

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA**

**VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL NA  
DISTRIBUIÇÃO DO BOTO, *Tursiops truncatus*,  
NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS E SUA  
RELAÇÃO COM FATORES HIDROLÓGICOS E  
CLIMÁTICOS**

**LUCAS OTT TAVARES**

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. LUCIANO DALLA ROSA

Co-orientador: Dr. PEDRO F. FRUET

**RIO GRANDE**  
**Fevereiro de 2017**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Luciano Dalla Rosa, pela orientação e toda ajuda que durante o trabalho. Muito obrigado por tudo Luciano.

A banca avaliadora, pelas correções, sugestões e críticas construtivas que com certeza contribuíram imensamente para a melhoria do trabalho.

Ao Pedro Fruet e Rodrigo Genoves (Rodrigão) e todo projeto botos por me cederem os dados e por compartilharem todo o conhecimento sobre a nossa querida população de botos.

Ao Jonatas Prado (Jonhy) pelas conversas e discussões nessa reta final que foram essenciais.

À Juliana Di Tullio (Jusp) pela ajuda na confecção dos mapas e avaliação do trabalho.

A todo o ECOMega, pela parceria de sempre. Sem sombra de dúvida uma das melhores escolhas que fiz foiiir atrás de um lugar nesse lab.

Ao Lelo, pelas conversas e ajuda sensacional nesse últimos tempos. Valeu Lelo!

A galera do Ceião do Fatuello, pela amizade de longa data e por proporcionar momentos de descontração.

Ao pessoal da Confraria e pelas jantas de terça que animavam a semana

Aos meus pais, que na realidade não tenho palavras pra expressar o quanto me ajudaram e apoiaram, em todos os momentos da minha vida. Amo muito vocês!

A Bruna, pela paciência e apoio incansáveis durante esses anos! És com certeza a mulher da minha vida! Te amo!

## ÍNDICE

RESUMO

ABSTRACT

|      |                                 |    |
|------|---------------------------------|----|
| I.   | INTRODUÇÃO.....                 | 8  |
| II.  | MATERIAL E MÉTODOS.....         | 12 |
| III. | RESULTADOS.....                 | 18 |
| IV.  | DISCUSSÃO.....                  | 19 |
| V.   | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 26 |
| VI.  | TABELAS.....                    | 35 |
| VII. | FIGURAS.....                    | 37 |

## RESUMO

Regiões estuarinas são caracterizadas por altos níveis de variação em suas condições por ser uma zona de transição entre o sistema marinho costeiro e continental. Espécies inseridas nestes ambientes estão sujeitas a pressões ambientais e antrópicas, reflexo do alto valor econômico destes ambientes. Uma das principais forças que ditam a dinâmica de estuários é a vazão, regulando a salinidade e toda a qualidade da água e consequente efeito sobre a biota local. No estuário da lagoa dos Patos uma população residente de botos, *Tursiops truncatus*, que está à mercê da dinâmica estuarina. O objetivo desse trabalho é estudar a distribuição do boto relacionada com a vazão local, anomalias climáticas (ENOS) e ao longo do tempo. Variáveis temporais (ano, mês e estação) hidrológica (vazão) e climática (ENOS e índice ONI) foram inseridas em modelos GAM, tendo o número de grupos por evento amostral (saídas de campo) como variável resposta. Mapas de densidade de Kernel foram feitos para observar os padrões de distribuição de acordo com a sazonalidade e período do ENOS. Um modelo com distribuição binomial negativa e outro com distribuição de Poisson foram selecionados com base nos resíduos, deviança explicada e AIC. Ao todo, as variáveis ano, vazão, estação e ONI foram selecionadas pelo processo de modelagem. Os mapas mostraram padrões em direção ao interior do estuário durante período de La Niña e concentrações mais restritas a boca do estuário durante a primavera e verão, épocas de grande produtividade nessa região. De acordo com os resultados, houve um declínio de grupos entre 2007 e 2011, provável reflexo da obra de ampliação do molhes da barra do Rio Grande, as margens do estuário. Os botos, como estratégia para evitar perturbações, podem ter passado a usar mais zona costeira adjacente. A vazão pareceu influenciar para que menos grupos sejam encontrados durante níveis de vazão maiores. A salinidade regulada pela descarga fluvial exerce grande influência no ciclo de vida da assembleia de peixes no estuário, diretamente

implicando na abundância de peixes e provável mudança na distribuição do boto como resposta a uma menor disponibilidade de alimento. O mapa do La Niña, período de vazão baixa, corrobora o fato de uma preferência dos botos por salinidades maiores, sendo observado maiores densidade ao longo do estuário quando comparado aos outros períodos. Níveis de vazão e índices climáticos são de importância fundamental na dinâmica estuarina, podendo daqui pra frente serem melhor utilizadas em modelos para conservação dos ecossistemas estuarinos e suas comunidades biológicas.

**Palavras-chave:** *Tursiops truncatus*, distribuição, estuário da lagoa dos patos, vazão, ENOS, GAM.

## ABSTRACT

Estuarine regions are characterized by high levels of variation given its condition of a transitional zone between marine and continental system. Species inserted in these environments are subject to environmental and anthropic pressures, reflecting the high ecological and economic value of these environments. One of the main forces that dictate the dynamics of estuaries is the flow, regulating the salinity and the quality of the water and consequent effect on the local biota. In the Patos Lagoon estuary, Rio Grande, Brazil, a resident population of bottlenose-dolphins, *Tursiops truncatus*, are at the mercy of the estuarine dynamics. The objective of this work is to study the distribution of this population of bottlenose-dolphin related to the local river discharge, climatic anomalies (ENOS) and over time. Temporal (year, month and season), hydrological (flow) and climatic (ENOS and ONI index) variables were inserted in GAM models, with the number of groups per sample event (surveys) as response variable. Kernel density maps were made to observe distribution patterns according to the seasonality and ENSO period. A model with negative binomial distribution and another one with Poisson distribution were selected based on the residues, explained deviance and AIC. In all, the variables year, flow, season and ONI were selected by the modeling process. The maps showed patterns towards the interior of the estuary during La Niña period and more restricted concentrations at the mouth of the estuary during spring and summer, times of great productivity in that region. According to the results, there was a decline of groups between 2007 and 2011, a probable reflection of the expansion work of the Rio Grande jetties that makes the connection between the Patos Lagoon and the Atlantic Ocean. Bottlenose-dolphins, as a strategy to avoid disturbances, may have started to use more the adjacent coastal zone. The flow rate seemed to influence so fewer groups were encountered during higher river discharge rates. The salinity regulated by the river

discharge exerts a great influence on the life cycle of the fish assembly in the estuary, directly implicating in the abundance of fish and probable change in the distribution of the bottlenose-dolphin in response to a smaller availability of food. The La Niña map, period of low river discharge, corroborates the fact of a preference of porpoises for larger salinities, being observed higher density along the estuary when compared to other periods. These variables are of fundamental importance in the estuarine dynamics and can be better used in models for the conservation of estuarine ecosystems and their biological communities.

**Key words:** *Tursiops truncatus*, distribution, Patos Lagoon estuary, river discharge, ENSO, GAM.

## I. INTRODUÇÃO

Os aspectos que possibilitam a sobrevivência de uma espécie estão diretamente ligados ao ambiente que estão inseridos (Wisz *et al.* 2013). Para que possamos compreender melhor o uso do habitat por uma espécie, e suas respostas a variações ambientais, é necessário relacionar sua ocorrência e comportamento com variáveis que caracterizam o ambiente. Estudos sobre os padrões de distribuição de espécies vem tendo um grande destaque nas últimas décadas (Aves e insetos – Blake 1991, Barbaro *et al.* 2007, Storch *et al.* 2003; Fitoplâncton – Sullivan *et al.* 1993, Garibotti *et al.* 2003; Herpetofauna – Woinarski & Gambold 1992, Fischer *et al.* 2005, Diaz & Carrascal 1991; Cetáceos – Hammond *et al.* 1995, Forney & Barlow 1998, Baumgartner 1997, Bailey & Thompson 2009, Hastie *et al.* 2004, de Godoy *et al.* 2015, di Tullio *et al.* 2015), mostrando a importância de se evidenciar os padrões com que os indivíduos se distribuem e utilizam o espaço. Os resultados desse tipo de abordagem auxiliam na compreensão das relações (fatores abióticos e bióticos) que influenciam/governam as adaptações das espécies para o habitat em que estão inseridos (Holt 2003, Soberón 2010). Portanto, a delimitação dos padrões de distribuição e uso do habitat é um dos pilares para o desenvolvimento de políticas de manejo e conservação tanto de espécies quanto de ecossistemas em si (Bearzi *et al.* 2008, Lindenmayer & Likens 2009, Jetz *et al.* 2012).

O esforço para se identificar padrões de distribuição de espécies deve ser mais intenso em ambientes sujeitos a maiores variações de caráter ambiental e também de influência antrópica, a fim de identificar possíveis respostas dessas espécies e monitorá-las ao longo do tempo. Sistemas estuarinos, em particular, estão caracterizados por grandes variações em parâmetros ambientais e, frequentemente, expostos a altos níveis de atividades



antrópicas (Kramer *et al.* 1994), estando assim mais sujeitos a serem impactados do que qualquer outro ecossistema costeiro (Perillo *et al.* 1999).

As regiões estuarinas são classificadas como zonas de transição, ou ecótono, entre ecossistemas de água doce e marinho, variando suas características de acordo com as condições ecológicas do ambiente e as espécies ali inseridas (Walker *et al.* 2003, Basset *et al.* 2013). Devido a essa característica de um sistema de transição, suas condições dependem de variações climáticas e hidrológicas, fazendo com que esses sistemas sejam regidos tanto pela influência de águas continentais (descarga fluvial) quanto por processos oceanográficos da zona costeira (Kramer *et al.* 1994, Strazisar *et al.* 2015). Na maioria dos casos, o aporte de águas continentais serve como a principal força de regulação do sistema (Hobbie 2000), fornecendo um grande aporte de nutrientes e regulando os níveis de salinidade, fazendo com que a produtividade desses ambientes seja propícia para o desenvolvimento de comunidades biológicas (Rountree & Able 2007, Falco *et al.* 2010). Por esse fator e outros aliados à morfologia e dinâmica hidrológica, esses ambientes possuem um importante papel no ciclo de vida de várias espécies residentes e migratórias (Levin *et al.* 2001). Franco *et al.* (2008) apontam para a variabilidade de funções de um estuário em relação a assembleias de peixes, enfatizando a plasticidade desses sistemas para proporcionar habitats e sustentar uma rede trófica produtiva.

Os cetáceos são mamíferos marinhos de vida longa que possuem alta variedade de padrões de ocorrência e distribuição (Würsig & Jefferson 1990, Toth *et al.* 2010), muitas vezes formando populações associadas a regiões estuarinas e águas adjacentes. Por exemplo, no estuário de Pearl River, no mar do sul da China, é encontrada a maior população do golfinho-corcunda-indopacífico, *Sousa chinensis*, com mais de 2500 indivíduos (Chen *et al.* 2010). Huang *et al.* (2012) evidenciaram que essa população,

mesmo considerada grande, pode declinar no futuro. Isso porque a região é caracterizada por uma alta atividade industrial e portuária, tornando necessária uma melhor avaliação de seu status local por conta do constante impacto antrópico (Gui *et al.* 2014). O boto-cinza, *Sotalia guianensis*, é encontrado durante todo ano no complexo estuarino da Cananeia (de Godoy *et al.* 2015) e na Baía de Guanabara (Azevedo *et al.* 2005; Azevedo *et al.* 2007), sudoeste do Brasil. Duas regiões sujeitas a grandes pressões antrópicas e ambientais. Por serem animais que ocupam níveis elevados na cadeia trófica e por possuírem taxas de reprodução baixas e tamanhos populacionais geralmente reduzidos, as populações dessas espécies costeiro-estuarinas são muito vulneráveis a perturbações (Jefferson & Hung 2004, Jefferson *et al.* 2011, Wu *et al.* 2013). Conseqüentemente, essas populações necessitam de um acompanhamento sistemático para se avaliar suas condições e possíveis alterações em sua dinâmica de distribuição (Hartel *et al.* 2014).

