



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA

OTAVIO SCHLICKMANN ROTTGERS CARDOSO

INTERAÇÕES DE LIMPEZA EM RECIFES ROCHOSOS DO SUL DO BRASIL.

FLORIANÓPOLIS

2016

OTAVIO SCHLICKMANN ROTTGERS CARDOSO

INTERAÇÕES DE LIMPEZA EM RECIFES ROCHOSOS DO SUL DO BRASIL.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Ricardo Floeter.

Co-orientador: MSc Juan Pablo Quimbayo

FLORIANÓPOLIS

2016

OTAVIO SCHLICKMANN ROTTGERS CARDOSO

**INTERAÇÕES DE LIMPEZA EM RECIFES ROCHOSOS SUBTROPICAIS DE SANTA
CATARINA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina BIO7016 – Trabalho de Conclusão de Curso II, junto ao Centro de Ciências Biológicas da UFSC como requisito para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

ORIENTADORES

Prof. Dr. Sergio Ricardo Floeter

M.Sc Juan Pablo Quimbayo

BANCA EXAMINADORA

Dr. Ana Maria Rubini Liedke

Prof. Dr. Renato Aché de Freitas

M.Sc Alexandre Siqueira

FLORIANÓPOLIS, 11 DE JULHO DE 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, que sempre foi muito presente em todos os momentos da minha vida. Ao meu pai e minha mãe por me fornecerem todo apoio necessário, por se esforçarem para que eu sempre tivesse as melhores condições de alcançar meus objetivos e por me fornecerem os melhores exemplos de pessoas que eu posso ter. Agradeço também meus irmãos, Gabriel e Clarice por todo o convívio desde pequeno e por todas as situações que passamos juntos. Agradeço também os meus primos, tios e avós, que sempre foram muito presente em minha vida e sempre trouxeram os melhores sentimentos, nas mais diversas situações da minha vida.

Agradeço ao meu orientador Sergio R. Floeter por ter me aceitado como membro de sua equipe de pesquisa, por ter me dado as melhores condições de realizar meu trabalho, por ter acreditado e confiado na minha capacidade e por ter me proporcionado ótimas oportunidades de convívio pessoal e profissional. Todos os momentos de convívio, seja dentro do laboratório ou fora dele foram experiências ótimas que vou levar pra minha vida. Agradeço muito, também, o meu co-orientador Juan, por ter sido meu parceiro de trabalho e amigo desde o começo (seja no projeto Hippocampus ou nos projetos de cleaning), por todo incentivo que me deu dentro do laboratório, por todas as conversas e pelas ajudas em todos os sentidos, seja pessoal ou profissional. Agradeço também ao Lucas, por sempre ter me apoiado no laboratório, pelas saídas de campo juntos para coleta de dados, pelas correções ao longo do meu trabalho e a todos os outros membros que tive convívio no LBMM, Alana, Ana, Anaíde, Angela, Debora, Gabi, Luisa, Nayara, Naomi, Julia, Kelly, Samara, Anderson, Alex, Alê, Thiago, Mineiro, Hugo, por todos os momentos, seja dentro do laboratório ou fora dele.

Quero agradecer também a gurizada da Bio 2010.1, Airton, Bruninho, Coala, Tino, Pedrão, Forró, João e a todos os outros amigos que conheci durante a Biologia. Realmente esses foram anos incríveis e marcaram uma das melhores fases da minha vida. Só tenho a agradecer por todo o convívio, todas as festas e todas as risadas. É difícil acreditar como em um espaço de tempo tão pequeno eu conheci grande parte das amizades que vou levar por toda a vida. Agradeço a todos os professores que tive durante essa trajetória, por terem compartilhado conhecimento e demonstrarem paixão pela Biologia.

Quero agradecer também aos muitos amigos de infância que convivo até hoje. Em especial a Galera do Apartamento! Apesar do convívio já não ser como antes, vocês ainda estão presentes na lembrança. Obrigado por todos os momentos e pelas oportunidades. Agradeço também aos meus amigos/irmãos da Carinae. Com certeza essa banda é uma das coisas mais importantes da minha vida. E durante essa trajetória paralela me deu muita força trouxe felicidade em muitos momentos.

Por fim, gostaria de agradecer aos membros da banca, Ana, Alexandre e Renato, por terem aceitado o convite para participar desse momento especial da minha formação na Biologia!

Obrigado, obrigado e obrigado!

RESUMO

A associação de limpeza é uma das interações mutualísticas mais dinâmicas e complexas dos ambientes recifais, sendo influenciada por condições locais e comportamentais específicas das espécies envolvidas. A maioria dos estudos que exploraram estas interações se concentram nas regiões tropicais, onde é reportado o maior número de espécies descritas como limpadoras, enquanto que em regiões subtropicais e temperadas o número de estudos são escassos. No estado de Santa Catarina, considerado o limite sul de distribuição de muitas espécies com afinidades tropicais, sabe-se pouco sobre este tipo de interação. Dada esta lacuna de conhecimento, este estudo teve como objetivo descrever quais espécies atuam como limpadoras, quais são seus clientes e como estas interações ocorrem nesta região. Para isso foram utilizados dados coletados através de busca ativa por interações, durante mergulhos realizados entre os anos de 2014 e 2015. Foram identificadas quatro espécies de peixes limpadores: *Anisotremus virginicus*, *Pomacanthus paru*, *Diplodus argenteus*, *Abudefduf saxatilis* e uma espécie de camarão, *Lysmata ankeri*. Todas as espécies limpadoras encontradas são limpadores facultativos e apresentaram diferenças entre si, em relação ao número de interações. *A. virginicus* e *P. paru* foram os limpadores com mais interações registradas, seguidos por *D. Argenteus*, *L. ankeri* e *A. saxatilis*. Quinze espécies de peixes foram identificadas como clientes, sendo que grande parte (60%) interagiu com apenas uma espécie de limpador. O grupo trófico com o maior número de interações (55%) foram os comedores de invertebrados móveis, enquanto que as espécies agrupadas dentro de macrocarnívoros apresentaram um menor número de interações (1%). De maneira geral as interações registradas foram rápidas e o número de interações não foi explicado pela abundância dos organismos envolvidos. O fato de poucas espécies de clientes serem compartilhadas entre os limpadores e a abundância dos clientes não explicar o número de interações, sugere que as espécies podem ter uma relação de preferência entre elas e mostra a importância das diferentes espécies de limpadores para atender a diversidade de clientes em Santa Catarina. O pouco tempo despendido nas interações e o fato de os limpadores não realizarem esta atividade em lugares específicos, enquanto se alimentam no substrato, sugere que os limpadores observados nessa região utilizam a atividade de limpeza como fonte alternativa de alimento e realizam esta atividade em pequenos intervalos, enquanto se alimentam de outras fontes de energia.

Palavras-chave: Mutualismo, comportamento de limpeza, limpadores facultativos, Atlântico Sul, Brasil.

ABSTRACT

Cleaning associations are one of the most dynamics and complex mutualistic interactions of reef environments and can be influenced by local conditions and the behavior of the species involved. Most studies that have explored these associations are in tropical regions, where the largest number of cleaner species are described. However, there are not many information about how these interactions occur in the subtropics. Specifically in the state of Santa Catarina, southern limit of distribution of many fish species with tropical affinities, the lack of information about these associations is evident. Given that, this study aimed to describe which species act as cleaners, which species are clients, and how these interactions occur in this region. Data were collected by active search for interactions during dives performed between the years 2014-2015. Four species of fish were reported as facultative cleaners: *Anisotremus virginicus*, *Pomacanthus paru*, *Diplodus argenteus*, *Abudefduf saxatilis* and one species of shrimp, *Lysmata ankeri*. The cleaner species showed differences when compared the number of interactions. *A. virginicus* and *P. paru* showed a higher number of interactions, followed by *D. argenteus*, *L. ankeri* and *A. saxatilis*. Fifteen fish species were reported as clients, most of which (60%) interacted with one species of cleaner. Clients of the trophic group mobile invertebrate feeders showed a higher number of interactions with cleaners (55%), while the fishes from the trophic group carnivore were reported with the lowest number of interactions (1%). In general, the recorded interactions were fast and the number of interactions was not explained by the abundance of the organisms involved. The diversity of facultative cleaners in Santa Catarina showed to be important factor to meet the diversity of present clients in the state. These results suggest that the cleaners observed in this region use the cleaning activity as an alternative source of food and carry out this activity in small intervals, while feeding on other sources of energy.

Keywords: Mutualism, cleaning behavior, facultative cleaners, South Atlantic, Brazil.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa do local amostrado. (A) Limites da costa do Brasil. O quadrado amarelo representa a posição do estado de Santa Catarina dentro da costa brasileira. (B) Limites da costa de Santa Catarina. Os pontos coloridos representam as regiões em que foram coletados os dados de interação. O ponto amarelo representa a Ilha do Arvoredo, região com mais de um ponto de mergulho. As outras regiões contêm apenas um ponto de mergulho cada.....21
- Figura 2.** (A) Número total de interações de limpeza para cada limpador. (B) Tempo gasto pelos limpadores nas interações de limpeza. Cada círculo representa uma interação de um limpador com um cliente.....26
- Figura 3.** Rede de interações de limpeza apresentando a quantidade de interações e a abundância dos organismos que interagiram. Os limpadores estão organizados por ordem de número total de interações, do maior para o menor. Os Clientes estão organizados por ordem de abundância. As linhas representam o número de interações e os círculos representam uma estimativa de abundância total para o estado de Santa Catarina. O tamanho dos círculos e o tamanho das linhas de intensidade estão de acordo com o logaritmo dos valores de abundância e número de interações.....28
- Figura 4.** Espécies participando de interações de limpeza em Santa Catarina. (A) *Anisotremus virginicus* juvenis interagindo com *Haemulon aurolineatum* na ilha do Xavier. Foto: Sergio Floeter (B) Indivíduo adulto de *A. virginicus* limpando indivíduos de *Priacanthus arenatus*, com a cor modificada para solicitar limpeza. (C) *Pomacanthus paru* limpando um *H. aurolineatum* que posa com a boca aberta. (D) Indivíduo de *Cantherhines macrocerus* solicitando limpeza, com o corpo inclinado para o lado, para o limpador *P. paru*, que está no canto direito, abaixo na foto. Foto: Lucas Nunes Teixeira (E) *Diplodus Argenteus* limpando *Kiphusus sectatrix*, enquanto o cliente muda de cor. Outro cliente ao lado posa com as nadadeiras esticadas e a cor natural. (F) *Lysmata ankeri* limpando a região da boca de uma moréia (*Gymnothorax moringa*). Foto: João Paulo Krajewski.....30
- Figura 5.** Regressão linear entre o número de interações e a abundância das espécies de clientes. Cada ponto representa uma espécie de cliente e a parte sombreada (cinza) representa o limite esperado pela abundância. As espécies que ficaram totalmente fora do limite esperado foram destacadas com o nome e a figura da espécie.....32
- Figura 6.** Regressão linear entre o tempo de interação e o número de interações das espécies de clientes. Cada ponto representa uma espécie de cliente e a parte sombreada (cinza) representa o limite de tempo esperado, baseado no número de interações. As espécies que ficaram totalmente fora do limite esperado foram destacadas com o nome e a figura da espécie.....33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de interações entre limpadores e clientes, com abundância e grupos tróficos dos clientes. As espécies de clientes estão divididas por famílias em ordem alfabética. A divisão taxonômica dos peixes por famílias está de acordo com a classificação proposta por Nelson (2006) e crustáceos de acordo com Rhyne & Lin (2006)25

