

## Relatório Técnico de Projeto de Pesquisa

<b>Edital</b>	CNPq/CAPES/FAPs/BC - Fundo Newton/PELD nº 15/2016
<b>Termo de Outorga</b>	Processo SPI nº 16/2551-000102-2; Sistema FPE nº 1505/2017
<b>Nome do Outorgado</b>	Eduardo Resende Secchi
<b>Título do Projeto</b>	ESTUDOS DE LONGA DURAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NATURAIS E ANTRÓPICOS NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS E COSTA MARINHA ADJACENTE (ELPA)
<b>Instituição</b>	Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
<b>Valor Financiado</b>	R\$196.000,00

### 1. Descrição do Projeto

#### 1.1. Introdução

Descrever o contexto e as justificativas da pesquisa apoiada.

Estudos realizados desde 1979 no Sítio 8, “Estuário da Lagoa dos Patos e Costa Adjacente - ELPA”, quando do início do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica na Universidade Federal do Rio Grande-FURG, em conjunto com as análises de maior frequência amostral realizadas nos 21 anos que o Sítio integra o PELD, fornecem séries de dados de mais de 40 anos sobre seus componentes bióticos e abióticos. Esta extensa base de informações é única em estuários no Brasil, e revela dois pontos de fundamental importância sobre o funcionamento ecológico deste ambiente. 1) uma grande variabilidade temporal, a qual exerce funções determinantes em todos os aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos, e 2) a importância dos impactos naturais e antrópicos, gerando mudanças significativas na ecologia do ELPA.

A ecologia do ELPA é condicionada primariamente pelas variações hidrológicas de curto e médio prazo e de caráter sazonal. Neste ecossistema, os processos hidrodinâmicos são controlados pelos regimes meteorológicos local e regional, sendo a precipitação pluviométrica e ventos as principais forçantes que determinam as condições físicas e químicas da coluna de água e da dinâmica dos sedimentos do ELPA. Profundas alterações neste regime são causadas por eventos naturais esporádicos e imprevisíveis, mas episódicos, tais como o fenômeno climático de larga escala El Niño Oscilação Sul - ENOS, e fortes tempestades que afetam esta região geográfica. Nas últimas quatro décadas foi demonstrado que essas variações, bem como as perturbações antrópicas de escala prolongada, tais como dragagens e pesca descontrolada, desequilibram a estrutura e alteram a dinâmica de populações e comunidades do bentos, plâncton, nécton e a distribuição dos habitats submersos e emersos no estuário da Lagoa dos Patos (ELP).

Na fase quente do ENOS, El Niño, o bloqueio das frentes causa um aumento nas taxas de precipitação e uma extensão do período de chuvas (Grimm et al., 2000) com dominância de ventos de NE. Nesta condição, a

salinização das águas fica restrita à área da desembocadura trazendo impactos importantes como a quebra na safra de camarão e suas consequências socioeconômicas (Möller et al., 2009), além de alterações na composição da flora e fauna do estuário (Garcia et al., 2001; Odebrecht et al., 2010; Seeliger & Odebrecht, 2010). Sedimentos em suspensão, nutrientes e componentes biológicos são transportados para a zona costeira (Ciotti et al., 1995). Por outro lado, a produção de arroz inundado se beneficia com a não salinização das águas utilizadas para irrigação das lavouras. No caso de eventos de la Niña, a situação é oposta, com baixas taxas de precipitação pluviométrica e, com isso a descarga de água doce é reduzida em até três vezes, com relação a média anual. Sob condições de baixa descarga e aumento na frequência de ventos de SO, as águas marinhas podem atingir até 160 km de distância da desembocadura e permanecendo por vários meses no interior da Lagoa dos Patos (Möller & Castaing, 1999; Odebrecht et al., 2005), situação que provocou quebra na produção do arroz irrigado na região (Macedo et al., 2005). A análise da série de dados de descarga fluvial (1964 a 2004; 1944 a 1972) aponta que a contribuição dos rios está aumentando numa taxa de 20 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>/ano, com subida de nível da ordem de 2.5 mm/ano no mesmo período (Möller et al., 2009; Möller & Fernandes, 2010). Embora a relação inversa entre descarga fluvial e salinidade média seja conhecida, não existe qualquer estudo que mostre como a salinização das águas da Lagoa dos Patos pode ser afetada em escala sinótica, sazonal ou mesmo interanual. Apesar dos diversos estudos relacionados aos efeitos dos ventos e da descarga dos rios da Lagoa dos Patos sobre a sua dinâmica, existe uma lacuna de informações no que se refere ao balanço de sal do estuário da Lagoa dos Patos, e definição sobre como as principais forçantes controlam esse balanço.

A influência do ENOS é observada fortemente sobre as comunidades de fitoplâncton do ELPA (Abreu et al., 2016). A maior quantidade de chuvas na região em anos de El Niño leva a um aumento da biomassa de fitoplâncton, até um valor limite de aproximadamente 1.500 mm de chuva por ano. Valores mais altos de chuva não permitem o acúmulo da biomassa de fitoplâncton no estuário, a qual é transportada para a região costeira (Abreu et al., 2010). Por outro lado, as maiores chuvas, com consequente exportação de sedimentos da Lagoa dos Patos para a região costeira, contribuíram para uma mudança significativa na comunidade do fitoplâncton na praia do Cassino, na costa marinha adjacente. Neste local, observa-se uma drástica redução de importante produtor primário, a diatomácea de zona de arrebentação *Asterionellopsis guyunusae*, bem como foram detectadas a presença e o desaparecimento de outras espécies de microalgas após eventos de deposição de lama, oriunda da Lagoa dos Patos (Odebrecht et al., 2010). No estuário da Lagoa dos Patos, em geral repleto de nutrientes, as acumulações de clorofila a e florações ocorrem principalmente após períodos de entrada de água propiciando a sua acumulação, ao passo que a biomassa não se acumula em períodos de forte descarga, quando o tempo de residência é curto. Esses resultados indicam que mudanças na hidrodinâmica no estuário da Lagoa dos Patos representam o mecanismo mais importante no controle das florações de fitoplâncton neste ambiente (Odebrecht et al., 2015). Além disto, foi constatada uma tendência de aumento de dinoflagelados e cianobactérias no ELP, que possivelmente está associada à tendência de aumento na relação de Nitrogênio e Fósforo (N:P), indicando que alterações importantes, associadas com impacto antrópico, estão

ocorrendo neste ambiente e afetam o fitoplâncton, além da hidrologia (Haraguchi et al., 2015).

Similarmente, variações interanuais e interdecadais de plantas e macroalgas bentônicas do ELP são explicadas em geral pela variabilidade climática de larga escala (ENSO) (Copertino & Seeliger, 2010; Lanari & Copertino, 2016). As maiores abundâncias históricas foram observadas nos verões do início da década de 80 (1981/1982), 90 (1991/1992) e em 2011. Durante períodos de descargas anômalas e eventos extremos, associados aos eventos El Niño (e.g., 1997/98, 2002/03), pradarias de fanerógamas submersas são reduzidas devido à força de correntes, alta instabilidade sedimentar e aumento da turbidez da água (Copertino & Seeliger, 2010; Odebrecht et al., 2010). Após o restabelecimento de condições propícias, a recuperação de fanerógamas enraizadas é lenta, dependente do banco de sementes do sedimento, baixas taxas de germinação e alta vulnerabilidade das plântulas, além de competição com macroalgas oportunistas, que se instalam mais rapidamente. Os resultados de longo prazo (1999 até 2016) indicam que as pradarias de fanerógamas submersas do ELP estão ameaçadas, indicando uma possível modificação do estado de equilíbrio ecológico do estuário. As análises interanual e interdecadal sugerem uma tendência de aumento na frequência de ocorrência e magnitude de florações de macroalgas de deriva, efêmeras e oportunistas (Lanari & Copertino, no prelo). Valores de biomassa das macroalgas encontradas no ELP são similares, ou até superiores, aos reportados em áreas temperadas eutrofizadas (Hauxwell & Valiela, 2004), sugerindo mudanças de fase (phase-shift) na estrutura da comunidade. Desta maneira, a função das áreas rasas como habitats para invertebrados e recursos pesqueiro, e como sumidouro de carbono, poderá ser alterada. Visto que estas macroalgas contribuem moderadamente à cadeia trófica estuarina do ELP (Claudino et al., 2013; Garcia et al., no prelo), mudanças de fase com o domínio de macroalgas de deriva poderiam aumentar a exportação da matéria orgânica (incluindo os organismos faunais) para fora das áreas rasas durante períodos de maiores descargas fluviais. Conseqüentemente, mesmo em face aos recentes aumentos nas concentrações de nutrientes reportados no ELP (e.g., Niencheski & Baumgarten, 2007; Haraguchi et al., 2015), poderia ocorrer uma menor retenção dos nutrientes nas áreas rasas, com possíveis reflexos na produção secundária e na capacidade de sequestro de carbono destas áreas.

A influência marinha no estuário, especialmente no verão, resulta no aumento da riqueza de espécies, associado ao recrutamento intenso da fauna marinha, propiciado pelo aumento de salinidade e temperatura. Neste período, aumenta também a densidade de macrozoobentos (Rosa & Bemvenuti, 2006), com o recrutamento de poliquetas marinhos pelos canais do estuário (Bemvenuti et al., 2005). Por outro lado, a redução da salinidade em períodos de verão tem grande impacto, com a redução de macrozoobentos no estuário e falhas de recrutamento como observado nos anos de 2002-2003, durante e após a influência do El Niño. Espécies de desenvolvimento direto como o tanaidáceo *Kalliapseudes schubartii* e o bivalve *Erodona mactroides* foram afetadas (Colling et al., 2007). Mas também o estoque reprodutivo de espécies importantes como de *Erodona mactroides*, foi transportado para a região marinha adjacente nesta ocasião. A remoção da camada nefelóide da superfície dos sedimentos reduz o teor de material orgânico do sedimento (Zarzur, 2007), afetando negativamente as espécies detritívoras consumidoras de depósito,

dominantes nas áreas rasas do estuário (Bemvenuti, 1997). A densidade e diversidade do bentos estuarino também são afetadas pela entrada de efluentes de origem antrópica provenientes da cidade do Rio Grande, como observado em suas margens (Rosa & Bemvenuti 2006; 2007). Em locais mais distantes com sedimentos não redutores, o macrozoobentos inclui crustáceos mais sensíveis a contaminação orgânica (Angonesi et al., 2008).

O recrutamento dos peixes também varia em várias escalas temporais como constatado pela variabilidade na densidade do ictioplâncton. A escala sazonal é predominante devido à reprodução das espécies durante o período de primavera e verão (Weiss, 1981), mas variações interanuais afetam significativamente o ictioplâncton, com diminuição no ingresso no estuário, de ovos e larvas de peixes (Bruno & Muelbert, 2009). As mudanças nas condições físicas e hidrológicas do estuário nas escalas interanual e interdecadal modulam a composição de espécies da ictiofauna, com alterações na abundância relativa e diversidade de suas assembleias (Garcia & Vieira, 2001; Garcia et al., 2001; Garcia et al., 2003a; 2003b; Garcia et al., 2004; Vieira et al., 2008). Estes eventos afetam toda a ictiofauna, inclusive as espécies de importância comercial e que há muitas gerações sustentam a pesca artesanal no estuário. Entre elas, destaca-se a tainha em sua fase de recrutamento e agregação reprodutiva (Vieira et al., 2008), bem como a captura do camarão rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) (Castello & Möller, 1978; Möller et al., 2009). A alteração na entrada de ovos e larvas, que se reflete no número de organismos juvenis e adultos no estuário, devido a eventos como El Niño, influencia as pescarias de espécies comercialmente importantes, afetando a comunidade de pescadores artesanais que atuam nesta região há muitas gerações. Também deve-se ressaltar que a disponibilidade de recursos pesqueiros como a corvina (*Micropogonias furnieri*), miragaia (*Pogonias cromis*) e bagres marinhos (*Genidens barba* e *G. Planifrons*) para a pesca artesanal no estuário também é afetada pela sobrepesca destas espécies nas pescarias industriais na plataforma continental adjacente (Vasconcellos & Haimovici, 2006; Haimovici & Cardoso, 2016). Portanto, torna-se importante avaliar as possíveis alterações na dinâmica populacional e o atual estado de exploração das principais espécies de peixes demersais cujos juvenis e subadultos utilizam o ELP: a corvina (*Micropogonias furnieri*), miragaia (*Pogonias cromis*) e bagres marinhos (*Genidens spp.*). Essas e outras espécies de peixes são presas de mamíferos marinhos, como o leões-marinhos (*Otaria flavescens*), a toninha (*Pontoporia blainvillei*) e, especialmente, a população de botos, *Tursiops truncatus*, residente do ELPA (Troina et al., 2016; Secchi et al., 2017), e de aves aquáticas que utilizam o estuário para reprodução ou durante a migração (Dias et al., 2017). Por exemplo, o biguá (*Nannopterum brasiliense*), tem 50% de sua dieta, em massa, composta por juvenis de corvina, constituindo-se num importante fator de mortalidade de juvenis desta espécie com elevado interesse comercial e papel social para a pesca artesanal (Barquete et al., 2008). Supõe-se, portanto, que o padrão de distribuição desses predadores também seja influenciado pelas variações hidrológicas. Além disso, é possível que a redução na disponibilidade de presas preferenciais possa, em longo prazo, afetar negativamente a dinâmica populacional (taxas reprodutivas e de sobrevivência) dos botos, causando um declínio na sua abundância.

Neste projeto dar-se-á continuidade aos estudos de longo prazo no ELPA, no qual avaliamos mensalmente a relação de fatores ambientais

(temperatura, salinidade, nutrientes inorgânicos dissolvidos) com as variáveis biológicas. Entretanto, diferentemente das propostas anteriores, uma escala temporal de curto prazo será introduzida nesta etapa, considerando a grande variabilidade temporal de diversos fatores no ELPA (Abreu et al. 2010; Odebrecht et al. 2016). Na presente proposta, pretendemos relacionar os resultados de temperatura, salinidade e clorofila-a (índice de biomassa do fitoplâncton), obtidos em curta escala temporal, através de sensores automatizados (escala de minutos/horas), com os obtidos na escala mensal, que vem sendo já utilizada desde 1992. Esta informação será importante para determinar qual o grau de variação entre essas duas escalas temporais para o estuário da Lagoa dos Patos e, conseqüentemente, avaliar se os dados mensais representam a variabilidade destes diferentes fatores no estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente, ou se eventualmente outras escalas temporais terão de ser implementadas de forma a uma melhor caracterização das comunidades de fitoplâncton e seus consumidores numa perspectiva de longo prazo.

Através da instalação de registradores de salinidade e perfiladores de correntes em pontos estratégicos do estuário da Lagoa dos Patos e no próprio corpo lagunar, associado às informações de descarga fluvial e regime de ventos, esta fase do projeto propõem estudar os processos de salinização e dessalinização das águas da Lagoa dos Patos como função da descarga fluvial e do vento em escalas sinóticas, sazonais e interanuais como forma de subsidiar estudos de circulação e seus impactos sobre os diversos componentes deste ambiente, incluindo-se a parte socioeconômica relacionadas à pesca de espécies de importância comercial e a produção agrícola. Esta base de dados será importante para validar os modelos matemáticos utilizados neste projeto que hoje combinam, em seus experimentos, a plataforma continental e as lagoas Patos e Mirim (Oliveira et al., 2015) e, com isso, produzir cenários sobre estes impactos de longo prazo.

A nova proposta também pretende ampliar as análises temporais considerando outros elementos com grande importância ecológica e sócio econômica, além de potenciais impactos ambientais. Por exemplo, serão iniciados estudos sobre as algas epífitas, que crescem sobre as plantas e macroalgas submersas. Aumentos no aporte de nitrogênio podem provocar o crescimento excessivo e modificação da estrutura das espécies destas algas, provocando o declínio de pradarias de fanerógamas marinhas, devido principalmente à redução da disponibilidade de luz no dossel e aceleração da senescência das folhas (Orth & Moore, 1983). A supressão ou controle da biomassa de algas epífitas por animais pastadores é fundamental para a manutenção do crescimento e da produtividade das pradarias (Gomez et al., 2003). No ELP, poliquetas, moluscos, crustáceos e peixes se beneficiam das algas epífitas que crescem em pradarias de *Ruppia maritima* (Vieira, 1991; Bemvenuti, 1997; Bemvenuti & Colling, 2010; Dumont & D'Incao, 2010). Entretanto, pouco se sabe sobre as relações da comunidade epífita com estes pastadores e o potencial destes organismos na redução das epífitas através da pastagem.

Neste projeto será dada especial atenção a variação temporal da ocorrência de botos (*Tursiops truncatus*) e em sua dieta no ELPA. Estes organismos são importantes predadores de topo da cadeia alimentar do ELPA e bastante sensíveis a mudanças ambientais naturais (variações de salinidade) e de origem antrópica (pesca e dragagem), portanto, bons

indicadores dos efeitos destas alterações em todo ecossistema. Também serão avaliadas alterações de longo prazo na dinâmica e estrutura populacional e estado de exploração do estoque de corvina, bagres marinhos e miragaia; a primeira, um importante recurso pesqueiro tanto para a pesca artesanal quanto para a pesca industrial do sul do Brasil e as restantes, com estoques que se encontram colapsados e ameaçados de extinção local. Assim, estamos propondo avaliar mais amplamente a forma como pesca e a variabilidade ambiental interagem e como esta interação repercute na ecologia de toda o estuário e região costeira adjacente.

Utilizando a série histórica de dados ambientais e biológicos, pretendemos identificar áreas relevantes para múltiplos grupos da biota que possam ser consideradas áreas de significância biológica e ecológica (Ecologically and Biologically Significant Areas - EBSAs), as quais seriam fortes candidatas a tornarem-se áreas marinhas protegidas (AMP). As AMPs são uma ferramenta potencial para a conservação da biodiversidade e manejo pesqueiro, pois podem prevenir o colapso de estoques, permitir o aumento da produção larval (Johnson et al., 1999; Botsford et al., 2003), e proteger regiões críticas como áreas de berçário, de desova e de alta diversidade de espécies (Allison et al., 1998). Além das AMP, a aplicação do conceito de Essential Fish Habitat (EFH) dentro do contexto do manejo ecossistêmico, surge como uma solução para minimizar a perda de habitat devido a crescente atividade antrópica em regiões costeiras e estuarinas (Rosenberg et al., 2000). O conceito de EFH tem como base a relação entre a qualidade do habitat e a produtividade pesqueira, sendo definido como “águas e substratos necessários para uma determinada espécie de peixe para desova, criação, alimentação e/ou crescimento até a maturidade” (Koenig et al., 2000; Rosenberg et al., 2000; Levin & Stunz, 2005). Por último, iniciaremos uma avaliação quali-quantitativa dos resíduos sólidos antropogênicos do ELPA, que acarretam impactos econômicos e ecológicos como perigos para a navegação, prejuízo ao setor turístico, degradação do ambiente bentônico, e ingestão/emaranhamento de organismos marinhos.

Dado o exposto acima, esta proposta tem como principais questões científicas: 1) Como e em que escalas temporais a biota responde às mudanças no ambiente abiótico no estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente?; 2) Quais fatores controlam o balanço de sal neste ambiente; 3) Existem, no ELP, áreas relevantes para múltiplos grupos da biota que possam ser consideradas áreas de significância biológica e ecológica (EBSAs)? e 4) Quais são as principais atividades antrópicas que afetam a biodiversidade, como afetam e como podemos separar dos efeitos naturais?

### **JUSTIFICATIVA**

Os ecossistemas costeiros se encontram expostos a muitas pressões de origem natural e/ou antrópica, e possuem diferentes graus de resiliência (capacidade de absorver perturbações) e de resistência (capacidade de evitar alterações) (Begon et al., 2006; Cloern & Jassby, 2012). O ELPA é um ecossistema especialmente sensível a mudanças ambientais, por tratar-se de uma área de transição entre ambientes terrestre e oceânico e entre regiões geográficas temperada e subtropical. Além dos impactos naturais decorrentes de sua situação geográfica, existe atualmente uma grande expansão das atividades humanas de natureza diversa, sendo as principais associadas ao Porto do Rio Grande e

a instalação do Polo Naval na região. Os estudos em andamento no ELPA nas últimas quatro décadas permitiram conhecer o impacto dos principais eventos naturais nesta região e o tempo necessário para a recuperação de alguns de seus componentes bióticos. Entretanto, quando um ecossistema muda de um estado original para outro alterado, o processo de reversão é, em geral, complexo e requer a compreensão detalhada do funcionamento do ecossistema, que normalmente está sujeito a pressões múltiplas (Duarte et al., 2009). Portanto, a continuidade do monitoramento deste ecossistema é essencial para determinar o seu comportamento ao longo do tempo, de modo a fornecer diretrizes para a manutenção de seus serviços essenciais (Duarte et al., 2009) e contribuir para o desenvolvimento sustentável na região.

A região do ELPA está sujeita à variabilidade climática, em especial relacionada com o fenômeno El Niño - Oscilação Sul - ENOS. Alguns estudos sugerem que eventos El Niño poderão se tornar mais frequentes e intensos com o agravamento do aquecimento global (Timmermann et al., 1999; 2009; Cai et al., 2014). Na região do Sul da América do Sul, uma maior vazão dos tributários nas décadas recentes decorre de condições mais úmidas e quentes observadas durante anos de El Niño (Haylock et al., 2006). A projeção de maiores vazões implica também no aporte de maior volume de sedimentos da bacia de drenagem para o ELPA. A deposição de sedimentos finos nos canais de navegação levará à necessidade de dragagens cada vez mais frequentes e volumosas, com implicações sobre os organismos planctônicos, bentônicos e nectônicos do estuário e da praia adjacente. As obras de prolongamento dos molhes da Barra de Rio Grande, concluídas no ano de 2010, deverão contribuir, neste cenário, para o aumento da vazão da água, diminuindo a permanência de águas salobras e salgadas no sistema (Möller & Fernandes, 2010).

Diversos trabalhos (Möller et al., 1991; Möller, 1996; Möller & Castaing, 1999; Möller et al., 2001; Vaz et al., 2006) demonstram que a Lagoa dos Patos, notadamente em sua área estuarina, é um sistema que tem sua circulação dominada pela descarga de água doce. Quando a descarga é baixa ( $Q < 2.400 \text{ m}^3/\text{s}$ ), as trocas entre o oceano e a laguna são dominadas pela combinação dos efeitos locais e não locais do vento conforme descrito em Möller et al. (2001). Neste caso, os processos de salinização das águas desta laguna vão depender da intensidade e duração dos ventos de SO associados à passagem de frentes meteorológicas. Estas situações são mais frequentes nos meses de verão e outono e, normalmente as águas salgadas atingem uma distância de, aproximadamente, 70 km da desembocadura. Durante períodos de altas descargas observados no final do inverno e início de primavera, somente ventos de SO muito fortes podem reverter os fluxos intensos de vazante e provocar, de forma mais restrita, a salinização das águas. Por estar situada em uma área de clima subtropical, este regime de ventos e de descarga têm variações sazonais, mas, também, interanuais relacionadas aos efeitos dos eventos ENOS.

Mudanças na salinidade e na hidrodinâmica da região estuarina da Lagoa dos Patos tem forte influência no recrutamento de espécies planctônicas (Muelbert et al., 2010), bem como de espécies de valor comercial provenientes da região costeira, e que utilizam o estuário como região de reprodução e crescimento. Espécies marinhas importantes na pesca, como a corvina, os bagres a miragaia, a tainha e o camarão-rosa são afetados severamente (Garcia et al., 2012; Möller et al., 2009). Além

disto, a pesca representa o fator antrópico local que atua intensamente sobre a comunidade de peixes, com centenas de toneladas sendo extraídas anualmente de forma legal e ilegal, através da pesca artesanal (Vieira et al. 1996) e também industrial na plataforma continental adjacente que afeta principalmente a parcela adulta das populações (Haimovici et al., 2006; Haimovici & Cardoso, no prelo). No ELP, como em diversos ecossistemas estuarinos no mundo, os múltiplos interesses associados a diversas atividades humanas tornam a zona costeira mais vulnerável aos impactos antrópicos (Niencheski et al., 2006; Tagliani et al., 2007), fazendo necessária a implantação de medidas de recuperação e conservação da produtividade e integridade dos recursos (Tagliani et al., 2003). É sabido que para entender os ecossistemas e as suas respostas às atividades antrópicas requer a capacidade de descrever, interpretar e prever escalas temporais e espaciais da variabilidade (Elliott, 2002). No entanto, a distribuição das espécies é normalmente tratada como estáticas na análise de priorização espacial para a conservação (Moilanen et al., 2009). A não consideração do componente dinâmico das distribuições dos organismos no espaço ao longo do tempo pode levar a ações inadequadas de conservação (por exemplo identificando locais prioritários para conservação) (Runge et al., 2015). Isto é particularmente importante quando se lida com a conservação de peixes nos estuários. Várias espécies, principalmente marinhas, dependem de estuários para completar o seu desenvolvimento e recrutar com sucesso para a população adulta (Elliott & Hemingway, 2002; McLusky & Elliott, 2006). Neste sentido, protegendo habitats usados pelas fases iniciais de vida é crucial para assegurar processo de recrutamento e manutenção de populações adultas. Além disso, estágios iniciais do ciclo de vida são de grande importância para a identificação de habitats essenciais ou para projetar áreas protegidas (Warner et al., 2000). A identificação das principais características dos habitats utilizados pelos peixes ao longo do seu ciclo de vida e como as variáveis ambientais influenciam a conectividade dentro habitats é fundamental para o estudo da dinâmica populacional, gestão dos recursos pesqueiros, definição de habitats-chave e o design de áreas protegidas (Benaka, 1999).

Em um cenário de mudanças climáticas, a continuidade das observações no ELPA permitirá avaliar os efeitos da variabilidade da salinidade na ecologia do ambiente, em função de fatores naturais e antrópicos, e diagnosticar outros efeitos decorrentes das oscilações em maior escala temporal como, por exemplo, a Oscilação Decadal do Pacífico (Mantua & Hare, 2002), que tem marcada influência na hidrologia desta região, porém cujos efeitos sobre os ecossistemas costeiros brasileiros ainda são pouco compreendidos.

## 1.2. Objetivos Propostos

Descrever o objetivo geral e os objetivos específicos propostos na pesquisa apoiada.

Objetivo geral: Avaliar as variações na biota do Estuário da Lagoa dos Patos e costa Adjacente (ELPA) em resposta a mudanças de curto, médio e longo prazo na hidrologia, relacionadas a fenômenos climáticos e a ação humana, durante o período de 1998-2020.

Objetivos específicos

1) Avaliar a influência de fenômenos naturais e antrópicos sobre a hidrodinâmica (descarga, fluxo e tempo de residência) do ELPA, e sua ação sobre a variabilidade da salinidade, material em suspensão e clorofila-a;

2) Avaliar o efeito do vento e da descarga fluvial na variabilidade da salinidade na região estuarina e em áreas rasas em escala sinótica, sazonal e de longo prazo e determinar o tempo de permanência (tempo de residência) das águas no estuário da Lagoa dos Patos;

3) Validar modelos e realizar experimentos com cenários que envolvam a previsão de situações críticas para as atividades humanas neste sistema do ELP;

4) Avaliar a variabilidade espacial e temporal de médio (sazonal) e longo (interanual e interdecadal) prazo no estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente, dos nutrientes inorgânicos dissolvidos, da biomassa e composição do fito-, zoo- e ictioplâncton, vegetação aquática submersa, macrofauna bentônica, camarão-rosa, peixes e cetáceos, em resposta a fatores ambientais e antrópicos;

5) Determinar o grau de interferência de variações em curta escala temporal nos resultados oriundos de coletas mensais, para diversos parâmetros abióticos e biológicos;

6) Identificar os fatores que controlam o balanço de sal neste ambiente com o auxílio de técnicas de modelagem numérica e simular o transporte de sal para cenários de interesse socioeconômico ambiental para a região (pesca de camarão e plantio de arroz, por exemplo);

7) Avaliar o transporte de ovos e larvas de peixes no ELP através de um Modelo Baseado no Indivíduo (MBI, Individual Based Model em inglês);

8) Avaliar a influência de eventos atmosféricos e hidrodinâmicos de alta frequência (gerados pela passagem de sistemas frontais atmosféricos) na variabilidade de curto prazo da macroepifauna bentônica da Lagoa dos Patos, em escalas diárias e semanais;

9) Avaliar os efeitos de enriquecimento de nutrientes e a ação de meso-pastadores sobre o crescimento das algas epífitas, e suas consequências para o crescimento de pradarias de *Ruppia marítima*;

10) Investigar as relações entre a variabilidade interanual das guildas tróficas de peixes de áreas rasas no ELP com eventos El Niño/La Niña e fatores abióticos locais (temperatura e salinidade) e regionais (chuva na bacia de drenagem);

11) Avaliar as variações de longo prazo na estrutura da assembleia de peixes e na disponibilidade de pós-larvas de camarão-rosa na zona de arrebenção da Praia do Cassino, adjacente ao ELP;

12) Avaliar os impactos da pesca artesanal sobre as espécies de interesse comercial no ELP, utilizando alguns aspectos da abordagem ecossistêmica na identificação de áreas prioritárias para a conservação;

13) Caracterizar os distúrbios físicos nos fundos inconsolidados que são causados pela pesca de arrasto, sua sazonalidade, variação espacial e o tempo de recuperação, avaliado a partir de amostras do macrobentos;

14) Avaliar alterações de longo prazo estrutura e dinâmica populacional e no estado de exploração do estoque de corvina, miragaia, *Pogonias cromis* e bagres marinhos, *Genidens barba* e *G. planifrons*, do sul do Brasil;

15) Avaliar as tendências temporais na dieta, abundância, taxas de reprodução e sobrevivências e padrão de distribuição dos botos no ELPA;

16) Avaliar as tendências temporais na abundância, taxas de reprodução e sobrevivências dos botos no ELPA e avaliar o cumprimento e

o efeito da INI 12/2012 nas taxas de sobrevivência dos botos no ELPA;

17) Descrever variações interanuais nos elos tróficos (ocorrência e intensidade) entre produtores primários e consumidores do ELP, desde invertebrados até predadores de topo (botos e aves aquáticas), através da técnica de isótopos estáveis ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ ) e suas possíveis relações com fatores ambientais;

18) Identificação de áreas prioritárias para a conservação no ELP considerando diferentes cenários de impactos antrópicos e condição do habitat estuarino.

### 1.3. Objetivos Alcançados

De uma maneira geral, todos os 18 objetivos específicos propostos neste projeto foram cumpridos. E os resultados alcançados serão apresentados no item a seguir.

Além dos objetivos inicialmente traçados, outros foram sendo incrementados ao longo do desenvolvimento do projeto. Principalmente as atividades de extensão, que tiveram um maior enfoque na mídias digitais do projeto (@peld.elpa).

Também conseguimos cumprir a norma do CNPq para publicação da série de dados do projeto no SIBBr e GBIF. O que possibilitou a submissão do primeiro datapaper do PELD-ELPA (acreditamos que seja o primeiro datapaper de todos os PELDs brasileiros).

## 2. Atividades Realizadas no período

Descrever as atividades realizadas em relação às atividades propostas.

Para melhor entendimento das atividades realizadas e dos resultados alcançados ao longo do período de vigência deste projeto, iremos apresentar nossos dados de acordo com o grupo de espécie alvo. Assim, os dados serão apresentados divididos em 13 diferentes grupos: (i) fitoplâncton, (ii) icitoplâncton, (iii) zooplâncton, (iv) macrozoobentos, (v) vegetação aquática submersa, (vi) peixes, (vii) crustáceos, (viii) cetáceos, (ix) aves, (x) pesca, (xi) oceanografia física, (xii) resíduos sólidos e (xiii) isótopos estáveis. Para cada atividade realizada evidenciamos qual objetivo específico se buscava alcançar.

#### (i) Fitoplâncton

Para responder os *Objetivos 1 e 4*, durante o período mantiveram-se as coletas mensais de fitoplâncton – pigmentos e microscopia –, e de dados auxiliares (e.g. nutrientes), de forma a mantermos a nossa série temporal de longo prazo e, dessa forma, conseguirmos indagar associações entre os produtos primários do ELP e as alterações climáticas.

#### (ii) Icitoplâncton

Para responder os *Objetivos 1, 4 e 7*, foram realizadas saídas de campo mensais em 7 estações de coleta na Praia do Cassino e no estuário da Lagoa dos Patos. Além disso, foi realizado o desenvolvimento de modelo numérico para o estudo do transporte de ovos e larvas de peixes no estuário da Lagoa dos Patos.

#### (iii) Zooplâncton

Para responder o *Objetivo 4*, foram realizadas saídas de campo com

frequência quinzenal em dois pontos do Estuário da Lagoa dos Patos e na praia do Cassino. Após o início da pandemia (03/2020), a coleta se manteve em frequência mensal, totalizando 182 amostras nas estações de coleta no Estuário e 52 amostras na praia do Cassino. Também foram quantificadas as abundâncias dos grandes grupos do mesozooplâncton, de amostras (n=200) coletadas entre 2009 e 2013. Determinando também as densidades de cnidários planctônicos para o período de 2009 a 2016 (n= 313).

#### (iv) **Macrozoobentos**

Foram desenvolvidas amostragens sazonais (primavera, verão, outono e inverno) da macrofauna bentônica de enseadas rasas do Estuário da Lagoa dos Patos (*Objetivos 4 e 8*). Doze amostras foram coletadas sazonalmente para compor o banco de dados de longo prazo do Programa PELD, as quais foram processadas e analisadas em Laboratório. Amostragens de curto prazo, antes e depois da passagem de sistemas frontais, foram realizadas na Primavera, Verão, Outono e Inverno de 2019, com o objetivo de analisar as perturbações da coluna d'água e substrato sobre a epifauna e infauna bentônica de enseadas rasas do ELP. Foram coletadas 144 amostras biológicas em cada sistema atmosférico analisado (72 amostras antes e 72 amostras depois), as quais foram processadas e analisadas em Laboratório.

#### (v) **Vegetação Aquática Submersa**

1. *Atividades de Monitoramento da VAS (Objetivo 4)*: Monitoramento in situ (protocolo ReBentos). A VAS foi monitorada in situ em com frequência sazonal em 3 sítios do ELP (protocolo ReBentos), expostos a condições distintas hidrológicas (entre mais expostas e mais protegida) e de qualidade da água (não eutrofizado vs eutrofizado), incluindo amostragens não destrutivas (percentual de cobertura visual), destrutivas (coletas de biomassa) e mensuração dos dados abióticos da água (temperatura, salinidade, profundidade e transparência da água). Mensalmente, os parâmetros abióticos da água temperatura, salinidade, oxigênio, pH (sonda multiparâmetro YSI), transparência (Secchi) e profundidade da água (régua), foram medidos em cada local, entre 9 e 10 horas da manhã. Todos os dados foram triados, compilados e organizados em banco de dados.

2. *Análise da variabilidade de longo prazo das macroalgas e formação de marés verdes (Objetivo 4)*: A variabilidade sazonal e interanual da abundância das macroalgas de deriva foi analisada, investigando a influência de fatores climáticos (ENOS), hidrológicos (descarga fluvial), parâmetros físico-químicos da água (temperatura, salinidade, nutrientes inorgânicos) e a presença de *Ruppia maritima* sobre a dinâmica destas algas. Foram realizadas análises exploratórias multivariadas (ACP, regressão logística múltipla), de forma a identificar as condições ambientais responsáveis pela ocorrência de florações nos períodos de primavera-verão e de outono-inverno. Foram investigados os eventos de maré verde nos invernos de 2010 e 2014, nos quais foram analisados também os padrões de vento predominantes.

3. *Análise dos nutrientes limitantes ao crescimento das algas (Objetivo 4)*: Para completar os estudos sobre influência dos nutrientes sobre o crescimento de algas oportunistas (hipótese do fósforo como

nutriente limitante ao crescimento das algas) foram analisados os teores de fósforo total (FT) do tecido de algas coletadas florações que ocorreram entre 2012 e 2014. As análises foram realizadas no Laboratório de Hidroquímica (IO, FURG) através de Espectometria de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) após a preparação e digestão úmida das amostras em microondas focalizado. Os resultados foram integrados com resultados previamente obtidos de nutrientes da água e do tecido algal (Lanari et al. 2018) para determinação da razão C:N:P no tecido algal. As razões N:P foram correlacionadas com as razões N:P para coluna d'água.

*4. Análise da abundância e biodiversidade das diatomáceas epífitas e bênticas (Objetivos 4 e 9):* O estudo avaliou a variabilidade espaço-temporal na abundância, composição e diversidade de diatomáceas epífitas e bênticas em pradarias de *R. maritima*, em duas áreas rasas do ELP submetidas a diferentes graus de impacto antropogênico: I - não poluído (Saco da Quitéria) e poluído (Saco da Mangueira). As análises foram referentes as coletas realizadas entre novembro de 2015 e fevereiro de 2018.

*5. Efeitos dos Nutrientes (Bottom-up) e Mesopastadores (Top-Down) sobre algas epífitas e fanerógamas marinhas (Objetivo 9):* Em dezembro de 2018 se deu o início do doutorado sanduíche em Portugal, o qual teve a duração de 6 meses. O estudo avaliou os efeitos simultâneos do enriquecimento de nutrientes e presença de meso pastadores sobre o crescimento de algas epífitas e fanerógamas, através de experimento em sistema de mesocosmos, instalado na Estação Marinha do Ramallete da Universidade de Algarve, Portugal. O experimento consistiu em um sistema de tanques submetidos à uma combinação fatorial de 4 tratamentos (N=6): com e sem fertilização (adição de P e N) versus adição ou não de mesopastadores (gastrópode *Gibbula sp.*). As etapas realizadas foram: (1) planejamento e montagem do experimento, (2) execução e monitoramento das condições abióticas do experimento durante seu desenvolvimento até sua finalização, (3) retorno ao Brasil e organização dos dados gerados quanto a biomassa das algas epífitas e da vegetação, e apresentação destes dados em evento público para a comunidade da pós-Graduação da FURG, (3) contagem e identificação e das algas epífitas, (4) e preparação de manuscrito.

*6. Variação temporal dos teores elementares (C,N) e isotópicos ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ ) dos macroprodutores primários estuarinos (parte do Objetivo 17):* Com base em séries de dados elementares e isotópicos dos distintos produtores primários estuarinos entre 2010 a 2016, identificou-se as escalas temporais de variação de cada produtor (macroalgas, *Ruppia*, plantas de marismas, suas forçantes ambientais e impactos na determinação de elos tróficos e ciclos biogeoquímicos no ELP.

*7. Aplicação de técnicas de monitoramento remoto no estudo da VAS:* Em janeiro de 2020 foi realizado o primeiro levantamento completo de uma área rasa com o drone DJI Phantom 4. As etapas realizadas pós-levantamento foram: (1) criação do ortomosaico no software Agisoft Metashape Professional; (2) classificação das imagens no software QGIS; (3) obtenção dos percentuais de cada classe dentro dos quadrados; (4) comparação das medidas in situ com os resultados da classificação; (5) agrupamento dos dados de cobertura, descrição do comportamento e exploração das relações com os parâmetros anteriormente citados. Adicionalmente, foram realizadas saídas para teste e treinamento da sonda Biosonics durante o verão de 2020 com a ecosonda modelo MX

Aquatic Habitat Echosounder (Biosonics®). Dados acústicos (ecogramas) foram obtidos nas proximidades do Museu Oceanográfico através do software Visual Acquisition (Biosonics®). O pós-processamento dos ecogramas, no software Visual Habitat (Biosonics®), seguiu as seguintes etapas: (1) criação de um conjunto dos dados; (2) determinação do fundo através de testes dos melhores valores dos parâmetros de configuração do software (i.e., valores de “domínio” e de “limiar de detecção de fundo”), além de correções manuais onde o algoritmo de profundidade falhou na detecção; (3) determinação da presença da VAS, seguindo o mesmo procedimento do passo anterior; (4) interpolação dos dados pelo método “linear triangulado”; (5) criação de mapa com informações batimétricas e da presença de vegetação no local dos transectos; e (6) exportação dos dados tratados. O pós-processamento de dados foi simultâneo ao levantamento bibliográfico de estudos de investigação da VAS por métodos acústicos.

#### (vi) **Peixes**

Os peixes foram coletados mensalmente em oito estações de coleta (duas na praia oceânica adjacente e seis em zonas rasas do estuário) arrastos de praia com rede tipo picaré (9m de comprimento, 13mm de malha nas asas e 5mm no centro) (*Objetivo 14*). Em cada local foram realizados 5 arrastos. Dados abióticos foram mensurados in situ (temperatura, salinidade e transparência da água), enquanto dados de chuva e vazão dos rios foram obtidos no site do INMET e dos eventos El Niño no site do NOAA. Os peixes foram classificados em guildas tróficas propostas por Elliott et al. (2007), tendo como base estudos de conteúdos estomacais feitos no Laboratório de Ictiologia (FURG) e na literatura. A variabilidade intra- e interanual na composição e na abundância das guildas tróficas dos peixes serão relacionados aos fatores ambientais através de análise canônica de correspondência. Os resultados foram publicados na revista *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (Possamai et al. 2018), estando entre os artigos mais citados por essa revista desde 2018 (<https://www.journals.elsevier.com/estuarine-coastal-and-shelf-science/most-cited-articles>).

#### (vii) **Crustáceos**

Para avaliar o impacto do arrasto foram coletados dados em barcos tradicionais de arrasto da LP, com uma licença de pesquisa emitida pelo IBAMA (*Objetivos 4, 13 e 14*). Cerca de 200 lances de pesca foram realizados ao longo de 4 safras diferentes, com condições ambientais bastante distintas, permitindo obter conclusões sobre o impacto do arrasto sobre a biodiversidade em diferentes cenários. Os lances foram distribuídos ao longo de toda área de pesca, deixando os pescadores atuar nas áreas que julgavam melhores para a pesca, buscando retratar o impacto da maneira mais fiel possível (Figura 1).

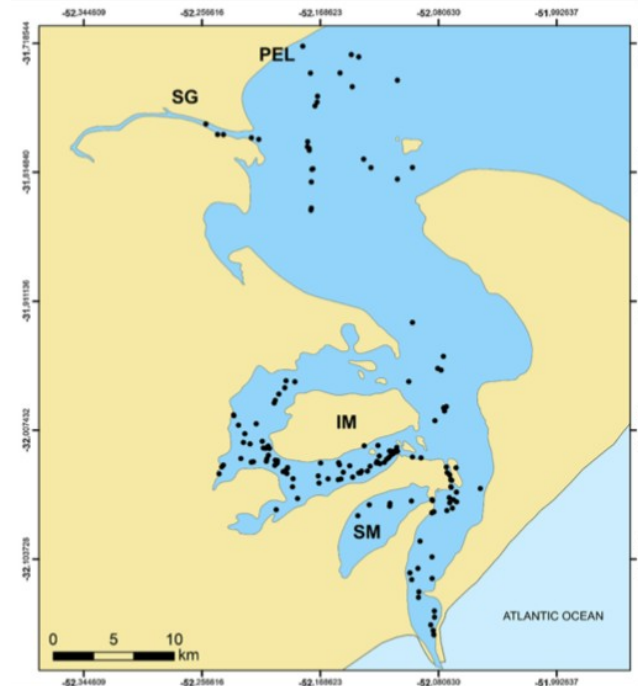


Figura 1. Mapa do estuário da Lagoa dos Patos indicando os pontos onde os arrastos foram realizados (pontos pretos).

#### (viii) **Cetáceos**

Através de saídas de monitoramento embarcado no Estuário da Lagoa dos Patos (ELP) e áreas costeiras adjacentes obtiveram-se dados de foto-identificação, biópsias, posição e composição de grupo dos botos que habitam a Lagoa dos Patos (*Objetivos 15 e 16*). Os grupos de botos encontrados durante as saídas de campo foram identificados a partir de marcas de longa duração presentes em suas nadadeiras dorsais e biopsiados sempre que possível (Figura 2). A partir do posicionamento geográfico dos indivíduos foto-identificados, estimou-se o padrão de distribuição espaço-temporal dos indivíduos ao longo dos últimos anos e verificaram-se as variações interanuais e sazonais em sua distribuição. A ecologia alimentar também foi investigada através da análise de isótopos de carbono e nitrogênio das amostras de pele. As amostras foram processadas e enviadas para análise, porém os resultados ainda não foram recebidos em função das restrições impostas pela pandemia.



Figura 2. Monitoramento da população de botos do Estuário da Lagoa dos Patos e águas costeiras adjacentes inclui atividade de coleta de biópsia e foto-identificação (esq.). Foto à direita: Exemplo de marcas naturais (cortes e arranhões profundos) utilizadas para identificar os botos individualmente através da foto-identificação.

(ix) **Aves**

Amostragem de sangue de filhotes de garças em ninhal localizado no estuário da Lagoa dos Patos. O número de amostras coletadas não foi suficiente devido à impacto na vegetação arbórea para abertura de canal realizada em período de estabelecimentos do ninhal no local.

(x) **Pesca**

Foram analisadas as mudanças de longo prazo em aspectos da dinâmica populacional e na história de vida da corvina (*Micropogonias furnieri*) no sul do Brasil, para entender como quatro décadas de pesca pesada (1976 a 2017) afetaram sua dinâmica populacional (*Objetivo 14*).

(xi) **Oceanografia física**

A parte de coletas in situ constou de campanhas ou cruzeiros de coleta de dados e do estabelecimento de fundeios de equipamentos em posições chave e que registram séries temporais de Salinidade, Temperatura e Pressão (nível ou oscilação das águas) e, também de um perfilador acústico de correntes.

*Cruzeiros de coleta de dados:* No total ao longo de todo o estuário da Lagoa dos Patos, com recursos do presente convênio e de outros projetos, cujos dados estão sendo utilizados para se atingir os objetivos propostos nos *objetivos 1 e 2* foram realizados 3 cruzeiros. Dois deles em período de outono, quando há maior extensão da propagação de águas salgadas para o interior da Lagoa dos Patos (abril 2018 e maio 2019) e o terceiro em agosto de 2017 em regime de alta descarga. Além das estações constantes na Figura 3, foram retirados e recolocados 3 Termopcondutivímetros (CT, SBE 37 SM) instalados na fase anterior do projeto (2016). Esses equipamentos estão nas estações de posição 19, 20 e 12.

