

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 21/02/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**AQUICULTURA, CONSERVAÇÃO E
COMERCIALIZAÇÃO DE CAVALOS-MARINHOS NO
CENÁRIO INTERNACIONAL**

Felipe Pereira de Almeida Cohen

Jaboticabal, São Paulo

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**AQUICULTURA, CONSERVAÇÃO E
COMERCIALIZAÇÃO DE CAVALOS-MARINHOS NO
CENÁRIO INTERNACIONAL**

Felipe Pereira de Almeida Cohen

Orientador: Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Jorge Guerra Calado

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Aquicultura da UNESP – CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor.

Jaboticabal, São Paulo

2017

C678a Cohen, Felipe Pereira de Almeida
Aquicultura, conservação e comercialização de cavalos-marinhos no cenário internacional / Felipe Pereira de Almeida Cohen. -- Jaboticabal, 2017
vi, 126 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2017
Orientador: Wagner Cotroni Valenti
Coorientador: Ricardo Jorge Guerra Calado
Banca examinadora: Cintia Miyaji, Alessandra da Silva Augusto, Marcia Santos Nunes Galvão, Hécio Luiz de Almeida Marques

Bibliografia

1. *Hippocampus*. 2. Syngnathidae. 3. Cavalo-marinho-bibliometria. 4. Cavalo-marinho-cadeia-produtiva. 5. Sustentabilidade. 6. Rastreabilidade I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.32

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Aquicultura, conservação e comercialização de cavalos marinhos no cenário internacional

AUTOR: FELIPE PEREIRA DE ALMEIDA COHEN

ORIENTADOR: WAGNER COTRONI VALENTI


COORIENTADOR: RICARDO JORGE GUERRA CALADO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AQUICULTURA, área: Biologia Aquática pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. WAGNER COTRONI VALENTI
Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista / UNESP


Profa. Dra. ALESSANDRA DA SILVA AUGUSTO
Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista / UNESP


Profa. Dra. CINTIA MIYAJI
. / Centro Universitário Monte Serrat


Pesquisador Científico VI HELCIO LUIS DE ALMEIDA MARQUES
. / APTA Regional / DDD, Polo Regional do Centro Leste, Pirassununga-SP


Dra. MÁRCIA SANTOS NUNES GALVÃO
Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do Pescado Marinho / Instituto de Pesca, Santos-SP

Jaboticabal, 21 de fevereiro de 2017.

Somewhere, something incredible is waiting to be known.

–Carl Sagan

SUMÁRIO

I. DEDICATÓRIA	1
II. AGRADECIMENTOS.....	2
III. APOIO FINANCEIRO	4
I. RESUMO	5
II. ABSTRACT	6
III. INTRODUÇÃO GERAL.....	7
Objetivo geral:.....	11
Objetivos específicos:.....	11
IV. REFERÊNCIAS	12
V. MANUSCRITO I – Seahorse Aquaculture, Biology and Conservation: Knowledge Gaps and Research Opportunities	15
ABSTRACT	16
INTRODUCTION	17
DATA SURVEY	18
SEAHORSE SCIENTIFIC LITERATURE PUBLISHED IN THE 21 ST CENTURY	20
KNOWLEDGE GAPS AND RESEARCH OPPORTUNITIES	25
CONCLUDING REMARKS.....	34
ACKNOWLEDGMENTS	34
REFERENCES	34
VI. MANUSCRITO II – Current International Regulation of Seahorse Trade are Ineffective to Promote Conservation	41
ABSTRACT	42
INTRODUCTION	43
MATERIAL AND METHODS	44
RESULTS AND DISCUSSION.....	46
CONCLUSIONS	53
ACKNOWLEDGMENTS	54
REFERENCES	54
VII. MANUSCRITO III – Opportunities and Constraints for Developing Low-Cost Aquaculture of Seahorses in Mangroves	58
ABSTRACT	59
INTRODUCTION	60
GENERAL PROCEDURES.....	61