Dentre as espécies de golfinhos que habitam essas áreas, a mais bem estudada é o boto, *Tursiops truncatus* (Montagu 1821), conhecido por sua distribuição cosmopolita (Wells & Scott 2009) e por formar pequenas populações associadas à costa e estuários (Irvine *et al.* 1981, Ballance 1992, Williams *et al.* 1993, Wilson *et al.* 1999, Möller *et al.* 2002, Hubard *et al.* 2004, Currey *et al.* 2007, Berrow *et al.* 2012, Pitchford *et al.* 2016). No estuário da Lagoa dos Patos (ELP), sul do Brasil, uma população de aproximadamente 90 botos (Fruet *et al.* 2011) é encontrada ao longo de todo ano (Mattos *et al.* 2007), demonstrando que a região proporciona todos os requisitos para o desenvolvimento das atividades vitais desta população, incluindo reprodução, alimentação e abrigo. A população do ELP é monitorada não sistematicamente desde a década de 70 (Castello & Pinedo 1977) e de maneira sistemática a partir de 2005, consequência da necessidade de preservação frente a grande influência antrópica (atividades industriais, portuárias, pesqueiras) que cerca a zona estuarina (Garcia *et al.* 2010). Esse acompanhamento

resultou em estudos sobre abundância (Dalla Rosa 1999, Fruet *et al.* 2011, Fruet *et al.* 2015a), comportamento (Mattos *et al.* 2007), epidemiologia (Van Bresse *et al.* 2015), contaminantes (Lago 2006), estrutura social (Genoves 2013), dieta (Lopez 2013, Secchi *et al.* 2016), genética (Fruet *et al.* 2014), estrutura etária e morfometria (Venuto 2015, Broni 2016). Sua distribuição também já foi estudada, relacionada com variáveis ambientais e espaço-temporais (Di Tullio *et al.* 2015). Porém, o ELP é o tipo de estuário regulado principalmente pelo regime de descarga fluvial, deixando a influência das marés como uma força secundária nessa regulação dada as características morfológicas e climáticas (Möller & Fernandes 2010). Por isso, a relação entre a distribuição da população de botos do ELP e os padrões de descarga fluvial da região, juntamente com índices climáticos (ENOS) que possuem um papel relevante na dinâmica ecológica da região (Garcia *et al.* 2001, Garcia *et al.* 2003), deveriam ser considerados em estudos de média ou longa duração.

Em áreas com grande estoque de alimento, como canais profundos, golfinhos tendem a não apresentar diferenças em sua distribuição entre estações (Maze & Würsig 1999, Fury & Harrison 2011). Por outro lado, um regime marcadamente sazonal do aporte de água doce altera os níveis de salinidade e de água, fazendo com que a estrutura do sistema estuarino se modifique, podendo causar variações na distribuição e comportamento da comunidade (Möller *et al.* 2009, Garcia *et al.* 2012). Secchi *et al.* (2016) encontraram diferenças entre as dietas de machos e fêmeas da população de botos do ELP, indicando como provável resposta o maior uso da região estuarina por parte das fêmeas. Os resultados indicaram que as fêmeas da população predavam sobre uma maior gama de espécies de teleósteos, talvez evidenciando o uso de águas com alta variação físico-química, suscetíveis a mudanças em sua biota. A população de botos do ELP é dividida em 3 unidades populacionais, uma utilizando as águas internas do estuário e a zona

costeira, outra a área costeira ao sul e outra ao norte da boca do estuário (Genoves 2013), mostrando um diferente uso da área por cada unidade e possíveis variações na utilização dos recursos.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espacial e temporal da população de botos do ELP (especificamente a unidade estuarina da população) e sua relação com variáveis climáticas e hidrológicas, para evidenciar padrões de distribuição e ocorrência ao longo dos anos e compreender a influência da dinâmica estuarina na ecologia da população. A hipótese de trabalho é de que mudanças nos padrões de distribuição do boto são respostas a oscilações que podem ser influenciadas por variáveis climáticas e hidrológicas, que modificariam os limites do habitat preferencial da população de botos no ELP. Os resultados deste estudo irão auxiliar em um melhor entendimento sobre as forças que condicionam a distribuição dos botos na região, tornando possíveis predições para planos de manejo mais adequados.

### *Objetivos*

- Geral:

Estudar a variação espacial e temporal (1994 – 2014) no padrão de distribuição da população de botos na área estuarina da Lagoa dos Patos.

- Específicos:

- Identificar tendências de distribuição dos botos no estuário da Lagoa dos Patos ao longo dos anos.

- Investigar se variáveis ambientais como descarga fluvial e índices climáticos estão correlacionadas com padrões de distribuição sazonal da população.

## **II. MATERIAL E MÉTODOS**

## Área de estudo

A Lagoa dos Patos (LP) (31°S 51°W) é uma laguna costeira situada no estado do Rio Grande do Sul, na região sul do Brasil. Responsável pela drenagem de uma bacia de cerca de 200.000 km<sup>2</sup>, a LP possui uma região transicional entre os ecossistemas de água doce continental e marinho/costeiro adjacente, que forma o estuário da Lagoa dos Patos (ELP) (32°S 52°W). O ELP possui uma área de aproximadamente 1000 km<sup>2</sup>, compreendendo cerca de 10% da área total da LP. Historicamente a população de botos do ELP utiliza a porção final do baixo estuário. Essa região faz a conexão da lagoa com o oceano Atlântico Sul-Occidental (ASO), através de um canal estreito delimitado por dois molhes. A área monitorada pelo presente estudo abrange cerca de 40 km<sup>2</sup>, cobrindo a área final do estuário, sua desembocadura e uma faixa de aproximadamente 500 metros na lateral de cada molhe (Figura 1). Fatores climáticos (*El Niño* e *La Niña*), processos costeiros (marés) e o aporte de água doce decorrente da descarga continental exercem grande influência na interface entre o ecossistema estuarino e marinho da região (Kjerfve *et al.* 2001).

O ELP, por suas características físicas e morfológicas, tem como principais forças que regulam sua dinâmica os níveis de descarga fluvial e, em escalas temporais pequenas de horas a dias, a direção e intensidade do vento (Möller & Fernandes 2010). Variações climáticas decorrentes do El Niño Oscilação Sul (ENOS) atuam diretamente na variação dos padrões de descarga fluvial da região, que por consequência irão afetar os processos locais (Seeliger 2004). A dinâmica hidrológica do estuário dita os processos físico-químicos (comportamento dos sedimentos, níveis de salinidade, níveis de altura e mistura da coluna d'água, etc) que, por sua vez, irão também reger a dinâmica das comunidades biológicas estuarino-costeiras. Por ser principalmente controlado pelo aporte de águas continentais, ricas em nutrientes, e também por fornecer um habitat protegido, o ELP

também possui um papel vital no ciclo de vida de várias espécies de crustáceos e peixes (Garcia *et al.* 2012), tornando-o um ecossistema de muito valor ecológico. Além de fatores ambientais, a região é alvo de uma intensa pressão antrópica, através de atividades industriais, portuárias e pesqueiras (Tagliani *et al.* 2003).

### **Coleta dos dados**

Os dados de distribuição dos botos foram provenientes de estudos realizados nos anos de 1994, 1998, 2002, e a partir da implementação do monitoramento sistemático da população de botos a partir de 2005. As saídas, conduzidas em pequenas embarcações pelo Laboratório de Mamíferos Marinhos do Museu Oceanográfico/FURG em conjunto com o Laboratório de Ecologia e Conservação da Megafauna Marinha (ECOMega/IO/FURG), partiam de um píer nos fundos do Museu Oceanográfico em direção ao canal. Sempre que possível um padrão de deslocamento em zigue-zague eram adotados para cobrir a área de maneira homogênea. Eram coletados a posição de encontro de indivíduos, os horários de início e término de trabalho (esforço total), tamanho de grupo e dados de foto-identificação. O uso de aparelhos de georreferenciamento (GPS) durante as saídas começou a partir de 2002. Antes disso as posições eram estimadas a partir de pontos referenciados em terra e plotadas em um mapa. Esses pontos foram plotados no Google Earth (Google Inc., Mountain View, CA, U.S.A.) para a retirada das coordenadas aproximadas. Foi definido como grupo os indivíduos até 100 metros distantes um do outro e engajados em atividades similares ou iguais (Parra 2006, Parra *et al.* 2011). Além disso, foi considerado como um grupo novo somente aqueles em que pelo menos um animal ainda não havia sido avistado no dia. E, ainda, não foram considerados como um grupo distinto a mistura de grupos onde todos os indivíduos já haviam sido amostrados no dia. As saídas somente ocorreram mediante condições climáticas favoráveis (sem chuva, boa visibilidade e estado do mar <3 na escala Beaufort).

A área considerada no trabalho foi dividida em três subáreas (Dalla Rosa 1999), sendo limitada ao norte por uma linha entre o Yatch Club de Rio Grande e a cidade de São José do Norte e ao sul pela boca da barra de Rio Grande, onde o estuário faz a conexão com o oceano Atlântico. Para minimizar possíveis variações de metodologia durante os vários anos de monitoramento em que estes dados foram coletados, somente saídas onde o objetivo principal foi a foto-identificação com censo de grupos foram selecionadas. Quando havia vários grupos de indivíduos espalhados em comportamento de alimentação ou milling (deslocamento sem padrão definido) na saída dos molhes, impossibilitando a definição exata do número de grupos na área, dividiu-se o número total estimado de indivíduos pelo tamanho médio dos grupos para o ELP, estimado com base em todos os dados disponíveis.

Como variável hidrológica foi considerada a vazão da LP, representada pelos níveis de descarga fluvial ( $m^3/s-1$ ) extraídos do site da Agência Nacional de Águas ([www.ana.gov.br/hidroweb](http://www.ana.gov.br/hidroweb)), fornecidos como dados diários. Foram selecionados os valores dos três principais tributários da LP: Rio Jacuí, Rio Taquari e Rio Camaquã (Möller *et al.* 2009). A média dos 20 e 25 dias antes de cada amostragem (dia de saída) foi calculada para cada tributário e depois a média desses valores foi usada como o proxy da vazão no ELP. Esse processo foi realizado pelo fato do efeito dos ventos ser diluído na média desse período de 20-25 dias (Möller com. pess.), reflexo de níveis altos de descarga, possibilitando considerar que a vazão não tenha sofrido nenhuma interferência significativa dos ventos no período. Além disso, os efeitos da vazão na região do ELP possui um delay de 20 dias aproximadamente (Niencheski & Windom 1994, Abreu et al. 2010).

Para os índices climáticos referentes ao ENOS foram usados o componente oceânico (ONI), que caracteriza os episódios de El Niño e La Niña de acordo com variações na

temperatura superficial do oceano Pacífico equatorial (região Niño 3.4), e atmosférico (SOI), que se baseia na diferença de pressão atmosférica nas regiões de Darwin, na Austrália, e Taiti. Os índices citados acima foram obtidos no site da *National Oceanic and Atmospheric Administration* ([www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)). Como variáveis temporais foram inseridas no modelo o ano, mês e estação. Como estação foram consideradas o verão (Janeiro-Fevereiro-Março), outono (Abril-Maio-Junho), inverno (Julho-Agosto-Setembro) e primavera (Outubro-Novembro-Dezembro). Os dados passaram por uma análise exploratória (Zuur *et al.* 2007), através de gráficos de dispersão/correlação gerados no R versão 3.3.2 com o pacote *Lattice* (R Development Core Team 2014), para avaliação das relações entre as variáveis explanatórias.

### **Análise dos dados**

Modelos aditivos generalizados (GAMs) (Wood 2006) foram desenvolvidos, relacionando os dados de ocorrência da espécie com as variáveis temporais (ano, mês e estação), climáticas (ENOS, ONI) e hidrológicas (vazão), para observar se essa relação auxilia no entendimento da distribuição e ocorrência dos botos na região. A variável resposta ( $y_i$ ) foi o número de grupos por dia de amostragem. Esse método é uma variação do modelo linear generalizado (GLM), porém semi-paramétrico, utilizando funções de suavização para tornar o modelo mais flexível e propício para a modelagem de relações não lineares e de maior complexidade, criando representações ecológicas mais representativas (Guisan *et al.* 2002). As distribuições de Poisson e Binomial Negativa foram utilizadas, ambas com uma função link logarítmica (log). Como o esforço amostral não foi constante ao longo do tempo, ele foi inserido na modelagem como um offset. O modelo acima pode ser visualizado na equação abaixo:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1(Estação_i) + \beta_2(ENOS_i) + f(Ano_i) + f(Mês_i) + f(Vazão_i) + f(ONI_i) + offset(esforço_i)$$



onde  $i$  representa o número de saídas;  $\beta_0$  o intercepto;  $\beta_1$  e  $\beta_2$  os termos paramétricos,  $f$  as funções suavizadoras e o esforço (número de horas por saída) como um termo offset. As estações e períodos do ENOS foram inseridas como variáveis categóricas. Vazão, ano e ONI foram inseridas como variáveis contínuas.

