

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA

A IMPORTÂNCIA DA TAINHA (*Mugil liza*)
NA PESCA COOPERATIVA ENTRE
GOLFINHOS (*Tursiops truncatus*) E
PESCADORES DE TARRAFA EM
TRAMANDAÍ, RS

MAURICIO LANG DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós Graduação em Oceanografia
Biológica da Universidade Federal do
Rio Grande, como requisito parcial à
obtenção do título de MESTRE.

Orientador: Prof. Dr. João Paes Vieira

RIO GRANDE
FEVEREIRO DE 2016

Dedico este trabalho ao meu irmão,
Jeferson Lang. Aonde quer que esteja,
sei que está sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais pelo apoio e incentivo aos estudos.

Ao prof. João, pela orientação e ajuda no desenvolvimento do trabalho. Mas também pela amizade, conselhos e oportunidades. Muito obrigado por tudo João!!!

A banca (Prof. Gustavo, Prof. Garcia e Prof. Ignácio) por contribuírem para minha formação acadêmica.

A Valéria pela amizade, sendo a pessoa que eu sempre procurava quando a situação ficava feia, sempre disposta a me ajudar. Valéria de coração, muito obrigado pela força!!

Ao Prof. Garcia pelas dicas para organizar as idéias e sair do sufoco dos prazos. E na reta final do trabalho foi importantíssimo para a melhora do trabalho. Muito obrigado!

Ao Prof. Kinas pelas consultas sobre análises e desenho amostral.

Ao Prof. Maurício Camargo pelos ensinamentos sobre o R e análises.

A todos da família Ictiologia FURG pelo convívio, amizade e risadas.

A coordenação do PPGOB - FURG, Prof. Felipe e dona Vera, pelo apoio.

A CAPES e o CNPQ pelo apoio financeiro.

A Débora, Ana Mai, Mauro e o Fabiano pelas conversas e discussões sobre pesca, peixes, análises e mapas.

Em Tramandaí, agradeço o Rodrigo Machado, Marione (EMATER) pela ajuda no reconhecimento da dinâmica da pesca na região. Vocês foram fundamentais para a realização do trabalho.

Aos novos amigos do Projeto Botos da Barra, em especial ao Prof. Ignácio pelo apoio e compreensão na reta final da dissertação. Muito obrigado a todos vocês!!!

A minha companheira de todas as horas, parceira, conselheira, amiga, a pessoa que me da forças em todos os momentos. Rayanna, obrigado por tudo!!!

Agradeço especialmente a todos os pescadores de tarrafa da barra de Tramandaí, sem a ajuda de vocês esse trabalho não seria possível. Obrigado pelos ensinamentos, amizade e companheirismo. Registro aqui minha enorme e sincera gratidão, respeito e admiração por cada um de vocês!

ÍNDICE

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUÇÃO GERAL	3
1. A interação entre golfinhos <i>Tursiops truncatus</i> e pescadores de tarrafa	3
2. Os golfinhos <i>Tursiops truncatus</i> (Montagu, 1821).....	5
3. A Tainha <i>Mugil liza</i> Valenciennes 1836	7
4. Justificativa, hipóteses e objetivos.....	11
METODOLOGIA GERAL.....	12
1. Área de estudo e amostragem.....	12
2. Análise de dados	13
SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	15
CONCLUSÕES	16
LITERATURA CITADA	17
ANEXO I: Cooperation between dolphins and cast net fishermen in southern Brazil: no mullets, no gain	29

RESUMO

A interação entre golfinhos *Tursiops truncatus* e pescadores artesanais de tarrafa é um fenômeno que ocorre em poucos lugares do mundo e no Brasil é restrita a região Sul. Esta interação é denominada de pesca cooperativa, onde pescadores de tarrafa e golfinhos se beneficiam mutuamente para a captura de tainha *Mugil liza*. Neste trabalho, a pesca cooperativa na desembocadura do sistema estuarino do Rio Tramandaí foi acompanhada durante um ano com objetivo de verificar quantitativamente as capturas da pesca de tarrafa e suas relações com os golfinhos. *Mugil liza* foi a espécie dominante nas capturas, sendo a ocorrência e o número de golfinhos na área de pesca principais responsáveis por aumentar a probabilidade de capturar tainhas e em maiores quantidades. A presença dos golfinhos também aumenta a eficiência de pesca, reduzindo o esforço de pesca e aumentando o sucesso de captura. No entanto, a frequência dos cetáceos não influenciou a composição de tamanho dos peixes, sendo o tamanho das tainhas capturadas mais associado a variações sazonais, relacionadas ao seu ciclo de vida. Assim, a preservação da população de golfinhos *T. truncatus* no sistema estuarino do Rio Tramandaí é essencial para os pescadores artesanais de tarrafa obterem maiores rendimentos. Ressalta-se que a tainha *M. liza* constitui a base da interação boto e pescador, e medidas de manejo e conservação de *M. liza* são cruciais para a manutenção da pesca cooperativa no sistema estuarino do Rio Tramandaí.

Palavras-chave: *Mugil liza*, *Tursiops truncatus*, pesca artesanal, Modelos Lineares Generalizados

ABSTRACT

The interaction between dolphins *Tursiops truncatus* and artisanal fishermen in Brazil is currently reported for its southern region and is characterized by a single mutual benefit: to catch mullets *Mugil liza*. The cooperative cast net fishing was monitored in the mouth of the estuary system of the Tramandaí River in order to investigate potential seasonality in fishing catches and the influence of dolphins in the fishery. *Mugil liza* was the dominant fish species in the cast net fishery. The occurrence and number of dolphins in the fishing area helped the cast net fishermen to catch mullet in larger amounts and with greater efficiency. However, the presence of dolphins did not influence the size distribution of the caught mullets, which was mainly influenced by seasonality. Preservation of dolphin populations is essential for cast net fishermen to obtain higher yields. However, mullets constitute the basis of this cooperation and without their conservation this traditional and unique artisanal fishery will be impaired.

Keywords: *Mugil liza*, *Tursiops truncates*, artisanal fishery, Generalized Linear Models

INTRODUÇÃO GERAL

1. A interação entre golfinhos *Tursiops truncatus* e pescadores de tarrafa

A interação positiva entre cetáceos e pescadores é um raro fenômeno que ocorre em poucos lugares do mundo, sendo documentada na Austrália, Mauritânia, Myanmar, Índia e no Brasil (Fairholme 1856, Busnel 1973, Pryor *et al.* 1990, Smith *et al.* 2009, Kumar *et al.* 2012). Nestes locais, algumas espécies de cetáceos da família Delphinidae como *Orcaella brevirostris*, *Tursiops truncatus* e *Sousa chinensis* parecem cooperar com os pescadores ajudando na obtenção de maiores rendimentos de captura (Simões-Lopes 1991, Smith *et al.* 2009, Kumar *et al.* 2012, D`Lima *et al.* 2014).

A pesca cooperativa entre pescadores e golfinhos é realizada de diferentes formas: ou iniciada pelos pescadores (Fairholme 1856, Busnel 1973, Smith *et al.* 2009) ou iniciada pelos cetáceos (Simões-Lopes *et al.* 1998), com ou sem o uso de embarcações, com a utilização de artes de pesca passivas (redes de emalhes e “currais”) ou ativas (tarrafas, puçás e lanças) (Fairholme 1856, Busnell 1973, Simões-Lopes *et al.* 1998, Smith *et al.* 2009, D`Lima *et al.* 2014). Em geral, a cooperação existe quando os cetáceos agrupam os peixes e direcionam os cardumes para áreas menos profundas ou em direção a alguma barreira física (petrechos de pesca, por exemplo), fazendo com que os peixes se tornem mais acessíveis às capturas. A pesca cooperativa ocorre nas desembocaduras de estuários e zona costeira adjacente, e geralmente o objeto de captura são espécies da família Mugilidae (Fairholme 1856, Busnel 1973, Pryor *et al.* 1990, Kumar *et al.* 2012, D`Lima *et al.* 2014).

No Brasil a pesca cooperativa é restrita a região sul (Simões-Lopes 1991) e é descrita no estuário de Laguna (28°29'45.03"S; 48°45'41.97"W) (Pryor *et al.* 1990,

Simões-Lopes, 1991, Simões-Lopes *et al.* 1998), Rio Mampituba (29°19'32.69"S; 49°42'47.90"W), Rio Tramandaí (29°58'37.32"S; 50° 7'15.90"W) e Lagoa dos Patos (32° 9'11.55"S; 52° 6'7.35"W) (Simões-Lopes 1991, Simões-Lopes *et al.* 1998, Zappes *et al.* 2011, Silva *et al.* 2014). De acordo com estes autores, os golfinhos, chamados também de “botos”, da espécie *Tursiops truncatus* interagem com pescadores artesanais de tarrafa para a captura de tainha *Mugil liza*. Esta interação inicia quando os golfinhos conduzem cardumes de tainha para áreas menos profundas do estuário, encurralando-as. Os pescadores, posicionados lado a lado ao longo da margem do estuário, esperam os sinais dos golfinhos para então arremessar suas tarrafas. Os sinais dos golfinhos, que se caracterizam por movimentos com a cabeça e/ou corpo (Simões-Lopes *et al.* 1998), mostram onde as tainhas estão. Desta forma, golfinhos e pescadores se beneficiam desta interação, pois os pescadores capturam maior quantidade de peixes por arremessarem próximo ou em cima dos cardumes de tainhas, e os golfinhos capturam as tainhas mais facilmente pela quebra da formação dos cardumes motivada pelo choque das tarrafas na água (Simões-Lopes *et al.* 1998).

No estuário de Laguna, os pescadores capturam tainhas de maiores tamanhos, e em maior quantidade, com uma maior eficiência quando os golfinhos estão presentes na área de pesca, sugerindo aumento da produtividade pesqueira (Simões-Lopes *et al.* 1998). No entanto, em Tramandaí, foi realizado em um período restrito de tempo (três meses), um único estudo relacionado a avaliação quantitativa da pesca cooperativa (Simões-Lopes *et al.* 1998), podendo estar subestimado as relações entre tainha, golfinhos e pescadores de tarrafa. Porém, os pescadores de tarrafa de Tramandaí afirmam que golfinhos ajudam a aumentar as capturas de tainha com um menor esforço

de pesca (Zaapes *et al.* 2011). E ainda relatam que o intenso turismo na região e o tráfego de embarcações na área de pesca podem estar provocando a redução da frequência dos golfinhos no estuário do Rio Tramandaí e, conseqüentemente, o enfraquecimento da pesca cooperativa (Zaapes *et al.* 2011).

2. Os golfinhos *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821)

O golfinho da espécie *Tursiops truncatus*, também conhecido como golfinho-nariz-de-garrafa e/ou boto, possui distribuição global, sendo considerada uma espécie cosmopolita (Wells & Scott 1999). A espécie frequenta áreas costeiras e oceânicas, porém, parece possuir preferência por ambientes próximos a desembocaduras de rios, lagoas e estuários (Shane 1990). *Tursiops truncatus* é considerada uma espécie oportunista piscívora, alimentando-se dos recursos de maior abundância no ambiente (Barros & Wells 1998), alimentando-se de diversas espécies de peixes, principalmente por espécies da família Sciaenidae, Mugilidae e invertebrados (lulas) (Hanson & Defran 1993, Barros & Wells 1998). Sua ocupação e residência em áreas costeiras e estuarinas variam sazonalmente e está associada com a disponibilidade de alimento (Irvine *et al.* 1981, Shane *et al.* 1986, Hanson & Defran 1993, Defran *et al.* 1999).

Na região costeira do Rio Grande do Sul (RS), *T. truncatus* alimenta-se de diversas espécies de peixes, onde os principais itens alimentares encontrados nos estômagos são: corvina (*Micropogonias furnieri*), peixe-espada (*Trichiurus lepturus*) e maria-luiza (*Paralichthys brasiliensis*) (Moreno 1999, Mehesen *et al.* 2005, Carvalho 2011). No entanto, a tainha (*Mugil* sp) é reconhecida como uma das suas principais presas (Irvine *et al.* 1981, Simões-Lopes, 1991, Simões-Lopes *et al.* 1998, Simões-Lopes & Fabian 1999, Jiménez & Alava 2015), embora ocorra baixa frequência de

tainhas nos itens estomacais, fato que Moreno (1999) justifica pelo reduzido número de estômagos de *T. truncatus* analisados nos trabalhos citados durante os meses de maior disponibilidade de tainhas (outono e inverno).

Tursiops truncatus possui diversas estratégias para a captura de alimento, adaptando-se as características físicas do ambiente e o comportamento das presas (Leatherwood 1975, Rossbach 1999, Jiménez & Alava 2015). Uma das táticas de caça mais comuns é o direcionamento de cardumes de peixes para áreas menos profundas ou obstáculos estacionários, o que facilita a captura das presas (Felix 1994). Simões-Lopes (1991) e Simões-Lopes *et al.* (1998) associam a interação com pescadores de tarrafa do sul do Brasil como uma estratégia de *T. truncatus* para a captura de tainhas com menor gasto energético.