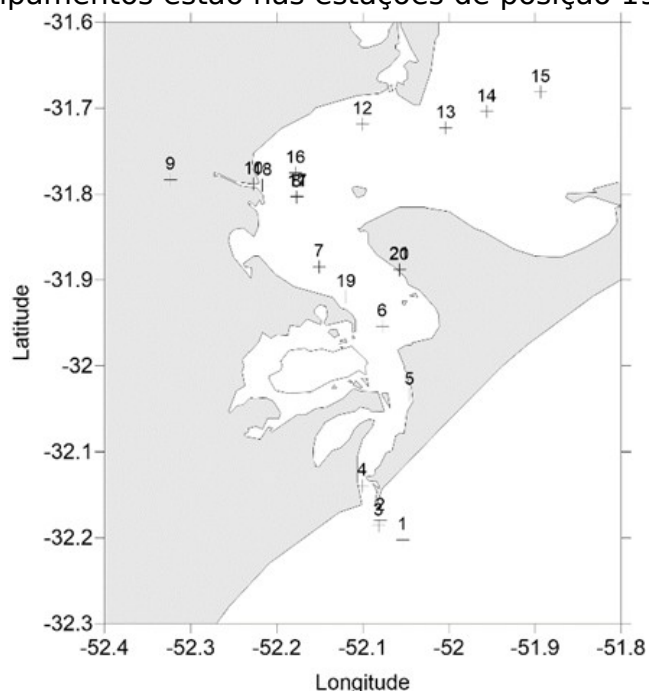


Figura 3. Posição das estações dos cruzeiros realizados ao longo do estuário da Lagoa dos Patos.

Com recursos próprios do Laboratório Oceanografia Costeira e Estuarina (LOCOSTE) foram realizados 8 cruzeiros em períodos de alta

descarga cobrindo as estações 1 (sempre que condições de mar permitiam), 3, 4, 5 e algumas vezes a 6. Em 7 cruzeiros participaram alunos do curso de graduação de Oceanologia, 5 a 6 por cruzeiro, e de pós-graduação. Os dados são básicos para se entender a propagação de água salgada, a formação de cunha salina e da frente do estuário frente à variação da descarga fluvial.

Em cada estação o procedimento era de lançamento de um CTD JFE-ADVANTEC modelo RINKO, dotado, também, de sensores de Turbidez, Fluorescência e Oxigênio Dissolvido para o registro dos perfis verticais dessas variáveis. Também eram feitas coletas de água em garrafas do tipo NISKIN para se calibrar o sensor de turbidez do CTD transformando sua leitura em NTU para unidades de concentração de material em suspensão. De forma simultânea, um perfilador acústico de correntes (ADP) Sontek de 500 KHz, registrava perfis verticais de velocidade e direção de correntes.

*Fundeio de equipamentos:* Em 2019, graças a um termo de cooperação entre o LOCOSTE e a empresa Austral Soluções Ambientais, foram instalados 3 CT cobrindo as profundidades de 1 m, 5 m e 9 m, no píer da Estação Naval de Rio Grande (ENRG), no canal de acesso à Lagoa dos Patos. Os dados de Salinidade e temperatura são registrados em intervalos horários.

Além dos 6 CT já mencionados anteriormente, foram fundeados mais dois CT já nas áreas internas da Lagoa dos Patos. Este trabalho foi feito por via rodoviária e os equipamentos instalados em trapiches costeiros das localidades de São Lourenço do Sul e Tapes. Isto é especialmente importante em períodos de La Niña quando águas de origem marinha podem atingir grandes distâncias no interior da Lagoa dos Patos.

Outro equipamento importante que foi fundeado em agosto de 2018 é um ADP Sontek Argonaut de propriedade da Praticagem da Barra de Rio Grande. Graças a uma relação de longo período, entre o LOCOSTE e essa empresa, pesquisadores deste Laboratório têm acesso direto aos dados. Com isto, volta-se a possibilidade de se monitorar velocidade e direção de correntes por longo período de tempo que havia sido interrompida em 2012 por pane dos ADP do LOCOSTE. Com a calibração deste ADP a partir de dados coletados nos cruzeiros já mencionados, pode-se estimar a concentração de material em suspensão, em perfis verticais e os fluxos derivados da associação velocidade de correntes e esta variável. O ADP está instalado na profundidade de 16 m, próximo à estação da Praticagem da Barra e fornece perfis verticais de velocidade e direção de correntes a cada 10 minutos.

Com isto, tem-se uma massa de dados importante para os estudos que estão sendo desenvolvidos dentro deste projeto. Infelizmente, a pandemia fez com que não fosse possível se retornar e recuperar os equipamentos e os dados registrados pelos CT das estações 19, 20 e 12 da Fig. 1, desde maio de 2019. As baterias devem ter se esgotado e incrustações, principalmente de cracas devem ter tomado conta dos aparelhos.

*Organização dos dados:* Uma massa tão grande de informações requer que esses dados sejam organizados. Praticamente todos os dados de CTD dos cruzeiros estão numa planilha contendo todas as informações como nome do cruzeiro, embarcação utilizada, data, hora, posição (lat., long) profundidade da estação, profundidade de coleta e, na sequência os dados básicos fornecidos pelo equipamento. Os dados de ADP estão em fase de organização.

Os dados das séries temporais dos fundeios estão, também em planilhas com as informações básicas de posição, data e hora e da variável coletada. No caso dos perfis de velocidade e direção de correntes obtidos pelo ADP da Estação da Praticagem, tem-se planilhas para as componentes longitudinais e transversais de correntes por profundidade de registro. Estes dados, juntamente com informações históricas registradas desde 1975 estão sendo organizadas de forma a facilitar a distribuição das mesmas ou disponibilização através de um banco de dados.

**(xii) Resíduos sólidos**

*Avaliação do lixo encontrado na Praia do Cassino, RS, com estimativa de concentração e caracterização de materiais, tipos e potenciais fontes:* O lixo da Praia do Cassino foi recolhido mensalmente ao longo de 2016 e 2017 (Janeiro a Dezembro), e no início de 2019 (Janeiro a Março), em dois pontos próximos à área urbana (Molhes e EMA) e dois mais distantes (Navio e Farol do Sarita); Em cada local, três transectos de 20 m x 10 m (200 m<sup>2</sup> de área amostrada) foram delimitados em dois estratos: base de duna (supralitoral) e linha de deixa da maré (infralitoral). Em cada transecto, todo o lixo marinho com mais de 2,5 cm foi recolhido. O lixo foi lavado para remover a areia e secado. Cada item foi contado e classificado individualmente de acordo com o seu material (tecido, vidro, metal, papel, plástico, borracha e madeira). Os artigos foram medidos e categorizados de acordo com a classe de tamanho: macro (entre 2,5 cm e 100 cm) e mega (mais de 100 cm). Os lixos foram também classificados por tipo utilizando a informação contida no rótulo (e.g. língua, marca) e/ou características da embalagem. Todos os artigos de plástico foram classificados de acordo com o seu grau de dureza (rígido ou flexível) e cor (branco, transparente, azul, multicolorido, preto, amarelo verde, vermelho, rosa, laranja e metálico). Sempre que possível, os itens foram também classificados de acordo com as suas fontes, nas seguintes categorias: doméstico, doméstico/turismo, pesca, turismo, religioso, barco/navio, internacional ou indefinido. As fontes que representavam menos de 3,0% do total de artigos recolhidos (ou seja, internacionais, religiosos e embarcações) foram agrupadas na categoria "outros".

*Avaliação das quantidades e características do lixo encontrado no ELP e costa adjacente:* Foram realizadas saídas de campo mensais entre agosto de 2019 e fevereiro de 2020 para coletas oportunistas de lixo, realizadas em parceria com o monitoramento da ictiofauna dentro do PELD-ELP. Em cada saída foram amostrados sete pontos distribuídos entre o Estuário da Lagoa dos Patos (pontos Torotama, Porto Rei, Mangueira, Franceses, Praia da Barra) e a Praia do Cassino (Pontos Molhes e EMA), em cada ponto foram realizados cinco arrastos consecutivos utilizando redes de pesca (9 m de comprimento, 1,80 m de altura, 13 mm de malha nas asas, 5 mm de malha no centro). Cada arrasto cobriu uma área de 60m<sup>2</sup>, e todos os lixos que vieram junto com os peixes foram separados em sacolas e identificados. Em laboratório, os lixos foram classificados de acordo com o material, tipo, cor e maleabilidade e peso. Os tamanhos foram medidos com régua e paquímetro (comprimento, largura e altura). Os itens foram pesados em balança com precisão de 0,001g.

*Caracterização da comunidade epiplástica do ELP:* Durante um ano (setembro de 2016 a agosto de 2017) foi realizado um experimento no ELP para verificar a colonização por organismos em plásticos e a variação

temporal dessa colonização entre a primavera, verão, outono e inverno. Em cada estação do ano, placas de polietileno fabricadas em laboratório, com dimensões de 5 cm x 5 cm, foram colocadas (em triplicatas) em uma estrutura flutuante no ELP e retiradas em diferentes períodos de tempo (30 e 90 dias). Após a retirada das placas, cada uma foi cortada com material estéril e metade da placa foi destinada à extração de DNA do seu biofilme, sendo a outra parte submetida à Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). O gene que codifica para o 18S do RNA ribossômico (marcador molecular usado para eucariotos) foi utilizado para identificação molecular dos grupos taxonômicos. As amostras foram agrupadas por estação do ano, tendo a diversidade e abundância relativa dos táxons identificadas (em nível taxonômico de gênero, quando possível).

*Caracterização de lixo em águas superficiais marinhas no sul do Brasil:* Foram coletadas amostras em 10 pontos ao longo da plataforma e talude continental no sul do Brasil, nos anos de 2014 e 2015. As amostragens foram realizadas através de arrastos na superfície do mar, utilizando rede Manta com malha de 330  $\mu\text{m}$ . Em cada ponto, os arrastos foram feitos em triplicata, cada um com duração de 15 min e velocidade de 3-4 nós. O material coletado foi congelado a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para preservar o DNA dos organismos que colonizam os plásticos. Em laboratório, os lixos foram separados manualmente dos detritos naturais, sendo em seguida medidos (paquímetro digital) e analisados visualmente para classificação de acordo com: classe de tamanho, tipo (fragmento, linha, pellet, esfera), rigidez e cor. Uma parcela foi separada para análises moleculares das comunidades epiplásticas, através de técnicas de sequenciamento de DNA ambiental. Para estimar a concentração de plásticos na superfície do mar, a contagem por área arrastada foi extrapolada para  $\text{km}^{-2}$ . A densidade e frequência de ocorrência (%) foi estimada para as diferentes categorias de plásticos.

*Avaliação de lixo ingerido por espécies de tubarões no sul do Brasil:* Amostras de 25 tubarões foram cedidas pelo Laboratório de Recursos Pesqueiros Demersais e Cefalópodes - IO/FURG, que realizou monitoramentos de pesca na frota de espinhel pelágico na costa do Rio Grande do Sul entre maio de 2019 e dezembro de 2019. Nesse período, os tubarões pescados foram identificados e tiveram seus dados morfométricos coletados. Cada exemplar teve seu trato gastrointestinal retirado com auxílio de tesoura cirúrgica, e separados para posterior análise em laboratório. Em laboratório os tratos foram lavados com auxílio de peneira com malha de 0.5 mm, e o seu conteúdo foi inspecionado a olho nu para a detecção de possíveis plásticos ingeridos.

### (xiii) **Isótopos estáveis**

Para as análises das razões isotópicas de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ), foram realizadas coletas sazonais num plano de lama (próxima a Ilha da Pólvora) localizado numa enseada rasa ( $<1,5\text{m}$ ) do ELP com apoio de embarcação de pequeno porte (*Objetivo 17*). As amostras foram obtidas em triplicata para cada espécie dos principais produtores primários como macroalgas, fanerógamas submersas, marismas e matéria orgânica particulada em suspensão (POM) e no sedimento (SOM). Também foram coletados consumidores conspícuos e dominantes da infauna/epifauna, macrocrustáceos decápodos e peixes. Após a coleta, o material foi armazenado em sacos plásticos e conservado em gelo durante seu transporte até o laboratório.

Em laboratório, as amostras biológicas foram descongeladas e processadas seguindo-se o protocolo descrito em Garcia et al. (2007). Após, as amostras foram enviadas para laboratório especializado, aonde foram analisadas em espectrômetro de massa. As razões isotópicas das amostras ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) foram comparadas com os padrões comumente adotados, “marine limetone fossil” para o carbono e ar atmosférico para o nitrogênio, e serão expressos pela notação delta ( $\delta$ ) (Peterson & Fry 1987).

A importância relativa dos produtores primários e outras fontes orgânicas (POM, SOM) quantificadas a partir de modelos de mistura de isótopos (Phillips & Gregg 2003; Parnell et al. 2010, Phillips et al. 2014). A posição trófica dos consumidores foi estimada e utilizada como proxy para inferir o comprimento da cadeia nas zonas rasas do ELP (Post et al. 2000; Quezada-Romegialli et al. 2018).

Os resultados foram publicados em revistas internacionais como *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (Possamai et al. 2021), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (Lanari et al. 2018), *Estuaries and Coasts* (Possamai et al. 2020), *Hydrobiologia* (Lanari et al. 2021) e *Marine Biology Research* (Garcia et al. 2019). Os artigos de Lanari et al. (2018) e Lanari et al. (2021) resultaram da parceria entre dois grupos de pesquisadores do projeto (Vegetação Aquática Costeira e Ictiologia/Isótopos), enquanto o artigo Garcia et al. (2019) resultou da parceria entre pesquisadores do Ictiologia/Isótopos e Macroinvertebrados Bentônicos.

### 3. Resultados Alcançados no período

Informar todos os resultados técnico-científicos efetivamente alcançados na execução da pesquisa relacionando-os àqueles esperados. Ater-se apenas aos resultados que decorreram especificamente da pesquisa apoiada.

Como foi citado no item anterior, para melhor entendimento dos resultados alcançados, os dados serão apresentados divididos em 13 diferentes grupos: (i) fitoplâncton, (ii) icitoplâncton, (iii) zooplâncton, (iv) macrozoobentos, (v) vegetação aquática submersa, (vi) peixes, (vii) crustáceos, (viii) cetáceos, (ix) aves, (x) pesca, (xi) oceanografia física, (xii) resíduos sólidos e (xiii) isótopos estáveis.

#### (i) Fitoplâncton

Dentro deste contexto de longo-prazo, existe uma grande variabilidade ambiental e do próprio fitoplâncton, a qual dificulta a visualização de qualquer padrão existente (Haraguchi et al. 2015). Filtrada esta escala de variações por modelos, foi possível observar padrões sazonais de fitoplâncton, associados com as variações de salinidade, que por sua vez são determinados pela descarga e fluxos de água no ELPA. O grupo das diatomáceas, dominante em termos de Carbono, contribuiu significativamente no ciclo sazonal da clorofila *a*, com valores mais altos na primavera-verão e menores no outono-inverno. Além disto, foi constatada uma tendência de aumento de dinoflagelados e cianobactérias no ELP, que possivelmente está associada à tendência de aumento na relação de Nitrogênio e Fósforo (N:P), indicando que alterações importantes, associadas com impacto antrópico, estão ocorrendo neste ambiente e afetam o fitoplâncton, além da hidrologia.

Adicionalmente, Abreu et al. (2017), em uma comparação de longo prazo (1992-2015) dos três ambientes monitorados, distribuídos ao longo de um gradiente de salinidade e condições hidrodinâmicas, responderam às seguintes perguntas: 1) as variações mensais, sazonais, e interanuais de clorofila *a* são similares nos 3 locais? (2) existe algum tipo de conectividade quanto a concentração de clorofila *a* nos 3 locais? (3) quais os principais fatores que controlam o fitoplâncton nas 3 estações? Foram verificados padrões distintos de variabilidade da clorofila *a*, com valores mais altos na estação da praia, especialmente entre maio e outubro, aparentemente em defasagem com a estação localizada no estuário, onde os valores mais altos ocorreram entre setembro e janeiro. A estação situada na desembocadura do estuário apresentou condições intermediárias, incorporando a variabilidade do estuário e da região costeira adjacente. Nas 3 estações, foi observada uma influência do fenômeno de larga escala El Niño Oscilação Sul. A conectividade entre as 3 estações quanto ao teor de clorofila *a* não foi clara, de acordo com a análise de correlação cruzada. Entretanto, uma grande transferência de diatomáceas da zona de arrebentação da praia, *Asterionellopsis guyunusae*, para o estuário, indica esta ação.

No estuário da Lagoa dos Patos, em geral repleto de nutrientes, as florações de fitoplâncton estão fortemente associadas com o tempo de retenção da água. A biomassa fitoplanctônica é significativamente mais alta em períodos de primavera-verão do que outono-inverno, devido principalmente à maior disponibilidade de luz e nutrientes no primeiro. Além disto, o tempo de retenção, operando em uma escala de dias, influencia a variabilidade de longo prazo do fitoplâncton neste ecossistema. A observação da influência de padrões climáticos cíclicos e de larga escala como o El Niño sobre a variabilidade do fitoplâncton no ELPA e na costa adjacente. A boa concordância entre as técnicas de microscopia e quimiotaxonomia no estudo do fitoplâncton na região de estudo, enriquecendo as informações obtidas pelo método tradicional (microscopia).

#### (ii) **Icitioplâncton**

A identificação dos padrões temporais da condição nutricional das larvas de peixes em relação aos processos físicos e biológicos no estuário da Lagoa dos Patos (Salvador e Muelbert, 2019). Também foi verificado que a determinação da influência do vento no transporte dos estágios iniciais da corvina (*Micropogonias furnieiri*) no ELP (Franzen et al., 2019) e a influência da alteração no tamanho dos molhes da barra na hidrodinâmica da entrada de saída de água do ELP (Antonio et al., 2020) utilizando técnicas de modelagem hidrodinâmica e baseada no indivíduo.

A influência das alterações dos molhes da barra de Rio Grande na hidrodinâmica e no transporte de sal e de organismos no ELP (Antonio et al., 2020).

#### (iii) **Zooplâncton**

Ao longo do período foram encontrados mais de 180 taxa de zooplâncton marinho, dos quais 105 foram identificados ao nível de espécie (Teixeira Amaral et al. 2017, 2021). Foram caracterizadas as assembleias de zooplâncton, sua variabilidade frente as mudanças no regime hidrológico do estuário e alguns parâmetros populacionais (e.g. densidade, produtividade secundária) de espécies-chave deste componente do ecossistema. Também foram descritos padrões de

variabilidade temporal de médio (sazonal) e longo prazo (interanual), considerados típicos de assembleias costeiras de regiões temperadas “quentes”, nas quais ocorrem picos de densidade ao redor dos meses mais quentes do ano. Isto difere de padrões sazonais observados em estuários de regiões tropicais e subtropicais mais quentes, que apesar de abrigarem uma fauna zooplânctônica de composição semelhante à do ELPA, possuem picos populacionais centrados em diferentes épocas do ano (inverno e primavera) (Teixeira-Amaral et al. 2021, Vieira et al. in prep). Ao demonstrar como mudanças hidrológicas determinam a estruturação das comunidades zooplânctônicas, discutimos como o fenômeno climático ENOS e seus efeitos sobre a hidrologia regional podem afetar o mesozooplâncton (Teixeira-Amaral et al. 2017). Embora os efeitos deste fenômeno climático ainda não tenham sido verificados de forma clara sobre as assembleias de zooplâncton, possivelmente devido a longevidade de nossa série temporal (<15 anos), a continuidade das amostragens e do projeto deve ajudar a esclarecer os efeitos deste fenômeno sobre o mesozooplâncton. Possíveis mudanças faunísticas do zooplâncton detectadas durante o período envolvem a ocorrência de 3 espécies de medusas invasivas, eventualmente em densidades altíssimas neste ecossistema. Demonstramos que ocorrências massivas de uma espécie de medusa invasiva (*Cnidostoma fallax*) foram associadas a decréscimos drásticos na produtividade secundária de copépodes concomitantemente e nos meses subsequentes ao bloom da medusa (Teixeira-Amaral et al. 2021). Discutimos como condições de estabilidade hidrológica (associadas à baixa precipitação) e mais elevadas temperaturas podem favorecer eventos de bloom, por aumentar a concentração e retenção de indivíduos e causar incrementos na sua reprodução por brotamento lateral. A implementação recente de outros estudos para a descrição de parâmetros funcionais (alimentação, reprodução, produtividade secundária, ciclo de vida) de algumas das espécies-chave do ELPA deverá melhorar compreensão sobre seu papel ecológico assim como melhorar a previsão sobre como as mudanças ambientais em curso devem afetar o zooplâncton marinho e consequentemente toda a cadeia trófica local.

#### (iv) **Macrozoobentos**

Experimentos de curto prazo evidenciaram que as assembleias da macrofauna bentônica respondem às perturbações de curto prazo em enseadas estuarinas do Estuário da Lagoa dos Patos, causadas por sistemas atmosféricos. Nas enseadas rasas ocupadas por pradarias submersas, a vegetação promoveu maior estabilidade em relação aos planos de lama sem vegetação, garantindo a manutenção da estrutura das assembleias do zoobentos pós-perturbação.

Em ambientes rasos ocupados por pradarias de fanerógamas submersas menos complexas e desenvolvidas, a perturbação gerada por sistemas atmosféricos reflete em diminuições significativas das densidades do zoobentos. As análises de lotes de amostras da série temporal do PELD contendo o gastrópode *Heleobia australis*, evidenciou que a morfologia externa de suas conchas apresenta potencial como bioindicadora por presença em ambientes com maior hidrodinâmica e dinâmica sedimentar devido à erosão superficial do perióstraco e manchas das conchas.

As diferenças na estrutura das conchas e distribuição de *Heleobia australis* em função de sua morfologia externa no ELP e costa marinha

adjacente sinalizam que a espécie pode responder de maneira previsível e mensurável às diferentes condições ambientais costeiras e estuarinas onde habitam.

O crustáceo das praias arenosas adjacentes ao ELP *Sergio mirim* apresentou grande viabilidade como bioindicador de qualidade ambiental em praias arenosas, através da acurácia na detecção dos elementos traço Arsênio, Cobre, Chumbo, Cádmio e Cromo. As praias arenosas não urbanizadas na planície costeira do Extremo Sul do Brasil possuem assembleias do macrozoobentos com maior riqueza, diversidade e densidades nos perfis dissipativos em relação aos refletivos. As praias da Reserva Ecológica do Taim, uma área de Preservação Ambiental, possuem os maiores índices ecológicos, e estão relacionados à granulometria compostas por grãos mais finos de sedimento. Nas Praias refletivas não urbanizadas, que possuem grãos de sedimento mais grossos e menores índices de diversidade, riqueza e densidades, algumas espécies predadoras são dominantes, como poliquetas do gênero *Hemipodia sp.*

A macrofauna bentônica das praias adjacentes ao Estuário da Lagoa dos Patos mostrou ser altamente impactada pelo trânsito de veículos, com baixas densidades de organismos observadas no setor mais impactado, especialmente no período de Verão, diferentemente do setor controle, onde ocorreram elevadas densidades. Foi evidenciado que o trânsito veicular, além de alterar as propriedades físicas da areia da praia como a compactação e capacidade de percolação da água, alterou as propriedades biológicas do zoobentos como a diversidade e abundância.

As espécies de moluscos bivalves *Donax hanelyanus* e *Amarilladesma mactroides* foram consideradas como boas bioindicadoras do impacto do tráfego de veículos nas praias arenosas adjacentes ao ELP. São espécies com baixa capacidade de locomoção e que ocupam justamente a faixa de areia em que o trânsito está presente. Os resultados evidenciam que as duas espécies são altamente impactadas, com baixas densidades em todos os períodos amostrais, sobretudo no setor em que o tráfego é mais relevante.

#### (v) **Vegetação Aquática Submersa**

*Monitoramento da VAS:* Os resultados da análise da variabilidade espacial em médio prazo (2017 a 2020) mostraram que as biomassas (aérea e subterrânea) de *R. maritima* foram significativamente diferentes entre locais pouco impactados por atividades antropogênicas (não eutrofizados) e o local com maior grau de poluição e eutrofização (Wilcoxon,  $p > 0,05$ ). A biomassa de *R. maritima* reduziu significativamente no local III (eutrofizado), desaparecendo após o verão de 2017. A biomassa de epífitas também não apresentou diferença significativa entre os locais durante o período analisado (verão ao inverno de 2020). A biomassa aérea de *R. maritima* variou entre 0,9 e 67,5 g PS m<sup>-2</sup> (média 13,3) no Saco do Justino, e 0,1 e 66,2 g PS m<sup>-2</sup> (média 11,1) no Saco da Quitéria. A biomassa subterrânea variou entre 0,9 e 21,4 g PS m<sup>-2</sup> (média 7,8) no Saco do Justino, e 0,5 e 56,8 g PS m<sup>-2</sup> (média 11,2) no Saco da Quitéria. A biomassa de epífitas variou entre 0,7 e 34,1 g PS m<sup>-2</sup> (média 8,8) no Saco do Justino, e 0,1 e 55,1 g PS m<sup>-2</sup> (média 9,7) no Saco da Quitéria. A biomassa de macroalgas verdes variou entre 1,0 e 62,5 g PS m<sup>-2</sup> (média 17,9) no Saco da Mangueira no outono de 2020. No verão de 2020 a máxima biomassa foi de 7,2 g PS m<sup>-2</sup> no Saco do Justino; e 38,6 g PS m<sup>-2</sup> no Saco da Quitéria. Os locais I e II (não eutrofizados) foram dominados por pradarias de *R. maritima*. No local III (eutrofizado; Saco da

Mangueira) a composição da vegetação submersa mostrou menor contribuição de fanerógamas e maior contribuição de macroalgas algas verdes e cianobactérias (*Aphanotece*) durante verão, outono e inverno de 2020. Os maiores valores de biomassa de cianobactérias ocorreram durante o período do verão de 2020 (0,1-1,2 g PS m<sup>-2</sup>).

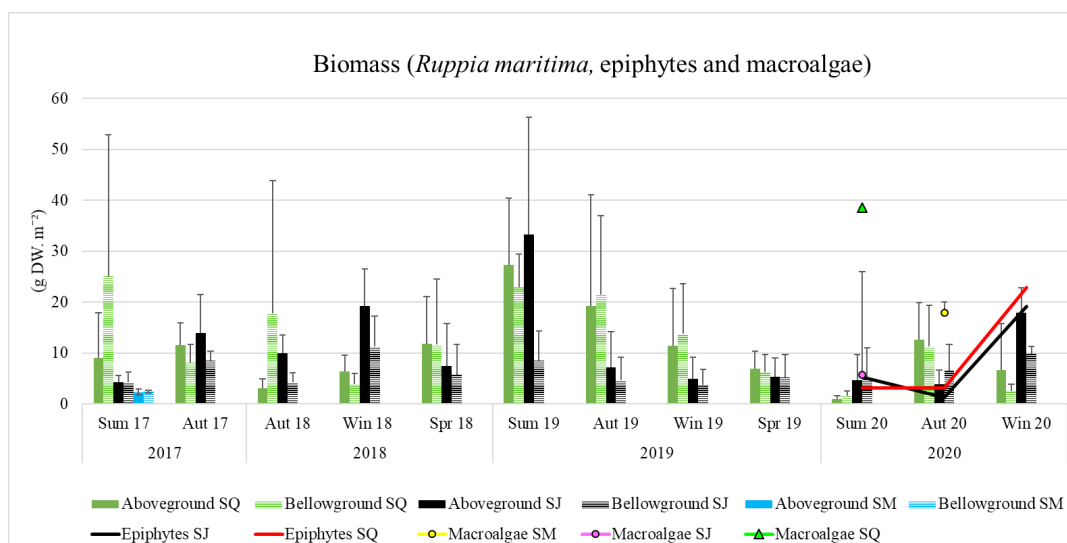


Figura 4. Variabilidade sazonal da VAS no estuário da Lagoa dos Patos entre verão de 2017 e inverno de 2020.

**Variabilidade de longo-prazo da VAS: efeitos do clima, hidrologia e nutrientes:** Os resultados da análise da variabilidade temporal de longo prazo da abundância da VAS no estuário da Lagoa dos Patos (1980 a 2015) evidenciaram significativamente uma tendência de aumento em frequência e intensidade das florações de macroalgas de deriva, concomitante com a redução histórica na abundância e distribuição de *Ruppia maritima* (esta última apontado em Copertino & Seeliger 2010, Odebrecht et al. 2010) (Fig. X e Tabela X). Antes dos anos 2000, grandes acúmulos de biomassa da série eram mais comuns no início da primavera e no verão. Florações de outono-inverno se tornaram mais frequentes a partir dos anos 2000, ocorrendo entre intervalos relativamente curtos (2010, 2013, 2014). Análises multivariadas demonstraram que as florações de primavera/verão e as de inverno respondem a fatores ambientais distintos. As primeiras estiveram relacionadas com anomalias positivas de temperaturas, salinidade e baixo nível da água (fator sazonais). Florações de outono-inverno, no entanto, foram desencadeadas por picos de concentração de nutrientes inorgânicos na água, fator que possui grande variabilidade mensal e ausência de sazonalidade definida. O fator nutriente unicamente não foi suficiente para prever a ocorrência de florações de inverno, indicando a sinergia com outros fatores. A ação de ventos, por exemplo, é importante agente nos processos de retenção, acúmulo e transporte das algas. Eventos ENOS influenciaram a ocorrência de florações, dependendo de sua intensidade e duração.

Figura 5. Variabilidade do Ocean Niño Index (ONI) e variabilidade mensal da biomassa de macroalgas e da fanerógama *Ruppia maritima*, entre 1980 e 2015.

Tabela 1: Biomassas acumuladas de macroalgas de deriva durante florações registradas no estuário da Lagoa dos Patos entre de 1993 à 2015, separados por ano, período de ocorrência e somatório total da biomassa no sítio de amostragem, em gramas de peso seco por m<sup>2</sup>.

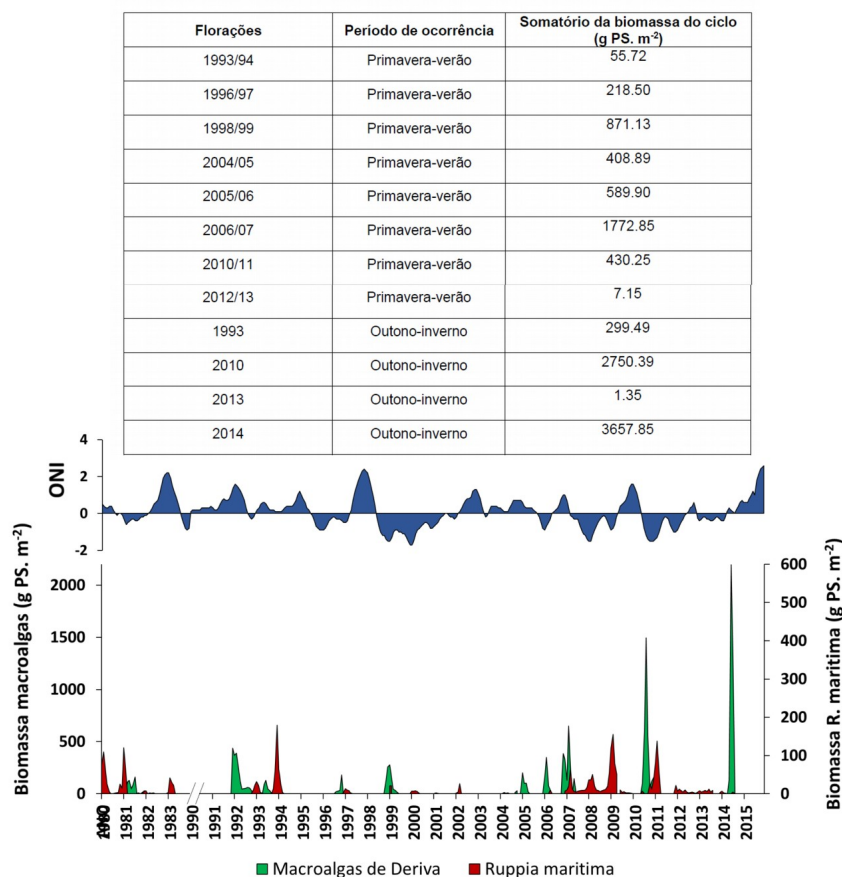


Tabela 2. Valores médios de concentração de nutrientes inorgânicos ( $\mu\text{M}$ ) para o período de outono-inverno (maio a setembro) dos anos de florações, comparados com a média histórica do período (1993 - 2015). Valores significativamente acima da média estão realçados.

	1993	2010	2013	2014	Média do período
$\text{NO}_x$	0.102	13.42	3.344	8.73	4.89
$\text{NH}_4$	5.31	9.426	3.954	7.078	6.84
$\text{PO}_4$	1.82	1.568	0.654	3.6	1.2576

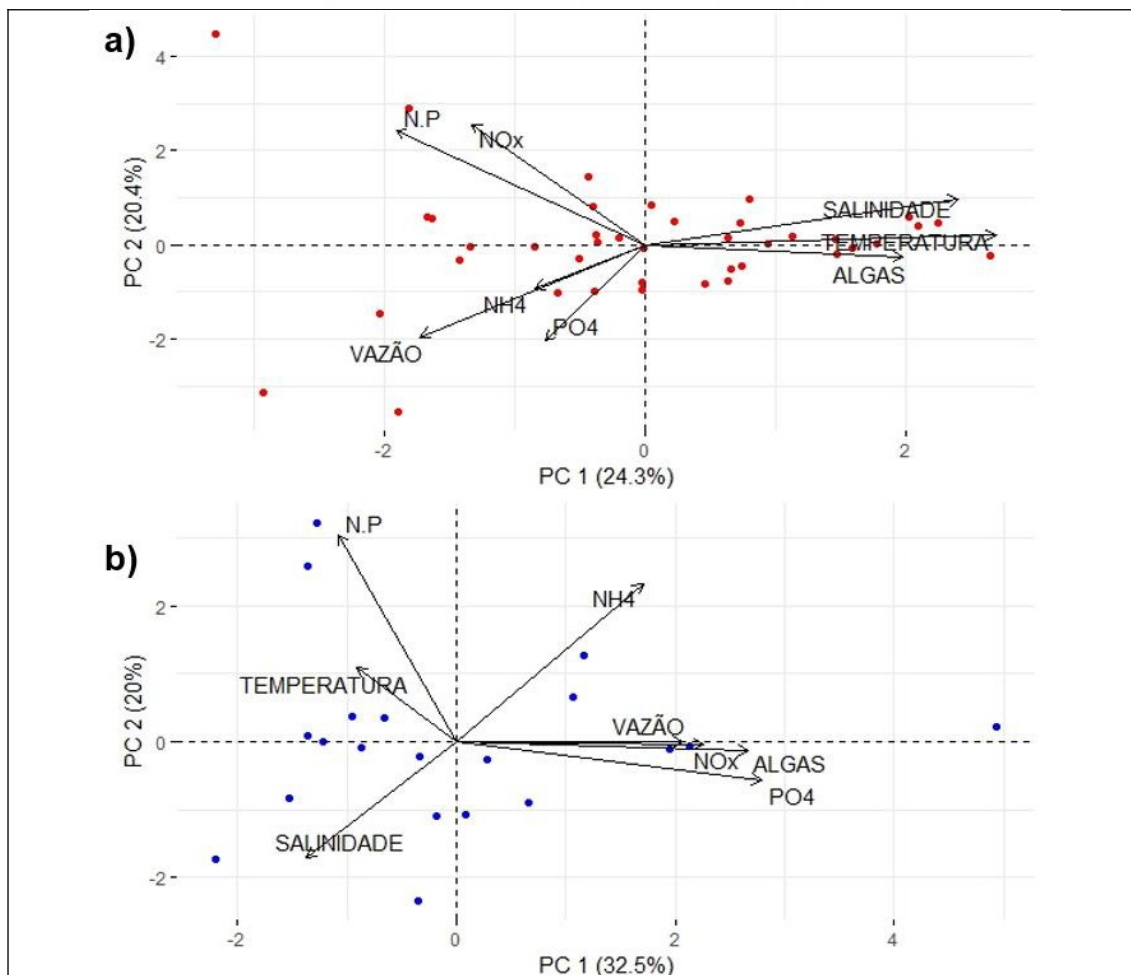


Figura 6: Variabilidade da biomassa de macroalgas e relação com variáveis abióticas entre 1993 e 2015 *Biplots* das análises de componentes principais (ACP) para períodos de a) verão e b) inverno.

Os resultados elucidaram alguns dos fatores que impulsionaram o desenvolvimento das grandes marés verdes observadas nos invernos de 2010 e 2014, que se destacaram do restante da série. Enquanto ambos os eventos parecem estar relacionados com aumento nos picos de concentrações de nutrientes inorgânicos, as condições hidrológicas e meteorológicas foram distintas. O evento de agosto-setembro de 2010 apresentou a maior extensão já registrada para esta época do ano, com massas de algas ocupando todas as áreas rasas estuarinas. A menor vazão no inverno de 2010 (relativo a outros invernos a série), associado com longos períodos de calmaria, propiciou os grandes acúmulos de macroalgas. Em 2014, as altas concentrações de nutrientes na coluna d'água (significativamente maiores que valores de 2010), parecem ter sido o fator desencadeador. Comparado ao evento de 2010, a maré verde de 2014 apresentou menor extensão e tempo de permanência, devido a fatores meteorológicos e hidrológicas. Os ventos mais intensos e a elevada descarga fluvial do período promoveram o transporte e a rápida dispersão das biomassa.

Ao longo das últimas décadas, a ocorrência de eventos El Niño parece ter influenciado a ocorrência da VAS no estuário. A resposta da biomassa, no entanto, varia de acordo com a intensidade do fenômeno. Durante períodos de El Niño fortes ou moderados (1982/83, 1994/95,

2002/03, 2009/10, 2015/16), o elevado nível da água, a alta turbidez e a intensa remobilização do sedimento, inibiram tanto o estabelecimento de pradarias de *R. maritima* como de macroalgas de deriva (Copertino & Seeliger, 2010). Durante os verões destes períodos, as pradarias de *R. maritima* estiveram ausentes ou drasticamente reduzidas. Os eventos El Niño de intensidade fraca a moderada (2002/2003, 2004/05, 2005/06, 2009/10) parecem favorecer a formação de florações de macroalgas, após o retorno de condições favoráveis de luz para a produção primária. As florações se desenvolvem rapidamente após a redução do nível e da turbidez da água, relacionados a um possível efeito de “fertilização” do estuário. Durante as fortes descargas fluviais relacionadas com eventos de El Niño, ocorre aportes elevado de sedimentos, matéria orgânica e nutrientes. Pós El Niño, o material depositado pode ser remineralizado e rapidamente utilizados por algas oportunistas. Comparado com fanerógamas marinhas, estas macroalgas de carácter efêmero possuem um maior requerimento de nutrientes e taxas de crescimento, podendo colonizar rapidamente os fundos rasos, se as condições de luz são favoráveis e a movimentação da água é baixa ou moderada (Lanari & Copertino, 2017). Dentre as 4 florações pós-El Niño, 3 ocorreram durante o verão.

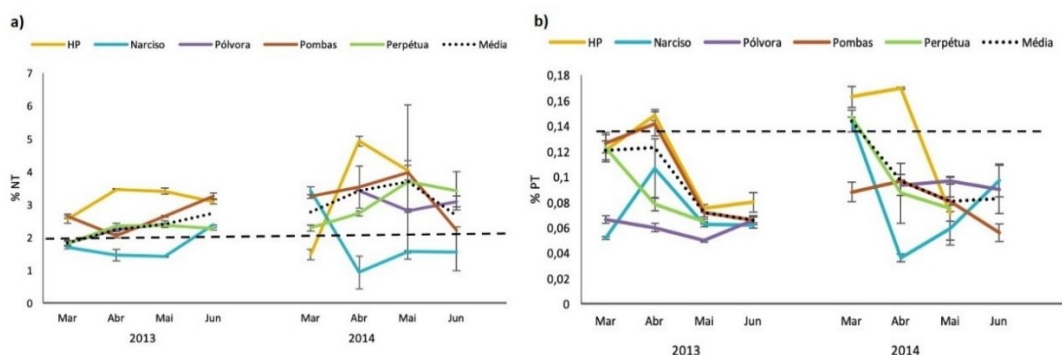


Figura 7. Valores médios ( $\pm$  EP) dos teores de nitrogênio total - TN (a) e fósforo total - PT (b) no tecido algal durante as florações ocorrentes em 2013 e 2014 em distintas enseadas rasas. Linhas horizontais tracejadas representam os valores críticos de NT e PT para o crescimento algal reportados na literatura. Séries de dados em linha pontilhada representam os valores médios entre todos os locais amostrados.

Sob condições hidrológicas favoráveis ao crescimento e acúmulo da biomassa algal (i.e., baixa a moderada, descarga fluvial, altas salinidades, temperatura e transparência d’água), uma alta disponibilidade de nutrientes inorgânicos é essencial ao desencadeamento das marés verdes. Resultados preliminares já haviam indicado o fósforo como principal nutriente limitante ao crescimento algal no ELP (e.g., Lanari & Copertino, 2017; Lanari et al., 2017), principalmente durante florações de outono-inverno. Os resultados do estudo sobre os teores de fósforo e razão CNP no tecido algal, observado durante os picos de florações, confirmaram a hipótese. Os teores de nitrogênio no tecido algal, apesar de variáveis espacialmente, mostraram-se sempre próximos ou superiores a valores críticos (i.e.,  $\sim$  2%) ao crescimento algal durante os ciclos de crescimento, evidenciando uma alta disponibilidade no sistema (Figura 7). Os teores de fósforo total, por sua vez, apresentaram picos superiores à

valores críticos de concentração ( $\sim 0,14\%$ ; Figura 7) ao final do verão e início de outono, períodos de início de crescimento algal. Portanto, o estudo evidenciou a importância do fósforo como principal nutriente limitante ao desencadeamento de marés verdes no ELP. Aumentos de aportes antrópicos de fósforo, oriundos de efluentes domésticos e industriais, podem contribuir para o aumento da magnitude de marés verdes em enseadas rasas do ELP, particularmente sob condições de baixa hidrodinâmica e ventos fracos.

A ocorrência de fortes eventos El Niño, e as alterações das condições hidrológicas do ELP em escala interanual, têm sido associadas a mudanças ecológicas na estrutura da VAS (Lanari & Copertino, 2017). Pradarias de *R. maritima* parecem ser mais impactadas pela ocorrência desses eventos pois, diferentemente de macroalgas oportunistas, que crescem e se reproduzem muito rapidamente, pradarias de *R. maritima* levam mais tempo para se desenvolver. Uma vez que pradarias são reduzidas drasticamente, incluindo o arrancamento da rede de rizomas por eventos extremos, o reestabelecimento de primavera e verão dependerá do desenvolvimento de plantas a partir do banco de sementes do sedimento. Por serem mais vulneráveis a instabilidade sedimentar, podendo ainda ser inibidas pelo rápido crescimento de macroalgas, pradarias podem levar anos para se recuperarem após impactos físicos extremos (Copertino & Seeliger, 2010). Tais mudanças, associadas à tendência de aumento na concentração de nutrientes inorgânicos no sedimento e na coluna d'água (Baumgarten & Niencheski, 2010), podem levar à uma mudança de fase na VAS do estuário, com crescente perda de pradarias de fanerógamas e aumento na frequência de florações de macroalgas oportunistas. Em ambientes sujeitos à eutrofização, pradarias de fanerógamas acabam sendo substituídas por macroalgas oportunistas e, derradeiramente, por fitoplâncton (Duarte, 1995; Taylor et al., 1995). Eventos de El Niño leve a moderados também podem impactar negativamente as pradarias de *R. maritima* de forma indireta, uma vez que propiciam a ocorrência de marés verdes. Experimentos de campo simulando deposições de curto prazo de macroalgas de deriva evidenciaram que reduções de pradarias submersas podem ocorrer mesmo sob a ausência de condições adversas da interface sedimento-coluna d'água (i.e., anoxia, sombreamento, liberação de compostos tóxicos resultantes da decomposição da biomassa algal). Em locais de alta hidrodinâmica, como o ELP, a ação de ondas e correntes gera o transporte e conseqüente deposições instáveis de biomassa algal de deriva (e.g., 3-7 dias), evitando assim a sua decomposição *in situ*. Por outro lado, a advecção da biomassa algal pode contribuir para o arrancamento de plantas de *Ruppia* através do aumento da erosão da superfície de fundo e/ou o emaranhamento dos filamentos algais. Tais impactos negativos podem ser transferidos à níveis tróficos superiores visto que a macrofauna bentônica associada à biomassa subterrânea das plantas de *Ruppia* (e.g., indivíduos construtores de tubos como o tanaidáceo *Monokalliapseudes schubarti*) também são afetados pelo arrancamento das plantas submersas e desestabilização do sedimento. Logo, tais resultados sugerem que o aumento na frequência e magnitude florações de macroalgas de deriva no ELP nas últimas duas décadas esteja diminuindo a resiliência das pradarias de *Ruppia maritima* e impedindo a sua recuperação após fortes eventos El Niño, com possíveis impactos negativos na ciclagem de nutrientes, fluxos de energia e produção secundária estuarina. De fato, análises isotópicas de distintos produtores

primários estuarinos (e.g., plantas de marismas, pradarias submersas, macroalgas de deriva, fitoplâncton e microfítobentos) evidenciaram os impactos das marés verdes no acúmulo de matéria orgânica sedimentar para reciclagem e a baixa contribuição da biomassa algal à dieta de consumidores como o siri-azul e a tainha. Assim, mudanças de fase da VAS local potencialmente irão modificar o funcionamento do ecossistema e os serviços ecológicos prestados.

*Complexidade do habitat: abundância e biodiversidade das diatomáceas epífitas e bênticas:* As comunidades de diatomáceas que ocorrem associadas as pradarias de *R. maritima* são altamente diversas, com um total de 180 táxons registrados neste estudo. Deste total, 32% ocorreram apenas na comunidade epifítica sobre folhas e hastes, enquanto 10 % dos táxons foram exclusivos do sedimento. Dentre as algas epífitas (159), 48% foram comuns e 38 espécies foram consideradas abundantes. Os taxons dominantes variaram com a época e local. No local I, menos impactado, as espécies dominantes foram: *Tabularia tabulata* (setembro e outubro de 2016), *Mastogloia pumila* (maio de 2017), e *Melosira moniliformis* (fevereiro de 2018). No local II, mais impactado, os táxons dominantes foram: *Cocconeis placentula* (janeiro, fevereiro e maio de 2017); *T. tabulata* (de abril a julho de 2016); *Pleurosira laevis* (setembro e dezembro de 2016); e *Nitzschia frustulum* (março de 2017). Do total de espécies bênticas (123), cerca de 44% ocorreram em ambos os locais analisados e 28 espécies foram consideradas abundantes. O índice de diversidade de Shannon para as epífitas variou entre 0.62 e 2.54 no SM, e entre 0.99 e 3.00 no SQ. No sedimento, a diversidade variou entre 1.19 e 2.48 no SQ; e entre 1.05 e 2.03 no SM. Os resultados da análise PERMANOVA mostraram que, em geral, a diversidade e a composição de espécies foram significativamente diferentes entre os locais, para os diversos meses estudados. De modo geral, maiores diversidades ocorreram no local I (Saco da Quitéria), associado a um ambiente mais estável e com menor índice de poluição e contaminação por distúrbios antropogênicos. Já a alta variabilidade espaço-temporal na composição de espécies em ambos os compartimentos parece refletir a variabilidade dos parâmetros abióticos no estuário. As maiores diversidades de espécies e variabilidade temporal na estrutura da comunidade epifítica, associado ao maior número de espécies dominantes, indica uma comunidade altamente dinâmica, provavelmente com alto grau de redundância funcional, comparada a comunidade do sedimento. Apesar de 58% das espécies ocorrerem em ambos os compartimentos (sedimento e epífitas), o alto percentual de espécies exclusivamente epífitas (31%), comparadas as espécies exclusivas do sedimento (10%), evidencia a importância da vegetação aquática submersa no aumento da complexidade estrutural dos habitats bentônicos, promovendo o aumento da biodiversidade, produtividade primária, com possíveis consequências para as cadeias trófica estuarinas.