As funções suavizadoras utilizadas foram splines de regressão cúbica. A partir do modelo apresentado na equação acima, uma seleção backwards foi realizada até que se chegasse ao melhor ajuste. O Critério de Informação de Akaike (AIC) foi usado para a seleção do melhor modelo. Modelos foram feitos para cada distribuição e utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC), deviança explicada pelos modelos e análise de resíduos para a seleção do melhor modelo para cada distribuição. Os GAMs foram desenvolvidos no software R 3.2.2, com o pacote *mgcv* (R Development Core Team 2014).

Para a observação do uso da área de acordo com as estações e período do ENSO foi utilizado o estimador de densidade de Kernel fixo, o qual gera mapas de densidade a partir dos dados de georreferenciamento (Worton 1989). A partir desse dados o estimador de densidade de Kernel faz uma estimativa de curvas de densidade em relação a um ponto central, fornecendo áreas de maior e menor densidade de grupos. Como o esforço amostral diferiu entre estações e períodos, foi necessário corrigi-lo para a validar o uso dos mapas. A estação com menor esforço (outono) foi selecionada como base, a partir disso saídas foram selecionadas de maneira aleatória e retiradas das outras estações até que todas apresentassem esforço equivalente. O mesmo foi realizado para os períodos do ENSO, tendo como base os períodos de El Niño como menor esforço amostral. Isolinhas de Kernel contendo 50 e 90% das avistagens foram utilizadas para estimar as áreas preferenciais e representativas, respectivamente. Os pontos foram plotados no ArcGis 10.2 (ESRI, Redlands, CA, U.S.A.), cada um representando um grupo de botos.

### III. RESULTADOS

Foram selecionadas 261 saídas de campo, considerando somente as que empregaram a metodologia de foto-identificação com censo de grupos válidas para este estudo. Foram observados 1915 grupos ao longo da área estuarina, boca da barra e lateral do molhes, totalizando um esforço de pouco mais de 1571 horas. O número de saídas e esforço entre as estações variou, mostrando um aumento nos períodos de inverno e primavera, porém, um maior número de grupos foi avistado no verão (Tabela 1). Em relação ao ENOS, a maioria dos monitoramentos foi realizada no período neutro, nesse caso refletindo em um maior número de grupos avistados nesse período (Tabela 2).

As variáveis escolhidas para serem inseridas nos modelos foram: ano, mês e estação (variáveis temporais), a média de 25 dias de vazão (variável hidrológica) e os períodos do ENOS e valores do índice ONI (variáveis climáticas). Optou-se por utilizar somente o índice ONI para a modelagem, uma vez que ambos os índices refletem os mesmos padrões e são correlacionados. O melhor modelo considerando a distribuição binomial negativa (BN), de acordo com o AIC, selecionou as variáveis ano, estação e a média de 25 dias de vazão (Tabela 3). O gráfico da curva de suavização da variável ano mostrou uma aparente tendência de queda no número de grupos entre 2007 e 2011 e depois voltando a aumentar (Figura 2). Para a distribuição de Poisson, o melhor modelo selecionou as mesmas variáveis do modelo binomial negativo, com o acréscimo do índice ONI (Tabela 3). Esse modelo apontou, além do ano, as variáveis ONI, média de 25 dias de vazão e a estação verão como significativas ( $p < 0.05$ ). A tendência de queda anual apresentada pelo primeiro modelo persistiu, mostrando também um menor número de grupos avistados quanto maior a vazão e um intervalo em torno do valor zero do ONI (período neutro) onde se encontram mais grupos (Figura 3). Ao analisarmos os gráficos de resíduos dos dois modelos (Figura 4 e 5) percebemos suas semelhanças, somente havendo um melhor

ajuste na normalidade do modelo Binomial Negativo (BN). A comparação dos resíduos pode servir de base para validar a utilização dos dois modelos para análise.

Todos os mapas de densidade produzidos mostram que a área de maior concentração se encontra na região onde o estuário se conecta com o oceano. Analisando os mapas de densidade de acordo com a estação, observam-se diferenças na distribuição dos botos quanto as áreas representativas. No inverno, outono e primavera parece haver um distribuição mais abrangente dentro da área interna (Figura 6), em contraponto ao período de verão, onde a concentração de botos parece se manter na desembocadura e canal de acesso a barra do Rio Grande (Figura 7). Quanto ao período do ENOS os mapas mostram, principalmente, a diferença entre períodos de El Niño e La Niña, com uma área representativa maior para o interior do estuário durante períodos seco (La Niña) e restrita a desembocadura durante períodos de descarga fluvial alta (El Niño) (Figura 8).

#### **IV. DISCUSSÃO**

Ao longo do período de coleta dos dados utilizados pelo presente estudo foram empregados diferentes métodos de amostragem, e por diferentes pesquisadores. Isso pode inserir alguma variabilidade nos dados devido a essas pequenas diferenças de amostragem. Por conta disso, somente as saídas caracterizadas com o mesmo tipo de padrão de amostragem (foto-identificação com censo de grupos) foram usadas, minimizando essa potencial influência. Outro fator a ser tratado foi o esforço na área do estudo que se modificou durante os anos de monitoramento. Somente foi contabilizado o esforço dentro da área, sendo filtrado o esforço despendido em grupos fora da zona considerada pelo estudo. Mesmo com essa filtragem para diminuir o erro, o esforço utilizado provavelmente foi superestimado em alguns casos, uma vez que não foi possível retirar os valores do esforço de procura fora dessa área. Em se tratando dos dados de vazão, mesmo sendo considerada a principal atuante sobre a dinâmica estuarina, os efeitos

do vento como força secundária podem ser considerados diluídos na média de 25 dias de vazão utilizadas. Todas as possíveis variáveis passaram por um processo exploratório para investigar prováveis correlações e tais dados foram eliminados das análises.

A principal variável significativa em ambos os modelos (BN e Poisson) foi o ano ( $p < 0.05$ ), mostrando uma tendência de queda no número de grupos na área estuarina, principalmente a partir de 2007, voltando a uma crescente a partir de 2011. Esse resultado talvez indique que os animais utilizaram mais a região costeira adjacente, não coberta pelo presente trabalho, nesse período. Durante os anos de 2007 a 2011 ocorreram obras do processo de ampliação dos molhes da barra do Rio Grande. Considerada uma das grandes obras de engenharia oceânica do mundo, a obra possuiu um grande impacto potencial (De Oliveira 2014), o que pode ter levado a um maior uso da região costeira adjacente pelo botos, como estratégia para evitar perturbações sonoras e riscos em geral da elevada atividade humana nesse período. Tais impactos podem fazer com que espécies mudem seu comportamento e conseqüente uso do habitat (Wang & Grimm 2007, Pirotta *et al.* 2013).

Sabe-se que existe uma relação entre o tráfico de embarcações e atividades náuticas e a distribuição/uso do habitat pela espécie. São várias as estratégias já evidenciadas para evitar tais perturbações. Desde um aumento no tempo submerso (Nowacek *et al.* 2001) até uma mudança nos padrões de uso da área, podendo modificar essa utilização de acordo com a fonte de perturbação (Lusseau 2005). Por outro lado, a capacidade de adaptação da espécie pode compensar os efeitos antrópicos de uma região (New *et al.* 2013), podendo ser o caso da população do ELP como resposta ao período de ampliação dos molhes. Isso porque, de acordo com uma série de estudos que resultaram de um monitoramento intenso da população, ela se encontra estável e sem grandes modificações em sua abundância (Dalla Rosa 1999, Fruet *et al.* 2011, Fruet *et al.* 2015a), indicando que não houveram

perdas demográficas significativas que expliquem esta diminuição. A unidade populacional estuarina, objeto do estudo, faz parte de uma meta-população composta por mais duas unidades (norte e sul) (Genoves 2013). Essa unidade tem como área característica o estuário, porém é comum a incursão dos indivíduos estuarinos nas áreas ao sul e norte da desembocadura do estuário, tornando possível evitar perturbações utilizando mais as áreas adjacentes ao estuário. De qualquer maneira, um possível aumento no esforço amostral das áreas fora do estuário, a partir da primeira evidência de possíveis unidades populacionais diferentes (2007), pode também ter influenciado nesse decréscimo de avistagens dentro da área de estudo.

O modelo Poisson selecionou a variável vazão como significativa ( $p < 0.05$ ), indicando um pequeno aumento no número de grupos em condições de vazão baixas. Esse tipo de comportamento já foi registrado para outros golfinhos costeiro/estuarinos. Lin *et al.* (2014) conduziram um experimento utilizando meios acústicos para monitorar o comportamento do golfinho-corcunda-indopacífico (*Sousa chinensis*) no estuário do rio Xin Huwei, zona costeira de Taiwan e sua relação com o aporte de água doce na região, utilizando índices de pluviosidade como proxy de vazão. Os resultados mostraram um padrão de movimento para fora da zona estuarina associado a altos níveis de pluviosidade. O mesmo comportamento foi observado para a espécie *Turiops aduncus*, em dois estuários da costa leste da Austrália (Fury & Harrison 2011). Os autores constataram que em períodos de alta descarga de água doce, os indivíduos passaram a usar a área externa do estuário, provavelmente em busca de um ambiente de maior salinidade e fisiologicamente mais propício para suas atividades vitais (Meager & Limpus 2014).

O aporte de água doce modifica a qualidade da água, variando suas propriedades químico-físicas. Dentre essas propriedades, as condições salinas de regiões de transição tais como estuários são de extrema importância na estruturação da comunidade biológica local.

Garcia *et al.* (2012) relatou uma abundância maior de peixes encontrados no ELP em condições de salinidade maiores. Esse fato pode influenciar no comportamento dos botos, já que possuem como uma de suas características se distribuírem de acordo com seu alimento (Hastie *et al.* 2004, Eierman & Connor 2014).

As principais presas dos botos do ELP são a corvina (*Micropogonias furnieri*), a tainha (*Mugil liza*) e o linguado (*Paralichthys orbignyanus*) (Lopez 2013). Ao longo do tempo o peixe-espada (*Trichiurus lepturus*) também passou a ter importância significativa na dieta da população (Secchi *et al.* 2016). Com exceção do peixe-espada, espécie marinha e estuarino-oportunista, as outras espécies necessitam do estuário para seu desenvolvimento (Alves & Luque 2001, Fisher *et al.* 2011, Lemos *et al.* 2014, Magnone *et al.* 2015). O ciclo de vida dessas espécies é ditada pelo movimento das águas continentais e costeiras uma vez que desovam na zona costeira e necessitam do fluxo de entrada de água salgada para a utilização da zona estuarina como berçário de larvas e juvenis, e utilização do ambiente produtivo pelos adultos, influenciando em etapas vitais para o recrutamento dessas espécies (Garcia *et al.* 2001, Vieira *et al.* 2008). Em períodos de altos níveis de descarga fluvial (outono, inverno e períodos de El Niño), a entrada dessas espécies é dificultada pelo aporte de água doce podendo afetar a densidade das mesmas no estuário (Vieira *et al.* 2008). Essas condições são diretamente ligadas aos níveis de vazão e às anomalias causadas pelos eventos do ENOS (Garcia *et al.* 2001, Garcia *et al.* 2003, Nowacki *et al.* 2015),

A relação entre a presença de presas preferenciais e a distribuição dos botos pode estar sendo influenciada pela dinâmica estuarina, modificando a maneira com que se distribuem em resposta a variações na densidade de suas presas dentro do estuário, refletindo em um ambiente menos favorável para os botos. De acordo com os mapas de densidade, considerada as linhas que delimitam a área representativa (isolinhas de Kernel

90%), as estações frias (outono e inverno) mostraram um pequeno aumento na área de distribuição dos grupos em direção ao interior do estuário, acontecendo o contrário nos meses quentes e mais secos (primavera e verão), onde as concentrações se acumulam no canal de acesso e boca do estuário. Os resultados entre estações contradizem a distribuição esperada para os botos, que possui uma preferência por ambientes salobros. Com uma maior vazão durante os meses frios, o interior da área estuarina estaria mais sujeita a condições de baixa salinidade. Como consequência, o ambiente se tornaria menos propício para ser utilizado do que áreas mais externas (salinidades maiores), o que deveria fazer com que a procura por essas áreas diminuísse. Mesmo com uma maior vazão durante os meses frios, esse período é dominado por ventos do quadrante sul, principalmente ventos sudoeste. Esse padrão de vento atua na entrada de água salgada, proveniente da zona costeira. No ELP, assim como em toda a LP, o vento é considerado a principal força no movimento das águas em escalas temporais pequenas (horas até dias) (Möller et al. 2001). Por existir de fato a possibilidade de um ambiente com uma cunha salina favorável as atividades dos botos em áreas mais internas, os resultados podem de fato refletir o que acontece. Além disso, as anomalias climáticas consideradas neste trabalho também podem influenciar nos períodos frios, condicionando-os a menores níveis de descarga fluvial (período de La Niña). Nessas condições, áreas mais internas seriam ambientes propícios para os botos, dada a condição seca, proporcionada pela La Niña, em conjunto com o vento sudoeste predominante nessas estações. Haraguchi *et al.* 2015 relacionaram blooms de diatomáceas na região do médio estuário no inverno com a intrusão de água salgada controlada pelo vento. Esses eventos de alta produtividade e aumento de salinidade durante meses frios podem ter ocasionado um ambiente favorável para os botos na região do baixo estuário.