OPPORTUNITIES	67
CONSTRAINTS.....	74
CONCLUDING REMARKS.....	78
ACKNOWLEDGMENTS	79
REFERENCES	79
VIII. MANUSCRITO IV – Packing Live Seahorses for Shipping	84
ABSTRACT.....	85
INTRODUCTION	86
MATERIAL AND METHODS.....	88
RESULTS.....	95
DISCUSSION.....	99
ACKNOWLEDGEMNTS	103
REFERENCES	103
IX. MANUSCRITO V – Preliminary Insights on the Microbial Fingerprints of Seahorse Mucus – Relevance for Traceability and Aquaculture	107
ABSTRACT.....	108
INTRODUCTION	109
MATERIAL AND METHODS.....	110
RESULTS AND DISCUSSION.....	115
ACKNOWLEDGEMNTS	120
REFERENCES	120
SUPPLEMENTARY FIGURES	122
X. CONSIDERAÇÕES FINAIS	124

I. DEDICATÓRIA

Esse trabalho é dedicado a memória do meu avô, Heinz Cohen. Um grande exemplo de ética, caráter e honestidade.

Dedico também à minha querida esposa, aos meus pais, a minha irmã e minha avó pelo imenso carinho e suporte para a realização desse trabalho.

II. AGRADECIMENTOS

If I have seen further it is by standing on the shoulders of Giants.

–Isaac Newton

A tese é a conclusão de mais uma etapa, mas nunca representará a totalidade do que foi feito nesse período. Para concluir essa fase, foram feitas muitas tentativas, falhas e horas de terapia com amigos que não são contempladas nas publicações. Assim, registro aqui meu mais profundo agradecimento a todos que de alguma forma me ajudaram a olhar um pouco mais adiante.

Ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Aquicultura da UNESP em Jaboticabal pelo curso de ótima qualidade;

Ao Instituto de Biociências da UNESP, Campus do Litoral Paulista, por disponibilizar toda infraestrutura necessária para a realização do projeto;

Ao Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro em Portugal, em especial ao Prof. Dr. Amadeu Soares, por ter aceitado meu estágio e disponibilizando toda infraestrutura necessária;

Ao Instituto Oceanográfico da USP, Bases de Ubatuba e de Cananéia, em especial ao Dr. Frederico Brandini, Maria de Fátima R. Farias, Manoel da Cruz e Ayrton C. Pasquini por disponibilizarem as instalações e ajudarem nas coletas;

À Comunidade Quilombola de Cananéia por me receberem de braços abertos, e por todo empenho em ajudar no projeto. Em especial, agradeço ao Chico Mandira, Dona Irene, Juninho, Thais, Nei, e Agnaldo por toda dedicação, hospitalidade e simpatia;

Ao Prof. Dr. Wagner C. Valenti por todos esses anos de dedicação, orientação, paciência, confiança e amizade. Espero ser ao menos um pedaço do cientista que ele representa. Uma pessoa íntegra, ética, honesta e competente. Representa valores que jamais transparecerão em indicadores, e que eu tive o prazer de ter como exemplo;

Ao Prof. Dr. Ricardo Calado por me ajudar muito na idealização e realização da tese, sempre com ótimas ideias. Um pesquisador exemplo de determinação, competência, foco e profissionalismo. Me ajudou muito na inserção

internacional e no desenvolvimento de artigos teóricos, focando na “big picture”.