*Efeitos dos nutrientes (Bottom-up) e mesopastadores (Top-Down):* Os experimentos de mesocosmos testaram os efeitos simultâneos do enriquecimento de nutrientes e presença de mesopastadores sobre o crescimento de algas epífitas e das fanerógamas marinhas. Os resultados deste estudo mostraram que o efeito dos tratamentos foi significativo: as maiores biomassas (clorofila-*a*) das epífitas ocorreram nos tratamentos fertilizados, tanto na presença quanto na ausência de pastadores. A presença do gastrópode reduziu significativamente a biomassa das epífitas apenas sob adição de nutrientes (Tukey;  $p < 0.05$ ).

Não foi observado efeito dos nutrientes sobre as plantas, quando na presença de pastadores (baixa a moderada biomassa de epífitas). Entretanto, na ausência de pastadores (alta biomassa de epífitas), ocorreram reduções na biomassa das plantas. Em conclusão, os controles “bottom-up” e “top-down” regulam o crescimento das algas epífitas sobre folhas e hastes de fanerógamas, podendo atenuar os efeitos negativos do enriquecimento de nutrientes e contribuir para a persistência de pradarias.

#### (vi) **Peixes**

Com base numa série temporal de de longo prazo (19 anos) dos peixes das zonas rasas do ELP foi investigada a variabilidade temporal na composição e padrões de dominância das guildas tróficas de peixes e suas relações com fatores ambientais associados aos eventos moderados (2002-2003 e 2009-2010) e muito fortes (1997-1998 e 2015-2016) de El Niño. Foram analisadas oito guildas tróficas: detritívoro (DTV), herbívoro-fitoplâncton (HVP), herbívoro-macroalgas (HVM), insetívoro (ISV), onívoro (OMN), piscívoro (PSV), zoobentóvoro (ZBV) e zooplactívoro (ZPL). A análise da correspondência canônica (CCA) revelou que as guildas menos dominantes (< 10% da abundância total), tais como HVP, HVM, ISV, PSV, aumentaram as suas abundâncias relativas no estuário durante chuvas mais altas e condições de salinidade mais baixas associadas aos eventos El Niño moderados e muito fortes. Foi observado um padrão oposto para as guildas de peixes tróficas dominantes como OMN e, em menor medida, DTV e ZPL, que tinham maior associação com valores mais elevados de salinidade e transparência da água, ocorrendo principalmente durante condições não-El Niño. Em contraste, a abundância da ZBV não esteve correlacionado com condições ambientais contrastantes, mas sim, teve maior associação com amostras caracterizadas por valores ambientais intermediários. De modo geral, estes resultados mostram que os eventos *El Niño* não perturbaram substancialmente os padrões de dominância entre as guildas tróficas de peixes no estuário. Em vez disso, esses eventos promoveram um aumento na diversidade trófica do estuário através do possível transporte de peixes de água doce com hábitos alimentares distintos da zona límnic da laguna para o interior do estuário.

#### (vi) **Crustáceos**

Durante o período de estudo foi capturado um total de 896,15 Kg, dos quais 768,22 Kg foram compostos por espécies descartadas mortas de volta ao estuário, restando apenas 127,93 Kg de captura-alvo, o camarão-rosa. A taxa média de descarte para todo o período estudado foi de 86%, de forma que 6Kg de organismos mortos são descartados para capturar 1 Kg de camarão (6:1). A captura incidental é composta por 61 espécies (55 peixes, 5 crustáceos e 1 molusco), atingindo diretamente cerca de 1/3 da biodiversidade estuarina. Dentre as 61 espécies, 45 são recursos importantes para outras pescarias, mas acabam sendo capturados pelo arrasto dentro do estuário com tamanhos muito inferiores ao tamanho comercial. As espécies mais abundantes nessa pesca são a corvina e o siri-azul, mas o bagre *Genidens barbatus* e o linguado *Paralichthys orbignyanus* também estão entre os mais afetados, ocorrendo em 40% dos lances de pesca. Mais de 80% da captura descartada foi composta por indivíduos juvenis de pequeno tamanho.

É fundamental comparar o impacto do arrasto com a arte de pesca

autorizada, o “aviãozinho”. A taxa de descarte para essa arte de pesca é bem menor, entre 35%-45%, enquanto que a estimada para o arrasto é de 86%, ou seja, para cada 1 Kg de camarão capturado, 3 Kg de captura incidental são descartados (3:1). Adicionalmente, essa arte não causa os demais efeitos colaterais do arrasto, como os altos impactos sobre o bentos, ressuspensão de sedimentos e poluentes, além de modificações na cadeia trófica alterando a disponibilidade de presas bentônicas. Portanto, recomenda-se fortemente a manutenção da pesca aviãozinho em detrimento do arrasto.

Adicionalmente à mortalidade diretamente causada a um grande número de espécies, o arrasto afeta negativamente a teia trófica bentônica.. A passagem do arrasto causa um distúrbio físico sobre o fundo, destruindo uma complexa estrutura de tocas e galerias que caracterizam esses ambientes (Figura 8).

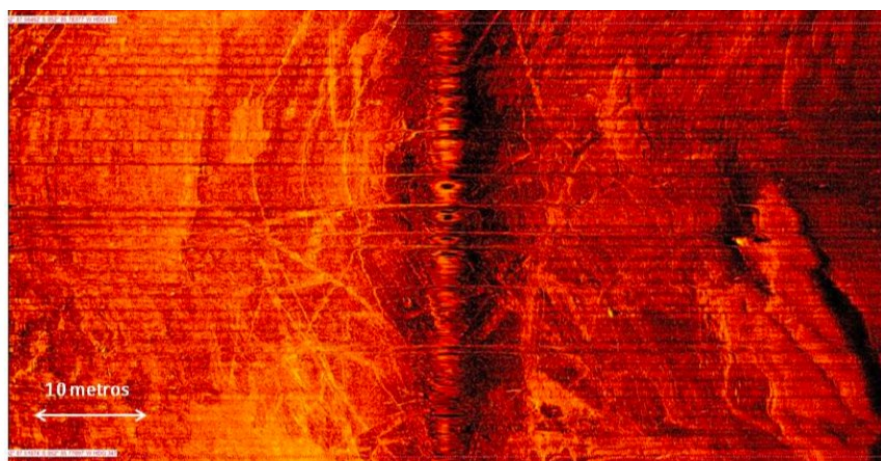


Figura 8. Trecho do fundo do Estuário onde é possível observar o intenso impacto causado pelas redes de arrasto de porta.

Através de experimentos com simulações de arrasto e monitoramento dos seus efeitos na LP, pôde-se concluir que as áreas rasas e com menor hidrodinâmica, como os sacos, são as mais afetadas pelo arrasto. Isso se dá pois as espécies da infauna (fauna bentônica que habita o interior do sedimento) que habitam a região dos canais (maior hidrodinâmica) estão melhor adaptadas a lidar com os distúrbios naturais. No entanto, a fauna de águas mais rasas e de menor dinâmica foi significativamente impactada pelo arrasto. Houve alteração significativa na biodiversidade da comunidade bentônica em 43% dos arrastos. Ficou evidenciado que a estrutura vertical dessa comunidade se altera após a passagem do arrasto, soterrando parte da fauna ou colocando os organismos em suspensão que são transportados para outros locais.

O caso mais importante foi evidenciado para o crustáceo *Monokallipseudes schubbarthi*. Essa é uma espécie-chave para a cadeia estuarina, sendo uma das principais presas de vários recursos pesqueiros, inclusive o camarão-rosa. Os experimentos conduzidos avaliaram que os juvenis dessa espécie se concentram na camada superior do sedimento (0-5 cm) e são soterrados após a passagem do arrasto, aumentando sua abundância na camada inferior (5-10 cm). Uma vez que essa biomassa sai da camada superior ela se torna inacessível para predadores demersais, como o próprio camarão-rosa. Portanto, o arrasto produz um efeito trófico importante na LP, diminuindo a disponibilidade de presas e afetando a

alimentação de recursos demersais.

Sabendo disso, foram criados mesocosmos em uma zona protegida (Saco do Justino), para testar o efeito do arrasto sobre a alimentação de diferentes recursos pesqueiros. No caso do próprio camarão-rosa, ficou evidenciado que a espécie, após o arrasto, muda seu hábito alimentar, ingerindo maior quantidade de material vegetal e matéria orgânica e diminuindo o consumo de presas mais energéticas, como Ostracoda e Crustacea. Isso se deu, pois, a passagem do arrasto destrói as pradarias submersas e aumenta a disponibilidade desse item, induzindo o camarão a se alimentar desse recurso.

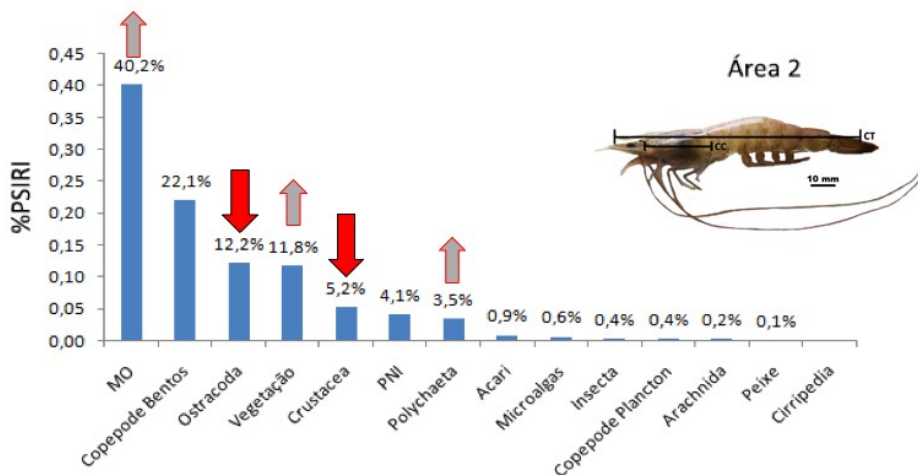


Figura 9. Variação da dieta do crustáceo *Monokallipseudes schubbarthi* em função da pesca de arrasto.

#### (viii) **Cetáceos**

Um total de 130 saídas de campo foram realizadas no ELP e águas costeiras adjacentes entre janeiro de 2017 e abril de 2021. Durante as saídas, 36 animais puderam ser biopsiados para obtenção de pele que foi utilizada para análises de isótopos estáveis.

Os dados analisados neste período indicam que a população está estável sob o ponto de vista de sua dinâmica populacional (*Objetivo 15*). Embora tenhamos detectado um aumento na abundância no primeiro ano de estudo e uma leve tendência de declínio nos últimos três anos na abundância total (Figura 10), não detectamos mudanças significativas na abundância de animais marcados (adultos) nem nos seus parâmetros reprodutivos (em média, 8 nascimentos por temporada).

A tendência no padrão de distribuição, tamanho de grupo e uso do habitat (*Objetivo 15*) também se mostraram similares ao que já vinha sendo reportado para anos anteriores, com a boca da barra e adjacência dos molhes sendo as áreas mais importantes para os botos. Ao longo do período de estudo houve um aumento no número de avistagens na área mais interna do estuário comparado com os 3 anos anteriores. Porém, a comparação histórica da distribuição/uso do habitat na região costeira não pôde ser executada de forma adequada devido ao baixo esforço amostral.

A continuação das estimativas de abundância e reprodução nos próximos anos poderão ajudar a verificar se estas tendências serão mantidas ou revertidas. A tendência temporal na abundância desta população após a implementação da INI 12/2012 (*Objetivo 16*, Figura 2) não mostra um padrão claro, sendo necessária uma maior série temporal assim como uma avaliação da real efetividade e respeito por parte da comunidade pesqueira, da Área de proteção do boto, implementada nessa

INI. De fato, o cumprimento desta INI (Objetivo 16) não pode ser avaliado, porém, dados não publicados pelo Ecomega indicam que esta não vem sendo cumprida na íntegra. Por tanto, será necessário verificar se uma possível falta de fiscalização na área de proteção e consequente desrespeito por parte de alguns pescadores nos últimos anos, entre outros fatores, resultaram na tendência de queda na abundância observada nos últimos três anos.

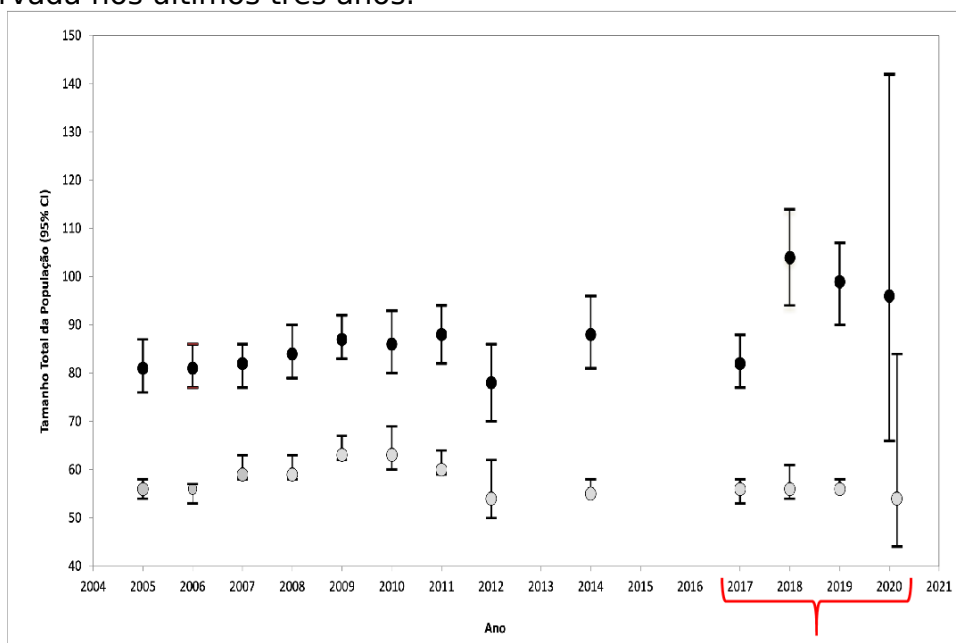


Figura 10. Tendências temporais na abundância da população de botos que utiliza o estuário da Lagoa dos Patos e águas costeiras adjacentes.

Círculos negros indicam abundância total da população (tendência superior) e círculos cinza informam as estimativas pontuais apenas do número de animais marcados na população (tendência inferior na figura). Colchete vermelho realça o período de estudo (2017-2020).

#### (ix) **Aves**

A análises de isótopos estáveis coletadas estão em processamento. Resultados preliminares confirma a dieta predominante piscívora das espécies de garças de grande porte, e uma dieta mais variada, complementada por anfíbios e insetos nas garças de menor porte - *Nycticorax nycticorax* e *Bubulcus ibis*. Resultados completos serão reportados em dissertação de mestrado prevista para meados de 2021.

#### (x) **Pesca**

Analisamos as mudanças de longo prazo em aspectos da dinâmica populacional e na história de vida da corvina (*Micropogonias furnieri*) no sul do Brasil, para entender como quatro décadas de pesca pesada (1976 a 2017) afetaram sua dinâmica populacional. Nas primeiras três décadas, o tamanho e a estrutura etária foram erodidos com a perda de indivíduos maiores (> 60 cm de comprimento total) e mais velhos (> 20 anos). O crescimento individual aumentou acentuadamente até o início dos anos 2000 e se estabilizou a partir de então. A idade de primeira maturação diminuiu em um ano para as fêmeas, a mortalidade total (Z) aumentou três vezes e o tamanho do estoque diminuiu aproximadamente 90%. Apesar das mudanças na estrutura populacional devido à pesca intensa e às altas taxas de exploração, os desembarques permaneceram altos até o

final dos anos 2000 e na última década diminuíram menos do que o esperado por uma avaliação de estoque anterior, o que ressalta uma resiliência do estoque frente à uma ampla exploração pesqueira. A resiliência do estoque pode ser explicada por suas características de história de vida: (i) alta fecundidade, (ii) vários eventos de desova durante uma estação reprodutiva prolongada em águas costeiras, (iii) grandes viveiros estuarinos não afetados pela pesca industrial e (iv) crescimento mais rápido e maturação sexual precoce devido à redução na competição alimentar e possivelmente evolução via seletividade genotípica. No entanto, a estabilização das taxas de crescimento individual, a alta taxa de exploração e o baixo potencial de desova alertam para o risco de um maior declínio da população e do colapso da pesca se a pressão pesqueira persistir.

#### (xi) **Oceanografia física**

Foi desenvolvido um modelo numérico integrando as lagoas dos Patos, Mirim e a plataforma continental, estimando fluxos oriundos de efeitos do vento e descarga da Lagoa Mirim para a Lagoa dos Patos e, desta, para o oceano (resultados apresentados em Oliveira et al., 2019). A determinação das curvas chave dos principais afluentes à Lagoa dos Patos relacionando descarga e concentração de sedimento em suspensão. Também foi determinado os fluxos de sedimento dos afluentes para a lagoa dos Patos.

Determinação da variabilidade temporal dos fluxos de água e sedimento em suspensão trocados entre a Lagoa dos Patos e a zona costeira adjacente. A variabilidade das correntes, nível e salinidade sob efeito do vento e da descarga fluvial no baixo estuário da Lagoa dos Patos.

#### *Influência de fatores antrópicos sobre a hidrodinâmica do ELPA, e sua ação sobre a variabilidade da salinidade e das correntes.*

A influência de fatores antrópicos sobre a hidrodinâmica do ELPA foi avaliada através de experimentos de modelagem numérica com o Modelo TELEMAC considerando a configuração antiga e a configuração atual dos Molhes da Barra do Rio Grande, para situações de alta e baixa descarga. Os resultados desse estudo foram descritos em detalhes por Ant3nio et al. (2020). Abaixo ser3o apresentados de forma resumida resultados da variabilidade da salinidade para os dois cen3rios estudados, para a simula33o de alta descarga (Figuras 11 - 15).

As diferen3as na salinidade entre as configura33es antiga e nova dos Molhes da Barra variaram de 10 a 25 unidades nas enseadas rasas e pr3ximo ao limite estuarino (Figura 1). Durante as condi33es de inunda33o, a salinidade foi reduzida em mais de 30% na regi3o estuarina com a nova configura33o (Figura 11C, 11F). Em condi33es de vazante, verificou-se uma redu33o de salinidade de at3 5 unidades nas enseadas rasas.

A variabilidade na salinidade apresentou uma periodicidade significativa de aproximadamente 10-15 dias, com uma resposta semelhante para os cen3rios antigo (Figura 12A-12C) e novo (Figura 21D-12F) na entrada do estu3rio. O espectro de pot3ncia global mostrou que apenas as frequ3ncias em escalas de tempo <15 dias foram significativas para as configura33es antiga e nova (Figura 12C, 12F). Os resultados para o estu3rio m3dio (P4, Figura 2I, 2L), indicaram que esta periodicidade de <15 dias existia apenas durante o primeiro per3odo da simula33o (abril-junho, agosto). O limite superior do estu3rio (P5) apresentou

comportamento semelhante (não mostrado). O sinal de intrusão de salinidade perdeu força em direção ao interior da lagoa, e essa diminuição de energia ficou mais evidente com a nova configuração dos Molhes da Barra.

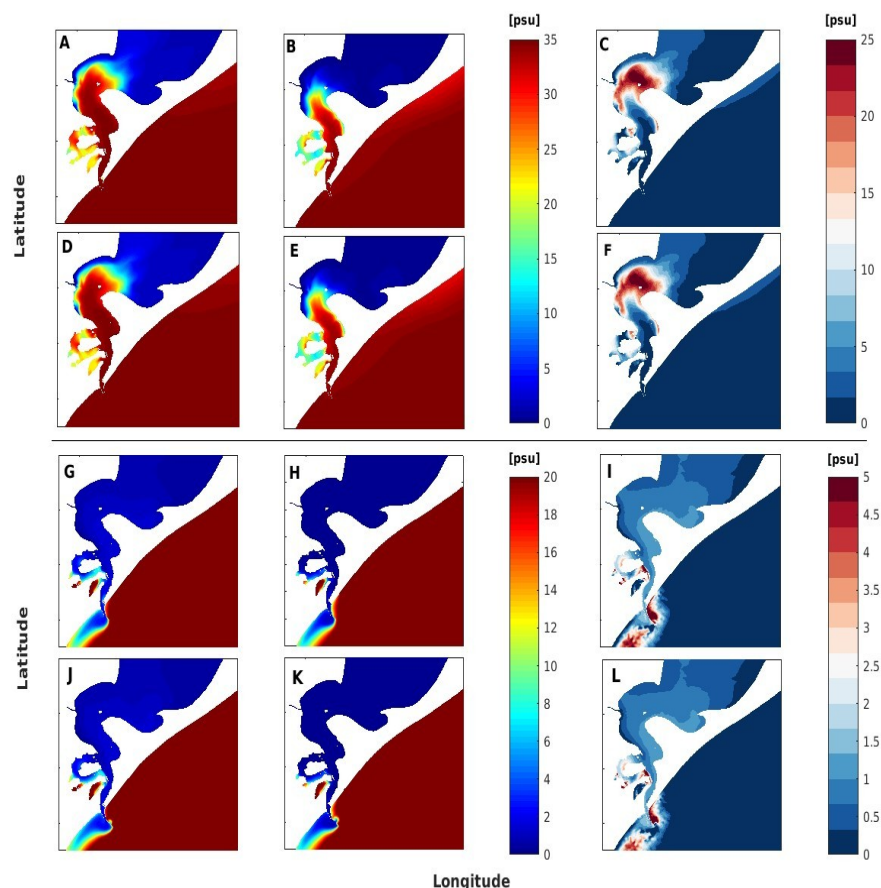


Figura 11 - Distribuição espacial de salinidade durante a enchente máxima (painéis superiores) e vazante máxima (painéis inferiores) durante o período de alta vazão (2002-2003), considerando os cenários antigo (esquerda) e novo (centro) e a diferença calculada na distribuição de salinidade (direito). Os resultados são apresentados para a superfície (A, B, C, G, H, I) e para o fundo (D, E, F, J, K, L).

Em relação a mudanças na estratificação de salinidade na região dos Molhes da Barra, a estratificação lateral foi evidente entre os Molhes durante as condições de enchente e vazante, tanto na superfície quanto no fundo para os cenários antigo (Figura 13A, 13D, 13G, 13J) e novo (Figura 13B, 13E, 13H, 13K). A estratificação lateral ocorreu na foz do estuário, com maior salinidade próximo ao leste do que no Molhe Oeste. Também ficou evidente que a faixa de valores de salinidade entre os Molhes mudou após a modificação. No cenário antigo, durante a inundação, a salinidade lateral entre os Molhes variava de 30-35 e foi reduzida para 23-27 após a obra de modificação dos Molhes. Durante as condições de vazante, os valores de salinidade lateral mudaram de 27-30 para 20-25 após a modificação.

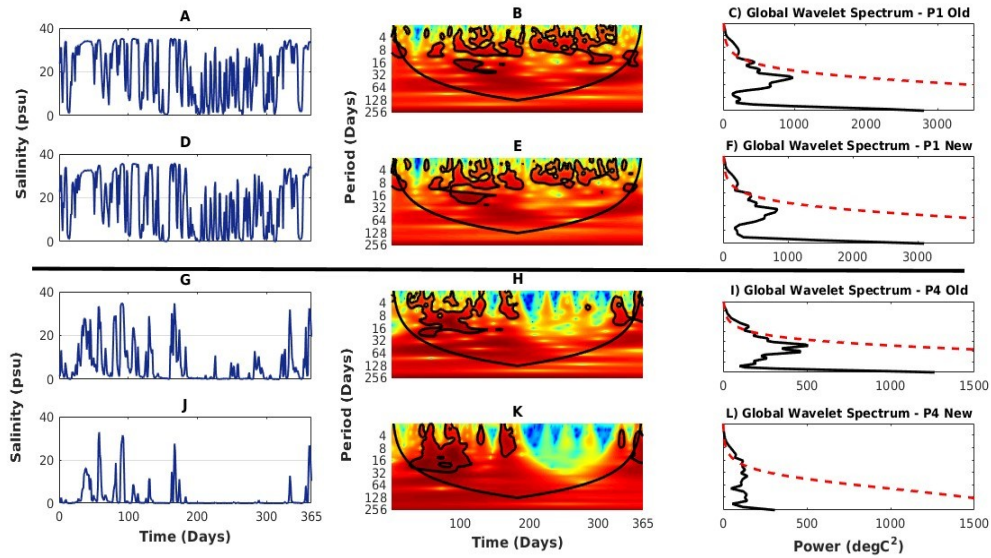


Figura 12 - (A, D, G e J) Séries temporais de salinidade e (B, E, H e K) espectro de potência das ondaletas das séries temporais para a entrada do estuário (P1, 2 painéis superiores) e próximo ao limite do estuário (P4, 2 painéis inferiores), durante o período de alta descarga (2002-2003) para as configurações antiga (A, B, G e H) e nova (D, E, J e K) de cais. A linha de contorno espessa incluiu regiões com mais de 95% de confiança. As regiões traço-ponto indicam o cone de influência.

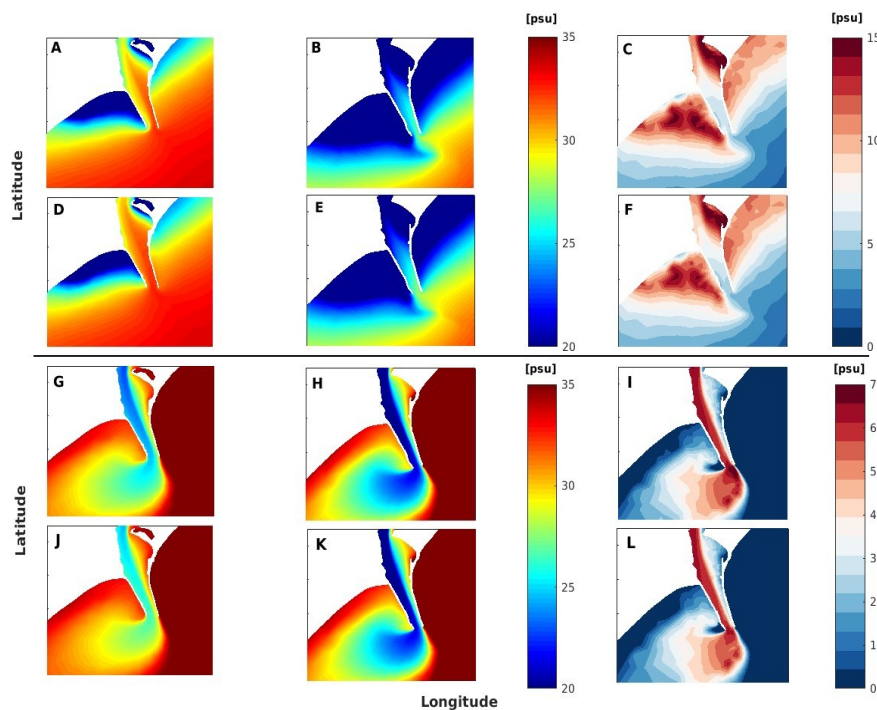


Figura 13. Distribuição espacial da salinidade na foz do estuário, mostrando mudanças na intensidade e estratificação lateral entre os Molhes durante o período de alta vazão (2002-2003). Enchente (painéis superiores) e vazante (painéis inferiores), para os cenários antigo (esquerda) e novo (centro), e a diferença calculada na distribuição de salinidade (direita) na superfície (13A, 13B, 13C, 13G, 13H, 13I) e inferior (13D, 13E, 13F, 13J, 13K, 13L).

A estratificação lateral também foi observada na série temporal da velocidade da corrente para ambos os cenários simulados. A distribuição de frequência das velocidades da corrente também revelou estratificação lateral na boca do estuário e indicou velocidades superiores a 6 m/s na superfície e perto de 3 m/s no fundo durante as condições de enchente (Figuras 14 e 15). Reduções nas velocidades de vazante e enchente ocorreram no centro do canal e no canal leste das configurações do Molhe antigo para novo, tanto para a superfície (Figuras 14B, 14C, 14E, 14F) quanto para o fundo (Figuras 15B, 15C, 15E, 15F). Em contraste, na nova configuração, a intensificação da vazante e do fluxo foi registrada na superfície (Figura 14A, 14D) e no fundo (Figura 15A, 15D). A frequência das altas velocidades foi reduzida na área central e no lado oeste, enquanto as velocidades máximas de enchente e vazante aumentaram no lado leste, tanto na superfície quanto no fundo.

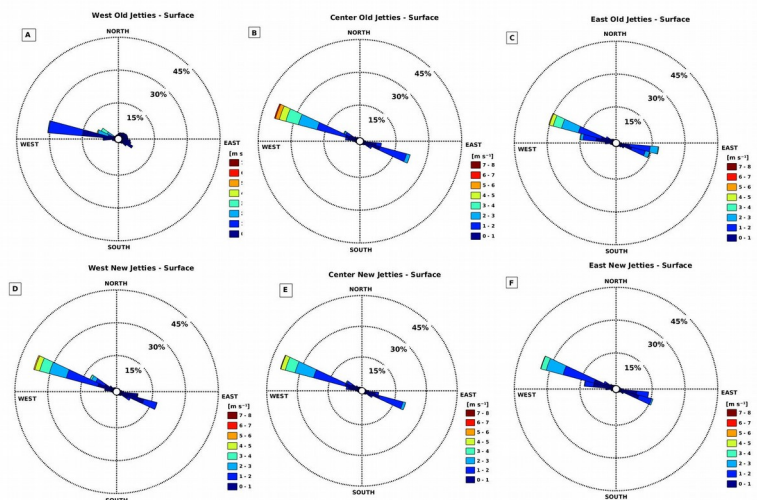


Figura 14. Distribuição de frequência da velocidade da corrente e ângulo de incidência na superfície para pontos no Molhe Oeste (14A e 14D), centro (14B e 14E) e Molhe Leste (14C e 14F) na entrada do estuário, para a configuração antiga do Molhe(superior) e a configuração nova (inferior), durante o período de alta vazão (2002-2003, El Niño). As velocidades para o norte (para o sul) denotam o fluxo de saída (influxo).

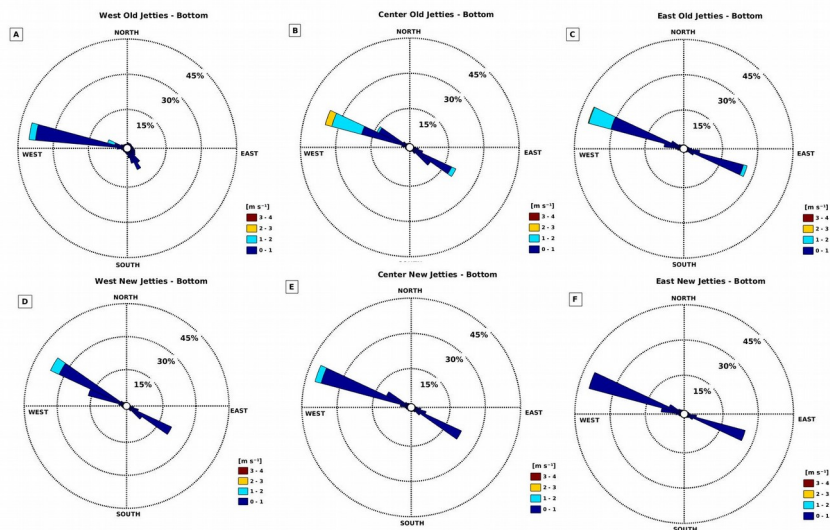


Figura 15. Distribuição de frequência da velocidade da corrente e ângulo de incidência no fundo para pontos no Molhe Oeste (15A e 51D), centro (15B e 15E) e Molhe Leste (15C e 15F) na entrada do estuário, para a configuração antiga do Molhe (superior) e a configuração nova (inferior), durante o período de alta vazão (2002–2003, El Niño). As velocidades para o norte (para o sul) denotam o fluxo de saída (influxo).

*Efeito do vento e da descarga fluvial na variabilidade da salinidade na região estuarina e em áreas rasas em escala sinótica, sazonal e de longo prazo das águas no estuário da Lagoa dos Patos*

O efeito do vento e da descarga fluvial na variabilidade da salinidade na região estuarina foi avaliada através de experimentos de modelagem numérica com o Modelo TELEMAC considerando a configuração atual dos Molhes da Barra do Rio Grande, para um período de 5 anos. Os resultados desse estudo foram descritos em detalhes por Bitencourt et al. (2020a). Abaixo serão apresentados de forma resumida resultados da variabilidade da salinidade em resposta a variações do vento e da descarga continental (Figuras 16-18).

A variabilidade espacial e temporal da salinidade da superfície é mostrada em comparação com as anomalias diárias da descarga do rio, estresse do vento, taxas de precipitação e SOI (Figura 16) para determinar se existem correlações entre ENOS e salinidade. Durante os anos do El Niño (Figura 16E, vermelho), como 2002 e 2003, as taxas de precipitação estão acima da média (Figura 16D, azul) e há um aumento na vazão do rio, resultando em uma anomalia de vazão positiva (Figura 16B). Os efeitos do El Niño também são vistos no estresse do vento, com a prevalência de ventos de sul (Figura 16C), que reflete diretamente o comportamento da salinidade. Em meados de 2002, as intrusões de sal são bloqueadas e a área estuarina permanece fresca por períodos mais longos (Figura 16A), mesmo que curtos períodos de intrusão de salinidade ainda possam ser observados. Um padrão semelhante é observado em 2003, porém, com mais episódios de intrusões de salinidade, que, como visto no final de 2003, podem atingir a cabeceira do estuário com salinidades em torno de 15 psu.

Por outro lado, durante os anos *La Niña* (Figura 16E, azul), como 2004 e 2006, as taxas de precipitação estão abaixo da média (Figura 16D, vermelho) e, como resultado, uma anomalia de descarga negativa é observada (Figura 16B). Seus efeitos sobre o estresse do vento se refletem na prevalência de ventos do norte (Figura 16C), afetando diretamente as intrusões de salinidade. Durante o ano de 2004, quase toda a área estuarina permaneceu salgada, com os maiores valores perto do estuário inferior e médio, diminuindo a sua concentração para o estuário superior. O mesmo padrão foi observado em 2006. Principalmente durante os anos *La Niña*, as intrusões de salinidade foram mais fortes e intensas, podendo atingir o interior da lagoa. Finalmente, durante 2005, as taxas de precipitação flutuam entre abaixo e acima da média (Figura 16D), e o mesmo padrão pode ser observado na anomalia de descarga de 2006 (Figura 16B). Em termos de estresse do vento, também pode ser visto que há mais mudanças dos movimentos de sul para norte (Figura 16C). O padrão de salinidade ao longo do canal deve ser uma mistura de anos El Niño e *La Niña*, mas parece ser mais semelhante ao padrão de anos *La Niña*: concentrações mais altas do estuário inferior ao médio, quase alcançando o estuário superior, com um único evento forte de alta vazão do rio resultando no transporte de água

salgada para fora do estuário (Figura 16A).

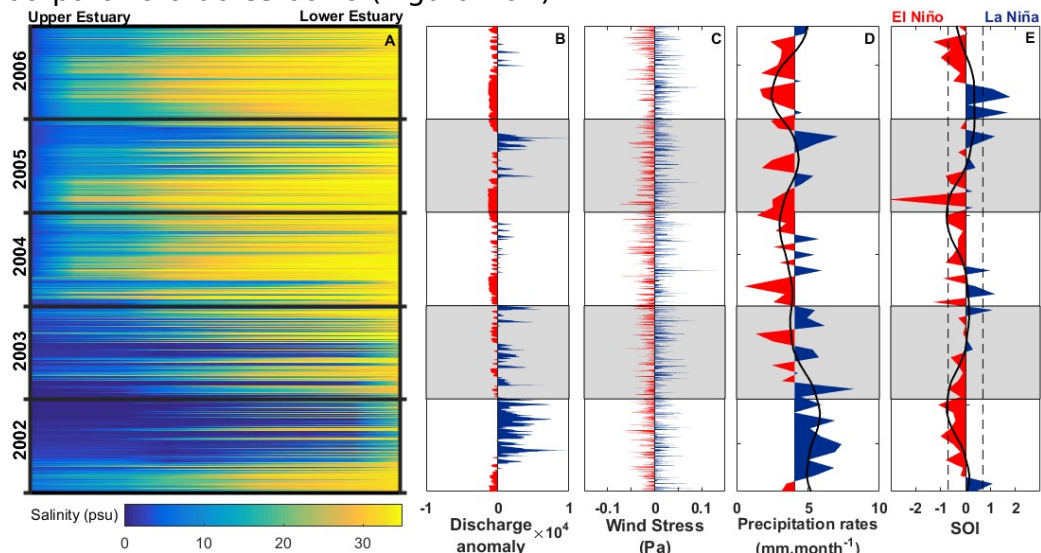


Figura 16 - (A) Distribuição no espaço (eixo x) -tempo (eixo y) da salinidade da superfície do estuário superior para o inferior para o período de 2002-2006. (B) Anomalia diária da vazão dos rios Guaíba + Camaquã e (C) estresse de vento diário ao longo da costa  $\tau_y$  (Pa) no ponto 1.  $\tau_y < 0$  ( $\tau_y > 0$ ) representa um movimento para o sul (para o norte). A vazão média dos rios Guaíba e Camaquã ( $1540 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) e o estresse do vento zero são indicados em (B) e (C), respectivamente. Os valores médios acima (abaixo) em (B) e (C) são mostrados em azul (vermelho). (D) Taxas de precipitação em torno da média (valores maiores que a média são mostrados em azul e valores menores que a média são mostrados em vermelho) e sua tendência de longo prazo (preto). (E) Índice de Oscilação Sul (SOI) e sua tendência de longo prazo (preto). O cinza sombreado em (B, C, D, E) foi usado para diferenciar os anos.

Assim, com base na Figura 16, dois padrões principais podem ser definidos: 1) durante os períodos de baixa vazão do rio e a predominância de ventos de SW, que promovem fluxos no estuário, a extensão da intrusão de sal atinge o estuário superior, resultando em grande variação espacial em salinidade ao longo do estuário, observada em 2004 e 2006; e 2) durante a maior vazão do rio e a predominância de ventos NE, que promovem fluxos para fora do estuário, como em 2002 e 2003, a área estuarina pode permanecer fresca por vários meses, como visto em meados de 2002, induzindo eventos de pluma de rio. No entanto, eventos de fluxo fora do estuário podem ser revertidos por ventos elevados de SW ( $\tau_y > 0,05 \text{ Pa}$ ). No geral, os resultados do modelo mostram uma relação inversa entre salinidade e vazão do rio.

Mas em que outras escalas de tempo a salinidade está relacionada com a descarga de água doce e com o vento? A fim de explorar melhor essas escalas temporais no estuário da Lagoa dos Patos, uma análise de ondaletas cruzadas na série temporal de salinidade de 5 anos foi realizada, correlacionando seu comportamento com a vazão do rio e a série temporal do vento (Figura 17) em P2. Próximo à foz do estuário (P2), os resultados mostraram relações entre salinidade e vazão do rio. Essas relações são marcadas por linhas de contorno delimitadas por regiões dentro da área da linha tracejada (Figura 17B) e ocorrem principalmente em intervalos de 128 e 256 dias durante 2002-2003 (Figura 17B) e 128-512 dias em 2004-2005 (Figura 17B), indicando influências sazonais e

interanuais relacionadas aos ciclos ENSO (Figura 17G), o que está de acordo com os resultados do espectro de potência global (Figura 17C), onde a potência (Figura 17C, linha sólida) é maior que o nível de confiança de 95% (Figura 17C, linha tracejada) por períodos superiores a 128 dias. Enquanto isso, a correlação vento e salinidade (Figura 17D) ocorre em um intervalo de tempo menor, com curvas de nível regiões fechadas ocorrendo entre 2 e 15 dias (Figuras 17E, 17F) sugerindo a influência dos ventos sinóticos no comportamento da salinidade, estando de acordo com o espectro de potência global (Figura 17F), onde o espectro de potência (9F, linha sólida) é maior do que o nível de confiança de 95% (Figura 17F, linha tracejada) durante 2 a 15 dias. A correlação significativa entre vento e salinidade é mais persistente em 2002-2003 e 2005 (anos El Niño) do que em 2004 ou 2006 (anos La Niña) (Figura 17G). Com base nesses resultados, exploraremos agora mais a influência da descarga e do vento na distribuição de salinidade em escalas de tempo mais curtas.

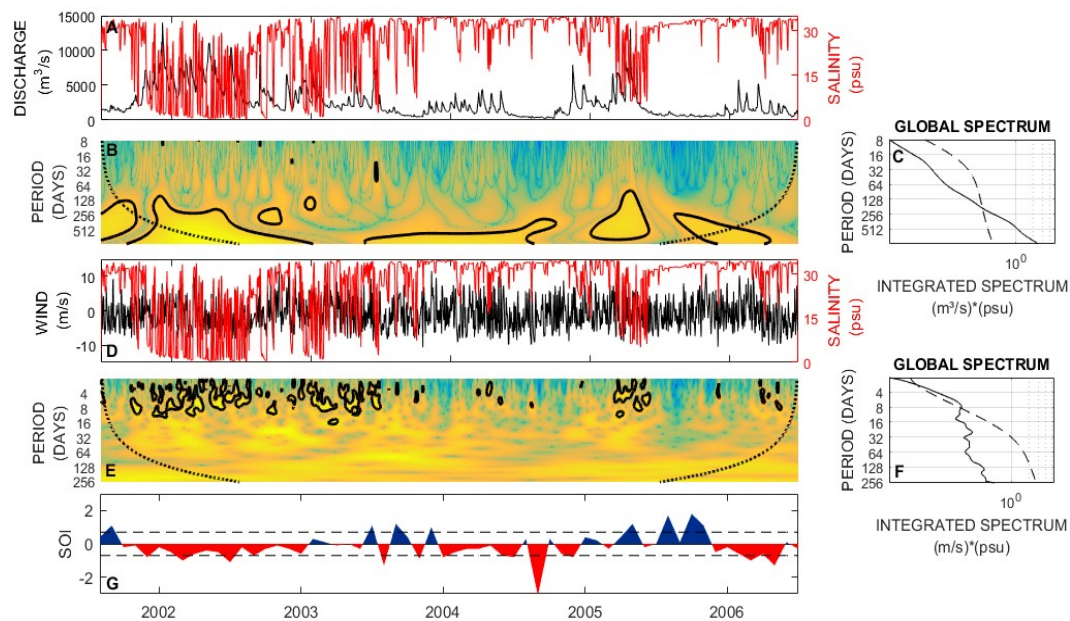


Figura 17 - A) Séries temporais da vazão do rio (preto) e salinidade (vermelho). (B) Espectro cruzado de energia local usando a ondaleta de chapéu mexicano. As linhas de contorno envolvem regiões com intervalo de confiança de 95%. A linha tracejada indica o cone de influência onde os efeitos de borda se tornam importantes. (C) Os espectros médios de potência global. A linha tracejada representa o nível de confiança de 95%. (D) Séries temporais de velocidade do vento (preto) e salinidade (vermelho). (E) Espectro cruzado de energia local usando a ondaleta de Morlet. As linhas de contorno envolvem regiões com intervalo de confiança de 95%. A linha tracejada indica o cone de influência onde os efeitos de borda se tornam importantes. (F) Os espectros médios de potência global. A linha tracejada representa o nível de confiança de 95%. (G) Índice de Oscilação Sul (SOI), onde positivo representa anos de La Niña e negativo representa anos de El Niño.

Para entender como a salinidade responde a variabilidade do vento em curtos intervalos de tempo (<15 dias), a resposta da salinidade de superfície foi simulada para oito direções do vento (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW), como mostrado na Figura 18. Os regimes N, NE e NW induzem

salinidade se deslocando ao longo da costa em direção ao sul, formando gradientes de salinidade ao longo da área estuarina (ventos de N e NW). Em regimes de vento E, SE, S e SW, por outro lado, a água salgada está confinada no estuário da Lagoa dos Patos com gradientes de salinidade laterais evidentes, às vezes alcançando além do limite estuarino e confinando a água salgada ao lado oeste do estuário baseado na geomorfologia da lagoa. Embora a salinidade varie horizontalmente sob a influência do vento de todas as direções, não houve estratificação vertical, exceto no estuário superior.

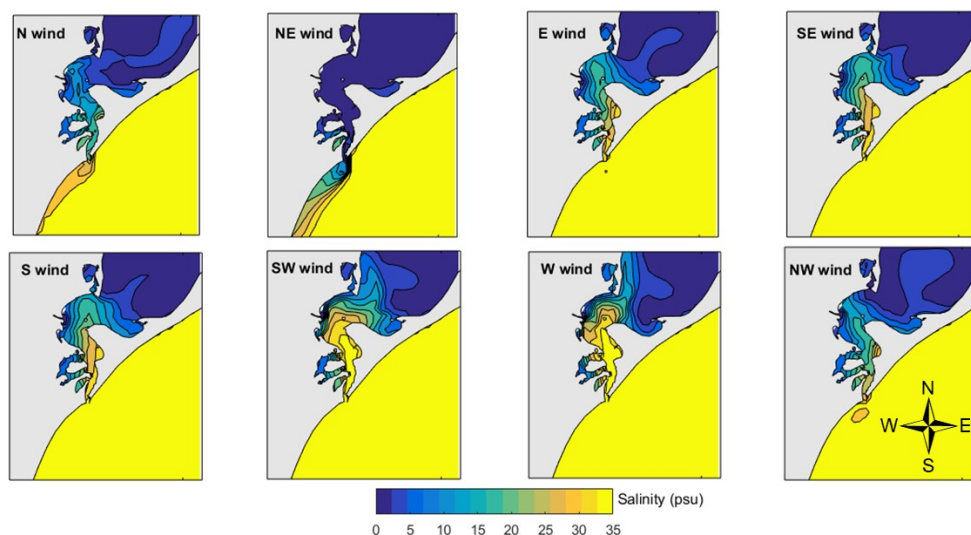


Figura 18. Campos superficiais de salinidade simulados para ventos de N, NE, E, SE, S, SW, W, NW.

#### *Variabilidade espacial e temporal das concentrações de sedimento em suspensão do ELPA*

A variabilidade espacial e temporal das concentrações de sedimento em suspensão (CSS) do ELPA foi avaliada através de experimentos de modelagem numérica com o Modelo TELEMAC considerando a configuração atual dos Molhes da Barra do Rio Grande, para um período de 5 anos. Os resultados desse estudo foram descritos em detalhes por Bitencourt et al. (2020b). Abaixo serão apresentados de forma resumida resultados da variabilidade das concentrações de sedimento em suspensão (Figuras 19-20).