O mapa de densidade durante os eventos de La Niña mostra uma possível tendência em direção ao interior do estuário, o que seria explicado pelos baixos valores de vazão do período, consequência do período seco característico de La Niña. Os registros mais ao norte do estuário, durante o período do estudo, aconteceram em um evento de La Niña em outubro (primavera) de 1998. Como já foi mencionado, períodos de baixa descarga fluvial aumentam os níveis de salinidade para o interior do estuário, aumentando a área favorável disponível e possibilitando uma distribuição mais abrangente. Em contraste, períodos de El Niño mostram uma concentração basicamente na boca da barra. Durante períodos de El Niño existe um aumento do aporte de água doce, influência da anomalia, que pode levar a um aumento do uso da área costeira adjacente, tanto por questões alimentares como já foi discutido ou por questões fisiológicas (Meager & Limpus 2014).

Di Tullio *et al.* (2015) evidenciaram a relação entre a densidade de botos no ELP e os níveis de salinidade e temperatura da área, também apontando como possível explicação a distribuição de presas afetada pela variação de salinidade e temperatura da região. O presente trabalho pode contribuir para que esses padrões sejam melhor compreendidos e interpretados. A área preferencial do botos não mudou de acordo com os mapas e trabalhos já realizados anteriormente (Castello & Pinedo 1977, Mattos *et al.* 2007, Di Tullio *et al.* 2015), permanecendo no entorno da desembocadura do estuário.

O que pode ser concluído é que variações na distribuição do botos no ELP decorrentes, por exemplo, de anomalias climáticas como o ENOS, e também pequenos padrões sazonais, consequência indireta dos níveis de vazão, talvez levem a modificações no padrão de distribuição dos botos do ELP, a unidade estuarina especificamente, fazendo com que utilizem mais a área costeira adjacente. O que foi apresentado poderá servir de base para que estudos futuros incluam padrões de vazão e anomalias climáticas como variáveis importantes, dada a influência que elas exercem na dinâmica estuarina. Desde



de agosto de 2012 foi instaurada uma área de exclusão da pesca de emalhe, baseada em modelos que descreviam as áreas preferenciais dos botos (Di Tullio *et al.* 2012). Tendo em vista o grande impasse entre a importância econômica e ecológica da região estuarina e costeira, quanto mais informações se obtiver acerca de todo funcionamento deste sistema melhor será o aproveitamento e conservação do ELP. Portanto, a inclusão da distribuição na área externa, incluindo as outras duas unidades populacionais, o uso de dados individuais de telemetria e acústicos podem ser opções relevantes para a maior compreensão das relações dos botos do ELP com o habitat estuarino/costeiro em que estão inseridos.

## V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P. C.; BERGESCH, M.; PROENÇA, L. A.; GARCIA, C. A. & ODEBRECHT, C. 2010. Short-and long-term chlorophyll a variability in the shallow microtidal Patos Lagoon estuary, Southern Brazil. *Estuaries and Coasts*, 33(2): 554-569.
- AZEVEDO, A. F.; VIANA, S. C.; OLIVEIRA, A. M. & VAN SLUYS, M. 2005. Group characteristics of marine tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) (CETACEA: DELPHINIDAE) in Guanabara Bay, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(01): 209-212.
- AZEVEDO, A. F.; OLIVEIRA, A. M.; VIANA, S. C. & VAN SLUYS, M. 2007. Habitat use by marine tucuxis (*Sotalia guianensis*) (CETACEA: DELPHINIDAE) in Guanabara Bay, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(01): 201-205.
- BAILEY, H. & THOMPSON, P. M. 2009. Using marine mammal habitat modelling to identify priority conservation zones within a marine protected area. *Marine Ecology Progress Series*, 378: 279-287.
- BALLANCE, L. T. 1992. Habitat use patterns and ranges of the bottlenose dolphin in the Gulf of California, Mexico. *Marine Mammal Science*, 8(3): 262-274.
- BARBARO, L.; ROSSI, J. P.; VETILLARD, F.; NEZAN, J. & JACTEL, H. 2007. The spatial distribution of birds and carabid beetles in pine plantation forests: the role of landscape composition and structure. *Journal of Biogeography*, 34(4): 652-664.
- BASSET, A.; BARBONE, E.; ELLIOTT, M.; LI, B. L.; JORGENSEN, S. E.; LUCENAMOYA, P.; PARDO, I. & MOUILLOT, D. 2013. A unifying approach to understanding transitional waters: fundamental properties emerging from ecotone ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 132: 5-16.
- BAUMGARTNER, M. F. 1997. The distribution of Risso's dolphin (*Grampus griseus*) with respect to the physiography of the northern Gulf of Mexico. *Marine Mammal Science*, 13(4): 614-638.
- BEARZI, G.; AZZELLINO, A.; POLITI, E.; COSTA, M. & BASTIANINI, M. 2008. Influence of seasonal forcing on habitat use by bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Northern Adriatic Sea. *Ocean Science Journal*, 43(4): 175-182.
- BERROW, S.; O'BRIEN, J.; GROTH, L.; FOLEY, A. & VOIGT, K. 2012. Abundance estimate of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Lower River Shannon candidate Special Area of Conservation, Ireland. *Aquatic Mammals*, 38(2): 136-144.
- BLAKE, J. G. 1991. Nested subsets and the distribution of birds on isolated woodlots. *Conservation Biology*, 5(1): 58-66.

CASTELLO, H. P. & M. C. PINEDO. 1977. Botos na Lagoa dos Patos. *Natureza em Revista* 12:46–49.

CHEN, T.; HUNG, S. K.; QIU, Y.; JIA, X. & JEFFERSON, T. A. 2010. Distribution, abundance, and individual movements of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in the Pearl River Estuary, China. *Mammalia*, 74(2): 117-125.

CURREY, R. J.; DAWSON, S. M. & SLOOTEN, E. 2007. New abundance estimates suggest Doubtful Sound bottlenose dolphins are declining. *Pacific Conservation Biology*, 13(4): 265-273.

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.

DIAZ, J. A. & CARRASCAL, L. M. 1991. Regional distribution of a Mediterranean lizard: influence of habitat cues and prey abundance. *Journal of Biogeography*, 18(3): 291-297.

DE GODOY, D. F.; ANDRIOLO, A. & DE FATIMA FILLA, G. 2015. The influence of environmental variables on estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) spatial distribution and habitat used in the Estuarine Lagunar Complex of Cananéia, southeastern Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 106: 68-76.

DE MIRANDA, A. B. B. 2016. Estimativas de comprimento total dos botos (*Tursiops truncatus*) do estuário da lagoa dos patos, RS, a partir da fotogrametria a laser da nadadeira dorsal. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 81p.

DE OLIVEIRA, D. B. 2014. Dragagens no porto do rio grande: um estudo sobre os impactos e conflitos de uso. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 80p.

DITULLIO, J. C.; FRUET, P. F.; SECCHI, E. R. 2015. Identifying critical areas to reduce bycatch of coastal common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in artisanal fisheries of the subtropical western South Atlantic. *Endangered Species Research* 29: 35–50.

DO LAGO, C. F. 2006. Organoclorados na população do cetáceo *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) do extremo sul do Brasil. Monografia de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 58p.

EIERMAN, L. E. & CONNOR, R. C. (2014). Foraging behavior, prey distribution, and microhabitat use by bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in a tropical atoll. *Marine Ecology Progress Series*, 503: 279-288.

- FALCO, S.; NIENCHESKI, L. F.; RODILLA, M.; ROMERO, I.; DEL RÍO, J. G.; SIERRA, J. P. & MÖSSO, C. 2010. Nutrient flux and budget in the Ebro estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87(1): 92-102.
- FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B.; BARRY, S. & FLOWERS, E. 2005. Lizard distribution patterns in the Tumut fragmentation “Natural Experiment” in south-eastern Australia. *Biological Conservation*, 123(3): 301-315.
- FISHER, L. G.; PEREIRA, L. E. D. & VIEIRA, J. P. 2011. Peixes estuarinos e costeiros. 2nd ed. Rio Grande. Gráfica Pallotti. 131p.
- FORNEY, K. A. & BARLOW, J. 1998. Seasonal patterns in the abundance and distribution of California cetaceans, 1991–1992. *Marine Mammal Science*, 14(3): 460-489.
- FRANCO, A.; ELLIOTT, M.; FRANZOI, P. & TORRICELLI, P. 2008. Life strategies of fishes in European estuaries: the functional guild approach. *Marine Ecology Progress Series*, 354: 219-228.
- FRUET, P. F.; SECCHI, E. R.; DI TULLIO, J. C. & KINAS, P. G. 2011. Abundance of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (CETACEA: DELPHINIDAE), inhabiting the Patos Lagoon estuary, southern Brazil: Implications for conservation. *Zoologia (Curitiba)*, 28(1): 23-30.
- FRUET, P. F.; SECCHI, E. R.; DAURA-JORGE, F.; VERMEULEN, E.; FLORES, P. A.; SIMOES-LOPES, P. C.; GENOVES, R. C.; LAPORTA, P.; DI TULLIO, J. C.; FREITAS, T. R. O.; DALLA ROSA, L.; VALIATI, V. H.; BEHEREGARAY, L. B. & MÖLLER, L. M. 2014. Remarkably low genetic diversity and strong population structure in common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from coastal waters of the Southwestern Atlantic Ocean. *Conservation Genetics*, 15(4): 879-895.
- FRUET, P. F.; DAURA-JORGE, F. G.; MÖLLER, L. M.; RODRIGO CEZAR GENOVES, R. C. & SECCHI, E. R. 2015a. Abundance and demography of bottlenose dolphins inhabiting a subtropical estuary in the Southwestern Atlantic Ocean. *Journal of Mammalogy*, 96: 332–343.
- FURY, C. A. & HARRISON, P. L. 2011. Seasonal variation and tidal influences on estuarine use by bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93(4): 389-395.
- 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. *Journal of Fish Biology*, 59(5): 1218-1238.