Características fundamentais para o pesquisador de hoje;

À Tânia Pimentel por me supervisionar, ensinar e ajudar nas técnicas de análises moleculares com muita paciência, dedicação e disposição;

Aos co-autores Dr. Miquel Planas, Dr. Michael Tlusty, Dra. Ana Lillebø, Dr. Dong Zhang, e Dr. Andrew Rhyne, por contribuírem na tese e para o meu crescimento como pesquisador;

À profa. Dra. Iracy L. Percora por disponibilizar seu laboratório e auxiliar no contato com a comunidade Quilombola;

A todos os envolvidos no laboratório de sustentabilidade da UNESP/CLP, Fernanda, Carol, Marcel, Tamara, André, Dalton e Fernando pela ajuda no campo, análises e amizade. Em especial, agradeço a Stefany, Bia e Thaís pela ajuda na manutenção dos animais em cativeiro;

Ao pessoal do laboratório de química da UNESP/CLP, em especial ao prof. Dr. Wagner Vilegas, Dra. Cláudia D. Rocha e ao Dr. Douglas G. Picchi pelas explicações sobre espectrometria, cromatografia e validação de métodos;

Ao Projeto “Cavalos do Mar”, em especial a Suzana, Karina e Laila por todo o apoio na coleta de cavalos-marinhos e pelo empenho na conservação desses animais;

Ao Prof. Dr. Marcos A. Oliveira (UNESP/CLP) por disponibilizar seu laboratório de análise molecular com ajuda especial dos seus alunos Carlos e Rolando Lé;

À Profa. Dra. Renata G. Moreira-Whitton do departamento de fisiologia da USP por me ajudar e disponibilizar o freezer para armazenamento das amostras.

Ao Dr. Cláudio Oliveira e a Dra. Priscila V. Furtado do Departamento de Reprodução Animal da FMVZ/USP, pela disposição e tentativa na medição do cortisol;

Aos meus amigos biólogos de Portugal, Rui, Juan, Mariana, Ana e Fernando que me ajudaram muito na reta final desse trabalho com concelhos e amizade.

E por fim, aos meus queridos amigos extracurriculares: Bruno, Con, Dan, Lu, Lucas, Ma, Pagotto, Peu, Rabera, Renato e Vini por tornarem a vida muito mais prazerosa.

III. APOIO FINANCEIRO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Bolsa de Doutorado, processo: n° 2013/22260-6

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE), processo: n° 2015/18050-0.

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico em Tecnológico (CNPq), Projeto Universal, processo n° 441356/2014-1.

I. RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estudar o mercado, a produção e a comercialização de cavalos-marinhos com foco no atendimento da demanda mundial de forma mais sustentável e na conservação desses animais. Assim, a tese foi dividida em cinco artigos: (1) apresenta um panorama da pesquisa mundial no século XXI sobre cavalos-marinhos. Observou-se que os campos de pesquisa fundamentais para subsidiar decisões governamentais e que abordam as questões que afetam a produção, o comércio e a manutenção das populações naturais de cavalos-marinhos não vem sendo cobertos adequadamente. Cinco áreas foram identificadas como prioritárias para o avanço do conhecimento científico, atendendo à demanda e a conservação dos cavalos-marinhos. (2) Discute a comercialização e o mercado; mostra que o mercado é pouco conhecido e que as regulamentações internacionais para comércio de cavalos-marinhos estão sendo ineficientes na conservação. (3) Apresenta as principais oportunidades e limitações de se cultivar cavalos-marinhos em estuários em Manguezal como alternativa para produção de baixo custo. Observou-se que essa prática é bastante promissora, podendo aproveitar a disponibilidade local de reprodutores, água, espaço, alimento natural, mão de obra e gerar renda adicional para comunidades locais de forma mais sustentável. Alterações ambientais bruscas, predadores, obstrução das redes e escapes são as principais limitações. (4) Visa otimizar o transporte de animais vivos. Observou-se que *Hippocampus reidi* pode ser transportado em sacolas plásticas contendo 300 mL de água, com salinidade 15, com adição de substrato pequeno e preenchido com ar comprimido como uma opção barata e segura até 48 horas em temperaturas próximas de 21° C. (5) Analisa o uso de comunidades bacterianas no muco dos cavalos-marinhos como uma ferramenta para rastrear a origem dos animais vivos; foi demonstrado que esse método tem potencial, mas precisa ainda de mais pesquisas para ser implementado.