A Figura 19 apresenta a evolução temporal da CSS de superfície calculada para a simulação de 5 anos e dados de descarga de sedimentos e rios medidos no Rio Guaíba, Rio Camaquã e Canal de São Gonçalo (Figuras 19a, 19b, 19c) para o mesmo período, indicando as descargas médias de 1326,5 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, 365,6 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> e 871,4 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, respectivamente. A contribuição continental geral teve uma descarga média de 2563,5 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, que é superior à média histórica. A série temporal de CSS de superfície calculada para este período de 5 anos mostrou uma correlação direta com a vazão do rio (rio Guaíba:  $r = 0,84$ ; Rio Camaquã:  $r = 0,73$ ; Canal de São Gonçalo:  $r = 0,77$ ), enquanto um aumento (diminuição) no rio as descargas resultam em aumento (diminuição) da SSC, com diferenças relacionadas ao tempo de residência na Lagoa dos Patos (135 dias - 5.000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>; 85 dias - 8.000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>; 68 dias - 10.000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>).

As descargas de sedimentos (Figuras 19a, 19b, 19c - linhas azuis) para os três principais afluentes mostraram uma variabilidade

significativa ao longo do período simulado. As descargas de sedimentos no Rio Guaíba (Figura 19a - linha azul) variaram de 1,4 a 166.400 g.dia<sup>-1</sup>, com vazão máxima de 166.400 g.dia<sup>-1</sup>. Valores menores foram observados no Rio Camaquã (vazão máxima: 34,546 g.dia<sup>-1</sup>, Figura 9b - linha azul) e no Canal São Gonçalo (vazão máxima: 30,073 g.dia<sup>-1</sup>, Figura 19c - linha azul). No geral, as taxas de descarga de sedimentos mais altas (mais baixas) foram observadas durante os períodos úmidos (secos) e durante os anos de El Niño (La Niña). A série temporal de SSC calculada mostra um padrão claro de concentrações mais altas durante os períodos úmidos (max SSC 180 mg.L<sup>-1</sup>) e concentrações mais baixas durante os períodos secos (max SSC 20 mg.L<sup>-1</sup>).

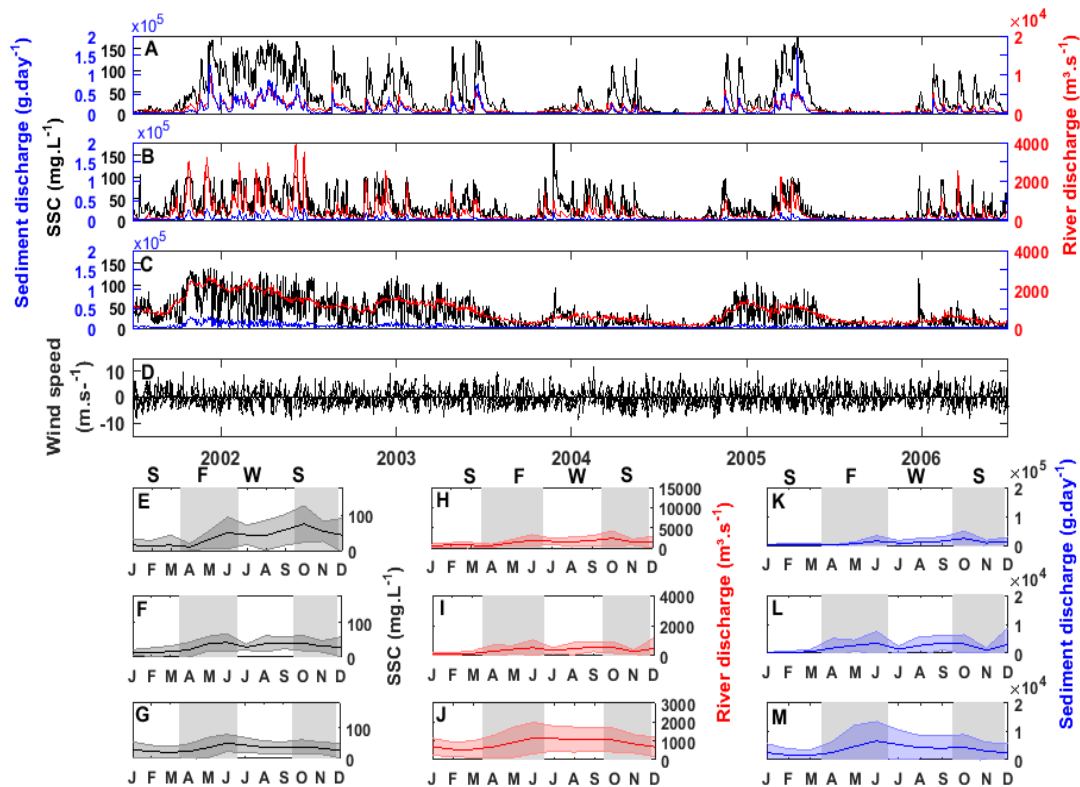


Figura 9 - Evolução temporal da CSS calculada (linha preta), descarga de sedimentos (linha azul) e descarga de rio (linha vermelha) para o período de 5 anos em a) Rio Guaíba, b) Rio Camaquã e c) Canal São Gonçalo. A velocidade do vento é mostrada em d), onde valores negativos (positivos) representam ventos de NE (SW). Séries temporais médias mensais (de 2002-2006) de CSS (preto, mg/L), descarga do rio (vermelho, m<sup>3</sup>/s) e descarga de sedimentos (g/dia) em (e, h, k) Rio Guaíba, (f, i, l) Rio Camaquã e (g, j, m) Canal São Gonçalo. Desvios padrão são mostrados com sombreamento para SSC (preto), descarga do rio (vermelho) e descarga de sedimentos (azul). As letras acima (e, h, k) representam cada estação: S (verão), F (outono), W (inverno) e S (primavera), respectivamente.

Em escala sazonal, as CSS na área estuarina (Figuras 20e, 20f, 20g, 20h), foram maiores próximo à foz do Canal São Gonçalo, com concentrações decrescentes em direção à zona costeira. Principalmente, houve um aumento das CSS durante o inverno (Figura 20g) e primavera (Figura 20h) relacionado ao aumento da vazão do São Gonçalo e a predominância de ventos de NE, que favorecem eventos de vazante, e

tendem a transportar CSS em distâncias maiores atingindo a zona costeira. Durante o verão (Figura 10e) e outono (Figura 20f), por outro lado, com regimes de vento NE fracos, as CSS parecem ser menores, com intensidade decrescente ao longo do estuário. Embora as CSS da Lagoa dos Patos tenham mostrado grande variabilidade espacial e temporal entre os afluentes (Figura 19) ao longo da simulação de 5 anos, os afluentes indicaram uma tendência geral de concentrações mais baixas no verão-outono do que no inverno-primavera.

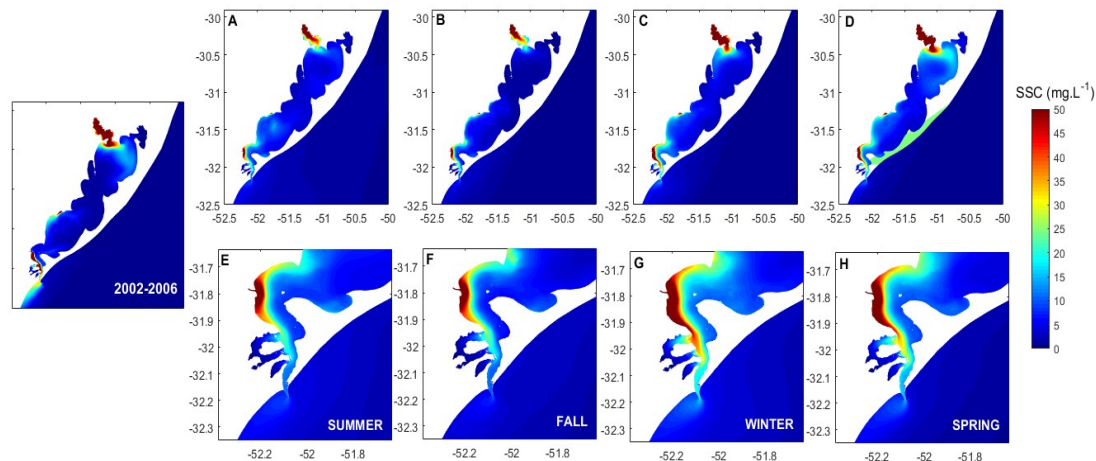


Figura 20 - painel esquerdo) CSS média para o período de cinco anos (2002-2006). Médias de CSS de cinco anos (2002-2006) para as estações austrais: a) verão (DJF), b) outono (MAM), c) inverno (JJA) ed) primavera (SON). As figuras ampliadas da área estuarina são mostradas para e) verão, f) outono, g) inverno eh) primavera.

#### (xii) Resíduos sólidos

Avaliação do lixo encontrado na Praia do Cassino, RS, com estimativa de concentração e caracterização de materiais, tipos e potenciais fontes. Foi recolhido um total de 19.457 lixos, e o plástico foi o material predominante encontrado, compondo 88% do lixo. Também estiveram presentes artigos de papel, metal e tecido, mas em pequenas quantidades. Na categoria do plástico, fragmentos e filtros de cigarro foram os principais tipos de lixo, com abundâncias de 28,4% e 17,0% respectivamente. Os locais urbanos apresentam maiores quantidades de lixo do que os locais mais distantes da área urbanizada, e a fonte de lixo relacionado com o turismo foi o mais comum nos locais urbanos, enfatizando a contribuição do uso da praia para a deposição de lixo. Corroborando com isso, a estação do verão apresentou a maior densidade de lixo, e fontes indeterminadas e/ou relacionadas com o uso da praia foram dominantes em todos os pontos de coleta e estações do ano. Lixo proveniente da pesca também foram comuns nos pontos amostrados.

#### *Avaliação das quantidades e características do lixo encontrado no ELP e costa adjacente:*

Um total de 2784 itens foram coletados, sendo 3 no ponto da Torotama, 44 do Porto Rei, 23 da Mangueira, 70 dos Franceses, 171 da Praia da Barra (região estuarina, dentro do ELP) e 2443 dos Molhes e 30 da EMA (região costeira, Praia do Cassino). Deste total de itens, 2430 foram coletados apenas no mês de agosto no ponto dos Molhes. Quase 99% do material encontrado foi plástico. Dos tipos mais comuns de

plásticos, 78% eram fragmentos e 19% linhas de pesca. A coloração mais comum foi transparente, representando 51%, seguido pelo branco com 22% e o azul com 16,5%. As demais cores representaram pouco mais de 10% das amostras coletadas. O grande número de itens amostrados na região dos molhes indica que esta região pode funcionar como uma barreira, gerando acúmulo de lixo na sua proximidade e indicando que parte do lixo encontrado na praia do Cassino possa vir do ELP. A grande quantidade de plásticos se deve ao fato deste ser o tipo de resíduo mais abundante no ambiente, assim como a durabilidade deste material. Esta durabilidade também explica o grande número de itens classificados como “fragmento” já que o plástico se fragmenta em pedaços cada vez menores ao longo do tempo. Mais da metade dos itens amostrados foram “transparente” o que, possivelmente, se dá pela perda de coloração gerada no ambiente aquático.

### Caracterização da comunidade epiplástica do ELP:

Diversos grupos de organismos foram encontrados vivendo aderidos e/ou associados aos plásticos no experimento no ELP. Foi observada uma diversidade maior dentro do grupo de eucariotos (Figura 1-A) do que de procariotos. Essa alta diversidade de eucariotos, incluindo microorganismos e também invertebrados, pode ser devido à menor capacidade de muitos eucariotos se adaptarem às variações ambientais ao longo das estações do ano, sendo alguns deles presentes apenas em algumas estações. Apenas Crustáceos e Tunicatas tiveram FO de 100%. Fungos, Clorófitas e Diatomáceas apresentaram altas FOs (>90%). Outros grupos como Briozoários, Telenema e Insetos (possivelmente ovos), por exemplo, tiveram FO menor de 20% (dados não mostrados no gráfico). Diferentemente dos eucariotos, os procariotos foram mais frequentes ao longo do tempo, e mais da metade dos grupos teve FO > 80% (Figura 1-B), a exemplo de *Deinococcus-Thermus*, Proteobacteria, Cyanobacteria e Bacteroidetes. Isso pode ser explicado pela maior capacidade de adaptação de procariotos às variações sazonais que ocorrem no ELP, potencializando sua ocorrência nas diferentes estações. O ciclo de vida mais curto e associações com eucariotos (ex. simbiose e parasitismo) são fatores que podem promover essa ocorrência dos grupos ao longo de todo o ano.

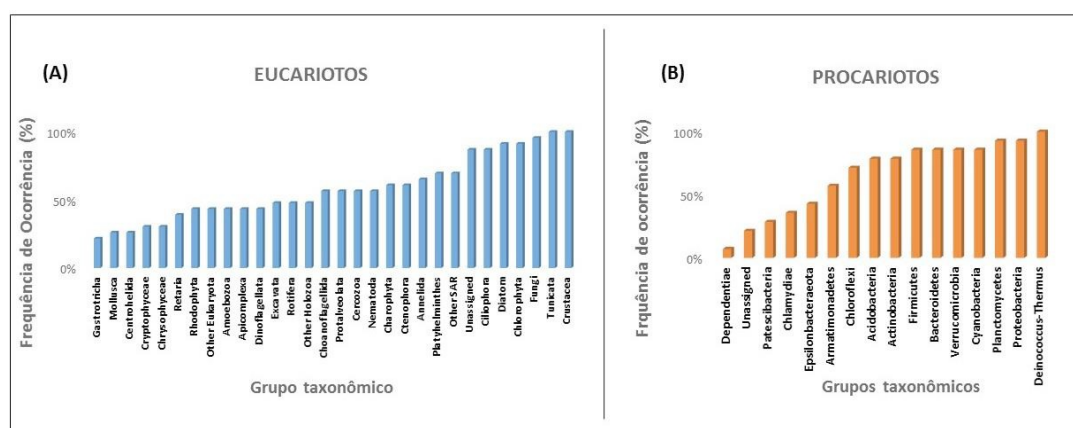


Figura 1. Diversidade de eucariotos (A) e procariotos (B) presentes nas comunidades epiplásticas do Estuário da Lagoa dos Patos (ELP), identificados através dos genes 18S e 16S do rRNA, respectivamente.

Uma análise aprofundada do grupo das diatomáceas mostrou que o grupo Indef. Bacillariophyceae foi o mais abundante durante o ano todo, com maior abundância no verão e menor no outono. O gênero *Melosira* foi o segundo mais abundante, porém, não ocorreu no verão e mostrou um aumento gradativo da primavera até o outono. O grupo Indef. Mediophyceae, o terceiro mais abundante, se mostrou constante durante quase todo o ano, exceto no inverno. O grupo Fragilariales apareceu minimamente no verão e na primavera, com maior abundância no outono. Em baixa abundância, o grupo Fragilariopsi foi frequente no verão e na primavera. Indef. Diatomacea se mostrou minimamente presente, principalmente na primavera. O gênero *Navicula* apareceu em baixas abundâncias no verão e no outono. Os demais grupos mostraram uma abundância muito pequena em todas as estações do ano. Nota-se que há mais grupos presentes no inverno e no outono, enquanto no verão há menos grupos. Tanto as diferenças sazonais quanto a presença de plásticos vindos de efluentes, que atuam como substrato flutuante, podem alterar a diversidade e abundância de espécies epiplásticas no ELP.

#### *Caracterização de lixo em águas superficiais marinhas no sul do Brasil:*

Foram obtidos entre 9 e 65 itens de RSA nos pontos amostrados, em um total de 1005 itens para uma área de 39870 m<sup>2</sup> na região estudada, onde 99,2% foram plásticos. A concentração média de plásticos entre os pontos variou 5926 a 49673 itens km<sup>-2</sup> e a média na área total foi de 24956 itens km<sup>-2</sup>. O ponto com maior concentração (49673 plásticos km<sup>-2</sup>) foi o mais próximo da costa, em frente ao município de São José do Norte - RS. Isto pode ser explicado pela proximidade do local com a desembocadura da Lagoa dos Patos, uma potencial fonte de RSA para o oceano. O tipo mais comum de resíduo foi "Fragmento" (85,87%), seguido de "Linha" (12,34%). Outros resíduos (pellet, esfera e espiral) representaram 1,79%. Em relação às classes de tamanho, foi predominante a ocorrência de itens < 5 mm (85%), que os categoriza como microplásticos. Considerando que grande parte dos microplásticos nos oceanos são de origem secundária, ou seja, originados a partir da fragmentação de macroplásticos devido à ação de ondas e radiação solar, a dominância de itens com pequenos tamanhos na região oceânica amostrada era esperada. As linhas encontradas eram monofilamentos de nylon, provavelmente oriundas da atividade pesqueira. Quanto à rigidez, a maioria dos plásticos era flexível (89,8%). As cores predominantes de fragmentos foram laranja e verde (43,22% laranja e 26,19% verde, sendo a maioria tinta de navios), seguido da cor branca/transparente (17,61%). Na categoria "linha", as cores predominantes foram azul (61,29%) e preto (12,10%). Os plásticos avaliados por sequenciamento de DNA ambiental apresentaram comunidades diversas e complexas.

#### *Avaliação de lixo ingerido por espécies de tubarões no sul do Brasil:*

Foram coletados 25 indivíduos: 3 fêmeas de tubarão azul, 11 machos de tubarão azul, 6 fêmeas de tubarão anequim e 5 machos de tubarão anequim. O comprimento furcal (CF) médio dos tubarões foi de 1,63 m. Do total, 11 estômagos estavam vazios, e apenas dois estômagos apresentaram plástico, sendo 2 itens no estômago de um tubarão anequim macho (CF: 1,11 m) e um item no estômago de um tubarão azul macho (CF: 1,67 m). Os plásticos encontrados eram fragmentos, com tamanho máximo de 1 cm, cor transparente/amarelada e prateada, e

possivelmente eram pedaços de embalagens de alimento. Um dos itens possui um texto escrito “Ordoñez”, que é uma cidade na Argentina, indicando possível origem internacional. O grande número de estômagos vazios possivelmente se deve ao hábito de tubarões regurgitarem todo conteúdo estomacal ao serem pescados por anzol. Devido a isso, calculamos a frequência de ocorrência de (FO%) de ingestão de plásticos com base apenas nos estômagos que não estavam vazios, sendo de 14%. A baixa presença de plástico nos estômagos pode ser um indício de uma boa capacidade de selecionar presas neste grupo, evitando o consumo de itens abióticos.

#### (xiii) **Isótopos estáveis**

A partir da análise da composição isotópica das fontes primárias e dos consumidores, foi possível investigar alguns aspectos da estrutura trófica nas zonas rasas do ELP como, por exemplo: (i) fatores ambientais que podem influenciar a variabilidade intra e interanual nos elos tróficos (diretos/indiretos) entre produtores primários e os peixes (Possamai et al 2020), (ii) fatores abióticos e eventos climáticos (e.g. *El Niño*) que podem influenciar no comprimento da cadeia alimentar nas zonas rasas do ELP (Possamai et al. 2021) e (iii) aspectos de conectividade trófica entre ecossistemas costeiros, como a assimilação de matéria orgânica exportada pelo estuário e riachos litorâneos por consumidores (peixes e macroinvertebrados) na região marinha adjacente (Garcia et al. 2019).

Além disso, por meio de uma parceria com pesquisadoras do grupo da vegetação aquática submersa (Marianna Lanari e Margareth Copertino), foi possível (i) investigar experimentalmente as variações temporais na composição elementar (carbono e nitrogênio total, e C:N) e isotópica ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ ) de plantas de marismas, fanerógamas e macroalgas oportunistas durante seu processo de decomposição no ELP (Lanari et al. 2018) e (ii) os padrões sazonais e interanuais associados as fases do ENOS (*El Niño* Oscilação SUL) sobre a composição elementar (C:N) e isotópica ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ ) fontes primárias basais do ELP e suas implicações na interpretação de modelos de mistura isotópicos (Lanari et al 2021).

### **3.1. Produção técnico-científica (publicação em eventos, artigos científicos e patentes)**

#### **Eventos científicos**

Antonio, M. H.; Fernandes, E. H. L.; Muelbert, José Henrique. Minor infrastructure changes can impact estuarine hydrodynamic. In: Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019, Florianópolis. Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019.

Araujo, E. J. L.; Costa, W.; Batistella, F.; Pinotti, R. M.; Misturini, D.; Bueno, J. V.; Colling, Leonir Andre. O morfodinamismo como estruturador da distribuição de frequência de comprimento corporal das populações de *Emerita brasiliensis* em praias arenosas no Extremo Sul do Brasil. In: XVIII Congresso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019, Mar del Plata. Livro de Resúmenes del XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019.

Araujo, Edwin Jesus Lainas; Costa, Wagner; Pinotti, Raphael Mathias; Colling, Leonir Andre; Misturini, D. Variações nas densidades da

macrofauna em diferentes cenários morfodinâmicos de praias arenosas do Extremo Sul do Brasil. In: XVIII Congresso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019, Mar del Plata. Livro de Resúmenes del XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019.

Azevedo, V.; Marangoni, J.; Copertino, M. 2019. Florações de Macroalgas de Deriva no Estuário da Lagoa dos Patos In: Mostra de Produção Universitária da FURG, Rio Grande. Resumos da Mostra de Produção Universitária da FURG. Rio Grande: FURG.

Batistella, Fernando; Colling, Leonir Andre. Influência da ocorrência de lama sobre o poliqueta *Scolelepis gaucha* na Praia do Cassino. In: 18a Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019, Rio Grande. Livro de Resumos do 18a Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019.

Barros, K.; Matos, A.; Nogueira, R.; Lima, D.; Rosa-Filho, J. S.; Colling Leonir Andre; Barreira, C. R. Biodiversidade de Moluscos Associados às Pradarias Marinhas do Brasil. In: XI Congresso Latinoamericano de Malacologia, 2020, Lima. Resúmenes del XI Congreso Latinoamericano de Malacologia.

Bitencourt, L. P.; Fernandes, E. H. L.; Silva, P.; Moller Jr, O. O. Spatio-temporal Variability of Suspended Sediment Concentration on a Shallow and Turbid Lagoon. In: 27th IUGG 2019 - International Union of Geodesy and Geophysics, 2019, Montreal. 27th IUGG 2019 - International Union of Geodesy and Geophysics, 2019.

Bitencourt, L. P.; Fernandes, E. H. L.; Moller Jr, Osmar Olinto. Evaluation of space-time variability of salinity in a river-dominated estuary. In: Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019, Florianópolis. Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019.

Bitencourt, L. P.; Fernandes, E. H. L.; Silva, P.; Moller Jr, Osmar Olinto . Spatio-temporal Variability of Suspended Sediment Concentration on a Shallow and Turbid Lagoon. In: Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019, Florianópolis. Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019.

Copertino, Ms; Coling, L. A.; Seeliger, Ulrich; Bemvenutti, C. E.; Cunha, R. W. 2018. Long-term changes in submerged aquatic vegetation of Patos Lagoon estuary Brazil: climate and hydrology In: IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras. Florianópolis. Resumos do IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras.

Copertino, Ms; Creed, J.; Lanari, Marianna De Oliveira; Karine Mgalhães; Barros, K. V. S.; Arevalo, P. R.; Horta, P. A. 2018. Rede de Monitoramento dos Habitats Bentônicos Costeiros - Fundos Vegetados Submersos da ReBentos: protocolo mínimo de monitoramento In: IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras, 2018, Florianópolis. Resumos do IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras. Florianópolis.

Fagundes et al. Diversidade e variação temporal de diatomáceas na plástisfera do Estuário da Lagoa dos Patos, RS. 19a Mostra de Produção Universitária FURG - Congresso de Iniciação Científica 2020.

Gerundo, J.; Misturini, D.; Bueno, J. V.; Araujo, E. J. L.; Pinotti, R. M.; Colling, Leonir Andre. A influência de uma deposição de lama sobre o macrozoobentos em uma praia arenosa subtropical. In: XVIII Congresso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019, Mar del Plata. Livro de Resúmenes del XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019.

Gerundo, Juliana; Colling, Leonir Andre. Variações sazonais e de curto prazo da macrofauna bentônica em enseadas rasas do estuário da Lagoa dos Patos. In: 18a Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019, Rio Grande. Livro de Resumos da 18a Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019.

Grando, C.; Lanari, M.; Copertino, M. S. 2017. Monitoramento De Longo Prazo De Pradarias De Fanerógamas Submersas No Estuário Da Lagoa Dos Patos (RS, BRASIL) In: 16 Mostra da Produção Universitária - FURG, 2017, Rio Grande. 16 Mostra da Produção Universitária - FURG.

Grando, C. A.; Copertino, M. S.; Wallner-Kersanach; M., Lanari. 2018. Nutrientes limitantes ao desenvolvimento de marés verdes no estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil) 18º Mostra de Produção Universitária da FURG, Rio Grande. Resumos da Mostra de Produção Universitária da FURG. Rio Grande: FURG.

Grando, C. A.; Copertino, M. S.; Wallner-Kersanach; M., Lanari. 2018. Nutrientes limitantes ao desenvolvimento de florações de macroalgas de deriva no estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). 17º Mostra de Produção Universitária da FURG, Rio Grande. Resumos da Mostra de Produção Universitária da FURG. Rio Grande: FURG.

Grando, C.; Lanari, M. O.; Copertino, M. S. 2018. Monitoramento de longo prazo das pradarias de fanerógamas marinhas no estuário da Lagos dos Patos, RS, Brasil (ReBentos - Fundos Vegetados Submersos In: IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras, Florianópolis. Resumos do IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras. Rio Grande: FURG.

Guedes et al. Distribuição e Características dos resíduos sólidos antropogênicos no Estuário da Lagoa dos Patos e regiões costeiras adjacentes. 19a Mostra de Produção Universitária FURG - Congresso de Iniciação Científica 2020.

Guedes et al. Cigarette butts: spatial and seasonal characterization in a sandy beach in South Brazil. MICRO2020, Fate and Impacts of Microplastics: Knowledge and Responsibilities. 2020.

Lacerda et al. Multi-marker DNA reveals the diversity of plastic-associated organisms in the Western South Atlantic and Austral Oceans. MICRO2020, Fate and Impacts of Microplastics: Knowledge and Responsibilities. 2020.

Lanari, M, Copertino, M.S. 2018. Drift macroalgae in the Patos Lagoon Estuary (southern Brazil): effects of climate, hydrology and wind action on the onset and magnitude of blooms. In: IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras, 2018, Florianópolis. Caderno de Resumos do IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras, Florianópolis.

Lanari, M.; Copertino, M. 2021. Drift macroalgal blooms in a high hydrodynamic estuarine system in southern Brazil. In: 12th International Phycological Congress, Chile. Abstract book.

Lanari, M.O.; Copertino, M. S.; Kennedy, H. Wallner-Kersanach, M. Macroalgal Blooms in Shallow Estuarine Areas: Growth Dynamics and Impacts on Nutrient Cycling. In: XII Biofouling, Benthic Ecology and Marine Biotechnology Meeting, 2017, Arraial do Cabo. Resumos XII BIOINC, 2017.

Maciel, PV; Nagata, RM; Miodeli, NJ & Muxagata, E. 2020. Variação Interanual da densidade de cnidários planctônicos na praia do Cassino - RS. 19 MPU, Rio Grande - RS.

Pinho, PSFF & Muxagata, E. 2020. Monitoramento do micro e mesozooplâncton do canal de Rio Grande entre Outubro de 2017 e Novembro

de 2018. 19 MPU, Rio Grande - RS.

Ramos et al. Spatial and seasonal characterization of litter at a sandy beach in south Brazil: types, materials and sources. MICRO2020, Fate and Impacts of Microplastics: Knowledge and Responsibilities. 2020.

Rosa, V. C.; Odebrecht, C.; Copertino. 2017. Dinâmica de algas epífitas em pradarias submersas do estuário da Lagoa dos Patos: Efeitos da disponibilidade de nutrientes e de macroinvertebrados pastadores. II ENCONTRO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA, Rio Grande.

Rosa, V. C.; Martinez-Crego, B.; Santos, R. O. P.; Copertino, M. S. 2019. Controles “bottom up” e “top down” sobre o crescimento de algas epífitas e efeitos sobre pradarias de eelgrass (*Zostera noltei* H). IV Encontro da Pós-Graduação em Oceanografia Biológica (ENCOB). Rio Grande, FURG.

Rosa, V. C.; Odebrecht, C.; Copertino, M. S. 2020. Diatomáceas bênticas no estuário da Lagoa dos Patos: Biodiversidade e variabilidade espaço-temporal. 19ª Mostra de Produção Universitária da FURG, Rio Grande.

Sérvulo et al. Caracterização de comunidades epiplásticas no Estuário da Lagoa dos Patos, RS. 19ª Mostra de Produção Universitária FURG - Congresso de Iniciação Científica 2020.

Soares et al. Ingestão de plástico por tubarões no sul do Brasil. 19ª Mostra de Produção Universitária FURG - Congresso de Iniciação Científica 2020.

Soares et al. Plastic litter in the Patos Lagoon estuary and adjacent coast. MICRO2020, Fate and Impacts of Microplastics: Knowledge and Responsibilities. 2020.

Soares, A. C. F.; Goulart, E. S.; Copertino, M. S.; Lanari, M. 2020. Aplicação de métodos acústicos no estudo da vegetação aquática submersa do estuário da Lagoa dos Patos. In: 19ª Mostra de Produção Universitária da FURG, Rio Grande. Resumos da Mostra de Produção Universitária da FURG. Rio Grande: FURG.

Weissheimer, Nicolas Fensterseifer; Colling, Leonir Andre. Possível influência da cobertura vegetal de fundo estuarino sobre a distribuição vertical do macrozoobentos. In: 18ª Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019. Livro de Resumos do 18ª Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019.

## **Artigos Científicos**

### **2017**

Abreu, P.C., Marangoni, J., Odebrecht, C., 2017. So close, so far: differences in long-term chlorophyll a variability in three nearby estuarine-coastal stations. *Mar. Biol. Res.* 13, 9–21. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1189081>

Condini, M. V., Hoeninghaus, D.J., Roberts, A.P., Soulen, B.K., Garcia, A.M., 2017. Mercury concentrations in dusky grouper *Epinephelus marginatus* in littoral and neritic habitats along the Southern Brazilian coast. *Mar. Pollut. Bull.* 115, 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.006>

Dias, R.A., Maurício, G.N., Bugoni, L., 2017. Birds of the Patos Lagoon Estuary and adjacent coastal waters, southern Brazil: species assemblages and conservation implications. *Mar. Biol. Res.* 13, 108–120. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1209525>

dos Santos, M.L., Lemos, V.M., Troca, D.F.A., Vieira, J.P., 2017. First

record of the Sea Chub, *Kyphosus atlanticus* (Sakai & Nakabo&nbsp;2014) (Perciformes, Kyphosidae), in the extreme south of the&nbsp;Brazilian coast. Check List 13, 1-5. <https://doi.org/10.15560/13.4.1>

Duarte de Paula Costa, M., Muelbert, J.H., 2017. Long-term assessment of temporal variability in spatial patterns of early life stages of fishes to facilitate estuarine conservation. *Mar. Biol. Res.* 13, 74-87. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1213397>

Fruet, P.F., Secchi, E.R., Di Tullio, J.C., Simões-Lopes, P.C., Daura-Jorge, F., Costa, A.P.B., Vermeulen, E., Flores, P.A.C., Genoves, R.C., Laporta, P., Beheregaray, L.B., Möller, L.M., 2017. Genetic divergence between two phenotypically distinct bottlenose dolphin ecotypes suggests separate evolutionary trajectories. *Ecol. Evol.* 9131-9143. <https://doi.org/10.1002/ece3.3335>

Garcia, A.M., Claudino, M.C., Mont'Alverne, R., Pereyra, P.E.R., Copertino, M., Vieira, J.P., 2017. Temporal variability in assimilation of basal food sources by an omnivorous fish at Patos Lagoon Estuary revealed by stable isotopes (2010-2014). *Mar. Biol. Res.* 13, 98-107. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1206939>

Haimovici, M., Cardoso, L.G., 2017. Long-term changes in the fisheries in the Patos Lagoon estuary and adjacent coastal waters in Southern Brazil. *Mar. Biol. Res.* 13, 135-150. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1228978>

Islabão, C.A., Mendes, C.R.B., Detoni, A.M.S., Odebrecht, C., 2017. Phytoplankton community structure in relation to hydrographic features along a coast-to-offshore transect on the SW Atlantic Continental Shelf. *Cont. Shelf Res.* 151, 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2017.10.003>

Lanari, M., Copertino, M., 2017. Drift macroalgae in the Patos Lagoon Estuary (southern Brazil): effects of climate, hydrology and wind action on the onset and magnitude of blooms. *Mar. Biol. Res.* 13, 36-47. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1225957>

Lanari, M., Kennedy, H., Copertino, M., Wallner-Kersanach, M., Claudino, M., 2017. Dynamics of estuarine drift macroalgae: growth cycles and contributions to sediments in shallow areas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 570, 41-55. <https://doi.org/10.3354/meps12116>

Mai, A.C.G., Robe, L.J., Marins, L.F., Vieira, J.P., 2017. Genetic relationships between landlocked and coastal populations of *Lycengraulis grossidens* (Engraulidae) in south-eastern South America: evidence for a continental colonisation route with secondary transitions to the coastal region. *Mar. Freshw. Res.* 68, 342. <https://doi.org/10.1071/MF15355>

Martins, A.S., Haimovici, M., 2017. Seasonal mesoscale shifts of demersal nekton assemblages in the subtropical South-western Atlantic. *Mar. Biol. Res.* 13, 88-97. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1217025>

Mendes, C.R.B., Odebrecht, C., Tavano, V.M., Abreu, P.C., 2017. Pigment-based chemotaxonomy of phytoplankton in the Patos Lagoon estuary (Brazil) and adjacent coast. *Mar. Biol. Res.* 13, 22-35. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1189082>

Noletto-Filho, E.M., Pucciarelli, P., Dumont, L.F.C., 2017. Spatial and temporal variation in juvenile size distribution of the pink shrimp (*Penaeus paulensis*) in the Patos Lagoon Estuary, Brazil. *Mar. Biol. Res.* 13, 62-73. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1248851>

Odebrecht, C., Secchi, E.R., Abreu, P.C., Muelbert, J.H., Uiblein, F., 2017. Biota of the Patos Lagoon estuary and adjacent marine coast: long-

term changes induced by natural and human-related factors. *Mar. Biol. Res.* 13, 3–8. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1258714>

Ortiz, D.O., Muxagata, E., Bersano, J.G.F., 2017. *Notodiaptomus incompositus* (Brian, 1925) (Copepoda, Calanoida) reared in the laboratory: Growth experiments and reproductive aspects. *Crustaceana* 90, 517–533. <https://doi.org/10.1163/15685403-00003674>

Secchi, E.R., Botta, S., Wiegand, M.M., Lopez, L.A., Fruet, P.F., Genoves, R.C., Di Tullio, J.C., 2017. 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. *Mar. Biol. Res.* 13, 121–134. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1213398>

Silveira, S.B. da, Wasielesky, W., Andreote, A.P.D., Fiore, M.F., Odebrecht, C., 2017. Morphology, phylogeny, growth rate and nodularin production of *Nodularia spumigena* from Brazil. *Mar. Biol. Res.* 13, 1095–1107. <https://doi.org/10.1080/17451000.2017.1336587>

Teixeira-Amaral, P., Amaral, W.J.A., de Ortiz, D.O., Agostini, V.O., Muxagata, E., 2017. The mesozooplankton of the Patos Lagoon Estuary, Brazil: trends in community structure and secondary production. *Mar. Biol. Res.* 13, 48–61. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1248850>

## **2018**

Genoves, R.C., Fruet, P.F., Di Tullio, J.C., Möller, L.M., Secchi, E.R., 2018. Spatiotemporal use predicts social partitioning of bottlenose dolphins with strong home range overlap. *Ecol. Evol.* ece3.4681. <https://doi.org/10.1002/ece3.4681>

Lameiro, F.R., Condini, M. V., Brito, C.P., Vieira, J.P., 2018. The feeding habits of the endemic Remo flounder, *Oncopterus darwini* (Actinopterygii: Pleuronectidae), in an exposed sandy beach's surf zone in southern Brazil. *Zoologia* 35, 1–8. <https://doi.org/10.3897/zoologia.35.e15038>

Lanari, M., Coelho Claudino, M., Miranda Garcia, A., da Silva Copertino, M., 2018a. Changes in the elemental (C, N) and isotopic ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) composition of estuarine plants during diagenesis and implications for ecological studies. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 500, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.12.013>

Lanari, M., S. Copertino, M., Colling, L.A., C. Bom, F., 2018b. The impact of short-term depositions of macroalgal blooms on widgeon-grass meadows in a river-dominated estuary. *Harmful Algae* 78, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2018.07.006>

Mai, A.C.G., Santos, M.L. dos, Lemos, V.M., Vieira, J.P., 2018. Discrimination of habitat use between two sympatric species of mullets, *Mugil curema* and *Mugil liza* (Mugiliformes: Mugilidae) in the rio Tramandaí Estuary, determined by otolith chemistry. *Neotrop. Ichthyol.* 16, 1–8. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170045>

Ortega, I., Bacaneli, M., Colling, L.A., Dumont, L.F.C., 2018a. Responses of the infaunal peracarid *Monokalliapseudes schubarti* (Tanaidacea: Kalliapseudidae) to a bottom trawling disturbance and seasonality in an estuary of southern Brazil. *Mar. Biol. Res.* 14, 642–653. <https://doi.org/10.1080/17451000.2018.1478104>

Ortega, I., Colling, L.A., Dumont, L.F.C., 2018b. Response of soft-bottom macrobenthic assemblages to artisanal trawling fisheries in a subtropical estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 207, 142–153. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.04.007>

Possamai, B., Vieira, J.P., Grimm, A.M., Garcia, A.M., 2018. Temporal variability (1997-2015) of trophic fish guilds and its relationships with El Niño events in a subtropical estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 202, 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.12.019>

## **2019**

Agostini, V.O., Macedo, A.J., Muxagata, E., Pinho, G.L.L., 2019. Surface coatings select their micro and macrofouling communities differently on steel. *Environ. Pollut.* 254, 113086. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113086>

Condini, M. V., Pereyra, P.E.R., Garcia, A.M., Saint'Pierre, T.D., Ceni, G., Lugo, R., Fontoura, N.F., Vieira, J.P., Albuquerque, C.Q., 2019. Use of fresh water by an estuarine-resident marine catfish: Evidence from gonadal and otolith chemistry analyses. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom.* <https://doi.org/10.1017/S0025315419000493>

Franzen, M., Muelbert, J., Fernandes, E., 2019. Influence of wind events on the transport of early stages of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) to a subtropical estuary. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 47, 536-546. <https://doi.org/10.3856/vol47-issue3-fulltext-15>

Mai, A.C.G., Albuquerque, C.Q., Lemos, V.M., Schwingel, P.R., Ceni, G., Saint'Pierre, T.D., Vieira, J.P., 2019. Coastal zone use and migratory behaviour of the southern population of *Mugil liza* in Brazil. *J. Fish Biol.* 1207-1214. <https://doi.org/10.1111/jfb.14120>

Muelbert, J.H., Nidzicko, N.J., Acosta, A.T.R., Beaulieu, S.E., Bernardino, A.F., Boikova, E., Bornman, T.G., Cataletto, B., Deneudt, K., Eliason, E., Kraberg, A., Nakaoka, M., Puggnetti, A., Ragueneau, O., Scharfe, M., Soltwedel, T., Sosik, H.M., Stanisci, A., Stefanova, K., Stéphan, P., Stier, A., Wikner, J., Zingone, A., 2019.ILTER - The International Long-Term Ecological Research Network as a Platform for Global Coastal and Ocean Observation. *Front. Mar. Sci.* 6, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00527>

Oliveira, H., Fernandes, E., Möller, O., García-Rodríguez, F., Oliveira, Fernandes, Möller, García-Rodríguez, 2019. Relationships between Wind Effect, Hydrodynamics and Water Level in the World's Largest Coastal Lagoonal System. *Water* 11, 2209. <https://doi.org/10.3390/w11112209>

Rezende, G.A., Rufener, M.C., Ortega, I., Ruas, V.M., Dumont, L.F.C., 2019. Modelling the spatio-temporal bycatch dynamics in an estuarine small-scale shrimp trawl fishery. *Fish. Res.* 219, 105336. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105336>

Salvador, N.L.A., Muelbert, J.H., 2019. Environmental Variability and Body Condition of Argentine Menhaden Larvae, *Brevoortia pectinata* (Jenyns, 1842), in Estuarine and Coastal Waters. *Estuaries and Coasts* 42, 1654-1661. <https://doi.org/10.1007/s12237-019-00604-3>

Silveira, S.B., Odebrecht, C., 2019. Effects of salinity and temperature on the growth, toxin production, and akinete germination of the cyanobacterium *Nodularia spumigena*. *Front. Mar. Sci.* 6, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00339>

Steigleder, K.M., Copertino, M.S., Lanari, M., Camargo, M., Fujii, M.T., 2019. Latitudinal gradient in intertidal seaweed composition off the coast of southern Brazil and Uruguay. *Aquat. Bot.* 156, 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2019.04.003>

They, N.H., Marins, L.F., Möller, O.O., Abreu, P.C., 2019. High bacterial activity in nutrient rich saltwater: Evidence from the uncoupling between salinity and nutrients in the Patos Lagoon estuary. *Estuar. Coast.*

Shelf Sci. 216, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.09.001>

## 2020

Bitencourt, L.P., Fernandes, E., Möller, O., Ross, L., 2020. The contribution of ENSO cycles to the salinity spatio-temporal variability in a bar-built microtidal estuary. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 40, 101496. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101496>

Bom, F.C., Colling, L.A., 2020. Impact of vehicles on benthic macrofauna on a subtropical sand beach. *Mar. Ecol.* 41, 1–9. <https://doi.org/10.1111/maec.12595>

Genoves, R.C., Fruet, P.F., Botta, S., Beheregaray, L.B., Möller, L.M., Secchi, E.R., 2020. Fine-scale genetic structure in Lahille's bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus gephyreus*) is associated with social structure and feeding ecology. *Mar. Biol.* 167, 34. <https://doi.org/10.1007/s00227-019-3638-6>

Lima, I.M.S., Venuto, R., Menchaca, C., Hoffmann, L.S., Dalla Rosa, L., Genoves, R., Fruet, P.F., Milanelli, A., Laporta, P., Tassinio, B., Bueno, S.M., Freitas, T.R.O., Bittencourt, L., Lailson-Brito, J., Azevedo, A.F., 2020. Geographic variation in the whistles of bottlenose dolphins (*Tursiops* spp.) in the southwestern Atlantic Ocean. *Mar. Mammal Sci.* 36, 1058–1067. <https://doi.org/10.1111/mms.12690>

Machado, R.C., da Silva Cortinhas, M.C., Proietti, M.C., Haimovici, M., 2020. Genetic connectivity of black drum (*Pogonias courbina*) stocks in the southwestern Atlantic Ocean. *Environ. Biol. Fishes.* <https://doi.org/10.1007/s10641-020-00993-6>

Muelbert, J.H., Nidzieko, N.J., Acosta, A.T.R., Beaulieu, S.E., Bernardino, A.F., Boikova, E., Bornman, T.G., Cataletto, B., Deneudt, K., Eliason, E., Kraberg, A., Nakaoka, M., Pugnetti, A., Ragueneau, O., Scharfe, M., Soltwedel, T., Sosik, H.M., Stanisci, A., Stefanova, K., Stéphan, P., Stier, A., Wikner, J., Zingone, A., 2020. Corrigendum: ILTER – The International Long-Term Ecological Research Network as a Platform for Global Coastal and Ocean Observation. *Front. Mar. Sci.* 6, 2019–2021. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00819>

Neto, J.G.B., Rodrigues, F.L., Ortega, I., Rodrigues, L. dos S., Lacerda, A.L. d. F., Coletto, J.L., Kessler, F., Cardoso, L.G., Madureira, L., Proietti, M.C., 2020. Ingestion of plastic debris by commercially important marine fish in southeast-south Brazil. *Environ. Pollut.* 267. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115508>

Possamai, B., Hoeninghaus, D.J., Odebrecht, C., Abreu, P.C., Moraes, L.E., Santos, A.C.A., Garcia, A.M., 2020. Freshwater Inflow Variability Affects the Relative Importance of Allochthonous Sources for Estuarine Fishes. *Estuaries and Coasts* 43, 880–893. <https://doi.org/10.1007/s12237-019-00693-0>

Thykjaer, V., Rodrigues, L., Haimovici, M., Cardoso, L.G., 2020. Long-term changes in fishery resources of an estuary in southwestern Atlantic according to local ecological knowledge. *Fish. Manag. Ecol.* 27, 185–199. <https://doi.org/10.1111/fme.12398>

Venuto, R., Botta, S., Barreto, A.S., Secchi, E.R., Fruet, P.F., 2020. Age structure of strandings and growth of Lahille's bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus gephyreus*). *Mar. Mammal Sci.* 1–15. <https://doi.org/10.1111/mms.12683>

## 2021

de Ramos, B., Alencar, M.V., Rodrigues, F.L., Lacerda, A.L. de F.,

Proietti, M.C., 2021. Spatio-temporal characterization of litter at a touristic sandy beach in South Brazil. *Environ. Pollut.* 280, 116927. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116927>

Fruet, P.F., Möller, L.M., Secchi, E.R., 2021. Dynamics and Viability of a Small, Estuarine-Resident Population of Lahille's Bottlenose Dolphins From Southern Brazil. *Front. Mar. Sci.* 7, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.593474>

Haimovici, M., Cavole, L.M., Cope, J.M., Cardoso, L.G., 2021. Long-term changes in population dynamics and life history contribute to explain the resilience of a stock of *Micropogonias furnieri* (Sciaenidae, Teleostei) in the SW Atlantic. *Fish. Res.* 237, 105878. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105878>

Lanari, M., Possamai, B., da Silva Copertino, M., Miranda Garcia, A., 2021. Seasonal and El Niño Southern Oscillation-driven variations in isotopic and elemental patterns among estuarine primary producers: implications for ecological studies. *Hydrobiologia* 848, 593-611. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04462-0>

Possamai, B., Hoeninghaus, D.J., Garcia, A.M., 2021. Environmental factors drive interannual variation in estuarine food-chain length. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 252, 107241. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107241>

Reis-Santos, P., Condini, M. V., Albuquerque, C.Q., Saint'Pierre, T.D., Garcia, A.M., Gillanders, B.M., Tanner, S.E., 2021. El Niño - Southern Oscillation drives variations in growth and otolith chemistry in a top predatory fish. *Ecol. Indic.* 121, 106989. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106989>

Teixeira-Amaral, P., Rodrigues de Lemos, V., Muxagata, E., Nagata, R.M., 2021. Temporal dynamics of mesoplanktonic cnidarians in a subtropical estuary: Environmental drivers and possible trophic effects. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 249, 107076. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107076>

Vitória, T.L., Silveira, S., Nagata, R.M., 2021. Predation of portunid crabs *Callinectes sapidus* and *Callinectes ornatus* (Crustacea, Decapoda) on the medusa *Lychnorhiza lucerna* (Cnidaria, Scyphozoa). *Ocean Coast. Res.* 69, 1-5. <https://doi.org/10.1590/2675-2824069.20-323tlv>

Vollrath, S.R., Possamai, B., Schneck, F., Hoeninghaus, D.J., Albertoni, E.F., Garcia, A.M., 2021. Trophic niches and diet shifts of juvenile mullet species coexisting in marine and estuarine habitats. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* 1-11. <https://doi.org/10.1017/S0025315421000242>

### 3.2. Capacitação de recursos humanos

#### Graduação

Ana Carolina Soares. (Graduação em Oceanologia, FURG; Em andamento). Orientador: Margareth da Silva Copertino.