No sul do Brasil *Tursiops truncatus* é considerada uma espécie ameaçada de extinção, na categoria de espécie vulnerável (Rio Grande do Sul 2014). No RS os golfinhos são encontrados na região costeira e próxima a desembocadura do Rio Mampituba, Rio Tramandaí e Lagoa dos Patos (Simões-Lopes 1991). Segundo Costa *et al.* (2015) existem três populações geneticamente distintas de *Tursiops truncatus* no sul do Brasil, estando estabelecidas na região de Laguna, Tramandaí e área oceânica. Na desembocadura da Lagoa dos Patos é registrado o maior número de golfinhos residentes, aproximadamente 90 indivíduos (Dalla Rosa 1999, Fruet 2008, Fruet 2015). Na foz do estuário do Rio Tramandaí e Rio Mampituba estimam-se a existência de aproximadamente 10 golfinhos residentes em cada estuário (Simões-Lopes & Fabian 1999, Silva *et al.* 2014).

O padrão de residência de *T. truncatus* nos estuários do sul do Brasil varia sazonalmente de acordo com a abundância de presas (Simões-Lopes & Fabian 1999), sendo que o maior número de indivíduos é observado nos estuários durante o outono e inverno (Simões-Lopes & Fabian 1999), e coincide com o período migratório reprodutivo da tainha *Mugil liza* (Vieira & Scalabrin 1991). É neste período que a pesca cooperativa entre botos e pescadores de tarrafa ocorre com maior intensidade nos estuários de Laguna (Santa Catarina) e Rio Tramandaí (RS) (Simões-Lopes *et al.* 1998).

3. A Tainha *Mugil liza* Valenciennes 1836

A tainha *Mugil liza* (Teleostei, Mugilidae) é uma espécie pelágica de ampla distribuição na costa oeste do Oceano Atlântico, ocorrendo desde o Mar do Caribe até a Argentina (Menezes *et al.* 2010, Siccha-Ramirez *et al.* 2014). No entanto, Mai *et al.* (2014) identificaram diferenças genéticas entre indivíduos de *M. liza* originários de regiões distintas da margem oeste do Oceano Atlântico Sul, sugerindo a existência de duas populações: população sul (estabelecida entre a Argentina e litoral de São Paulo) e norte (estabelecida na região ao norte de São Paulo a partir do Rio de Janeiro).

Mugil liza é considerada uma espécie diádroma: durante o período reprodutivo, que corresponde aos meses de outono (Abril a Junho), indivíduos migram dos estuários para o oceano para desovar (Gonzalez-Castro *et al.* 2011, Lemos *et al.* 2014). Estima-se que o tamanho médio de primeira maturação sexual (L_m) para ambos os sexos seja 408 mm (comprimento total) (Lemos *et al.* 2014). Este tamanho corresponde, aproximadamente, a idade de quatro anos (Garbin *et al.* 2013). No estuário da Lagoa dos Patos o “gatilho” migratório reprodutivo está relacionado com a redução de temperatura da água e o aumento da salinidade no seu interior, devido a passagens de

frentes frias, muito comuns nos meses de outono e inverno (Vieira & Scalabrin 1991). Durante a passagem de frentes frias ocorre predominância de ventos do quadrante sul, que ocasiona a intrusão de água de origem marinha para o interior do estuário, favorecendo o aumento da salinidade (Möller *et al.* 2008).

Na região Sul do Brasil presume-se que a desova da tainha ocorre em latitudes próximas ao estado de Santa Catarina (SC) em condições oceanográficas associadas a temperaturas superficial do mar de 19-21 °C (Lemos *et al.* 2014). Segundo Vieira (1991) após a desova os ovos e larvas, que possuem características neustônicas, são carregados para áreas costeiras. O recrutamento dos juvenis (~ 20 a 30 mm de comprimento total) ocorre na zona de arrebentação e posteriormente, estes juvenis deslocam-se para o interior dos estuários (Vieira 1991).

A família Mugilidae é abundante em todos os estuários do Rio Grande do Sul. *Mugil liza* é considerada uma das espécies de maior representatividade em número e frequência de ocorrência no sistema estuarino do Rio Tramandaí (Ramos & Vieira 2001). Juvenis de tainhas são abundantes durante o ano todo no estuário da Lagoa dos Patos (Vieira 1991) e na zona de arrebentação adjacente (Monteiro- Neto *et al.* 2003, Lima & Vieira 2009, Rodrigues & Vieira 2012), ocorrendo picos de abundância durante o inverno e primavera (Vieira 1991).

Informações relacionadas à sazonalidade da abundância, frequência de ocorrência e estrutura de tamanhos de indivíduos de tainhas adultas ou pré-adultas (> 100 mm de comprimento total) são pouco conhecidas no RS. O conhecimento a respeito deste grupo de indivíduos é referente a dados pesqueiros. Na região Sul do Brasil a

captura de tainhas juvenis e adultas ocorre durante todo o ano por pescadores artesanais estuarinos e costeiros (Lang 2013, Lemos *et al* 2014). No entanto, os pescadores artesanais intensificam o esforço de pesca e capturam grande quantidade de tainhas adultas (sexualmente maduras) durante o período migratório reprodutivo (outono e inverno) (Vieira *et al.* 2008, Kalikoski & Vasconcellos 2013, Lemos *et al.* 2014). Este período é conhecido pelos pescadores como “corrida da tainha”, remetendo aos grandes cardumes que se deslocam dos estuários para o ambiente marinho (Herbst & Hanazaki 2014).

Os pescadores artesanais estuarinos do RS utilizam grande variedade de petrechos de pesca com variações operacionais para a captura de tainha: redes de espera (emalhe simples e tresmalhe “feiticeira”), rede de cerco (“lance”), rede de deriva e tarrafa (rufo ou argola) (Harayashiki *et al.* 2011, Barbieri *et al.* 2012, Kalikoski & Vasconcellos 2013). Já na região costeira “beira de praia” os pescadores utilizam principalmente redes de cabo/calão (tresmalhe “feiticeiras”) (Klippel *et al.* 2005, Lang 2013). Segundo informações de pescadores e observações *in situ* na desembocadura do estuário do Rio Tramandaí, também ocorre pesca amadora denominada de “coca”, ainda não descrita e direcionada a captura de tainha.

A produção de tainha pelo setor artesanal no Rio Grande do Sul em 2011 foi de 1.319.261 Kg, onde as maiores capturas ocorreram na Lagoa dos Patos (CEPERG/IBAMA 2012). Porém os desembarques de pescadores artesanais marinhos costeiros de “beira de praia” e de pescadores estuarinos que não utilizam embarcação (pescadores de tarrafa, por exemplo) não são considerados nas estatísticas pesqueiras. Isto pode levar uma subestimação de capturas anuais de tainha pelo setor artesanal. No

entanto, as quantidades desembarcadas de tainha oscilam anualmente (MPA/MMA 2015) respondendo a condições ambientais e, principalmente, a ocorrência de eventos climáticos como o El Niño (Vieira *et al*, 2008).

A tainha é considerada uma das espécies de peixe de maior relevância econômica para o RS, sendo a principal espécie alvo para diversos pescadores artesanais (Klippel *et al.* 2005, Kalikoski & Vasconcellos 2013). É um pescado que possui importância social para a região e responsável por garantir a segurança alimentar de diversas famílias de pescadores (Peres 2007). Culturalmente, é uma espécie simbólica considerada prato típico da Festa Nacional do Peixe, realizada anualmente em Tramandaí.

Mugil liza é classificada como espécie sobreexplorada desde 2004 no Brasil (Brasil, 2004). A desenfreada exploração do recurso pelo setor artesanal e industrial na região sudeste-sul do Brasil, principalmente durante seu período reprodutivo (Miranda *et al.* 2011, Lemos *et al.* 2014) pode estar colaborando com esta situação. Assim, existe a necessidade de implementação de políticas que assegurem a exploração sustentável de *M. liza* (Lemos, 2015).

Em Tramandaí a atividade pesqueira se desenvolveu a partir de 1850, onde existia grande abundância de tainha *Mugil liza*, bagre *Genidens* sp e miragaia *Pogonias cromis*, sendo estas espécies a base da alimentação dos viajantes e habitantes da região (Cotrin & Miguel 2007). Segundo Cotrin & Miguel (2007), os pescadores utilizavam principalmente tarrafas feitas de fibra vegetal ou linha de algodão no estuário, lagoas e “beira de praia”. Os mesmos autores revelam que estes pescadores eram especializados

na pesca de tarrafa, pois a utilização de redes de emalhe (feitas de fibra vegetal) poderia ocasionar capturas excessivas de pescado, gerando desperdício, em virtude da alta abundância de peixes.

Atualmente os pescadores artesanais do estuário do Rio Tramandaí utilizam, principalmente, redes de tresmalhe (fio de nylon) “feiticeiras” (captura de tainha, bagre, corvina, etc), “aviãozinho” (captura de camarão) e tarrafa (tainha e camarão), sendo a pesca regulamentada pela Instrução Normativa MMA N° 17 de 2004.

A pesca de tarrafa para a captura de tainha e, principalmente, a pesca cooperativa entre golfinhos e tarrafeiros possui grande relevância na região, porém a falta de gestão pesqueira, ilegalidade de pescadores, reduzida fiscalização e conflitos entre demais usuários (esportistas, banhistas, etc) da zona marinha/estuarina dificultam a manutenção da atividade pesqueira (Zappes *et al.* 2011).

4. Justificativa, hipóteses e objetivos

A interação entre golfinhos *Tursiops truncatus* e pescadores, chamada de pesca cooperativa, é um fenômeno raro no mundo e no Brasil ocorre somente na região Sul (estuário de Laguna – SC, sistema estuarino do Rio Tramandaí – RS). Nesta interação o benefício mútuo de pescadores de tarrafa e golfinhos é a captura de tainha *Mugil liza*, a qual é considerada uma espécie sobreexplorada e de grande importância econômica, social e cultural para o RS. A pesca cooperativa no estuário do Rio Tramandaí é de grande importância econômica e social para os pescadores artesanais de tarrafa. Em único estudo realizado a avaliação quantitativa da atividade pesqueira foi restrita a um curto período de tempo, podendo estar subestimada. Considerando estas informações, o

presente estudo objetiva avaliar a pesca cooperativa no estuário do Rio Tramandaí, considerando as relações entre os pescadores de tarrafa, os golfinhos *T. truncatus* e a captura de tainha *M. liza* durante o período de um ano. Assim, a hipótese do presente estudo é de que presença dos golfinhos *Tursiops truncatus* na área de pesca influencia positivamente as capturas (presença, abundância e tamanho dos indivíduos) de tainhas *Mugil liza* e aumentam a eficiência de pesca dos pescadores de tarrafa.

O objetivo geral do trabalho foi monitorar e avaliar quantitativamente a pesca cooperativa entre pescadores de tarrafa e golfinhos *Tursiops truncatus* durante um ano na desembocadura do sistema estuarino do Rio Tramandaí, considerando as relações entre os pescadores, os golfinhos e a tainha *Mugil liza*. Tendo como objetivos específicos: 1) identificar as espécies capturadas e avaliar suas abundâncias, frequências e dominância; 2) identificar os principais fatores que influenciam a presença/ausência e a abundância de tainhas *Mugil liza* nas capturas dos pescadores de tarrafa; 3) avaliar a influência da presença e da ausência dos golfinhos em relação a eficiência de pesca, considerando o esforço de pesca, o sucesso e o fracasso de captura de *M. liza*; 4) avaliar os tamanhos das tainhas capturadas sazonalmente e suas relações com a presença e a ausência de golfinhos na área de pesca.

METODOLOGIA GERAL

1. Área de estudo e amostragem

O trabalho foi realizado na margem sul da desembocadura do sistema estuarino do Rio Tramandaí. O estuário do Rio Tramandaí (29°58'33.93"S; 50° 7'16.78"W) (30 Km²) localiza-se no litoral norte do RS, estando inserido na Bacia hidrográfica do Rio Tramandaí (2.500 Km²). A temperatura da água no interior do estuário varia

sazonalmente, média de 29°C no verão e 16°C no inverno (Kapusta *et al.* 2006). A maré semi diurna (média de amplitude de 0,25 m) é secundária a maré meteorológica (Guimarães *et al.* 2015). O local foi dividido em cinco setores de pesca (setores amostrais) de áreas semelhantes (Figura 1, do anexo).

A pesca de tarrafa foi monitorada semanalmente entre junho de 2014 e maio de 2015. O tempo de observação da atividade pesqueira em cada dia amostral foi de três horas (08:00 às 11:00h). Amostras a cada 15 minutos foram realizadas observando as seguintes variáveis: setor de pesca (S1, S2, S3, S4, S5); número de pescadores ativos; total de arremessos de tarrafas; número de peixes capturados; número de golfinhos, direção do vento e regime hídrico do canal do estuário; temperatura e salinidade. As espécies de peixes capturadas foram identificadas ao menor nível taxonômico possível e realizada biometria (comprimento total).