- GARCIA, A. M.; VIEIRA, J. P. & WINEMILLER, K. O. 2003. Effects of 1997–1998 El Niño on the dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon Estuary (Brazil). *Estuarine, coastal and shelf Science*, 57(3): 489-500.
- GARCIA, M. R.; MIRLEAN, N.; BAISCH, P. R. & CARAMÃO, E. B. 2010. Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon influx and sediment contamination in an urbanized estuary. *Environmental monitoring and assessment*, 168(1-4): 269-276.
- GARCIA, A. M.; VIEIRA, J. P.; WINEMILLER, K. O.; MORAES, L. E. & PAES, E. T. 2012. Factoring scales of spatial and temporal variation in fish abundance in a subtropical estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 461: 121-135.
- GARIBOTTI, I. A.; VERNET, M.; FERRARIO, M. E.; SMITH, R. C.; ROSS, R. M. & QUETIN, L. B. 2003. Phytoplankton spatial distribution patterns along the western Antarctic Peninsula (Southern Ocean). *Marine Ecology Progress Series*, 261: 21-39.
- GENOVES, R. C. 2013. Estrutura social do boto *Tursiops truncatus* (CETACEA: DELPHINIDAE), no estuário da Lagoa dos Patos e águas costeiras adjacentes, sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 67p.
- GUI, D.; YU, R.; HE, X.; TU, Q.; CHEN, L. & WU, Y. 2014. Bioaccumulation and biomagnification of persistent organic pollutants in Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) from the Pearl River Estuary, China. *Chemosphere*, 114: 106-113.
- GUISAN, A.; EDWARDS, T.C. & HASTIE, T. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157: 89-100.
- HAMMOND, P. S.; BENKE, H.; BREGGREN, P.; COLLET, A.; HEIDE-JØRGENSEN, M. P.; HEIMLICH-BORAN, S.; LEOPOLD, M. & ØIEN, N. (1995). The distribution and abundance of harbour porpoises and other small cetaceans in the North Sea and adjacent waters. *ICES*, 10.
- HARAGUCHI, L.; CARSTENSEN, J.; ABREU, P. C. & ODEBRECHT, C. 2015. Long-term changes of the phytoplankton community and biomass in the subtropical shallow Patos Lagoon Estuary, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 162: 76-87.
- HARTEL, E. F.; CONSTANTINE, R. & TORRES, L. G. (2014). Changes in habitat use patterns by bottlenose dolphins over a 10-year period render static management boundaries ineffective. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 25(5): 701-711.
- HASTIE, G. D.; WILSON, B.; WILSON, L. J.; PARSONS, K. M. & THOMPSON, P. M. 2004. Functional mechanisms underlying cetacean distribution patterns: hotspots for bottlenose dolphins are linked to foraging. *Marine Biology*, 144(2): 397-403.

- HOBBIE, J.E. 2000. Estuarine science: a synthetic approach to research and practice. Island Press, Washington D.C. 539 p.
- HOLT, R. D. 2003. On the evolutionary ecology of species' ranges. *Evolutionary ecology research*, 5(2): 159-178.
- HUANG, S. L.; KARCZMARSKI, L.; CHEN, J.; ZHOU, R.; LIN, W.; ZHANG, H.; LI, H. & WU, Y. 2012. Demography and population trends of the largest population of Indo-Pacific humpback dolphins. *Biological Conservation*, 147(1): 234-242.
- HUBARD, C. W.; MAZE-FOLEY, K.; MULLIN, K. D. & SCHROEDER, W. W. 2004. Seasonal Abundance and Site Fidelity of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mississippi Sound. *Aquatic Mammals*, 30: 299-310.
- IRVINE, A. B.; M. D. SCOTT; WELLS, R. S. & KAUFMANN, J. H. 1981. Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. *Fishery Bulletin* 79 (4): 671-688.
- JEFFERSON, T. A.; HUNG, S. K.; ROBERTSON, K. M. & ARCHER, F. I. 2011. Life history of the Indo-Pacific humpback dolphin in the Pearl River Estuary, southern China. *Marine Mammal Science*, 28(1): 84-104.
- JEFFERSON, T. A. & HUNG, S. K. 2004. A review of the status of the Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) in Chinese waters. *Aquatic Mammals*, 30(1): 149-158.
- JETZ, W.; MCPHERSON, J. M. & GURALNICK, R. P. 2012. Integrating biodiversity distribution knowledge: toward a global map of life. *Trends in ecology & evolution*, 27(3): 151-159.
- KJERFVE, B.; SEELIGER, U. & DRUDE DE LACERDA, L., 2001. A summary of natural and human-induced variables in coastal marine ecosystems of Latin America. In: Seeliger, U., Kjerfve, B. (Eds.), *Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Ecological Studies*, vol. 144. Springer, Berlin, pp. 341 – 354.
- KRAMER, K. J. M.; BROCKMANN, U. H. & WARWICK, R. M. 1994. Tidal estuaries. *Manual of sampling and analytical procedures*. Rotterdam, A. A. Balkema. 304p.
- LEVIN, L. A.; BOESCH, D. F.; COVICH, A.; DAHM, C.; ERSÉUS, C.; EWEL, K. C.; KNEIB, R. T.; MOLDENKE, A.; PALMER, M. A.; SNELGROVE, P.; STRAYER, D. & WESLAWSKI, J. M. 2001. The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity. *Ecosystems*, 4(5): 430-451.
- LIN, T. H.; AKAMATSU, T. & CHOU, L. S. 2015. Seasonal distribution of Indo-Pacific humpback dolphins at an estuarine habitat: Influences of upstream rainfall. *Estuaries and coasts*, 38(4): 1376-1384.

- LINDENMAYER, D. B. & LIKENS, G. E. 2009. Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(9): 482-486.
- LOPEZ, L. A. 2013. Ecologia alimentar de dois predadores de topo em uma situação de simpatria: o boto (*tursiops truncatus*) e o leão-marinho (*otaria flavescens*) no estuário da lagoa dos patos e costa marinha adjacente. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 129p.
- LUSSEAU, D. 2005. Residency pattern of bottlenose dolphins *Tursiops spp.* in Milford Sound, New Zealand, is related to boat traffic. *Marine Ecology Progress Series*, 295: 265-272.
- MATTOS, P. H.; DALLA ROSA, L. & FRUET, P. F. 2007. Activity budgets and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 6(2): 161-169.
- MAZE, K. S. & WÜRSIG, B. (1999). Bottlenosed dolphins of San Luis Pass, Texas: Occurrence patterns, site-fidelity, and habitat use. *Aquatic Mammals*, 25: 91-104.
- MEAGER, J.J. & LIMPUS, C. 2014. Mortality of inshore marine mammals in eastern Australia is predicted by freshwater discharge and air temperature. *Plos One* 9(4): e94849. doi:10.1371/journal.pone.0094849
- MÖLLER, O. O.; CASTAING, P.; SALOMON, J. C. & LAZURE, P. 2001. The influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos Lagoon. *Estuaries and Coasts*, 24(2): 297-311.
- MÖLLER, L. M.; ALLEN, S. J. & HARCOURT, R. G. 2002. Group characteristics, site fidelity and seasonal abundance of bottlenosed dolphins (*Tursiops aduncus*) in Jervis Bay and Port Stephens, south-eastern Australia. *Australian Mammalogy*, 24(1): 11-22.
- MÖLLER JR, O. O.; CASTELLO, J. P. & VAZ, A. C. 2009. The effect of river discharge and winds on the interannual variability of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* production in Patos Lagoon. *Estuaries and Coasts*, 32(4), 787-796.
- MÖLLER, O. & FERNANDES, E. 2010. Hidrologia e hidrodinâmica. O Estuário da Lagoa dos Patos: Um século de transformações. Edição de U. Seeliger, C. Odebrecht. Rio Grande: FURG, 2010. 180p. 17-27.
- NIENCHESKI, L. F. & WINDOM, H. L. 1994. Nutrient flux and budget in Patos Lagoon estuary. *Science of the total environment*, 149(1-2): 53-60.
- NEW, L. F.; HARWOOD, J.; THOMAS, L.; DONOVAN, C.; CLARK, J. S.; HASTIE, G.; THOMPSON, P. M.; CHENEY, B.; SCOTT-HAYWARD, L. & LUSSEAU, D. 2013. Modelling the biological significance of behavioural change in coastal bottlenose dolphins in response to disturbance. *Functional Ecology*, 27(2): 314-322.

- NOWACEK, S. M.; WELLS, R. S. & SOLOW, A. R. 2001. Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine mammal science*, 17(4): 673-688.
- NOWACKI, D. J.; OGSTON, A. S.; NITTROUER, C. A.; FRICKE, A. T. & VAN, P. D. T. 2015. Sediment dynamics in the lower Mekong River: Transition from tidal river to estuary. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(9): 6363-6383.
- PARRA, G. J. 2006. Resource partitioning in sympatric delphinids: space use and habitat preferences of Australian snubfin and Indo-Pacific humpback dolphins. *Journal of Animal Ecology*, 75(4): 862-874.
- PARRA, G. J.; CORKERON, P. J. & ARNOLD, P. 2011. Grouping and fission–fusion dynamics in australian snubfin and indo-pacific humpback dolphins. *Animal behaviour*, 82(6): 1423-1433.
- PERILLO, G. M. E.; PICCOLO, M. C. & PINO-QUIVIRA, M. (1999). *Estuaries of South America, their geomorphology and dynamics*. Springer Verlag, Berlin, GER. 222p.
- PIROTTA, E.; LAESSER, B. E.; HARDAKER, A.; RIDDOCH, N.; MARCOUX, M. & LUSSEAU, D. 2013. Dredging displaces bottlenose dolphins from an urbanized foraging patch. *Marine pollution bulletin*, 74(1): 396-402.
- PITCHFORD, J. L.; PULIS, E. E.; EVANS, K.; SHELLEY, J. K.; SERAFIN, B. J. & SOLANGI, M. 2016. Seasonal density estimates of *Tursiops truncatus* (Bottlenose Dolphin) in the Mississippi Sound from 2011 to 2013. *Southeastern Naturalist*, 15(2): 188-206.
- ROUNTREE, R. A. & ABLE, K. W. 2007. Spatial and temporal habitat use patterns for salt marsh nekton: implications for ecological functions. *Aquatic Ecology*, 41(1): 25-45.
- SECCHI, E. R.; BOTTA, S.; WIEGAND, M. M.; LOPEZ, L. A.; FRUET, P. F.; GENOVES, R. C. & DI TULLIO, J. C. 2016. Long-term and gender-related variation in the feeding ecology of common bottlenose dolphins inhabiting a subtropical estuary and the adjacent marine coast in the western South Atlantic. *Marine Biology Research*. 1-14.
- SEELIGER, U. 2001. The Patos Lagoon estuary, Brazil. In: Seeliger, U. Kjerfve, B. (Eds.), *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. *Ecological Studies*, vol. 144. Springer, Berlin, pp. 167 – 184.
- SOBERÓN, J. M. 2010. Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. *Ecography* 33: 159-167
- STORCH, D.; KONVICKA, M.; BENES, J.; MARTINKOVÁ, J. & GASTON, K. J. 2003. Distribution patterns in butterflies and birds of the Czech Republic: separating effects of habitat and geographical position. *Journal of Biogeography*, 30(8): 1195-1205.



STRAZISAR, T.; KOCH, M. S. & MADDEN, C. J. 2015. Seagrass (*ruppia maritima* L.) life history transitions in response to salinity dynamics along the Everglades-Florida bay ecotone. *Estuaries and Coasts*, 38(1): 337-352.

SULLIVAN, C. W.; ARRIGO, K. R.; MCCLAIN, C. R.; COMISO, J. C. & FIRESTONE, J. 1993. Distributions of phytoplankton blooms in the Southern Ocean. *Science-AAAS-Weekly Paper Edition-including Guide to Scientific Information*, 262: 1832-1837.

TAGLIANI, P. R. A.; LANDAZURI, H.; REIS, E. G.; TAGLIANI, C. R.; ASMUS, M. L. & SÁNCHEZ-ARCILLA, A. 2003. Integrated coastal zone management in the Patos Lagoon estuary: perspectives in developing country. *Ocean Coast Manag*, 46: 807–822

TOTH, J. L., HOHN, A. A., ABLE, K. W., & GORGONE, A. M. 2011. Patterns of seasonal occurrence, distribution, and site fidelity of coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in southern New Jersey, USA. *Marine Mammal Science*, 27(1): 94-110.

VAN BRESSEM, M. F.; SIMÕES-LOPES, P.C.; FÉLIX, F.; KISZKA, J. J.; DAURAJORGE, F. G.; AVILA, I. C.; SECCHI, E. R.; FLACH, L.; FRUET, P. F.; DU TOIT, K.; OTT, P. H.; ELWEN, S.; DI GIACOMO, A.B.; WAGNER, J.; BANKS, A. & VAN WAEREBEEK, K. 2015. Epidemiology of lobomycosis-like disease in bottlenose dolphins *Tursiops spp.* from South America and southern Africa. *Diseases of aquatic organisms*, 117(1): 59-75.