Ana Julia Jost Amaro (Graduação em Ciências Biológicas, FURG; Em andamento). Orientador: Erik Muxagata.

Ana Luiza Santos Araújo (Graduação em Oceanologia, FURG; Em andamento). Título: Ecologia trófica de peixes no Complexo Estuarino Tramandaí-Armazém e região marinha adjacente. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Camila Andressa Grando. (Graduação em Oceanologia, FURG;

Concluída em 2018). Título: Nutrientes limitantes ao crescimento de macroalgas de deriva no Estuário da Lagoa dos Patos, RS. Orientador: Margareth da Silva Copertino.

Carlize Dias (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2018). Título: Ecologia trófica de peixes no estuário da Lagoa dos Patos. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Danielle Bueno (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2017). Título: Dieta e monitoramento de longo prazo (PELD) de peixes no estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Isabelle Gonçalves da Silva (Graduação em Oceanologia, FURG; Em andamento). Orientador: Jose Henrique Muelbert.

Julia Ortiz Kessler de Moraes (Graduação em Oceanologia, FURG; Iniciação Científica concluído em 2021). Título: Distribuição vertical de cnidários planctônicos na plataforma continental sul do Brasil. Orientador: Renato Mitsuo Nagata.

Laura da Nerva Frota (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2018). Título: Produção Primária Requerida pela População de Botos (*Tursiops truncatus gephyreus*) no Estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Leandro da Silva Sarmento (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2021). Título: Variabilidade interanual (1996-2020) em aspectos da estrutura populacional do barrigudinho *Jenyssia lineata* no estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Mariana Barbosa Lisboa (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2017). Título: Dieta e monitoramento de longo prazo (PELD) de peixes no estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Natália Figurelli Maia (Graduação em Oceanologia, FURG; Iniciação Científica concluída em 2019). Título: Comportamento do material particulado em suspensão no baixo estuário da Lagoa dos Patos durante um evento de *El Niño*. Orientador: Osmar Olinto Moller Jr.

Nicolas Ferstenseifer Weissheimer (Graduação em Oceanologia, FURG; Iniciação Científica concluída em 2020). Título: A morfologia da concha do gastrópode *Heleobia australis* como possível bioindicadora de ambientes costeiros e estuarinos no Extremo Sul do Brasil. Orientador: Leonir André Colling.

Pedro Sá Freire Ferreira de Pinho (Graduação em Oceanologia, FURG; Iniciação Científica concluída em 2020). Título: Monitoramento contínuo do micro e meso-zooplâncton do Canal de Rio Grande. Orientador: Erik Muxagata.

Raphaela Mota Gonçalves Gurgel (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2018). Título: Produção primária requerida pela população de botos (*Tursiops truncatus gephyreus*) do estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Talles Lisboa Vitória. (Graduação em Oceanologia, FURG; Em andamento). Título: Tempo de digestão da medusa *Lychnorhiza lucerna* (Cnidaria, Scyphozoa): Um estudo preliminar sobre o potencial de predação de uma espécie com grande impacto em cadeias tróficas. Orientador: Renato Mitsuo Nagata.

Vinícius Dyonisio. (Graduação em Oceanologia, FURG; Em andamento). Título: Utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS) no estudo da vegetação aquática submersa no Estuário da Lagoa dos

Patos. Orientador: Margareth da Silva Copertino.

### **Mestrado**

Abner Ventura Alves (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação concluída em 2018). Título: Alterações na história de vida e avaliação do estoque do goete *Cynoscion jamaicensis* (Vaillant & Bocourt, 1883) no Sul do Brasil. Orientador: Luís Gustavo Cardoso.

Amanda O. Travessas (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em andamento). Título: Dieta e repartição de recursos entre garças reproduzindo em simpatria no Sul do Brasil. Orientador: Leandro Bugoni.

Amanda Tomazele Rovani (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação concluída em 2017). Título: História de vida e avaliação dos impactos da pesca sobre a espécie *Dules auriga* (Teleostei: Serranidae), componente da captura incidental no Sul do Brasil. Orientador: Luís Gustavo Cardoso.

Andrea Campos Rangel (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação concluída em 2020). Título: Avaliação histórica da ecologia espacial e trófica do Boto-de-Lahille (*Tursiops gephyreus*) por meio da análise de isótopos estáveis. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Bárbara Michelly Jung (PPG em Oceanografia Física, Química e Geológica, FURG; Dissertação concluída em 2017). Título: Variabilidade dos fluxos de sedimentos em suspensão para a Lagoa dos Patos e os processos de trocas com o oceano adjacente. Orientador: Osmar Olinto Moller Jr.

Bruna de Ramos (PPG em Gerenciamento Costeiro, FURG; Dissertação concluída em 2020). Título: Diagnóstico e análise da problemática do lixo no mar: estudo de caso na praia do Cassino, Rio Grande, RS, Brasil. Orientador: Maíra Carneiro Proietti.

Camila Bosenbecker (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação concluída em 2018). Título: Partição de recursos alimentares e nicho isotópico de três espécies de sabiás em matas paludosas no sul do Brasil. Orientador: Leandro Bugoni.

Caroline Dias Gabani (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Habitats oceanográficos e caracterização do voo do albatroz-de-nariz-amarelo (*Thalassarche chlororhynchos*) no Oceano Atlântico Sul. Orientador: Leandro Bugoni.

Christopher da Fonseca Ibeiro (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação concluída em 2017). Título: Uso do habitat em diferentes fases da vida do siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda, portunidae) nas áreas rasas do estuário da Lagoa dos Patos e na área reprodutiva marinha adjacente. Orientador: Luiz Felipe Cestari Dumont.

Cíntia Negrine Fernandez (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em concluída em 2019). Título: Recursos alimentares utilizados pela ave *Chauna torquata* e o gado em áreas úmidas na planície costeira do sul do Brasil. Orientador: Leandro Bugoni.

Dairana Misturini (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em concluída em 2021). Título: A influência de sistemas frontais sobre as assembleias bentônicas de pradarias de fanerógamas submersas estuarinas. Orientador: Leonir André Colling.

Edwin Jesus Lainas Araújo (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em concluída em 2021). Título: Estrutura das assembleias de macroinvertebrados bentônicos nos cenários morfodinâmicos de praias

arenosas não urbanizadas do Extremo Sul do Brasil. Orientador: Leonir André Colling.

Erika Belarmino da Silva (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação concluída em 2021). Título: Variabilidade interanual (1996-2020) em aspectos da estrutura populacional do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* no estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Fabio Cavalca Bom (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em concluída em 2018). Título: Impacto de veículos sobre a macrofauna bentônica em uma praia arenosa subtropical. Orientador: Leonir André Colling.

Laís Fernanda de Palma Lopes (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em concluída em 2017). Título: Reavaliação de técnicas metodológicas para bioensaios toxicológicos com o copépodo *Acartia tonsa* Dana 1849. Orientador: Erik Muxagata.

Laura Nerva da Frota (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Produção primária requerida pela população de botos (*Tursiops truncatus gephyreus*) do estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Danielle Ortiz de Ortiz (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em concluída em 2016). Título: Estágios de desenvolvimento, crescimento e produção secundária do copépodo planctônico *Notodiaptomus incompositus* no sul do Brasil. Orientador: Erik Muxagata.

Lucas Ott Tavares (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em concluída em 2017). Título: Variabilidade espaço-temporal na distribuição do boto, *Tursiops truncatus*, no estuário da Lagoa dos Patos e sua relação com fatores hidrológicos e climáticos. Orientador: Luciano Dalla Rosa.

Marcelo Mascarenhas Wiegand (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em concluída em 2017). Título: Ecologia trófica dos mamíferos marinhos da Lagoa dos Patos e áreas costeiras adjacentes: uma abordagem isotópica. Orientador: Silvina Botta.

Maria Fernanda Figueira Lucas Franco (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Estrutura e dinâmica do fitoplâncton no estuário da lagoa dos patos em diferentes escalas temporais. Orientador: Carlos Rafael Borges Mendes.

Nathallia Leite Alves Salvador (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em concluída em 2017). Título: Variabilidade interanual da condição de larvas de Savelha (*Brevoortia pectinata*) no estuário da Lagoa dos Patos e zona costeira adjacente. Orientador: José Henrique Muelbert.

Nicole Correa Serra Martins Silva (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Variação na estrutura da comunidade fitoplanctônica em função de feições oceanográficas de mesoescala no Atlântico Sul. Orientador: Virginia Maria Tavano.

Pedro Vieira Maciel (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Variação interanual da composição e densidade do zooplâncton gelatinoso no Estuário da Lagoa dos Patos. Orientador: Renato Mitsuo Nagata.

Priscila Mulattieri Suarez Orozco (PPG em Oceanografia Física, Química e Geológica, FURG; Dissertação concluída em 2017). Título: Estudo da variabilidade da estrutura vertical dos fluxos na área do canal de acesso à lagoa dos patos através de modelos teóricos. Orientador: Osmar Olinto Moller Jr.

Raissa Lima Praia Santos (PPG Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação Concluída em 2021). Título: Variação temporal (1996-2020) na ocorrência e abundância de peixes visitantes-marinhos no estuário da Lagoa dos Patos e suas relações com fatores ambientais e antrópicos. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Renan Costa Machado (PPG em Gerenciamento Costeiro, FURG; Dissertação em conclusão em 2018). Título: Caracterização molecular dos estoques de miragaia *Pogonias cromis* (Sciaenidae) no Atlântico Sul Ocidental como subsídio para a gestão da pesca. Orientador: Manuel Haimovici.

Rihel Venuto dos Santos (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em conclusão em 2019). Título: Variação intrapopulacional do repertório de assobios do boto-de-Lahille, *Tursiops truncatus gephyreus* (Cetartiodactyla, Delphinidae), no extremo sul do Brasil. Orientador: Luciano Dalla Rosa.

Rodrigo Cesário Pereira Silva (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Estoque e potencial de sequestro de carbono em habitats vegetados submersos do Estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Orientador: Margareth da Silva Copertino.

Sabrina Radunz Vollrath (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em conclusão em 2019). Título: Ecologia trófica de duas espécies congênicas de juvenis de tainha (*Mugil curema* e *M. liza*) no extremo sul do Brasil. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Thiago dos Santos Tuchtenhagen (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em conclusão em 2017). Título: Variações na estrutura da assembleia de peixes das zonas rasas da Lagoa dos Patos durante o El Niño 2015-2016. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Vinni Santos Thykjaer (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em conclusão em 2019). Título: Alterações de longo prazo nos recursos pesqueiros do estuário da Lagoa dos Patos segundo a percepção de pescadores artesanais. Orientador: Luís Gustavo Cardoso.

Yan Gonçalves Gowert (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em andamento). Título: Variações de longo-prazo na abundância dos juvenis da savelha *Brevoortia pectinata* no estuário da Lagoa dos Patos, RS. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

### **Doutorado**

Adna Ferreira Silva Garcia (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG, com período sanduíche em Universidade de Lisboa; Tese concluída em 2018). Título: Estrutura e conectividade trófica das assembleias de peixes em um estuário subtropical e seus sistemas fluvial e marinho adjacentes. Orientador: João Paes Vieira Sobrinho.

Ana Carolina Corrêa Tatsch (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Ecologia populacional de *Pontoporia blainvillei* e *Tursiops truncatus* através de marcadores moleculares. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Andréa de Oliveira da Rocha Franco (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Protistas planctônicos de praias arenosas expostas equatoriais, tropicais e subtropicais brasileiras: Diversidade e fatores de influência. Orientador: Carlos Rafael Borges Mendes.

Bianca Possamai (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese

concluída em 2019). Título: Variabilidade de longo-prazo na estrutura trófica em zonas rasas estuarinas e suas relações com fatores ambientais e eventos El Niño. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Dérien Lucie Verneti Duarte (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese concluída em 2018). Título: Avaliação da eficiência de dispositivos redutores de fauna acompanhante em redes de arrasto de camarões na pesca industrial no Sul do Brasil. Orientador: Luiz Felipe Cestari Dumont.

Fernando Azevedo Faria (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Fatores determinantes na distribuição e abundância de aves costeiras migratórias. Orientador: Leandro Bugoni.

Ileana Margarita Ortega Ortega (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese concluída em 2018). Título: Variabilidade espacial e temporal da macrofauna e influência da pesca de arrasto sobre os fundos sublitorais do estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Orientador: Luiz Felipe Cestari Dumont.

Juliana do Prado Alves (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Transferência trófica de contaminantes orgânicos e mercúrio em botos (*Tursiops truncatus*) e toninhas (*Pontoporia blainvillei*) do Sul do Rio Grande do Sul. Orientador: Silvina Botta.

Maria Helena Paulo Antônio (PPG em Oceanografia Física, Química e Geológica, FURG; Tese concluída em 2020). Título: Modelagem da Dispersão de Ovos e Larvas da Corvina *Micropogonias furnieri* no Estuário da Lagoa dos Patos. Coorientador: Jose Henrique Muelbert.

Priscila Teixeira Amaral (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Sazonalidade e produção secundária do zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos. Orientador: Erik Muxagata.

Rodrigo Cezar Genoves (PPG em Oceanografia Biológica, FURG, com período sanduíche em Universidade de Lisboa; Tese concluída em 2019). Título: Estrutura genética e social do Boto (*Tursiops truncatus gephyreus*) no estuário da Lagoa dos Patos e águas costeiras adjacentes. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Sabrina Radunz Vollrath (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Tese em andamento). Título: O papel dos juvenis de tainha no transporte de nutrientes marinhos para ambientes de água doce e possíveis alterações ocasionadas por impactos antrópicos na planície costeira. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Savênia Bonoto da Silveira (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese concluída em 2018). Título: Respostas fisiológicas da cianobactéria *Nodularia spumigena* isolada no extremo Sul do Brasil. Orientador: Clarisse Odebrecht.

Vanessa Corrêa da Rosa. (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese concluída em 2018). Título: Do plâncton ao bentos: influência de diferentes fatores físicos, químicos e biológicos no processo de bioincrustação. Orientador: Erik Muxagata.

Vanessa Ochi Agostini (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Abundância e composição de algas epífitas em pradarias de fanerógamas submersas de estuários subtropicais do Rio Grande do Sul, Brasil. Orientador: Margareth da Silva Copertino.

### **Pós-Doutorado**

Manuel Cezar Macedo B. N. de Souza. (2018 à 2021) Bolsista DTI (FAPERGS) do PELD-ELPA.

Marianna de Oliveira Lanari. (2017 até hoje) Bolsista PNPd da PPG em Oceanografia Biológica da FURG.

### 3.3. Outros

Mencionar outros resultados alcançados pela pesquisa que porventura não se enquadrem nas classificações anteriores.

Alguns resultados científicos adicionais (não previstos na elaboração da proposta) também foram alcançados. Destacamos:

- A realização de um levantamento faunístico dos cnidários planctônicos que revelou a presença de 21 espécies neste ecossistema.

- O registro da presença e o estabelecimento de populações de cnidários planctônicos invasivos, mais especificamente, as medusas estuarinas *Cnidostoma fallax*, *Moerisia inkermanica* e *Blackfordia virginica*.

- A descrição de informações biológicas (alimentação, produção, morfologia, ciclo de vida) de algumas das espécies-chave do zooplâncton marinho amostrados durante o período. Além disso foi realizado um evento de extensão/divulgação onde organismos zooplanctônicos vivos coletados no âmbito do PELD foram apresentados pelos alunos de graduação e pós do Laboratório de zooplâncton aos frequentadores da feira do Livro da FURG na praça Didio Duhá entre os dias 29/01/2020 a 09/02/2020 das 19:00 as 22:00.

- Um estudo desenvolvido como parte de uma tese de doutoramento (Genoves et al., 2020), avaliou o uso espaço-temporal, organização social, ecologia alimentar e composição genética dos botos-de-Lahille que ocupam a região do estuário da Lagoa do Patos e região costeira adjacente. Este estudo mostrou que (i) as populações de botos que utilizam o estuário da Lagoa dos Patos e águas costeiras adjacentes estão estruturados em diferentes unidades sociais com um forte componente espaço-temporal e de gregarismo; (ii) a presença de duas populações é um viés importante na estrutura social descrita em estudos passados; (iii) as análises de estrutura genética indicaram a presença de duas populações na área de estudo, uma associada ao estuário e outra à zona costeira adjacente; (iv) em termos puramente sociais, a população do estuário possui quatro unidades sociais e a população da zona costeira, duas; (v) existe diferenciação genética fraca mas significativa entre os botos das unidades sociais; (vi) os botos da população do estuário ocupam um nicho isotópico diferente dos botos costeiros; (vii) os botos da população do estuário se alimentam preferencialmente no estuário; (viii) e as unidades sociais encontradas acumulam características diferenciadas quanto à composição genética, ecologia alimentar e interações sociais que são governadas por diferenciação no uso de habitat por parte de seus indivíduos. Por outro lado, Campos-Rangel et al. (no prelo) avaliaram a ecologia trófica de botos-de-Lahille ao longo da sua distribuição no sul do Brasil, Uruguai e Argentina, reportando diferenças espaciais e temporais na dieta e uso do hábitat. Neste trabalho, a análise de isótopos estáveis em amostras históricas (1903-1980) e recentes (1981-2018) da espécie revelou uma diferenciação no nicho isotópico em alguns dos locais de distribuição (p.ex. Uruguai) enquanto em outros se manteve mais similar. Ainda, os valores isotópicos mostraram uma diferenciação persistente dos botos coletados no Uruguai com aqueles da Argentina, reforçando a existência de uma separação ecológica entre estas populações a ambos

lados do Río de la Plata. Os botos coletados no sul do Brasil, por outra parte, tiveram composições isotópicas mais similares às aquelas do Uruguai. Finalmente, Frota (2018) desenvolveu um modelo conceitual da teia trófica que sustenta esta população estimou o requerimento por produção primária desta população. Foram utilizados dados de abundância populacional, biomassa e requerimento energético dos botos, nível trófico das presas, além da eficiência trófica e produção primária do ambiente. O peso médio dos botos variou entre 261 e 562 kg, o que conferiu um consumo diário médio entre 11 e 22,8 kg e anual de 374 toneladas, resultando em uma produção primária requerida de aproximadamente 6.500 toneladas de carbono, cerca de 0,56% daquilo disponível no ambiente. Como o requerimento por produção primária foi baixo, concluiu-se que a estabilidade na abundância desta população (verificada em estudos anteriores) pode ser um reflexo de alta competição entre os botos, a pesca e as diversas espécies presentes nesse ambiente.

- Foram realizadas diversas atividades de extensão quanto ao lixo no mar, utilizando como base os dados levantados no projeto, principalmente nas mídias sociais do Projeto Lixo Marinho.

### **Banco de dados**

Os dados do PELD-ELPA foram depositados no sitio do SIBBR, acompanhado da atualização dos Metadados e a deposição das planilhas DwC de dados biológicos de cada um dos 8 grupos. Atualmente todo o banco de dados biológicos do PELD-ELPA gerado em mais de 20 anos de monitoramento da biota do estuário da Lagoa dos Patos e costa marinha adjacente (1998-2016) encontra-se depositado na plataforma SIBBR em modo publico, atendendo a POLITICA DE DADOS DO PROGRAMA DE PESQUISAS ECOLÓGICAS DE LONGA DURAÇÃO - PELD do CNPq, segundo RN-009/2016. Além da publicação no SIBBR, atualmente quatro grupos de monitoramento (Ictiofauna, Ictioplancton, Fitoplancton e Vegetação Aquática Submersa) já possuem registros no Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade GBIF (<https://www.gbif.org/>).

Ramos et al. 2021. Banco de dados do lixo encontrado na Praia do Cassino, RS, Brasil. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13236986.v2>

### **Popularização da Ciência**

Brazilian Seagrass Meadows. Divulgação dos projetos DiVAS, ReBentos, Mapping Brazilian Seagrasses, The Blue Carbon Initiative

Copertino, M., Cotrim, L.; Muelbert J. H.; Horta, P.; Siegle, E.; Kikuchi, R.; Lessa, G.; Klein, A. H. F.; Bustamante, M.; Turra A. 2020. Alerta sobre a Revogação da Resolução 303/2002 e o Retrocesso Ambiental Brasileiro. *Direto da Ciência*. São Paulo, p.0 - 0, 2020.

Copertino, M. 2020. Conservação da Biodiversidade: qualidade de vida para a sociedade. *Coalisão Ciencia & Sociedade*. <https://cienciasociedade.org/conservacao-da-biodiversidade-qualidade-de-vida-para-a-sociedade/>

Fonseca, Fabiane Fagundes; Martins, Mariana Lobato; Cordeiro, Lucas Natalicio; Colling, Leonir Andre. Repensando o papel da Extensão Universitária a partir de uma experiência em escolas de comunidades pesqueiras de Rio Grande - RS. *Diário de Bordo*, p. 62 - 69, 01 ago. 2019.

Garcia, A. M. 2017. Mudanças nos elos alimentares de um peixe estuarino ao longo dos anos (PELD-ELPA). Tema: *Ecologia Marinha*. (Rede social).

Garcia, A. M.; Reis-Santos, P. ; Condini, M. V. ; Tanner, S. E. 2020.

Peixes predadores nos contam sobre o passado e as mudanças climáticas! Tema: Ecologia Marinha e Mudanças Climáticas. (Rede social).

Ortega, Ileana Ortega; Colling, Leonir Andre; Dumont, Luis Felipe Cestari. Impactos de la Pesca de Arrastre Artesanal sobre Organismos macrobentónicos en un Estuário del Sur de Brasil. Revista Fundatun, Caracas - Venezuela, p. 12 - 16, 01 jul. 2018.

Possamai, B. ; Garcia, A. M. 2018. Efeitos do El Niño sobre a ecologia trófica dos peixes no estuário da Lagoa dos Patos. Tema: Ecologia Marinha. (Rede social).

Possamai, B. ; Garcia, A. M. 2018. El Niño e mudanças na estrutura trófica de uma comunidade de peixes estuarinos. Tema: Ecologia Marinha. (Rede social).

Turra, A., Copertino. M., Goncalves, L. 2019. Chorar sobre o óleo derramado não reduz os danos à zona costeira. Estadão. São Paulo, p.1 - 1, 2019.

Vollrath, S. ; Garcia, A. M. 2020. Riachos litorâneos no RS, seus peixes e sua relevância ecológica. Tema: Conservação de ambientes marinhos. (Rede social).

#### 4. Parcerias Institucionais

Indicar as instituições de P&D, empresas, órgãos públicos, e não-governamentais, sociedade civil, entre outras, que foram parceiras durante a execução da pesquisa, mostrando a articulação institucional vivenciada pela pesquisa.

Centro de Ciências do Mar - Universidade de Algarve. O Centro de Ciências do Mar (CCMAR) da Universidade do Algarve (UALg) em Portugal, foi a instituição parceira do Instituto de Oceanografia Biológica da Universidade Federal de Rio Grande (FURG) no desenvolvimento de Doutorado Sanduiche. O CCMAR proveu toda infraestrutura física e orientação para a aluna de doutorado executar experimentos em instalações de mesocosmos, realizados na Estação Marinha do Ramalhete, Faro, sob supervisão do Dr. Rui Orlando Pimenta Santos. Órgãos públicos parceiros foram o CNPq, CAPES e a Rede Clima, os quais foram responsáveis pelo financiamento das pesquisas, provendo bolsa de doutorado, doutorado sanduíche, e de apoio a pesquisa, respectivamente.

Department of Biological Sciences and the Advanced Environmental Research Institute - University of North Texas, EUA. Por meio de colaboração com o Dr David Hoeinghaus, essa instituição recebeu pesquisadores do subprojeto para realizar estágio sanduíche (Bianca Possamai) e visita científica (Alexandre Garcia). Nessas ocasiões, foram realizadas análises isotópicas das amostras do projeto e preparação de manuscritos científicos.

MARE - Centro de Ciências do Mar e do Ambiente; Universidade de Lisboa - Portugal.

Northwest Fisheries Science Center da NOAA, EUA. Parceria desenvolvida com o pesquisador Dr. Jason Cope para o desenvolvimento do artigo Haimovici et al. (2021).

ONG KAOSA.

Rede CLIMA - Apoio a pesquisa na forma de bolsas DTI, custeio de eventos e parte de equipamentos computacionais.

## 5. Dificuldades encontradas e sugestões

Descrever as principais dificuldades de caráter técnico-científico, financeiro, administrativo, e gerencial enfrentadas até o presente momento da pesquisa apoiada.

As dificuldades encontradas estão relacionadas principalmente ao desenvolvimento de atividades de campo e laboratório durante o período da pandemia e confinamento. As atividades de campo, quando realizadas, foram realizadas com muitas restrições. Por isso, muitas das séries históricas que temos já apresentam grande “buracos” de dados. Que, com a continuidade do projeto e a possibilidade de retorno as atividades presenciais, poderão ser imputadas por modelos matemáticos.

## 6. Conclusões e Perspectivas

Descrever as conclusões finais do projeto e apresentar as perspectivas para finalizar a pesquisa apoiada.

A necessidade do isolamento social para conter a proliferação do CoronaVírus impossibilitou a realização de muitas atividades. Porém, como já foi apresentado, geramos muitos resultados interessantes para melhor compreensão de diversos parâmetros biológicos e abióticos do Estuário da Lagoa dos Patos (RS) e costa marinha Adjacente (ELPA). Além disso, muitas orientações ainda serão finalizadas no âmbito do projeto. O que pode gerar ainda mais trabalhos publicados em revista de alto impacto internacional.

Com a continuação das atividades do PELD-ELPA (aprovação na Chamada CNPq/MCTI/CONFAP-FAPs/PELD No 21/2020 - Programa: Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração - PELD), pretendemos continuar no monitoramento dos diversos compartimentos biológicos do ELPA. Dando um maior enfoque na análise da resiliência e estabilidade ecológica do ELPA perante perturbações naturais e antrópicas.

Também se pretende dar continuidade na formação profissional e nas atividades de extensão. Levando os dados e o conhecimento gerado pelo projeto para fora dos muros da Universidade.

## 7. Referências Bibliográficas

Abreu, P.C.; Bergesch, M.; Proença, L.A.; Garcia, C.A.E. & Odebrecht, C. (2010). Short- and long-term chlorophyll variability in the shallow microtidal Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil. *Estuaries and Coasts* 33: 554-569.

Abreu, P.C.; Marangoni, J.C. & Odebrecht, C. (2016). So close, so far: differences in long-term chlorophyll a variability in three nearby estuarine-coastal stations. *Marine Biology Research* 1-13.

Angonesi, L.G.; Rosa, N.G. & Bemvenuti, C.E. (2008). Tolerance of salinities shocks of the invasive mussel *Limnoperna fortunei* under experimental conditions. *Iheringia. Série Zoologia* 98: 66-69.

Barquete, V.; Bugoni, L. & Vooren, C.M. (2008). Diet of the Neotropic cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in an estuarine environment. *Marine Biology* (Berlin), v. 153, p. 431-443.

Begon, M.; Townsend, C.R. & Harper, J.L. (2006). *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Oxford

Bemvenuti, C.E. (1997). Trophic Structure. In Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J.P. *Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. Springer Verlag, Berlin.

Bemvenuti, C.E.; Angonesi, L.G. & Gandra, M.S. (2005). Effects of dredging operations upon soft bottom macrofauna on a harbor area, Patos Lagoon estuarine region, southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 65(4):573-581.

Bemvenuti, C.E., & Colling, L.A. (2010). Relações tróficas na comunidade bentônica da região estuarina da Lagoa dos Patos, RS - Brasil. *Cadernos de Ecologia Aquática*, v. 5, p. 1-8.

Bruno, M.A. & Muelbert, J.H. (2009). Distribuição espacial e variações temporais da abundância de ovos e larvas de *Micropogonias furnieri*, no estuário da Lagoa dos Patos: registros históricos e forçantes ambientais. *Atlântica*. 20p.

Cai, W.; Borlace, S.; Lengaigne, M.; Rensch, P.V.; Vecchi, G.; Timmermann, A.; Santoso, A.; McPhaden, M.J.; Wu, L.; England, M.H.; Wang, G.; Guilyardi, E. & Jin, F.F. (2014). Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change* 4: 111-116.

Castello, J.P.; Möller, O.O. (1978). On the relationship between rainfall and shrimp production in the estuary of the Patos Lagoon (Rio Grande do Sul, Brazil). *Atlântica* 3:67-74.

Ciotti A.M.; Odebrecht C.; Fillmann, G. & Möller, O.O. (1995). Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on the phytoplankton biomass in the southern Brazilian continental shelf. *Continental Shelf Research* 15(14):1737-1756.

Claudino, M.C.; Abreu, P.C.; Garcia, A.M. 2013. Stable isotopes reveal temporal and between-habitat changes in trophic pathways in a southwestern Atlantic estuary. *Marine Ecology Progress Series* (Halstenbek), 489: 29-42.

Colling, L.A.; Bemvenuti, C.E. & Gandra, M.S. (2007). Seasonal variability on the structure of sublittoral macrozoobenthic association in the Patos Lagoon estuary, Southern Brazil. *Iheringia. Série Zoologia* 97:1-6.

Copertino, M.S. & Seeliger, U. (2010). Hábitats de *Ruppia marítima* e de macroalgas. Em: Seeliger, U. & Odebrecht, C. (eds.). *O estuário da Lagoa dos Patos: Um Século de Transformações*. Rio Grande: Editora FURG.

Dias, R.A.; Mauricio, G.N.; Bugoni, L. (2017). Birds of the Patos Lagoon Estuary and adjacent coastal waters, southern Brazil: species assemblages and conservation implications. *Marine Biology Research* (Print), v. 13, p. 108-120.

Duarte, C.M.; Conley, D.J.; Carstensen, J. & Sánchez-Camacho, M. (2009). Return to Neverland: shifting baselines affect eutrophication restoration targets. *Estuaries and Coasts* 32:29-36.

Dumont, L.F.C., & D'Incao, F. (2010). Biometric relationships of the Argentinean prawn *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeidae) in the south-western Atlantic. *Marine Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United*

Kingdom, 90(7), 1385.

Garcia, A.M.; Claudino, M.; Mont'alverne, R.; Pereyra, P; Copertino, M.S.; Vieira, J.P. (2016). Temporal variability (2010-2014) in food assimilation of basal food sources by an omnivorous fish at Patos Lagoon Estuary revealed by stable isotopes. *Marine Biology Research*, v. 13, p. 98-107.

Garcia, A.M.; Raseira, M.B.; Vieira, J.P.; Winemiller, K.O. & Grimm, A.M. (2003b). Spatiotemporal variation in shallowwater freshwater fish distribution and abundance in a large subtropical coastal lagoon. *Environm. Biol. Fishes* 68: 215-228.

Garcia, A.M. & Vieira, J.P. (2001). O Aumento da diversidade de peixes no estuário da Lagoa dos Patos durante o episódio El-Niño 1997-1998. *Atlântica* 23:85-96.

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* 59:1218-1238.

Garcia, A.M.; Vieira, J.P. & Winemiller, K.O. (2003a). 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* 57:489-500.

Garcia, A.M.; Vieira, J.P.; Winemiller, K.O. & Grimm, A.M. (2004). Comparison of 1982 1983 and 1997 1998 El Niño effects on the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil). *Estuaries* 27:905-914.

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. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 461:121-135.

Grimm, A. M.; Barros, V. R. & Doyle, M. E. (2000). Climate variability in Southern America associated with El-Niño and La Niña events. *Journal of Climate* 13 (1): 35-58.

Haimovici, M. & Cardoso, L.G. (2017) Long-term changes in the fisheries in the Patos Lagoon estuary and adjacent coastal waters in Southern Brazil *Mar. Biol. Res.* 13(1), 135-150.

Haimovici, M.; Cardoso, L.G. (2016). Long-term changes in the fisheries in the Patos Lagoon estuary and adjacent coastal waters in Southern Brazil. *Marine Biology Research (Online)*, v. 13, p. 135-150.

Haimovici, M.; Vasconcellos, M.; Kalikoski, D.C.; Abdalah, P.; Castello, J.P. & Hellebrandt, D. (2006). Diagnóstico da pesca no litoral do Rio Grande do Sul Em: Isaac, V.J., Martins, A.S., Haimovici, M. & Andriquetto, J.M. (eds). Projeto RECOS: Uso e apropriação dos recursos costeiros. Grupo Temático: Modelo Gerencial da pesca. A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais. UFPA, Belém, PA.

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.

Haylock, M.R.T.; Peterson, C.; Alves, L.; Ambrizzi, T.; Anunciação, Y.M.T.; Baez, J.; Barros, V.R.; Berlato, M.A.; Bidegain, M.; Coronel, G.; Corradi, V.; Garcia, V.J.; Grimm, A.M.; Karoly, D.; Marengo, J.A.; Marino, M.; Moncunill, D.; Nechet, D.; Quintana, L.; Rebello, E.; Rusticucci, M.; Santos, J.L.; Trebejo, I. & Vincent, L.A. (2006). Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. *J. Climate* 19: 1490-1512.

Lanari, M., & Copertino, M. (2017). Drift macroalgae in the Patos Lagoon Estuary (southern Brazil): effects of climate, hydrology and wind action on the onset and magnitude of blooms. *Marine Biology Research*, 13(1), 36-47.

Möller, O.O.; Paim, P.S. & Soares, I.D. (1991). Facteurs et mécanismes de la circulation des eaux dans l'estuaire de La lagune dos Patos. *Bulletin Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine* 49:15-21.

Möller, O.O. & Castaing, P. (1999). Hydrographical characteristics of the estuarine area of Patos Lagoon. Em: Perillo, G; Picollo, C & Pino, M (eds). *Estuaries of South America: their geomorphology and dynamics*. Springer Verlag, Berlin.

Möller, 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.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* 24: 275-289.

Möller, O.O. & Fernandes, E. (2010). Hidrologia e hidrodinâmica. Em: Seeliger, U. & Odebrecht, C. (eds.). *O Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações*. Editora da FURG.

Muelbert, J.H., Muxagata, E., & Kaminski, S.M. (2010). As comunidades zooplanctônicas. In U. Seeliger & C. Odebrecht (Eds.), *O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações* (1a, pp. 67-75). Editora da FURG.

Niencheski, L.F.H. & Baumgarten, M.G.Z. (2007). Water quality in Mangueira Bay: Anthropic and Natural Contamination. *Journal of Coastal Research* 47:56-62.

Niencheski, L.F.H.; Baumgarten, M.G.Z.; Cabrera, L.; Juliano, S.K. (2006). Patos Lagoon: indicators of organic pollution. *Journal of Coastal Research*, v. SI 39, p. 1357-1359.

Odebrecht, C.; Abreu, P.C.; Fujita, C. & Bergesch, B. (2005). The impact of mud deposition on the long term variability of the surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round. *Journal of Coastal Research* 35:493-498.

Odebrecht, C.; Bergesch, M.; Rörig, L.R. & Abreu, P.C. (2010). Phytoplankton Interannual Variability at Cassino Beach, Southern Brazil (1992-2007) with emphasis on the surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis*. *Estuaries and Coasts* 33:570-583.

Odebrecht, C.; Abreu, P.C. & Carstensen, J. (2015). Retention time generates short-term phytoplankton blooms in a shallow microtidal subtropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 162:35-44.

Orth, R.J., & Moore, K.A. (1983). Seed germination and seedling growth of *Zostera marina* L. (eelgrass) in the Chesapeake Bay. *Aquatic Botany*, 15(2), 117-131.

Oliveira, H.; Fernandes, E.; Möller, O.; Collares, G. (2015). Processos Hidrológicos e Hidrodinâmicos da Lagoa Mirim. *Revista Brasileira De Recursos Hídricos*, v. 20, p. 34-45.

Rosa, L.C. & Bemvenuti, C.E. (2006). Temporal variability of the estuarine macrofauna of the Patos Lagoon. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, Chile, 41(1).

Rosa, L.C. & Bemvenuti, C.E. (2007). Seria a macrofauna bentônica de fundos não consolidados influenciada pelo aumento na complexidade estrutural do hábitat? O caso do estuário da Lagoa dos Patos. *Brazilian*

Journal of Aquatic Science and Technology 11: 51-56.

Secchi, E.R., Botta, S., Wiegand, M.M., Lopez, L.A., Fruet, P.F., Genoves, R.C., & Di Tullio, J.C. (2017). 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*, 13(1), 121-134.

Seeliger, U. & Odebrecht, C (2010). O Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações. Rio Grande: FURG.

Timmermann, A.; Latif, M.; Bacher, A.; Oberhuber, J.M. & Roeckner, E. (1999). Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature* 398, 694.6.

Timmermann, A.; Timm, O.; Stott, L. & Menviel, L. (2009). The roles of CO<sub>2</sub> and orbital forcing in driving southern hemispheric temperature variations during the last 21,000 years. *J. Climate* 22, 1626-1640.

Troina, G.C.; Botta, S.; Secchi E.R.; Dehairs, F. (2016). Ontogenetic and sexual characterization of the feeding habits of franciscanas, based on tooth dentin carbon and nitrogen stable isotopes. *Marine Mammal Science*. 32(3), 1115-1137.

Vasconcellos, M. & Haimovici, M. (2006). Status of white croaker *Micropogonias furnieri* exploited in southern Brazil according to alternative of stock discreteness. *Fisheries Research* 80: 196 - 202.

Vieira, J.P. (1991). Juvenile Mulletts (Pisces: Mugilidae) In The Estuary of Lagoa dos Patos, RS - Brazil. *COPEIA, USA*, v. 2, p. 409-418.

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*, v. 51, p. 433-440.

Vieira, J.P.; Vasconcellos, M.C.; Silva, R.E. & Fisher, L.C. (1996). A rejeição da pesca camarão-rosa (*Penaeus paulensis*) no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Atlântica* 18: 123-142

Weiss, G. (1981). Ictioplankton del Estuario de Lagoa dos Patos, Brazil. Argentina. PhD Thesis. Universidade Nacional de la Plata.

Zarzur, S. (2007). Regeneração bêmica de nutrientes e produção primária no estuário da Lagoa dos Patos Tese de Doutorado (Programa de Oceanografia Física, Química e Geológica). FURG, Rio Grande.



, 31, de maio de 2021.

## RELATÓRIO TÉCNICO DE BOLSISTA

**Orientador:** Eduardo Resende Secchi

**Bolsista:** Christian Florian Göbel

**Projeto:** ESTUDOS DE LONGA DURAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE

IMPACTOS NATURAIS E ANTRÓPICOS NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS E COSTA MARINHA ADJACENTE (ELPA)

**Modalidade:** DTI-II

1. Atividades desenvolvidas

Responsável pelo Banco de Dados Abiótico do projeto, o bolsista ingressou na equipe em 01 de julho de 2019 com objetivo de atuar no tratamento e padronização de dados abióticos gerados pelo PELD-ELPA.

## 2. Resultados Alcançados

Neste processo houve um aprendizado na área da tecnologia da informação, como configurações de portas de acesso, firewall, conexões remotas, instalação de certificados de segurança, e boas práticas para garantir a integridade do sistema. Infelizmente até se chegar no conhecimento e configurações atuais, o servidor do IO apresentou indicativos de uma possível ameaça de invasão e por este motivo foi reinicializado. Sendo necessária, mais uma vez, a restauração do BD e softwares para a aplicação Web. As informações de configuração e boa prática estará relatado no material final que será depositado no sítio do site do projeto na área de uso restrito pelos pesquisadores.

As etapas e atividades desenvolvidas relacionadas ao desenvolvimento do BD estão pontuadas a seguir:

- Reunião/separação dos dados dos parâmetros físicos disponibilizados no formato de planilhas no padrão 'Darwin Core' de cada laboratório para o formato .csv a ser importado.
  - » Estes arquivos .csv estarão disponíveis para download na área de uso restrito do site do PELD em um arquivo compactado com o arquivo de cada laboratório.
- Modelagem conceitual e lógica do BD a partir da compreensão do conjunto de dados reunidos; (**Anexo 1**)
- Implementação física do BD em PostgreSQL/PostGIS.
  - » Rotina de construção do BD '00\_SQL\_pgmodeler.sql' disponibilizada também na área de uso restrito do site do projeto.
- Elaboração de rotinas para importação dos dados e verificação de sua integridade;
  - » Rotinas de 01-09, mais rotinas de tabelas de visão e definição da geometria espacial de cada ponto, também disponibilizadas na página do projeto.
- Réplica das etapas anteriores no servidor CentOS 7, disponibilizado para hospedagem do BD do projeto. Incluindo instalação e configurações de serviços: web server, map server e aplicações web para interface gráfica de visualização de dados.
- Em seguida, foram necessárias a instalação de certificados de segurança HTTPS para permitir o acesso a partir da página do projeto.
- Instalação de uma etapa de autenticação para acesso aos dados via download da página.
  - » É possível listar os e-mails (conta do google) com permissão ao acesso ou, logar utilizando usuário e senha específico.
- Desenvolvimento (contínuo) da interface para consulta e disponibilização dos dados. Implementada em linguagem R através do pacote Shiny. O domínio da página está em <https://peld-bd.furg.br> porém acessível através da área de uso restrito no site do projeto: <https://peld.furg.br/uso-restrito/bd-abioticos-teste>.
  - » Implementação da visualização dos dados em tabela para filtragem;
  - » Implementação de um mapa para visualização da localização dos pontos e seleção;
  - » Implementação de uma botão para download dos dados;
  - » Implementação de autenticação para acesso aos dados;
  - » Implementação de uma barra para seleção do intervalo temporal;
  - » Inserção dos dados da ilha até o presente;

Além das atividades dentro dos objetivos especificados no edital de seleção, o bolsista também cumpriu com outras atividades à ele atribuída

como pesquisa e compra de material computacional para o Projeto, instalação e configuração destas máquinas. O bolsista também interagiu e auxiliou os demais bolsista que integram o projeto, quando solicitado, como auxílio na elaboração de material de divulgação científica e mapas.

Recentemente em conversa com o Professor Osmar, foi disponibilizados dados dos cruzeiros de 1975-1978, os quais serão inseridos ao BD. Além destes, o Osmar irá disponibilizar dados de outros cruzeiros que abrangem os anos de 1979-1985, 1987-1988 e dados de fundei de 1992;

A maior dificuldade encontrada foi com relação ao uso e configuração do servidor. Esta etapa que teve de setup do ambiente computacional teve que ser repetida algumas vez, primeiramente de maneira local, em seguida utilizando máquina virtuais pelo Google Cloud Plataform e finalmente no servido do IO, quando este foi disponibilizado para o bolsista. Por mais que se tenha familiaridade e conhecimento das etapas a seguir, sempre há particularidades e algumas diferenças entre os diferentes sistemas operacionais (Ubuntu/CentOS7), além da diferença de atualização das versões de cada software.

O segundo objetivo descrito no edital de seleção referente ao tratamento dos dados e sua análise não foi desenvolvido até o momento. Pela diversidade de laboratórios envolvidos, faltou um direcionamento neste sentido de ter uma maior clareza quais produtos se almeja alcançar a partir da série temporal dos dados. Isto foi conversado na reunião com o comitê gestor em julho e será desenvolvido até o final do período de vigência da bolsa em setembro.

**ANEXO 1: Modelo conceitual e lógico do BD.**

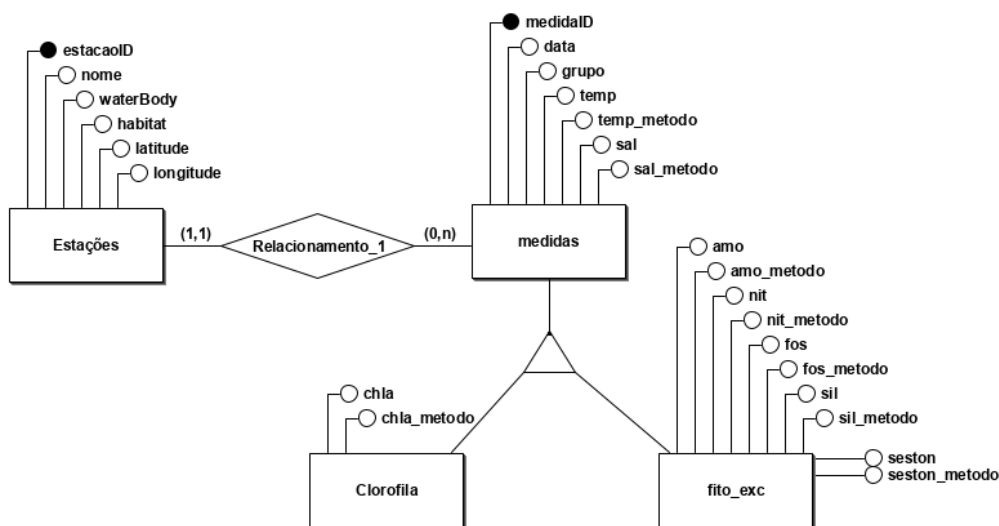


Figure 1: primeiro modelo conceitual.

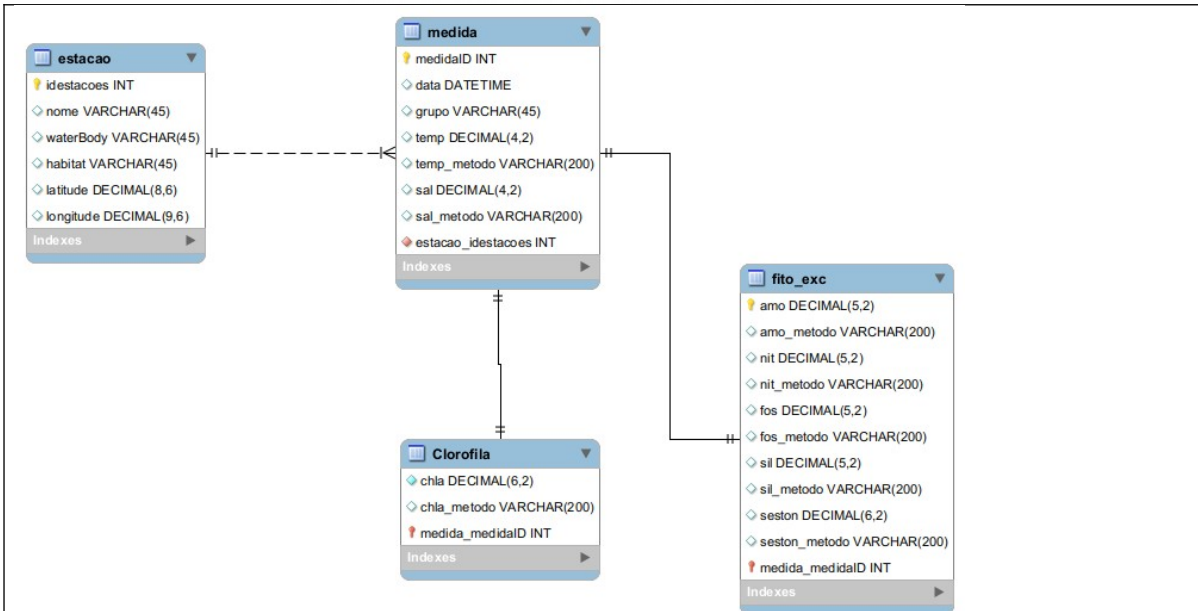


Figure 2: Modelo lógico baseado no primeiro modelo conceitual.