2. Análise de dados

Foi avaliada a abundância através da Captura por Unidade de Esforço (CPUE) e a Frequência de Ocorrência (FO%) das espécies capturadas. As espécies foram classificadas de acordo com sua dominância (Artioli *et al.* 2009, Rodrigues *et al.* 2014) em cada estação do ano: verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro).

Foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (MLG) para verificar quais são as principais variáveis que explicam a presença, a ausência e a abundância de tainha nas capturas dos pescadores. As variáveis testadas foram: mês, setor de pesca, número de golfinhos, temperatura, salinidade, direção de vento e fluxo do canal (enchente,

vazante, estofo). Foram utilizados dois tipos de modelos: binomial (presença/ausência) e gama (abundância) (Courrat et al. 2009). Para a escolha dos melhores modelos foi utilizado o método “step by step” selecionando os modelos com menores valores de “Akaike Information Criterion” (AIC) (Burnham & Anderson 2002). Os modelos finais foram compostos apenas por variáveis preditoras significativas ($p < 0.05$). Foi calculada a contribuição percentual de cada variável para a “deviance” total explicada (França et al. 2011, Rodrigues et al. 2014).

A presença e a ausência dos botos foram relacionadas com o sucesso (amostras com tainhas capturadas) e fracasso (amostras com ausência de tainhas capturadas) dos pescadores. Para testar estas relações foi utilizado o teste Chi-quadrado. Foi utilizada Anova fatorial para testar a variação sazonal do esforço de pesca em relação a presença e a ausência dos golfinhos. Foi realizado o teste *post hoc* para Anova fatorial utilizando o teste de Tukey (Zar 1984).

A variação sazonal dos tamanhos das tainhas (comprimento total) capturadas foi avaliada utilizando o método de CPUE por classes de comprimento (CPUE-CT%) (Vieira, 2006). A variação sazonal de tamanho das tainhas foi relacionada com a presença e a ausência dos golfinhos utilizando Anova fatorial. O teste de *post hoc* para estas variáveis foi realizado utilizando o teste de Tukey (Zar, 1984).

As análises estatísticas foram realizadas no software R (R Development Core Team 2005). Os pressupostos de cada análise estatística foram considerados e testados. Foi considerado um intervalo de confiança de 95% com nível de significância 5% em todos os procedimentos.

SÍNTESE DOS RESULTADOS

Foram identificadas 16 espécies de peixes nas capturas dos pescadores de tarrafa, e a tainha foi a única espécie considerada dominante em todas as estações do ano. As maiores abundâncias de tainha foram observadas durante o outono e o inverno, porém as diferenças não foram significativas.

O melhor modelo encontrado para a presença e a ausência de tainhas nas capturas foi composto por duas variáveis: mês e número de golfinhos. Alta probabilidade de captura de tainha é associada aos meses de outono e primavera e ao maior número de golfinhos na área de pesca. Já o melhor modelo encontrado para a abundância de tainha nas capturas foi composto por três variáveis: setor de pesca, mês e número de golfinhos. Existe maior probabilidade dos pescadores capturarem maior quantidade de tainhas quando ocorre o aumento do número de golfinhos e quando o setor de pesca se desloca para o interior do estuário. A sazonalidade (mês) possui pouca explicabilidade para a abundância de tainha nas capturas.

A presença dos golfinhos provoca a diminuição do esforço de pesca e o aumento do sucesso de captura de tainha (amostras com tainhas). Já a ausência dos golfinhos gera aumento do esforço de pesca e a redução do sucesso de captura de tainha, indicando aumento da eficiência de pesca na presença dos golfinhos. Somente durante a primavera este padrão não foi observado.

O tamanho das tainhas varia sazonalmente, ocorrendo tamanhos maiores durante o outono e o inverno e tainhas menores durante o verão e a primavera. A presença e a ausência dos golfinhos não influenciam a composição de tamanho dos

indivíduos capturados. Somente no verão as capturas de tainhas maiores na presença dos botos foram significativas.

CONCLUSÕES

A pesca cooperativa na desembocadura do sistema estuarino de Tramandaí é altamente seletiva a captura de tainha *Mugil liza*, embora 16 espécies tenham sido observadas nas capturas. A presença e o número de golfinhos *Tursiops truncatus*, associados ao deslocamento da atividade pesqueira para o interior do estuário, são essenciais para que os pescadores consigam obter maiores rendimentos de pesca com maior eficiência. Porém, as relações com a sazonalidade causam efeitos na pesca, principalmente no tamanho dos indivíduos de tainhas capturados. A tainha é à base da interação entre golfinhos e pescadores e sua preservação é crucial para a conservação da pesca cooperativa.

LITERATURA CITADA

- ARTIOLI, LGS, JP VIEIRA, AM GARCIA & MD BEMVENUTI. 2009. Distribuição, dominância e estrutura de tamanhos da assembléia de peixes da lagoa Mangueira, sul do Brasil. *Iheringia Série Zoologia*, 99 (4): 409-418.
- BARBIERI, F, R MACHADO, CA ZAPPES, LR OLIVEIRA. 2012. Interactions between the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) and gillnet fishery in the southern Brazilian coast. *Ocean & Coastal Management*, 63: 16-23.
- BARROS, NB & RS WELLS. 1998. Prey and feeding patterns of resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida. *Journal of Mammalogy*, 79 (3): 1045 – 1059.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 5, DE 21 DE MAIO DE 2004. Reconhecer como espécies ameaçadas de extinção e espécies sobreexploradas ou ameaçadas de sobreexploração, os invertebrados aquáticos e peixes, constantes dos Anexos a esta Instrução Normativa. Diário Oficial da União, 28 de maio de 2004, Nº 102, Seção 1, 136 p.
- BURNHAM, PK & DR ANDERSON 2002. Models Selection and Multi-Model Inference: a practical information - theoretic approach. Springer-Verlag, New York. 488 p.
- BUSNEL, R.G. 1973. Symbiotic relationship between man and dolphins. *Tran. N. Y. Acad. Sci.*, 35:112-31.

CARVALHO, LM. 2011. Ecologia alimentar do boto, *Tursiops truncatus* (Montagu 1821), no litoral norte do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 59 p.

CEPERG/IBAMA - Centro de Pesquisa e Gestão dos Recursos Pesqueiros, Lagunares e Estuarinos. 2012. Desembarque de pescados no Rio Grande do Sul: 2011. MMA/IBAMA/CEPERG, Rio Grande do Sul, 40 p. Disponível em: <http://www4.icmbio.gov.br/ceperg/downloads/>

COSTA, APB, P FRUET, FG DAURA-JORGE, PC SIMÕES-LOPES, PH OTT, VH VALIATI & LR OLIVEIRA. 2015. Bottlenose dolphin communities from the southern Brazilian coast: do they exchange genes or are they just neighbours? *Marine and Freshwater Research*, 66 (12): 1201 - 1210. <http://dx.doi.org/10.1071/MF14007>

COTRIM, DS, LA MIGUEL. 2007. Uso do enfoque sistêmico na pesca artesanal em Tramandaí – RS. 2007. IN: Eisforia, ano 5, volume 5, número 2. Dezembro 2007, PPG Agroecossistemas/ UFSC, Florianópolis: 136 – 160.

COURRAT, A, J LOBRY, D NICOLAS, P LAFFARGUE, R AMARA, M LEPAGE & LE PAPE. 2009. Anthropogenic disturbance on nursery function of estuarine areas for marine species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81 (2): 179–190. <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.10.017>.

D’LIMA, C, H MARSH, M HAMANN, A SINHA & R ARTHUR. 2014. Positive interactions between Irrawaddy dolphins and artisanal fishers in the Chilika

- Lagoon of eastern India are driven by ecology, socioeconomics, and culture. *Jornal of the Human Environmmment*, 43 (5): 614-624.
- DALLA ROSA, L. 1999. Estimativa do tamanho da população de botos, *Tursiops truncatus*, do estuário da Lagoa dos Patos, RS, a partir da foto-identificação de indivíduos com marcas naturais e da aplicação de modelos de marcação-recaptura. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 104 p.
- DEFРАН, RH, DW WELLER, DL KELLY & MA ESPINOSA. 1999. Range characteristics of Pacific coast bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Southern California Bight. *Marine mammal Science*, 15 (2): 381-393.
- FAIRHOLME, JKE. 1856. The blacks of Morenton Bay and the porpoises. *Proc. Zool. Soc.*, 24: 353-354.
- FELIX, F. 1994. Ecology of the coastal bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Invest. Cetacea.*, 25: 235-256.
- FRANÇA, S, MJ COSTA & HN CABRAL. 2011. Inter- and intra-estuarine fish assemblage variability patterns along the Portuguese coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91: 262–271. doi:10.1016/J.ECSS.2010.10.035
- FRUET, FP, FG DAURA-JORGE, LM MÖLLER, RC GENOVES & ER SECCHI. 2015. Abundance and demography of bottlenose dolphins inhabiting a subtropical estuary in the Southwestern Atlantic Ocean. *Journal of Mammalogy*, 96 (2) : 332–343. DOI:10.1093/jmammal/gyv035

- FRUET, P. 2008. Abundância, mortalidade em atividades pesqueiras e viabilidade da população de botos (*Tursiops truncatus*) do estuário da lagoa dos patos, RS, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 192 p.
- GARBIN, T, JP CASTELLO & PG KINAS. 2013. Age, growth, and mortality of the mullet *Mugil liza* in Brazil's southern and southeastern coastal regions. *Fisheries Research*, 149: 61–68.
- GARCIA, AM, JP VIEIRA & KO WINEMILLER. 2001. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. *Journal of Fish Biology*, 59: 1218–1238.
- GONZÁLEZ-CASTRO, M, GJ MACCHI & MB COUSSEAU. 2011. Studies on reproduction of the mullet *Mugil platanus* Günther, 1880 Actinopterygii, Mugilidae from the Mar Chiquita coastal lagoon, Argentina: similarities and differences with related species. *Italian Journal of Zoology*, 78: 343–353.
- GUIMARÃES, PV, L FARINA, EJ TOLDO, G DIAZ-HERNANDEZ & E AKHMATSKAYA. 2015. Numerical simulation of extreme wave runup during storm events in Tramandaí Beach, Rio Grande do Sul, Brazil. *Coastal Engineering*, 95: 171–180.
- HANSON, MT & RH DEFRAN. 1993. The behaviour and feeding ecology of the Pacific coast bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. *Aquatic Mammals*, 19 (3): 127 – 142.

- HARAYASHIKI, C, FM FURLAN, JP VIEIRA. 2011. Perfil sócio-econômico dos pescadores da ponte dos franceses, Rio Grande, RS, Brasil. *Bol. Inst. Pesca, São Paulo*, 37(1): 93 – 101.
- HERBST, DF & N HANAZAKI. 2014. Local ecological knowledge of fishers about the life cycle and temporal patterns in the migration of mullet (*Mugil liza*) in Southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 12(4): 879–890. <http://doi.org/10.1590/1982-0224-20130156>
- IRVINE, AB, MD SCOTT, RS WELLS & JH KAUFMAN. 1981. Movements and activities of the Atlantic Bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. *Fish. Bull.*, 79: 671-688.
- JIMÉNEZ, PJ & JJ ALAVA. 2015. Strand-feeding by coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 10(1): 33-37. doi: dx.doi.org/10.5597/lajam00191
- KALIKOSKI, DC & M VASCONCELLOS. Case study of the technical, socio-economic and environmental conditions of small-scale fisheries in the estuary of Patos Lagoon, Brazil: a methodology for assessment. FAO Fisheries and Aquaculture Circular. No. 1075. Rome, FAO. 2012. 190 p.
- KAPUSTA, SC, NL WURDIG, CE BEMVENUTI & TK PINTO. 2006. Spatial and temporal distribution of Nematoda in a subtropical estuary. *Acta Limnol. Bras.*, 18(2) : 133-144.