Palavras-chave: *Hippocampus*, Syngnathidae, bibliometria, cadeia produtiva, sustentabilidade, fisiologia, rastreabilidade

II. ABSTRACT

The aim of this work was to study the trade, the production and the commercialization of seahorses focusing on meeting world demand in a more sustainable way and on the conservation of these animals. Thus, this thesis was divided in five articles: (1) shows an overview of the seahorse research in the 21st century. It was observed that the key research fields necessary to support government decisions on addressing issues affecting the production, trade and maintenance of wild seahorses populations, have not been properly studied. Five knowledge gaps were identified as priorities for improving scientific knowledge, considering both world demand and seahorse conservation. (2) Discusses commercialization and trade; Shows that there is little information on trade and that international regulations of seahorse trade have been ineffective to promote their conservation. (3) Shows the main opportunities and constraints to produce seahorses in mangrove estuary as an alternative for low-cost aquaculture. It was observed that this system has great potential; it can rely on the availability of local broodstock, water, space, natural food, labour, and provide additional income for local communities in a more sustainable way. Sudden environmental changes, predators, net obstruction, and escapees are the main constraints of this system. (4) Aims to optimize transport of live seahorses. It was reported that *Hippocampus reidi* could be transported in plastic bags containing 300 mL of water, salinity 15, with addition of small substrate, and filled with compressed air as a cheap and safe option for up to 48 hours in temperatures close to 21 °C. (5) Analyses the use of bacterial communities in the mucus of seahorses as a traceability tool to trace the origin of live specimens; it was showed that this method has potential, but still needs more research to be implemented.

Keywords: *Hippocampus*, Syngnathidae, bibliometry, production chain, sustainability, physiology, shipping

III. INTRODUÇÃO GERAL

Cavalos-marinhos são peixes ósseos pertencentes à família Syngnathidae, juntamente com os peixes-cachimbo e os dragões-marinhos. Atualmente são reconhecidas 54 espécies, todas pertencentes ao gênero *Hippocampus* (*World Register of Marine Species* – disponível em: <<http://www.marinespecies.org/>>; acessado em março de 2016). No Brasil, são descritas três espécies: *H. reidi*, *H. erectus* e *H. patagônicos* (Silveira et al., 2014). Os cavalos-marinhos possuem uma morfologia única caracterizada pela postura ereta, ausência de nadadeira caudal e esqueleto revestido por placas ósseas (Foster e Vincente, 2004). Utilizam sua cauda preênsil para ficarem agarrados a substratos no fundo dos oceanos e estuários, como macroalgas, gramas-marinhas, esponjas, corais e raízes de mangue (Foster e Vincente, 2004; Kuitert, 2009). Além disso, os cavalos-marinhos possuem capacidade de camuflagem, com diferentes colorações e texturas, o que os tornam ótimos predadores por emboscada e dificulta a sua predação (Foster e Vincente, 2004). Porém, um dos maiores fascínios pelos cavalos-marinhos tem relação com sua biologia reprodutiva. Os machos possuem uma bolsa fechada para cuidado dos ovos até a liberação de pequenos juvenis de formato semelhante ao adulto, por vezes comparado à gravidez dos mamíferos (Stölting e Wilson, 2007). Todas essas peculiaridades tornam esses peixes carismáticos e capazes de cativar os seres humanos. Por isso, cavalos-marinhos são considerados potenciais espécies bandeiras para a conservação de ecossistemas marinhos (Shokri et al., 2009; Vincente et al., 2011).

