registro de caso. In: VII Encontro Nacional sobre Conservação e Pesquisa de Mamíferos Aquáticos, São Leopoldo. **Anais...São Leopoldo**, 2013b.

ATTADEMO, F. L. N.; BALENSIEFER, D.; C.; FREIRE, A. C. B.; DE SOUSA, G. P.; DA CUNHA, F. A. G. C.; LUNA, F. O. Debris ingestion by the Antillean Manatee (*Trichechus manatus manatus*). **Marine Pollution Bulletin**, October 2015. in press.

AUIL, N. E.; VALENTINE, A. **Manatee strandings along the coastal zone of Belize 1996-2003**. Unpublished report. Coastal Zone Management Authority and Institute. 2004.

AVISE, J.C.; ARNOLD, J.; BALL, R.M.; BERMINGHAM, E.; LAMB, T.; NEIGEL, J.E.; REEB, C.A.; SAUNDERS, N.C. Intraspecific

phylogeography: the mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. **Ann Rev Ecol Syst**, v. 18, p. 489–522, 1987.

BARBOSA, D. A. **Conhecimento de moradores dos limites e entorno de sete unidades de conservação no estado do Amapá sobre a ocorrência e as possíveis ameaças ao peixe-boi (*Trichechus sp.*)**. Monografia. 65 p. Universidade Federal do Amapá, 2013.

BARROS, H.M.D.R. **Varição geográfica de Trichechidae (Mammalia: Sirenia): análise morfométrica e citogenética**. 96p. Tese (Doutorado em Biologia Animal), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

BARROS, K.V.S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Influence of environmental factors on a *Halodule wrightii* Ascherson meadow in northeastern Brazil. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 18, n. 2, p. 31-41, 2014.

BAUDUIN, S.; MARTIN, J.; EDWARDS, H.H.; GIMENEZ, O.; KOSLOVSKY, S.M.; FAGAN, D.E. An index of risk of co-occurrence between marine mammals and watercraft: Example of the Florida manatee. **Biological Conservation**, v. 159, p.127–136, 2013.

BAZZINI, M. D.; REYNOLDS, J. E. III; ESSMAN, R. A. Erythropoiesis and granulopoiesis in the West Indian manatee, *Trichechus manatus* (Mammalia: Sirenia). **Acta Anatomica (Basel)**, v.126, p.150–152, 1986.

BENGTSON, J.L.; FITZGERALD, S.M. Potential role of vocalization in West Indian manatees. **J Mammal**, v. 66, p.816–819, 1985.

BEST, R.C.; DA SILVA, V.M.F. Peixe-Boi: Uma sereia na represa? **Cespaulista**. Ano III, Abril, v. 16, p. 26-29, 1979.

BEST, R. C; TEIXEIRA, D. M. Notas sobre a distribuição e “status” aparentes dos peixes-bois (Mammalia: Sirenia) nas costas amapaenses brasileiras. **Boletim da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza**, v. 18, p. 41-47, 1982.

BEST, R.C. Apparent dry-season fasting in Amazonian manatees (Mammalia: Sirenia). **Biotropica**, v.15, p.61–64, 1983.

BONDE, R.K.; O’SHEA, T.J.; BECK, C.A. **Manual of procedures for the salvage and necropsy of carcasses of West Indian manatee (*Trichechus manatus*)**. NTIS Document number PB83-255273. Springfield, VA. 184 pp. 1983.

BONESS, D. J. Water quality management in aquatic mammal exhibits. In: KLEIMAN, D. G.; ALLEN, M. E.; THOMPSON, K. V.; LUMPKIN, S. (Eds.) **Wild Mammals in Captivity: Principles and Techniques**, Chicago: University of Chicago Press, Chicago, 1997. pp. 231–242.

BORGES, J.C.G. ***Cryptosporidium spp.* (Tyzzer, 1907) em peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus*) (Linnaeus, 1758) e peixes-bois-amazônicos (*Trichechus inunguis*) (Natterer, 1883) no Brasil**. 2007. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

BORGES, J.C.G.; VERGARA-PARENTE, J.E.; ALVITE, C.M.C.; MARCONDES, M.C.C.; LIMA, R.P. Embarcações motorizadas: uma ameaça aos peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus*) no Brasil. **Biota Neotropica**, v.7, p.199–204, 2007.

BORGES, J.C.G.; ARAÚJO, P.G.; ANZOLIN, D.G.; MIRANDA, G.E.C. Identificação de itens alimentares constituintes da dieta dos peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus*) na região nordeste do Brasil. **Biotemas**, v. 21, n. 2, p. 77-81, 2008.

BORGES, J. C. G.; FREIRE, A. C. B.; ATTADEMO, F. L. N.; SERRANO, I. ANZOLIN, D. G.; DE CARVALHO, P. S. M.; VERGARA-PARENTE, J. E. Growth pattern differences of captive born Antillean manatee (*Trichechus manatus*) calves and those rescued in the Brazilian northeastern coast. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 43, n.3, p. 494-500, 2012.

BORGES, J.C.G.; JUNG, L.M.; PITANGA, M.E.; CARVALHO, V.L.; DE TORRES, S.M.; ALVES, L.C. ***Pulmonicola cochleotrema* associado a infecção respiratória em peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*)**. In:16 Reunião de expertos em mamíferos acuáticos de América del sur, Cartagena. **Anais...Cartagena**, 2014.

BOROBIA, M.; LODI, L. Recent observations and records of the West Indian manatee *Trichechus manatus* in northeastern Brazil. **Biological Conservation**, v. 59, p. 37-43, 1992.

BOSSART, G.D. The Florida manatee: On the verge of extinction? **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 214, n. 8. p. 1178-1183, 1999.

BOSSART, G. D. Manatee. In: DIERAUF, L. A.; GULLAND, F. M. D. (Eds.) **Handbook of Marine Mammal Medicine**. Boca Raton: CRC Press, 2001, pp. 939-960.

BOSSART, G. D.; REIDARSON, T. H.; DIERAUF, L. A.; DUFFIELD, D. A. CLINICAL PATHOLOGY. Clinical Pathology. In: DIERAUF, L. A.; GULLAND, F. (Eds.) **Handbook of Marine Mammal Medicine**. Boca Raton: CRC Press, 2001, pp. 383-436.

BOUCKAERT, R.; HELED, J.; KÜHNERT, D.; VAUGHAN, T.G.; WU, C.H.; XIE, D.; SUCHARD, M.A.; RAMBAUT, A.; DRUMMOND, A.J. “BEAST2: A software platform for Bayesian evolutionary analysis”. **PLOS Comp Biol**, v. 10, n. 4, e1003537, 2014.

BRASIL, E.P. **Guerra na terra e no mar: um conflito socioambiental entre pescadores de lagosta em Icapuí-CE**. Dissertação (Mestrado em Antropologia), Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

BRITO, A.P.D. **Avaliação histopatológica de mamíferos marinhos encalhados no litoral do nordeste brasileiro**. 2015. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

BRITO-JÚNIOR, J.L.; MEIRELLES, A.C.; VIDAL, L.G.; FERRAZ, D.R.; FURTADO, F.; AZEVEDO, A. Mercúrio e Organoclorados (DDT, PCB, HCB, HCH e Mirex) em tecidos do peixe-boi-marinho, *Trichechus manatus*, da costa nordeste do Brasil.

In: XIV Reuniao de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, Florianópolis. **Anais... Florianópolis: Universidade do Vale do Itajaí**, 2010.

BUCKLAND, S. T.; ANDERSON, D. R.; BURNHAM, K. P.; LAAKE, J. L.; BORCHERS, D. L.; THOMAS, L. **Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations**. New York: Oxford University Press. 2001.

BUFFON, G.L.L.C. **Historia Natural, general y particular**. Volumen 1. 1798.

BULLOCK, T.H.; DOMMING, D.P.; BEST, R.C. Evoked brain potentials demonstrate hearing in a manatee (*Trichechus inunguis*). **J. Mammalogy**, v. 61, p.130-133, 1980.

BURT, W.H. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. **Journal of Mammalogy**, v. 24, p.346-352, 1943.

CAMPOS, A. A.; MONTEIRO, A. Q.; MONTEIRO-NETO, C.; POLETTE, M. (Coord). **A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a Gestão Integrada**. AQUASIS. Fortaleza. 2003. 248p. + 45 laminas.

CANTANHEDE, A.M.; SILVA, V.M.; FARIAS, I.P.; HRBEK, T.; LAZZARINI, S.M.; ALVES-GOMES, J. Phylogeography and population genetics of the endangered Amazonian manatee, *Trichechus inunguis*, Natterer, 1883 (Mammalia, Sirenia). **Mol Ecol**, v. 14, p. 401–413, 2005.

CARVALHO, V. L.; MEIRELLES, A. C. O.; MOTTA, M. R. A.; MAIA, D. C. B. S. C.; CAMPELLO, M. V. M.; BEVILAQUA, C. M. L. Occurrence of *Pulmonicola cochleotrema* (syn. *Cochleotrema cochleotrema*) (Digenea: Opisthotrematidae) in Antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v.7, p.47-52, 2009.

CARVALHO, V.L.; MAIA, D.C.B.S.C.; BRILHANTE, R.S.N.; MEIRELLES, A.C.O.; GUEDES, G.M.M.; ROCHA, M.F.G. Surto de fusariomicose em peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus manatus*) cativos. In:51º Congresso da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Fortaleza. **Anais...Fortaleza**, 2015.

CARVALHO, V.L. **Fungos isolados de sirênios e cetáceos no Brasil: uma abordagem fenotípica, genotípica, diagnóstica e de virulência**. Tese (Doutorado em Microbiologia Médica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

CASTELBLANCO-MARTÍNEZ, D.N.; MORALES-VELA, B.; HERNÁNDEZ-ARENA, H.A.; PADILLA-SALDIVAR, J. Diet of manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Chetumal Bay, Mexico. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 7, n. 1-2, p. 39-46, 2009a.

CASTELBLANCO-MARTÍNEZ, D. N.; BERMÚDEZ-ROMERO, A.L.; GÓMEZ-CAMELO, I.V.; ROSAS, F.C.W.; TRUJILLO, F.; ZERDA-ORDONEZ, E. Seasonality of habitat use, mortality and reproduction of the vulnerable Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in the Orinoco River, Colombia: implications for conservation. **Oryx**, v.43, n.2, p.235-242, 2009b.

CASTELBLANCO-MARTÍNEZ, D.N.; PADILLA-SALDÍVAR, J.; HERNÁNDEZ-ARANA, H.A.; SLONE, D.H.; REID, J.P.; MORALES-VELA, B. Movement patterns of Antillean manatees in Chetumal Bay (Mexico) and coastal Belize: a challenge for regional conservation. *Marine Mammal Science*, v.29, n.2, p.166-182, 2012.

CHOI, K. F.; MEIRELLES, A. C. O.; LIMA, V. Soltura Imediata de um filhote recém-nascido de peixe-boi-marinho, *Trichechus manatus*, no Ceará. In: VI Encontro Nacional sobre Conservação e Pesquisa de Mamíferos Aquáticos, Salvador. Anais...Salvador, 2009a.

CHOI, K.F; CAMPOS, T.M; MEIRELLES, A.C.O; CAMPOS, A.A.; FERNANDES, M.B. Desenho da área de um refúgio de vida silvestre para a conservação do peixe-boi-marinho. *Natureza & Conservação*, v. 7, n.2, p.82-89, 2009b.