- KLIPPEL, S, MB PERES, CM VOOREN, AF LAMÓNACA. 2005. A pesca artesanal na costa da Plataforma Sul. In: VOOREN, CM, & S KLIPPEL. 2005. Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil. Porto Alegre: Igaré, 262 p.
- KUMAR, AB, R SMRITHY & K SATHASIVAM. 2012. Dolphin-assisted cast net fishery in the Ashtamudi Estuary, south-west coast of India. *Indian J. Fish.*, 59 (3): 143-148.
- LANG, MS. 2013. A pesca com rede de cabo na praia do Cassino, RS, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado), Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 47 p.
- LEATHERWOOD, S. 1975. Some observations of feeding behavior of bottle-nosed dolphins (*Tursiops truncatus*) in the northern Gulf of Mexico and (*Tursiops* cf *T. gilli*) off southern California, Baja California, and Nayarit, Mexico. *Marine Fisheries Review*, 37(9): 10–16.
- LEMOS, V. 2015. Determinação do estoque e ciclo de vida da tainha *Mugil liza* (Teleostei Mugilidae) no sul do Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande, 156 p.
- LEMOS, VM, AS VARELA, PR SCHWINGEL, JH MUELBERT & JP VIEIRA. 2014. Migration and reproductive biology of *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in south Brazil. *Journal of Fish Biology*, 85: 671-687. doi: 10.1111/jfb.12452

- LIMA, MSP & JP VIEIRA. 2009. Variação espaço-temporal da ictiofauna da zona de arrebentação da Praia do Cassino, Rio Grande do Sul, Brasil. *Zoologia*, 26(3): 499–510.
- MAI, AC, CI MIÑO, LF MARINS, C MONTEIRO-NETO, LV MIRANDA, PR SCHWINGEL, VM LEMOS, M GONZÁLEZ-CASTRO, JP CASTELLO & JP VIEIRA. 2014. Microsatellite variation and genetic structuring in *Mugil liza* Teleostei: Mugilidae populations from Argentina and Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 149: 80-86. doi: 10.1060/j.ecss.2014.07.013.
- MEHESEN, M, ER SECCHI, PF FRUET, J DI TULLIO. 2005. Diet of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in southern Brazil. Paper SC/57/SM9 presented to IWC meeting. Ulsan, South Korea, May/Jun, 2005.
- MENEZES, NA, C DE OLIVEIRA & M NIRCHIO. 2010. An old taxonomic dilemma: the identity of the western south Atlantic lebranche mullet Teleostei: Perciformes: Mugilidae. *Zootaxa*, 2519: 59-68.
- MIRANDA, LV, MH CARNEIRO, MB PERES & MC CERGOLE. 2011. Contribuições ao processo de ordenamento da pesca da espécie *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) nas regiões sudeste e sul do Brasil entre os anos de 2006 e 2010. *Série Relatórios Técnicos*, 49: 23 p.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, BRASIL, INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 17, DE 17 DE OUTUBRO DE 2004. Regulamenta a atividade pesqueira na bacia hidrográfico do Rio Tramandaí, RS. Diário Oficial da União, 15 de outubro de 2004, 77 p.

- MÖLLER JR., OO, AR PIOLA, AC FREITAS & EJD CAMPOS. 2008. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off Southeastern South America. *Cont. Shelf. Res.*, 28: 1607–1624.
- MONTEIRO-NETO, C, LPR CUNHA & JA MUSICK. 2003. Community structure of surf-zone fishes at Cassino beach, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 35: 492-501.
- MORENO, IB. 1999. Ecologia alimentar de golfinhos (Cetacea: Delphinidae) no litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 37 p.
- MPA/MMA. 2015. Plano de gestão para o uso sustentável da tainha, *Mugil liza* Valenciennes, 1836, no Sudeste e Sul do Brasil. Brasília: 137 p.
- PERES, MB, S KLIPPEL, MAC VIANNA. 2007. Áreas de exclusão de pesca propostas no processo de gestão participativa da pesca artesanal no litoral norte do Rio Grande do Sul: um relato experiência. In: Ministério do Meio Ambiente. Áreas aquáticas protegidas como instrumento de gestão pesqueira. Brasília: 131 – 147.
- PETERSON, D, N HANAZAKI, PC SIMÕES-LOPES. 2008. Natural resource appropriation in cooperative artisanal fishing between fishermen and dolphins (*Tursiops truncatus*) in Laguna, Brazil. *Ocean Coast Manag.*, 5: 469-475.
- PRYOR, K, J LINDBERGH, S LINDBERGH & R MILANO. 1990. A dolphin-human fishing cooperative in Brazil. *Mar. Mamm. Sci.*, 6 (1): 77-82.

- R Development Core Team (2005). 'R: a Language and Environment for Statistical Computing.' (R Foundation for Statistical Computing: Vienna.) Available at <http://www.R-project.org>
- RAMOS, LA & JP VIEIRA. 2001. Composição específica e abundância de peixes de zonas rasas dos cinco estuários do Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 27(1): 109-121.
- RIO GRANDE DO SUL, 2014 DECRETO N° 51.797, de 8 de setembro de 2014. Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial do RS, 9 de setembro de 2014, pag. 2.
- RODRIGUES, FL & JP VIEIRA. 2012. Surf zone fish abundance and diversity at two Sandy beaches separated by long rocky jetties. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(04): 867-875.
- RODRIGUES, FL, HN CABRAL & JP VIEIRA. 2014. Assessing surf-zone fish assemblage variability in southern Brazil. *Marine and Freshwater Research*, 66 (2): 106-119. <http://dx.doi.org/10.1071/MF13210>
- ROSSBACH, KA. 1999. Cooperative feeding among bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) near Grand Bahama Island, Bahamas. *Aquatic Mammals*, 25 (3): 163–167.
- SHANE, SH, RS WELLS & B WÜRSIG. 1986. Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: A review. *Marine Mammal Science*, 2: 34 – 63.

- SHANE, SH. 1990. Behavior and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida. In: LEATHERWOOD, S, R REEVES (Eds.). The bottlenose dolphin. San Diego: Academic Press, p: 369-386.
- SICCHA-RAMIREZ, R, NA MENEZES, M NIRCHIO, F FORESTI & C OLIVEIRA. 2014. Molecular identification of mullet species of the Atlantic South Caribbean and South America and the phylogeographic analysis of *Mugil liza*. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 22: 86–96. doi:10.1080/10641262.2013.833583
- SILVA, KG, CVL CRIVELLARO, TG ARAÚJO & RB MENEZES. 2014. Projeto mamíferos marinhos no litoral do Rio Grande do Sul. Rio Grande, RS: Nema. 72p.
- SIMÕES-LOPES, PC, ME FABIAN, JO MENEGHETI. 1998. Dolphin interactions with the mullet artisanal fishing on southern Brazil: a qualitative and quantitative approach. *Revta bras. Zool.*, 15 (3): 709 - 726.
- SIMÕES-LOPES, PC, ME FABIAN. 1999. Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu 1821) (Cetacea, Delphinidae) off Southern Brazil. *Rev. Bras. Zool.*, 16: 1017 - 1024.
- SIMÕES-LOPES, PC. 1991. Interaction of coastal populations of *Tursiops truncatus* (Cetacea, Delphinidae) with the mullet artisanal fisheries in southern Brazil. *Biotemas*, 4: 83-94.

- SMITH, BD, TM TUN, AM CHIT, H WINB & T MOEB. 2009. Catch composition and conservation management of a human–dolphin cooperative cast-net fishery in the Ayeyarwady River, Myanmar. *Biological Conservation*, 142: 1042–1049.
- VIEIRA *com. pess.* Prof. Dr. João Paes Vieira, Laboratório de Ictiologia, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande - FURG.
- VIEIRA JP, AM GARCIA & AM GRIMM. 2008. Evidences of El Niño Effects on the Mullet Fishery of the Patos Lagoon Estuary. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51 (2): 433-440.
- VIEIRA JP. 1991. Juvenile Mulletts Pisces: Mugilidae in the Estuary of Lagoa dos Patos, RS - Brazil. *Copeia*, 2: 409-418.
- VIEIRA, JP & C SCALABRIN. 1991. Migração reprodutiva da Tainha (*Mugil platanus*, Günther, 1880) no sul do Brasil. *Atlântica*, 13: 131–141.
- VIEIRA, JP. 2006. Ecological analogies between estuarine bottom trawl fish assemblages from Patos Lagoon, Rio Grande do Sul, Brazil and York River, Virginia, USA. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23 (1): 234 - 247.
- WELLS, RS, MD SCOTT. 1999. Bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*. In: Ridgway, SR, S Harrison (eds.). Handbook of Marine Mammals, academic Press, San Diego, USA.p: 137-182.
- ZAPPES, CA, A ANDRIOLO, PC SIMÕES-LOPES, APM DI BENEDITTO. 2011. ‘Human-dolphin (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) cooperative fishery’ and its

influence on cast net fishing activities in Barra de Imbé/Tramandaí, Southern Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 54: 427-432.

ZAR, JH. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey. 718 p.

**ANEXO I: Cooperation between dolphins and cast net fishermen in southern
Brazil: no mullets, no gain**

*** Manuscrito submetido à revista *Fisheries Research***

Cooperation between dolphins and cast net fishermen in southern Brazil: no mullets, no gain

Mauricio Lang dos Santos^{a,*}, Valéria Marques Lemos^b, João Paes Vieira^{ab}

- a. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande. Av. Italia, km 8, Rio Grande do Sul, Brasil.
- b. Instituto de Oceanografia. Universidade Federal do Rio Grande. Av. Italia, km 8, Rio Grande do Sul, Brasil.

* Corresponding author: M.Lang. E-mail: mlang.oceano@gmail.com

Abstract

We report on the interaction between common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and artisanal fishermen in southern coastal Brazil, which is characterized by a mutual benefit: to catch mullets (*Mugil liza*). Cooperative cast net fishing was monitored in the mouth of the estuarine system of Tramandaí River to investigate potential seasonality in fishing catches and the influence of dolphins. *Mugil liza* was the dominant fish species in the cast net fishery. Although dolphins in the fishing area aided the fishermen in catching mullet in larger amounts and with greater efficiency, their presence did not influence the size distribution of the fish caught, which was mainly influenced by seasonality. Protection of dolphin populations is essential for higher catch yields by cast net fishermen. However, mullets are the basis of this cooperative partnership and must be conserved to protect this unique, traditional artisanal fishery.

Key words: *Mugil liza*; *Tursiops truncatus*; artisanal fishery; generalized linear models

1. Introduction

Interaction between cetaceans and artisanal fishermen is a rare phenomenon that occurs at only a few sites, including parts of Australia, Mauritania, Myanmar, India and

Brazil (Fairholme, 1856; Busnel, 1973; Pryor et al., 1990; Smith et al., 2009; Kumar et al., 2012). Certain species of the family Delphinidae, such as *Orcaella brevirostris*, *Tursiops truncatus* and *Sousa chimensis* (Simões-Lopes, 1991; Kumar et al., 2012; D`Lima et al., 2014), are known to aid fishermen in catching fish.

In these cooperative fisheries, both species appear to actively seek out the other (Simões-Lopes et al., 1998). Cooperative fishing with dolphins can be performed with or without the aid of a vessel, using passive fishing gear (gill nets and traps) or active fishing gear (cast nets, hand nets and spears) (Fairholme, 1856; Busnel, 1973; Peterson et al., 2008; D`Lima et al., 2014). Generally, cooperative fishing occurs in two different ways: initiated by the fishermen (Fairholme, 1856; Busnel, 1973) or initiated by the cetaceans (Simões-Lopes et al., 1998). Cooperation typically takes the form of cetaceans driving shoaling fish toward shallower waters to facilitate catching by fisherman and usually occurs near shorelines adjacent to the mouth of estuaries. Fish of the family Mugilidae, which generally use estuaries as nursery and feeding grounds before eventually migrating to marine environments for spawning (Vieira and Scalabrin, 1991; Whitfield et al., 2012; Lemos et al., 2014), are the most common target species of these cooperative fisheries (Fairholme, 1856; Busnel, 1973; Pryor et al., 1990; Kumar et al., 2012; D`Lima et al., 2014).

In Brazil, cooperative fishery is restricted to the southern coast (Simões-Lopes, 1991) and has been observed in the estuarine systems of the Laguna (28°29'45.03" S; 48°45'41.97" W) (Pryor et al., 1990; Simões-Lopes, 1991; Simões-Lopes et al., 1998), the Mampituba River (29°19'32.69" S; 49°42'47.90" W), the Tramandaí River (29°58'37.32" S; 50° 7'15.90" W) and the Patos Lagoon (32°9'11.55" S; 52°6'7.35" W) (Simões- Lopes, 1991; Simões-Lopes et al., 1998; Zappes et al., 2011; Silva et al., 2014). In these regions, common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) interact with cast net fishermen to catch mullet (*Mugil liza*). This interaction begins when the dolphins herd shoals of mullet to shallower areas of the estuarine banks. Fishermen stand side-by-side along the banks, waiting for the dolphin signals to cast their nets toward the school. The theory of cooperative interaction hypothesizes that the fishermen increase their catches and capture larger individuals by casting their nets near or over

mullet schools herded by dolphins, whereas the dolphins are able to catch mullets more easily because the castings of nets disrupts the schools (Simões-Lopes et al., 1998).

According to Peterson et al. (2008) and Zaapes et al. (2011), the livelihoods of *tarrafeiros* (cast net fishermen) rely on these cooperative interactions. The few available studies of the estuarine system of the Tramandaí River have focused on the interaction between dolphins and fisherman *per se*, particularly the behavior of the dolphins and their relationship with the fisherman (Simões-Lopes, 1991; Zappes et al., 2011). One exception is the work of Simões-Lopes et al. (1998), who performed quantitative monitoring of the cooperative fishery in Tramandaí for a limited period of time (3 months). Thus, no information about temporal variability is available for the cooperative fishery in the estuarine system of the Tramandaí River. Regardless of temporal variation, Simões-Lopes et al. (1998) and Zaapes et al. (2011) have both suggested that *tarrafeiros* catch fish with greater efficiency in the presence of dolphins, thus increasing the productivity. In this context, our goal therefore was to study the cooperative fishery in the estuarine system of the Tramandaí River over a 1-year period to describe the fish fauna associated with the cast net fishery and to test the following hypothesis: the presence of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) influences the catch abundance, fish size and fishing efficiency of the fishery.