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
OBJETIVOS.....	19
OBJETIVO GERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
ÁREA DE ESTUDO.....	21
TRABALHO DE CAMPO.....	22
TRABALHO EM LABORATÓRIO.....	22
CÁLCULO DAS ABUNDÂNCIAS.....	22
GRUPOS TRÓFICOS.....	23
ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	23
RESULTADOS	25
DISCUSSÃO.....	35
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS.....	43

INTRODUÇÃO

Os ambientes recifais são sistemas altamente produtivos, que abrigam uma grande diversidade de espécies, as quais apresentam uma grande complexidade em suas relações (Luckhurst & Luckhurst 1978, Reaka-Kudla 1997). Essa alta diversidade ocorre em parte devido à complexidade estrutural que existe nesses locais, a qual disponibiliza uma variedade de nichos a serem ocupados e conseqüentemente permite a coexistência de um maior número de espécies (Luckhurst & Luckhurst 1978). Além dos fatores ambientais, sabe-se que as interações biológicas apresentam papel fundamental na determinação da distribuição e abundância das espécies, já que estas são os principais mecanismos que estruturam as assembleias a nível local (Stachowicz 2001). Até pouco tempo, só se reconhecia o papel das interações negativas, como competição e predação, na estruturação das comunidades. Entretanto, o papel das interações positivas, como mutualismo e comensalismo, torna-se cada vez mais evidente (Stachowicz 2001).

As interações mutualísticas podem ser definidas como relações reciprocamente benéficas entre os organismos (Herre *et al.* 1999). Dentre as relações mutualísticas mais conhecidas está a atividade de limpeza, que possui origens múltiplas, independentes e está presente em diversos táxons (Poulin & Grutter 1996). Estas interações ocorrem quando um organismo limpador remove e ingere ectoparasitas, muco, tecido morto ou partículas não desejadas de organismos chamados de clientes (Losey 1972, Côté 2000). Atualmente são reconhecidas mais de 130 espécies, entre peixes e crustáceos, que assumem o papel de limpadores (Côté 2000). Estas espécies são classificadas em duas categorias: limpadores facultativos e obrigatórios (Côté 2000). Os facultativos são aqueles que geralmente realizam a atividade de limpeza quando são juvenis e não dependem exclusivamente da limpeza para obter alimento (Losey 1972), essa categoria inclui a maioria dos peixes limpadores (Côté 2000). Os limpadores obrigatórios são os peixes que dependem em grande parte da atividade de limpeza para suprir suas necessidades alimentares, mesmo quando adultos (Losey 1972). Estão inclusos principalmente em duas famílias: Gobiidae e Labridae (Côté 2000).

Para que a interação de limpeza tenha início o limpador ou cliente deve demonstrar a intenção de interagir (Côté 2000). Quando a atividade é iniciada pelo limpador, este pode realizar performances e nadar de forma diferenciada com intuito de atrair clientes (Randall 1958, Potts 1973, Gorlick *et al.* 1978, Côté 2000). Na maioria dos casos os limpadores também têm cores

chamativas que contrastam com o ambiente para facilitar sua visualização (Cheney *et al.* 2009). Por outro lado, os peixes clientes podem demonstrar a intenção de serem limpos através de sinais como uma mudança na coloração corporal, um nado diferenciado ou os dois simultaneamente (Losey 1972). Estes comportamentos chamam a atenção do limpador, que pode começar a inspecionar e retirar o material da superfície corporal do cliente (Losey 1972). Apesar do comportamento de posar para o peixe limpador ser importante, não garante que a limpeza aconteça (Losey 1974, Côté *et al.* 1998, Arnal *et al.* 2001). Estas interações ocorrem comumente em estações de limpeza, as quais são lugares específicos e salientes no fundo marinho, como colônias de corais, esponjas ou grandes rochas (Feder 1966, Youngbluth 1968, Losey 1974, Côté 2000). Estas estações são conhecidas por serem lugares atrativos e podem influenciar localmente a distribuição das espécies de peixes no recife (Slobodkin & Fishelson 1974). No entanto, em alguns casos os limpadores não estão associados a esses lugares (Côté 2000, Quimbayo *et al.* 2012).

A interação de limpeza é uma atividade dinâmica e alguns fatores podem influenciar a relação entre limpadores e clientes (Côté 2000). Na maioria dos casos encontra-se poucas espécies de limpadores interagindo com uma diversidade de espécies clientes, esta relação é desproporcional e caracteriza as redes de interações de limpeza (Guimarães *et al.* 2007). Acredita-se que a abundância das espécies de uma comunidade tenha papel fundamental para a estruturação dessas redes, uma vez que espécies mais abundantes tem uma probabilidade maior de se encontrarem com limpadores (Floeter *et al.* 2007, Guimarães *et al.* 2007). Porém, outros fatores locais podem modular a força e a diversidade entre essas relações (Floeter *et al.* 2007, Guimarães *et al.* 2007). O grupo trófico das espécies de clientes envolvidos é um fator importante para que as interações ocorram, pois algumas espécies de limpadores preferem limpar clientes que não oferecem risco de predação, enquanto que outros limpadores podem ter um número grande de interações com clientes potencialmente perigosos (Darcy *et al.* 1974). Outros fatores, como a quantidade de parasitas e tamanho corporal dos clientes, podem influenciar a escolha de um limpador por determinados clientes (Youngbluth 1968, Gorlick 1984, Grutter 1995, Poulin 2000). A quantidade de ectoparasitas presentes nos clientes de uma comunidade também pode ter influência no tamanho de uma população de limpadores naquele local (Cheney & Côté 2003). Por sua vez, os clientes com um maior número de parasitas também podem procurar as estações de limpeza com maior frequência (Arnal & Morand 2001).

A qualidade do alimento obtido pelo limpador durante a atividade de limpeza também pode influenciar as interações. Trabalhos anteriores demonstram que existem diferentes qualidades de mucos e alguns limpadores podem ter preferência por determinados tipos (Gorlick 1980, Arnal & Morand 2001, Grutter & Bshary 2004). Essa preferência também pode ocorrer por diferentes espécies de parasitas, de acordo com a qualidade nutricional de cada um. De fato, tanto ectoparasitas quanto o muco são fontes de energia ricas em proteína que podem trazer benefícios para a alimentação do limpador (Eckes *et al.* 2015).

Por ser uma atividade dinâmica e envolver muitos fatores (Feder 1966, Côté 2000, Bansemer *et al.* 2002, Eckes *et al.* 2015), o comportamento de uma espécie limpadora pode variar de uma região para outra. Como exemplo, o peixe *Pomacanthus paru* foi descrito como um limpador não especializado e teve poucos registros de interações na região da Florida (Brockmann & Hailman 1976) e Bonaire (Wicksten 1995, 1998). Porém no arquipélago de Abrolhos esta espécie mostrou um alto grau de especialização como limpador, com elevado número de interações e de clientes (Sazima *et al.* 1999). Outro exemplo desta variação no comportamento de limpadores foi observado para a espécie *Labroides dimidiatus*, que apresentou diferenças em relação à ingestão de muco e parasitas nas ilhas Heron e Lizard, da Austrália (Grutter 1997). Estes resultados reforçam a ideia de que o comportamento de limpeza pode apresentar flexibilidade de acordo com as condições locais e características de cada espécie envolvida.

A maior parte dos estudos sobre interações de limpeza está concentrada nas regiões tropicais, que possuem elevada diversidade de peixes e, por consequência, de espécies limpadoras (Sazima 2002). Já para regiões subtropicais, como o Atlântico Sul Ocidental, pouco se conhece sobre as espécies envolvidas nessa interação, apesar de terem sido registradas 31 espécies de peixes limpadores recifais (Mendes *et al.* in preparation). No estado de Santa Catarina são registradas aproximadamente 18 espécies com potencial de ocupar este papel funcional (Côté 2000, Anderson *et al.* 2015). A maioria destas espécies são consideradas limpadoras facultativas, com exceção de um único registro da espécie *Elacatinus figaro*, na região de Bombinhas (Anderson *et al.* 2015), a qual é considerada como limpadora obrigatória (Côté 2000). Considerando que na região de Santa Catarina ocorre uma diminuição na abundância de muitas das espécies de peixes tropicais (Floeter & Gasparini 2000, Floeter *et al.* 2001, Ferreira *et al.* 2004), assim como possivelmente uma diminuição na riqueza e abundância de ectoparasitas em

relação às regiões tropicais (Rohde 1984, Rohde *et al.* 1995, Rohde & Heap 1998), espera-se que as interações de limpeza sejam afetadas e que as interações ocorram de acordo com as características locais de Santa Catarina.

É importante entender de que forma as interações podem ser afetadas e quais fatores podem influenciar e moldar as relações entre peixes recifais de acordo com as diferentes regiões. Os estudos locais e comportamentais são fundamentais para se compreender de que forma isso pode ter influência no contexto regional e de que forma podemos preservar essas relações. Tendo isso em vista, este trabalho teve o objetivo de entender como a atividade de limpeza está ocorrendo no estado de Santa Catarina. Para isso foram feitas as seguintes perguntas: (1) Quais espécies estão interagindo como limpadoras no estado de Santa Catarina? (2) Quais são seus clientes? (3) Os clientes são compartilhados entre os limpadores? (4) Quais os grupos tróficos mais atendidos? (5) Há relação entre a abundância das espécies de clientes e o número de interações? (6) Qual a relação entre o tempo de interação e o número de interação das espécies clientes?

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Fazer um levantamento das espécies envolvidas nas interações de limpeza no estado de Santa Catarina e entender de que forma esta interação ocorre entre limpadores e clientes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Saber quais espécies estão atuando como limpadores e quais estão recebendo limpeza no estado de Santa Catarina.
- Observar se há diferenças entre os limpadores em relação ao número de interação com os clientes.
- Identificar se as espécies de clientes são compartilhadas entre os limpadores.
- Saber quais são os grupos tróficos mais atendidos pelos limpadores.
- Ver se há relação entre a abundância das espécies de clientes e o número de interações.
- Identificar qual é a relação entre o número de eventos de limpeza e o tempo gasto nas interações.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

As coletas de dados foram realizadas dentro dos limites do estado de Santa Catarina (25°59'S e 29°19'S). Os 10 pontos de mergulho utilizados para a coleta de dados foram: Saco do Capim, Baía do Farol, Rancho norte, Ilha Deserta, Ilha Galé, Praia da Sepultura, Costão da Barra da Lagoa, Praia do Pantano do Sul, Ilha do Xavier, Imbituba (Figura 1). Sendo que dois dos pontos estão dentro dos limites da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (Ilha Deserta e Galé) e um ponto faz parte da Área de Relevante Interesse Ecológico da Costeira de Zimbros (Sepultura). Os outros pontos não estão inseridos em áreas de proteção ambiental. Todos os locais se caracterizam por possuir um recife rochoso que em grande parte é coberto por algas e esponjas (Maida & Ferreira 1997, Floeter *et al.* 2001).