CHOI, K.F. **Áreas prioritárias para a conservação do peixe-boi-marinho *Trichechus manatus* no Ceará e no Rio Grande do Norte.** 2011. 264f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, 2011.

CIOTTI, L.L. **Isótopos estáveis de carbono e nitrogênio aplicados ao estudo da ecologia trófica do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) no Brasil.** 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2012.

COHEN, J. L.; TUCKER, G. S.; ODELL, D. K. The photoreceptors of the West Indian manatee. *Journal of Morphology*, v. 173, p. 197-202, 1982.

COLBERT, D.E.; GASPARD, J.C.; REEP, R.; MANN, D.A.; BAUER, G.B.. Four-choice sound localization abilities of two Florida manatees, *Trichechus manatus latirostris*. *The Journal of Experimental Biology*, v. 212, p. 2105-2112, 2009.

COLMENERO-ROLÓN, L.; HOZ-ZAVALA, M. Distribución de los manatíes, situación y su conservación en México. *Anales del Instituto de Biología: Serie Zoológica*, v.56, p.955-1020, 1986.

CONVERSE, L.J.; FERNANDES, B. S.; MACWILLIAMS, P. S.; BOSSART, G. D. Hematology, serum chemistry and morphometric reference values for Antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v.25, p.423-431, 1994.

CORKERON, P. Captivity. In: PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, H. G. M. *Encyclopedia of marine mammals*. Florida: Academic Press, 2002. pp. 192 – 197.

COSTA, A.F. **Distribuição espacial e status do peixe-boi-marinho, *Trichechus manatus manatus* (Sirenia: Trichechidae) no litoral leste do Estado do Ceará.** 2006. 131f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

CREED, J.C.; AMADO-FILHO, G.M.. Disturbance and of the macroflora of a seagrass (*Halodule wrightii* Ascherson) meadow in the Abrolhos Marine National Park, Brazil: an experimental evaluation of anchor damage. *J Exp Mar Biol Ecol*, vol. 235, p. 285-306, 1999.

CRUZ, F. T. P. **Ecoturismo e Hospedagem Domiciliar na APA da Barra do Rio Mamanguape-PB: Uma análise de SWOT para atividades sustentáveis.** Monografia (Bacharelado em Hotelaria) 121p. Universidade Federal da Paraíba, 2012.

D'AFFONSECA NETO, J. A.; VERGARA-PARENTE, J. E. Sirenia (Peixe-boi-da-amazônia, peixe-boi-marinho). In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. (Eds.) **Tratado de animais selvagens – Medicina veterinária.** 1. ed. São Paulo: Roca, 2007, pp. 701-714.

DAILEY, M.D. Parasitic Diseases. In: DIERAUF, L.A; GULLAND, F.M.D. (Eds.). **Handbook of marine mammal medicine.** Boca Raton: CRC Press, 2001, pp. 767-778.

DARWIN, C. **On the origin of species.** London, UK: Murray. 502p. 1859.

DAWES, C.J. Seasonal proximate constituents and calorific values in seagrasses and algae on the west coast of Florida. *Journal of Coastal Research*, v. 2, n. 1, 25-32, 1986.

DE CARVALHO, C. T. *Stenodelphis blainvillei* na costa meridional do Brasil, com notas osteológicas (Cetacea, Platanistidae). *Rev. Bras. Biol.*, n. 21, v. 1, p. 443-454, 1961.

DE CARVALHO, C. T. Notas sobre *Kogia breviceps* (Cetacea, Physeteridae). *Revta. Biol. trop.*, v. 14, n. 2, p. 169-181, 1966.

DE THOISY, B.; SPIEGELBERGER, T.; ROUSSEAU, S.; TALVY, G.; VOGEL, I.; VIÉ, J. Distribution, habitat, and conservation status of West Indian manatee *Trichechus manatus* in French Guiana. *Oryx*, v. 37, n. 4, p. 431-436, 2003.

DEUTSCH, C.J.; REID, J.P.; BONDE, R.K.; EASTON, D.E.; KOCHMAN, H.I.; O'SHEA, J. Seasonal movements, migratory behavior, and site fidelity of West Indian manatees along the Atlantic coast of the United States. *Wildlife Monographs*, v.151, p.1-77, 2003.

DEUTSCH, C.J.; SELF-SULLIVAN, C.; MIGNUCCI-GIANNONI, A. (2008) IUCN Red List of Threatened Species, *Trichechus manatus*. IUCN 2013, Group Review, IUCN, Gland. <http://www.iucnredlist.org>.

DOMNING, D. P. Distribution and status of the *Trichechus spp.* near the mouth of the Amazon River, Brazil. *Biological Conservation*, v. 19, p: 85-97, 1981.

DOMNING, D.P. Evolution of manatees: a speculative history. *Journal of Paleontology*, v. 56, p. 599-619, 1982a.

DOMNING, D.P. Commercial exploitation of manatees *Trichechus* in Brazil c. 1785-1973. *Biological Conservation*, vol. 22, no. 2, p. 101-126, 1982b.

DOMNING, D. P.; MORGAN, G. S.; RAY, C. E. North American Eocene sea cows (Mammalia: Sirenia). *Smithsonian Contributions to Paleobiology* Number 52. Washington, D.C: Smithsonian Institution Press, 1982.

DOMMING, D.P.; HAYEK, L.C. Interspecific and intraspecific morphological variation in manatees (Sirenia: *Trichechus*). *Mar Mam Sc*, v. 2, n. 2, p. 87-144, 1986.

DOMNING, D. P. Sea cow family reunion. *Natural History*, v.96, n. 4, p.64-71, 1987.

DOMNING D. P. A phylogenetic analysis of the Sirenia. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History*, v. 29, p.177-189, 1994.

DOMNING, D.P. The earliest known fully quadrupedal sirenian. *Nature*, v. 413, p. 625-627, 2001a.

EMIN-LIMA, R.; RODRIGUES, A. L. F.; SOUSA, M. E. M.; ARCOVERDE, D. L.; SANTOS, G. M. A.; MARTINS, B. M. L.; SILVA JÚNIOR, J. S.; SICILIANO, S. Os mamíferos aquáticos associados aos manguezais da costa norte brasileira. In: PESSÓA, L. M.; TAVARES, W. C.; SICILIANO, S. **Mamíferos das Restingas e Manguezais do Brasil.** Rio de Janeiro, 2010, pp.45-58.

ESTES, J.A.; TERBORGH, J.; BRASHARES, J.E.; *et al.* Trophic Downgrading of Planet Earth. *Science*, v. 333, n. 301, 2011.

FARVER, T. B. Concepts of normality in clinical biochemistry. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals.** 5 ed. California: Academic Press, 1997. pp. 1-20.

FERREIRA, T. H. A.; BRAGA, L. Q. V.; MEIRELLES, A. C. O.; CARVALHO, V. L. Teste de sucedâneo do leite materno em filhote de peixe-boi-marinho: influências sobre o desenvolvimento corporal e parâmetros bioquímicos séricos. In: XVI Reunión de expertos en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Cartagena. *Anais...*Cartagena, 2014.

FITCH, W. T., J. NEUBAUER AND H. HERZEL. Calls out of chaos: The adaptive significance of nonlinear phenomena in mammalian vocal production. *Animal Behaviour*, v. 63, p.407-418, 2002.

FLAMM, R.O.; WEIGLE, B.L.; WRIGHT, E.I.; ROSS, M.; AGLIETTI, S. Estimation of manatee (*Trichechus manatus latirostris*) places and movement corridors using telemetry data. *Ecological Applications*, v.15, n.4, p.1415-1426, 2005.

FORRESTER, D. J. **Parasites and diseases of wild mammals in Florida.** Gainesville: University Press of Florida, 1992, p. 459.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J.D.; BRISCOE, D.A. **Fundamentos de genética da conservação.** Ribeirão Preto, São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética. 2008.

FRANKLIN, I.R. Evolutionary change in small populations. In: SOULÉ, M.E.; WILCOX, B.A. (Eds). **Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective.** Sunderland, MA: Sinauer, 1980. pp 135-150.

FREIRE, A. C. B.; MARMONTEL, M. Underwater Bottle: A New Method of Artificial Feeding Used in Rehabilitation of Caribbean and Amazonian Manatees. In: International Sirenian Symposium, Tampa. *Annals...*Tampa, 2011.

GANDAVO, P.M. **História da Província de Santa Cruz, a que vulgarmente chamamos Brasil.** Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, v.21, p.329-388, 1958.

GARCIA-RODRIGUEZ, A.I.; BOWEN, B.W.; DOMNING, D.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A.; MARMONTEL, M.; MONTOYA-OSPINA, R.A.; MORALES-VELA, B.; RUDIN, M.; BONDE, R.K.; MACGUIRRE, P.M. Phylogeography of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*): how many populations and how many taxa? *Molecular Ecology*, v.7, p.1137-1149, 1998.

GERACI, J. R.; LOUNSBURY, V. J. **Marine Mammals Ashore : a field Guide for strandings.** Second Edition, Baltimore: National Aquarium in Baltimore, 2005, 371p.

GHEERBRANT, E.; DOMNING, D.P.; TASSY, P. Paenungulata (Sirenia Proboscidea Hyracoidea and relatives). In: ROSE, K.D.; ARCHIBALD, J.D. (Eds.). **The Rise of Placental Mammals: Origins and Relationships of the Major Extant Clades.** The John Hopkins University Press Baltimore, 2005. pp. 84-105.

GOELDI, E. **Os Mamíferos do Brasil (Monographias Brasileiras I).** Rio de Janeiro, Alves & Cia., 1893.

GOMES, F. F.; VERGARA-PARENTE, J. E.; FERRARI, S. F. Behaviour patterns in captive manatees (*Trichechus manatus manatus*) at Itamaracá Island, Brazil. *Aquatic Mammals*, v. 34, n.3, p.269-276, 2008.

GOMES, M. B; VITAL, H. Revisão da compartimentação geomorfológica da Plataforma Continental Norte do Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 40, n. 3, p.321-329, 2010.

GRAY, B.; ZORI, R.; MCGUIRE, P.; FELTON, S.; BONDE, R. A first generation cytogenetic ideogram for the Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) based on multiple chromosome banding techniques. *Hereditas*, v. 137, p. 215-223, 2002.

GRIEBEL, U.; SCHMID, A. Color vision in manatee (*Trichechus manatus*). *Vision Res.*, v. 36, n. 17, p. 2747-2757, 1996.

GUEDES-TEMOTEO, J.A.; CRISPIM, M.C.; BRANDÃO, J.M.F. Turismo e Sustentabilidade em Unidades de Conservação: Um Estudo sobre as alternativas de emprego e renda na Área de Preservação Ambiental da Barra do Rio Mamanguape. In: XI Seminário da Associação Nacional Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo, 11. Fortaleza. *Anais...*Fortaleza, Universidade do Estado do Ceará – UECE, 2014.

HARINO, H.; OHJI, M.; WATTAYAKORN, G.; ADULYANUKOSOL, K.; ARAI, T.; MIYAZAKI, N. Concentrations of organotin compounds in tissues and organs of dugongs from Thai coastal waters. *Arch Environ Contamin Toxicol*, vol. 53, p. 495-502, 2007.

HARPER, J.Y. **Corneal vascularization in the Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*).** 2004. 154f. Tese de Doutorado. Universidade da Flórida. 2004.

HARPER, J.Y.; SAMUELSON, D.A.; REEP, R.L. Corneal vascularization in the Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) and three-dimensional reconstruction of vessels. *Vet Ophthalmol*, v. 8, p. 89- 99, 2005.