2. Material and methods

2.1. Study area

The estuarine system of the Tramandaí River (ESTR) (30 km²) is located in southern Brazil (29°58'33.93" S; 50°7'16.78" W) and is connected to the Atlantic Ocean by a permanent channel (1.5 km long and 100 m wide) (Würdig, 1988). The main tributary is the Tramandaí River, which has a drainage basin of approximately 2,500 km². The average salinity in the estuary varies from 0 to 11 and exhibits daily variation (Chomenko and Schafer, 1984; Kapusta et al., 2006). Water temperature varies seasonally, with highest and lowest average values occurring in austral summer (29 °C) and winter (16 °C), respectively (Kapusta et al., 2006). The semi-diurnal astronomical tide (mean amplitude of 0.25 m) plays a secondary role to meteorological tides

(Villwock and Tomazelli, 1995; Tabajara and Dillenburg, 1997), which may reach as high as 2 m but usually average 1.20 m (Toldo et al., 2006; Guimarães et al., 2015). The estuarine system is shallow (1.0–1.4 m depth), with the exception of the main channel (2.5–5 m depth) (Tabajara and Dillenburg, 1997).

Sampling was conducted in an area approximately 700 m in length located on the south bank of the mouth of the ESTR, which was divided into five adjacent fishing sectors (i.e., sampling sectors) of similar sizes: S1 (29°58'38.22" S, 50°7'10.27" W), S2 (29°58'36.30" S; 50°7'15.97" W), S3 (29°58'39.86" S; 50°7'20.67" W), S4 (29°58'42.84" S; 50°7'24.21" W) and S5 (29°58'46.30" S; 50°7'29.04" W) (Fig. 1).

2.2. Sampling procedures

Fishermen activities were observed weekly between June 2014 and May 2015. Each observation period had an average duration of 3 h and was always conducted during daylight from 08:00 to 11:00 h. Each sample comprised 15 min without interruption, for a total of 12 samples per day. The following variables were recorded during each sampling period: the fishing sector (S1, S2, S3, S4 or S5) where the fishermen were operating (Fig. 1); the number of active fishermen; the total number of cast nets thrown by the group of active fishermen; the total number of fish caught; the number of dolphins (*Tursiops truncatus*) present in the fishing sector sampled; and the wind direction and water flow direction (ebb, flood, slack water) in the entrance channel. Water temperature and salinity were measured at the end of each sampling period using a thermometer and an optical refractometer, respectively.

The fish caught by the fishermen in each sample were identified to the lowest taxonomic level possible either *in situ* or were frozen and transported to the Ichthyology Laboratory of the Federal University of Rio Grande (FURG) for identification. Whenever possible, the total length (LT) of each individual fish caught was measured in millimeters (mm).

2.3. Data analyses

Catch per unit effort (CPUE), defined as the ratio between the total number of captured individuals of a species and the fishing effort, and was used as a relative abundance index. Fishing effort was defined as the total number of cast nets thrown by the total number of fishermen per sample per hour: $f = [(number\ of\ cast\ nets\ thrown / number\ of\ fishermen\ in\ the\ sample) / 1\ h]$. Frequency of occurrence (%FO) was expressed as the ratio between the occurrence of each fish species and the total number of samples. Both CPUE and %FO were calculated for each austral season (summer = January to March; autumn = April to June; winter = July to September; spring = October to December).

Species were classified as abundant and frequent ($CPUE \geq \mu\ CPUE$, $\%FO \geq \mu\ \%FO$), abundant and infrequent ($CPUE \geq \mu\ CPUE$, $\%FO < \mu\ \%FO$), frequent and not abundant ($CPUE < \mu\ CPUE$, $\%FO \geq \mu\ \%FO$), or not abundant and infrequent ($CPUE < \mu\ CPUE$, $\%FO < \mu\ \%FO$), where μ denotes the average CPUE or FO for each species during each season. Species classified as abundant and frequent were considered dominant in each season (Artioli et al., 2009; Rodrigues et al., 2014).

Generalized linear models (GLM) were used to investigate the relationship between mullet catch and a set of predictor variables, including month, season, fishing sector, number of dolphins in the sampled sector, temperature, salinity, wind and water flow direction in the channel. Predictive variables were tested for collinearity using the Spearman coefficient prior to model formulation because collinearity between variables can reduce accuracy in estimates and lead to spurious interpretations (Beger and Possingham, 2008). Thus, when a collinearity was detected between two variables, the variable judged to have greater ecological importance was maintained in the analysis. Only season and month were highly correlated, and month was selected for inclusion in the predictive models (Table 1). In addition, the interactions between predictive variables were tested.

The high frequency of zeros in the data matrix (> 40%) required the construction of two models (Courrat et al., 2009). The first model was a coupled sub-model testing for the presence or absence of mullet in the samples and used the binomial family with the "logit" link function (McCullagh and Nelder, 1989). The second sub-model was

used to test the positive abundance of mullet catches [$\log(\text{CPUE} + 1)$], for which a gamma distribution model with the "log" link function was employed (Myers and Pepin, 1990).

To choose the best model, we followed the "backward stepwise" procedure by selecting the template that had the lowest Akaike Information Criterion (AIC) value (Burnham and Anderson, 2002). In addition, a *drop1* command in R was used to compare the full model with a model in which the interaction was dropped using a chi-square test (Zuur et al., 2007). All models were tested for overdispersion, and the final model was fitted only with significant predictor ($p < 0.05$) (Rodrigues et al., 2014). The percentage of the total deviance explained and the relative contribution of each predictor were independently verified for each model (binomial and gamma) (França et al., 2011; Rodrigues et al., 2014).

The seasonal relationships between the frequency of success (samples with mullet) and frequency of failure (samples without mullet) and the presence/absence of dolphins in the fishing sector were tested using a non-parametric chi-square test. We used factorial ANOVA to test the influence of season and the presence and absence of dolphins on the dependent variable of fishing effort (number of cast nets throws/number of fishermen in the sample/1 h). Post-hoc significant differences were evaluated using Tukey's test (Zar, 1984).

The total length (TL mm) of mullet individuals was determined using the CPUE by length classes (CPUE-LC%) method, in which the ratio of the total number of individuals caught to the total number of individuals measured for each 10-mm length class was obtained (Garcia et al., 2001; Vieira, 2006). The seasonal variation in the size of *M. liza* was related to the presence/absence of dolphins using factorial ANOVA, and post-hoc significant differences were also evaluated using Tukey's test (Zar, 1984).

Statistical analyzes were performed with R software (R Development Core Team, 2005). We used 95% confidence intervals and a significance level of $p < 0.05$ in all analyses.

3. Results

From June 2014 to May 2015, from a total of 443 samples, 815 fish of 16 species were identified. The number of species varied seasonally. The species richness was highest in autumn ($S = 12$) and lowest in winter ($S = 3$). The seasonal variations of CPUE (spring = 0.40 ind/throw/1 h; summer = 0.11 ind/throw/1 h) were not significant (ANOVA, $F = 0.59$; $p > 0.05$) (Table 2).

Mugil liza composed 77% of the total fish caught and was the only species classified as dominant. Mullet abundance was highest in autumn (0.25 ind/throw/1 h) and lowest in summer (0.093 ind/throw/1 h), but no statistically significant differences among seasons were detected (Table 2; ANOVA, $F = 0.83$; $p > 0.05$). The remaining species were classified only as not abundant and infrequent, with the exception of Argentine menhaden (*Brevoortia pectinata*), which was abundant and infrequent in autumn and spring (Table 2).

The best model accounting for the presence or absence of mullet in the catches explained 12% of the total deviance (Table 3). The model consisted of two predictors: month, which contributed 8.5% of the deviance, and the number of dolphins, which contributed 3.5%. The probability of catching mullet was highest in autumn (April, May, June) and spring (October, November, December) consistent with the increase in the numbers of dolphins in the fishing sectors (Fig. 2).

The best model for explaining abundance (CPUE) consisted of three predictors: fishing sector, month and number of dolphins, which were responsible for 46% of the total explained deviance (Table 3). The single predictor with the highest level of explicability was number of dolphins (24.97%). The interaction between fishing sector and month was significant, with the two variables accounting for 8.86% and 5.52% of the total explained deviance, respectively (Table 3). The expected abundance of mullet increased with the number of dolphins and appeared to be associated with the displacement of fishermen toward the inner portion of the sampling area (Fig. 3). Corroborating the traditional factorial ANOVA analysis ($F = 0.83$; $p > 0.05$), GLM modeling did not reveal seasonal variations in the expected abundances (Fig. 3).

Seasonal differences in fishing effort were not statistically significant (Table 4). However, fishermen significantly reduced their fishing effort when dolphins were

present (Table 4, Fig. 4), and mullet capture success was significantly higher when dolphins were present (Table 5). Moreover, catch failure was significantly higher in the absence of dolphins. Fishing effort and capture success were independent of dolphin presence only in spring (Table 5; Fig. 4).

Mullets ranged in size from 121 mm to 655 mm (TL) (Fig. 5) and exhibited statistically significant seasonal differences (Table 6), with larger individuals captured in autumn (mean = 444 ± 72 mm TL) and winter (mean = 423 ± 73 mm TL) than in summer (mean = 348 ± 94 mm TL) and spring (mean = 381 ± 67 mm TL). The presence/absence of dolphins did not have any significant effects on mullet size (Table 6). However, the interaction of the presence/absence of dolphins with season resulted in a significant effect; mullet body size was significantly larger in the presence (mean = 396 ± 81 mm LT) than in the absence (mean = 251 ± 76 mm LT) of dolphins in summer only (Table 6; Fig. 6).

4. Discussion and conclusions

Cast net fishing is a traditional method of catching fish that has been used since the Neolithic Age (Edo, 2007). Although Taylor and Gerking (1978) suggested that cast net have low efficiency, artisanal fishermen adapted the technique to improve capture effectiveness (Berkes et al., 2001). In southern Brazil, the primary target species of cast net fishermen are mullet, silversides (Atherinidae) and shrimp (Harayashiki et al., 2011). More than 70% of the fish caught by cast net fishermen in the mouth of the estuarine system of the Tramandaí River are *M. liza*, suggesting that this fishing method is highly selective for this species in this region.

Mugil liza is an important traditional fishing resource for artisanal fishermen in the southern states of Brazil and is thus considered of high economic, cultural and social relevance (Diegues, 2004; Klippel et al., 2005; Peres, 2007; Kalikoski and Vasconcellos, 2013). Approximately 40 cast net fishermen are officially licensed to fish in the ESTR (Zappes et al., 2011), and mullet are the main source of income and food security for these fishermen.

According to Zappes et al. (2011), fishermen in this estuarine complex believe that the presence of dolphins increases mullet capture efficiency by reducing fishing effort and increasing total catch. Simões-Lopes et al. (1998) reported a positive relationship between fishing efficiency and the presence of dolphins, but their study was based on a limited 3-month sampling period. Our results, developed over a 1-year period, are consistent with these preliminary observations. Moreover, our extended and standardized observations allowed us to statistically demonstrate that the presence of dolphins reduces fishing effort (number of cast net throws/fisherman) and increases capture success (occurrence of mullets in the samples).

According to Simões-Lopes et al. (1998), fishermen wait for signals from the dolphins, which usually consist of “head slaps” (when a dolphin raises its head out of the water and slaps the surface with its throat), indicating the appropriate time to throw the cast nets and the location of the mullet shoals, an interaction that seems to increase fish capture efficiency. We also observed that fishermen tend to throw their nets more randomly in the absence of dolphins, targeting no specific location in the water, thereby significantly reducing fish capture efficiency and, consequently, increasing fishing effort.

Only in spring the capture efficiency with cast nets was not influenced by the presence/absence of dolphins, which may be due to the reduction in the occurrence of dolphins in the sampling area and/or reduction in mullet abundance during spring. The highest number of samples in the absence of dolphins was recorded in spring, although there was a high frequency of occurrence of mullet in the catches (%FO > 62). *Tursiops truncatus* is an opportunistic predator, and their occurrence in coastal areas and estuaries varies seasonally, typically associated with the availability of food resources (Irvine et al., 1981; Shane et al., 1986; Hanson and Defran, 1993; Defran et al., 1999). Simões-Lopes and Fabian (1999) demonstrated that the residence pattern of *T. truncatus* in the Laguna estuary varies seasonally, with fewer dolphins observed in spring/summer than in autumn/winter. The mullet *M. liza* inhabits the estuaries of southern Brazil throughout the year (Lemos et al., 2014), and cast net fishermen of the ESTR capture mullet year-round, regardless of the presence or absence of dolphins. Therefore, although the presence of dolphins increases mullet capture efficiency by cast net

fishermen, these fishermen are also able to catch mullet when dolphins are less frequent or absent.