Apesar de sua imagem ser usada como símbolo para conservação de espécies marinhas, os próprios cavalos-marinhos são vulneráveis à degradação ambiental e à coleta. A maioria das espécies vive em águas costeiras tropicais e temperadas (Foster e Vincente, 2004; Kuitert, 2009) que estão entre os habitats mais degradados por ações antrópicas (Pan et al., 2013). A reduzida capacidade de natalidade dificulta que esses animais saiam a procura de melhores condições, ficando vulneráveis à degradação do habitat (Vincente et al., 2011; Harasti, 2016) e a coletas. Milhões de cavalos-marinhos são coletados anualmente para serem vendidos secos para Medicina Tradicional Chinesa, artigos religiosos e decorativos (Rosa et al., 2011; Foster et al., 2016); e centenas de milhares são comercializados vivos para fins ornamentais (Foster et al., 2016). Adicionalmente, são vítimas acidentais da

pesca de arrasto para peixes e camarões (Rosa *et al.*, 2011; Foster *et al.*, 2016). No Brasil, as três espécies são classificadas como vulneráveis; é proibida a captura, armazenamento, transporte e comercialização de cavalos-marinhos sem autorização ou regulamentação dos órgãos federais competentes (Portaria MMA Nº 445, de 17 de dezembro de 2014). Apenas 11 espécies de cavalos-marinhos são consideradas “vulneráveis” e apenas 1 “ameaçada” de acordo com a lista vermelha da IUCN (IUCN, 2015-4). A falta de informações sobre a biologia, ecologia e mercado dos cavalos-marinhos é um dos estrangulamentos para avaliar o risco de extinção para a maioria das espécies.

Com o intuito de controlar o mercado dos cavalos-marinhos e evitar a sobre-exploração das espécies, todo o gênero *Hippocampus* foi inserido no Appendix II da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas (sigla em inglês para: CITES) em 2004 (CITES, 2004). Essa foi uma inclusão incomum porque há poucas espécies de peixes controladas pelo CITES. Além dos cavalos-marinhos, apenas os esturjões (*Acipenseriformes*) e as espécies *Holacanthus clarionensis* e *Cheilinus undulates* estão entre os peixes marinhos ósseos incluídos nesta lista. Assim, desde 2004, todas as transações internacionais de cavalo-marinho (vivo ou seco) devem ser autorizadas por autoridades governamentais e científicas do país de exportação, e os dados devem ser reportados e armazenados na base de dados da CITES. Essa base de dados possibilitou entender um pouco o mercado internacional desses animais.

Observou-se que os cavalos-marinhos são principalmente coletados da natureza em países em desenvolvimento no sudeste asiático e destinados a países mais desenvolvidos como a China (animais secos), EUA e União Europeia (animais vivos) (Foster *et al.*, 2016). O mercado de espécies secas representa mais de 90% do total de cavalos-marinhos comercializados internacionalmente, sendo que as principais espécies são *H. trimaculatus*, *H. spinosissimus*, *H. kelloggi*, *H. kuda*, e *H. algiricus* (Foster *et al.*, 2016). As principais espécies comercializadas internacionalmente vivas são *H. kuda* e *H. reidi* (Foster *et al.*, 2016). Porém, é preciso considerar que os dados da CITES são falhos, com grandes diferenças entre valores de importação e exportação (Foster *et al.*, 2016). Adicionalmente, a CITES não tem ferramentas para quantificar comércios domésticos e comércios ilegais, sendo essas suas principais limitações. Assim, essa falta de controle e crescimento de comércio

ilegal desses animais tornam o mercado dos cavalos-marinhos difícil de ser analisado.

O desenvolvimento de cultivos de baixo custo é sugerido como uma alternativa mais sustentável para promover a conservação dos cavalos-marinhos (Cohen *et al.*, 2017). Os cavalos-marinhos são comercializados para Medicina Tradicional Chinesa a mais de 600 anos (Vincent, 1996) e, recentemente, diversos estudos têm confirmado seus potenciais farmacológicos (Kumaravel *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2015). Esse comércio bem estabelecido por centenas de anos mostra que a demanda por cavalos-marinhos secos dificilmente reduzirá em um futuro próximo. Porém, apesar das espécies destinadas para o mercado seco serem as mais ameaçadas pelas coletas, são curiosamente as menos estudadas na aquicultura (Cohen *et al.*, 2017). Um dos principais motivos para isso, é o fato de espécimes ornamentais atingirem maior valor de mercado (US\$ 60-120/espécime) comparado com os secos (US\$ 1-3/espécime), justificando o cultivo intensivo e tecnificado atualmente disponível para cavalos-marinhos (Koldewey e Martin-Smith, 2010; Olivotto *et al.*, 2011). Assim, para viabilizar a produção em larga escala de cavalos-marinhos secos, é fundamental o desenvolvimento de cultivos de baixo custo, favorecendo a conservação desses animais e proporcionando uma atividade sustentável para comunidades litorâneas de baixa renda.