HARTMAN, D.S. **Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida.** Special Publication number 5, American Society of Mammalogists. 1979,153p.

HARVEY, J. W.; HARR, K. E.; MURPHY, D.; WALSH, M. T.; NOLAN, E. C.; BONDE, R. K.; PATE, M. G.; DEUTSCH, C. J.; EDWARDS, H. H.; CLAPP, W. L. Hematology of healthy Florida manatees (*Trichechus manatus*). *Veterinary Clinical Pathology*, v.38, p.183-193, 2009.

HATT, R. A. Manatee collected by the American Museum Congo Expedition with observation on the recent manatees. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, v. 66, p. 533-566, 1934.

HEMMINGA, M.A.; DUARTE, C.M. **Seagrass Ecology,** Cambridge University Press, 298 p. 2000.

HOOKE, S.K.; GERBER, L.R. Marine reserves as a tool for ecosystem-based management: The potential importance of megafauna. *Bioscience*, v. 54, n. 1, p. 27-39. 2004.

HOOPER, L. V.; LITTMAN, D. R.; MACPHERSON, A. J. Interactions Between the Microbiota and the Immune System. *Science*, v. 336, p. 1268-1273, 2012.

HUNTER, M.E.; AUIL-GOMEZ, N.E.; TUCKER, K.P.; BONDE, R.K.; POWELL, J.; MCGUIRE, P.M. Low genetic variation and evidence of limited dispersal in the regionally important Belize manatee. *Animal Conserv*, v. 13, n. 6, p. 592-602, 2010.

HUNTER, M.E.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A.; TUCKER, K.P.; KING, T.L.; BONDE, R.K.; GRAY, B.A.; MCGUIRE, P.M. Puerto Rico and Florida manatees represent genetically distinct groups. *Conserv Genet*, v.13, p. 1623-1635, 2012.

HUSAR, S. L. *Trichechus manatus*. **Mammalian Species**, v. 93, p. 1-5, 1978.

IBAMA. 2001. **Mamíferos aquáticos do Brasil: plano de ação.** Versão II, Edições IBAMA, Brasília, Brasil.

IBAMA. **Informação do Escritório de Licenciamento da Atividades de Petróleo e Gás (Informação ELPN/IBAMA nº012/03).** Ministério do Meio Ambiente (MMA). 66p. 2003.

IBAMA. **Protocolo de conduta para encalhes de mamíferos aquáticos/ Rede de Encalhe de Mamíferos Aquáticos do Nordeste.** MEIRELLES, A.C.O.; VERGARA-PARENTE, J.E. (Orgs.). Recife: IBAMA. 2005, 298p.

ICMBio. **Plano de ação nacional para a conservação dos sirênios: peixe-boi-da-amazônia *Trichechus inunguis* e peixe-boi-marinho *Trichechus manatus*.** LUNA, F.O.; ANDRADE, M.C.M.de; REIS, M.L. (Orgs.). Brasília: Editora ICMBio. Série espécies ameaçadas, no.12, 2011, 80p.

IRVINE, A. B.; NEAL, F. C.; CARDEILHAC, P. T.; POPP, J. A.; WHITE, F. H.; JENKINS, R. L. Clinical observations on captive and free-ranging West Indian manatees, *Trichechus manatus*. *Aquatic Mammals*, v.8, p.2-10, 1980.

IRVINE, A.B. Manatee metabolism and its influence on distribution in Florida. *Biological Conservation*, v.25, p.315-334, 1983.

ISAAC, V. J.; BARTHEM, R. B. Os recursos pesqueiros da Amazônia brasileira. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Antropologia*, v. 11, n.2, p: 295-330, 1995.

ITE, A. E.; IBOK, U. J.; ITE, M. U.; PETERS, S. W. Petroleum Exploration and Production: Past and Present Environmental Issues in the Nigeria's Niger Delta. *Nature*, vol. 1, no. 4, p. 78-90, 2013.

IVANY, L.C.; NESBIT, E.A.; PROTHERO, D.R. The marine Eocene-Oligocene transition: a synthesis. In: PROTHERO, L.C.; IVANY, L.C.; NESBIT, E.A. (Eds.) **From Greenhouse to Icehouse: the Marine Eocene-Oligocene Transition**, New York: Columbia University Press, 2003. pp. 522-534.

JACOB, A.A.; RUDRAN, R. Radiotelemetria em estudos populacionais. In: CULLEN Jr.; VALADARES-PÁDUA, C.; RUDRAN, R. (Eds). **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo de vida silvestre.** Curitiba, Paraná: Editora da Universidade Federal do Paraná, 2006. 652 p.

KEIL, A. R.; SCHILLER, C. A. A study of manatee leukocytes using peroxidase stain. *Veterinary Clinical Pathology*, v.23, p.50-53, 1994.

KETTEN, D.R.; ODELL, D.K. Anatomical evidence for poor sound localization in manatees. **Association for Research in Otolaryngology**, 1993.

KETTEN, D.R.; ODELL, D.K.; DOMMING, D.P. Structure, function, and adaptation of the manatee ear. In: THOMAS, J.; KASTELEIN, R.; SUPIN, A. (Eds.), **Marine Mammal Sensory Systems**, New York: Plenum Press, 1993, pp. 77-95.

KIE, J.G.; MATTHIOPOULOS, J.; FIEBERG, J.; POWELL, R.A.; CAGNACCI, F.; MITCHELL, M.S.; GAILLARD, J.M.; MOORCROFT, P.R. The home-range concept: are traditional estimators still relevant with modern telemetry technology? *Phil. Trans. R. Soc.*, v.365, p.2221-2231, 2010.

KING, J. M.; HEINEN, J. T. An assessment of the behaviors of overwintering manatees as influenced by interactions with tourists at two sites in central Florida. *Biological Conservation*, vol. 117, n. 3, p. 227-234, 2004.

KJERFVE, B.; PERILLO, G. M. E.; GARDNER, L. R.; RINE, J. M.; DIAS, G. T. .M.; REBELO-MOCHEL, F. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: HEALY, T.; WANG, Y.; HEALY, J. A. (Eds). **Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Function.** 1 ed. Amsterdam: Elsevier Science B. V., 2002. pp. 479-532.

KUMAR, S.; TAMURA, K.; NEI, M. MEGA3: Integrated Software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and Sequence Alignment. *Brief Bioinf*, v. 5, p. 150-163, 2004.

LAILSON-BRITO, J.; MEIRELLES, A.C.; VIDAL, L.G.; FERRAZ, D.R.; FURTADO, L.; AZEVEDO, A. Mercúrio e organoclorados (DDT, PCB, HCB, HCH e MIREX) em tecidos do peixe-boi-marinho, *Trichechus manatus*, da costa nordeste do Brasil. In: XIV Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2010.

LANDRAU-GIOVANNETTI, N.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A.; REIDENBERG, J.S. Acoustical and Anatomical Determination of Sound Production and Transmission in West Indian (*Trichechus manatus*) and Amazonian (*T. inunguis*) Manatees. *The Anatomical Record*, v. 297, p. 1896-1907, 2014.

LANGHAMMER, P.F.; M.I. BAKARR; L.A. BENNUN; T.M. BROOKS; R.P. CLAY; W. DARWALL; N. De SILVA; G.J. EDGAR; G. EKEN; L.D.C. FISHPOOL; G.A.B. FONSECA; M.N. FOSTER; D.H. KNOX; P. MATIKU; E.A. RADFORD; A.S.L. RODRIGUES; P. SALAMAN; W. SECHREST; A.W. TORDOFF. **Identification and Gap Analysis of Key Biodiversity Areas: Targets for Comprehensive Protected Area Systems.** Gland, Switzerland:IUCN. 2007.

LAZZARINI, S.M.; RIBEIRO, D.C.; VERGARA-PARENTE, J.E. Sirenia (Peixe-boi-da-amazônia, peixe-boi-marinho). In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. (Eds.) **Tratado de animais selvagens: Medicina veterinária.** 2. ed., vol. 1, São Paulo: Roca, 2014, pp. 936-972.

LEDDER, D. A. **Food habits of the West Indian manatee, *Trichechus manatus latirostris*, in south Florida.** Dissertação de Mestrado - Universidade de Miami, USA, 1986.

LEFEBVRE, L. W.; MARMONTEL, M.; REID, J. P.; RATHBUN, G. B.; DOMNING, D. P. Status and Biogeography of the West Indian Manatee. In: WOODS, C. A.; SERGILE, F. E. (Eds.), 2nd ed., **Biogeography of the West Indies: patterns and perspectives**, CRC Press, 2001. pp. 425-474.

LIGHTSEY, J.D.; ROMMEL, S.A.; COSTIDIS, A.M.; PITCHFORD, T.D. Methods used during gross necropsy to determine watercraft-related mortality in the Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, vol. 37, no. 3, p. 262-275, 2006.

LIMA, R. P. **Peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*): Distribuição, status de conservação e aspectos tradicionais ao longo do litoral nordeste do Brasil.** 1997, 81f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1997.

LIMA, R. P. **Distribuição espacial e temporal de peixes-bois (*Trichechus manatus*) reintroduzidos no litoral nordestino e avaliação da primeira década (1994/2004) do programa de reintrodução.** 2008. 178f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

LIMA, D. S.; VERGARA-PARENTE, J.E.; YOUNG, R.J.; PASZKIEWICZ, E. Training of Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758 as a management technique for individual welfare. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, v.4, p.61-68, 2005.

LIMA, D. S.; BORGES, J. C. G.; COUTINHO, I.; GUERRA NETO, G.; MORENO, E. S.; SABIONI, L. A.; VERGARA-PARENTE, J. E.; MARMONTEL, M. Encalhe de um filhote de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) na Costa Norte do Brasil. In: 16 Reunião de expertos em mamíferos acuáticos de América del sur, Cartagena de Indias. *Anais...*Cartagena de Indias, 2014.

LIMA, R. P.; PALUDO, D.; SILVA, K. G.; SOAVINSKI, R. J.; OLIVEIRA, E. M. A. Distribuição, ocorrência e status de conservação do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus, 1758) ao longo do litoral nordeste do Brasil. **Coletânea de trabalhos de conservação e pesquisa de sirênios no Brasil**, n.1, p.47-72, 1992.

LIMA, R. P.; CALDAS, S. T.; CANDISANI, L. **Peixe-boi: a história da conservação de um mamífero brasileiro.** DBA Artes Gráficas, 2001.

LIMA, R. P.; ALVITE, C.M.C.; VERGARA-PARENTE, J.E.; CASTRO, D.F.; PASZKIEWICZ, GONZALE, E. M. Reproductive behavior in a captive-released manatee (*Trichechus manatus manatus*) along the Northeastern Coast of Brazil and the life history of her first calf born in the wild. *Aquatic Mammals*, v. 31, n. 4, p. 420-426, 2005.

LIMA, R. P., ALVITE, C.M.C.; VERGARA-PARENTE, J.E. **Protocolo de reintrodução de peixes-bois-marinhos no Brasil.** São Luis: IBAMA-MA, Instituto Chico Mendes. 62 p. 2007.

LIMA R. P.; PALUDO D.; SOAVINSKI R.J.; SILVA K.G.; OLIVEIRA E.M.A. Levantamento da distribuição, ocorrência e status de conservação do Peixe-Boi-Marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus, 1758) no litoral nordeste do Brasil. **Natural Resources, Aquidabã**, v. 1, p.41-57, 2011.

LIMA, R. P.; PASSAVANTE, J. Z.O. Avaliação da primeira década (1994-2004) das reintroduções de peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus*) no nordeste do Brasil. **Natural Resources**, v. 3, n. 1, p. 26-41, 2013.