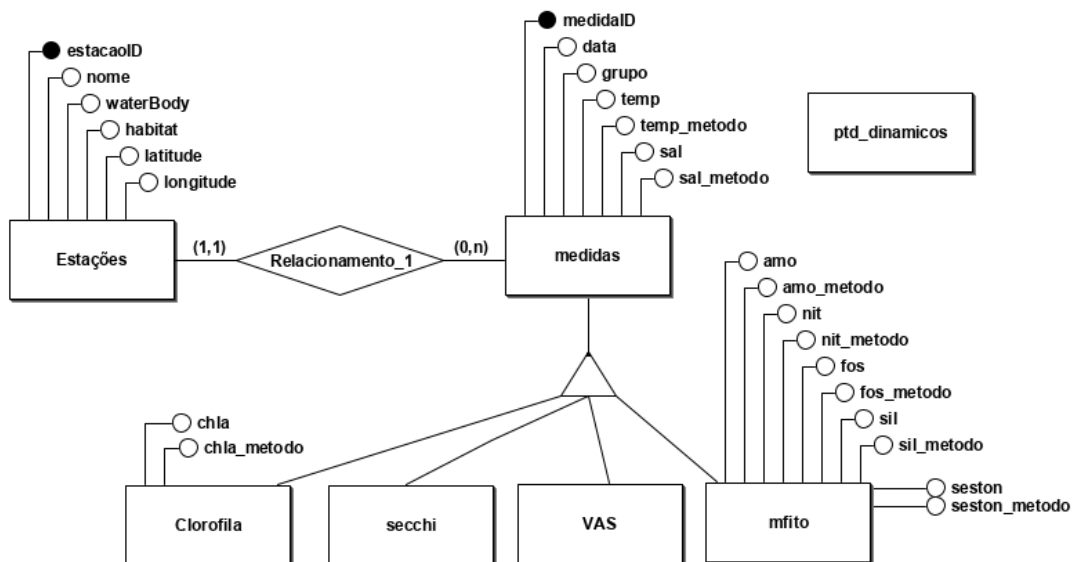


Figure 3: Modelo conceitual do BD final. A atualização consistiu em uma entidade separada para disco de secchi coletada por alguns laboratório porém não por todos, assim como a Clorofila. Os dados de vegetação foram importados em uma entidade separada, devido a divergência dos pontos de coleta, sendo feita posteriormente um ponto médio de coleta.

**ANEXO 2:** Etapas de configuração adotadas no servidor CentOS 7. Documento “Setting Server IO.docx” (site do PELD)

Setting new instance on GCP - CentOS 7

Primeiro configurar bash para autocompletar comandos:

```
yum install bash-completion
. /etc/profile.d/bash_completion.sh
```

Pra facilitar instalei os seguintes programas no CentOS 7:

```
sudo yum install mlocate
sudo updatedb
yum install nano
```

PostgreSQL:

<https://computingforgeeks.com/how-to-install-postgresql-12-on-centos-7/>

Aproveitar e ao final do tutorial seguir com a instalação do pgAdmin4. Acha que o erro que dava ao restaurar de uma versão de backup do meu computador era por conta da versão do postgres. Acontece que era em parge. Mas principalmente que o pgadmin3 ficou obsoleto e não acompanhou algumas mudanças de sintaxe de algumas funções após o psql 10+ (no nosso caso o 12). Então a recomendação é usar o pgadmin4.

Pode usar do próprio computador, mas facilita tê-lo instalado também no servidor por pode-se fazer a manutenção de qqr computador mesmo que não tenha postgres instalado no pc.

DEPOIS --> PgAdmin4?

<https://computingforgeeks.com/how-to-install-pgadmin-on-centos-fedora/>

Em seguida, o PostGIS:

<https://computingforgeeks.com/how-to-install-postgis-on-centos-7/>

E criando um template com a extensão habilitada:

<https://docs.bitnami.com/aws/infrastructure/postgresql/configuration/create-postgis-template/>

BD vou importar de algum backup, terão msg de erros. Refazer mais tarde a importação dos dados do 0

Interface gráfica caso precise. ATENÇÃO, instalar somente o Xfce e não o groupinstall "Server with Gui":

<https://www.rootusers.com/how-to-install-xfce-gui-in-centos-7-linux/>

Reiniciar para funcionar

----

Instalando R Shiny no servidor:

<https://dzone.com/articles/install-r-shiny-server-on-centos-7>

Depois de instalar, copiar a pasta do aplicativo desenvolvido para a pasta default:

"For example, suppose you have a directory for an application called 'myApp.' This directory should be stored in the default directory of shiny server like/srv/shiny-server/myApp. Now you can access your application on http://YourServerIP:3838/myApp. HTML files also can be placed in this directory and you can access them from Shiny Server."

Eu não consegui colocando apenas na pasta /home/username/ShinyApps/myApp

(http://YourserverIP:3838/YourLinuxUsername/myApp). Então eu cirei um symbolic link em /srv/shiny-server:

```
>> ln -s /home/christ1an/ShinyApps/peldApp /srv/shiny-server/peldApp
```

O app estará disponível no http://YourserverIP:3838/myApp

---

*Retomando as configurações do servidor, antes de mexer na autenticação.*

Até aquitudo certo. Tentei retomar as configurações que estavam funcionando no servidor antes de mexer nas configurações para autenticação. O nginx não funcionava. Consegui apenas desinstalando, apagando a pasta de configuração (/etc/nginx).

Instalando web service Nginx (egine-X):

<https://phoenixnap.com/kb/how-to-install-nginx-on-centos-7>

O domínio já peld-bd.furg.br já está configurado pelo NTI, portanto o próximo passo é configurar o nginx para redirecionar para a porta local 3838 (shiny-server), chamado proxy redirecting. Ademais instalar certificado https.

### **SSL/TSL**

Consegui inicialmente instalando uma certificação TSL, com uma uma certificação própria usando o openssl:

<https://www.howtoforge.com/tips-and-tricks-to-secure-your-nginx-web-server/#secure-nginx-with-tls>

Certificado apenas nível B e provavelmente por isso não consigo embeber (iframe) no site da FURG. Portanto segui outro tutorial utilizando Letencrypt: Consegui certificado A+ porém continua não carregando dentro da página. Mandei e-mail para o Bernardo do NTI para ver se ele pode me ajudar.

Criar um crontab para renovação automática do certificado:

<https://linuxize.com/post/secure-nginx-with-let-s-encrypt-on-centos-7/>

### **3.Caracterização da Pesquisa como Pesquisa Científica, Tecnológica e/ou Inovação**

A atividade do bolsista foi essencial para a integração dos dados abióticos coletados pelos diferentes laboratórios que integram o PELD. Independente da periodicidade das coletas os dados estão reunidos em um sítio comum, um banco de dados (BD) geoespacial, integrado a uma interface web que permite a consulta e recuperação da série temporal dos parâmetros físicos por qualquer pesquisador e de qualquer ponto de coleta.

As atividades do bolsista se concentraram na reunião, tratamento e disponibilização dos dados, exclusivamente abióticos, em um banco de dados. A tarefa envolve uma série de etapas e vai além do conhecimento e experiência com banco de dados. Além do tratamento e modelagem dos dados, a configuração e implementação de um servidor com acesso remoto se faz necessário. Está etapa de ajuste das configurações foi a mais trabalhosa. Primeiramente a modelagem conceitual e escrita das rotinas para importação e harmonização dos dados dentro do BD foi desenvolvida em máquina local. Após, o sistema desenvolvido foi implementado e testado utilizando-se uma Virtual Machine da plataforma google, para aprendizado e testagem por parte do bolsista. Após a mesma estrutura foi implementada no servidor do IO com sistema operacional CentOS 7.

### **4. Produção científica, tecnológica (descrever patentes, produtos ou processos desenvolvidos ou artigos publicados)**

<https://peld-bd.furg.br>

## 5. Parecer do Orientador sobre o desempenho do bolsista

O programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) no Estuário da Lagoa dos Patos e Costa Adjacente (Sítio 8, ELPA), está em andamento desde o ano de 1998, quando foi aprovado o primeiro Edital lançado pelo CNPq. Atualmente contamos com 20 anos de coletas ininterruptas de parâmetros abióticos e biológicos neste ecossistema costeiro, que incluem organismos planctônicos (fito, zoo e ictioplâncton), bentônicos (macrofauna e vegetação aquática submersa), peixes, crustáceos, mamíferos marinhos e aves. Além da avaliação das interações tróficas, aspectos ambientais físicos e químicos, bem como modelagem numérica.

Inicialmente todos os elementos de despesas do projeto eram financiados pelo CNPq. Porém, a partir de 2012, conta com a colaboração da FAPERGS, com o financiamento de bolsas DTI para auxílio no desenvolvimento do projeto. O contrato com a FAPERGS foi assinado em 31/10/2017, com os primeiros repasses acontecendo em 16/11/2017. O apoio de bolsistas DTI é fundamental para o andamento do projeto, tendo em vista a necessidade de trabalhos continuados com coletas ininterruptas ao longo do tempo. Este é um aspecto muito importante e que diferencia o PELD de outros programas de pesquisa em vigência no País.

Ressalta-se que as atividades dos bolsistas são essenciais para o sucesso do projeto, sem as quais o cumprimento de todos os objetivos seria improvável, tendo em vista o grande número de atividades em andamento, incluindo as coletas quinzenais e mensais no estuário e costa adjacente, trabalhos em laboratório com análises de amostras, calibração de equipamentos, elaboração de planilhas, compilação de resultados e disponibilização dos dados do programa em plataformas digitais nacionais e internacionais. Os bolsistas ainda auxiliam na organização de seminários e na preparação de relatórios e prestação de contas perante as agências financiadoras.

O bolsista Dr. Christian Florian Göbel foi fundamental para organizar o banco de dados bióticos e abióticos do PELD-ELPA. Um banco de dados organizado facilita o pronto acesso para produção científica. Detalhes deste trabalho estão descritos abaixo.

## RELATÓRIO TÉCNICO DE BOLSISTA

**Orientador:** Eduardo Resende Secchi

**Bolsista:** Gisele Costa Fredo

**Projeto:** ESTUDOS DE LONGA DURAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NATURAIS E ANTRÓPICOS NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS E COSTA MARINHA ADJACENTE (ELPA)

**Modalidade:** DTI-II

### 1. Atividades desenvolvidas

Responsável pelas atividades de Divulgação Científica/Extensão do PELD-ELPA, ingressou na equipe em 01 de julho de 2019.

### 2. Resultados Alcançados

De acordo com o Plano de Trabalho submetido à inscrição para a vaga, durante o primeiro mês de trabalho realizou visitas aos laboratórios que fazem parte do projeto e conversas com alguns pesquisadores e pesquisadoras envolvidas. Estas visitas tiveram o objetivo de conhecimento, compreensão e apropriação dos temas e das pesquisas desenvolvidas no âmbito do PELD-ELPA, para, a partir daí, começar a realização das próximas atividades. Tais visitas e conversas continuam ocorrendo de acordo com a necessidade e com as atividades previstas.

### 3. Caracterização da Pesquisa como Pesquisa Científica, Tecnológica e/ou Inovação

Abaixo segue a descrição das atividades realizadas entre dezembro de 2019 e julho de 2020:

- **Acesso às imagens:** Realizada de forma contínua, sempre que existe demanda, há a solicitação de imagens aos pesquisadores e pesquisadoras. Destaca-se aqui a solicitação de imagens para suprir uma demanda do CNPq à elaboração da série de vídeos dos sítios PELD, lançada em 22 de maio de 2020 - Dia Internacional da Biodiversidade.

Para facilitar a transferência de imagens, o colega Manuel Macedo de Souza criou pastas compartilhadas via web, para que cada laboratório disponibilize as suas imagens diretamente através delas.

- **Logomarca PELD-ELPA:** juntamente com o colega Manuel, iniciou o processo interno junto ao Comitê Gestor (CG) para a criação de uma nova identidade visual para o sítio PELD-ELPA. Em novembro de 2019, por indicação dos colegas do Projeto Botos da Lagoa dos Patos, o profissional Fabio Piucco (POA) foi contratado para tal função. Após as primeiras conversas para ajustes e compreensão da idéia, ainda junto com Manuel, a bolsista assumiu a mediação do processo entre Fabio e o CG. Assim, em janeiro de 2020 foi entregue ao PELD-ELPA a nova logomarca (Figura 1), o Manual de Identidade Visual (MIV), peças para uso de capa para a fanpage do Facebook, templates para banners e apresentação de slides.

**Figura 1:** Nova logomarca PELD-ELPA.



- **Redes sociais:** Contínuo (Desde 01/08/19).

Atualmente responsável pela elaboração e publicação de quase todas as postagens das redes sociais do PELD-ELPA (Fan-page no Facebook e página no Instagram), ainda buscando sempre apresentar e explicar para o público em geral o contexto das pesquisas realizadas pelo PELD-ELPA, o ambiente do ELPA e sua importância, trabalhos e artigos, bem como divulgar outras iniciativas relevantes na atualidade.

Hoje as redes sociais do PELD-ELPA têm mais de 100 postagens na linha do tempo (de autoria da bolsista), contando com mais de 700 seguidores no Facebook, e mais de 400 no Instagram.

Também já promoveu três “**promoshare**”, que são promoções com a realização de sorteio de brindes para quem participar (cumprindo as regras solicitadas), com o intuito de aumentar o engajamento do público que acompanha nosso trabalho nas redes sociais, de aumentar os números de seguidores para ter um alcance maior, como também o de presentear estas pessoas.

Durante as duas primeiras semanas de junho, organizou postagens na linha do tempo e a publicação de “stories” nas duas redes do PELD-ELPA em alusão ao Dia Internacional do Meio Ambiente (05/06) e Dia Mundial dos Oceanos e das Oceanólogas(os) e Oceanógrafas(os) (08/06). Assim, compôs as Semanas do Meio Ambiente (SMA) e dos Oceanos (SO) com postagens diárias ressaltando a história e os objetivos da criação destas datas e, principalmente, a importância do papel fundamental do ambiente e dos oceanos para o nosso planeta. Também divulgando ações e movimentos virtuais de outros grupos e redes com propósitos e valores que dialogam com os do PELD-ELPA, imagens dos ambientes naturais e paisagens do ELPA, frases dos pesquisadores sobre a importância dos Oceanos.

- **Elaboração de Banner:** Com objetivo de compor o espaço do nosso estande durante a Feira do Livro 2020, e seguir em uso em outras atividades com público, foi elaborado e impresso um banner com a nova logo do PELD-ELPA.
- **Auxílio à produtora L32 Filmes (produção websérie PELD-ELPA):** Início da captação de imagens em outubro de 2019.

Toda a mediação de informações entre a L32 e a equipe do PELD-ELPA, além de repasses de informações gerais sobre o projeto estão sob responsabilidade da bolsista.

**10 de janeiro 2020:** Realização de reunião com equipe da L32 (Pablo Bech, Karla Lobato, Lucinei Silva) para definição de prazos e encaminhamentos das filmagens. Neste momento decidiu-se que o primeiro vídeo-teaser do PELD-ELPA seria lançado durante a Feira do Livro da FURG, juntamente com a primeira versão do Aplicativo PELD-ELPA (sob responsabilidade da L32). A L32 Filmes informou que a captação de imagens de saídas de campo seria realizada até final de fevereiro, e na sequência seriam feitas reuniões entre sua equipe cada laboratório. Pablo Bech também informou que a previsão de entrega de todos os vídeos era para julho (o que não aconteceu devido à pandemia).

**03 de fevereiro:** Gravação em estúdio. Áudio com a narração do vídeo teaser do PELD-ELPA, lançado no dia 07/02/2020. Roteiro escrito por Karla Lobato (L32), com revisão de Gisele e Eduardo Secchi.

- **Participação em eventos:** Com objetivo de apresentar o PELD-ELPA para os turistas e veranistas da Praia do Cassino, Rio Grande/RS, o projeto participou da **47ª Feira do Livro da FURG (29 de janeiro a 09 de fevereiro)**, se fazendo presente com um estande.

Para que o PELD-ELPA conquistasse o espaço de um estande no evento, ainda em 2019, por iniciativa da bolsista Gisele, foram realizadas duas reuniões presenciais com a Diretora de Arte e Cultura (DAC FURG) Débora Amaral, uma das responsáveis pelo evento na Universidade. Seguidas por trocas de emails para ajuste de detalhes, no fim do mesmo ano foi confirmado o espaço para um estande e sua localização. Além do

espaço, o DAC também disponibilizou um bolsista do quadro da Feira do Livro para ficar trabalhando no nosso estande durante o evento.

**Logística para organização do estande (2019):** Após esta confirmação, foi enviado por email aos laboratórios e grupos integrantes do PELD-ELPA um convite para quem tivesse interesse em participar, o objetivo deste estande e que tipo de material seria interessante para este espaço. Além disso, também foi exposta a necessidade de voluntários dos laboratórios para compor uma equipe de atendimento ao público.

Retornaram com resposta positiva os Laboratórios de Zooplâncton, Ecologia de Ictioplâncton (LEI), Ecologia e Conservação da Megafauna Marinha (ECOMEGA), Ictiologia, Ecologia da Vegetação Costeira (ECOVECO), Bentologia (Bentos) e o grupo do Lixo Marinho. Dos quatro últimos não houve nenhum voluntário para atendimento ao público, sendo que o Lab.ECOVECO também acabou não participando da exposição final, após a sequência da organização.

Já em **2020**, houve duas reuniões com o pessoal dos laboratórios (além de outras entre os quatro bolsistas PELD-ELPA):

**08/01 - Apresentação de ideias do grupo para definição do espaço e exposição:** Estiveram presentes André Colling, Valéria Lemos, Laura Nerva e a bolsista Gisele. Os presentes decidiram sobre seus materiais para exposição e Gisele informou sua idéia de criar etiquetas-padrão de identificação para todo o material exposto; André Colling sugeriu a exposição da lupa eletrônica e se responsabilizou por verificar tal possibilidade.

**27/01 - Conversa com Voluntários:** Estiveram presentes Laura Nerva, Camila Carvalho e Maria de Los Angeles (ECOMEGA); Isabelle Golçalves (LEI); Letícia Baldoni, Marcelo Aguiar, Ivna Vasconcelos e Renato Nagata (Lab. Zoo); Valéria Lemos e Gisele (bolsistas PELD-ELPA).

Nesta conversa foi apresentado o contexto geral do PELD-ELPA, horários, logística do evento, dúvidas, dicas de mediação com o público, novas ideias, importância do livro de assinatura para os visitantes, etiquetas-padrão, data-show e computador para projeção de imagens e uso da lupa eletrônica, logística para o transporte do material (realizado no dia 29/01), necessidade de ajuda dos voluntários na montagem e desmontagem do estande, entre outros. A partir daí foi montada a escala de trabalho entre os voluntários e bolsistas PELD-ELPA, que trabalharam pelo menos dois dias do evento.

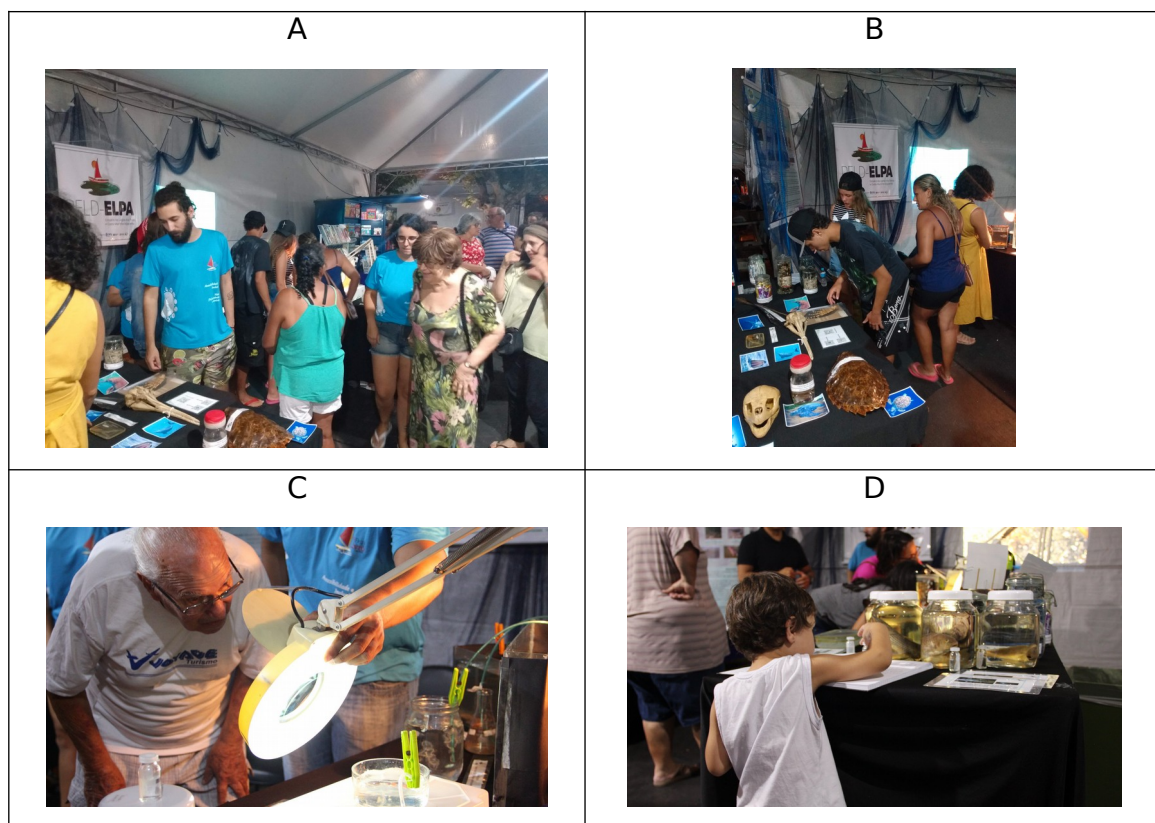
### **Evento: 29 de janeiro a 09 de fevereiro**

Na tarde do dia 29 de janeiro houve o transporte do material da FURG para o Cassino, e a montagem do estande com a presença dos bolsistas, dos voluntários e do prof. Renato Nagata.

O estande PELD-ELPA foi composto por aquários com organismos vivos do Lab. Zooplâncton, uma lente articulada para observação de amostras vivas, e durante os fins de semana, com a lupa eletrônica, que foi transportada, montada e manuseada pelos professores responsáveis Renato Nagata, André Colling e Maurício Camargo. Além disso, um modelo de praia

do Lab. Bentos; amostras de peixes (larvas e adultos) dos Labs de Ictiologia e Ictioplâncton, que organizaram amostras das mesmas espécies de conhecimento do público (devido ao seu valor comercial), juntamente com fichas de identificação das espécies com imagem da espécie viva e importantes informações das mesmas (estes exemplares foram doados ao PELD-ELPA, compondo as primeiras amostras para exposição do projeto). Além disso, exemplares da coleção do ECOMEGA, utilizada com o público nas atividades dos “Parceiros do Mar”, e amostras de resíduos sólidos coletados na Praia do Cassino, do “Lixo Marinho”. Para finalizar a composição do espaço, uma rede de pesca (Ictiologia) foi pendurada ao fundo, juntamente com o banner da nova logo, e mais um banner com informações gerais do PELD-ELPA (Figura 2).

**Figura 2:** Registros estande PELD-ELPA na Feira do Livro da FURG 2020.

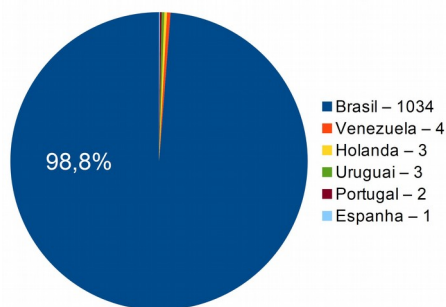


A) Atendimento ao público; B) Material ECOMEGA e Lixo Marinho; C) Observação de zooplâncton através da lente articulada; D) Observação dos peixes a suas respectivas larvas.

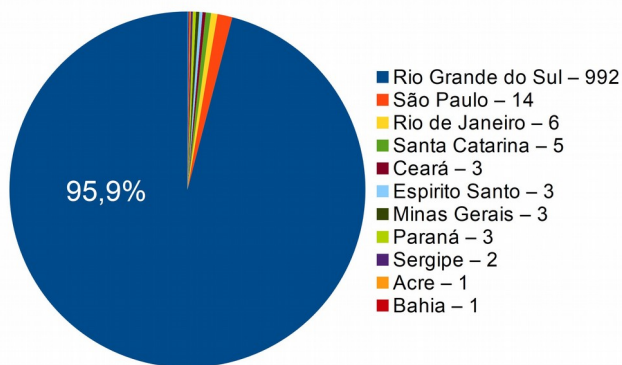
Durante todos os dias do evento houve uma grande circulação de pessoas no estande, principalmente entre quinta e domingo. Por isso, houve a necessidade de solicitar aos voluntários e bolsistas que trabalhassem mais do que o que foi previamente acordado, que retornaram com respostas positivas, possibilitando um melhor atendimento ao público ao longo da Feira.

Ao longo dos onze dias de Feira, foram registradas no “Livro de Visitantes” um **total de 1086** assinaturas de visitantes oriundos de diversos estados brasileiros, predominantemente do estado do RS (de 55 municípios diferentes), e também de outros países (Figura 3). Além deste registro, por meio da observação dos voluntários e bolsistas que atenderam ao público, acredita-se que pelo menos o dobro de pessoas visitou nosso estande.

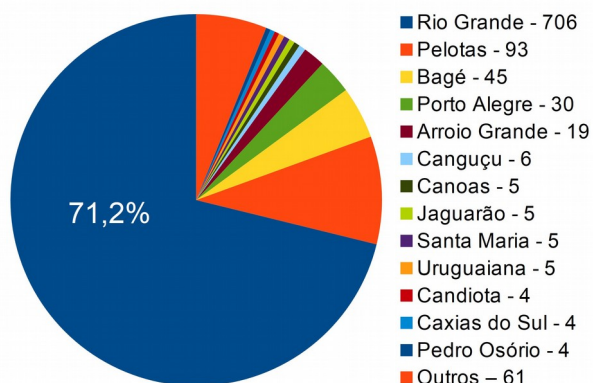
**Figura 3:** Gráficos que apresentam o registro dos visitantes do estande PELD-ELPA.



**Figura 3.1:** Total de visitantes – por país



**Figura 3.2:** Total de visitantes – por estados brasileiros



**Figura 3.3:** Total de visitantes – por municípios gaúchos.

No dia 07 de fevereiro, às 20h, como parte integrante da programação da Feira do Livro (Figura 4), no espaço PELD-ELPA houve o lançamento do Aplicativo e do primeiro vídeo (teaser) da websérie do projeto, disponível no canal do YouTube<sup>1</sup> do PELD-ELPA. Entre outras pessoas estiveram presentes nosso coordenador e pró-reitor da PROPESP Eduardo Secchi, professores/as Alexandre Garcia Renato Nagata, Maíra Proietti e Silvana Botta (Figura 5), a pesquisadora Marianna Lanari, a reitora da FURG - Cleuza Maria Sobral Dias (esteve no espaço antes do lançamento), a Assessora de Gabinete da SeCult Rio Grande - Goreti Butierres.

- **Atividade com público:** Estão todas suspensas e sem previsão de retorno devido à pandemia do coronavírus. São elas: **Visitas em Escolas; PELD no CCMar; PELD no Porto, Participação em eventos.**
- **Participação em eventos e atividades virtuais:**

**Marcha pela Ciência - 07 de maio:** Uma iniciativa da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), com o intuito de chamar a atenção para importante papel da ciência no Brasil, e de ressaltar as implicações sociais, econômicas e na saúde das pessoas no enfrentamento da pandemia de Covid-19, diversas entidades de todo o país que atuam em ciência, tecnologia e inovação, se uniram na realização de ações e manifestações que aconteceram nas redes sociais. Neste dia, o PELD-ELPA se juntou nesta Marcha, destacando os efeitos da pandemia nos estudos de longo prazo e na imprescindível frente de trabalho que a FURG está realizando.

**Figura 4:** Programação da 47ª Feira do Livro da FURG.

---

<sup>1</sup> Disponível em: [https://www.youtube.com/channel/UC-Oa9-s\\_Dqe8eJgnut6q7FQ](https://www.youtube.com/channel/UC-Oa9-s_Dqe8eJgnut6q7FQ)

**47ª Feira do Livro da FURG**

*Acessibilidade e Inclusão*

*Vidas, (Re)existências e histórias*

**29/01 a 09/02 2020**

Patrona: Daniela Delias

Praça Dídio Duhá - Balneário Cassino  
Rio Grande - RS

**Atividades Permanentes**

- Academia Riograndina de Letras
- Associação de colecionadores de Rio Grande
- Biblioteca Móvel - SMED
- BRIQUEDOTECA
- Centro de Educação Ambiental, Ciências e Matemática - CEAMECIM
- Centro de Convívio dos Meninos do Mar - Ccmar
- Centro de Atenção Integral à Criança e ao Adolescente - CAIC
- Espaço Usina das Artes:
  - 31/01 Encontro dos desenhistas da exposição "Rio Grande Desenhada, dos bairros e artistas", às 20h
  - 02/02 Encontro dos escritores de Pelotas, às 20h
  - 03/02 Oficina: Como publicar o seu livro, com Wagner Passos, às 20h
  - 04/02 Oficina: Oficina de fanzine e quadrinhos, com Wagner Passos, às 20h
- Gestão Ambiental da BR-116/392 - STE/DNIT
- Núcleo de Apoio Fiscal - NAF
- Núcleo de Estudos e Ações Inclusivas - NEAI
- Núcleo de Estudo e Pesquisa em Educação da Infância - NEPE
- Núcleo de Desenvolvimento Social e Econômico - NUDESE
- Poetas Papapeiras - oficinas de criação literária / concurso de poesias
- Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração - Estuário da Lagoa dos Pitos e Costa Marinha Adjacente) - Instituto de Oceanografia/FURG com lançamento do Aplicativo PELD-ELPA no dia 07 de fevereiro às 20h**
- Projeto de Extensão Tubarões de mochila
- Semente Olímpica
- Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial - SENAC
- Socializando a leitura: troca de livros
- Trupe Bugigang - Contos na Kombi: um passeio literário

Disponível em: <http://bit.ly/2u1gFw3>

**Figura 5:** Lançamento do Aplicativo PELD-ELPA com a presença de alguns pesquisadores.



**II Seminário Inter-Redes Costeiras e Marinhas - 28 de abril a 22 de maio:** Promovido pelo Programa Horizonte Oceânico Brasileiro (HOB), abordando as temáticas costeiras e marinhas que vêm sendo trabalhadas dentro dos times de pesquisa-ação do programa HOB. Esse é um programa executado pelo PainelMar (Painel Brasileiro para o Futuro do Oceano), composto por mais de 50 redes brasileiras que têm em sua pauta a busca por um ambiente costeiro e marinho mais fortalecido em nosso país. Participação e certificação individual da bolsista (Anexo I).

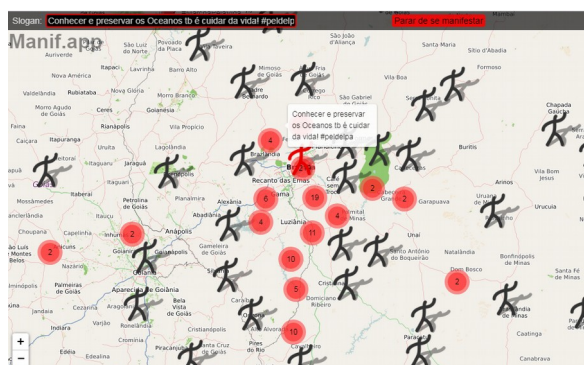
**Marcha pela Vida - 09 de junho:** Também uma iniciativa da SBPC, com objetivo de promover uma manifestação em prol da valorização da vida, no momento em que o Brasil vive uma grave crise sanitária, econômica, social e política. Nesta marcha, o PELD-ELPA participou através de um "avatar", criado para ser deslocado virtualmente para Brasília, com frases de

manifestação, sendo a nossa "Conhecer e preservar os Oceanos também é cuidar da vida. #peldelpa" (Figura 6).

**Apresentação PELD-ELPA para estudantes de Oceanologia - 25 de junho:** atividade agendada para o mês de março e reagendada por conta da pandemia, a apresentação do PELD-ELPA foi realizada para a turma de estudantes do primeiro ano do curso de Oceanologia/FURG. O prof. José Muelbert, integrante do projeto, ministra a disciplina de Introdução à Oceanografia para o curso, e desde o início do isolamento social, com a suspensão das aulas presenciais, vem mantendo conversas/bate-papos semanais com a turma, com o intuito de mantê-los envolvidos em atividades do curso. Assim a bolsista apresentou um panorama geral das pesquisas e outras atividades do projeto (Figura 7), enquanto Isabelle Gonçalves, estudante do curso e bolsista do PELD-ELPA do laboratório de Ictioplâncton, apresentou suas atividades.

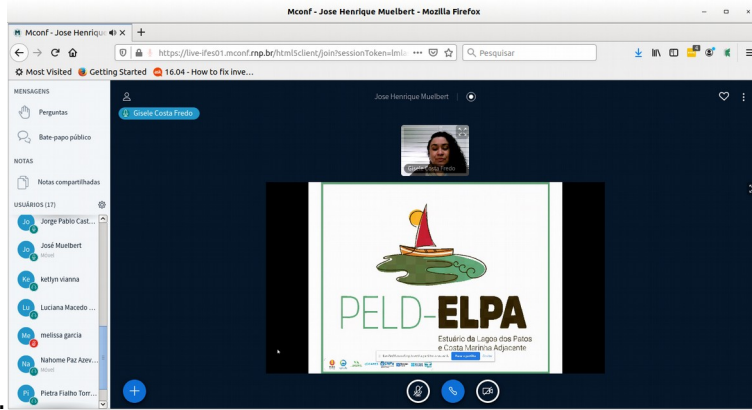
**I Webinário em Oceanografia Socioambiental: diálogos e envolvimento desde o sul global (I WebOS) - 03 a 27 de julho:** O evento se propôs a discutir na sua programação a importância dos aportes das ciências humanas e sociais e dos saberes não ocidentais das ciências do mar junto a grupos populares, povos e comunidades tradicionais, estudantes, pesquisadoras/es e profissionais das diversas áreas do saber, atuantes nas regiões litorâneas. O evento foi promovido pelo Programa de Pós-graduação em Agriculturas Amazônicas (PPGAA/UFPA) do Instituto Amazônico de Agriculturas Familiares (INEAF/UFPA) e pelo Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento (PPGMADE) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Participação e certificação individual da bolsista (certificado ainda não disponível).

**Figura 6:** Avatar PELD-ELPA na manifestação virtual em Brasília.



**Figura 7:** Apresentação do PELD-ELPA para turma do primeiro ano de

Oceanologia/FURG.



**ANEXO I** – Certificado de participação no II Seminário Inter-Redes Costeiras e Marinhas.



4. Produção científica, tecnológica (descrever patentes, produtos ou processos desenvolvidos ou artigos publicados)

5. Parecer do Orientador sobre o desempenho do bolsista

O programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) no Estuário da Lagoa dos Patos e Costa Adjacente (Sítio 8, ELPA), está em andamento desde o ano de 1998, quando foi aprovado o primeiro Edital lançado pelo CNPq. Atualmente contamos com 20 anos de coletas ininterruptas de parâmetros abióticos e biológicos neste ecossistema costeiro, que incluem organismos planctônicos (fito, zoo e ictioplâncton), bentônicos (macrofauna e vegetação

aquática submersa), peixes, crustáceos, mamíferos marinhos e aves. Além da avaliação das interações tróficas, aspectos ambientais físicos e químicos, bem como modelagem numérica.

Inicialmente todos os elementos de despesas do projeto eram financiados pelo CNPq. Porém, a partir de 2012, conta com a colaboração da FAPERGS, com o financiamento de bolsas DTI para auxílio no desenvolvimento do projeto. O contrato com a FAPERGS foi assinado em 31/10/2017, com os primeiros repasses acontecendo em 16/11/2017. O apoio de bolsistas DTI é fundamental para o andamento do projeto, tendo em vista a necessidade de trabalhos continuados com coletas ininterruptas ao longo do tempo. Este é um aspecto muito importante e que diferencia o PELD de outros programas de pesquisa em vigência no País.

Ressalta-se que as atividades dos bolsistas são essenciais para o sucesso do projeto, sem as quais o cumprimento de todos os objetivos seria improvável, tendo em vista o grande número de atividades em andamento, incluindo as coletas quinzenais e mensais no estuário e costa adjacente, trabalhos em laboratório com análises de amostras, calibração de equipamentos, elaboração de planilhas, compilação de resultados e disponibilização dos dados do programa em plataformas digitais nacionais e internacionais. Os bolsistas ainda auxiliam na organização de seminários e na preparação de relatórios e prestação de contas perante as agências financiadoras.

A bolsista MSc, Gisele Fredo abordou, de forma intensa, um aspecto bastante negligenciado na ciência brasileira; a comunicação para a sociedade não acadêmica. O trabalho da bolsista fez com que as atividades do PELD-ELPA fosse bastante disseminada nas mídias sociais e nas escolas locais. Detalhes deste trabalho estão descritos abaixo.

## RELATÓRIO TÉCNICO DE BOLSISTA

**Orientador:** Eduardo Resende Secchi

**Bolsista:** Manuel Cezar Macedo Barbosa Nogueira de Souza

**Projeto:** ESTUDOS DE LONGA DURAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NATURAIS E ANTRÓPICOS NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS E COSTA MARINHA ADJACENTE (ELPA)

**Modalidade:** DTI-II e DTI-I

### 1. Atividades desenvolvidas

Abaixo segue a lista de atividades realizadas pelo bolsista no período entre janeiro e novembro de 2020:

- Auxílio na obtenção de dados diários de temperatura e salinidade no Estuário da Lagoa dos Patos (dados coletados na Ilha dos Marinheiros, Rio Grande, RS);
- Auxílio nas coletas de parâmetros abióticos e material biológicos no estuário da Lagoa dos Patos e área costeira Adjacente;
- Elaboração, manutenção e/ou atualização de planilhas eletrônicas de dados do projeto;
- Disponibilização dos dados abióticos e bióticos coletados no portal [www.peld.furg.br](http://www.peld.furg.br) para acesso de todos os membros do grupo;
- Atualização de informações de todo o projeto no portal [www.peld.furg.br](http://www.peld.furg.br);
- Publicação na página do PELD-ELPA no facebook (<https://www.facebook.com/PELD-ELPA-1366344426805150/>) de artigos científicos e participação de membros do projeto em eventos nacionais e internacionais;
- Montagem, calibração e manutenção da Sonda Multiparâmetros (YSI Pro DSS) adquirida pelo projeto;
- Auxílio ao coordenador na organização dos gastos financeiros do projeto;
- Organização das reuniões mensais e anuais do grupo de pesquisadores.
- Auxílio na escrita da solicitação de extensão do prazo do projeto ao CNPq.
- Escrita de artigo de Divulgação Científica na revista Diário de Bordo do grupo Oceano à Vista (<https://oceanoavista.com.br/diario-de-bordo/>) pertencentes ao projeto.

## 2. Resultados Alcançados

Deu continuidade as coletas de dados bióticos e abióticos. Além de auxiliar na divulgação científica e na organização do projeto (financeiro, escrita de relatórios e integração dos pesquisadores).

## 3. Caracterização da Pesquisa como Pesquisa Científica, Tecnológica e/ou Inovação

## 4. Produção científica, tecnológica (descrever patentes, produtos ou processos desenvolvidos ou artigos publicados)

## 5. Parecer do Orientador sobre o desempenho do bolsista

O programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) no Estuário da Lagoa dos Patos e Costa Adjacente (Sítio 8, ELPA), está em andamento desde o ano de 1998, quando foi aprovado o primeiro Edital lançado pelo CNPq. Atualmente contamos com 20 anos de coletas ininterruptas de parâmetros abióticos e biológicos neste ecossistema costeiro, que incluem organismos planctônicos (fito, zoo e ictioplâncton), bentônicos (macrofauna e vegetação aquática submersa), peixes, crustáceos, mamíferos marinhos e aves. Além da avaliação das interações tróficas, aspectos ambientais físicos e químicos, bem como modelagem numérica.

Inicialmente todos os elementos de despesas do projeto eram financiados pelo CNPq. Porém, a partir de 2012, conta com a colaboração da FAPERGS, com o financiamento de bolsas DTI para auxílio no desenvolvimento do projeto. O contrato com a FAPERGS foi assinado em 31/10/2017, com os primeiros repasses acontecendo em 16/11/2017. O apoio de bolsistas DTI é fundamental para o andamento do projeto, tendo em vista a necessidade de trabalhos continuados com coletas ininterruptas ao longo do tempo. Este é um aspecto muito importante e que diferencia o PELD de outros programas de pesquisa em vigência no País.

Ressalta-se que as atividades dos bolsistas são essenciais para o sucesso do projeto, sem as quais o cumprimento de todos os objetivos seria improvável, tendo em vista o grande número de atividades em andamento, incluindo as coletas quinzenais e mensais no estuário e costa adjacente, trabalhos em laboratório com análises de amostras, calibração de equipamentos, elaboração de planilhas, compilação de resultados e disponibilização dos dados do programa em plataformas digitais nacionais e internacionais. Os bolsistas ainda auxiliam na organização de seminários e na preparação de relatórios e prestação de contas perante as agências



**FAPERGS**

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul

financiadoras.

O bolsista Dr. Manuel Cezar Macedo de Souza foi pró-ativo, apresentando grande envolvimento com os integrantes do projeto e mostrou-se efetivo na conclusão das atividades sob sua responsabilidade, como pode ser observado no número de atividades por ele desenvolvidas.

# ESTUDOS DE LONGA DURAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NATURAIS E ANTRÓPICOS NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS E COSTA MARINHA ADJACENTE (ELPA)

**Coordenador:** Eduardo Resende Secchi – Proc. 441492/2016-9  
JUNHO/2021

## **Material complementar sobre os resultados do projeto**

O presente documento é material complementar anexado ao relatório final da fase IV do PELD-ELPA: “Estudos de longa duração para avaliação de impactos naturais e antrópicos no Estuário da Lagoa dos Patos e costa marinha adjacente (ELPA)”, com o objetivo de registrar os principais resultados alcançados pelas pesquisas desenvolvidas durante a vigência da fase IV do PELD-ELPA (2017-2020), e está estruturado com a apresentação dos (A) **objetivos** (objetivo geral e 18 objetivos específicos), (B) **atividades desenvolvidas para atingi-los e principais resultados**.

De uma maneira geral, todos os 18 objetivos específicos propostos foram cumpridos. Além dos objetivos inicialmente traçados, outros foram sendo incrementados ao longo do desenvolvimento do projeto. Principalmente as atividades de extensão, que tiveram um maior enfoque nas mídias digitais do projeto (@peld.elpa) devido a pandemia de Covid-19. Também foi realizada a gestão do banco de dados do projeto através da organização, formatação e publicação dos oito pacotes de dados originados do monitoramento da biota do estuário da Lagoa dos Patos e costa marinha adjacente (1998-2016) do PELD-ELPA atendendo ao padrão internacional de formatação de dados biológicos, em cumprimento da POLITICA DE DADOS DO PROGRAMA DE PESQUISAS ECOLÓGICAS DE LONGA DURAÇÃO – PELD do CNPq, RN-009/2016 no Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira - SIBBr e *Global Biodiversity Information Facility* – GBIF (Links disponíveis no final deste documento).

Para melhor entendimento das atividades realizadas e dos resultados alcançados ao longo do período de vigência deste projeto, eles serão apresentados de acordo com os grupos de pesquisa que compõe o PELD-ELPA, ou grupo biológico/espécie alvo. Assim, os dados serão apresentados divididos em 13 diferentes grupos: (1) fitoplâncton, (2) icitoplâncton, (3) zooplâncton, (4) macrozoobentos, (5) vegetação aquática submersa, (6) peixes, (7) crustáceos, (8) cetáceos, (9) aves, (10) pesca, (11) oceanografia física, (12) resíduos sólidos e (13) isótopos estáveis.

## **A- OBJETIVOS**

A.1- Objetivo geral: Avaliar as variações na biota do Estuário da Lagoa dos Patos e costa Adjacente (ELPA) em resposta a mudanças de curto, médio e longo prazo na hidrologia, relacionadas a fenômenos climáticos e a ação humana, durante o período de 1998-2020.

A.2- Objetivos específicos:

1) Avaliar a influência de fenômenos naturais e antrópicos sobre a hidrodinâmica (descarga, fluxo e tempo de residência) do ELPA, e sua ação sobre a variabilidade da salinidade, material em suspensão e clorofila-a;

2) Avaliar o efeito do vento e da descarga fluvial na variabilidade da salinidade na região estuarina e em áreas rasas em escala sinótica, sazonal e de longo prazo e determinar o tempo de permanência (tempo de residência) das águas no estuário da Lagoa dos Patos;

3) Validar modelos e realizar experimentos com cenários que envolvam a previsão de situações críticas para as atividades humanas neste sistema do ELP;

4) Avaliar a variabilidade espacial e temporal de médio (sazonal) e longo (interanual e interdecadal) prazo no estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente, dos nutrientes inorgânicos dissolvidos, da biomassa e composição do fito-, zoo- e ictioplâncton, vegetação aquática submersa, macrofauna bentônica, camarão-rosa, peixes e cetáceos, em resposta a fatores ambientais e antrópicos;

5) Determinar o grau de interferência de variações em curta escala temporal nos resultados oriundos de coletas mensais, para diversos parâmetros abióticos e biológicos;

6) Identificar os fatores que controlam o balanço de sal neste ambiente com o auxílio de técnicas de modelagem numérica e simular o transporte de sal para cenários de interesse socioeconômico ambiental para a região (pesca de camarão e plantio de arroz, por exemplo);

7) Avaliar o transporte de ovos e larvas de peixes no ELP através de um Modelo Baseado no Indivíduo (MBI, Individual Based Model em inglês);

8) Avaliar a influência de eventos atmosféricos e hidrodinâmicos de alta frequência (gerados pela passagem de sistemas frontais atmosféricos) na variabilidade de curto prazo da macroepifauna bentônica da Lagoa dos Patos, em escalas diárias e semanais;

9) Avaliar os efeitos de enriquecimento de nutrientes e a ação de meso-pastadores sobre o crescimento das algas epífitas, e suas consequências para o crescimento de pradarias de *Ruppia marítima*;

10) Investigar as relações entre a variabilidade interanual das guildas tróficas de peixes de áreas rasas no ELP com eventos El Niño/La Niña e fatores abióticos locais (temperatura e salinidade) e regionais (chuva na bacia de drenagem);

11) Avaliar as variações de longo prazo na estrutura da assembleia de peixes e na disponibilidade de pós-larvas de camarão-rosa na zona de arrebenção da Praia do Cassino, adjacente ao ELP;

12) Avaliar os impactos da pesca artesanal sobre as espécies de interesse comercial no ELP, utilizando alguns aspectos da abordagem ecossistêmica na identificação de áreas prioritárias para a conservação;

13) Caracterizar os distúrbios físicos nos fundos inconsolidados que são causados pela pesca de arrasto, sua sazonalidade, variação espacial e o tempo de recuperação, avaliado a partir de amostras do macrobentos;

14) Avaliar alterações de longo prazo estrutura e dinâmica populacional e no estado de exploração do estoque de corvina, miragaia, *Pogonias cromis* e bagres marinhos, *Genidens barba* e *G. planifrons*, do sul do Brasil;

15) Avaliar as tendências temporais na dieta, abundância, taxas de reprodução e sobrevivências e padrão de distribuição dos botos no ELPA;

16) Avaliar as tendências temporais na abundância, taxas de reprodução e sobrevivências dos botos no ELPA e avaliar o cumprimento e o efeito da INI 12/2012 nas taxas de sobrevivência dos botos no ELPA;

17) Descrever variações interanuais nos elos tróficos (ocorrência e intensidade) entre produtores primários e consumidores do ELP, desde invertebrados até predadores de topo (botos e aves aquáticas), através da técnica de isótopos estáveis ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ ) e suas possíveis relações com fatores ambientais;

18) Identificação de áreas prioritárias para a conservação no ELP considerando diferentes cenários de impactos antrópicos e condição do habitat estuarino.