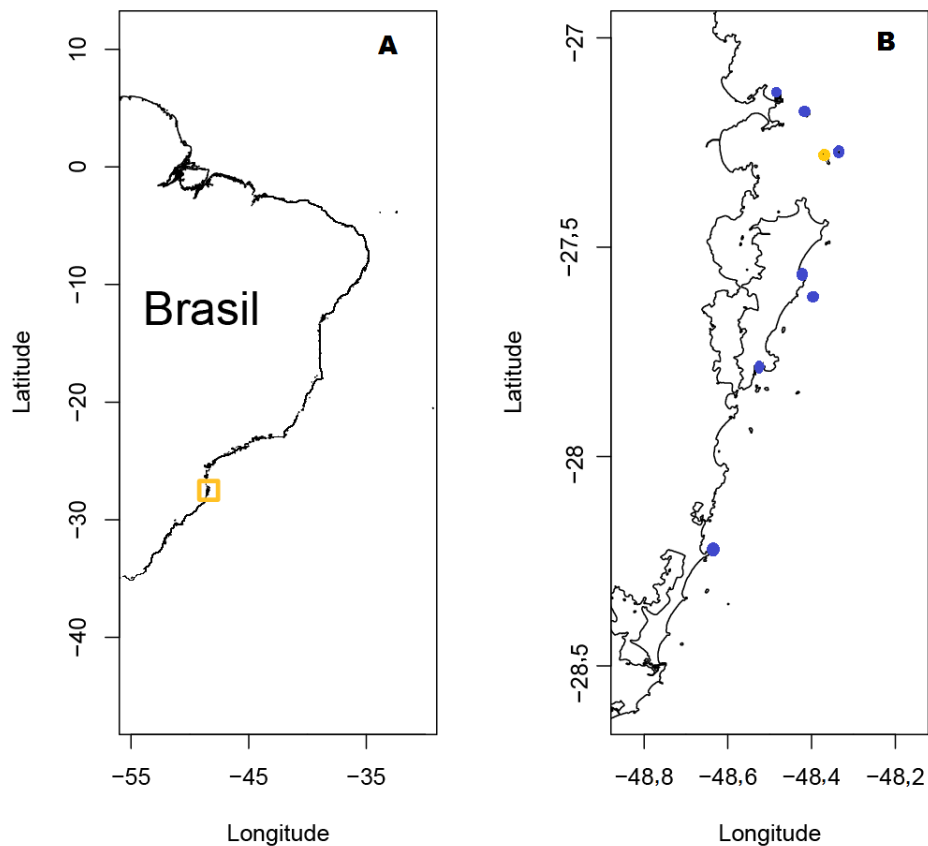


Figura 1. Mapa do local amostrado. (A) Limites da costa do Brasil. O quadrado amarelo representa a posição do estado de Santa Catarina dentro da costa brasileira. (B) Limites da costa de Santa Catarina. Os pontos coloridos representam as regiões em que foram coletados os dados de interação. O ponto amarelo representa uma região com mais de um ponto de mergulho. As outras regiões contêm apenas um ponto de mergulho cada.

TRABALHO DE CAMPO

Foram realizados mergulhos em pontos escolhidos aleatoriamente durante o período de Dezembro de 2014 a Julho de 2015. Totalizando 26,5 h de observações subaquáticas. Foi utilizado equipamento de SCUBA e mergulhos livres para fazer busca ativa e registrar as interações de limpeza. O período de observação para cada limpador (ou grupo de limpadores) variou de 5–10 min. Durante as observações foram gravados vídeos de até 10 min para capturar todas as interações do limpador. No total foram feitos 49 vídeos, que foram utilizados para análises posteriores em laboratório. As observações começavam a partir de uma primeira interação de limpeza, esta interação era caracterizada quando acontecia um primeiro contato do limpador com seu cliente e acabava quando uma das partes se afastava .

TRABALHO EM LABORATÓRIO

Além dos registros obtidos com o trabalho de campo, também foi realizado um levantamento de registros fotográficos e vídeos pertencentes ao Laboratório de Biogeografia e Macroecologia Marinha da UFSC. No total foram analisados 103 min de vídeos e 28 fotografias. Os vídeos foram utilizados para se obter a quantidade de interações, o tempo de interação e a confirmação das espécies que interagiram. No caso das interações registradas em fotografias, foi considerado o tempo mínimo de interação (1 s). Para as interações em que mais de um limpador participou da limpeza de um único cliente, o tempo total de interação foi dividido pelo número de limpadores que participaram da interação, para se obter o tempo individual de cada limpador.

CÁLCULO DAS ABUNDÂNCIAS

Os dados utilizados para o cálculo da abundância das espécies foram obtidos através dos censos visuais subaquáticos realizados durante o projeto MAArE (Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno) nos anos de 2014–2015, totalizando 427 censos que cobriram uma área de 17.800 m². Os Censos foram realizados em parcelas de 20x2 m, onde um mergulhador partia de um ponto fixo e percorria 20 m, com uma fita métrica, contando os peixes que passavam pela área estabelecida. Ao enrolar novamente a fita e voltar ao ponto inicial, o mergulhador contava as espécies crípticas (Floeter *et al.* 2007).

GRUPOS TRÓFICOS

A classificação dos grupos tróficos foi feita de acordo com a divisão utilizada por Ferreira *et al.* (2004). Foram considerados 6 grupos tróficos: Macrocarnívoros (MCAR = espécies que se alimentam em maior parte de macroinvertebrados e peixes), Omnívoros (OMNI = espécies que se alimentam de uma variedade de alimentos, incluindo invertebrados e algas), Planctívoros (PLANK = espécies que se alimentam de fito e zooplâncton), Herbívoros-detritívoros (HERB = Herbívoros que podem incluir detritos e macroalga em sua dieta) e os outros dois grupos tróficos considerados foram os Comedores de Invertebrados Móveis (MINV = peixes que se alimentam de invertebrados móveis) e Comedores de Invertebrados Sésseis (SINV = peixes que se alimentam de invertebrados sésseis).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para melhor visualizar a estrutura das interações de limpeza em Santa Catarina foi utilizada uma rede bipartida de interações. Para comparar o número total de interações entre as espécies de limpadores foi utilizado um gráfico de barras. Para analisar o tempo das interações de cada limpador com seus clientes foi utilizado um gráfico de dispersão de pontos e para verificar se as interações ocorreram de acordo com as abundâncias das espécies e observar qual a relação entre o tempo de interação e o número de interações, foi utilizada uma análise de regressão linear. A fim de diminuir a dispersão, os dados utilizados na regressão linear foram transformados pelo logaritmo natural. Todas as análises estatísticas foram realizadas na plataforma R .

RESULTADOS

Foram registradas cinco espécies de limpadores em Santa Catarina. Quatro espécies de peixes, sendo elas: *Anisotremus virginicus*, *Pomacanthus paru*, *Diplodus argenteus*, *Abudefduf saxatilis* e uma espécie de camarão, *Lysmata ankeri* (Tabela 1; Figura 4). A espécie de limpador que teve o maior número de interações foi *A. virginicus*, que interagiu 75 vezes (50% das interações), seguido de *P. paru*, que interagiu 47 vezes (31% das interações) e *D. argenteus*, que interagiu 21 vezes (14% das interações). As outras duas espécies, que tiveram um número menor de interações registradas, foram *L. ankeri*, que interagiu cinco vezes (3,5% das interações) e *A. saxatilis*, que interagiu apenas duas vezes (1,5% das interações; Figura 2.A).

Tabela 1. Número de interações entre limpadores e clientes, com abundância e grupos tróficos dos clientes. As espécies de clientes estão divididas por famílias em ordem alfabética. A divisão taxonômica dos peixes por famílias está de acordo com a classificação proposta por Nelson (2006) e crustáceos de acordo com Rhyne & Lin (2006).

Espécies de clientes	Espécies de limpadores					Número total de eventos	Abundância (Ind/40m ²)	Grupos Tróficos
	<i>Abudefduf saxatilis</i>	<i>Anisotremus virginicus</i>	<i>Diplodus argenteus</i>	<i>Pomacanthus paru</i>	<i>Lysmata ankeri</i>			
Chaetodontidae								
<i>Chaetodon striatus</i>		1				1	0,59	SINV
Ephippidae								
<i>Chaetodipterus faber</i>		6		1		7	0,13	MINV
Fistulariidae								
<i>Fistularia tabacaria</i>				1		1	<0,01	MCAR
Haemulidae								
<i>Anisotremus virginicus</i>				5		5	1,82	MINV
<i>Haemulon aurolineatum</i>		8		3		11	36,96	MINV
<i>Haemulon steindachneri</i>				8		8	0,41	MINV
Kiphosidae								
<i>Kyphosus sectatrix</i>	1	1	18			20	0,29	HERB
Monacanthidae								
<i>Cantherhines macrocerus</i>				4		4	<0,01	SINV
Mugilidae								
<i>Mugil curema</i>			2			2	0,01	OMNI
Mullidae								
<i>Pseudupeneus maculatus</i>				5		5	1,00	MINV
Muraenidae								
<i>Gymnothorax moringa</i>					2	2	<0,01	MCAR
Pomacentridae								
<i>Abudefduf saxatilis</i>		12	1	19		32	8,44	OMNI
Priacanthidae								
<i>Priacanthus arenatus</i>		43			3	46	1,72	MINV
Labridae								
<i>Sparisoma frondosum</i>				1		1	0,16	HERB
Sparidae								
<i>Diplodus argenteus</i>	1	4				5	1,82	OMNI
Número total de eventos	2	75	21	47	5	150		
Abundância (Ind/40m ²)	8,44	1,82	1,82	0,22	0,00			

Para a maioria (60%) das interações registradas o tempo de interação foi de um segundo, porém, em outros casos o tempo de interação de um limpador com um cliente durou até 19 segundos (Figura 2.B). A maior parte (93%) das interações registradas ocorreram com apenas um limpador interagindo com um cliente. Entretanto, algumas interações de *A. virginicus* ocorreram com até 20 indivíduos limpando um único cliente. Em uma das interações de *P. paru* dois indivíduos também foram observados limpando um único cliente e em apenas um caso de limpeza por *D. argenteus*, três indivíduos limparam o mesmo cliente. Apesar de, na maioria dos registros apenas um limpador ter participado da interação, a espécie *A. virginicus* foi observada muitas vezes (86% das observações) em cardumes com indivíduos da mesma espécie, enquanto realizava limpeza. As outras espécies de limpadores, em quase todos os registros, foram observadas sozinhas.