LOTZE, H.K.; LENIHAN, H.S.; BOURQUE, B.J.; BRADBURY, R.H.; COOKE, R.G.; KAY, M.C.; KIDWELL, S.M.; KIRBY, M.X.; PETERSON, C.H.; JACKSON, J.B. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, vol. 312, p.1806-1809, 2006.

LOYOLA, R. D.; LEWINSOHN, T. M. Diferentes abordagens para a seleção de prioridades de conservação em um contexto macrogeográfico. *Conservação Internacional Brasil. Megadiversidade - Os desafios científicos para a conservação da biodiversidade no Brasil*, v.5, n.1. p.29-42, 2009.

LUGARINI, C.; NORMANDE, I. C.; ATTADEMO, F. N. Soltura imediata de um juvenil de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) encalhado no estado da Paraíba. In: VI Encontro Nacional sobre conservação e pesquisa de mamíferos aquáticos, Salvador. *Anais...* Salvador, 2009.

LUNA, F. O. **Distribuição, status de conservação e aspectos tradicionais do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) no litoral norte do Brasil.** 2001. 122f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.

LUNA F.O.; LIMA R.P.; ARAÚJO J.P.; PASSAVANTE J.Z.O. Status de conservação do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) no Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 10, p.145-153. 2008.

LUNA, F. O.; PASSAVANTE, J. Z. O.; MENDES, P. P.; PESSANHA, M.; SOAVINSKI, R. J.; OLIVEIRA, E. M. Ocorrência do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) no litoral norte do Brasil. **Bol. Muss. Biol. Mello Leitão**. vol. 23, p. 37-49. 2008.

LUNA, F.O.; PASSAVANTE, J.Z.O. **Projeto Peixe-boi/ICMBio - 30 anos de conservação de uma espécie ameaçada** - Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.108p. 2010.

LUNA, F.O.; ATTADEMO, F.L.N.; HAGE-MAGALHÃES, L.R.; COUTINHO, P.D.F. 2010. Registro dos nascimentos de filhotes de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) ocorridos em cativeiro. In: XIV Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis. 2010.

LUNA, F.O.; BONDE, R.K.; ATTADEMO, F.L.; SAUNDERS, N.; JONATHAN, W.; MEIGS-FRIEND, G.; PASSAVANTE, J.Z.; HUNTER, M.E. Phylogeographic implications for release of critically endangered manatee calves rescued in Northeast Brazil. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*, v. 22, p. 665-672, 2012.

LUNA, F.O. **Population genetics and conservation strategies for the West Indian manatees (*Trichechus manatus* Linnaeus, 1758) in Brazil.** 2013. 236f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

LUNA, F. O.; ZANONI, S. S.; BALENSIEFER, D. D.; MARQUES, C. C.; FREIRE, A. C. B.; SERRANO, I. L.; PAZIN, V.; SOUSA, G. P.; ATTADEMO, F. L. N. 50 Anos da História de Xica, o peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) em reabilitação mais antigo no Brasil. In: VII Encontro Nacional sobre Conservação e Pesquisa de Mamíferos Aquáticos, São Leopoldo. *Anais...*São Leopoldo, 2013.

LUNA, F. O.; NOURISSON, C.; HUNTER, M. E.; DAVIS, M.; ATTADEMO, F. L. N.; BONDE, R. K.; PASSAVANTE, J. Z. O. Pedigree monitoring of manatees in captivity at CMA/ICMBio in Brazil provide evidence of inbreeding. In: 16 Reunião de expertos em mamíferos acuáticos de América del sur, Cartagena. *Anais...*Cartagena, 2014.

MACAVOY, S. E.; BACALAN, V.; KAZANTSEVA, M.; RHODES, J.; KIM, K. Sulfur isotopes show importance of freshwater primary production for Florida manatees. *Marine Mammal Science*, v. 31, p. 720-725, 2015.

MACKAY-SLIM, A.; DUVALL, D.; GRAVES, B.M. The West Indian Manatee (*Trichechus manatus*) Lacks a Vomeronasal Organ. *Brain Behav Evol.*, v.27, p.186-194, 1985.

MANN, D. A.; O'SHEA, T. J.; NOWACEK, D. P. Nonlinear dynamics in manatee vocalizations. *Marine Mammal Science*, v. 22, n. 3, p. 548-555, 2006.

MARGULES, C.R.; R.L. PRESSEY. Systematic conservation planning. *Nature*, v.405, p.243-253, 2000.

MARMONTEL, M. **The reproductive anatomy of the female manatee *Trichechus manatus latirostris* (Linnaeus 1758) based on gross and histologic observations.** 91f.

Dissertação de Mestrado - University of Miami, Coral Gables, FL. 1988.

MARMONTEL, M.; ODELL, D.K.; REYNOLDS, J.E. Reproductive biology of South American manatees. In: HEMLETT, W.C. (Ed.) **Reproductive Biology of South American Vertebrates**, New York: Springer-Verlag, 1992. pp. 295-312.

MARMONTEL, M. **Age determination and population biology of the Florida manatee *Trichechus manatus latirostris*.** 403f. Tese de Doutorado - University of Miami, Gainesville, 1993.

MARMONTEL, M. Age and reproduction in female Florida manatees. In: O'SHEA, T.J.; ACKERMAN, B.B.; PERCIVAL, H.F. (Eds) **Population biology of the Florida manatee.** National Biological Service Information and Technology Report 1, 1995. pp. 98-119.

MARSH, H. The life history, pattern of breeding, and population dynamics of the dugong. In: O'SHEA, T.J.; ACKERMAN, B.B.; PERCIVAL, H.F. (Eds) **Population biology of the Florida manatee.** National Biological Service Information and Technology Report 1, 1995. pp. 75-83

MARSH, H.; O'SHEA, T.J.; REYNOLDS III, J.E. **Ecology and Conservation of the Sirenia: Dugongs and Manatees.** Conservation Biology 18. Nova York: Cambridge University Press, 2011.

MARTIN J.; EDWARDS H.H.; BURGESS M.A.; PERCIVAL H.F.; FAGAN D.E.; GARDNER B.E.; ORTEGA-ORTIZ J.G.; IFJU P.G.; EVERS B.S.; RAMBO T.J. Estimating Distribution of Hidden Objects with Drones: From Tennis Balls to Manatees. *Plos One*, v.7, e38882. 2012.

MCLEOD, N. **The Great Extinctions - What causes them and how they shape life.** Natural History Museum publications, Cromwell Road, London, SW7 5BD. 208 p. 2013.

MEDINA, V. E. H. **Comportamento do peixe-boi (*Trichechus manatus manatus*) nos oceanários de Itamaracá: manejo e condições abióticas.** 2008. 115f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

MEDWAY, W.; RATHBUN, G. B.; BLACK, D. J. Hematology of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*). *Veterinary Clinical Pathology*, v.11, p.11-15, 1982.

MEIRELLES, A.C.O. **Diagnóstico de Mortalidade de peixe-boi marinho, *Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758, no litoral do estado do Ceará.** 87p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza,2003.

MEIRELLES A.C.O. Mortality of the Antillean manatee, *Trichechus manatus manatus*, in Ceará State, northeastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 88, n.6, p. 1133-1137. 2008.

MEIRELLES, A. C. O.; CHOI, K. F.; SILVA, C. P. N. Colisão de peixe-boi-marinho, *Trichechus manatus*, com embarcação à vela no litoral leste do Ceará. In: VI Encontro Nacional sobre Conservação e Pesquisa de Mamíferos Aquáticos, Salvador. *Anais...* Salvador, 2009.

MEIRELLES, A. C. O.; CARVALHO, V. L.; SILVA, C.P.N. Encalhes de neonatos de peixe-boi-marinho na costa semi-árida do nordeste do Brasil: Quais fatores podem estar envolvidos? In: XVI Reunião de expertos em Mamíferos Acuáticos de América del Sur, 2014, Cartagena. *Anais...*Cartagena, 2014.

MELO, S.M.C.; AGUIAR, E.P.S. Práticas Ecoturísticas como Alternativa para o Desenvolvimento Sustentável no Município de Cajueiro da Praia - PI. In: XI Seminário da Associação Nacional Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo, 11. Fortaleza. *Anais...*Fortaleza, Universidade do Estado do Ceará - UECE, 2014.

MIGNUCCI-GIANNONI, A.A.; MONTOYA-ESPINA, R.A.; JIMÉNEZ-MARRERO, N.M.; RODRÍGUEZ-LOPEZ, M.A.; WILLIAMS, E.H.BONDE, R.K. Manatee mortality in Puerto Rico. *Environmental Management*, vol. 25, no. 2, p. 189-198, 2000.

MIKSIS-OLDS, J. L. Manatee response to environmental noise. Tese de Doutorado - University of Rhode Island, Kingston, Rhode Island. 2006.

MIKSIS-OLDS, J. L.; TYACK, P. L. Manatee (*Trichechus manatus*) vocalization usage in relation to environmental noise levels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v.125, n.3, p.1806-1815, 2009.

MILLS, D.S.; MARCHANT-FORDE, J.N.; MACGREEVY, P.D. *et al.* **The encyclopedia of Applied Animal behavior and welfare.** CAB International. 2010.

MMA. **Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha.** Relatório Técnico. 157 p. 2002.

MMA. MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa No. 3 de 26 de maio de 2003. **Lista nacional das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção.** Brasília: MMA. 2003.

MMA - MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro: 25 anos de gerenciamento costeiro no Brasil.** Brasília, 181p. <https://www.mar.mil.br/secirm/publicacoes/gerco/gerco.pdf>, 2005.

MOREIRA, J. F. **Legislação ambiental e conflitos sócio-ambientais: o caso da atividade de carcinicultura na APA da Barra do Rio Manganuape - PB.** Dissertação (Mestrado em Desenho, Universidade Federal da Paraíba, 2008.

NETO, A. **Luiz Correia & Cajueiro da Praia: Executivo e Legislativo.** Teresina: Edições Geração 70, 2006.

NORMANDE, I.C. **Manejo para conservação de peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus LINNAEUS, 1758*) no Brasil: programas de soltura e monitoramento.** 2015. 115f. Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.

NORMANDE, I.C.; LUNA, F.O.; MALHADO, A.C.M.; BORGES, J.C.G.; VIANA JUNIOR, P.C.; ATTADEMO, F.L.N.; LADLE, R.J. Eighteen year of Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in Brazil: lessons learnt. *Oryx*, v.49, n.2, p.338-344, 2015.

NOURISSON, C.; MORALES-VELA, B.; PADILLA-SALDÍVAR, J.; TUCKER, K.P.; CLARK, A.; OLIVERA-GÓMEZ, L.D.; BONDE, R.; MCGUIRE, P. Evidence of two genetic clusters of manatees with low genetic diversity in Mexico and implications for their conservation. *Genética*, v. 139, n. 7, p. 833-842, 2011.

NOWACEK, D.P.; CASPER, B.M.; WELLS, R.S.; NOWACEK, S.M.; MANN, D.A. Intraspecific and geographic variation of West Indian manatee (*Trichechus manatus spp.*) vocalizations. *J Acoust Soc Am*, v. 114, p. 66-69, 2003.

NOWACEK, S.M.; WELLS, R.S.; OWEN, E.C.G.; SPEAKMAN, T.R.; FLAMM, R.O.; NOWACEK, D.P. Florida manatees, *Trichechus manatus latirostris*, respond to approaching vessels. *Biological Conservation*, v. 119, p. 517-523, 2004.