Our findings reveal that the body size distribution of mullets caught by cast net fishermen varies significantly with season in the study area. Mullet form large schools during the reproductive migration in austral autumn and winter in the coastal regions of southern Brazil (Vieira and Scalabrin, 1991; Vieira et al., 2008; Lemos et al., 2014). Most *M. liza* individuals caught in autumn and winter in the Tramandaí River estuary are adults and are larger than the average total length of first maturity ($L_m = 408$ mm; Lemos et al., 2014); many of the females showed well-developed ovaries. In the present study, the average size of mullets caught in autumn/winter by cast net fishermen was larger than that of the mullets predominating the spring and summer catches.

Simões-Lopes et al. (1998) suggested that the body sizes of mullet caught by cast net fishermen in Tramandaí/Imbé and Laguna are influenced by the presence of dolphins. According to these authors, dolphins preferentially select larger mullet; consequently, the mullet captured by fishermen would also have larger body sizes. However, our results did not corroborate this claim. We did not observe a significant difference in the body size of mullet caught when the dolphins were present or absent in the entrance channel of the ESTR. The interpretation of the differences in the body size of mullets caught in the study area may be improved by considering the interaction between the presence/absence of dolphins and seasonality. During summer, as previously claimed by Simões-Lopes et al. (1998), fishermen catch larger mullet when dolphins are present. Because *T. truncatus* is able to select larger prey for feeding (Barros and Wells, 1998), we cannot eliminate the possibility that these cetaceans select larger mullet for fishermen in certain seasons.

The interactions among mullets, dolphins, fishermen and environmental variables are complex, and consequently it is difficult to disentangle the various cause-and-effect relationships. The use of GLM models helped to reveal that the time of year (months) followed by the number of dolphins were the main factors explaining the presence of mullet in the fishermen's catches. The number of dolphins and the spatial distribution of fishermen along the banks of the entrance channel of the ESTR together

explained more than 30% of mullet abundance. Fishermen follow the movement of dolphins along the channel, and thus the fishing sector used appears to vary seasonally: during autumn and winter, fishing occurs mainly inside the channel in the estuary, whereas during spring and summer, fishing occurs primarily near the adjacent coastal zone. Therefore, the higher the number of dolphins in a specific fishing sector, the higher the probability that the fishermen will catch mullet in higher quantities.

The cooperative fishery between dolphins and cast net fishermen has been described as a mutually beneficial interaction because both species use different strategies to achieve a shared goal: increasing target-prey (mullet) capture (Simões-Lopes et al., 1998). According to Daura-Jorge et al. (2012), social connections among *T. truncatus* individuals facilitate the maintenance of cooperative behavior with fishermen through social learning and may be interpreted as a “culture”. In southern Brazil, mullet fishing is a cultural tradition that occurs with and without the interaction with dolphins; both dolphins and fishermen visit coastal and estuarine environments because those are the preferential habitats of their common prey. The mutual benefit of this cooperation is catching mullet, but the implications of mullet population dynamics and fishery exploitation for this complex human-dolphin relationship have been largely neglected in prior studies.

There is strong evidence that the southern population of *M. liza* (Mai et al., 2014) is overfished and that the stock seems to be on the verge of collapse, particularly due to fishing pressure during the reproductive migration period (Lemos et al., 2014; Gonzáles-Castro et al., 2015). Increasing concern about the sustained viability of the southern population of *M. liza* has led Brazilian authorities to enact stricter regulations on fishing, but these measures have been largely inappropriate, ineffective, systematically transgressed and, apparently, inadequate for ensuring the maintenance of mullet population abundance. There is, therefore, a clear need for better management to safeguard the sustainability of the southern population of *M. liza*.

Coastal populations of *Tursiops truncatus* are endangered in extreme southern Brazil (Rio Grande do Sul, 2014), and their conservation is relevant to the cast net fishermen of the ESTR. In addition, the cast net fishery in this estuary should also be

protected because artisanal fishermen suffer from economic exclusion, social marginalization, class exploitation, political disempowerment, environmental change, ecological marginalization, loss of identity, and disconnection from resources and from other fishermen (Nayak et al., 2014). These negative impacts hinder the maintenance of this traditional fishery. Although it is important to preserve the dolphins and protect local artisanal fishermen, without mullets, there will be no cooperative interaction between dolphins and fishermen. Therefore, save the mullets to save the cooperation.

Acknowledgments

MLS acknowledges CAPES and CNPq for financial support for the development work. Thanks to all of the cast net fishermen of the Tramandaí. VML is currently a postdoctoral researcher at PVE (Projeto Nº A101/2013). JPV (Proc. 482236/2011-6) received a CNPq grant. This work is a contribution of FAPERGS Proc. 2327-2551/14-6 and PELD (Brazilian Long Term Ecological Research Program; CNPq - Proc. 403805/2012-0).

References

- Artioli, L.G.S, Vieira, J.P., Garcia, A.M., Bemvenuti, M.D, 2009. Distribuição, dominância e estrutura de tamanhos da assembléia de peixes da lagoa Mangueira, sul do Brasil. *Iheringia Sér. Zoo.*, 99 (4), 409-418.
- Barros, N.B., Wells, R.S., 1998. Prey and feeding patterns of resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida. *J. Mammal.*, 79 (3), 1045-1059.
- Beger, M., Possingham, H.P., 2008. Environmental factors that influence the distribution of coral reef fishes: modeling occurrence data for broad-scale conservation and management. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 361, 1-13.
doi:10.3354/MEPS07481

- Berkes, F., Mahon, R., McConney, P., Pollnac, R., Pomeroy, R, 2001. Managing small-scale fisheries alternative directions and methods. IDRC, Ottawa.
- Burnham, P.K., Anderson, D.R., 2002. Models Selection and Multi-Model Inference: practical information - theoretic approach. Springer-Verlag, New York.
- Busnel, R.G., 1973. Symbiotic relationship between man and dolphins. Tran. N. Y. Acad. Sci., 35,112-31.
- Chomenko, L., Schäfer, A., 1984. Interpretação da distribuição do gênero Littoridina (Hydrobiidae) nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. Amazoniana, 9, 127-146.
- Courrat, A., Lobry, J., Nicolas, D., Laffargue, P., Amara, R., Le Pape L.M., 2009. Anthropogenic disturbance on nursery function of estuarine areas for marine species. Estuar. Coast. Shelf. Sci., 81 (2), 179-190.
doi.org/10.1016/j.ecss.2008.10.017.
- D’Lima, C. Marsh, H., Hamann, M., Sinha A., Arthur, R., 2014. Positive interactions between Irrawaddy dolphins and artisanal fishers in the Chilika Lagoon of eastern India are driven by ecology, socioeconomics, and culture. J. Hum. Environ., 43 (5), 614-624.
- Daura-Jorge, F.G., Cantor, M., Ingram, S.N., Lusseau, D., Simões-Lopes, P.C., 2012. The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen. Biol. Lett., 8, 702-705.
doi:10.1098/rsbl.2012.0174
- Defran, R.H., Weller, D.W., Kelly, D.L., Espinosa, M.A., 1999. Range characteristics of Pacific coast bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Southern California Bight. Mar. Mam. Sci., 15 (2), 381-393.
- Diegues, A.C.S., 2004. A pesca construindo sociedades: leituras em antropologia marítima e pesqueira. São Paulo: NUPAUB-USP. Brasil.

- Edo, H., 2007. Cast Nets, in Johnson, D.H., Shrier, B.M., O'Neil, J.S., Knutzen, J.A., Augerot, X., O'Neil, T.A., Pearsons, T.N., 2007. Salmonid field protocols handbook: techniques for assessing status and trends in salmon and trout populations. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Fairholme, J.K.E., 1856. The blacks of Morenton Bay and the porpoises. Proc. Zool. Soc., 24, 353-354.
- França, S., Costa, M.J., Cabral, H.N., 2011. Inter- and intra-estuarine fish assemblage variability patterns along the Portuguese coast. Estuar. Coast. Shelf. Sci., 91, 262–271. doi:10.1016/J.ECSS.2010.10.035
- Garcia, A.M., Vieira, J.P., Winemiller, K.O., 2001. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. J.Fish Biol., 59, 1218–1238.
- González-Castro, M., Vieira, J.P., Peres M.B, Albieri, R.J., Mendonça, J.T., Miranda, L.V. de., Padre, N.N., Padovani, B.F., da Silva, F.M.S., Rodrigues, A.M.T., Chao, L., 2015. *Mugil liza*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T190409A1951047.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015.RLTS.T190409A1951047.
- Guimarães, P.V., Farina, L., Toldo, E.J., Diaz-Hernandez, G., Akhmatskaya, E., 2015. Numerical simulation of extreme wave run up during storm events in Tramandai Beach, Rio Grande do Sul, Brazil. Coast. Eng., 95, 171–180.
- Hanson, M.T., Defran, R.H., 1993. The behavior and feeding ecology of the Pacific coast bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. Aquat. Mamm., 19 (3), 127-142.
- Harayashiki, C., Furlan, F.M., Vieira, J.P., 2011. Perfil sócio-econômico dos pescadores da ponte dos franceses, Rio Grande, RS, Brasil. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 37(1), 93-101.
- Irvine, A.B., Scott, M.D., Wells, R.S., Kaufman, J.H., 1981. Movements and activities of the Atlantic Bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. Fish. Bull., 79, 671-688.

- Kalikoski, D.C., Vasconcellos, M., 2013. Case study of the technical, socio-economic and environmental conditions of small-scale fisheries in the estuary of Patos Lagoon, Brazil: a methodology for assessment. FAO Fisheries and Aquaculture Circular. No. 1075. Rome.
- Kapusta, S.C., Wurdig, N.L., Bemvenuti, C.E., Pinto, T.K., 2006. Spatial and temporal distribution of Nematoda in a subtropical estuary. *Acta Limnol. Bras.*, 18(2), 133-144.
- Klippel, S., Peres, M.B., Vooren, C.M., Lamónaca, A.F., 2005. A pesca artesanal na costa da Plataforma Sul, in: Vooren, C.M., Klippel, S., 2005. Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil, Igaré, Brasil.
- Kumar, A.B., Smrithy, R. Sathasivam, K., 2012. Dolphin-assisted cast net fishery in the Ashtamudi Estuary, south-west coast of India. *Indian J. Fish.*, 59 (3), 143-148.
- Lemos, V.M., Varela Jr., A.S., Schwingel, P.R., Muelbert, J.H.,Vieira, J.P., 2014. Migration and reproductive biology of *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in south Brazil. *J.Fish Biol.*, 85, 671-687. doi: 10.1111/jfb.12452
- Mai, A.C.G., Miño, C.I., Marins, L.F.F., Monteiro-Neto, C., Miranda, L.V. de, Schwingel, P.R., Lemos, V.M., Gonzalez-Castro, M., Castello, J.P., Vieira, J.P., 2014. Microsatellite variation and genetic structuring in *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) populations from Argentina and Brazil. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*,149, 80-86.
- MCCullagh, P., Nelder, J.A., 1989. Generalized Linear Models. , 2nd ed, Chapman & Hall, London.
- Myers, R.A., Pepin, P., 1990. The robustness of lognormal based estimators of abundance. *Biometrics* 46, 1185-1192.
- Nayak, P.K., Oliveira, L.E., Berkes, F., 2014. Resource degradation, marginalization, and poverty in small-scale fisheries: threats to social-ecological resilience in India and Brazil. *Ecol.Soc.* 19 (2), 73-82. doi.org/10.5751/ES-06656-190273

- Peres, M.B., Klippel, S., Vianna, M.A.C., 2007. Áreas de exclusão de pesca propostas no processo de gestão participativa da pesca artesanal no litoral norte do Rio Grande do Sul: um relato experiência. In: Ministério do Meio Ambiente. Áreas aquáticas protegidas como instrumento de gestão pesqueira. Brasília: 131-147.
- Peterson, D., Hanazaki, N., Simões-Lopes, P.C., 2008. Natural resource appropriation in cooperative artisanal fishing between fishermen and dolphins (*Tursiops truncatus*) in Laguna, Brazil. *Ocean Coast Manag.*, 5, 469-475.
- Pryor, K., Lindbergh, J., Lindbergh, S., Milano, R., 1990. A dolphin-human fishing cooperative in Brazil. *Mar. Mamm. Sci.*, 6 (1), 77-82.
- R Development Core Team 2005. 'R: a Language and Environment for Statistical Computing.' (R Foundation for Statistical Computing: Vienna.) Available at <http://www.R-project.org>
- RIO GRANDE DO SUL, 2014 DECRETO Nº 51.797, de 8 de setembro de 2014. Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul. *Diário Oficial do RS*, 9 de setembro de 2014, pag. 2.
- Rodrigues, F.L., Cabral, H.N., Vieira, J.P., 2014. Assessing surf-zone fish assemblage variability in southern Brazil. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 66 (2), 106-119. <http://dx.doi.org/10.1071/MF13210>
- Shane, S.H., Wells, R.S., Würsig, B., 1986. Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: A review. *Mar. Mam. Sci.*, 2, 34-63.
- Silva, K.G., Crivellaro, C.V.L., Araújo, T.G., Menezes, R.B., 2014. Projeto mamíferos marinhos no litoral do Rio Grande do Sul. Rio Grande, RS: Nema. 72p.
- Simões-Lopes, P.C., 1991. Interaction of coastal populations of *Tursiops truncatus* (Cetacea, Delphinidae) with the mullet artisanal fisheries in southern Brazil. *Biotemas*, 4, 83-94.