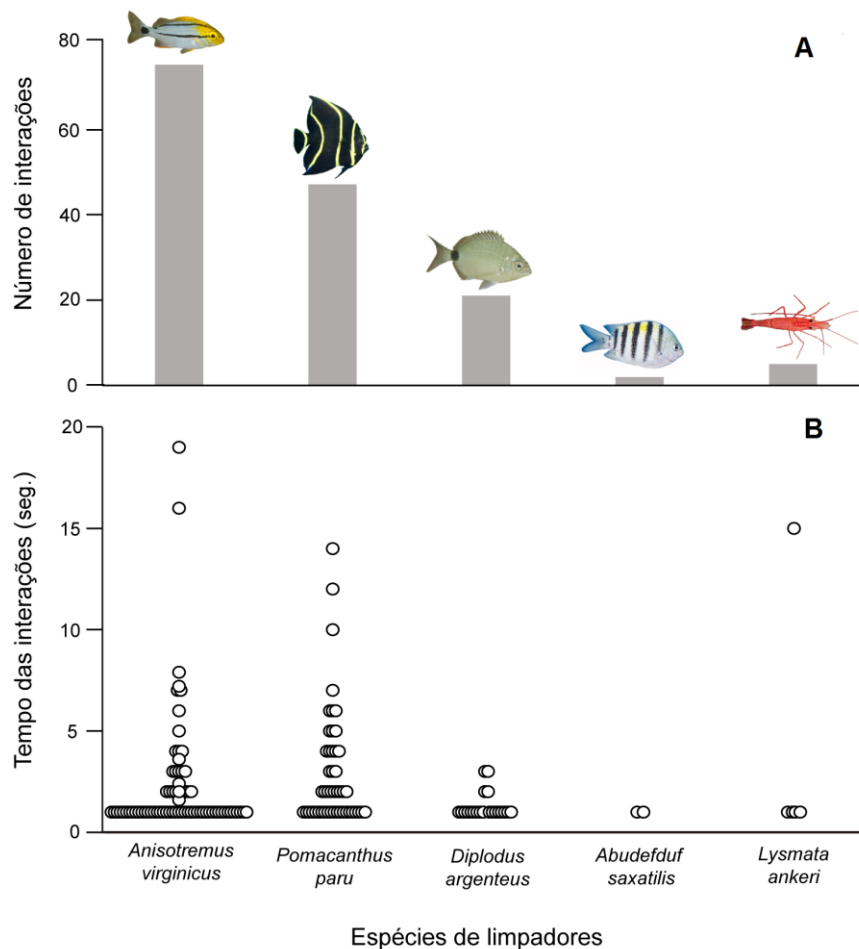


Figura 2. (A) Número total de interações de limpeza para cada limpador. (B) Tempo gasto pelos limpadores nas interações de limpeza. Cada círculo representa uma interação de um limpador com um cliente.

A espécie que limpou a maior riqueza de clientes foi *P. paru*, que interagiu com nove espécies de clientes, seguido de *A. virginicus* que interagiu com oito, *D. Argenteus* que interagiu com três e *A. saxatilis* e *L. ankeri* que interagiram com duas espécies de clientes cada uma (Figura 3). *A. virginicus* e *Priacanthus arenatus* foram as duas espécies que mais interagiram entre si (43 interações), apesar de *P. arenatus* ter somente a quinta maior abundância entre as espécies de clientes (Figura 3). As outras duas espécies que mais interagiram entre si foram *P. paru* e *Abudefduf saxatilis* (19 interações), sendo que *A. saxatilis* teve a segunda maior abundância entre as espécies de clientes. *D. argenteus* e *Kiphosus sectatrix* Também tiveram um número alto de interações (18 interações), apesar de *K. sectatrix* ter uma abundância baixa em relação aos outros clientes (Figura 3). *A. virginicus* também foi registrado 12 vezes limpando indivíduos de *A. saxatilis*. As outras interações entre espécies de limpadores e clientes ocorreram menos de 10 vezes (Figura 3).

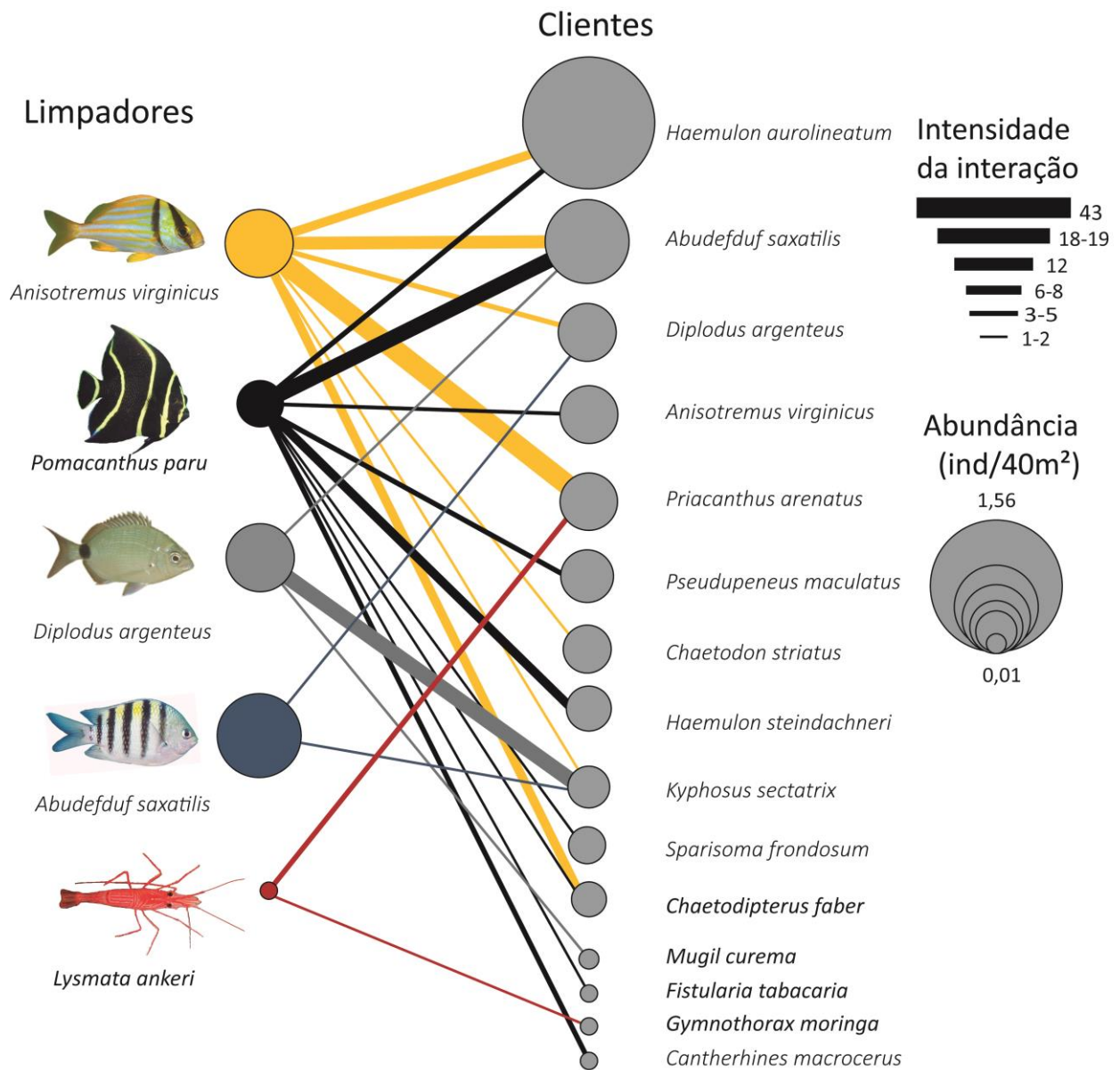


Figura 3. Rede de interações de limpeza apresentando a quantidade de interações e a abundância dos organismos que interagiram. Os limpadores estão organizados por ordem de número total de interações, do maior para o menor. Os Clientes estão organizados por ordem de abundância. As linhas representam o número de interações e os círculos representam uma estimativa de abundância total para o estado de Santa Catarina. O tamanho dos círculos e o tamanho das linhas de intensidade estão de acordo com o logaritmo dos valores de abundância e número de interações.

A. virginicus foi a única espécie registrada que realizou limpeza tanto na fase juvenil quanto na fase adulta. Os indivíduos adultos de *A. virginicus* foram registrados, em dois locais diferentes, limpando cardumes de *Priacanthus arenatus*. No primeiro caso, três indivíduos adultos de *A. virginicus* interagiram 34 vezes com indivíduos de um cardume (~30 indivíduos) de

P. arenatus na região do Saco do Capim (Arvoredo). Em outro caso, dois *A. virginicus* adultos interagiram oito vezes com outro cardume (~10 indivíduos) de *P. arenatus* na ilha do Xavier. Os dois eventos ocorreram com apenas uma semana de diferença, em fevereiro de 2015 (Figura 4.B).

Além de ter interagido com a maior riqueza de espécies, o limpador *P. paru* foi registrado interagindo com um indivíduo da espécie *Cantherhines macrocerus*, a qual foi registrada pela primeira vez em Santa Catarina no ano de 2015. As interações ocorreram em dois dias diferentes, em locais próximos na praia da Sepultura. Em ambos os casos o indivíduo de *C. macrocerus* perseguiu e solicitou limpeza para o *P. paru*, que realizou rápidas investidas em diferentes regiões do corpo do cliente (Figura 4.D).

Em todos os casos registrados as interações foram iniciadas pelos clientes através de um nado diferenciado, uma mudança de cor (Figura 4.E) ou os dois simultaneamente. As interações, de forma geral, não ocorreram em um mesmo local. Os clientes interagiam de acordo com o deslocamento do limpador que se movia, na maioria das vezes, para se alimentar no substrato. Apenas em alguns casos (10% das interações), onde haviam agregações de juvenis de *A. virginicus*, as interações ocorreram todas próximas de um mesmo local.