NUNES PEREIRA, M. **O peixe-boi-da-amazônia.** Ministério da Agricultura. Divisão de Caça e Pesca. Rio de Janeiro. 132 p. 1954.

O'SHEA, T.J.; LANGTIMM, C.A. 1995. Estimation of survival of adult Florida manatees in the Crystal River, at Blue Spring, and on the Atlantic Coast. In: O'SHEA, T.J.; ACKERMAN, B.B.; PERCIVAL, H.F. (eds) **Population biology of the Florida manatee.** National Biological Service Information and Technology Report 1, 1995a. pp. 194-222.

O'SHEA, T.J.; HARTLEY, W.C. Reproduction and early-age survival of manatees at Blue Spring, upper St. Johns River, Florida. In: O'SHEA, T.J.; ACKERMAN, B.B.; PERCIVAL, H.F. (eds) **Population biology of the Florida manatee.** National Biological Service Information and Technology Report 1, 1995b. pp. 157-170.

ODELL, D. K. West Indian Manatee *Trichechus manatus*. In: CHAPMAN J. A.; FELDHAMER G. A. (Eds). **Wild Mammals of North America, Biology, Management, and Economics.** Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press. 1982.

OLIVEIRA, E.M.A.; LANGGUTH, A.; SILVA, K.G.; SOAVINSKI, R.J.; LIMA, R.P. Mortalidade do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) na costa nordeste do Brasil. In: IV Reunião de trabalho de especialistas em mamíferos acuáticos de América del Sur. *Anais...*Valdivia, 1990.

OLIVEIRA, E.; LANGGUTH, A.; SILVA, K. G.; SOAVINSKY, R. J.; LIMA, R. P. Mortalidade do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus* Linn.) na costa nordeste do Brasil. 4ª Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Valdivia. *Anais...*Valdivia, 1994.

OLIVEIRA-GÓMEZ, L.D.; MELLINK, E. Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) as a function of habitat characteristics, in Bahía de Chetumal, México. *Biological Conservation*, v.121, p.127-133, 2005.

ORICO, O. **Cozinha amazônica.** Coleção Amazônica. Série Ferreira Pena - UFPA, 195 p. 1972.

ORTIZ, R. M.; WORTHY, G. A. J.; BYERS, F. M. Estimation of water turnover rates of captive West Indian manatees (*Trichechus manatus*) held in fresh and salt water. *The Journal of Experimental Biology*, v. 202, p. 33-38, 1999.

ORTIZ, R.M.; WORTHY, G.A.J. Body composition and water turnover rates of bottle-fed West Indian manatee (*Trichechus manatus*) calves. **Aquatic Mammals**, v. 32, n.1, p. 41-45, 2006.

PALUDO, D. Estudos sobre a ecologia e conservação do peixe-boi-marinho *Trichechus manatus manatus* no Nordeste do Brasil. 1997. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1997.

PALUDO, D. Estudos sobre a ecologia e conservação do peixe-boi-marinho *Trichechus manatus manatus* no Nordeste do Brasil. Série Meio Ambiente em Debate no. 22, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998. 70p

PALUDO, D.; LANGGUTH, A. Use of Space and temporal distribution of *Trichechus manatus manatus* Linnaeus in the region of Sagi, Rio Grande do Norte State, Brazil (Sirenia, Trichechidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 1, p. 205-215, 2002.

PARENTE, C. L.; VERGARA-PARENTE, J. E.; LIMA, R. P. Strandings of Antillean manatees, *Trichechus manatus manatus*, in northeastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v.3, n.1, p.69-75, 2004.

PARENTE, C. L.; ARAÚJO, M. E. Effectiveness of monitoring marine mammals during marine seismic surveys off Northeast Brazil. **Journal Integrated Coastal Zone Management**, v. 11, p.409-419, 2011.

PARR, L.; SANTOS, F.R.; WAYCOTT, M.; VIANNA, J.A.; MCDONALD, B.; CABALLERO, S.; SOUZA, M.J. Sirenian genetics and demography. In: HINES, E.M.; REYNOLDS III, J.E.; ARAGONES, L.V.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A.; MARMONTEL, M. (Org.). **Sirenian Conservation: Issues and Strategies in Developing Countries** 1ed. Gainesville, FL: University Press of Florida, 2012.

PELTIER, W.R.; FAIRBANKS, R.G. Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record. **Quat Sci Rev**, v. 25, p. 3322–3337, 2006.

PETROBRAS. Subprojeto de Monitoramento de Sirênios: Monitoramento Remoto por Telemetria Satelital e Censo Populacional por Meio de Sobrevôo. Relatórios dos Programas e Projetos Ambientais, v.10, 150p., 2014.

PHILLIPS, R.; NIEZRECKI, C.; BEUSSE, D.O. Determination of West Indian manatee vocalization levels and rate. **J Acoust Soc Am**, v. 115, p. 422–428, 2004.

PICANÇO, M. C. L.; ZANIOLO, G. Relato de casos clínicos de filhotes recém-nascidos de peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) em cativeiro no Centro Peixe-boi/IBAMA, Pernambuco. In: 8ª Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, Olinda. **Anais...**Olinda, 1998.

PICANÇO, M. C. L.; ZANIOLO, G.; SÁ, F.C.N. Desenvolvimento de dois indivíduos gêmeos de peixes-bois-marinhos

(*Trichechus manatus*) do sexo feminino nascidos em cativeiro no Centro Peixe-boi/IBAMA no seu primeiro ano de vida. In: 8ª Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, Olinda. **Anais...**Olinda, 1998.

PILOTO ANÔNIMO. Navegação de Pedro Álvares Cabral escrita por um piloto português. In: L. Albuquerque (Org.), **O Reconhecimento do Brasil**. Lisboa: Publicações Alfa, Biblioteca da Expansão Portuguesa, vol. 14 (Texto original de 1500). 1989.

PIMM, S. L.; RAVEN, P. Biodiversity: Extinction by numbers. **Nature**, v. 403, p.843–845, 2000.

PIRES, J. M. L.; FREIRE, A. C. B.; SOUSA, G. P.; ATTADEMO, F. L. N.; MARQUES, C. C.; LUNA, F. O. Uso de batata (*Solanum tuberosum*) para a obtenção de ganho de peso em peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) cativo no Brasil. In: VII Encontro Nacional sobre Conservação e Pesquisa de Mamíferos Aquáticos, São Leopoldo. **Anais...**São Leopoldo, 2013.

PITANGA, M.E.; MONTES, M.J.F.; MAGALHÃES, K.M.; REIS, T.N.V. Quantification and classification of the main environmental impacts on a Halodule wrightii seagrass meadow on a tropical island in northeastern Brazil. **Anais da Acadêmica Brasileira de Ciências**, vol.84, no. 1, p. 35-42.

POLLOCK K.; MARSH, H.; LAWLER, I.R.; ALLDREDGE, M.W. Estimating animal abundance in heterogenous environments: an application to aerial surveys for dugongs. **Journal of Wildlife Management**, v. 70, p.255–262, 2006.

POWELL, J. A., Jr. Evidence of carnivory in manatees (*Trichechus manatus*). **J. Mamm.**, v. 59, p.442, 1978.

POWELL, R. A. Animal home ranges and territories and home range estimators. In **Research technologies in animal ecology – controversies and consequences**. BOITANI, L.; FULLER, T. K. (Eds). New York, NY: Columbia University Press, 2000. pp.65-110.

POWELL, J. 2002. **Manatees: natural history & conservation**. Worldlife Library. Voyageur Press, St. Petersburg, USA.

PRADHEEBA, M.; DILIPAN, E.; NOBI, E.P.; THANGARADJOU, T.; SIVAKUMAR, K. Evaluation of seagrasses for their nutritional value. **Indian Journal of Geo-Marine Sciences**, v. 40, n. 1, p. 105-111, 2011.

PROUS, A. **O Brasil antes do Brasileiros, a Pré-história do nosso País**. Rio de Janeiro, RJ: Jorge Zahar editora, 2006, 142 p.

RAGA, J.A.; FERNÁNDEZ, M.; BALBUENA, J.A.; AZNAR, J. Parasites. In: PERRIN, W.F.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, H.G.M. (Eds.). **Encyclopedia of marine mammals**. San Diego: Academic Press, 2002, pp.867-876.

RATHBUN, G.B.; POWELL, J.A.; CRUZ, G. Status of the West Indian manatee in Honduras. **Biological conservation**, v.26, p.301-308, 1983.

RATHBUN, G.B.; REID, J.P.; BOURASSA, J.B. Design and construction of a tethered, floating radio-tag assembly for manatees. **National Technical Information Service**, #PB87-161345/AS. Springfield, Virginia, 1987, 49 p.

RATHBUN, G.B., J.P. REID, R.K. BONDE, J.A. POWELL. Reproduction in free-ranging Florida manatees. In: O'SHEA, T.J.; ACKERMAN, B.B.; PERCIVAL, H.F. (eds) **Population biology of the Florida manatee**. National Biological Service Information and Technology Report 1, 1995. pp 135-156.

REED, D.H.; O'GRADY, J.J.; BROOK, B.W.; BALLOU, J.D.; FRANKHAM, R. Estimates for minimum viable population sizes for vertebrates and factors influencing those estimates. **Biological Conservation**, v. 113, p. 23-34, 2003.

REEP, R.L.; BONDE, R.K. **The Florida Manatee: Biology and Conservation**. University Press of Florida, Florida, 2006. 189 p.

REEP, R. L.; SARKO, D.K.; RICE, F.L. Rock hyraxes (*Procavia capensis*) possess vibrissae over the entire postfacial body. **Poster presented at Society for Neuroscience**, 2007.

REEVES, R. R.; TUBOKU-METZGER, D.; KAPINDI, R.A. Distribution and exploitation of manatees in Sierra Leone. **Oryx**, v.22, p.75-84, 1988.

REEVES, R.R.; STEWART, B.S.; CLAPHAM, P.J.; POWELL, J.A. **Guide to Marine Mammals of the World**. National Audobon Society/Alfred A. Knopf, Inc., New York, 2002. 528p.

REID, J. P.; RATHBUN, G.B.; WILCOX, J.R. Distribution Patterns of Individually Identifiable West Indian manatees (*Trichechus manatus*) in Florida. **Marine Mammal Science**, v.7, n.2, p.180-190, 1991.

REIDARSON, T. H.; DUFFIELD, D.; MCBAIN, J. Normal hematology of marine mammals. In: FELDMAN, B. F.; ZINKL, J. G.; JAIN, N. C. (Eds.). **Veterinary Hematology**, 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000. pp. 1164–1173.

REINHART, R.H. A new genus of Seacow from the Miocene of Colombia. University of California publications. **Bulletin of the Department of Geological Sciences**, v. 28, no. 9, p. 203-213, 1951.

REYNOLDS, J.E. Aspects of the social behaviour and herd structure of a semi-isolated colony of West Indian manatee, *Trichechus manatus*. **Mammalia**, v. 45, p. 431–451, 1981.

REYNOLDS III, J.E.; ODELL, D.K. **Manatees and dugongs**. New York: Facts on File Inc, 1991. 192 p.

REYNOLDS III, J. E.; POWELL, J. A. Manatees *Trichechus manatus*, *T. senegalensis*, and *T. inunguis*. In: WILLIAM R PERRIN; BERND WIIRSIG; J. G. M. THEWISSEN. **Encyclopedia of Marine Mammals**. San Diego: Academic Press, 2002.