VENUTO, R. 2015. Idade e crescimento do boto, *Tursiops truncatus*, no litoral sul do Brasil. Monografia de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 35p.

VIEIRA, J. P.; GARCIA, A. M. & GRIMM, A. M. (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.

WALKER, S.; WILSON, J. B.; STEEL, J. B.; RAPSON, G. L.; SMITH, B.; KING, W. M. & COTTAM, Y. H. 2003. Properties of ecotones: evidence from five ecotones objectively determined from a coastal vegetation gradient. *Journal of Vegetation Science*, 14(4): 579-590.

WANG, M. & GRIMM, V. 2007. Home range dynamics and population regulation: an individual-based model of the common shrew *Sorex araneus*. *Ecological Modelling*, 205(3): 397-409.

WELLS, R. S. & SCOTT, M. D. 1999. Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). In: Ridgway SH, Harrison SR (eds) *Handbook of marine mammals 6: the second book of dolphins and porpoises*. Academic Press, London, p. 137–182.

- WILLIAMS, J. A.; S. M. DAWSON & SLOOTEN, E. 1993. The abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Doubtful Sound, New Zealand. *Canadian Journal of Zoology* 71: 2080-2088.
- WILSON, B.; P. S. HAMMOND & THOMPSON, P. M. 1999. Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population. *Ecological Applications* 9: 288-300.
- WISZ, M. S.; POTTIER, J.; KISSLING, W. D.; PELLISSIER, L.; LENOIR, J.; DAMGAARD, F.; DORMANN, C. F.; FORCHHAMMER, M. C.; GRYTNES, J. A.; GUISAN, A.; HEIKKINEN, R. K.; HØYE, T. T.; KÜHN, I.; LUOTO, M.; MAIORANO, L.; NILSSON, M. C.; NORMAND, S.; ÖCKINGER, E.; SCHMIDT, N. M.; TERMANSEN, M.; TIMMERMANN, A.; WARDLE, D. A.; AASTRUP, P. & SVENNING, J. C. 2013. The role of biotic interactions in shaping distributions and realised assemblages of species: implications for species distribution modelling. *Biological Reviews*, 88(1): 15-30.
- WOINARSKI, J. C. Z. & GAMBOLD, N. 1992. Gradient analysis of a tropical herpetofauna: distribution patterns of terrestrial reptiles and amphibians in Stage III of Kakadu National Park, Australia. *Wildlife Research*, 19(2): 105-127.
- WOOD, S. 2006. *Generalized additive models: an introduction with R*. CRC press. 385p.
- WORTON, B. J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70: 164-168.
- WU, Y., SHI, J., ZHENG, G. J., LI, P., LIANG, B., CHEN, T., WU, Y. & LIU, W. 2013. Evaluation of organochlorine contamination in Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) from the Pearl River Estuary, China. *Science of The Total Environment*, 444: 423-429.
- WÜRSIG, B. & JEFFERSON, T.A. 1990. Methods of photo-identification for small cetaceans. *Reports of the International Whaling Commission (Special Issue 12)*: 43-52.
- ZUUR, A. F.; IENO, E. N. & SMITH, G. M. 2007. *Analysing ecological data*. Springer, New York. 672p.

## VI. TABELAS

**Tabela 1.** Valores sazonais de esforço (Esf), número de saídas (N saídas), número de grupos (N grupos), média de vazão (m.Vazao) para cada ano de monitoramento utilizado (somente saídas de foto-identificação).

|              | Verão     |          |          |         | Outono    |          |          |         | Inverno   |          |          |         | Primavera |          |          |         |
|--------------|-----------|----------|----------|---------|-----------|----------|----------|---------|-----------|----------|----------|---------|-----------|----------|----------|---------|
|              | Esf       | N saídas | N grupos | m.Vazao | Esf       | N saídas | N grupos | m.Vazao | Esf       | N saídas | N grupos | m.Vazao | Esf       | N saídas | N grupos | m.Vazao |
| <b>1994</b>  |           | 2        | 14.69    | 337.5   | 11:17:00  | 4        | 25       | 842.5   |           | 7        | 34       | 909.5   |           |          |          |         |
| <b>1998</b>  | 119:36:00 | 18       | 178.37   | 1424    | 21:34:00  | 3        | 37       | 1058    | 162:14:00 | 21       | 173.72   | 1289.1  | 94:30:00  | 12       | 127.47   | 267.3   |
| <b>2002</b>  |           |          |          |         | 27:50:00  | 3        | 37       | 1118.7  | 27:44:00  | 3        | 28       | 1368.9  | 47:09:00  | 5        | 33       | 1541    |
| <b>2005</b>  |           |          |          |         |           |          |          |         | 48:05:00  | 7        | 80.13    | 686.2   | 53:37:00  | 7        | 63.05    | 711.6   |
| <b>2006</b>  | 54:06:00  | 7        | 62.23    | 137.9   | 58:11:00  | 8        | 74.13    | 144     | 32:45:00  | 5        | 62.25    | 485.7   | 31:05:00  | 4        | 43.14    | 297.3   |
| <b>2007</b>  | 44:44:00  | 5        | 97       | 366.8   | 38:43:00  | 6        | 54.35    | 509.1   | 19:31:00  | 3        | 16.67    | 959     | 35:46:00  | 6        | 41.8     | 545.8   |
| <b>2008</b>  | 34:36:00  | 5        | 57.13    | 166.5   | 24:40:00  | 4        | 32       | 323.2   | 14:10:00  | 3        | 30.57    | 798.8   | 25:54:00  | 4        | 33.8     | 641.3   |
| <b>2009</b>  | 27:46:00  | 5        | 23       | 325.2   | 43:54:00  | 8        | 44.79    | 177.7   | 23:07:00  | 4        | 18.68    | 798.8   | 37:55:00  | 7        | 30       | 1464    |
| <b>2010</b>  | 24:42:00  | 6        | 15       | 784.7   | 17:48:00  | 4        | 14.13    | 490.6   | 30:18:00  | 6        | 25.58    | 972.7   | 07:19:00  | 2        | 3        | 239.4   |
| <b>2011</b>  | 12:57:00  | 2        | 9        | 294.4   | 10:02:00  | 2        | 13.12    | 455.5   | 07:54:00  | 2        | 6        | 964.8   | 44:16:00  | 9        | 29.81    | 285.4   |
| <b>2012</b>  | 15:21:00  | 3        | 16       | 161.1   | 07:55:00  | 3        | 6        | 79.2    | 05:21:00  | 1        | 4        | 456.5   | 04:32:00  | 1        | 2        | 381.6   |
| <b>2013</b>  | 05:54:00  | 1        | 4.57     | 315.2   | 22:24:00  | 5        | 20       | 298.2   | 30:16:00  | 6        | 31       | 694.6   | 43:21:00  | 8        | 29.58    | 687.3   |
| <b>2014</b>  | 54:01:00  | 9        | 73.76    | 391.7   | 17:49:00  | 3        | 21.34    | 629.3   | 16:26:00  | 4        | 11       | 1077.3  | 32:49:00  | 8        | 26.92    | 983.9   |
| <b>Total</b> | 393:43:00 | 63       | 550.75   | 427.72  | 302:07:00 | 53       | 378.86   | 510.5   | 417:51:00 | 72       | 521.6    | 881.68  | 458:13:00 | 73       | 463.57   | 670.49  |

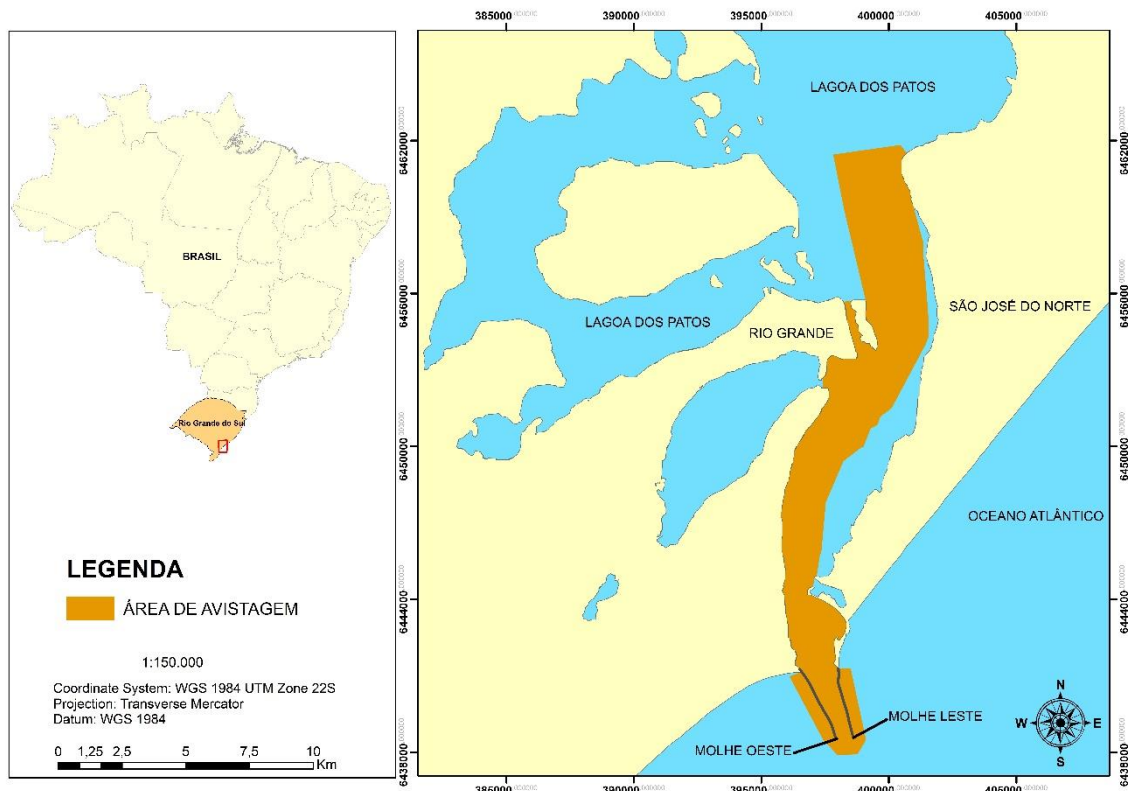
**Tabela 2.** Valores de esforço (Esf), número de saídas (N saídas), número de grupos (N grupos) e média da vazão (m.Vazao) para cada período do ENSO.

| <b>ENSO</b>    | <b>Esf</b> | <b>N saídas</b> | <b>N grupos</b> | <b>m.Vazao</b> |
|----------------|------------|-----------------|-----------------|----------------|
| <b>Neutro</b>  | 762:32:00  | 138             | 993.83          | 573.9          |
| <b>la Niña</b> | 476:45:00  | 73              | 532.63          | 615            |
| <b>el Niño</b> | 336:12:00  | 50              | 388.32          | 1096.6         |