## B- ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E RESULTADOS

### B-1 Fitoplâncton

**ATIVIDADES:** Para atender os objetivos 1 e 4, durante o período mantiveram-se as coletas mensais de fitoplâncton – pigmentos e microscopia e de dados auxiliares (e.g. nutrientes), de forma a mantermos a nossa série temporal de longo prazo e, dessa forma, conseguirmos indagar associações entre os produtos primários do ELP e as alterações climáticas.

**RESULTADOS:** Dentro deste contexto de longo-prazo, existe uma grande variabilidade ambiental e do próprio fitoplâncton, a qual dificulta a visualização de qualquer padrão existente (Haraguchi et al. 2015). Filtrada esta escala de variações por modelos, foi possível observar padrões sazonais de fitoplâncton, associados com as variações de salinidade, que por sua vez são determinados pela descarga e fluxos de água no ELPA. O grupo das diatomáceas, dominante em termos de Carbono, contribuiu significativamente no ciclo sazonal da clorofila *a*, com valores mais altos na primavera-verão e menores no outono-inverno. Além disto, foi constatada uma tendência de aumento de dinoflagelados e cianobactérias no ELP, que possivelmente está associada à tendência de aumento na relação de Nitrogênio e Fósforo (N:P), indicando que alterações importantes, associadas com impacto antrópico, estão ocorrendo neste ambiente e afetam o fitoplâncton, além da hidrologia.

Adicionalmente, Abreu et al. (2017), em uma comparação de longo prazo (1992-2015) dos três ambientes monitorados, distribuídos ao longo de um gradiente de salinidade e condições hidrodinâmicas, responderam às seguintes perguntas: 1) as variações mensais, sazonais, e interanuais de clorofila *a* são similares nos 3 locais? (2) existe algum tipo de conectividade quanto a concentração de clorofila *a* nos 3 locais? (3) quais os principais fatores que controlam o fitoplâncton nas 3 estações? Foram verificados padrões distintos de variabilidade da clorofila *a*, com valores mais altos na estação da praia, especialmente entre maio e outubro, aparentemente em defasagem com a estação localizada no estuário, onde os valores mais altos ocorreram entre setembro e janeiro. A estação situada na desembocadura do estuário apresentou condições intermediárias, incorporando a variabilidade do estuário e da região costeira adjacente. Nas 3 estações, foi observada uma influência do fenômeno de larga escala El Niño Oscilação Sul. A conectividade entre as 3 estações quanto ao teor de clorofila *a* não foi clara, de acordo com a análise de correlação cruzada. Entretanto, uma grande transferência de diatomáceas da zona de arrebentação da praia, *Asterionellopsis guyunusae*, para o estuário, indica esta ação.

No estuário da Lagoa dos Patos, em geral repleto de nutrientes, as florações de Fitoplâncton estão fortemente associadas com o tempo de retenção da água. A biomassa fitoplanctônica é significativamente mais alta em

períodos de primavera-verão do que outono-inverno, devido principalmente à maior disponibilidade de luz e nutrientes no primeiro. Além disto, o tempo de retenção, operando em uma escala de dias, influencia a variabilidade de longo prazo do fitoplâncton neste ecossistema. A observação da influência de padrões climáticos cíclicos e de larga escala como o El Niño sobre a variabilidade do fitoplâncton no ELPA e na costa adjacente. A boa concordância entre as técnicas de microscopia e quimiotaxonomia no estudo do fitoplâncton na região de estudo, enriquecendo as informações obtidas pelo método tradicional (microscopia).

## **B-2 Ictioplâncton**

**ATIVIDADES:** Para atender os objetivos 1, 4 e 7, foram realizadas saídas de campo mensais em 7 estações de coleta na Praia do Cassino e no estuário da Lagoa dos Patos. Além disso, foi realizado o desenvolvimento de modelo numérico para o estudo do transporte de ovos e larvas de peixes no estuário da Lagoa dos Patos.

**RESULTADOS:** Foram identificados padrões temporais da condição nutricional das larvas de peixes em relação aos processos físicos e biológicos no estuário da Lagoa dos Patos (Salvador e Muelbert, 2019). Também foi verificado a determinação da influência do vento no transporte dos estágios iniciais da corvina (*Micropogonias furnieri*) no ELP (Franzen et al., 2019) e a influência da alteração no tamanho dos molhes da barra na hidrodinâmica da entrada de saída de água do ELP (Antonio et al., 2020) utilizando técnicas de modelagem hidrodinâmica e baseada no indivíduo, assim como a influência das alterações dos molhes da barra de Rio Grande na hidrodinâmica e no transporte de sal e de organismos no ELP (Antonio et al., 2020).

## **B-3 Zooplâncton**

**ATIVIDADES:** Para atender o objetivo 4 foram realizadas saídas de campo com frequência quinzenal em dois pontos do Estuário da Lagoa dos Patos e na praia do Cassino. Após o início da pandemia (03/2020), a coleta se manteve em frequência mensal, totalizando 182 amostras nas estações de coleta no Estuário e 52 amostras na praia do Cassino. Também foram quantificadas as abundâncias dos grandes grupos do mesozooplâncton, de amostras (n=200) coletadas entre 2009 e 2013. Determinando também as densidades de cnidários planctônicos para o período de 2009 a 2016 (n= 313).

**RESULTADOS:** Ao longo do período foram encontrados mais de 180 taxa de zooplâncton marinho, dos quais 105 foram identificados ao nível de espécie (Teixeira Amaral et al. 2017, 2021). Foram caracterizadas as assembleias de

zooplâncton, sua variabilidade frente as mudanças no regime hidrológico do estuário e alguns parâmetros populacionais (e.g. densidade, produtividade secundária) de espécies-chave deste componente do ecossistema. Também foram descritos padrões de variabilidade temporal de médio (sazonal) e longo prazo (interanual), considerados típicos de assembleias costeiras de regiões temperadas “quentes”, nas quais ocorrem picos de densidade ao redor dos meses mais quentes do ano. Isto difere de padrões sazonais observados em estuários de regiões tropicais e subtropicais mais quentes, que apesar de abrigarem uma fauna zooplancônica de composição semelhante à do ELPA, possuem picos populacionais centrados em diferentes épocas do ano (inverno e primavera) (Teixeira-Amaral et al. 2021, Vieira et al. in prep). Ao demonstrar como mudanças hidrológicas determinam a estruturação das comunidades zooplancônicas, discutimos como o fenômeno climático ENOS e seus efeitos sobre a hidrologia regional podem afetar o mesozooplâncton (Teixeira-Amaral et al. 2017). Embora os efeitos deste fenômeno climático ainda não tenham sido verificados de forma clara sobre as assembleias de zooplâncton, possivelmente devido a longevidade de nossa série temporal (<15 anos), a continuidade das amostragens e do projeto deve ajudar a esclarecer os efeitos deste fenômeno sobre o mesozooplâncton. Possíveis mudanças faunísticas do zooplâncton detectadas durante o período envolvem a ocorrência de três espécies de medusas invasivas, eventualmente em densidades altíssimas neste ecossistema. Demonstramos que ocorrências massivas de uma espécie de medusa invasiva (*Cnidostoma fallax*) foram associadas a decréscimos drásticos na produtividade secundária de copépodes concomitantemente e nos meses subsequentes ao bloom da medusa (Teixeira-Amaral et al. 2021). Discutimos como condições de estabilidade hidrológica (associadas à baixa precipitação) e mais elevadas temperaturas podem favorecer eventos de bloom, por aumentar a concentração e retenção de indivíduos e causar incrementos na sua reprodução por brotamento lateral. A implementação recente de outros estudos para a descrição de parâmetros funcionais (alimentação, reprodução, produtividade secundária, ciclo de vida) de algumas das espécies-chave do ELPA deverá melhorar compreensão sobre seu papel ecológico assim como melhorar a previsão sobre como as mudanças ambientais em curso devem afetar o zooplâncton marinho e conseqüentemente toda a cadeia trófica local.

#### **B-4 Macrozoobentos**

**ATIVIDADES:** Para atender os objetivos 4 e 8, foram desenvolvidas amostragens sazonais (primavera, verão, outono e inverno) da macrofauna bentônica de enseadas rasas do Estuário da Lagoa dos Patos. Doze amostras foram coletadas sazonalmente para compor o banco de dados de longo prazo do Programa PELD, as quais foram processadas e analisadas em Laboratório.

Amostragens de curto prazo, antes e depois da passagem de sistemas frontais, foram realizadas na Primavera, Verão, Outono e Inverno de 2019, com o objetivo de analisar as perturbações da coluna d'água e substrato sobre a epifauna e infauna bentônica de enseadas rasas do ELP. Foram coletadas 144 amostras biológicas em cada sistema atmosférico analisado (72 amostras antes e 72 amostras depois), as quais foram processadas e analisadas em Laboratório.

**RESULTADOS:** Experimentos de curto prazo evidenciaram que as assembleias da macrofauna bentônica respondem às perturbações de curto prazo em enseadas estuarinas do Estuário da Lagoa dos Patos, causadas por sistemas atmosféricos. Nas enseadas rasas ocupadas por pradarias submersas, a vegetação promoveu maior estabilidade em relação aos planos de lama sem vegetação, garantindo a manutenção da estrutura das assembleias do zoobentos pós-perturbação. Em ambientes rasos ocupados por pradarias de fanerógamas submersas menos complexas e desenvolvidas, a perturbação gerada por sistemas atmosféricos reflete em diminuições significativas das densidades do zoobentos. As análises de lotes de amostras da série temporal do PELD contendo o gastrópode *Heleobia australis*, evidenciou que a morfologia externa de suas conchas apresenta potencial como bioindicadora por presença em ambientes com maior hidrodinâmica e dinâmica sedimentar devido à erosão superficial do períostraco e manchas das conchas. As diferenças na estrutura das conchas e distribuição de *Heleobia australis* em função de sua morfologia externa no ELP e costa marinha adjacente sinalizam que a espécie pode responder de maneira previsível e mensurável às diferentes condições ambientais costeiras e estuarinas onde habitam. O crustáceo das praias arenosas adjacentes ao ELP *Sergio mirim* apresentou grande viabilidade como bioindicador de qualidade ambiental em praias arenosas, através da acurácia na detecção dos elementos traço Arsênio, Cobre, Chumbo, Cádmiio e Cromo. As praias arenosas não urbanizadas na planície costeira do Extremo Sul do Brasil possuem assembleias do macrozoobentos com maior riqueza, diversidade e densidades nos perfis dissipativos em relação aos refletivos. As praias da Reserva Ecológica do Taim, uma área de Preservação Ambiental, possuem os maiores índices ecológicos, e estão relacionados à granulometria compostas por grãos mais finos de sedimento. Nas Praias refletivas não urbanizadas, que possuem grãos de sedimento mais grossos e menores índices de diversidade, riqueza e densidades, algumas espécies predadoras são dominantes, como poliquetas do gênero *Hemipodia sp.* A macrofauna bentônica das praias adjacentes ao Estuário da Lagoa dos Patos mostrou ser altamente impactada pelo trânsito de veículos, com baixas densidades de organismos observadas no setor mais impactado, especialmente no período de Verão, diferentemente do setor controle, onde ocorreram elevadas densidades. Foi evidenciado que o trânsito veicular, além de alterar as propriedades físicas da areia da praia como a

compactação e capacidade de percolação da água, alterou as propriedades biológicas do zoobentos como a diversidade e abundância. As espécies de moluscos bivalves *Donax hanelyanus* e *Amarilladesma mactroides* foram consideradas como boas bioindicadoras do impacto do tráfego de veículos nas praias arenosas adjacentes ao ELP. São espécies com baixa capacidade de locomoção e que ocupam justamente a faixa de areia em que o trânsito está presente. Os resultados evidenciam que as duas espécies são altamente impactadas, com baixas densidades em todos os períodos amostrais, sobretudo no setor em que o tráfego é mais relevante.

## **B-5 Vegetação Aquática Submersa**

**ATIVIDADES:** Para atender os objetivos 4, 9 e 17 as seguintes atividades foram realizadas: 1. *Atividades de Monitoramento da VAS (Objetivo 4):* Monitoramento in situ (protocolo ReBentos). A VAS foi monitorada in situ em com frequência sazonal em três sítios do ELP (protocolo ReBentos), expostos a condições distintas hidrológicas (entre mais expostas e mais protegida) e de qualidade da água (não eutrofizado vs. eutrofizado), incluindo amostragens não destrutivas (percentual de cobertura visual), destrutivas (coletas de biomassa) e mensuração dos dados abióticos da água (temperatura, salinidade, profundidade e transparência da água). Mensalmente, os parâmetros abióticos da água temperatura, salinidade, oxigênio, pH (sonda multiparâmetro YSI), transparência (Secchi) e profundidade da água (régua), foram medidos em cada local, entre 9 e 10 horas da manhã. Todos os dados foram triados, compilados e organizados em banco de dados.

2. *Análise da variabilidade de longo prazo das macroalgas e formação de marés verdes (Objetivo 4):* A variabilidade sazonal e interanual da abundância das macroalgas de deriva foi analisada, investigando a influência de fatores climáticos (ENOS), hidrológicos (descarga fluvial), parâmetros físico-químicos da água (temperatura, salinidade, nutrientes inorgânicos) e a presença de *Ruppia maritima* sobre a dinâmica destas algas. Foram realizadas análises exploratórias multivariadas (ACP, regressão logística múltipla), de forma a identificar as condições ambientais responsáveis pela ocorrência de florações nos períodos de primavera-verão e de outono-inverno. Foram investigados os eventos de maré verde nos invernos de 2010 e 2014, nos quais foram analisados também os padrões de vento predominantes.

3. *Análise dos nutrientes limitantes ao crescimento das algas (Objetivo 4):* Para completar os estudos sobre influência dos nutrientes sobre o crescimento de algas oportunistas (hipótese do fósforo como nutriente limitante ao crescimento das algas) foram analisados os teores de fósforo total (FT) do tecido de algas coletadas florações que ocorreram entre 2012 e 2014. As análises foram realizadas no Laboratório de Hidroquímica (IO, FURG) através

de Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) após a preparação e digestão úmida das amostras em microondas focalizado. Os resultados foram integrados com resultados previamente obtidos de nutrientes da água e do tecido algal (Lanari et al. 2018) para determinação da razão C:N:P no tecido algal. As razões N:P foram correlacionadas com as razões N:P para coluna d'água.

4. *Análise da abundância e biodiversidade das diatomáceas epífitas e bênticas (Objetivos 4 e 9):* O estudo avaliou a variabilidade espaço-temporal na abundância, composição e diversidade de diatomáceas epífitas e bênticas em pradarias de *R. maritima*, em duas áreas rasas do ELP submetidas a diferentes graus de impacto antropogênico: I – não poluído (Saco da Quitéria) e poluído (Saco da Mangueira). As análises foram referentes as coletas realizadas entre novembro de 2015 e fevereiro de 2018.

5. *Efeitos dos Nutrientes (Bottom-up) e Mesopastadores (Top-Down) sobre algas epífitas e fanerógamas marinhas (Objetivo 9):* Em dezembro de 2018 se deu o início do doutorado sanduíche em Portugal, o qual teve a duração de 6 meses. O estudo avaliou os efeitos simultâneos do enriquecimento de nutrientes e presença de meso pastadores sobre o crescimento de algas epífitas e fanerógamas, através de experimento em sistema de mesocosmos, instalado na Estação Marinha do Ramalhete da Universidade de Algarve, Portugal. O experimento consistiu em um sistema de tanques submetidos à uma combinação fatorial de 4 tratamentos (N=6): com e sem fertilização (adição de P e N) versus adição ou não de mesopastadores (gastrópode *Gibbula sp.*). As etapas realizadas foram: (1) planejamento e montagem do experimento, (2) execução e monitoramento das condições abióticas do experimento durante seu desenvolvimento até sua finalização, (3) retorno ao Brasil e organização dos dados gerados quanto a biomassa das algas epífitas e da vegetação, e apresentação destes dados em evento público para a comunidade da pós-Graduação da FURG, (3) contagem e identificação e das algas epífitas, (4) e preparação de manuscrito.

6. *Variação temporal dos teores elementares (C,N) e isotópicos ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ ) dos macroprodutores primários estuarinos (parte do Objetivo 17):* Com base em séries de dados elementares e isotópicos dos distintos produtores primários estuarinos entre 2010 a 2016, identificou-se as escalas temporais de variação de cada produtor (macroalgas, *Ruppia*, plantas de marismas, suas forçantes ambientais e impactos na determinação de elos tróficos e ciclos biogeoquímicos no ELP.

7. *Aplicação de técnicas de monitoramento remoto no estudo da VAS:* Em janeiro de 2020 foi realizado o primeiro levantamento completo de uma área rasa com o drone DJI Phantom 4. As etapas realizadas pós-levantamento foram: (1) criação do ortomosaico no software Agisoft Metashape Professional;

(2) classificação das imagens no software QGIS; (3) obtenção dos percentuais de cada classe dentro dos quadrados; (4) comparação das medidas in situ com os resultados da classificação; (5) agrupamento dos dados de cobertura, descrição do comportamento e exploração das relações com os parâmetros anteriormente citados. Adicionalmente, foram realizadas saídas para teste e treinamento da sonda Biosonics durante o verão de 2020 com a ecosonda modelo MX Aquatic Habitat Echosounder (Biosonics®). Dados acústicos (ecogramas) foram obtidos nas proximidades do Museu Oceanográfico através do software Visual Acquisition (Biosonics®). O pós-processamento dos ecogramas, no software Visual Habitat (Biosonics®), seguiu as seguintes etapas: (1) criação de um conjunto dos dados; (2) determinação do fundo através de testes dos melhores valores dos parâmetros de configuração do software (i.e., valores de “domínio” e de “limiar de detecção de fundo”), além de correções manuais onde o algoritmo de profundidade falhou na detecção; (3) determinação da presença da VAS, seguindo o mesmo procedimento do passo anterior; (4) interpolação dos dados pelo método “linear triangulado”; (5) criação de mapa com informações batimétricas e da presença de vegetação no local dos transectos; e (6) exportação dos dados tratados. O pós-processamento de dados foi simultâneo ao levantamento bibliográfico de estudos de investigação da VAS por métodos acústicos.

**RESULTADOS:** *Monitoramento da VAS:* Os resultados da análise da variabilidade espacial em médio prazo (2017 a 2020) mostraram que as biomassas (aérea e subterrânea) de *R. maritima* foram significativamente diferentes entre locais pouco impactados por atividades antropogênicas (não eutrofizados) e o local com maior grau de poluição e eutrofização (Wilcoxon,  $p > 0,05$ ). A biomassa de *R. maritima* reduziu significativamente no local III (eutrofizado), desaparecendo após o verão de 2017. A biomassa de epífitas também não apresentou diferença significativa entre os locais durante o período analisado (verão ao inverno de 2020). A biomassa aérea de *R. maritima* variou entre 0,9 e 67,5 g PS m<sup>-2</sup> (média 13,3) no Saco do Justino, e 0,1 e 66,2 g PS m<sup>-2</sup> (média 11,1) no Saco da Quitéria. A biomassa subterrânea variou entre 0,9 e 21,4 g PS m<sup>-2</sup> (média 7,8) no Saco do Justino, e 0,5 e 56,8 g PS m<sup>-2</sup> (média 11,2) no Saco da Quitéria. A biomassa de epífitas variou entre 0,7 e 34,1 g PS m<sup>-2</sup> (média 8,8) no Saco do Justino, e 0,1 e 55,1 g PS m<sup>-2</sup> (média 9,7) no Saco da Quitéria. A biomassa de macroalgas verdes variou entre 1,0 e 62,5 g PS m<sup>-2</sup> (média 17,9) no Saco da Mangueira no outono de 2020. No verão de 2020 a máxima biomassa foi de 7,2 g PS m<sup>-2</sup> no Saco do Justino; e 38,6 g PS m<sup>-2</sup> no Saco da Quitéria. Os locais I e II (não eutrofizados) foram dominados por pradarias de *R. maritima*. No local III (eutrofizado; Saco da Mangueira) a composição da vegetação submersa mostrou menor contribuição de fanerógamas e maior contribuição de macroalgas, algas verdes e cianobactérias (*Aphanotece*) durante verão, outono e inverno de 2020. Os

maiores valores de biomassa de cianobactérias ocorreram durante o período do verão de 2020 (0,1-1,2 g PS m<sup>-2</sup>) (Fig. 1).

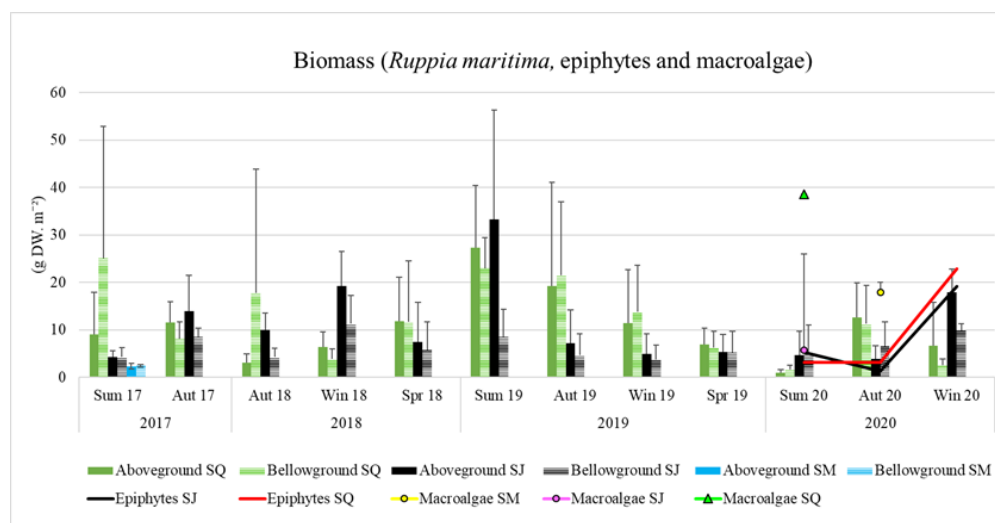


Figura 1. Variabilidade sazonal da VAS no estuário da Lagoa dos Patos entre verão de 2017 e inverno de 2020.

*Variabilidade de longo-prazo da VAS: efeitos do clima, hidrologia e nutrientes:* Os resultados da análise da variabilidade temporal de longo prazo da abundância da VAS no estuário da Lagoa dos Patos (1980 a 2015) evidenciaram significativamente uma tendência de aumento em frequência e intensidade das florações de macroalgas de deriva, concomitante com a redução histórica na abundância e distribuição de *R. maritima* (esta última apontado em Copertino & Seeliger 2010, Odebrecht et al. 2010) (Fig. 2 e Tabela I). Antes dos anos 2000, grandes acúmulos de biomassa da série eram mais comuns no início da primavera e no verão. Florações de outono-inverno se tornaram mais frequentes a partir dos anos 2000, ocorrendo entre intervalos relativamente curtos (2010, 2013, 2014). Análises multivariadas demonstraram que as florações de primavera/verão e as de inverno respondem a fatores ambientais distintos. As primeiras estiveram relacionadas com anomalias positivas de temperaturas, salinidade e baixo nível da água (fatores sazonais). Florações de outono-inverno, no entanto, foram desencadeadas por picos de concentração de nutrientes inorgânicos na água, fator que possui grande variabilidade mensal e ausência de sazonalidade definida. O fator nutriente unicamente não foi suficiente para prever a ocorrência de florações de inverno, indicando a sinergia com outros fatores. A ação de ventos, por exemplo, é importante agente nos processos de retenção, acúmulo e transporte das algas. Eventos ENOS influenciaram a ocorrência de florações, dependendo de sua intensidade e duração (Fig. 2).

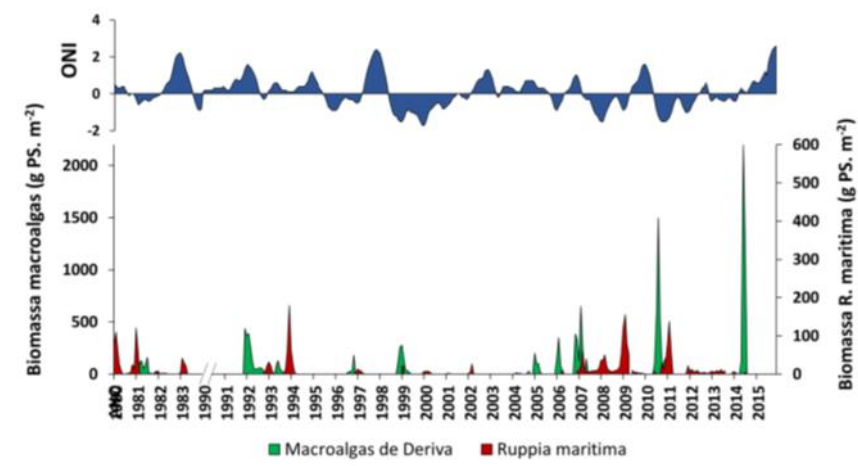


Figura 2. Variabilidade do Ocean Niño Index (ONI) e variabilidade mensal da biomassa de macroalgas e da fanerógama *Ruppia maritima*, entre 1980 e 2015.

Tabela I: Biomassas acumuladas de macroalgas de deriva durante florações registrados no estuário da Lagoa dos Patos entre de 1993 à 2015, separados por ano, período de ocorrência e somatório total da biomassa no sítio de amostragem, em gramas de peso seco por m<sup>2</sup>.

Florações	Período de ocorrência	Somatório da biomassa do ciclo (g PS. m <sup>2</sup> )
1993/94	Primavera-verão	55.72
1996/97	Primavera-verão	218.50
1998/99	Primavera-verão	871.13
2004/05	Primavera-verão	408.89
2005/06	Primavera-verão	589.90
2006/07	Primavera-verão	1772.85
2010/11	Primavera-verão	430.25
2012/13	Primavera-verão	7.15
1993	Outono-inverno	299.49
2010	Outono-inverno	2750.39
2013	Outono-inverno	1.35
2014	Outono-inverno	3657.85

Os resultados elucidaram alguns dos fatores que impulsionaram o desenvolvimento das grandes marés verdes observadas nos invernos de 2010 e 2014, que se destacaram do restante da série. Enquanto ambos os eventos parecem estar relacionados com aumento nos picos de concentrações de nutrientes inorgânicos (Tabela II), as condições hidrológicas e meteorológicas foram distintas. O evento de agosto-setembro de 2010 apresentou a maior extensão já registrada para esta época do ano, com massas de algas ocupando todas as áreas rasas estuarinas. A menor vazão no inverno de 2010 (relativo a outros invernos a série), associado com longos períodos de calmaria, propiciou os grandes acúmulos de macroalgas. Em 2014, as altas concentrações de nutrientes na coluna d'água (significativamente maiores que valores de 2010), parecem ter sido o fator desencadeador. Comparado ao

evento de 2010, a maré verde de 2014 apresentou menor extensão e tempo de permanência, devido a fatores meteorológicos e hidrológicas (Fig. 3). Os ventos mais intensos e a elevada descarga fluvial do período promoveram o transporte e a rápida dispersão das biomassas.

Tabela II. Valores médios de concentração de nutrientes inorgânicos ( $\mu\text{M}$ ) para o período de outono-inverno (maio a setembro) dos anos de florações, comparados com a média histórica do período (1993 – 2015). Valores significativamente acima da média estão realçados.

	1993	2010	2013	2014	Média do período
$\text{NO}_x$	0.102	13.42	3.344	8.73	4.89
$\text{NH}_4$	5.31	9.426	3.954	7.078	6.84
$\text{PO}_4$	1.82	1.568	0.654	3.6	1.2576

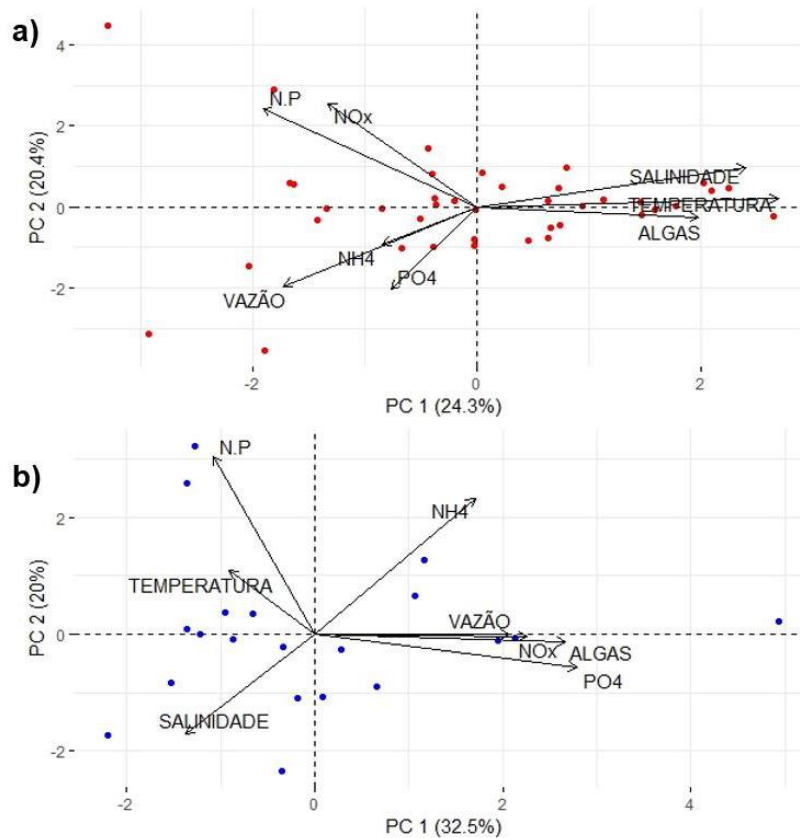


Figura 3: Variabilidade da biomassas de macroalgas e relação com variáveis abióticas entre 1993 e 2015 *Biplots* das análises de componentes principais (ACP) para períodos de a) verão e b) inverno.

Ao longo das últimas décadas, a ocorrência de eventos El Niño parece ter influenciado a ocorrência da VAS no estuário. A resposta da biomassa, no entanto, varia de acordo com a intensidade do fenômeno. Durante períodos de El Niño fortes ou moderados (1982/83, 1994/95, 2002/03, 2009/10, 2015/16), o elevado nível da água, a alta turbidez e a intensa remobilização do sedimento, inibiram tanto o estabelecimento de pradarias de *R. maritima* como de macroalgas de deriva (Copertino & Seeliger, 2010). Durante os verões destes períodos, as pradarias de *R. maritima* estiveram ausentes ou drasticamente reduzidas. Os eventos El Niño de intensidade fraca a moderada (2002/2003, 2004/05, 2005/06, 2009/10) parecem favorecer a formação de florações de macroalgas, após o retorno de condições favoráveis de luz para a produção primária. As florações se desenvolvem rapidamente após a redução do nível e da turbidez da água, relacionados a um possível efeito de “fertilização” do estuário. Durante as fortes descargas fluviais relacionadas com eventos de El Niño, ocorre aporte elevado de sedimentos, matéria orgânica e nutrientes. Pós El Niño, o material depositado pode ser remineralizado e rapidamente utilizados por algas oportunistas. Comparado com fanerógamas marinhas, estas macroalgas de carácter efêmero possuem um maior requerimento de nutrientes e taxas de crescimento, podendo colonizar rapidamente os fundos rasos, se as condições de luz são favoráveis e a movimentação da água é baixa ou moderada (Lanari & Copertino, 2017). Dentre as 4 florações pós-El Niño, 3 ocorreram durante o verão.

Sob condições hidrológicas favoráveis ao crescimento e acúmulo da biomassa algal (i.e., baixa a moderada, descarga fluvial, altas salinidades, temperatura e transparência d'água), uma alta disponibilidade de nutrientes inorgânicos é essencial ao desencadeamento das marés verdes. Resultados preliminares já haviam indicado o fósforo como principal nutriente limitante ao crescimento algal no ELP (e.g., Lanari & Copertino, 2017; Lanari et al., 2017), principalmente durante florações de outono-inverno. Os resultados do estudo sobre os teores de fósforo e razão CNP no tecido algal, observado durante os picos de florações, confirmaram a hipótese. Os teores de nitrogênio no tecido algal, apesar de variáveis espacialmente, mostraram-se sempre próximos ou superiores a valores críticos (i.e., ~ 2%) ao crescimento algal durante os ciclos de crescimento, evidenciando uma alta disponibilidade no sistema (Fig. 4). Os teores de fósforo total, por sua vez, apresentaram picos superiores à valores críticos de concentração (~ 0,14%; Fig. 4) ao final do verão e início de outono, períodos de início de crescimento algal. Portanto, o estudo evidenciou a importância do fósforo como principal nutriente limitante ao desencadeamento de marés verdes no ELP. Aumentos de aportes antrópicos de fósforo, oriundos de efluentes domésticos e industriais, podem contribuir para o aumento da magnitude de marés verdes em enseadas rasas do ELP, particularmente sob condições de baixa hidrodinâmica e ventos fracos.

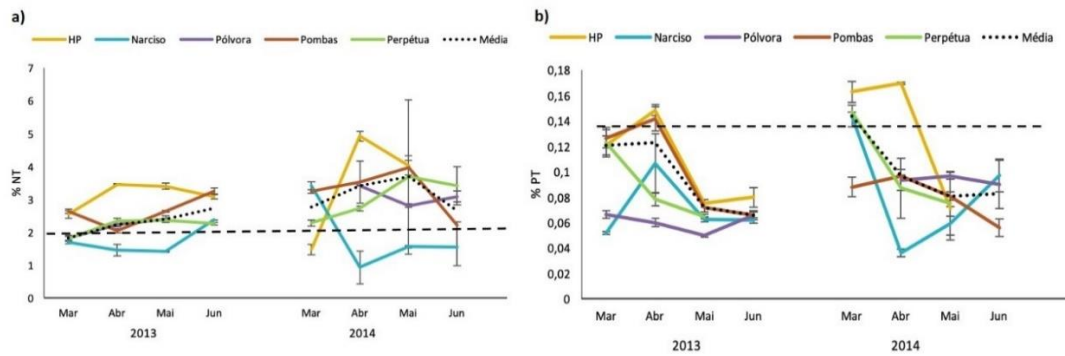


Figura 4. Valores médios ( $\pm$  EP) dos teores de nitrogênio total – TN (a) e fósforo total – PT (b) no tecido algal durante as florações ocorrentes em 2013 e 2014 em distintas enseadas rasas. Linhas horizontais tracejadas representam os valores críticos de NT e PT para o crescimento algal reportados na literatura. Séries de dados em linha pontilhada representam os valores médios entre todos os locais amostrados.

A ocorrência de fortes eventos El Niño, e as alterações das condições hidrológicas do ELP em escala interanual, têm sido associadas a mudanças ecológicas na estrutura da VAS (Lanari & Copertino, 2017). Pradarias de *R. maritima* parecem ser mais impactadas pela ocorrência desses eventos pois, diferentemente de macroalgas oportunistas, que crescem e se reproduzem muito rapidamente, pradarias de *R. maritima* levam mais tempo para se desenvolver. Uma vez que pradarias são reduzidas drasticamente, incluindo o arrancamento da rede de rizomas por eventos extremos, o reestabelecimento de primavera e verão dependerá do desenvolvimento de plantas a partir do banco de sementes do sedimento. Por serem mais vulneráveis a instabilidade sedimentar, podendo ainda ser inibidas pelo rápido crescimento de macroalgas, pradarias podem levar anos para se recuperarem após impactos físicos extremos (Copertino & Seeliger, 2010). Tais mudanças, associadas à tendência de aumento na concentração de nutrientes inorgânicos no sedimento e na coluna d'água (Baumgarten & Niencheski, 2010), podem levar à uma mudança de fase na VAS do estuário, com crescente perda de pradarias de fanerógamas e aumento na frequência de florações de macroalgas oportunistas. Em ambientes sujeitos à eutrofização, pradarias de fanerógamas acabam sendo substituídas por macroalgas oportunistas e, derradeiramente, por fitoplâncton (Duarte, 1995; Taylor et al., 1995). Eventos de El Niño leve a moderados também podem impactar negativamente as pradarias de *R. maritima* de forma indireta, uma vez que propiciam a ocorrência de marés verdes. Experimentos de campo simulando deposições de curto prazo de macroalgas de deriva evidenciaram que reduções de pradarias submersas podem ocorrer mesmo sob a ausência de condições adversas da interface sedimento-coluna d'água (i.e., anoxia, sombreamento, liberação de compostos tóxicos resultantes da decomposição da biomassa algal). Em locais de alta hidrodinâmica, como o ELP, a ação de ondas e correntes gera o transporte e conseqüente deposições instáveis de biomassa algal de deriva (e.g., 3-7 dias), evitando assim a sua decomposição *in situ*. Por outro lado, a advecção da

biomassa algal pode contribuir para o arrancamento de plantas de *Ruppia* através do aumento da erosão da superfície de fundo e/ou o emaranhamento dos filamentos algais. Tais impactos negativos podem ser transferidos à níveis tróficos superiores visto que a macrofauna bentônica associada à biomassa subterrânea das plantas de *Ruppia* (e.g., indivíduos construtores de tubos como o tanaidáceo *Monokalliapseudes schubarti*) também são afetados pelo arrancamento das plantas submersas e desestabilização do sedimento. Logo, tais resultados sugerem que o aumento na frequência e magnitude florações de macroalgas de deriva no ELP nas últimas duas décadas esteja diminuindo a resiliência das pradarias de *Ruppia maritima* e impedindo a sua recuperação após fortes eventos El Niño, com possíveis impactos negativos na ciclagem de nutrientes, fluxos de energia e produção secundária estuarina. De fato, análises isotópicas de distintos produtores primários estuarinos (e.g., plantas de marismas, pradarias submersas, macroalgas de deriva, fitoplâncton e microfitorbentos) evidenciaram os impactos das marés verdes no acúmulo de matéria orgânica sedimentar para reciclagem e a baixa contribuição da biomassa algal à dieta de consumidores como o siri-azul e a tainha. Assim, mudanças de fase da VAS local potencialmente irão modificar o funcionamento do ecossistema e os serviços ecológicos prestados.

*Complexidade do habitat: abundância e biodiversidade das diatomáceas epífitas e bêmicas:* As comunidades de diatomáceas que ocorrem associadas às pradarias de *R. maritima* são altamente diversas, com um total de 180 táxons registrados neste estudo. Deste total, 32% ocorreram apenas na comunidade epifítica sobre folhas e hastes, enquanto 10 % dos táxons foram exclusivos do sedimento. Dentre as algas epífitas (159), 48% foram comuns e 38 espécies foram consideradas abundantes. Os taxons dominantes variaram com a época e local. No local I, menos impactado, as espécies dominantes foram: *Tabularia tabulata* (setembro e outubro de 2016), *Mastogloia pumila* (maio de 2017), e *Melosira moniliformis* (fevereiro de 2018). No local II, mais impactado, os táxons dominantes foram: *Cocconeis placentula* (janeiro, fevereiro e maio de 2017); *T. tabulata* (de abril a julho de 2016); *Pleurosira laevis* (setembro e dezembro de 2016); e *Nitzschia frustulum* (março de 2017). Do total de espécies bêmicas (123), cerca de 44% ocorreram em ambos os locais analisados e 28 espécies foram consideradas abundantes. O índice de diversidade de Shannon para as epífitas variou entre 0.62 e 2.54 no SM, e entre 0.99 e 3.00 no SQ. No sedimento, a diversidade variou entre 1.19 e 2.48 no SQ; e entre 1.05 e 2.03 no SM. Os resultados da análise PERMANOVA mostraram que, em geral, a diversidade e a composição de espécies foram significativamente diferentes entre os locais, para os diversos meses estudados. De modo geral, maiores diversidades ocorreram no local I (Saco da Quitéria), associado a um ambiente mais estável e com menor índice de poluição e contaminação por distúrbios antropogênicos. Já a alta variabilidade espaço-temporal na composição de espécies em ambos os compartimentos

parece refletir a variabilidade dos parâmetros abióticos no estuário. As maiores diversidades de espécies e variabilidade temporal na estrutura da comunidade epifítica, associado ao maior número de espécies dominantes, indica uma comunidade altamente dinâmica, provavelmente com alto grau de redundância funcional, comparada a comunidade do sedimento. Apesar de 58% das espécies ocorrerem em ambos os compartimentos (sedimento e epífitas), o alto percentual de espécies exclusivamente epífitas (31%), comparadas as espécies exclusivas do sedimento (10%), evidencia a importância da vegetação aquática submersa no aumento da complexidade estrutural dos habitats bentônicos, promovendo o aumento da biodiversidade, produtividade primária, com possíveis consequências para as cadeias trófica estuarinas.

*Efeitos dos nutrientes (Bottom-up) e mesopastadores (Top-Down):* Os experimentos de mesocosmos testaram os efeitos simultâneos do enriquecimento de nutrientes e presença de mesopastadores sobre o crescimento de algas epífitas e das fanerógamas marinhas. Os resultados deste estudo mostraram que o efeito dos tratamentos foi significativo: as maiores biomassas (clorofila-a) das epífitas ocorreram nos tratamentos fertilizados, tanto na presença quanto na ausência de pastadores. A presença do gastrópode reduziu significativamente a biomassa das epífitas apenas sob adição de nutrientes (Tukey;  $p < 0.05$ ). Não foi observado efeito dos nutrientes sobre as plantas, quando na presença de pastadores (baixa a moderada biomassa de epífitas). Entretanto, na ausência de pastadores (alta biomassa de epífitas), ocorreram reduções na biomassa das plantas. Em conclusão, os controles “bottom-up” e “top-down” regulam o crescimento das algas epífitas sobre folhas e hastes de fanerógamas, podendo atenuar os efeitos negativos do enriquecimento de nutrientes e contribuir para a persistência de pradarias.

## **B-6 Peixes**

**ATIVIDADES:** Para atender o objetivo 10, os peixes foram coletados mensalmente em oito estações de coleta (duas na praia oceânica adjacente e seis em zonas rasas do estuário) arrastos de praia com rede tipo picaré (9m de comprimento, 13 mm de malha nas asas e 5 mm no centro). Em cada local foram realizados cinco arrastos. Dados abióticos foram mensurados in situ (temperatura, salinidade e transparência da água), enquanto dados de chuva e vazão dos rios foram obtidos no site do INMET e dos eventos El Niño no site do NOAA. Os peixes foram classificados em guildas tróficas propostas por Elliott et al. (2007), tendo como base estudos de conteúdos estomacais feitos no Laboratório de Ictiologia (FURG) e na literatura. A variabilidade intra- e interanual na composição e s abundância das guildas tróficas dos peixes serão relacionados aos fatores ambientais através de análise canônica de correspondência.

**RESULTADOS:** Com base numa série temporal de longo prazo (19 anos) dos peixes das zonas rasas do ELP foi investigada a variabilidade temporal na composição e padrões de dominância das guildas tróficas de peixes e suas relações com fatores ambientais associados aos eventos moderados (2002-2003 e 2009-2010) e muito fortes (1997-1998 e 2015-2016) de El Niño. Foram analisadas oito guildas tróficas: detritívoro (DTV), herbívoro-fitoplâncton (HVP), herbívoro-macroalgas (HVM), insetívoro (ISV), onívoro (OMN), piscívoro (PSV), zoobentóvoro (ZBV) e zooplactívoro (ZPL). A análise da correspondência canônica (CCA) revelou que as guildas menos dominantes (< 10% da abundância total), tais como HVP, HVM, ISV, PSV, aumentaram as suas abundâncias relativas no estuário durante chuvas mais altas e condições de salinidade mais baixas associadas aos eventos El Niño moderados e muito fortes. Foi observado um padrão oposto para as guildas de peixes tróficos dominantes como OMN e, em menor medida, DTV e ZPL, que tinham maior associação com valores mais elevados de salinidade e transparência da água, ocorrendo principalmente durante condições não-El Niño. Em contraste, a abundância da ZBV não esteve correlacionado com condições ambientais contrastantes, mas sim, teve maior associação com amostras caracterizadas por valores ambientais intermediários. De modo geral, estes resultados mostram que os eventos El Niño não perturbaram substancialmente os padrões de dominância entre as guildas tróficas de peixes no estuário. Em vez disso, esses eventos promoveram um aumento na diversidade trófica do estuário através do possível carreamento de peixes de água doce com hábitos alimentares distintos da zona límnic da laguna para o interior do estuário. Os resultados foram publicados na revista *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (Possamai et al. 2018), estando entre os artigos mais citados por essa revista desde 2018 (<https://www.journals.elsevier.com/estuarine-coastal-and-shelf-science/most-cited-articles>)

## **B-7 Crustáceos**

**ATIVIDADES:** Para avaliar o impacto do arrasto foram coletados dados em barcos tradicionais de arrasto da LP, com uma licença de pesquisa emitida pelo IBAMA. Cerca de 200 lances de pesca foram realizados ao longo de quatro safras diferentes, com condições ambientais bastante distintas, permitindo obter conclusões sobre o impacto do arrasto sobre a biodiversidade em diferentes cenários. Os lances foram distribuídos ao longo de toda área de pesca, deixando os pescadores atuar nas áreas que julgavam melhores para a pesca, buscando retratar o impacto da maneira mais fiel possível (Fig. 5).