REYNOLDS III, J.E.; ROMMEL, S.A.; PITCHFORD, M.E. The likelihood of sperm competition in manatees -explaining an apparent paradox. **Marine Mammal Science**, v. 20, n. 3, p. 464-476, 2004.

REYNOLDS III, J.E.; MORALES-VELA, B.; LAWLER, I.; EDWARDS, H. Utility and design of aerial surveys for sirenians. In: HINES, E.; REYNOLDS III, J.E.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A.; ARAGONES, L.V.; MARMONTEL, M. (eds.) **Sirenian Conservation: Issues and Strategies in Developing Countries**. University Press of Florida, Gainesville, Florida, pp. 186–195, 2012.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S. **Biologia da Conservação: Essências**. São Carlos, SP: Ed. RIMA, 2006. 582p.

REYNOLDS III, J.E.; MORALES-VELA, B.; LAWLER, I.; EDWARDS, H. Utility and design of aerial surveys for sirenians. In: HINES, E.; REYNOLDS III, J.E.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A.; ARAGONES, L.V.; MARMONTEL, M. (eds.) **Sirenian Conservation: Issues and Strategies in Developing Countries**. University Press of Florida, Gainesville, Florida, 2012. pp. 186–195

ROMMEL, S. A.; LOWESTINE, L. J. Gross and Microscopic anatomy. In: DIERAUF, L. A.; GULLAND, F. M. D. (Eds). **Handbook of Marine Mammal Medicine**. Boca Raton: CRC Press, 2001, pp. 129-164.

SAGNE, C. *Halitherium taulannense*, nouveau sirénien (Sirenia, Mammalia) de l'Éocène supé rieur provenant du domaine Nord- Téthysien (Alpes-de-Haute-Provence, France). **Earth and Planetary Sciences**, v. 333, p. 471–476, 2001.

SALLES, R. . Tese (Doutorado em Engenharia de Pesca), Universidade Federal do Ceará. 2013.

SANFORD, J. A.; GALLO, R. L. Functions of the skin microbiota in health and disease. **Semin Immunol**, v.25, p.370– 377, 2013.

SANJAD, N.; ORENII, D. C.; DE SOUSA, J.; JUNIORI, S.; HOOGMOEDI, M. S.; HIGUCHII, H. Documentos para a história do mais antigo jardim zoológico do Brasil: o Parque Zootânico do Museu Goeldi Bol. **Mus. Para. Emilio Goeldi. Cienc. Hum**, v. 7, p. 197-258, 2012

SATIZÁBAL, P.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A.; DUCHÊNE, S.; CAICEDO-HERRERA, D.; PEREA-SICCHAR, C.M.; GARCÍA-DÁVILA, C.R.; TRUJILLO, F.; CABALLERO, S.J. Phylogeography and sex-biased dispersal across riverine manatee populations (*Trichechus inunguis* and *Trichechus manatus manatus*) in South America. **PLoS One**, v. 7, n. 12, 52468e, 2012.

SAVAGE, R. J. G.; DOMNING, D. P.; THEWISSEN, J. G. M. Fossil Sirenia of the west Atlantic and Caribbean region. V. The most primitive known sirenian, *Prorastomus sirenoides* Owen, 1855. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 14, n. 3, p. 427-449, 1994.

SCHEVILL, W.E.; WATKINS, W.A. Underwater calls of *Trichechus* (manatee). **Nature**, v. 205, p. 373–374, 1965.

SEAMAN, D.E.; POWELL, R.A. An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. **Ecology**, v. 77, p. 2075-2085, 1996.

SELF-SULLIVAN, C.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A. (2008) **IUCN Red List of Threatened Species, *Trichechus manatus ssp. manatus***. IUCN 2012, Group Review, IUCN, Gland. <http://www.iucnredlist.org>

SELF-SULLIVAN, C.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A. West Indian manatees (*Trichechus manatus*) in the Wider Caribbean. In: HINES, E.M.; REYNOLDS III, J.E.; ARAGONES, L.V.; MIGNUCCI-GIANNONI, A.A.; MARMONTEL, M. (eds.) **Sirenian Conservation - Issues and Strategies in Developing Countries**. University Press of Florida, Gainesville, Florida, 2012. pp. 36–46.

SELF-SULLIVAN, C.; DOMNING, D.P.; VELEZ-JUARBE, J. **Evolution of Sirenia: An Outline**. 2014.

SHEPPARD, J. K.; PREEN, A.R.; MARSH, H.; LAWLER, I.R.; WHITING, S.D.; JONES, R.E. **Movement heterogeneity of dugongs, *Dugong dugon* (Müller), over large spatial scales**. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.334, n.1, p. 64-83, 2006.

SHORT, R.V. Hopping mad. In: GARLICK, D.G.; KORNER, P.I. (eds.). **Frontiers in physiological research**. Eds. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 1984. pp. 371–386

SIDRIM, J. J.; CARVALHO, V. L.; MAIA, D.; BRILHANTE, R. S.; MEIRELLES, A. C.; SILVA, C. P.; CORDEIRO, E.A.; MOREIRA, J.L.; BANDEIRA, T.; ROCHA, M. F. *Bipolaris hawaiiensis* as an emerging cause of cutaneous phaeoophomycosis in an Antillean manatee *Trichechus manatus manatus*. **Diseases of aquatic organisms**, v.113, p.69-73, 2015.

SILVA, C. P. N. Mamíferos Marinhos. In: CAMPOS, A. A.; MONTEIRO, A. Q.; MONTEIRO-NETO, C.; POLETTE, M. (Coord). 2003. **A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a Gestão Integrada**. Fortaleza: AQUASIS, 2003. pp. 114-116.

SILVA, F. M. O. ; VERGARA-PARENTE, J.E.; GOMES, J. K. N.; TEIXEIRA, M. N.; LIMA, R. P. A. Contribution for the Definition of Serum Chemistry Values in Captive Adults Antillean Manatees (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758). **Journal of Veterinary Medicine. Series A**, v.54, p.119-122, 2007.

SILVA, F. M. O. ; VERGARA-PARENTE, J.E.; GOMES, J. K. N.; TEIXEIRA, M. N.; ATTADEMO, FERNANDA L. N.; SILVA, J. C. R. Blood Chemistry of Antillean Manatees (*Trichechus manatus manatus*): Age Variations. **Aquatic Mammals**, v.35, p.253-258, 2009.

SILVA, J.C.R.; MARVULO, M.F.V.; PICANÇO, M.C.; LIMA, R.P.; VERGARA- PARENTE, J. E.; MARCONDES, M. C. C.; FERREIRA, P. M.; MORAIS, Z. M.; OGASSAWARA, S.; VASCONCELLOS, S. A.; JOSÉ SOARES FERREIRA-NETO, J.S. Pesquisa de anticorpos anti-*Toxoplasma gondii*, *Leptospira interrogans* e *Brucella abortus* em peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus manatus*) mantidos em cativeiro. In: V Congresso e X Encontro da Associação Brasileira de Veterinários de Animais Selvagens, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 2001.

SILVA, K.G.; PALUDO, D.; OLIVEIRA, E.M.A., LIMA, R.P., SOAVINSKI, R.J.. Distribuição e ocorrência do peixe-

boi-marinho (*Trichechus manatus*) no estuário do rio Mamanguape, Paraíba-Brasil. **Periódico Peixe-boi/IBAMA-FMM**, vol. 1, no. 1, p. 6-18, 1992a.

SILVA, K. G.; SAOVINSKI, R. J.; OLIVEIRA, E. M. A.; KOHLER, M. C. M.. Alimentação, crescimento e comportamento em cativeiro de um filhote órfão de Peixe-Boi-Marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus, 1758). **Peixe-Boi**, v.1, p.33-41, 1992b.

SILVA, R.B. Aspectos biológicos, físico-ambientais e antrópicos de enalhes de peixes-bois-marinhos, *Trichechus manatus manatus*, no Ceará. 2010. 101f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SILVA, S.M. Caracterização populacional e estimativa de parentesco entre peixes-bois-marinhos *Trichechus manatus* (LINNAEUS, 1758) usando marcadores microsatélites. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental), Universidade Federal do Pará, 2015.

SONODA, S.; TAKEMURA, A. Underwater sounds of the manatees, *Trichechus manatus* and *T. inunguis* (Trichechidae). **Report for the Institute of Breeding Research, Tokyo University of Agriculture**, v. 4, p.19–24, 1973.

SORICE, M.G.; SHAFER, C.S.; DITTON, R.B. Managing endangered species within the use-preservation paradox: The Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) as a tourism attraction. **Environmental management**, vol. 37, no. 1, p. 69-83, 2006.

SOUZA, G. P.; FREIRE, A. C. B.; FOPPEL, E. F.; ATTADEMO, F. L. N.; LUNA, F. O.; MARQUES, C. C. Píotórax em peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*) cativo no Brasil: relato de caso. In: VII Encontro Nacional sobre Conservação e Pesquisa de Mamíferos Aquáticos, São Leopoldo. **Anais...**São Leopoldo, 2013.

SOUZA-LIMA, R. S. **Comunicação acústica em peixes-bois (Sirenia: Trichechidae): Repertório, discriminação vocal e aplicações no manejo e conservaçãodas espécies no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Minas Gerais), 1999.

SOUZA-LIMA, R.S.; PAGLIA, A.P.; DA FONSECA, G.A.B. Gender, age, and identity in the isolation calls of Antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*). **Aquat Mamm.**, v. 34, p. 109–122, 2008.

SOUZA, G. S. **Tratado descritivo do Brasil em 1587**, por Francisco Adolpho de Varnhagem, 3ª. Ed., Companhia Editora Nacional. 1938.

STANHOPE, M.J.; WADDELL, V.G.; MADSEN, O.; DE JONG, W.; HEDGES, S.B. *et al.* Molecular evidence for multiple origins of Insectivora and for a new order of endemic African insectivore mammals. **Proc Natl Acad Sci USA**, v. 95, p. 9967–9972, 1998.