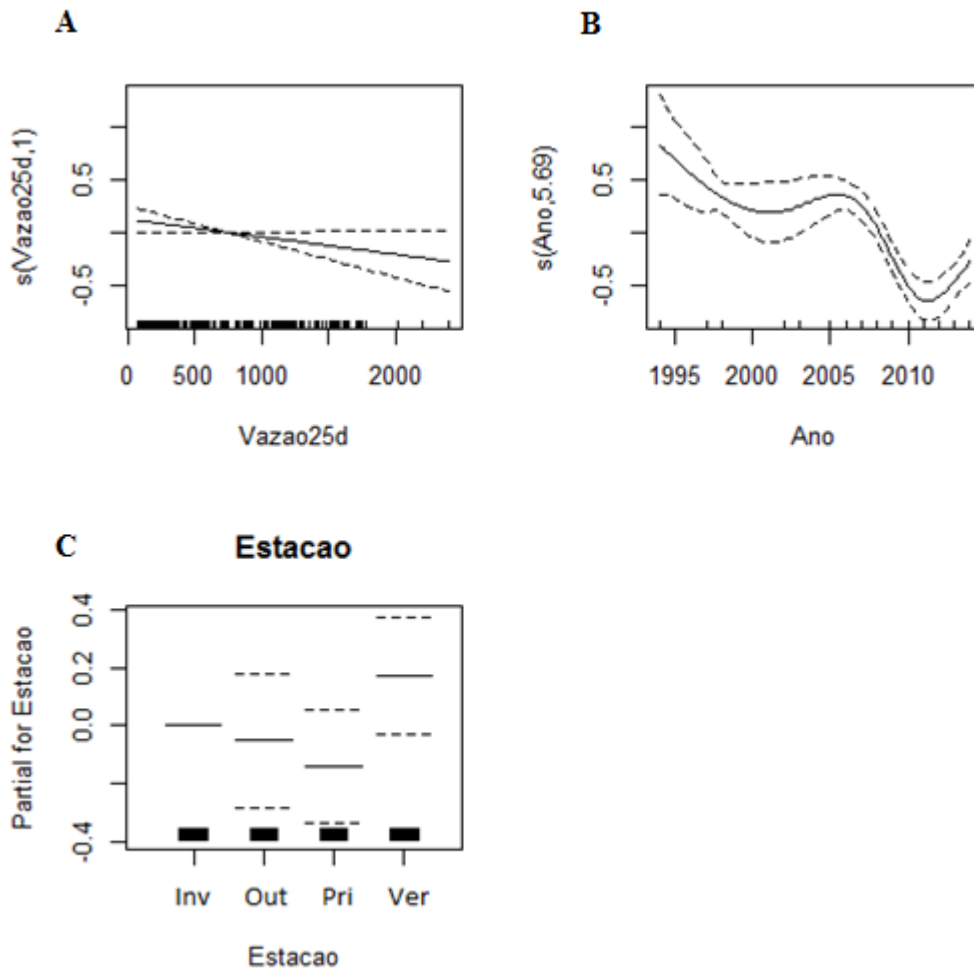
**Tabela 3.** Resultados dos modelos GAM. Variáveis selecionadas em cada modelo com seus respectivos níveis de significância (p-valor), a deviência explicada por cada um e valores de AIC.

|                       | <b>p-valor</b> |         |        |        |          |        |        | <b>Deviância</b> | <b>AIC</b> |
|-----------------------|----------------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|------------------|------------|
|                       | Intercept      | EstOut  | EstPri | EstVer | Vazao25d | Ano    | ONI    |                  |            |
| <b>Modelo BN</b>      | <2e-16         | 0.6662  | 0.1556 | 0.0927 | 0.0534   | <e-16  | -      | 34.20%           | 1403.373   |
| <b>Modelo Poisson</b> | -419446        | 0.05536 | 0.2428 | 0.0018 | 0.013    | <2e-16 | 0.0498 | 36.80%           | 1452.451   |

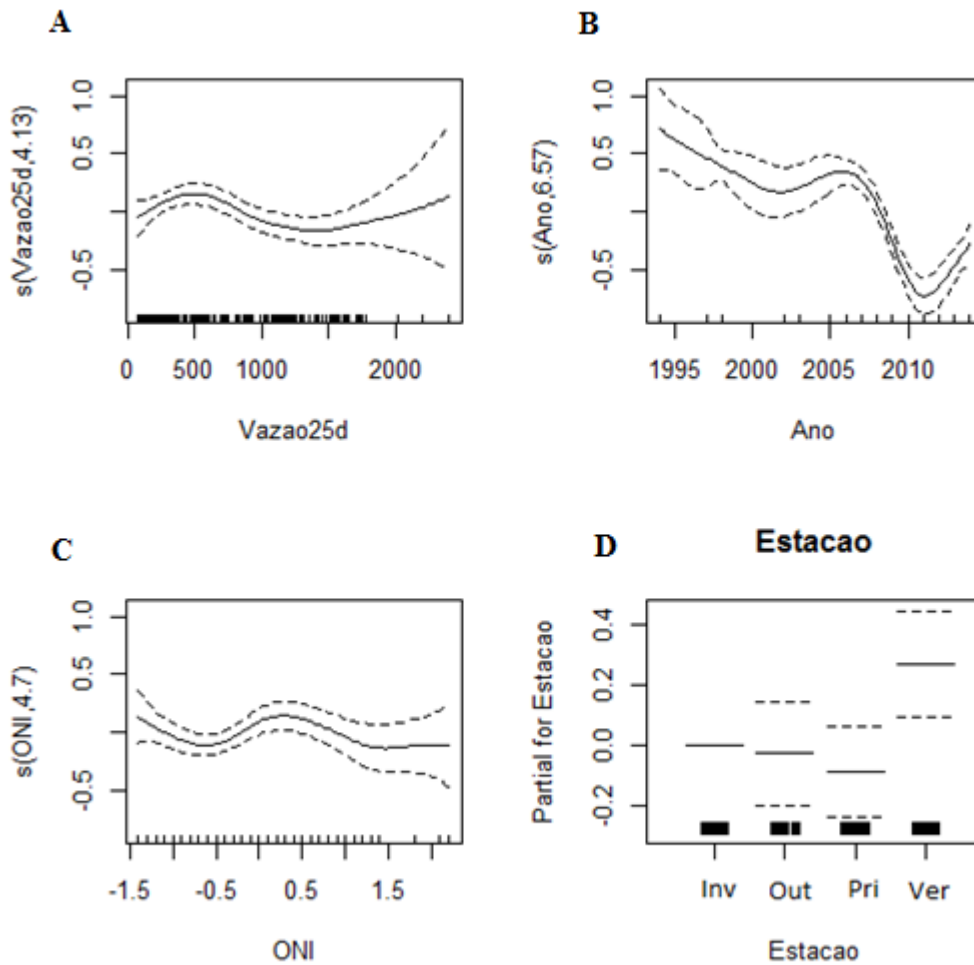
## VII. FIGURAS



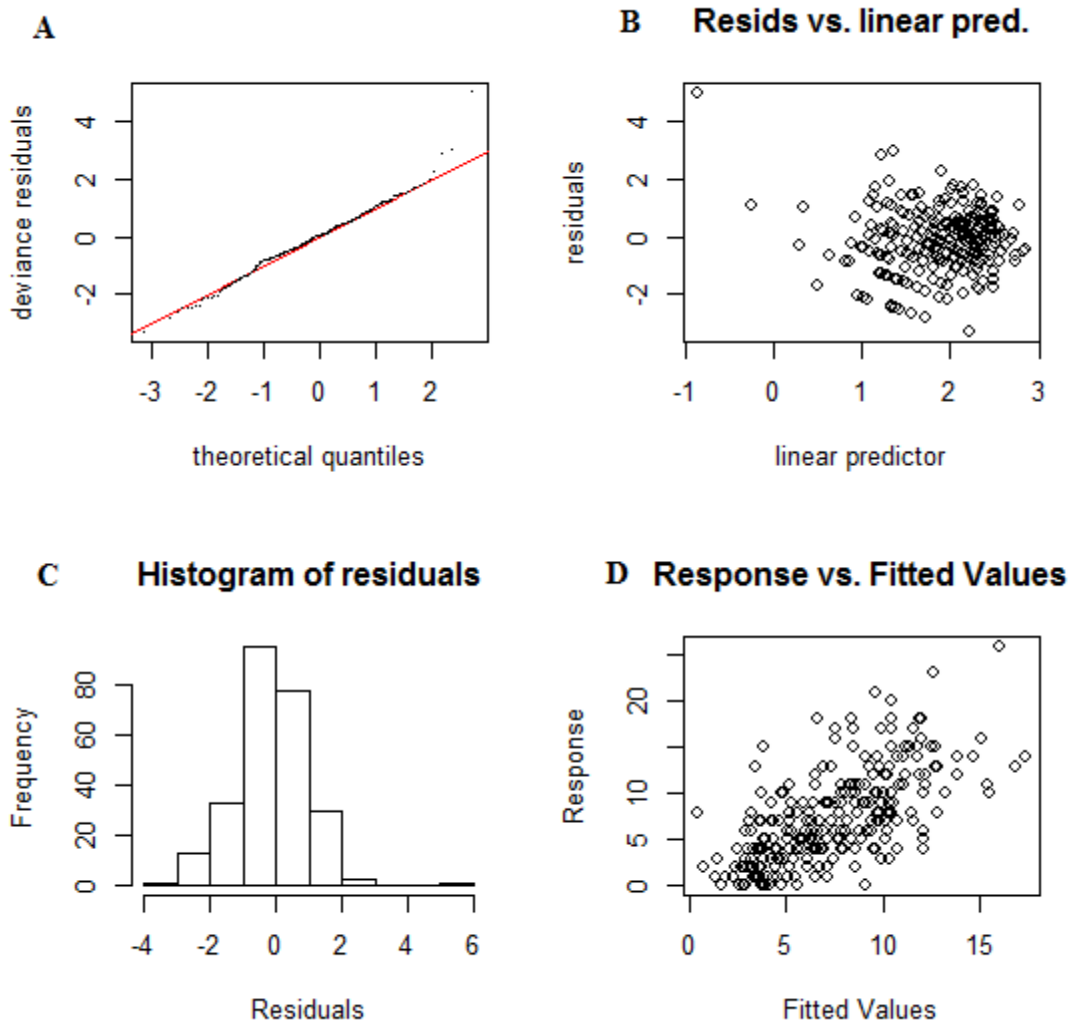
**Figura 1.** Área coberta pelo estudo (marrom). Porção final do estuário da Lagoa dos Patos até sua desembocadura, lateral do molhe oeste e lateral do molhe leste.



**Figura 2.** Gráficos com as curvas de suavização do modelo BN. As linhas sólidas demonstram as tendências. Linhas tracejadas representam o intervalo de confiança. O principal resultado do modelo mostra uma clara tendência de queda na densidade de grupos na área estudada entre os anos de 2007 a 2011 (B). Gráfico paramétrico das estações, nenhum período foi considerado significativo ( $p > 0.05$ ).

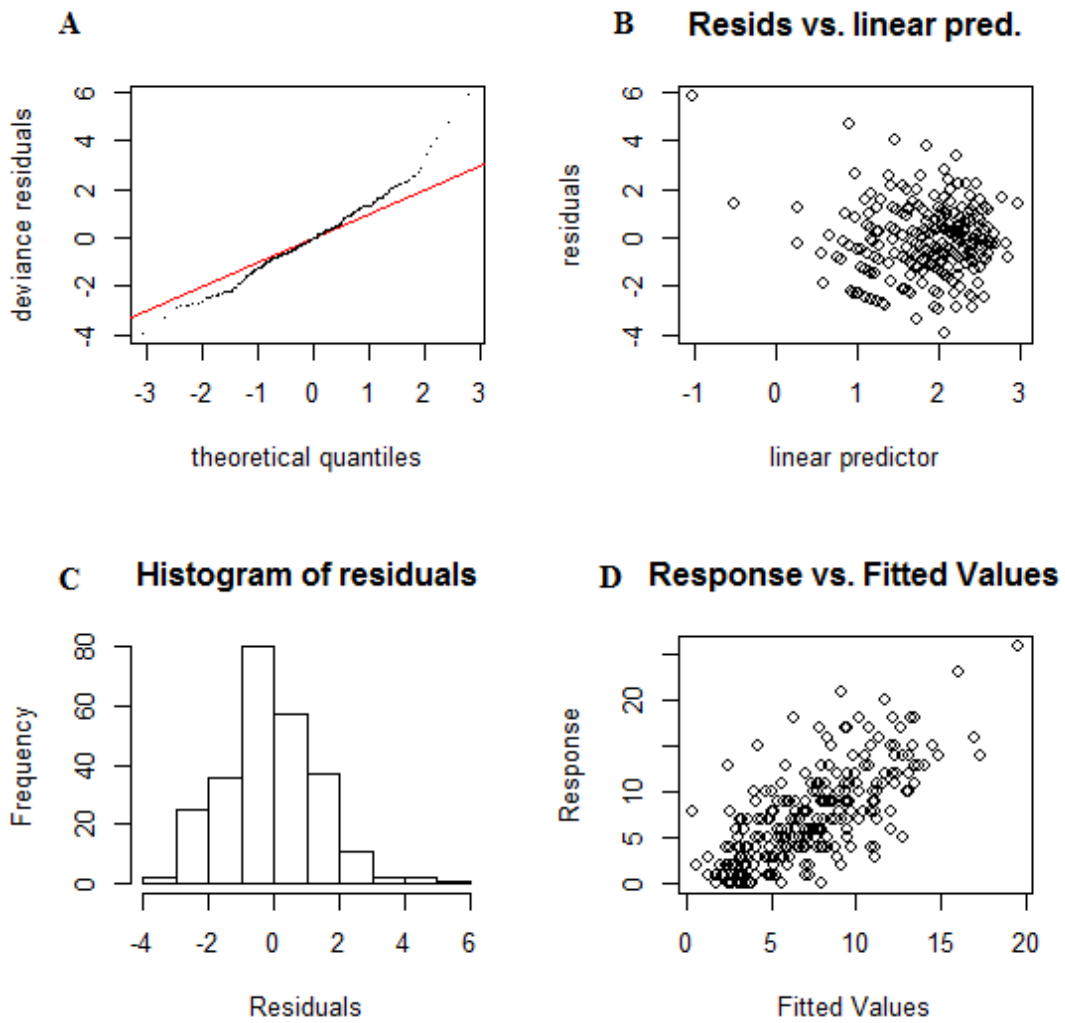


**Figura 3.** Gráficos com as curvas de suavização do modelo Poisson. As linhas sólidas demonstram as tendências. Linhas tracejadas representam o intervalo de confiança. A densidade de grupos de botos parece aumentar em níveis baixos de descarga (0 a 500 m/s-1) (A), depois diminuindo e praticamente se estabilizando a partir de vazões acima de 1000 m/s-1. A variável ano (B) continuou mostrando um declínio entre os anos de 2007 a 2011. O índice ONI (C) demonstra um aumento no número de grupos a partir do  $-0.5$  e diminuindo a partir do valor  $0.5$  (período neutro do ENOS). Gráfico paramétrico das estações (D) para esse modelo considerou a estação verão como significativa ( $p < 0.05$ ).