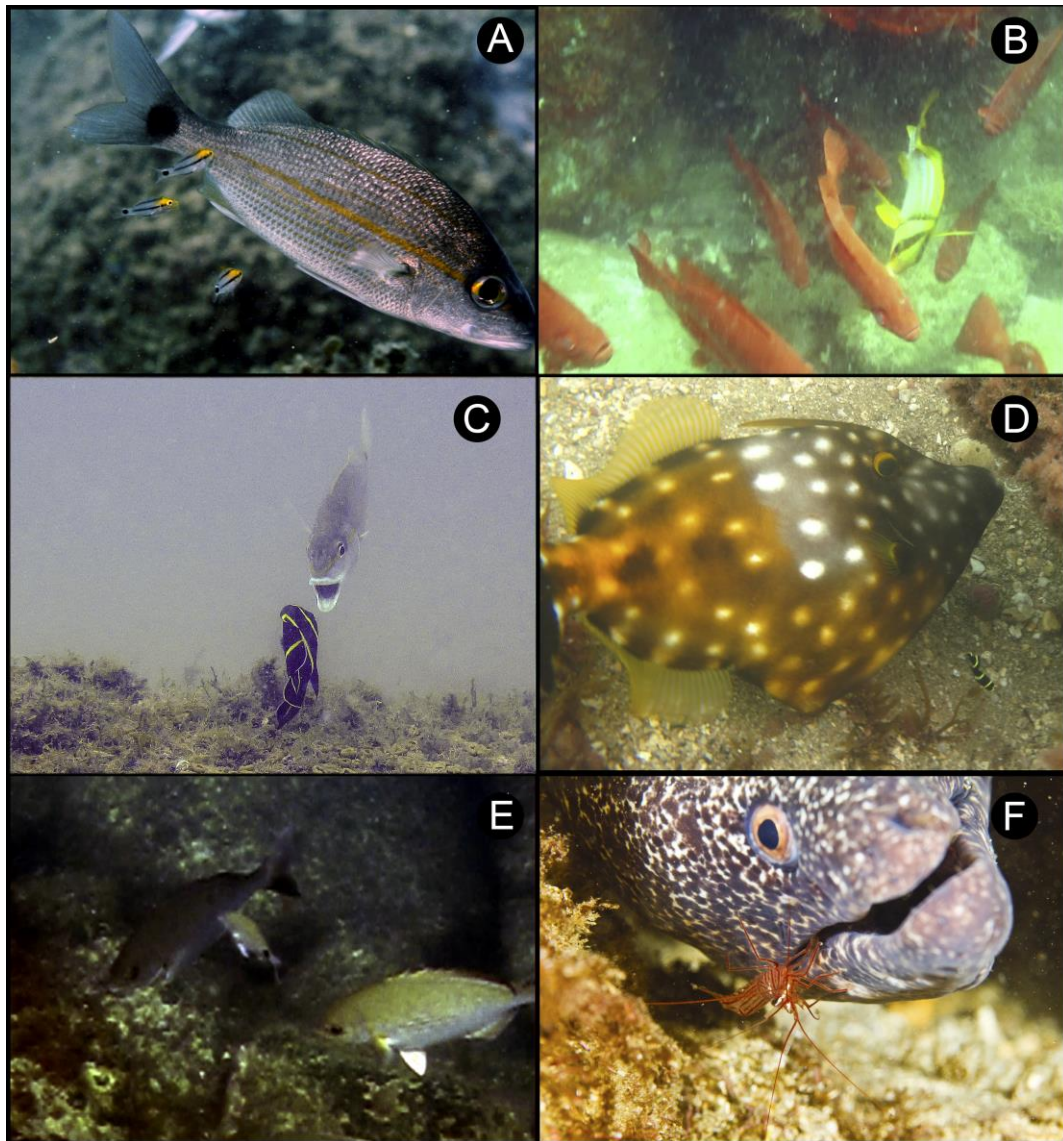


Figura 4. Espécies participando de interações de limpeza em Santa Catarina. (A) *Anisotremus virginicus* juvenis interagindo com *Haemulon aurolineatum* na ilha do Xavier. Foto: Sergio Floeter (B) Indivíduo adulto de *A. virginicus* limpando indivíduos de *Priacanthus arenatus*, com a cor modificada para solicitar limpeza. (C) *Pomacanthus paru* limpando um *H. aurolineatum* que posa com a boca aberta. (D) Indivíduo de *Cantherhines macrocerus* solicitando limpeza, com o corpo inclinado para o lado, para o limpador *P. paru*, que está no canto direito, abaixo na foto. Foto: Lucas Nunes Teixeira (E) *Diplodus argenteus* limpando *Kyphosus sectatrix*, enquanto o cliente muda de cor. Outro cliente ao lado posa com as nadadeiras esticadas e a cor natural. (F) *Lysmata ankeri* limpando a região da boca de uma moréia (*Gymnothorax moringa*). Foto: João Paulo Krajewski.

Foram registradas 15 espécies de clientes, pertencentes a 12 famílias e divididos em cinco grupos tróficos (Tabela 1). A maior parte das interações (55%) foram com peixes que se alimentam de invertebrados móveis (MINV), 26% foram com omnívoros (OMNI) e 14% com herbívoro-detritívoros (HERB). Os outros 2 grupos tróficos atendidos foram peixes que se alimentam de invertebrados sésseis (SINV), com 4% das interações e carnívoros (MCAR), com

1% das interações (Tabela 1).

A espécie *P. arenatus* interagiu 46 vezes (31% das interações) e recebeu a limpeza de apenas dois limpadores, *A. virginicus* e *L. ankeri* (Figura 3). Em contrapartida, algumas espécies de clientes interagiram somente uma vez, como é o caso de *Sparisoma frondosum*, *Fistularia tabacaria*, *Chaetodon striatus* (Tabela 1; Figura 3).

Uma alta porcentagem (60%) das espécies de clientes registradas interagiram apenas com uma espécie de limpador. *Pseudupeneus maculatus*, *C. macrocerus*, *Anisotremus virginicus*, *Haemulon steindachneri*, *F. tabacaria* e *S. frondosum* interagiram somente com *P. paru*. A espécie *C. striatus* interagiu somente com *A. virginicus*. *Mugil curema* interagiu somente com *D. argenteus* e *G. moringa* interagiu somente com *L. ankeri* (Figura 3). As outras espécies foram registradas interagindo com duas espécies de limpadores, com exceção de *A. saxatilis* e *K. sectatrix*, que foram os únicos clientes que interagiram com três espécies de limpadores (Figura 3). Além de ter sido registrado um número baixo de espécies compartilhadas, os clientes interagiram mais com uma das espécies de limpadores, quando compartilhados (Tabela 1; Figura 3).

A abundância das espécies de clientes e o número de interações não apresentaram uma relação forte ($R^2=0,19$; $p=0,05$; Figura 5). Para a maioria dos casos a abundância não foi o único fator que influenciou o número de interações dos clientes. Os clientes *P. arenatus* e *K. sectatrix* foram duas espécies que se destacaram por interagir mais do que o esperado, levando em conta suas respectivas abundâncias (Figura 5). Em contrapartida, as espécies *F. tabacaria*, *S. frondosum* e *C. striatus* foram espécies que interagiram menos do que o esperado pelas suas respectivas abundâncias, apesar de serem pouco abundantes (Figura 5).

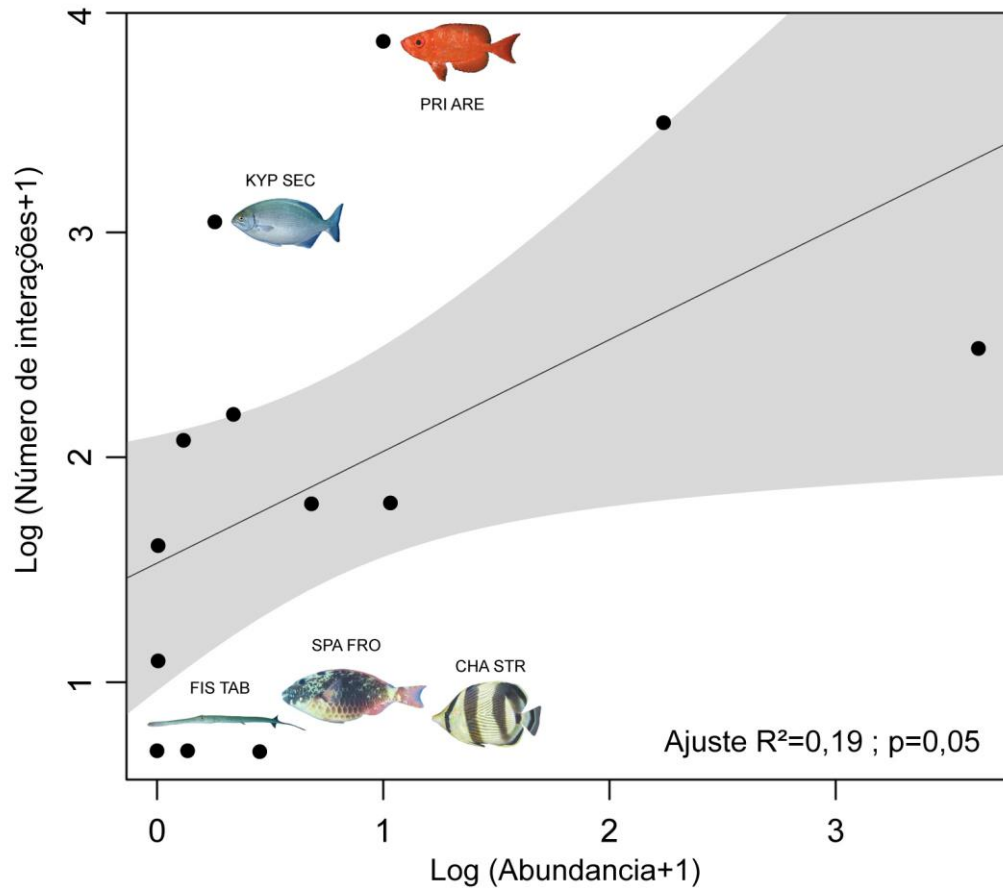


Figura 5. Regressão linear entre o número de interações e a abundância das espécies de clientes. Cada ponto representa uma espécie de cliente e a parte sombreada (cinza) representa o limite esperado pela abundância. As espécies que ficaram totalmente fora do limite esperado foram destacadas com o nome e a figura da espécie. KYP SEC = *Kyphosus sectatrix*, PRI ARE = *Priacanthus arenatus*, FIS TAB = *Fistularia tabacaria*, SPA FRO = *Sparisoma frondosum*, CHA STR = *Chaetodon striatus*.

Houve uma relação linear forte entre o tempo de interação e o número de interações dos clientes ($R^2=0,82$; $p<0,01$; Figura 6), porém as espécies *D. argenteus*, *H. seteindachneri*, *C. macrocerus* e *C. faber* tiveram interações mais longas do que a maioria dos outros indivíduos e ficaram acima do limite esperado, levando em conta o número de interações. Enquanto que a espécie *K. sectatrix* teve interações muito rápidas e ficou abaixo do limite esperado pelo número de interações (Figura 6).