- STEJNEGER, L. How the great northern sea-cow (Rytina) became exterminated. *The American Naturalist*, v. 21, n. 12, p.1047-1054, 1887.
- STELLER, G. W. *Steller's journal of the sea voyage from Kamchatka to America and return on the second expedition, 1741-1742*. L. Stejneger, translator. Volume 2 in Bering's voyages: an account of the efforts of the Russians to determine the relation of Asia and America. F. A. Golder, editor. American Geographical Society Research Series Number 2, New York, New York, USA, 1925.
- TABUCE, R.; ASHER, R.J.; LEHMANN, T. Afrotherian mammals: a review of current data. *Mammalia*, v. 72, p. 2-14, 2008.
- TUCKER, K.P.; HUNTER, M.E.; BONDE, R.K.; AUSTIN, J.D.; CLARK, A.M.; BECK, C.A.; MCGUIRE, P.M.; OLI, M.K. Low genetic diversity and minimal population substructure in the endangered Florida manatee: implications for conservation. *J Mamm*, v. 93, n. 6, p. 1504-1511, 2012.
- TURVEY, S.T.; RISLEY, C. L. Modelling the extinction of Steller's sea cow. *Biology Letters*, v. 2, n. 1, p. 94-97, 2006.
- UMEZAKI, J. **Impacto de interações antrópicas sobre o comportamento de peixes-bois-marinhos (*Trichechus manatus manatus*) reintroduzidos no litoral norte de Alagoas**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado – Ciências Biológicas), Instituto de Biociências de Botucatu. Universidade Estadual Paulista, 2010.
- VASCONCELOS, A.M.O. **Dieta de *Trichechus manatus* (Linnaeus, 1758), no litoral leste do Ceará, Brasil**. 2013. 61f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2013.
- VÉLEZ-JUARBE, J.; DOMNING, D.P. Fossil Sirenia of the West Atlantic and Caribbean Region. XI. *Callistosiren boriquensis*, gen. et sp. nov. *Journal of Vertebrate Paleontology*, v. 35, n.1, 2015.
- VERGARA, J. E.; PARENTE, C. L.; SOMMERFELD, P. A.; LIMA, R. P. Estudo da composição do leite do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus* LINNEAUS, 1856) do nordeste do Brasil com inferências para uma dieta artificial. *Ciência Veterinária nos Trópicos*, v. 3, p. 159-166, 2000.
- VERGARA-PARENTE, J. E.; MARCONDES, M. C. C.; ROCHA, M. F. G.; SIDRIM, J. J. C.; TEIXEIRA, M. F. S. Identificação de *Pseudomonas* sp. e *Proteus mirabilis* como agentes etiológicos de otite externa em filhotes de peixes-bois-marinhos em cativeiro. In: VII Encontro de Pesquisadores da UECE, Fortaleza. *Anais...*Fortaleza, 2001.
- VERGARA-PARENTE, J. E.; SIDRIM, J. J. C.; PESSOA, A. P. B. G. P.; PARENTE, C. L.; MARCONDES, M. C. C.; TEIXEIRA, M. F. S.; ROCHA, M. F. G. Bacterial flora of upper respiratory tract of captive Antillean manatees. *Aquatic Mammals*, v.29, p.124-130, 2003a.
- VERGARA-PARENTE, J. E.; SIDRIM, J. J. C.; TEIXEIRA, M. F. S.; MARCONDES, M. C. C.; ROCHA, M. F. G. Salmonellosis in an Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) calf: a fatal case. *Aquatic Mammals*, v.29, p.131-136, 2003b.
- VERGARA-PARENTE, J. E. Parte I - Resgate, reabilitação e soltura: Sirênios In: VERGARA-PARENTE, J. E.; MEIRELLES, A.C.O. (Orgs). **Protocolo de conduta para encalhes de mamíferos aquáticos**. Recife: IBAMA, 2005. pp. 83-97.
- VERGARA-PARENTE, J.E. **Estimativa da idade e crescimento de sirênios no Brasil**. 2009. 69f. Tese (Doutorado em Ciência Veterinária) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2009.
- VERÍSSIMO, J. **A Pesca na Amazônia**. Coleção Amazônica/Série José Veríssimo - UFPA, 1970. 130p.
- VIANNA, J. A.; BONDE, R. K.; CABALLERO, S.; GIRALDO, J. P.; LIMA, R. P.; CLARK, A.; MARMONTEL, M.; MORALES-VELA, B.; DE SOUZA, M. J.; PARR, L.; RODRÍGUEZ-LOPEZ, M. A.; MIGNUCCI-GIANNONI, A. A.; POWELL J. A.; SANTOS, F. R. Phylogeography, phylogeny and hybridization in trichechids/sireniens: implications for manatee conservation. *Molecular Ecology*, v. 15, n.2, p. 433-447. 2006a.
- VIANNA, J.A.; SANTOS, F.; MARMONTEL, M.; LIMA, R.; LUNA, F.; LAZZARINI, S.; SOUZA, M. Peixes-bois: esforços de conservação no Brasil. *Ciência Hoje*, v. 39, n. 230, p. 32-37. 2006b.
- VILAÇA, S.T.; VARGAS, S.M.; LARA-RUIZ, P.; MOLFETTI, E.; REIS, E.C.; LÓBO-HAJDU, G.; SOARES, L.S.; SANTOS, F.R. 2012. Nuclear markers reveal a complex introgression pattern among marine turtle species on the Brazilian coast. *Mol Ecol*, v. 21, p. 4300-4312, 2012.
- WHITE, J. R.; HARKNESS, D. R.; ISAACKS, R. E.; DUFFIELD, D. A. Some studies on blood of the Florida manatee *Trichechus manatus latirostris*. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, v.55, p.413-417, 1976.
- WHITEHEAD, P. J. P. Registros antigos da presença do peixe-boi do Caribe *Trichechus manatus* no Brasil. *Acta Amazônica*, v.8, n.3, p. 497-506, 1978.
- WOODRUFF, R. A.; BONDE, R. K.; BONILLA, J. A.; ROMERO, C. H. Molecular identification of a Papilloma virus from Cutaneous lesions of captive and free-ranging Florida Manatees. *J Wildlife Dis*, v.41, p.437-441, 2005.
- WRIGHT, S. The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics*, v. 15, p. 323-354, 1951.
- YAN, J.; CLIFTON, K.B.; REEP, R.L.; MECHOLSKY JR., J.J. Application of Fracture Mechanics to Failure in Manatee Rib Bone. *J. Biomech. Eng.*, vol. 128, p. 281-289, 2006.





À Petrobras, através do Programa Petrobras Socioambiental, que desde 2010 vem patrocinando o Projeto Manatí e possibilitou a publicação deste livro;

À Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo do Estado do Ceará, em especial ao seu presidente, Dr. Luiz Gastão Bittencourt, pela confiança e apoio nestes 15 anos de parceria;

Ao Serviço Social do Comércio Ceará, em especial à sua Diretora Regional, Dra. Regina Leitão, e à Gerente da Colônia Ecológica SESC Iparana, Mary Aquino, pelo apoio e parceria;

A todos os pesquisadores que participaram da redação dos capítulos deste livro, pela disponibilidade e colaboração.

A toda a equipe que fez e faz parte do Projeto Manatí, Carol Meirelles, Cristine Negrão, Vitor Luz, Antônio Carlos Amâncio, Katherine Choi, Juliana Umezaki, Thaís Moura Campos, Alberto Campos, Valfrancy Sales, Aline Ramos, Amanda Vasconcelos, Marcílio Maia, Juaci Araújo, Érico S. Júnior, Cristina Ribeiro, Joquebede Crispim, Daniel Henrique, Vanildo Franco, Laiza Braga, Sr. Ivonaldo, Sr. Francisco, Wenderson Lopes, Guilherme Martins;

A toda a equipe da Aquasis, Fábio Nunes, Ileyne Lopes, Weber Girão, Karina Linhares, Jason Mobley, Gabriela Ramires, Onofre Monteiro, George Leandro, Francisco Correia, Fabiano de Cristo, Bruno de Almeida, Fabrício Barbosa, Francisco de Souza (Dé), Odara Paiva, Letícia Pereira;

A todos os voluntários que participam ou participaram das atividades da Aquasis, em especial do Projeto Manatí, o apoio de vocês foi muito importante;

Ao Projeto Cetáceos da Costa Branca da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, em especial Flávio Lima, Bernadete Fragoso e Simone Almeida, pela dedicação, parceria e apoio;

À Prof^ª. Dra. Juliana Araripe e à MSc. Sávila Moreira pela parceria e dedicação na realização de estudos genéticos de peixe-boi-marinho;

À Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba/ICMBio, em especial Silmara Erthal, Patrícia dos Passos Claro e Heleno dos Santos pelo esforço dedicado à proteção da APA e do peixe-boi-marinho;

Ao Márcio Barragana, atual chefe da APA de Cananéia-Iguape e Peruíbe/ICMBio, que se dedicou à proteção do peixe-boi-marinho e da APA Delta do Parnaíba por muitos anos;

Ao Magnus Severo, atualmente analista ambiental do Parque Nacional de Aparados da Serra/ICMBio, que se dedicou brilhantemente à conservação do peixe-boi-marinho no país, tanto ex-situ como in-situ;

À Comissão Ilha Ativa, em especial a Leandro Inakake, Francinalda Rocha, Kesley Paiva e Liliãna Souza, pela parceria na execução das atividades e dedicação no estudo e conservação do peixe-boi na APA Delta;

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) e ao Centro Mamíferos Aquáticos, do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela dedicação à conservação do peixe-boi-marinho;

Ao Enrico Marcovaldi da Atlântico Sul Imagens, pela cessão de belas fotografias do peixe-boi que compõem esta publicação;

À Fundação Mamíferos Aquáticos, pela dedicação em prol da conservação da espécie e pela cessão de fotos que ajudaram a compor o livro;

Ao gestor do Projeto Manatí junto à Petrobras, Luís Flávio Magalhães, pela paciência e apoio no desenvolvimento das ações;

À ONG Recicriança, em especial Tércio Velardi, grande parceira da Aquasis em atividades de educação ambiental e resgate de mamíferos marinhos em Aracati;

To Petrobras, through the Socioenvironmental Program, who has been sponsoring the Manatí Project since 2010 and allowed the publication of this book;

To the Federation of Trade in Goods, Services and Tourism of the state of Ceará, especially to its President, Dr. Luiz Gastão Bittencourt, for the trust and support throughout these 15 years of partnership;

To the Social Service of the Commerce, especially its Regional Director, Dr. Regina Leitão, and the Manager of the Colônia Ecológica SESC Iparana, Mary Aquino, for her support and partnership;

To all the researchers that took part in writing the chapters of this book, for their availability and collaboration;

To all those who are or were part of the Manatí Project team, Carol Meirelles, Cristine Negrão, Vitor Luz, Antônio Carlos Amâncio, Katherine Choi, Juliana Umezaki, Thaís Moura Campos, Alberto Campos, Valfrancy Sales, Aline Ramos, Amanda Vasconcelos, Marcílio Maia, Juaci Araújo, Érico S. Júnior, Cristina Ribeiro, Joquebede Crispim, Daniel Henrique, Vanildo Franco, Laiza Braga, Mr. Ivonaldo, Mr. Francisco, Wenderson Lopes, Guilherme Martins;

To the Aquasis Team, Fábio Nunes, Ileyne Lopes, Weber Girão, Karina Linhares, Jason Mobley, Gabriela Ramires, Onofre Monteiro, George Leandro, Francisco Correia, Fabiano de Cristo, Bruno de Almeida, Fabrício Barbosa, Francisco de Souza (Dé), Odara Paiva, Letícia Pereira;

To all the volunteers who participate or participated in the Aquasis activities, especially those from the Manatí Project, your support has been important;

To the Project Cetaceans of Costa Branca from the State University of Rio Grande do Norte, especially Flávio Lima, Bernadete Fragoso and Simone Almeida, for the ir dedication, partnership and support;

To Professor Dr. Juliana Araripe and MSc. Sávila Moreira for the partnership and dedication in the genetic studies of West Indian manatees;

To the Delta do Parnaíba APA/ICMBio, especially Silmara Erthal, Patrícia dos Passos Claro and Heleno dos Santos for the effort dedicated to the protection of the APA and of the West Indian manatee;

To Márcio Barragana, current Manager of the Cananéia-Iguape and Peruíbe APAs/ICMBio, who has been dedicated to the protection of manatees and the Delta do Parnaíba APA for many years;

To Magnus Severo, current environmental analyst at the Aparados da Serra National Park/ICMBio, who has been brilliantly dedicated to the conservation of West Indian manatees in the country, both ex-situ and in-situ;

To the Ilha Ativa Commission, especially Leandro Inakake, Francinalda Rocha, Kesley Paiva and Liliãna Souza, for the partnership in the execution of the activities and dedication to the study and conservation of the manatee in the Delta APA;

To the Brazilian Institute of the Environment and Renewable Resources (IBAMA) and to the Aquatic Mammals Centre (CMA), of the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) for their dedication to West Indian manatee conservation;