Entretanto, para estabelecer um sistema de produção perene, é necessário fortalecer toda a cadeia produtiva (Valenti e Moraes-Valenti, 2010). Isso inclui a distribuição e a certificação dos cavalos-marinhos. Os animais ornamentais são exportados vivos para o mundo inteiro em sacolas plásticas com água, tornando o transporte uma fase de risco e com custo elevado (Wood, 2001). Porém, faltam pesquisas para otimizar e uniformizar métodos de transporte para cavalos-marinhos vivos (Cohen *et al.*, 2017). Portanto, o transporte é um elo crítico da cadeia produtiva dos cavalos-marinhos, que requer ainda muita pesquisa científica para reduzir os custos e garantir a entrega de animais saudáveis ao consumidor. Outro aspecto importante, é a garantia da procedência dos animais para que o consumidor saiba que está comprando organismos produzidos em sistemas mais sustentáveis. Isso agrega valor ao produto, principalmente se ele é produzido por comunidades costeiras de baixa renda ou em reservas extrativistas regulamentadas. Assim, a

certificação e rastreabilidade são outros temas importantes que precisam ser estudados.

O atual sistema de certificação da cadeia produtiva de organismos ornamentais marinhos é ineficiente (Mathews Amos e Claussen, 2009). Um dos principais pontos de estrangulamento é a inexistência de um método apropriado para rastrear os animais. A demanda por um animal vivo, saudável e estético, associado à grande diversidade de espécies comercializadas em todo o mundo, torna os organismos ornamentais marinhos um produto difícil de ser rastreado (Cohen *et al.*, 2013). Os métodos existentes para peixes de consumo humano são, na maioria das vezes, invasivos, precisam matar o animal e/ou comprometem sua estética. Em ampla revisão sobre o assunto, Cohen *et al.* (2013) apontam o método de análise do perfil de comunidades bacterianas associadas ao muco do peixe como um dos mais promissores para rastrear organismos ornamentais marinhos. O método é recente, ainda não foi aplicado para organismos ornamentais e, portanto, precisa de pesquisa científica para ser aprimorado e validado para diferentes espécies. Nenhum trabalho sobre a rastreabilidade de cavalos-marinhos foi encontrado na literatura técnica ou científica.

Assim, o cenário atual mostra os cavalos-marinhos com um mercado pouco conhecido e pesquisas focando somente em sistemas de aquicultura complexos que não atendem a necessidade de produção de animais secos. Além disso, o transporte de animais vivos é feito sem nenhuma base científica, com custos e riscos elevados e não há um método para conhecer a origem dos animais vendidos para a aquariofilia. Portanto, para promover a conservação desses animais e atender as necessidades humanas de forma mais sustentável, é fundamental conhecer melhor o mercado, desenvolver cultivos de baixo custo, otimizar o transporte e criar métodos de rastreabilidade. Assim, nesse trabalho estudamos três elos importantes da cadeia produtiva dos cavalos-marinhos, ou seja, o mercado, a produção, e a distribuição, que envolve a comercialização, o transporte e a rastreabilidade. Para isso, a tese foi dividida em cinco artigos. O primeiro artigo (V. Manuscrito I) é uma ampla revisão bibliográfica que apresenta um panorama da pesquisa mundial no século XXI sobre cavalos-marinhos. Cinco áreas foram identificadas como as mais importantes para o avanço do conhecimento científico, atendimento à demanda mundial e para a conservação dos cavalos-marinhos. Esse estudo foi fundamental para definir os