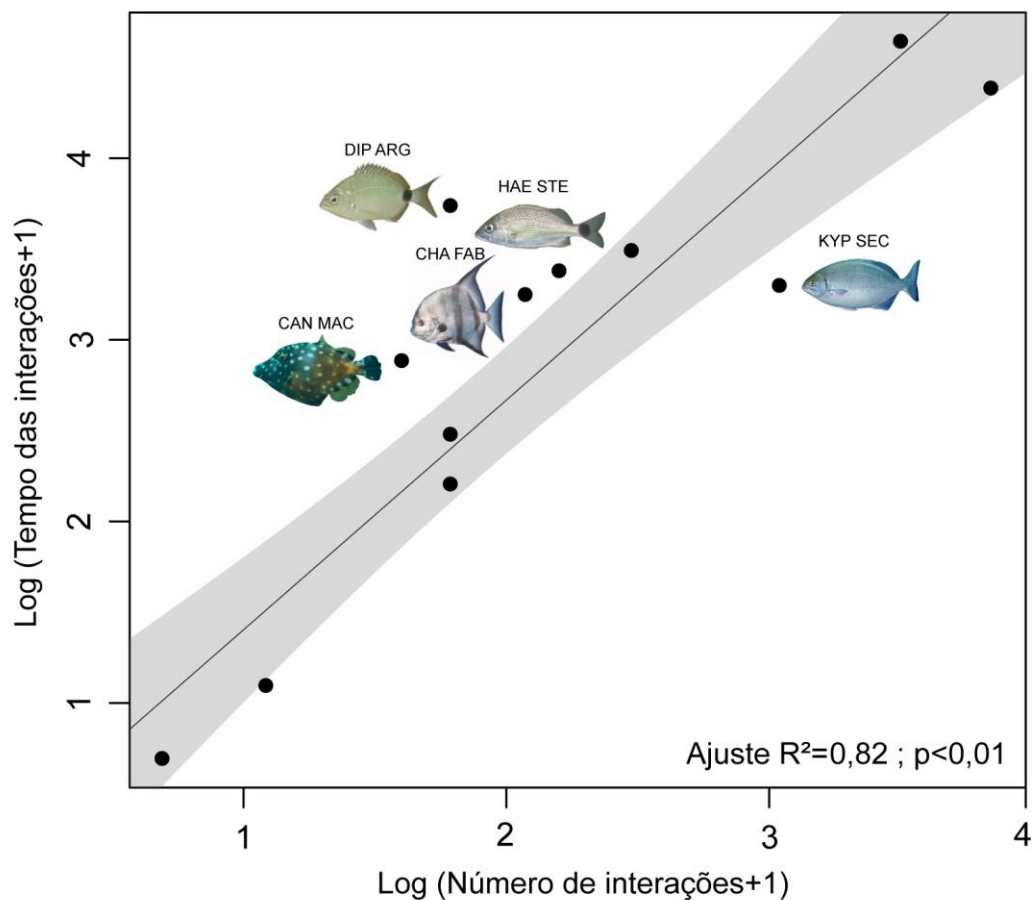


Figura 6. Regressão linear entre o tempo de interação e o número de interações das espécies de clientes. Cada ponto representa uma espécie de cliente e a parte sombreada (cinza) representa o limite de tempo esperado, baseado no número de interações. As espécies que ficaram totalmente fora do limite esperado foram destacadas com o nome e a figura da espécie. CAN MAC = *Cantherhines macrocerus*, DIP ARG = *Diplodus argenteus*, CHA FAB = *Chaetodipterus faber*, HAE STE = *Haemulon steindacneri*, KYP SEC = *Kyphosus sectatrix*.

DISCUSSÃO

Este é o primeiro trabalho que procura retratar os diferentes limpadores de Santa Catarina e a relação entre as espécies que participaram das interações. Os resultados mostraram que o número de espécies limpadoras comparado ao número total de espécies ocorrentes no estado é muito baixo (2%; Anderson *et al.* 2015). As cinco espécies de limpadores registrados interagindo em Santa Catarina são descritas como limpadores facultativos, segundo Côté (2000), e já foram observados em interações de limpeza em outros lugares do Brasil (Sazima 1986, Feitoza *et al.* 2002, Sazima *et al.* 2004, Luiz *et al.* 2008, Grossman *et al.* 2006, Sazima *et al.* 2010). Apesar disso, não há muitos registros descrevendo de forma específica como a interação acontece, com exceção da espécie *Pomacanthus paru* (Sazima 1999). *Anisotremus virginicus* e *P. paru* foram as duas principais espécies que atuaram como limpadores em Santa Catarina. *P. paru* tem o comportamento bem descrito e se destaca como um limpador especializado na região de Abrolhos (Sazima *et al.* 1999, Sazima 2010), outros registros também o descrevem como limpador na Lage de Santos e no litoral do Paraná (Luiz *et al.* 2008, Hackradt & Félix-Hackradt 2009). *A. virginicus* tem registro como limpador em algumas outras regiões do Brasil, como em Abrolhos, costa da Paraíba e laje de Santos (Feitoza *et al.* 2002, Sazima *et al.* 2010, Luiz *et al.* 2008), apesar disso não há registro de *A. virginicus* interagindo como limpador no litoral do Paraná, que faz divisa ao norte com o estado de Santa Catarina (Hackradt & Félix-Hackradt 2009).

O grande número de interações de *A. virginicus* adultos realizando limpeza foi um resultado inesperado para este trabalho, pois até então só haviam sido registrados indivíduos juvenis realizando limpeza, em outras regiões (Randall & Randall 1960, Feitoza *et al.* 2002, Sazima *et al.* 2010, Luiz *et al.* 2008). Este comportamento pode estar ocorrendo em Santa Catarina como uma estratégia oportunista realizada pelos indivíduos adultos de *A. virginicus*, para obter uma fonte alternativa de alimento através da retirada de ectoparasitas e muco da superfície dos clientes (Grutter & Bshary 2004, Eckes *et al.* 2015). Apesar de os indivíduos adultos não apresentarem a mesma forma e flexibilidade corporal do que os limpadores juvenis (Baliga & Mehta 2016), o número alto de interações de *A. virginicus* adultos com *P. arenatus* pode sugerir que há uma forte relação entre essas duas espécies. Esta ideia pode ser reforçada pelo fato de que *P. arenatus* interagiu, com *A. virginicus*, mais do que o esperado pela sua

abundância (Figura 5), e apesar da abundância estar relacionada com o número de interações (Floeter *et al.* 2007), este não é o único fator que pode ter influência na quantidade de interações de uma espécie (Sazima *et al.* 1999, Floeter *et al.* 2007). Fatores locais e evolutivos também podem influenciar e modular essas relações (Floeter *et al.* 2007, Guimarães *et al.* 2007). Neste caso, algum outro fator pode estar influenciando as interações entre *A. virginicus* e *P. arenatus*, porém mais estudos devem ser feitos para poder afirmar se há realmente algum tipo de preferência por alguma das partes.

O número alto de interações de *A. virginicus* com outros clientes pode ter ocorrido pelo fato de que na maioria das vezes em que houve limpeza por *A. virginicus*, mais de um limpador foi observado no mesmo local. Por estarem agrupados e possuírem um padrão de coloração com listras pretas e amarelas estes indivíduos podem ser chamativos para algumas espécies de clientes, pois sabe-se que a sinalização através de cores tem um papel importante nas interações de limpeza (Côté 2000, Cheney *et al.* 2009). Apesar de, possivelmente, a atividade de limpeza não ser o principal motivo dessas agregações - uma vez que os indivíduos associados em todos os casos estavam se alimentando no substrato – elas acabam tendo um papel importante para essas comunidades ao fornecerem limpeza aos indivíduos. Em todos os casos em que houve agregação de *A. virginicus* realizando limpeza, mais de um cliente foi registrado interagindo.

Duas espécies que interagiram com essas agregações, tiveram o tempo total de interação maior do que o esperado (Figura 6), como é o caso de *D. argenteus* e *C. faber*. O fato de ter mais de um limpador participando da interação pode ter influenciado os clientes a interagirem por mais tempo. Os indivíduos de *C. faber* que interagiram com *A. virginicus* eram indivíduos grandes (~45 cm) e talvez por isso um grande número de juvenis (~20) participaram da mesma interação, uma vez que o tamanho superficial do cliente pode ter efeito positivo na escolha de clientes, pelos limpadores (Grutter 1995). Porém, a hipótese de que o número de limpadores limpando um único cliente pode influenciar o tempo de interação ainda deve ser testada. Para isso devem ser comparadas interações entre a mesma espécie de limpador, onde haja, em alguns casos, limpeza por apenas um indivíduo e em outros, limpeza por um grupo maior de indivíduos.

A outra espécie que teve mais registros de interações foi *P. paru* que interagiu com uma diversidade maior de clientes, o que era esperado, pois sua atividade de limpeza é conhecida ao longo da costa brasileira (Sazima *et al.* 1999, Luiz *et al.* 2008, Hackradt & Félix-Hackradt 2009, Sazima 2010). Em alguns lugares é considerado um limpador especializado e atende uma

diversidade grande de espécies como é o caso de Abrolhos (Sazima 1999, Sazima 2010), onde foram registradas 31 espécies de clientes em 51 h de observações subaquáticas. Número comparável à riqueza de clientes atendidos por *Elacatinus* spp., que são limpadores obrigatórios presentes na costa do Brasil (Sazima & Moura 2000, Sazima *et al.* 2000). Em Santa Catarina, apesar de *P. paru* ter sido registrado interagindo com a maior riqueza de clientes, foram registradas apenas nove espécies de clientes em 26,5 h de observação. Também não foram configuradas estações fixas de limpeza dessa espécie em Santa Catarina, como ocorre em outros trabalhos na costa do Brasil (Sazima 1999, Sazima 2010). Esses resultados sugerem que essa espécie, apesar de ser um limpador importante no estado, não realiza o mesmo número de interações e não dedica muito tempo para essa interação, quando comparado com regiões mais ao norte do Brasil. Algumas das espécies registradas interagindo com *P. paru* já haviam sido registradas antes na região. No trabalho de Krajewski (2007), na Ilha do Arvoredo, foram registradas cinco espécies de clientes de *P. paru*, sendo que três também foram registrados interagindo com *P. paru* neste trabalho, *H. aurolineatum*, *A. virginicus* e *P. maculatus*. O número menor de interações de *P. paru* comparado com *A. virginicus* pode ter ocorrido pelo fato de que na maioria das interações apenas um indivíduo de *P. paru* estava realizando limpeza em um mesmo local, com exceção de um único evento em que dois indivíduos de *P. paru* limpavam um único cliente. Enquanto que, em grande parte das interações de *A. virginicus* mais de um limpador estava presente no local e participando das interações.

A espécie mais atendida por *P. paru* foi *A. saxatilis* que foi a segunda espécie de cliente mais abundante em Santa Catarina (Figura 3). Esse resultado vai ao encontro do que era esperado, levando em conta a abundância como um fator central para essas relações (Floeter *et al.* 2007). Em todos os casos em que ocorreu a interação entre *P. paru* e *A. saxatilis*, mais de um indivíduo estava solicitando limpeza no mesmo local e mais de um cliente foi atendido pelo *P. paru*. O fato de vários indivíduos solicitarem limpeza ao mesmo tempo pode ser importante para chamar a atenção do limpador (Floeter 2007). Isso pode ter tido um efeito positivo e feito com que um grande número de *A. saxatilis* fossem limpos pelo *P. paru*.

A espécie *P. paru*, possivelmente, é reconhecida por um número maior de clientes, mesmo quando os clientes não são espécies estabelecidas de um local. O que suporta esta ideia é o fato de que foram registradas 4 interações entre *P. paru* e *C. macrocerus*, que é uma espécie em que o registro mais ao sul era na região de São Paulo (Carvalho-Filho 1999) e no ano de 2015 o

único indivíduo registrado em Santa Catarina estava interagindo com *P. paru* (Anderson *et al.* 2015). As interações com *C. macrocerus* foram relativamente longas e fizeram com que o tempo total de interação dessa espécie fosse maior que o esperado (Figura 6). O tempo maior de interação desse cliente pode ter ocorrido devido ao tamanho do seu corpo (~35 cm), que era relativamente maior que as outras espécies atendidas pelo *P. paru*. Esse registro ajuda mostrar a importância da espécie *P. paru* como limpadora em diferentes regiões e que o reconhecimento dessa espécie como limpadora não ocorre somente por peixes que são estabelecidos de um mesmo local.