To Enrico Marcovaldi from Atlântico Sul Images, for providing the beautiful images of manatees that compose this publication;

To the Aquatic Mammals Foundation, for the dedication to the conservation of manatees and providing the images to compose this book;

To the Manatí Project Manager at Petrobras, Luís Flávio Magalhães, for the patience and support in the development of all activities;

To the Recicriança NGO, especially Tércio Velardi, a big partner of Aquasis in the environmental education and marine mammal rescue in Aracati;

To the Filhos de Quixaba Folk Group, especially Dona Maria, Dedé, Joca, Diego, Rita, Gabriel and Bruno and Mr. Elcio (Mr. Cocada, in memoriam) for all their support in the environmental education activities and events;

Ao Grupo Folclórico Filhos de Quixaba, em especial Dona Maria, Dedé, Joca, Diego, Rita, Gabriel e Bruno e Sr. Elcio (Sr. Cocada, em memória) por todo o apoio nas atividades de educação ambiental e nos eventos;

Ao Grupo Jovem atravessando Fronteiras – FJAF, de Quitérias, Icapuí, pelo empenho e dedicação nas ações que vem desenvolvendo pela proteção da natureza e do peixe-boi-marinho;

A todos os professores das escolas de Cajueiro da Praia, Aracati e Icapuí, que participaram das atividades de educação ambiental e que continuam levando para os alunos lições de conservação da biodiversidade;

Aos diretores, coordenadores e professores das escolas Carlota Tavares, Mizinha e Horizonte da Cidadania, de Icapuí;

À Prefeitura de Icapuí, em especial a Dora de Brito, Carla da Paz e Luana Rebouças, da Secretaria de Desenvolvimento e Meio Ambiente (SEDEMA), José de Arimatéia, do Instituto Municipal de Fiscalização e Licenciamento Ambiental, Sáskia Brígido e Augusto Gomes da Secretaria de Educação;

Aos arquitetos Geraldo Magela e Rejane Santana da Projec Arquitetos, pela parceria, apoio, dedicação e disponibilidade desde a primeira fase do Projeto Manatí;

À Royal Construções, especialmente ao Roberto Ferreira Neto, por todo o apoio e dedicação na construção do Centro de Reabilitação de Mamíferos Marinhos da Aquasis;

À Fundação Brasil Cidadão, em especial a Leinad Carbogin, Paula e Zenilde pelo apoio e participação nas atividades de educação ambiental através da Estação Ambiental Mangue Pequeno;

Ao Prof. Dr. Jeovah Meirelles, pela parceria e disponibilidade;

Ao Governo do Estado do Ceará, através da Casa Civil, do Corpo de Bombeiros, da Polícia Ambiental, da Polícia Militar, da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e da Superintendência Estadual do Meio Ambiente, pelo auxílio nos resgates e translocações de filhotes de peixe-boi;

À Marinha do Brasil, através da Capitania dos Portos do Estado do Ceará;

Ao Chico Brandão (Chico Rasta) do Projeto Pesca Solidária da Comissão Ilha Ativa, pela parceria e cessão de belas imagens de peixe-boi-marinho e do estuário dos rios Timonha e Ubatuba;

Ao Fábio Arruda e Viviane Mesquita, da Clarear Imagens, pela parceria e cessão de belas fotografias da região de Icapuí para compor este livro;

Aos parceiros de pesquisas da Aquasis e do Projeto Manatí, Prof^ª. Dra. Larissa Oliveira (UNISINOS), Prof. Dr. José Lailson, Prof. Dr. Alexandre Azevedo, Prof^ª. Dra. Tatiana Bisi, Prof^ª. Dra. Haydée Cunha e MSc. Elitieri Neto (MAQUA/UERJ), Prof. Dr. José Luiz Catão, Dra. Juliana Marigo, Dra. Kátia Groch, MSc. Omar González-Viera, MSc. Carlos Sacristán e MSc. Angélica Sarmiento (LAPCOM/FMVZ/USP), Prof. Dr. Paulo Ott (UERGS), Dra. Fernanda Menezes (UECE), Prof. Dr. Eduardo Secchi e M.Sc. Leandro Ciotti (FURG), Prof^ª. Dra. Ana Farro (UFES), Dra. Helen Barros e Prof. Dr. Diego Astua (UFPE), Dra. Ana Lúcia Cypriano, Dra. Alena Mayo Iñiguez (FIOCRUZ), Dr. João Carlos Borges (FMA), MSc. Ana Paula Brito, Dra. Débora Castelo Branco (UFC) e Arielle Bezerra (UECE).

To the Jovem Atravessando Fronteiras Group – FJAF, from Quitérias, Icapuí, for the commitment and dedication in the activities it has been developing for the protection of nature and the West Indian manatee;

To all teachers at the schools in Cajueiro da Praia, Aracati and Icapuí, who took part in the environmental activities and carry on teaching their students biodiversity conservation lessons;

To the Directors, Coordinators and Teachers of the Carlota Tavares, Mizinha and Horizonte da Cidadania schools, in Icapuí;

To the Icapuí Town Hall, especially Dora de Brito, Carla da Paz and Luana Rebouças, from the Development and Environment Secretariat (SEDEMA), José de Arimatéia, from the Municipal Environmental Licencing and Enforcing Institute, Sáskia Brígido and Augusto Gomes from the Education Secretariat;

To the Architects Geraldo Magela and Rejane Santana from Projec Arquitetos, for the partnership, support, dedication and availability since the first phase of Project Manatí;

To Royal Construções, especially Roberto Ferreira Neto, for all the support and dedication in the bulging of the Aquasis Marine Mammal Rehabilitation Centre;

To the Brasil Cidadão Foundation, especially Leinad Carbogin, Paula and Zenilde for the support and participation in the environmental education activities through the Mangue Pequeno Environmental Station;

To Professor Dr. Jeovah Meirelles, for the partnership and availability;

To the State Government of Ceará, through the executive office's Chief of Staff, the Fire Department, the Environmental Police, the Military Police, the State Environment Secretariat and the State Environment Superintendence, for the support in the rescue and translocation of manatee calves;

To the Brazilian Navy, through the Ceará State Port Authorities;

To Chico Brandão (Chico Rasta) of the Pesca Solidária Project of the Ilha Ativa Commission, for the partnership and beautiful images of manatees and the Timonha/ Ubatuba Rivers estuary;

To Fábio Arruda and Viviane Mesquita (Clarear Imagens), for the partnership and beautiful images of the Icapuí region to compose this book;

To Aquasis and Manatí Project research partners, Professor Dr. Larissa Oliveira (UNISINOS), Professor Dr. José Lailson, Professor Dr. Alexandre Azevedo, Professor Dr. Tatiana Bisi, Professor Dr. Haydée Cunha and MSc. Elitieri Neto (MAQUA/ UERJ), Professor Dr. José Luiz Catão, Dr. Juliana Marigo, Dr. Kátia Groch, MSc. Omar González-Viera, MSc. Carlos Sacristán and MSc. Angélica Sarmiento (LAPCOM/ FMVZ/USP), Professor Dr. Paulo Ott (UERGS), Dr. Fernanda Menezes (UECE), Professor Dr. Eduardo Secchi and M.Sc. Leandro Ciotti (FURG), Professor Dr. Ana Farro (UFES), Dr. Helen Barros and Professor Dr. Diego Astua (UFPE), Dr. Ana Lúcia Cypriano, Dr. Alena Mayo Iñiguez (FIOCRUZ), Dr. João Carlos Borges (FMA), MSc. Ana Paula Brito, Dr. Débora Castelo Branco (UFC) and Arielle Bezerra (UECE).

Editor e Direção de Arte
Editor and Art Director
Osmar Marchetti Fernandes

Concepção editorial
Editorial coordination
Ana Carolina Meirelles
Vitor Luz Carvalho

Editor Executivo
Executive editor
Osmar Alonso Fernandes

Tratamento de imagens
Image treatment
Dodô Villar

Tradução
Translation
Luena Fernandes

Revisão de textos
Text Revision
Ana Carolina Meirelles
Luena Fernandes
Vitor Luz Carvalho

Ilustrações
Illustrations
Bambu Editora
Rosana Almeida, página: 30.

Impressão
Printing
Laser Press

Fotografias em destaque
Photography

Enrico Marcovaldi/ Acervo FMA
Capa, Contra-capas; páginas: 4,5,
10, 12,13, 16,17, 18, 20, 26,27,
50, 52, 62, 64, 76, 78, 92, 94, 147,
171, 172,173.

Acervo Aquasis
Páginas: 2, 148.

Amanda Vasconcelos/Acervo
Aquasis
páginas: 28, 108, 130.

Carol Meirelles/Acervo Aquasis
Páginas: 110, 132.

ChicoRasta/Pesca Solidária
Páginas: 159, 160, 161.

Fábio Nunes/Acervo Aquasis
Página: 6



Presidente/President:
Aldemir Bendine

Gerente de Investimentos Sociais/
Social Investments Manager
José Aparecido Barbosa

Gerente Setorial de Programas Ambientais/
Environmental Programs Manager
Gislaine Garbelini

Gestor/Manager Projeto Manatí
Luiz Flávio Magalhães



Presidente/President Fecomercio
Luís Gastão Bittencourt da Silva

Diretoria Regional/Regional Director SESC CE
Regina Leitão

Gerente/Manager Sesc Iparana
Mary Aquino



Presidente/President
Cristine Pereira Negrão Silva

Vice-Presidente/Vice-President
Marcílio Maia

Secretária Executiva/Executive Secretary
Katherine Fiedler Choi Lima

Coordenador do Programa de Conservação de Aves/
Bird Conservation Program Manager
Alberto Alves Campos

Coordenadora do Programa de Mamíferos Marinhos e Projeto Manatí/
Marine Mammals Program and Manatí Project Coordinator
Ana Carolina Oliveira de Meirelles

Coordenadora do Núcleo de Educação Ambiental/
Environmental Education Coordinator
Juliana Umezaki

Equipe do Programa de Mamíferos Marinhos e Projeto Manatí/
Marine Mammals Program and Manatí Project Team
Aline Ramos, Amanda Vasconcelos, Antonio Carlos Amancio,
Guilherme Matias, Joquebede Crispim, Ivonaldo Raimundo da Silva,
Juaci Araújo Oliveira, Romário Barbosa, Thais Moura Campos Vila
Nova, Valfrancy Sales, Vitor Luz Carvalho, Wenderson Lopes.

Peixe-boi-marinho / Biologia e Conservação no Brasil
Bambu Editora e Artes Gráficas – São Paulo 2016

ISBN 978-85-98372-16-7

Copyright © 2016 desta edição: Bambu Editora e Artes Gráficas

Copyright © 2016 das fotografias e textos: AQUASIS

Reservados todos os direitos desta obra. Proibida toda e qualquer reprodução desta edição por qualquer meio ou forma, seja ela eletrônica, mecânica, fotocópia, gravação ou qualquer meio de reprodução sem permissão expressa do editor.

Copyright© 2016 of this edition: Bambu Editora e Artes Gráficas

Copyright© 2016 of photos and texts: AQUASIS

All rights reserved. Any reproduction of this edition in any manner or form, whether electronic, mechanical, photocopy, recording or any other means of reproduction is strictly forbidden without the expressed written permission of the author.



Bambu Editora e Artes Gráficas Ltda

Av. Prof. Alfonso Bovero, 1057 cj. 129

cep.: 05019-011 – São Paulo-SP – Brasil

Tel.: 55-11-3862.7817 – info@bambueditora.com.br

www.bambueditora.com.br