- Simões-Lopes, P.C., Fabian, M.E., 1999. Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu) (Cetacea, Delphinidae) off Southern Brazil. *Rev. Bras. Zool.*, 16, 1017 - 1024.
- Simões-Lopes, P.C., Fabian, M.E., Menegheti, J.O., 1998. Dolphin interactions with the mullet artisanal fishing on southern Brazil: a qualitative and quantitative approach. *Revta bras. Zool.*, 15 (3), 709 - 726.
- Smith, B.D., Tun, T.M. Chit, A.M., Winb, H., Moeb, T., 2009. Catch composition and conservation management of a human–dolphin cooperative cast-net fishery in the Ayeyarwady River, Myanmar. *Biol. Cons.*, 142, 1042-1049.
- Tabajara, L.L.C.A., Dillenburg, S., 1997. Batimetria e sedimentos de fundo da laguna de Tramandaí – RS. CECO/IG/UFRGS, Porto Alegre. p. 21-33. (Notas Técnicas, 10).
- Taylor, W., Gerking, W., 1978. Potential of the Ohrid rifle minnow, *Alburnoides bipunctatus ohridanus*, as an indicator of pollution. *Verh. Internat. Verein. Limnology*, 20, 2178-2181.
- Toldo, E., Nicolodi, J., Almeida, L., Corrêa, I., Esteves, L., 2006. Coastal dunes and shore face width as a function of longshore transport. *J. Coast. Res.*, 39, 90-94.
- Vieira, J.P., 2006. Ecological analogies between estuarine bottom trawl fish assemblages from Patos Lagoon, Rio Grande do Sul, Brazil and York River, Virginia, USA. *Ver. Bras. Zool.*, 23 (1), 234-247.
- Vieira, J.P., Garcia, A.M. Grimm, A.M., 2008. Evidences of El Niño effects on the mullet fishery of the Patos Lagoon Estuary. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 51, 433-440.
- Vieira, J.P., Scalabrin, C., 1991. Migração reprodutiva da Tainha (*Mugil platanus*, Günther, 1880) no sul do Brasil. *Atlântica*, 13, 131-141.

- Villwock, J.A., Tomazelli, L.J., 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. Notas Técnicas, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, UFRGS. Porto Alegre, 8:1-45.
- Whitfield, A.K., Panfili, J., Durand, J., 2012. A global review of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), with emphasis on the biology, genetics, ecology and fisheries aspects of this apparent species complex. Rev. Fish Biol. Fish., 22, 641-681.
- Würdig, N.L., 1988. Distribuição espacial e temporal da comunidade de Ostracodes nas Lagoas Tramandaí e Armazém Rio Grande do Sul, Brasil. Acta Limnol. Bras., 11, 701-721.
- Zappes, C.A., Andriolo, A., Simões-Lopes, P.C., Di Benedetto, A.P.M., 2011. ‘Human-dolphin (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) cooperative fishery’ and its influence on cast net fishing activities in Barra de Imbé/Tramandaí, Southern Brazil. Ocean Coast. Manag., 54, 427-432.
- Zar, J.H., 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Smith, G.N., 2007. Analysing Ecological Data. Springer: Dordrecht.

TABLES

Table 1: Spearman (roh) correlations among variables. * $P < 0.05$.

	Month	Fishing sector	Season	Temperature	Salinity	Wind	Regime channel	Number of dolphins
Month	1							
Fishing sector	-0.02	1						
Season	0.94*	-0.12*	1					
Temperature	-0.49*	-0.17*	-0.39*	1				
Salinity	0.29*	-0.08	0.40*	-0.25*	1			
Wind	0.03	-0.06	0.09	-0.04	0.03	1		
Regime channel	-0.23*	-0.01	-0.22*	-0.01	-0.30*	-0.19*	1	
Number of dolphins	-0.09	0.41*	-0.08	-0.02	0.06	-0.01	0.01	1

Table 2: List of species caught by cast net fishermen in cooperation with dolphins at the entrance channel of the ESTR, along with frequency of occurrence (%FO) and number of individuals per unit of effort (throws/fisherman/1 h) (CPUE). Species were classified as: abundant and frequent (black shading), frequent and not abundant (light grey shading), abundant and infrequent (dark grey shading), infrequent and not abundant (no shading) and absent (–).

Species	Summer		Autumn		Winter		Spring	
	Frequency of Occurrence	CPUE	Frequency of Occurrence	CPUE	Frequency of Occurrence	CPUE	Frequency of Occurrence	CPUE
	FO%	(Ind/throws/1h)	FO%	(Ind/throws/1h)	FO%	(Ind/throws/1h)	FO%	(Ind/throws/1h)
<i>Mugil liza</i>	38.33	0.093	52.81	0.25	48.00	0.24	62.71	0.19
<i>Brevoortia pectinata</i>	3.33	0.002	1.12	0.05	-	-	6.78	0.18
<i>Genidens sp</i>	-	-	1.12	0.001	1.33	0.0002	5.08	0.01
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	1.67	0.005	1.12	0.002	-	-	3.39	0.003
<i>Centropomus sp</i>	1.67	0.004	0.56	0.002	-	-	3.39	0.002
<i>Mugil curema</i>	3.33	0.002	1.12	0.003	-	-	3.39	0.003
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	3.33	0.001	0.56	0.001	-	-	3.39	0.004
<i>Caranx latus</i>	1.67	0.002	-	-	-	-	-	-
<i>Selene vomer</i>	1.67	0.001	-	-	-	-	-	-
<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	-	-	-	-	1.33	0.001	-	-
<i>Menticirrhus americanus</i>	-	-	-	-	-	-	1.69	0.001
<i>Elops saurus</i>	-	-	0.56	0.001	-	-	-	-
<i>Trachinotus marginatus</i>	-	-	0.56	0.001	-	-	-	-
<i>Menticirrhus littoralis</i>	-	-	0.56	0.001	-	-	-	-

<i>Trachinotus carolinus</i>	-	-	0.56	0.001	-	-	-	-
<i>Pomatomus saltatrix</i>	-	-	0.56	0.0004	-	-	-	-
Total		0.11		0.31		0.24		0.40
N. of species	8 species		12 species		3 species		8 species	

Table 3: Analyses of deviances for the generalized linear model that best explains the occurrence (binomial model) and abundance (gamma model) of mullets. d.f.: degrees of freedom; Res. Dev: residual deviance; Dev. Expl: deviance explained in percentage; Sig.: significance; (*): $p < 0.05$; (**): $p < 0.01$; (***): $p < 0.001$; (-): $p > 0.05$

Models	Predictors	d.f.	Res. Dev.	% Dev. Expl.	Sig.
Occurrence					
Binomial Model (0 or 1)					
~ Month + Number of dolphins	Null	372	516.87		
	<i>Main effects</i>				
	Month	361	472.86	8.53	***
	Number of dolphins	360	454.99	3.47	***
	Total explained			12	
Abundance					
Gama model [Log (CPUE+1)]					
~ (Fishing area*Month) + Number of dolphins	Null	189	158.5		
	<i>Main effects</i>				
	Fishing area	185	144.53	8.86	***
	Month	174	135.82	5.52	-
	Number of dolphins	173	96.45	24.97	***
	Fishing area*Month	163	85.96	6.65	*
	Total explained			46	

Table 4: Seasonal comparisons of fishing effort and relationships with the presence or absence of dolphins. Factorial ANOVA results indicate SSQ (sum of squares), d.f. (degrees of freedom), MS (average square), F value and Tukey's test. (***): $p < 0.01$; (-): $p > 0.05$

Factorial Anova (Fishing Effort)						Tukey Test	
Effect	SSQ	d.f.	MS	F	p	Comparisons	p
Dolphins	188.5	1	188.5	177.552	***	Summer (Presence) x Summer (Absence)	***
Season	5.4	3	1.8	1.698	-	Autumn (Presence) x Autumn (Absence)	***
Season * Dolphins	7.6	3	2.54	2.389	-	Winter (Presence) x Winter (Absence)	***
Residuals	386.5	364	1.06			Spring (Presence) x Spring (Absence)	-

Table 5: Relationship between capture success (number of samples with mullets) and capture failure (number of samples without mullets) and presence or absence of dolphins in each fishing sector. (*): $p < 0.05$

Season	With dolphins			Without dolphins		
	Success of capture	Failure of capture	χ^2	Success of capture	Failure of capture	χ^2
Summer (n=57)	15 (68%)	7 (32%)	13.2*	8 (23%)	27 (77%)	29.4*
Autumn (n=174)	64 (67%)	32 (33%)	11.1*	30 (38%)	48 (62%)	5.3*
Winter (n=74)	26 (67%)	13 (33%)	11.1*	10 (29%)	25 (71%)	18.3*
Spring (n=57)	11 (69%)	5 (31%)	14*	26 (63%)	15 (37%)	7.2*
Total (n=362)	116 (67%)	57 (33%)	11.3*	74 (39%)	115 (61%)	4.7*

Table 6: Seasonal comparison of body size (total length, mm) of mullets with the presence or absence of dolphins. Factorial ANOVA results indicate SSQ (sum of squares), d.f. (degrees of freedom), MS (average square), F value and Tukey's test. (***): $p < 0.01$; (-): $p > 0.05$

Factorial Anova (Total Length)						Tukey Test	
Effect	SSQ	d.f.	MS	F	p	Comparisons	p
Season	541669	3	180556	35.642	***	Summer (Presence) x Summer (Absence)	***
Dolphins	14041	1	14041	2.772	-	Autumn (Presence) x Autumn (Absence)	-
Season*Dolphins	141467	3	47156	9.309	***	Winter (Presence) x Winter (Absence)	-
Residuals	2502548	494	5066			Spring (Presence) x Spring (Absence)	-

FIGURES

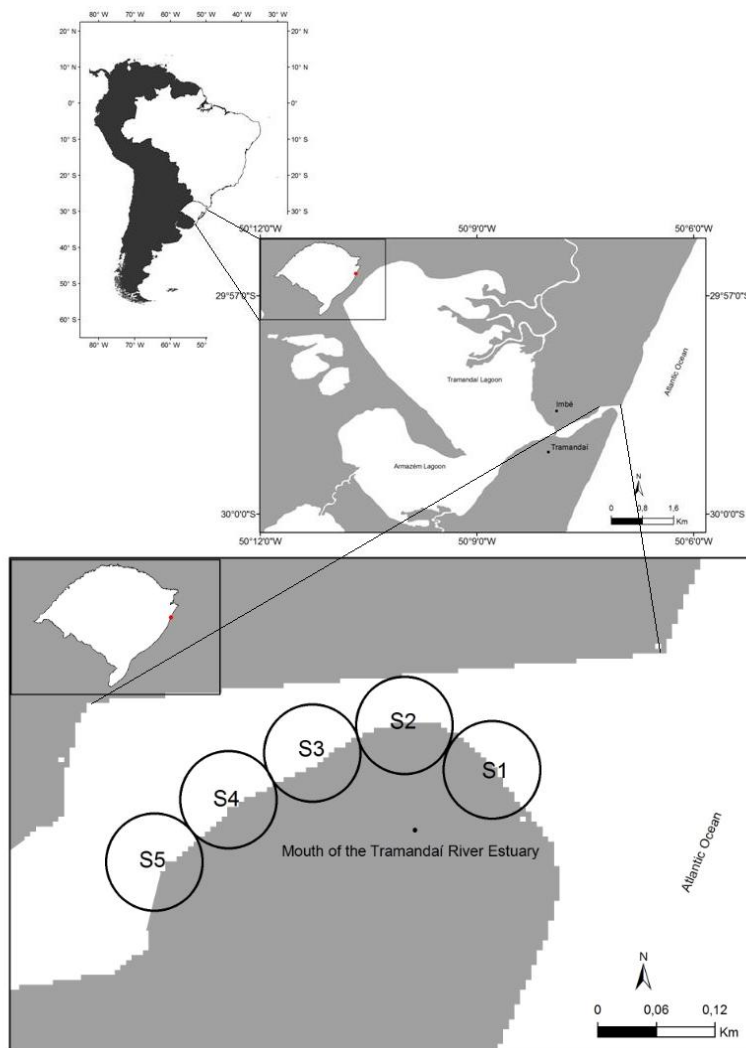


Figure 1: Study area and sampled fishing sectors (sampling sectors): the estuarine system of the Tramandaí River in southern Brazil.