D. argenteus interagiu apenas com três clientes, sendo que a maioria (86%) das interações foram com *K. sectatrix* (Figura 3). A interação de limpeza entre essas duas espécies já foi registrada anteriormente nos trabalhos de Krajewski (2007) em Santa Catarina e Hackradt & Félix-Hackradt (2009) no litoral do Paraná. No presente trabalho, *K. sectatrix* interagiu mais do que o esperado pela sua abundância (Figura 5), sendo que a maior parte dessas interações foi com o limpador *D. argenteus*. Além disso, o tempo total de interação do cliente *K. sectatrix* ficou abaixo do esperado (Figura 6). Isso ocorreu pois, apesar de *K. sectatrix* e *D. argenteus* terem interagido muitas vezes, as interações foram muito rápidas. Foi observado, em quase todas as interações entre *K. sectatrix* e *D. argenteus*, que após a investida do limpador, o cliente se sentia incomodado, nadava rapidamente para longe do local e voltava alguns segundos depois para solicitar limpeza novamente. Esse incomodo nos clientes pode ter ocorrido porque possivelmente *D. argenteus* não é um limpador especializado e pode machucar o cliente durante as interações. Porém, é interessante observar que essa interação entre essas duas espécies já foi registrada em Santa Catarina e no Paraná, anteriormente (Krajewski 2007, Hackradt & Félix-Hackradt 2009). Isso pode suportar a ideia de que há fatores locais que podem estar influenciando essa relação entre as duas espécies. Essa possível relação de preferência entre estas duas espécies também pode ser suportada pelo fato de *D. argenteus* ter sido registrado com poucos clientes e ter um número menor de interação com outros clientes quando comparado com *K. sectatrix* (Figura 3).

No trabalho de Krajewski (2007) também foi observado um grande número de interações de *D. argenteus* limpando coespecíficos. Este fato é interessante pois há uma similaridade de tamanho e coloração entre *K. sectatrix* e *D. argenteus*. O fato de ambas as espécies serem comumente observadas em cardumes e muitas vezes estarem juntas (observação pessoal) pode ter influência no número alto de interações com juvenis de *D. argenteus*, no trabalho de Krajewski

(2007).

As únicas duas interações de *A. saxatilis* registradas foram interações rápidas (um segundo; Figura 2.B). Esta espécie já foi registrada em interações de limpeza com peixes e tartarugas em outras regiões (Sazima 1986, Sazima *et al.* 2004, Sazima *et al.* 2010), porém, das espécies registradas como limpadoras esta é a espécie com o menor número de registros de interação com outros peixes. Nesse trabalho os dois únicos registros foram duas investidas oportunistas enquanto o cliente estava interagindo com limpadores de outras espécies.

Já os crustáceos do gênero *Lysmata spp.* São conhecidos por serem limpadores especializados em diferentes regiões (Côté 2000, Baeza *et al.* 2009, Wicksten 2009). Recentemente a espécie *L. ankeri* foi reconhecida para o estado de Santa Catarina (Giraldes & Freire 2015), anteriormente era conhecida como *Lysmata wurdemanni* (Rhyne & Lin 2006). Esta foi a única espécie de crustáceo registrada em interações de limpeza. O número baixo de interações registradas para esta espécie pode ser pelo fato de que todas as observações foram feitas durante o dia e estes crustáceos são espécies que possuem um hábito críptico e se escondem durante o dia em fissuras e cavernas (Williams 1984, Giraldes *et al.* 2014, Giraldes & Freire 2015). Apesar disso, essa foi a única espécie de limpador registrada interagindo com clientes potencialmente perigosos, como é o caso dos dois registros de *L. ankeri* interagindo com *G. moringa*, a qual é considerada uma espécie carnívora.

Os grupos tróficos mais atendidos pelos limpadores foram grupos que não representaram ameaça aos indivíduos, com excessão das interações de *L. ankeri*. Em trabalhos com limpadores especializados é comum ter registros de clientes piscívoros e carnívoros (Sazima & Moura 2000, Grutter 2004, Cheney *et al.* 2008, Francini-Filho & Sazima 2008, Côté & Soares 2011), mesmo quando os limpadores são considerados facultativos (Sazima 1999, Sazima 2000, Quimbayo *et al.* 2016). A interação com clientes potencialmente perigosos pode estar relacionada com o grau de especialização do limpador (Losey 1971, Darcy *et al.* 1974, Sazima 1999), uma vez que os limpadores podem ser predados pelos clientes (Francini-Filho *et al.* 2000). Em Santa Catarina as espécies de peixes limpadores aparentemente preferem se manter seguras ao limparem indivíduos que não oferecem risco de predação.

O número baixo de espécies compartilhadas entre os limpadores mostra a importância da diversidade de limpadores na região de Santa Catarina. Por não ter um limpador obrigatório atuando no estado, as espécies facultativas acabam assumindo esse papel e, aparentemente, há

uma divisão de grupos de clientes entre algumas espécies. Esse resultado também é observado em outros trabalhos em lugares onde não ocorrem limpadores obrigatórios (Quimbayo *et al.* 2012, Quimbayo *et al.* 2016).

A relação linear entre o tempo de interação e o número de interações mostra o quanto as interações no geral foram rápidas pra maioria das espécies de clientes (Figura 6). Isto pode ser devido ao fato de que as interações não ocorreram em lugares fixos, específicos de limpeza. Na maior parte das interações o limpador se alimentava no substrato e alternava a alimentação com rápidas investidas nos clientes, com excessão de *L. ankeri*. Em outros casos, durante a limpeza de cardumes, os limpadores acabavam interagindo com muitos clientes, porém por pouco tempo com cada um.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento das espécies de limpadores em Santa Catarina, aparentemente, difere dos comportamentos registrados em alguns trabalhos em regiões tropicais. O fato das interações terem sido rápidas e, na maioria dos casos, os limpadores não realizarem interações em um mesmo local sugere que as interações nessa região são oportunistas e que os limpadores não gastam muito tempo realizando esta atividade para obter seu alimento. Essa ideia pode ser suportada, também, pelo fato de que os limpadores em quase todos os casos foram registrados se alimentando no substrato entre as curtas interações.

As poucas espécies de clientes compartilhadas e os comportamentos registrados nas interações sugerem que pode haver uma relação de preferência entre algumas espécies de limpadores e clientes. Esses resultados mostram a importância da diversidade de limpadores para as populações de clientes que interagem no estado.

Mais estudos em regiões subtropicais com limpadores facultativos são necessários para compreendermos como estas interações ocorrem em lugares com falta de limpadores obrigatórios e quais fatores podem moldar o comportamento dessas espécies em diferentes regiões.

REFERÊNCIAS

- Anderson, A.B., Carvalho-Filho, A., Morais, R.A & Nunes, L.T., Quimbayo, J.P. & Floeter, S.R.** (2015). Brazilian tropical fishes in their southern limit of distribution: checklist of Santa Catarina's rocky reef ichthyofauna, remarks and new records. *The Journal of Biodiversity Data*. 4, 1–25.
- Arnal, C. & Morand, S.** (2001). Importance of ectoparasites and mucus in cleaning interactions in the Mediterranean Sea. *Marine Biology*. 138, 777–784.
- Arnal, C., Côté, I.M. & Morand, S.** (2001). Why clean and be cleaned? The importance of client ectoparasites and mucus in a marine cleaning symbiosis. *Behaviour Ecology Sociobiology*. 51, 1–7.
- Baeza, J.A., Schubart, C.D., Zillner, P., Fuentes, S., & Bauer, R.T.** (2009). Molecular phylogeny of shrimps from the genus *Lysmata* (Caridea: Hippolytidae): the evolutionary origins of protandric simultaneous hermaphroditism and social monogamy. *Biological Journal of the Linnean Society*. 96, 415–424.
- Baliga, V.B. & Mehta, R.S.** (2016). The Ontogeny of Cleaning in Fishes: Scaling Patterns Underlie Shifts in Feeding Strategy. *Integrative and Comparative Biology*. 56, E11.
- Bansemer C., Grutter A.S. & Poulin R.** (2002) Geographic variation in the behaviour of the cleaner fish *Labroides dimidiatus* (Labridae). *Ethology*. 108, 353–366
- Boucher, D.H.** (1985). *The Biology of Mutualism: Ecology and Evolution*. New York, Oxford University Press.
- Brockmann, H.J. & Hailman, J.P.** (1976). Fish cleaning symbiosis: notes on juvenile angelfishes (*Pomacanthus paru*, Chaetodontidae) and comparisons with other species. *Zeitschrift für Tierpsychologie*. 42, 129–138.
- Carvalho-Filho, A.** (1999). *Peixes: Costa Brasileira*. Sao Paulo: Editora Melro. 320 pp.
- Côté, I.M., Arnal, C. & Reynolds, J.D.** (1998). Variation in posing behaviour among fish species visiting cleaning stations. *Journal of Fish Biology*. 53, 256–266.
- Côté, I.M.** (2000). Evolution and ecology of cleaning symbioses in the sea. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 38, 311–355.
- Côté, I.M., & Soares, M.C.** (2011). Gobies as cleaners. *The biology of gobies*. Science Publishers. St. Helier, 525.
- Cheney, K.L. & Côté, I.M.** (2003). Do ectoparasites determine cleaner fish abundance? Evidence on two spatial scales. *Marine Ecology Progress Series*. 263, 189–196.
- Cheney, K.L., Bshary, R., & Grutter, A.S.** (2008). Cleaner fish cause predators to reduce aggression toward bystanders at cleaning stations. *Behavioral Ecology*. 19, 1063–1067.