temas que foram estudados nessa tese, que se inserem em quatro das cinco áreas estratégicas definidas na revisão, ou seja: Maximizar o Potencial de Uso dos Cavalos-Marinheiros para Conservação de Ambientes Marinhos, Elucidar Aspectos Desconhecidos das Espécies mais Comercializadas, Desenvolvimento de Cultivo de Baixo Custo e Desenvolvimento de Métodos para a Rastreabilidade. O segundo artigo (VI. Manuscrito II) discute a comercialização e o mercado; mostra que o mercado é ainda pouco conhecido e que as regulamentações internacionais para o comércio de cavalos-marinhos estão sendo ineficientes na conservação desses animais. O terceiro artigo (VII. Manuscrito III) apresenta as principais oportunidades e limitações de se cultivar cavalos-marinhos em Manguezal como alternativa para produção de baixo custo e como forma de promover a conservação. O quarto artigo (VIII. Manuscrito IV) visou otimizar o transporte de animais vivos; analisou-se os principais fatores que interferem na fisiologia e bem-estar dos animais ou que podem reduzir o custo do transporte. Por fim, no quinto artigo (IX. Manuscrito V) é analisado o uso de comunidades bacterianas no muco dos cavalos-marinhos como uma ferramenta para rastrear a origem dos animais vivos de forma não invasiva. Todos os estudos tiveram autorização do ICMBio (nº41924-2 e 41924-3) e do comitê de ética da UNESP/CLP.

X. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma infinidade de fatores tem motivado os pesquisadores a estudar os cavalos-marinhos. No entanto, observou-se que os campos de pesquisa fundamentais para subsidiar decisões governamentais e que abordam as questões que afetam a produção, o comércio e a manutenção das populações naturais de cavalos-marinhos não vem sendo cobertos adequadamente. Assim, no Manuscrito I, exploramos a oportunidade de usar os cavalos-marinhos como espécies bandeira para promover a conservação dos manguezais e diminuir as pescas de arrasto. Também sugerimos que são necessários mais estudos científicos para entender e gerenciar melhor as populações das espécies de cavalo-marinho mais comercializadas, bem como a necessidade de monitorar sua vulnerabilidade aos poluentes emergentes e às mudanças climáticas. Adicionalmente, destacamos que a aquicultura sustentável de cavalos-marinhos pode desempenhar um papel importante para atender a demanda mundial e na conservação de cavalos-marinhos, mas as pesquisas estão voltadas para sistemas complexos, sofisticados e caros, que não vão atender às demandas do grande mercado. Também destacamos a necessidade de pesquisas para desenvolver ferramentas de rastreabilidade fiáveis para combater o comércio ilegal destes organismos.

Desde 2012, ocorreu uma diminuição de mais de 90% de exportação de cavalos-marinhos, segundo os dados reportados pela CITES. Porém, essa redução é devido a proibições legais recentemente implantadas pelos principais países exportadores e às crescentes restrições impostas pela regulamentação do comércio internacional. No entanto, a baixa quantidade de animais comercializados nos últimos anos relatados na base de dados da CITES não reflete uma redução real na captura e comercialização de cavalos-marinhos. No Manuscrito II mostramos que ainda há demanda de milhões de cavalos-marinhos anualmente, especialmente secos, que veem sendo suprida por meio de pescas ilegais e mercados negros. Assim, as regras e regulamentos atuais estabelecidos para controlar a captura e comercialização global de cavalos-marinhos falharam em promover a conservação desses peixes. Este cenário ameaça seriamente as populações selvagens de cavalos-marinhos.