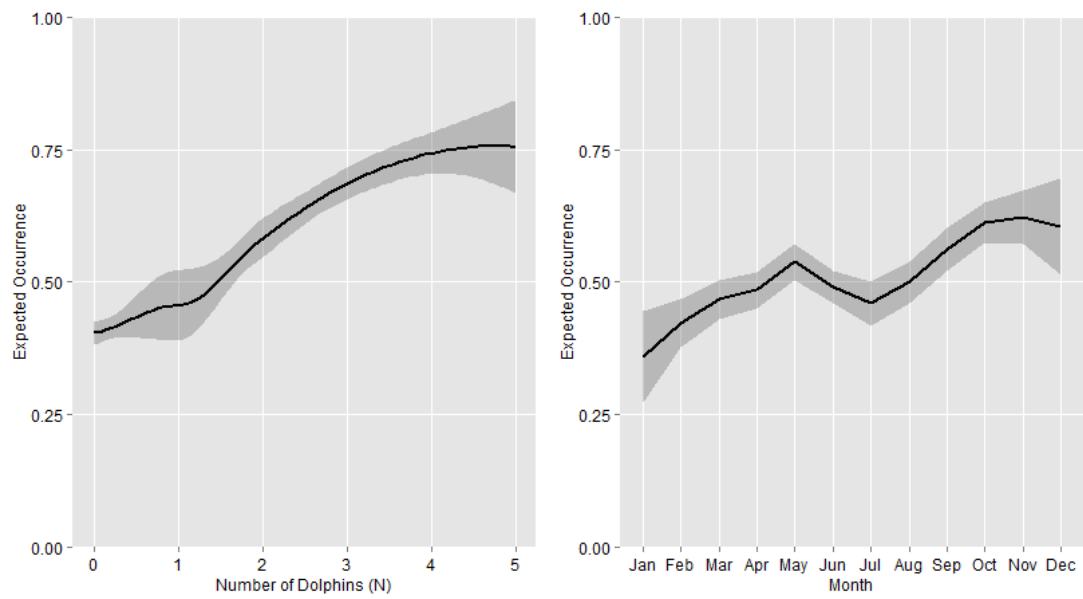


Figure 2: Expected occurrence of *Mugil liza* for predictors of the binomial model: number of dolphins (left) and month (right). The black lines indicate the moving averages; dark gray areas represent the 95% confidence intervals of the predictions.

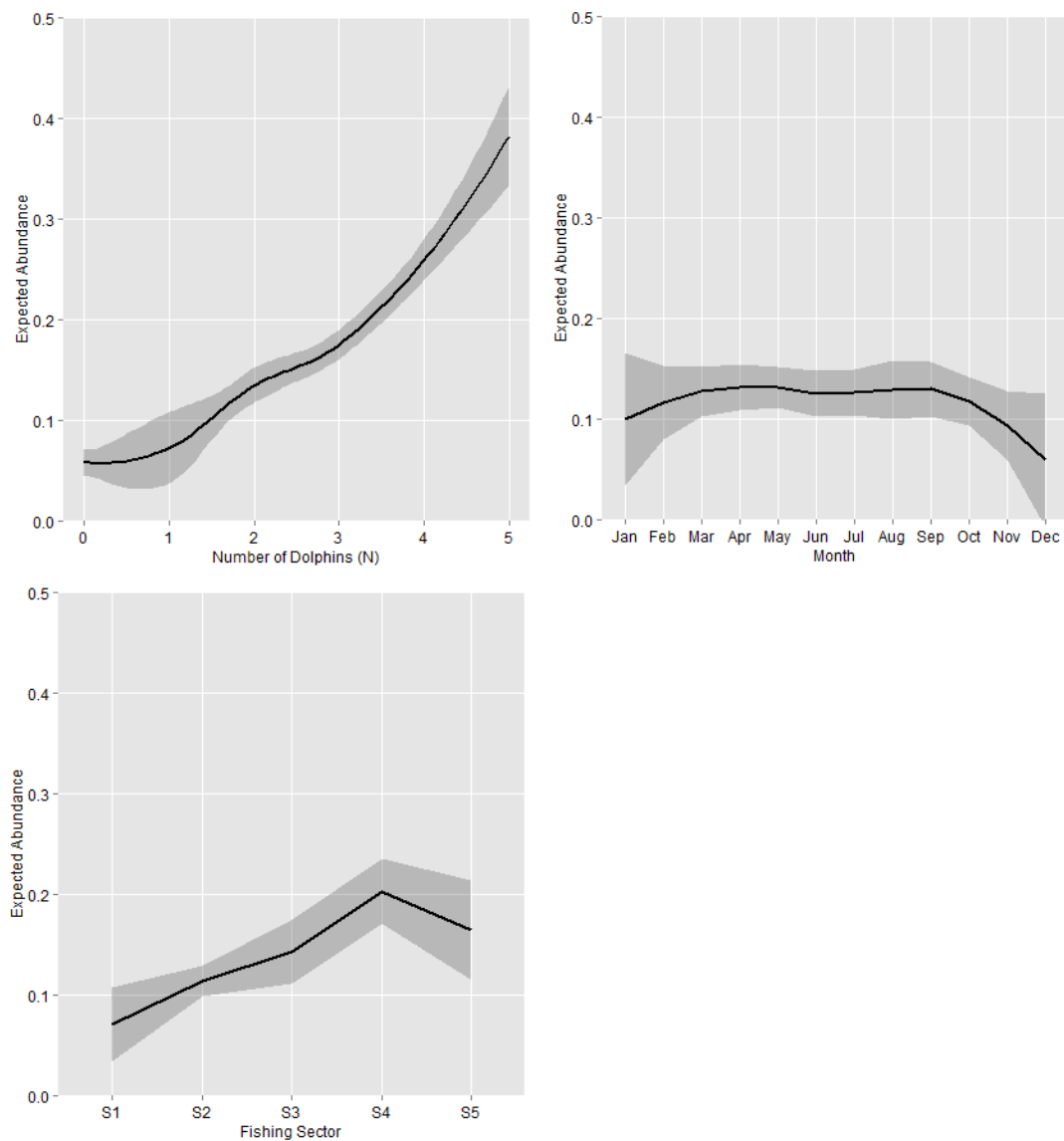


Figure 3: Expected abundance of *Mugil liza* for predictors of the gamma GLM: number of dolphins (left and above), month (right and above) and fishing area (left and below). The black line indicates the moving average; dark gray areas represent the 95% confidence intervals of the predictions.

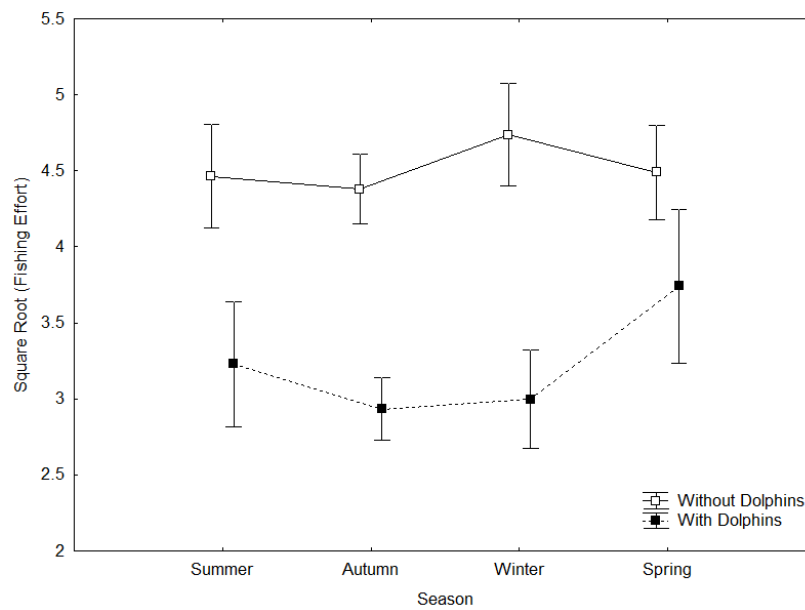


Figure 4: Seasonal variation in fishing effort (number of cast net throws/number of fishermen in the sample/1 h); means and standard deviations of the effort in the presence or absence of dolphins.

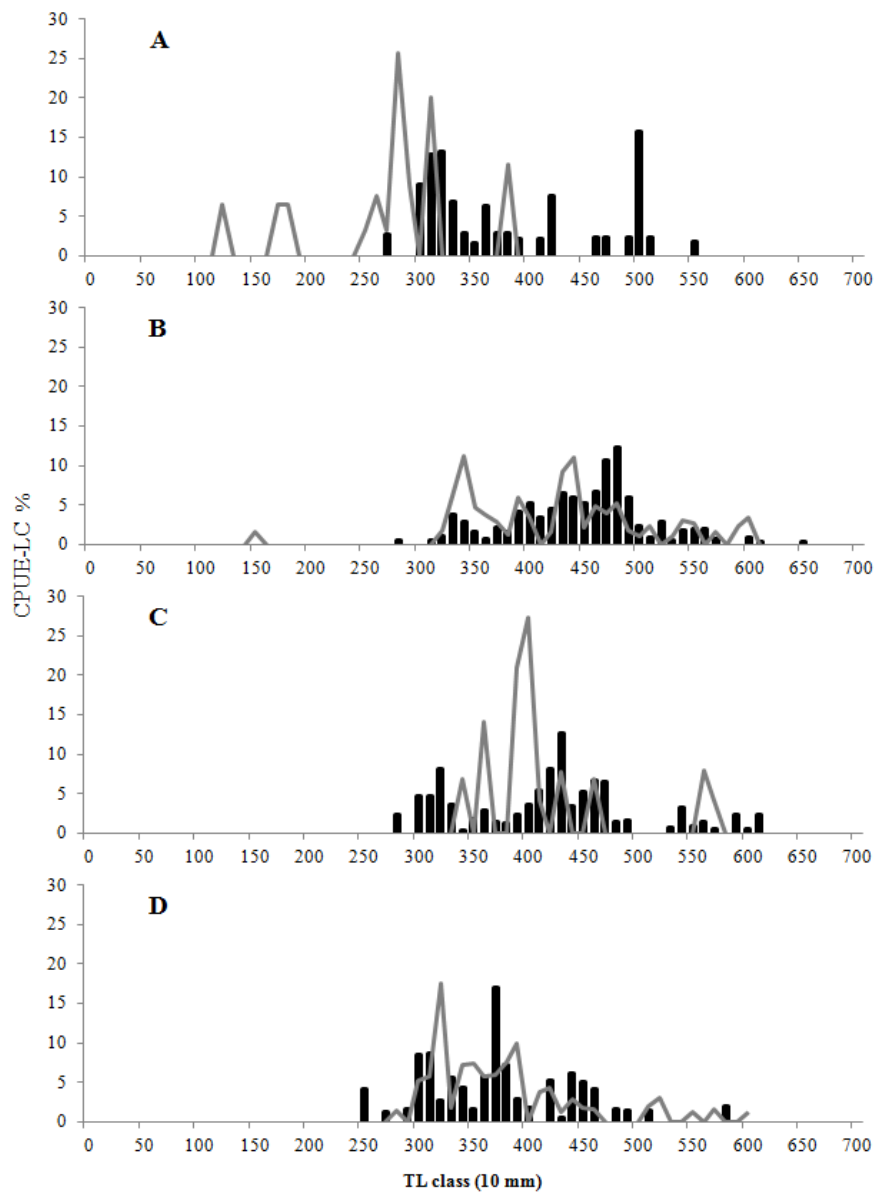


Figure 5: Catch per unit effort (CPUE-LC %) by size classes (10 mm) in (A) summer, (B) autumn, (C) winter and (D) spring. Black bars indicate mullets captured in the presence of dolphins; light gray lines indicate mullets captured in the absence of dolphins.

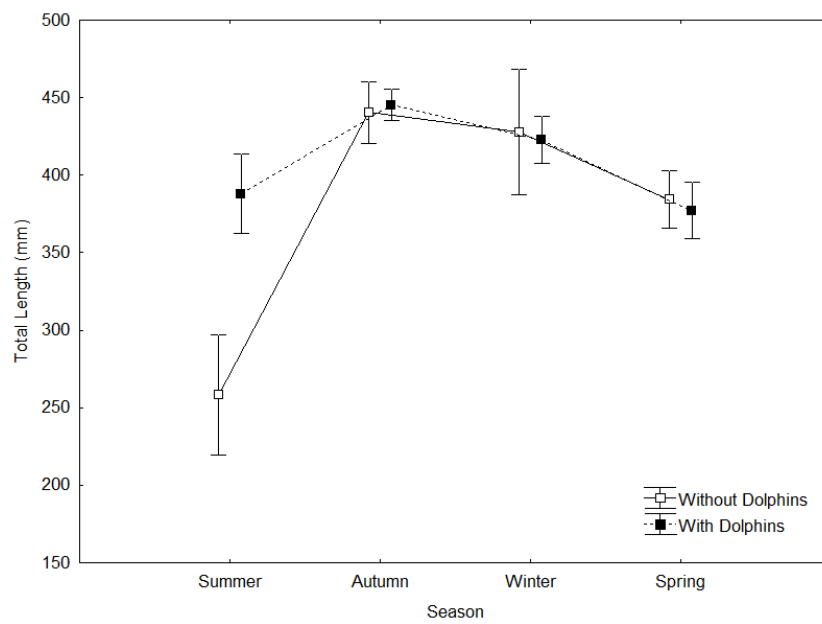


Figure 6: Seasonal variation in total length (mean and standard deviation) of *Mugil liza* caught in the presence or absence of dolphins.