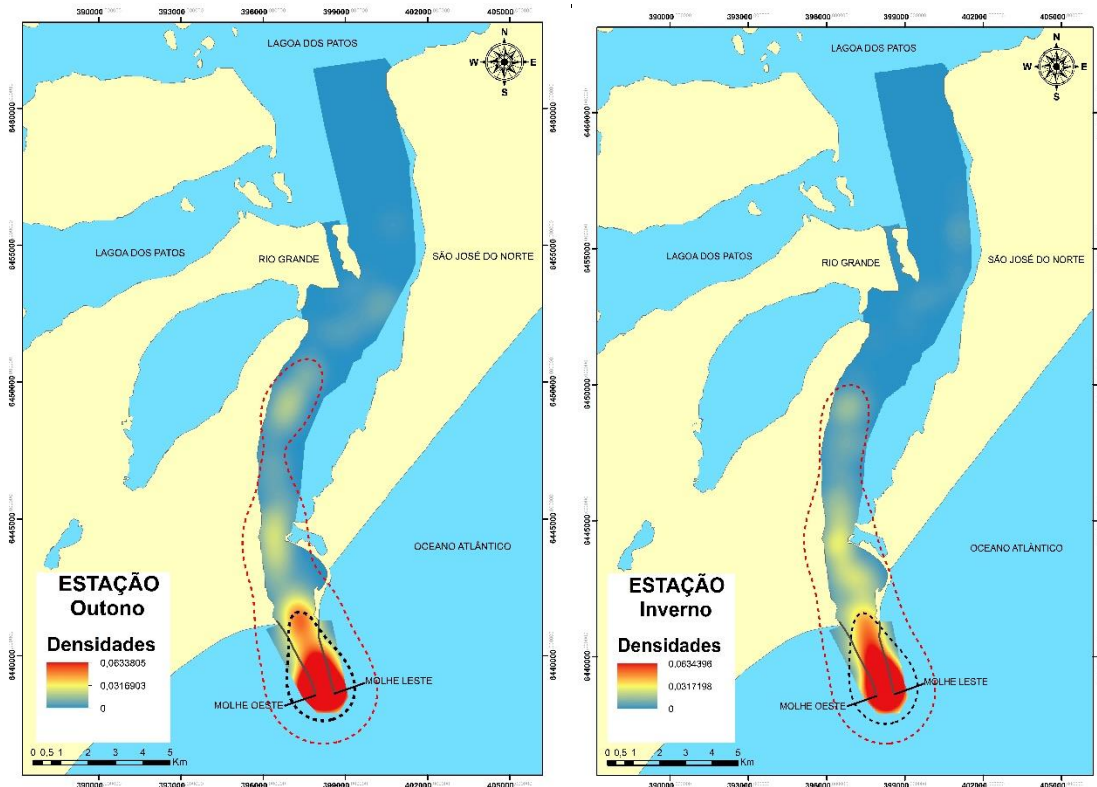


**Figura 4.** Gráficos gerados pelo `gam.check` mostrando as relações de resíduos do modelo BN. Figuras A e C demonstram uma normalidade aceitável. Figura B não evidencia um padrão nos resíduos e a figura D mostra uma relação quase linear dos valores ajustados. Os gráficos apoiam um ajuste aceitável do modelo.

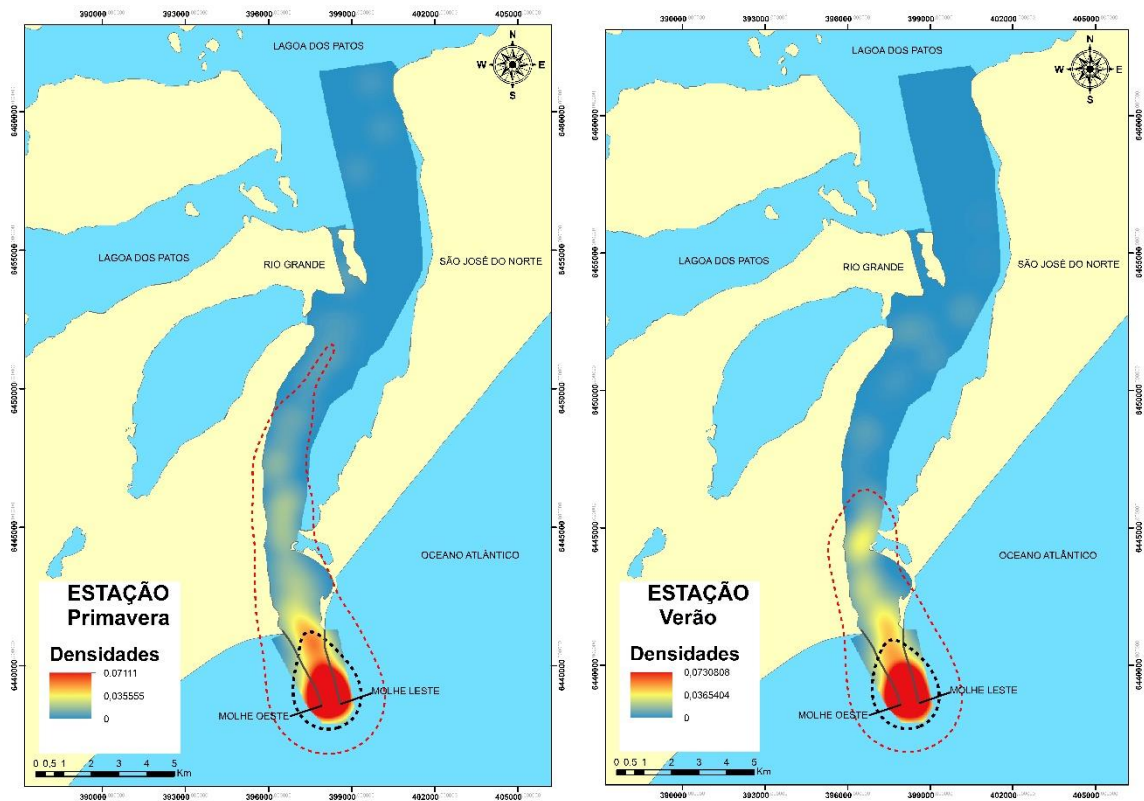




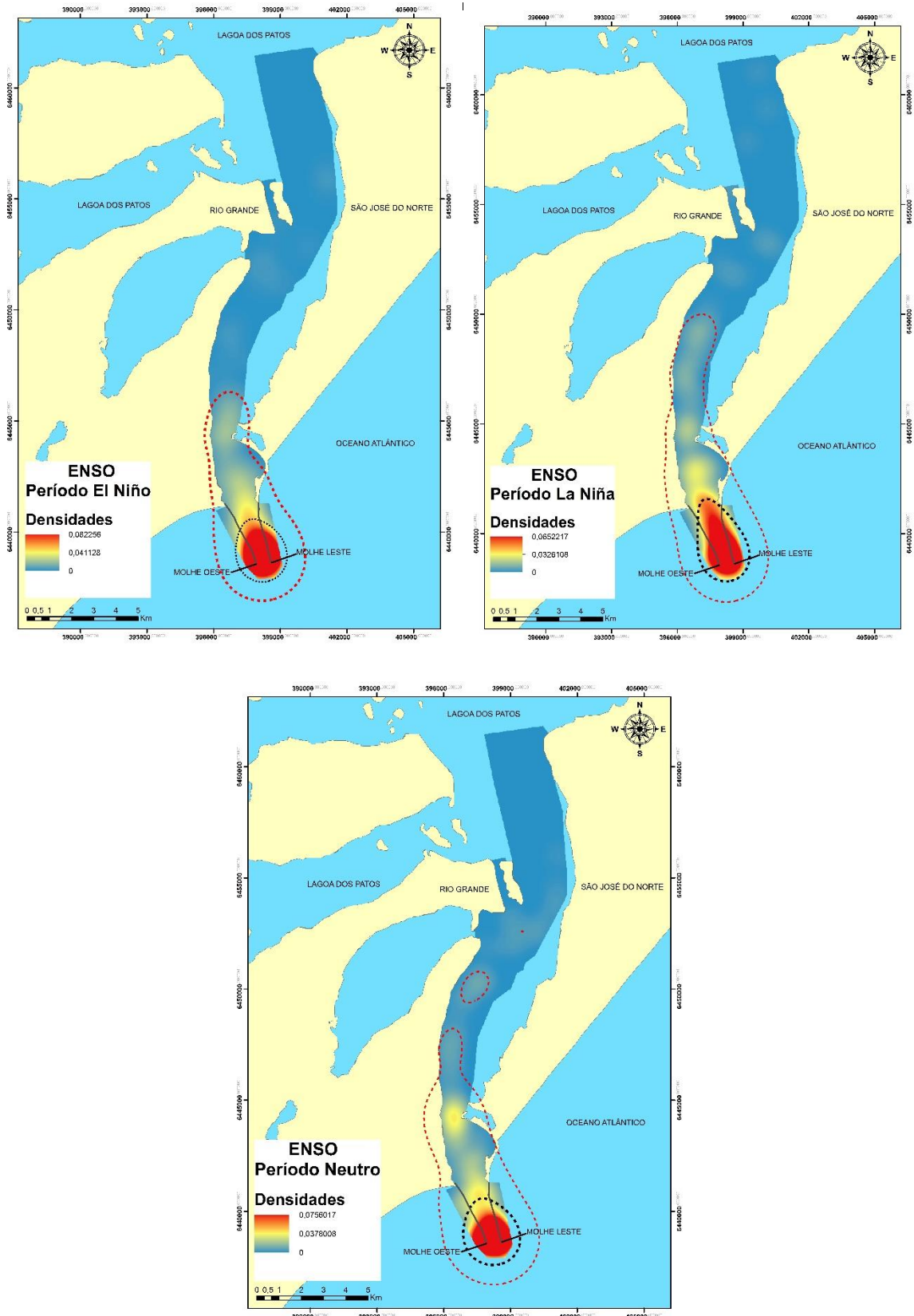
**Figura 5.** Gráficos gerados pelo `gam.check` mostrando as relações de resíduos do modelo Poisson. Os gráficos desse modelo são muito similares ao modelo BN, somente a normalidade do modelo Poisson apresenta um desvio maior (A).



**Figura 6.** Mapas de densidade de Kernel e isolinhas de 50% (linhas pretas) e 90% (linhas vermelhas) das estações outono e inverno. Densidades altas de grupos avistados em vermelho.



**Figura 7.** Mapas de densidade de Kernel e isolinhas de 50% (linhas pretas) e 90% (linhas vermelhas) das estações primavera e verão. Densidade altas de grupos avistados em vermelho.



**Figura 8.** Mapas de densidade de Kernel para cada período do ENOS e isolinhas de 50% (linhas pretas) e 90% (linhas vermelhas). Durante o La Niña parece haver um aumento na área representativa dos botos para o interior do estuário.