Uma das alternativas para aliviar essas populações selvagens é desenvolver protocolos de pescas sustentáveis e sistemas de aquicultura de grande escala e de

baixo custo capazes de produzir um grande número de animais secos. Além de promover a conservação de cavalos-marinhos, essa medida também é uma opção de renda às populações locais já envolvidas neste comércio e pode inclusive servir para divulgar a conservação dos manguezais. No Manuscrito III, mostramos que o cultivo de cavalos-marinhos em tanques-rede em estuários pode ser uma boa alternativa para produzir cavalos-marinhos com baixo custo e atender a demanda de espécimes secos. Apesar de o Manguezal ser uma área protegida em todo o mundo, é fundamental proporcionar atividades de baixo impacto ambiental para a subsistência de comunidades locais. O cultivo de cavalos-marinhos em tanques-rede no mangue não utiliza alimentação alóctone e tem um baixo custo de implantação e manutenção. Além de diminuir os custos de produção, o cultivo embasado em alimentos naturais evita o excesso de nutrientes no sistema e proporciona uma dieta adequada aos cavalos-marinhos, resolvendo um grande gargalo no cultivo dessa espécie que é a falta de alimento seco adequado. Porém, alterações ambientais bruscas, predadores, obstrução das redes e escapes são as principais limitações desse sistema, e devem ser consideradas para cada local antes de sua implantação. Esse sistema tem potencial par favorecer o uso sustentável do Manguezal, e certamente aumentará a sustentabilidade da cadeia produtiva de cavalos-marinhos.

A otimização de práticas de transporte e de rastreabilidade são fundamentais para o fortalecimento da cadeia produtiva de cavalos-marinhos para fins ornamentais. Os cavalos-marinhos vivos são comercializados sem uma uniformidade no processo de embalagem e sem nenhum certificado de origem. Assim, no Manuscrito IV mostramos que cavalos-marinhos *H. reidi* são resistentes a condições de transporte em diferentes densidades, tempo de transporte, concentrações de oxigênio e salinidades. Podem ser transportados em 300 mL de água como uma opção barata e segura para transportes até 48 horas em temperaturas próximas de 21° C. O uso de oxigênio puro não é necessário quando o transporte é feito em até 48 h em temperaturas em torno de 21° C, mas pode ser útil para o transporte mais longo. Salinidades mais baixas e o uso de substrato podem proporcionar melhores condições fisiológicas e de bem-estar, sobretudo em transportes mais longos.

Com relação a rastreabilidade, no Manuscrito V reportamos que as impressões digitais microbianas no muco dos cavalos-marinhos têm potencial de

rastrear a origem geográfica de cavalos-marinhos vivos. Este raciocínio pode ser utilizado para rastrear a origem dos espécimes coletados na natureza ou cultivados em condições controladas. A variabilidade exibida pelas comunidades microbianas em um curto período de tempo na mesma localização geográfica na natureza, bem como sua mudança quando transferidas de condições selvagens para cativeiro, são as principais questões que precisam de mais pesquisas para apoiar a utilização deste método para a rastreabilidade. Porém, esse trabalho forneceu suporte para que novas técnicas de sequenciamento de DNA sejam estudadas para aprofundar o conhecimento sobre quais táxons bacterianos desempenham o papel mais relevante na variabilidade geográfica e temporal exibida pelas impressões digitais microbianas. O uso de técnicas de sequenciamento também possibilitará compreender se e como as impressões digitais microbianas de comunidades bacterianas presentes no muco de cavalo-marinho podem permitir discriminar entre cavalos-marinhos nascidos em cativeiro dos criados em cativeiro (oriundos de populações selvagens).

Concluindo, o presente trabalho permitiu conhecer as principais áreas carentes de pesquisa científica para o desenvolvimento de métodos de produção e comercialização sustentáveis de cavalos marinhos, bem como sua conservação. Com base nessas informações, avançou-se na elucidação de alguns desses “gaps” mais importantes e demonstrou-se diversas áreas essenciais para as pesquisas futuras com vistas a gerar o conhecimento científico necessário para atender a demanda do mercado mundial e conservar as populações naturais desses peixes.