- Cheney, K.L., Grutter, A.S., Blomberg, S.P. & Marshall, N.D.** (2009). Blue and yellow signal cleaning behavior in coral reef fishes. *Current Biology*. 19, 1283–1287.
- Darcy, G.H., Maisel, E., & Ogden, J.C.** (1974). Cleaning preferences of the gobies *Gobiosoma evelynae* and *G. prochilos* and the juvenile wrasse *Thalassoma bifasciatum*. *Copeia*. 375–379.
- Eckes, M., Dove, S., Siebeck, U.E. & Grutter, A.S.** (2015) Fish mucus versus parasitic gnathiid isopods as sources of energy and sunscreens for a cleaner fish. *Coral Reefs*. 34, 823–833.
- Feder, H.M.** (1966). Cleaning symbiosis in the marine environment. *Symbiosis* (Henry, S. M., ed.). Academic Press. New York, pp. 327–380.
- Feitoza, B.M., Dias, T.L., Rocha, L.A., & Gasparini, J.L.** (2002). First Record of cleaning activity in the slippery dick, *Halichoeres bivittatus* (Perciformes: Labridae), off northeastern Brazil. *Aqua*. 5, 73–76.
- Ferreira, C.E.L., Floeter, S.R., Gasparini, J.L., Ferreira, B.P. & Joyeux, J.C.** (2004). Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. *Journal of Biogeography*. 31, 1–13.
- Floeter, S.R. & Gasparini, J.L.** (2000). The southwestern Atlantic reef fish fauna: composition and zoogeographic patterns. *Journal of Fish Biology*. 56, 1099–1114.
- Floeter, S.R., Guimarães, R.Z.P., Rocha, L.A., Ferreira, C.E.L., Rangel, C.A. & Gasparini, J.L.** (2001). Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast. *Global Ecology and Biogeography*. 10, 423–433.
- Floeter, S.R., Vázquez, D.P. & Grutter, A.S.** (2007). The macroecology of marine cleaning mutualism. *Journal of Animal Ecology*. 76, 105–111.
- Francini-Filho, R.B., Moura, R.L., & Sazima, I.** (2000). Cleaning by the wrasse *Thalassoma noronhanum*, with two records of predation by its grouper client *Cephalopholis fulva*. *Journal of Fish Biology*. 56, 802–809.
- Francini-Filho, R.B., & Sazima, I.** (2008). A comparative study of cleaning activity of two reef fishes at Fernando de Noronha Archipelago, tropical West Atlantic. *Environmental biology of fishes*. 83, 213–220.
- Giraldes, B.W., Coelho-Filho, P.A. & Smyth, D.M.** (2014). Decapod assemblages in subtidal and intertidal zones—Importance of scuba diving as a survey technique in tropical reefs, Brazil. *Global Ecology and Conservation*. 3, 163–175.
- Giraldes, B.W. & Freire, A.S.** (2015). Extending the southern range of four shrimps (Crustacea: Decapoda: Stenopodidae, Hippolytidae and Alpheidae) in southwestern Atlantic (27°S) and confirming the presence of Mediterranean *Stenopus spinosus* Risso, 1827 in Brazil. *Zootaxa*. 3, 419–431.
- Gorlick, D., Atkins, P.D. & Losey, G.S.** (1978). Cleaning stations as water holes, garbage dumps, and sites for the evolution of reciprocal altruism? *The American Naturalist*. 112,

341–353.

- Gorlick, D.L.** (1980). Ingestion of host fish surface mucus by the Hawaiian cleaning wrasse, (Labridae), and its effect on host species preference. *Copeia*. 863–868.
- Gorlick, D.L.** (1984). Preference for ectoparasite-infected host fishes by the Hawaiian cleaning wrasse, *Labroides phthirophagus* (Labridae). *Copeia*. 758–762.
- Grossman, A., Sazima, C., Bellini, C., & Sazima, I.** (2006). Cleaning symbiosis between hawksbill turtles and reef fishes at Fernando de Noronha Archipelago, off Northeast Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, 5(2), 284–288.
- Grutter, A.S.** (1995). Relationship between cleaning rates and ectoparasite loads in coral reef fishes. *Marine Ecology Progress Series*. 118, 51–58.
- Grutter, A.S.** (1997). Spatiotemporal variation and feeding selectivity in the diet of the cleaner fish *Labroides dimidiatus*. *Copeia*. 1997, 346–355.
- Grutter, A.S., Murphy, J.M. & Choat, J.H.** (2003). Cleaner fish drives local fish diversity on coral reefs. *Current Biology*. 13, 64–67.
- Grutter, A.S.** (2004). Cleaner fish use tactile dancing behavior as a preconflict management strategy. *Current biology*. 14, 1080-1083.
- Grutter, A.S. & Bshary, R.** (2004). Cleaner fish *Labroides dimidiatus* diet preferences for different types of mucus and parasitic gnathiid isopods. *Animal Behaviour*. 68, 538–588.
- Guimarães, P.R., Sazima, C., Dos Reis, S.F., & Sazima, I.** (2007). The nested structure of marine cleaning symbiosis: is it like flowers and bees?. *Biology Letters*. 3(1), 51–54.
- Hackradt, C.W. & Félix-Hackradt, F.C.** (2009). Assembleia de peixes associados a ambientes consolidados no litoral do Paraná, Brasil: uma análise qualitativa com notas sobre sua bioecologia. *Papéis Avulsos de Zoologia*. 49, 389–403.
- Herre, E.A., Knowlton, N., Mueller, U.G., & Rehner, S.A.** (1999). The evolution of mutualisms: exploring the paths between conflict and cooperation. *Trends in Ecology & Evolution*. 14(2), 49–53.
- Hoey, A.S., & Bellwood, D.R.** (2009). Limited functional redundancy in a high diversity system: single species dominates key ecological process on coral reefs. *Ecosystems*. 12(8), 1316–1328.
- Krajewski, J.P.** (2007). Cleaning by the occasional cleaner *Diplodus argenteus* (Perciformes: Sparidae) in south Brazil: why so few client species?. *Journal of Marine Biology Association U.K.* 87, 1–4
- Losey, G.S.** (1971). Communication between fishes in cleaning symbiosis. *Aspects of the Biology of Symbiosis* (Cheng, T.C., ed.). University Park Press, Baltimore. 45–76.
- Losey, G.S.** (1972). The ecological importance of cleaning symbiosis. *Copeia*, 820–833.

- Losey, G.S.** (1974). Cleaning symbiosis in Puerto Rico with comparison to the Tropical Pacific. *Copeia*. 1974, 960–970.
- Luckhurst, B.E. & Luckhurst, K.** (1978). Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology*. 49, 317–323.
- Luiz Jr, O.J., Carvalho-Filho, A., Ferreira, C.E.L., Floeter, S.R., Gasparini J.L. and Sazima I.** (2008). The reef fish assemblage of the Laje de Santos Marine State Park, Southwestern Atlantic: annotated checklist with comments on abundance, distribution, trophic structure, symbiotic association, and conservation. *Zootaxa*. 1807, 1–25.
- Maida, M. & Ferreira, B.P.** (1997). Coral reefs of Brazil: an overview. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Panama*. 1, 263–274.
- Nelson, J.S.** (2006). *Fish of the World*, 4th ed. USA.
- Potts, G.W.** (1973). The ethology of *Labroides dimidiatus* (Cuv. & Val.) (Labridae, Pisces) on Aldabra. *Animal Behaviour*. 21, 250–291.
- Poulin, R., & Grutter, A.S.** (1996). Cleaning symbioses: proximate and adaptive explanations. *Bioscience*. 46(7), 512–517.
- Poulin, R.** (2000). Variation in the intraspecific relationship between fish length and intensity of parasitic infection: biological and statistical causes. *Journal of Fish Biology*. 56, 123–137.
- Quimbayo, J.P., Floeter, S.R., Noguchi, R., Range, C.A., Gasparini, J.L., Sampaio, C.L.S., Ferreira, C.E.L. & Rocha, L.A.** (2012). Cleaning mutualism in Santa Luzia (Cape Verde Archipelago) and São Tomé Islands, Tropical Eastern Atlantic. *Marine Biodiversity Records*. 5, 118–125.
- Quimbayo, J.P., Dias, M.S., Schlickmann, O.R.C., & Mendes, T.C.** (2016). Fish cleaning interactions on a remote island in the Tropical Eastern Pacific. *Marine Biodiversity*, 1–6.
- Randall, J.E.** (1958). A review of the labrid fish genus *Labroides*, with descriptions of two new species and notes on ecology. *Pacific Science*. 12, 327–347.
- Randall, J.E., & Randall, H.A.** (1960). Examples of mimicry and protective resemblance in tropical marine fishes. *Bulletin of Marine Science*. 10, 444–480.
- Randall, J. E.** (1962). Fish service stations. *Sea Frontiers*, 8, 40–47.
- Reaka-Kudla, M.L.** (1997). The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests. In: *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Washington, D.C.: Joseph Henry Press. 83–108.
- Rohde, K.** (1984). Ecology of marine parasites. *Helgol Meeresunters*. 37, 5–33.
- Rohde, K., Hayward, C. & Heap, M.** (1995). Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. *International Journal for Parasitology*. 25, 945–970.
- Rohde, K. & Heap, M.** (1998). Latitudinal differences in species and community richness and in

- community structure of metazoan endo- and ectoparasites of marine teleost fish. *International Journal for Parasitology*. 28, 461–474.
- Rhyne, A.L. & Lin, J.** (2006). A western Atlantic peppermint species complex: redescription of *Lysmata wurdemanni* (Gibbes), description of four new species and remarks on *L. rathbunae* Chace (Crustacea: Decapoda: Hippolytidae). *Bulletin of Marine Science*. 79, 165–204.
- Sazima, I.** (1986). Similarities in feeding behaviour between some marine and freshwater fishes in two tropical communities. *Journal of Fish Biology*. 29, 53–65.
- Sazima, I., Moura, R.L., & Gasparini, J.L.** (1998). The wrasse *Halichoeres cyanocephalus* (Labridae) as a specialized cleaner fish. *Bulletin of Marine Science*. 63, 605–610.
- Sazima, I., Moura, R.L. & Sazima, C.** (1999). Cleaning activity of juvenile angelfish, *Pomacanthus paru*, on the reefs of the Abrolhos Archipelago, Western South Atlantic. *Environmental Biology of Fishes*. 56, 399–407
- Sazima, I., & Moura, R.L.** (2000). Shark (*Carcharhinus perezii*), cleaned by the goby (*Elacatinus randalli*), at Fernando de Noronha Archipelago, western South Atlantic. *Copeia*. 2000, 297–299.
- Sazima, I., Sazima, C., Francini-Filho, R.B., & Moura, R.L.** (2000). Daily cleaning activity and diversity of clients of the barber goby, *Elacatinus figaro*, on rocky reefs in southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*. 59(1), 69–77.
- Sazima, C.** (2002). Atividade de limpeza de duas espécies sintópicas de peixes limpadores e diversidade de seus clientes em Abrolhos, Bahia. Zoology MSc thesis, UNESP, Rio Claro.
- Sazima, C., Grossman, A., Bellini, C. & Sazima, I.** (2004). The moving gardens: reef fishes grazing, gleaning, and following green turtles in SW Atlantic. *Cybiurn*, 28, 1, 47–53.
- Sazima, C., Guimarães, P.R., Dos Reis, S.F., & Sazima, I.** (2010). What makes a species central in a cleaning mutualism network?. *Oikos*, 119, 1319–1325.
- Slobodkin, L. B., & Fishelson, L.** (1974). The effect of the cleaner-fish *Labroides dimidiatus* on the point diversity of fishes on the reef front at Eilat. *American Naturalist*. 369–376.
- Stachowicz, J.J.** (2001). Mutualism, facilitation, and the structure of ecological communities. *Bioscience*. 51, 235–46.
- Wicksten, M.K.** (1995). Associations of fishes and their cleaners on coral reefs of Bonaire, Netherlands Antilles. *Copeia*. 1995, 477–481.
- Wicksten, M.K.** (1998). Behaviour of cleaners and their client fishes at Bonaire, Netherlands Antilles. *Journal of Natural History*. 32, 13–30.
- Wicksten, M. K.** (2009). Interactions with fishes of five species of *Lysmata* (Decapoda, Caridea, Lysmatidae). *Crustaceana*, 1213–1223.
- Williams, A.B.** (1984). Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 550 pp.

Youngbluth, M.J. (1968). Aspects of the ecology and ethology of the cleaning fish, *Labroides phthiophagus* (Randall). *Zeitschrift für Tierpsychologie*. 25, 915–932.