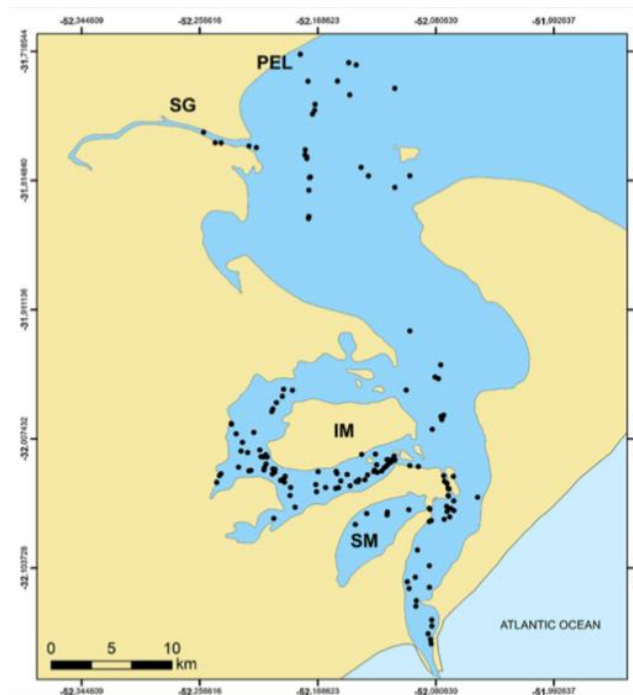


Figura 5. Mapa do estuário da Lagoa dos Patos indicando os pontos onde os arrastos foram realizados (pontos pretos).

**RESULTADOS:** Durante o período de estudo foi capturado um total de 896,15 Kg, dos quais 768,22 Kg foram compostos por espécies descartadas mortas de volta ao estuário, restando apenas 127,93 Kg de captura-alvo, o camarão-rosa. A taxa média de descarte para todo o período estudado foi de 86%, de forma que 6 Kg de organismos mortos são descartados para capturar 1 Kg de camarão (6:1). A captura incidental é composta por 61 espécies (55 peixes, 5 crustáceos e 1 molusco), atingindo diretamente cerca de 1/3 da biodiversidade estuarina. Dentre as 61 espécies, 45 são recursos importantes para outras pescarias, mas acabam sendo capturados pelo arrasto dentro do estuário com tamanhos muito inferiores ao tamanho comercial. As espécies mais abundantes nessa pesca são a corvina e o siri-azul, mas o bagre *Genidens barbatus* e o linguado *Paralichthys orbignyanus* também estão entre os mais afetados, ocorrendo em 40% dos lances de pesca. Mais de 80% da captura descartada foi composta por indivíduos juvenis de pequeno tamanho.

É fundamental comparar o impacto do arrasto com a arte de pesca autorizada, o “aviãozinho”. A taxa de descarte para essa arte de pesca é bem menor, entre 35%-45%, enquanto que a estimada para o arrasto é de 86%, ou seja, para cada 1 Kg de camarão capturado, 3 Kg de captura incidental são descartados (3:1). Adicionalmente, essa arte não causa os demais efeitos colaterais do arrasto, como os altos impactos sobre o bentos, ressuspensão de sedimentos e poluentes, além de modificações na cadeia trófica alterando a

disponibilidade de presas bentônicas. Portanto, recomenda-se fortemente a manutenção da pesca aviãozinho em detrimento do arrasto.

Adicionalmente à mortalidade diretamente causada a um grande número de espécies, o arrasto afeta negativamente a teia trófica bentônica. A passagem do arrasto causa um distúrbio físico sobre o fundo, destruindo uma complexa estrutura de tocas e galerias que caracterizam esses ambientes (Fig. 6).

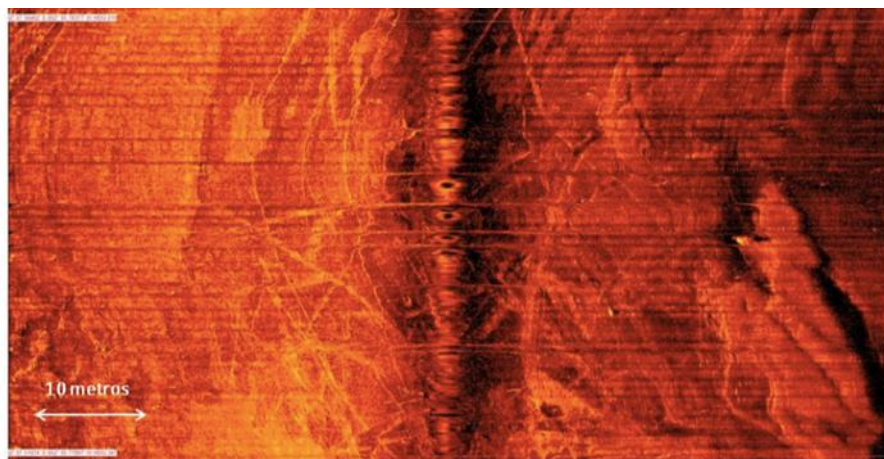


Figura 6. Trecho do fundo do Estuário onde é possível observar o intenso impacto causado pelas redes de arrasto de porta.

Através de experimentos com simulações de arrasto e monitoramento dos seus efeitos na LP, pôde-se concluir que as áreas rasas e com menor hidrodinâmica, como os sacos, são as mais afetadas pelo arrasto. Isso se dá, pois as espécies da infauna (fauna bentônica que habita o interior do sedimento) que habitam a região dos canais (maior hidrodinâmica) estão melhor adaptadas a lidar com os distúrbios naturais. No entanto, a fauna de águas mais rasas e de menor dinâmica foi significativamente impactada pelo arrasto. Houve alteração significativa na biodiversidade da comunidade bentônica em 43% dos arrastos. Ficou evidenciado que a estrutura vertical dessa comunidade se altera após a passagem do arrasto, soterrando parte da fauna ou colocando os organismos em suspensão que são transportados para outros locais.

O caso mais importante foi evidenciado para o crustáceo *Monokallipseudes schubbarthi*. Essa é uma espécie-chave para a cadeia estuarina, sendo uma das principais presas de vários recursos pesqueiros, inclusive o camarão-rosa. Os experimentos conduzidos avaliaram que os juvenis dessa espécie se concentram na camada superior do sedimento (0-5 cm) e são soterrados após a passagem do arrasto, aumentando sua

abundância na camada inferior (5-10 cm). Uma vez que essa biomassa sai da camada superior ela se torna inacessível para predadores demersais, como o próprio camarão-rosa. Portanto, o arrasto produz um efeito trófico importante na LP, diminuindo a disponibilidade de presas e afetando a alimentação de recursos demersais.

Sabendo disso, foram criados mesocosmos em uma zona protegida (Saco do Justino), para testar o efeito do arrasto sobre a alimentação de diferentes recursos pesqueiros. No caso do próprio camarão-rosa, ficou evidenciado que a espécie, após o arrasto, muda seu hábito alimentar, ingerindo maior quantidade de material vegetal e matéria orgânica e diminuindo o consumo de presas mais energéticas, como Ostracoda e Crustacea (Fig. 7). Isso se deu, pois, a passagem do arrasto destrói as pradarias submersas e aumenta a disponibilidade desse item, induzindo o camarão a se alimentar desse recurso.

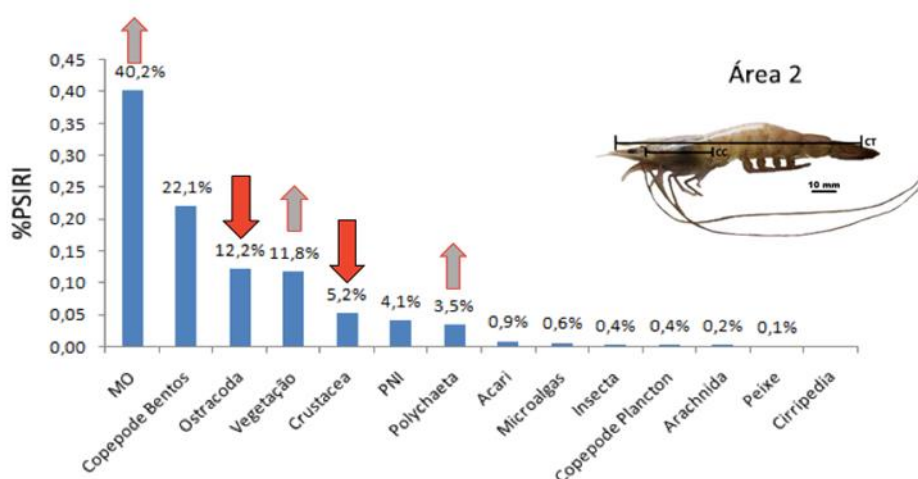


Figura 7. Variação da dieta do crustáceo *Monokallipseudes schubbarthi* em função da pesca de arrasto.

## B-8 Cetáceos

**ATIVIDADES:** Para atender os objetivos 15 e 16 foram realizadas saídas de monitoramento embarcado no Estuário da Lagoa dos Patos (ELP) e áreas costeiras adjacentes para obtenção de dados de foto-identificação, biópsias, posição e composição de grupo dos botos que habitam a Lagoa dos Patos. Os grupos de botos encontrados durante as saídas de campo foram identificados a partir de marcas de longa duração presentes em suas nadadeiras dorsais e biopsiados sempre que possível (Fig. 8). A partir do posicionamento geográfico dos indivíduos foto-identificados, estimou-se o padrão de distribuição espaço-temporal dos indivíduos ao longo dos últimos anos e verificaram-se as

variações interanuais e sazonais em sua distribuição. A ecologia alimentar também foi investigada através da análise de isótopos de carbono e nitrogênio das amostras de pele. As amostras foram processadas e enviadas para análise, porém os resultados ainda não foram recebidos em função das restrições impostas pela pandemia.



Figura 8. Monitoramento da população de botos do Estuário da Lagoa dos Patos e águas costeiras adjacentes inclui atividade de coleta de biópsia e fotoidentificação (esq.). Foto a direita: Exemplo de marcas naturais (cortes e arranhões profundos) utilizadas para identificar os botos individualmente através da foto-identificação

**RESULTADOS:** Um total de 130 saídas de campo foram realizadas no ELP e águas costeiras adjacentes entre janeiro de 2017 e abril de 2021. Durante as saídas, 36 animais puderam ser biopsiados para obtenção de pele que foi utilizada para análises de isótopos estáveis.

Os dados analisados neste período indicam que a população está estável sob o ponto de vista de sua dinâmica populacional (*Objetivo 15*). Embora tenhamos detectado um aumento na abundância no primeiro ano de estudo e uma leve tendência de declínio nos últimos três anos na abundância total (Fig. 9), não detectamos mudanças significativas na abundância de animais marcados (adultos) nem nos seus parâmetros reprodutivos (em média, 8 nascimentos por temporada).

A tendência no padrão de distribuição, tamanho de grupo e uso do habitat (*Objetivo 15*) também se mostraram similares ao que já vinha sendo reportado para anos anteriores, com a boca da barra e adjacência dos molhes sendo as áreas mais importantes para os botos (Fig. 10). Ao longo do período de estudo houve um aumento no número de avistagens na área mais interna do estuário comparado com os três anos anteriores. Porém, a comparação histórica da distribuição/uso do habitat na região costeira não pôde ser executada de forma adequada devido ao baixo esforço amostral.

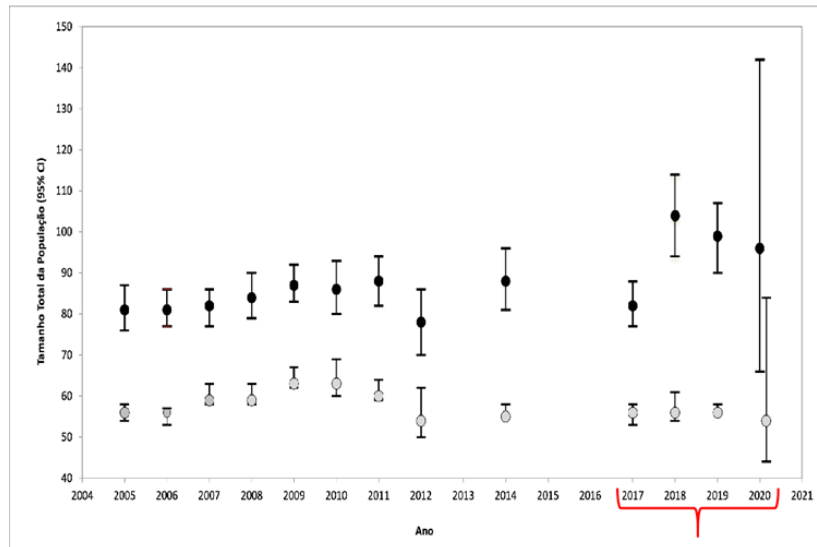


Figura 9. Tendências temporais na abundância da população de botos que utiliza o estuário da Lagoa dos Patos e águas costeiras adjacentes. Círculos negros indicam abundância total da população (tendência superior) e círculos cinza informam as estimativas pontuais apenas do número de animais marcados na população (tendência inferior na figura). Colchete vermelho realça o período de estudo (2017-2020).

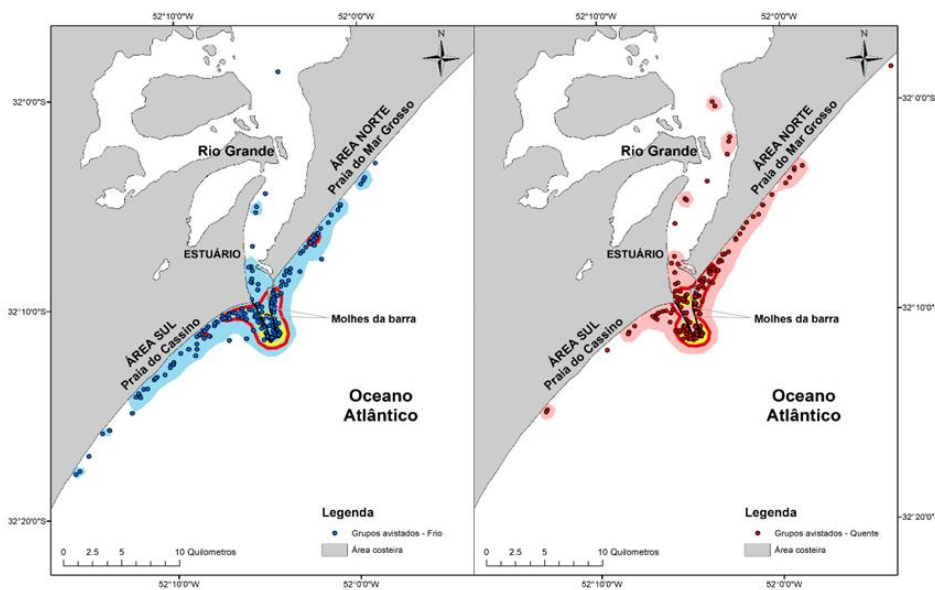


Figura 10. Estimativa de padrão de uso especial dos botos no estuário da Lagoa dos Patos e águas costeiras adjacentes em 2019. Os mapas representam o Kernel das avistagens no período frio (maio a outubro) e quente (novembro a abril), respectivamente, com as densidades de 90% (cor cheia), 50% (linha vermelha) e 25% (linha amarela) representadas.

A continuação das estimativas de abundância e reprodução nos próximos anos poderá ajudar a verificar se estas tendências serão mantidas ou revertidas. A tendência temporal na abundância desta população após a implementação da INI 12/2012 (Objetivo 16, Fig. 9) não mostra um padrão claro, sendo necessária uma maior série temporal assim como uma avaliação

da real efetividade e respeito por parte da comunidade pesqueira, da Área de proteção do boto, implementada nessa INI. De fato, o cumprimento desta INI (Objetivo 16) não pode ser avaliado, porém, dados não publicados pelo Ecomega indicam que esta não vem sendo cumprida na íntegra. Por tanto, será necessário verificar se uma possível falta de fiscalização na área de proteção e consequente desrespeito por parte de alguns pescadores nos últimos anos, entre outros fatores, resultaram na tendência de queda na abundância observada nos últimos três anos.

#### **B-9 Aves**

**ATIVIDADES:** Amostragem de sangue de filhotes de garças em ninhal localizado no estuário da Lagoa dos Patos. O número de amostras coletadas não foi suficiente devido à impacto na vegetação arbórea para abertura de canal realizada em período de estabelecimentos do ninhal no local.

**RESULTADOS:** A análises de isótopos estáveis coletadas estão em processamento. Resultados preliminares confirma a dieta predominante piscívora das espécies de garças de grande porte, e uma dieta mais variada, complementada por anfíbios e insetos nas garças de menor porte - *Nycticorax nycticorax* e *Bubulcus ibis*. Resultados completos serão reportados em dissertação de mestrado prevista para meados de 2021.

#### **B-10 Pesca**

**ATIVIDADES:** Foram analisadas as mudanças de longo prazo em aspectos da dinâmica populacional e na história de vida da corvina (*Micropogonias furnieri*) no sul do Brasil, para entender como quatro décadas de pesca pesada (1976 a 2017) afetaram sua dinâmica populacional (*Objetivo 14*).

**RESULTADOS:** Analisamos as mudanças de longo prazo em aspectos da dinâmica populacional e na história de vida da corvina (*Micropogonias furnieri*) no sul do Brasil, para entender como quatro décadas de pesca pesada (1976 a 2017) afetaram sua dinâmica populacional. Nas primeiras três décadas, o tamanho e a estrutura etária foram erodidos com a perda de indivíduos maiores (> 60 cm de comprimento total) e mais velhos (> 20 anos). O crescimento individual aumentou acentuadamente até o início dos anos 2000 e se estabilizou a partir de então. A idade de primeira maturação diminuiu em um ano para as fêmeas, a mortalidade total (Z) aumentou três vezes e o tamanho do estoque diminuiu aproximadamente 90%. Apesar das mudanças na estrutura populacional devido à pesca intensa e às altas taxas de exploração, os desembarques permaneceram altos até o final dos anos 2000 e

na última década diminuíram menos do que o esperado por uma avaliação de estoque anterior, o que ressalta uma resiliência do estoque frente à uma ampla exploração pesqueira. A resiliência do estoque pode ser explicada por suas características de história de vida: (i) alta fecundidade, (ii) vários eventos de desova durante uma estação reprodutiva prolongada em águas costeiras, (iii) grandes viveiros estuarinos não afetados pela pesca industrial e (iv) crescimento mais rápido e maturação sexual precoce devido à redução na competição alimentar e possivelmente evolução via seletividade genotípica. No entanto, a estabilização das taxas de crescimento individual, a alta taxa de exploração e o baixo potencial de desova alertam para o risco de um maior declínio da população e do colapso da pesca se a pressão pesqueira persistir.

## **B-11 Oceanografia física**

**ATIVIDADES:** A parte de coletas in situ constou de campanhas ou cruzeiros de coleta de dados (Fig.11) e do estabelecimento de fundeios de equipamentos em posições chave e que registram séries temporais de Salinidade, Temperatura e Pressão (nível ou oscilação das águas) e, também de um perfilador acústico de correntes.

*Cruzeiros de coleta de dados:* No total ao longo de todo o estuário da Lagoa dos Patos, com recursos do presente convênio e de outros projetos, cujos dados estão sendo utilizados para se atingir os objetivos propostos nos *objetivos 1 e 2* foram realizados 3 cruzeiros. Dois deles em período de outono, quando há maior extensão da propagação de águas salgadas para o interior da Lagoa dos Patos (abril 2018 e maio 2019) e o terceiro em agosto de 2017 em regime de alta descarga. Além das estações constantes na Figura 3, foram retirados e recolocados 3 Termo-condutivímetros (CT, SBE 37 SM) instalados na fase anterior do projeto (2016). Esses equipamentos estão nas estações de posição 19, 20 e 12.

Com recursos próprios do Laboratório Oceanografia Costeira e Estuarina (LOCOSTE) foram realizados 8 cruzeiros em períodos de alta descarga cobrindo as estações 1 (sempre que condições de mar permitiam), 3, 4, 5 e algumas vezes a 6. Em 7 cruzeiros participaram alunos do curso de graduação de Oceanologia, 5 a 6 por cruzeiro, e de pós-graduação. Os dados são básicos para se entender a propagação de água salgada, a formação de cunha salina e da frente do estuário frente à variação da descarga fluvial.

Em cada estação o procedimento era de lançamento de um CTD JFE-ADVANTEC modelo RINKO, dotado, também, de sensores de Turbidez, Fluorescência e Oxigênio Dissolvido para o registro dos perfis verticais dessas variáveis. Também eram feitas coletas de água em garrafas do tipo NISKIN para se calibrar o sensor de turbidez do CTD transformando sua leitura em

NTU para unidades de concentração de material em suspensão. De forma simultânea, um perfilador acústico de correntes (ADP) Sontek de 500 KHz, registrava perfis verticais de velocidade e direção de correntes.

*Fundeio de equipamentos:* Em 2019, graças a um termo de cooperação entre o LOCOSTE e a empresa Austral Soluções Ambientais, foram instalados 3 CT cobrindo as profundidades de 1 m, 5 m e 9 m, no píer da Estação Naval de Rio Grande (ENRG), no canal de acesso à Lagoa dos Patos. Os dados de Salinidade e temperatura são registrados em intervalos horários.

Além dos 6 CT já mencionados anteriormente, foram fundeados mais dois CT já nas áreas internas da Lagoa dos Patos. Este trabalho foi feito por via rodoviária e os equipamentos instalados em trapiches costeiros das localidades de São Lourenço do Sul e Tapes. Isto é especialmente importante em períodos de La Niña quando águas de origem marinha podem atingir grandes distâncias no interior da Lagoa dos Patos.

Outro equipamento importante que foi fundeado em agosto de 2018 é um ADP Sontek Argonaut de propriedade da Praticagem da Barra de Rio Grande. Graças a uma relação de longo período, entre o LOCOSTE e essa empresa, pesquisadores deste Laboratório têm acesso direto aos dados. Com isto, volta-se a possibilidade de se monitorar velocidade e direção de correntes por longo período de tempo que havia sido interrompida em 2012 por pane dos ADP do LOCOSTE. Com a calibração deste ADP a partir de dados coletados nos cruzeiros já mencionados, pode-se estimar a concentração de material em suspensão, em perfis verticais e os fluxos derivados da associação velocidade de correntes e esta variável. O ADP está instalado na profundidade de 16 m, próximo à estação da Praticagem da Barra e fornecem perfis verticais de velocidade e direção de correntes a cada 10 minutos.

Com isto, tem-se uma massa de dados importante para os estudos que estão sendo desenvolvidos dentro deste projeto. Infelizmente, a pandemia fez com que não fosse possível se retornar e recuperar os equipamentos e os dados registrados pelos CT das estações 19, 20 e 12 da Fig. 1, desde maio de 2019. As baterias devem ter se esgotado e incrustações, principalmente de cracas devem ter tomado conta dos aparelhos.

*Organização dos dados:* Uma massa tão grande de informações requer que esses dados sejam organizados. Praticamente todos os dados de CTD dos cruzeiros estão numa planilha contendo todas as informações como nome do cruzeiro, embarcação utilizada, data, hora, posição (lat., long) profundidade da estação, profundidade de coleta e, na sequência os dados básicos fornecidos pelo equipamento. Os dados de ADP estão em fase de organização.

Os dados das séries temporais dos fundeios estão, também em planilhas com as informações básicas de posição, data e hora e da variável coletada. No

caso dos perfis de velocidade e direção de correntes obtidos pelo ADP da Estação da Praticagem, tem-se planilhas para as componentes longitudinais e transversais de correntes por profundidade de registro. Estes dados, juntamente com informações históricas registradas desde 1975 estão sendo organizadas de forma a facilitar a distribuição das mesmas ou disponibilização através de um banco de dados.

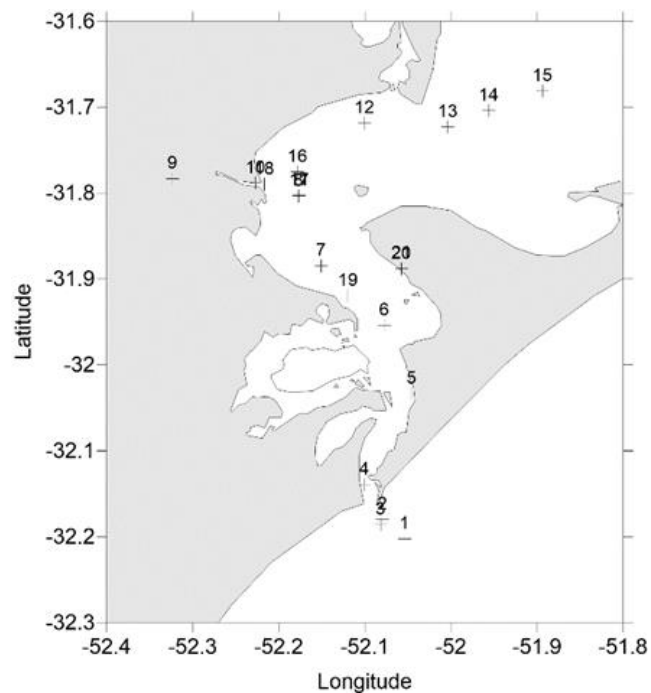


Figura 11. Posição das estações dos cruzeiros realizados ao longo do estuário da Lagoa dos Patos.

**RESULTADOS:** Foi desenvolvido um modelo numérico integrando as lagoas dos Patos, Mirim e a plataforma continental, estimando fluxos oriundos de efeitos do vento e descarga da Lagoa Mirim para a Lagoa dos Patos e, desta, para o oceano (resultados apresentados em Oliveira et al., 2019). A determinação das curvas chave dos principais afluentes à Lagoa dos Patos relacionando descarga e concentração de sedimento em suspensão. Também foram determinados os fluxos de sedimento dos afluentes para a lagoa dos Patos.

Determinação da variabilidade temporal dos fluxos de água e sedimento em suspensão trocados entre a Lagoa dos Patos e a zona costeira adjacente. A variabilidade das correntes, nível e salinidade sob o efeito do vento e da descarga fluvial no baixo estuário da Lagoa dos Patos.

*Influência de fatores antrópicos sobre a hidrodinâmica do ELPA, e sua ação sobre a variabilidade da salinidade e das correntes.*

A influência de fatores antrópicos sobre a hidrodinâmica do ELPA foi avaliada através de experimentos de modelagem numérica com o Modelo TELEMAC considerando a configuração antiga e a configuração atual dos Molhes da Barra do Rio Grande, para situações de alta e baixa descarga. Os resultados desse estudo foram descritos em detalhes por António et al. (2020). Abaixo serão apresentados de forma resumida resultados da variabilidade da salinidade para os dois cenários estudados, para a simulação de alta descarga (Fig. 12 – 16).

As diferenças na salinidade entre as configurações antiga e nova dos Molhes da Barra variaram de 10 a 25 unidades nas enseadas rasas e próximo ao limite estuarino (Fig. 12). Durante as condições de inundação, a salinidade foi reduzida em mais de 30% na região estuarina com a nova configuração (Fig. 12C, 12F). Em condições de vazante, verificou-se uma redução de salinidade de até cinco unidades nas enseadas rasas.

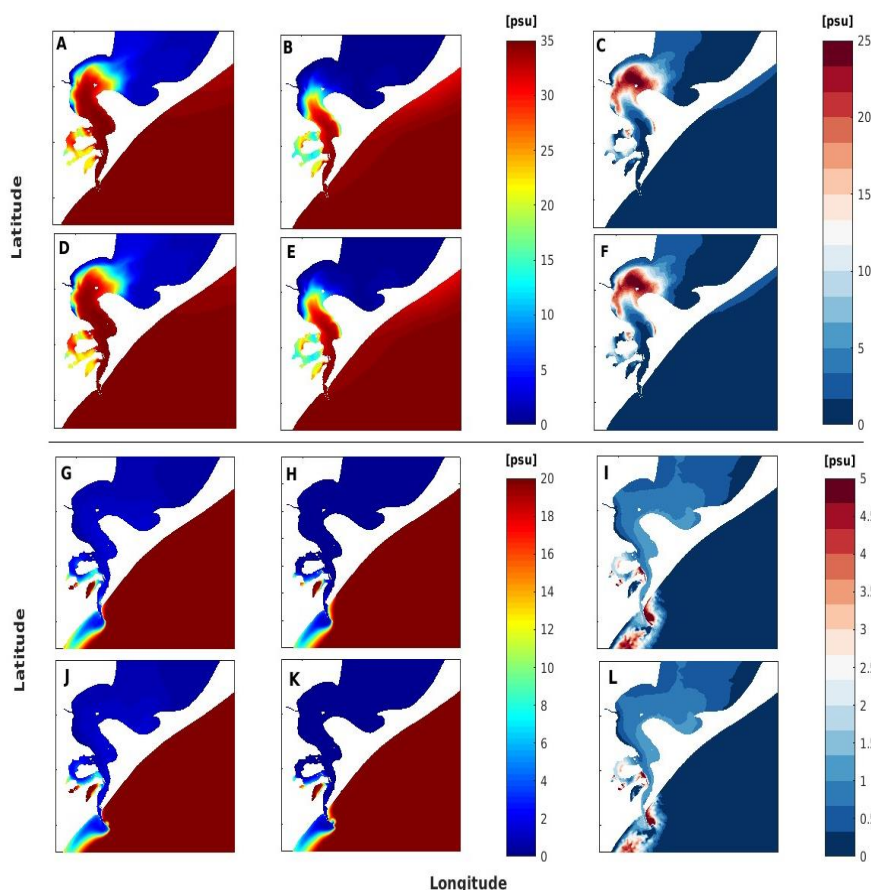


Figura 12 - Distribuição espacial de salinidade durante a enchente máxima (painéis superiores) e vazante máxima (painéis inferiores) durante o período de alta vazão (2002-2003), considerando os cenários antigo (esquerda) e novo (centro) e a diferença calculada na distribuição de salinidade (direito). Os resultados são apresentados para a superfície (A, B, C, G, H, I) e para o fundo (D, E, F, J, K, L).

A variabilidade na salinidade apresentou uma periodicidade significativa de aproximadamente 10-15 dias, com uma resposta semelhante para os cenários antigo (Fig. 13A-13C) e novo (Fig. 13D-13F) na entrada do estuário. O espectro de potência global mostrou que apenas as frequências em escalas de tempo <15 dias foram significativas para as configurações antiga e nova (Fig. 13C, 13F). Os resultados para o estuário médio (P4, Fig.13I, 13L), indicaram que esta periodicidade de <15 dias existia apenas durante o primeiro período da simulação (abril-junho, agosto). O limite superior do estuário (P5) apresentou comportamento semelhante (não mostrado). O sinal de intrusão de salinidade perdeu força em direção ao interior da lagoa, e essa diminuição de energia ficou mais evidente com a nova configuração dos Molhes da Barra.

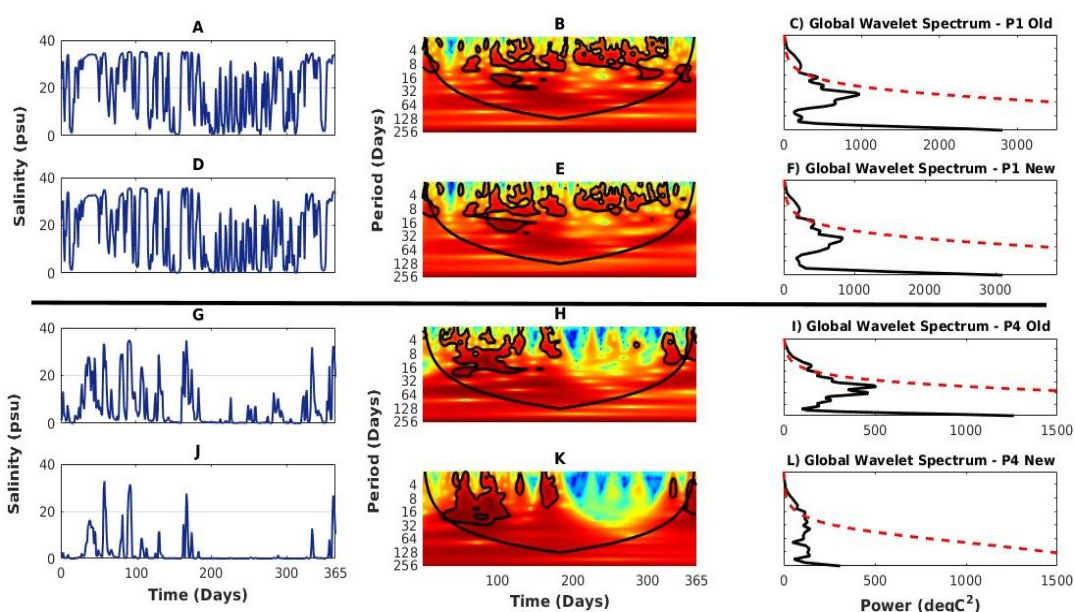


Figura 13 - (A, D, G e J) Séries temporais de salinidade e (B, E, H e K) espectro de potência das ondaletas das séries temporais para a entrada do estuário (P1, 2 painéis superiores) e próximo ao limite do estuário (P4, 2 painéis inferiores), durante o período de alta descarga (2002-2003) para as configurações antiga (A, B, G e H) e nova (D, E, J e K) de cais. A linha de contorno espessa incluiu regiões com mais de 95% de confiança. As regiões traço-ponto indicam o cone de influência.

Em relação a mudanças na estratificação de salinidade na região dos Molhes da Barra, a estratificação lateral foi evidente entre os Molhes durante as condições de enchente e vazante, tanto na superfície quanto no fundo para os cenários antigo (Fig. 14A, 14D, 14G, 14J) e novo (Fig. 14B, 14E, 14H, 14K). A estratificação lateral ocorreu na foz do estuário, com maior salinidade próximo ao leste do que no Molhe Oeste. Também ficou evidente que a faixa de valores de salinidade entre os Molhes mudou após a modificação. No cenário antigo, durante a inundação, a salinidade lateral entre os Molhes variava de 30–35 e foi reduzida para 23–27 após a obra de modificação dos Molhes. Durante as condições de vazante, os valores de salinidade lateral mudaram de 27-30 para 20-25 após a modificação.

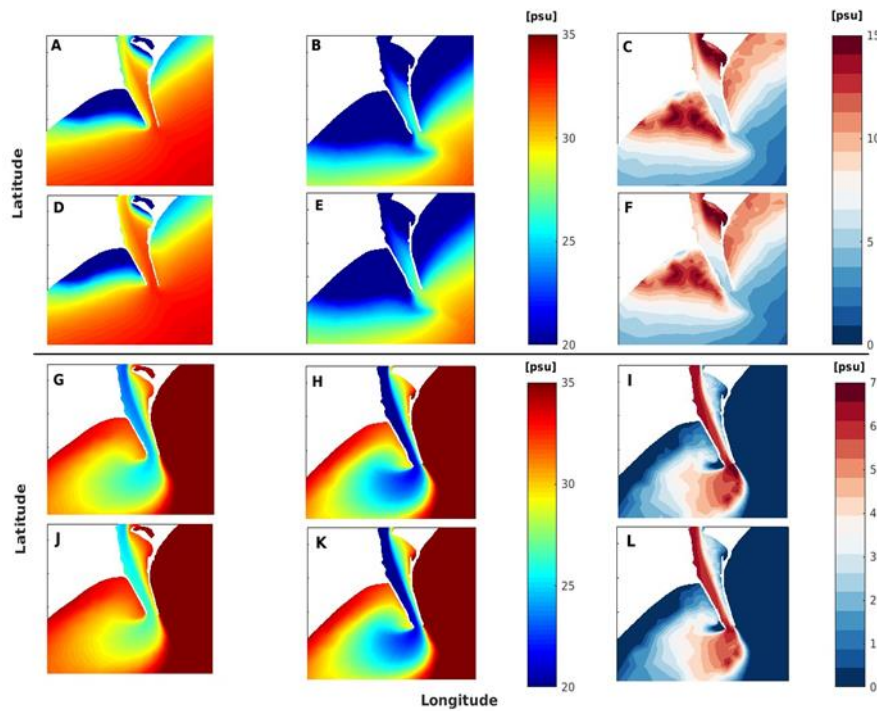


Figura 14. Distribuição espacial da salinidade na foz do estuário, mostrando mudanças na intensidade e estratificação lateral entre os Molhes durante o período de alta vazão (2002–2003). Enchente (painéis superiores) e vazante (painéis inferiores), para os cenários antigo (esquerda) e novo (centro), e a diferença calculada na distribuição de salinidade (direita) na superfície (14A, 14B, 14C, 14G, 14H, 14I) e inferior (14D, 14E, 14F, 14J, 14K, 14L).

A estratificação lateral também foi observada na série temporal da velocidade da corrente para ambos os cenários simulados. A distribuição de frequência das velocidades da corrente também revelou estratificação lateral na boca do estuário e indicou velocidades superiores a 6 m/s na superfície e perto de 3 m/s no fundo durante as condições de enchente (Fig. 15 e 16). Reduções nas velocidades de vazante e enchente ocorreram no centro do canal e no canal leste das configurações do Molhe antigo para novo, tanto para a superfície (Fig. 15B, 15C, 15E, 15F) quanto para o fundo (Fig. 16B, 16C, 16E, 16F). Em contraste, na nova configuração, a intensificação da vazante e do fluxo foi registrada na superfície (Fig. 15A, 15D) e no fundo (Fig. 16A, 16D). A frequência das altas velocidades foi reduzida na área central e no lado oeste, enquanto as velocidades máximas de enchente e vazante aumentaram no lado leste, tanto na superfície quanto no fundo.

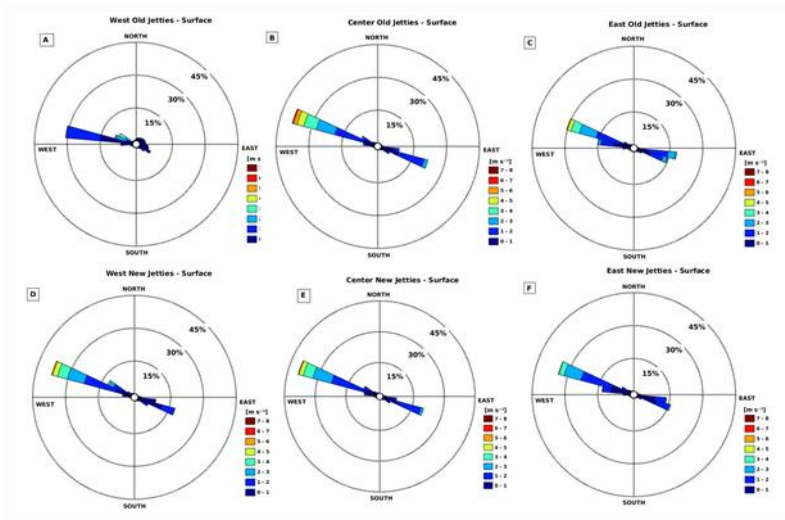


Figura 15. Distribuição de frequência da velocidade da corrente e ângulo de incidência na superfície para pontos no Molhe Oeste (15A e 15D), centro (15B e 15E) e Molhe Leste (15C e 15F) na entrada do estuário, para a configuração antiga do Molhe(superior) e a configuração nova (inferior), durante o período de alta vazão (2002–2003, El Niño). As velocidades para o norte (para o sul) denotam o fluxo de saída (influxo).

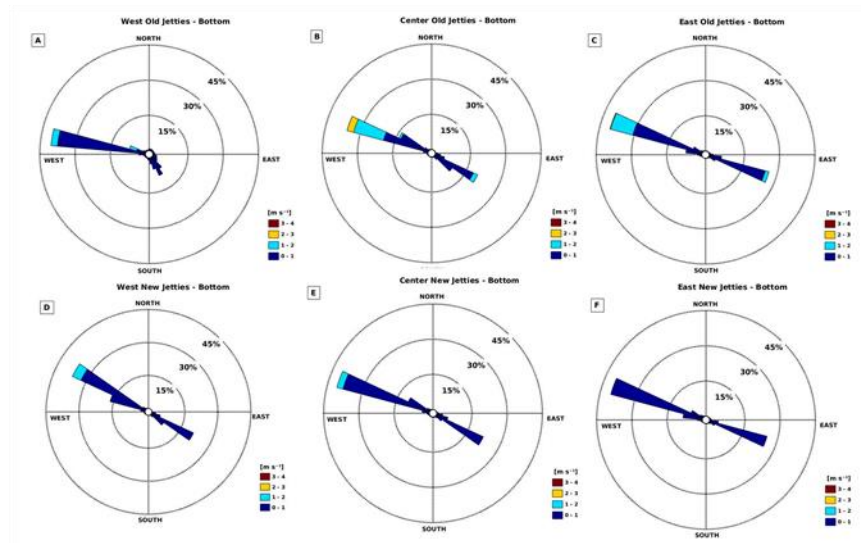


Figura 16. Distribuição de frequência da velocidade da corrente e ângulo de incidência no fundo para pontos no Molhe Oeste (16A e 16D), centro (16B e 16E) e Molhe Leste (16C e 16F) na entrada do estuário, para a configuração antiga do Molhe(superior) e a configuração nova (inferior), durante o período de alta vazão (2002–2003, El Niño). As velocidades para o norte (para o sul) denotam o fluxo de saída (influxo).

*Efeito do vento e da descarga fluvial na variabilidade da salinidade na região estuarina e em áreas rasas em escala sinótica, sazonal e de longo prazo das águas no estuário da Lagoa dos Patos*

O efeito do vento e da descarga fluvial na variabilidade da salinidade na região estuarina foi avaliada através de experimentos de modelagem numérica com o Modelo TELEMAC considerando a configuração atual dos Molhes da Barra do Rio Grande, para um período de 5 anos. Os resultados desse estudo foram descritos em detalhes por Bitencourt et al. (2020a). Abaixo serão apresentados de forma resumida resultados da variabilidade da salinidade em resposta a variações do vento e da descarga continental (Fig. 17-19).

A variabilidade espacial e temporal da salinidade da superfície é mostrada em comparação com as anomalias diárias da descarga do rio, estresse do vento, taxas de precipitação e SOI (Fig.17) para determinar se existem correlações entre ENOS e salinidade. Durante os anos do El Niño (Fig. 17E, vermelho), como 2002 e 2003, as taxas de precipitação estão acima da média (Fig. 17D, azul) e há um aumento na vazão do rio, resultando em uma anomalia de vazão positiva (Fig. 17B). Os efeitos do El Niño também são vistos no estresse do vento, com a prevalência de ventos de sul (Fig. 17C), que reflete diretamente o comportamento da salinidade. Em meados de 2002, as intrusões de sal são bloqueadas e a área estuarina permanece fresca por períodos mais longos (Fig.17A), mesmo que curtos períodos de intrusão de salinidade ainda possam ser observados. Um padrão semelhante é observado em 2003, porém, com mais episódios de intrusões de salinidade, que, como visto no final de 2003, podem atingir a cabeceira do estuário com salinidades em torno de 15 psu.

Por outro lado, durante os anos *La Niña* (Fig. 17E, azul), como 2004 e 2006, as taxas de precipitação estão abaixo da média (Fig.17D, vermelho) e, como resultado, uma anomalia de descarga negativa é observada (Fig.17B). Seus efeitos sobre o estresse do vento se refletem na prevalência de ventos do norte (Fig.17C), afetando diretamente as intrusões de salinidade. Durante o ano de 2004, quase toda a área estuarina permaneceu salgada, com os maiores valores perto do estuário inferior e médio, diminuindo a sua concentração para o estuário superior. O mesmo padrão foi observado em 2006. Principalmente durante os anos *La Niña*, as intrusões de salinidade foram mais fortes e intensas, podendo atingir o interior da lagoa. Finalmente, durante 2005, as taxas de precipitação flutuam entre abaixo e acima da média (Fig.17D), e o mesmo padrão pode ser observado na anomalia de descarga de 2006 (Fig.17B). Em termos de estresse do vento, também pode ser visto que há mais mudanças dos movimentos de sul para norte (Fig.17C). O padrão de salinidade ao longo do canal deve ser uma mistura de anos El Niño e *La Niña*, mas parece ser mais semelhante ao padrão de anos *La Niña*: concentrações mais altas do estuário inferior ao médio, quase alcançando o estuário superior, com um único evento forte de alta vazão do rio resultando no transporte de água salgada para fora do estuário (Fig.17A).

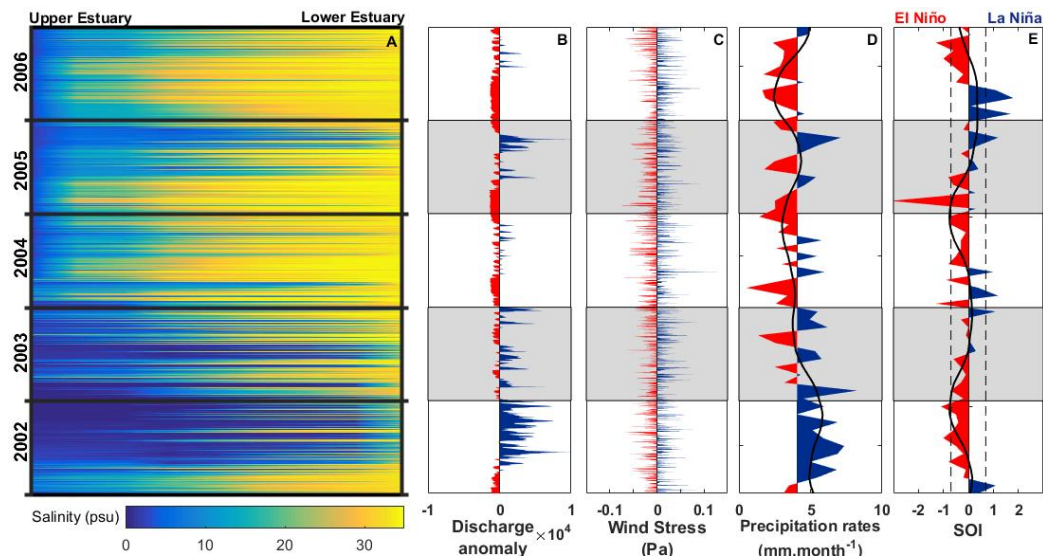


Figura 17 - (A) Distribuição no espaço (eixo x) -tempo (eixo y) da salinidade da superfície do estuário superior para o inferior para o período de 2002-2006. (B) Anomalia diária da vazão dos rios Guaíba + Camaquã e (C) estresse de vento diário ao longo da costa  $\tau_y$  (Pa) no ponto 1.  $\tau_y < 0$  ( $\tau_y > 0$ ) representa um movimento para o sul (para o norte). A vazão média dos rios Guaíba e Camaquã ( $1540 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) e o estresse do vento zero são indicados em (B) e (C), respectivamente. Os valores médios acima (abaixo) em (B) e (C) são mostrados em azul (vermelho). (D) Taxas de precipitação em torno da média (valores maiores que a média são mostrados em azul e valores menores que a média são mostrados em vermelho) e sua tendência de longo prazo (preto). (E) Índice de Oscilação Sul (SOI) e sua tendência de longo prazo (preto). O cinza sombreado em (B, C, D, E) foi usado para diferenciar os anos.

Assim, com base na Figura 17, dois padrões principais podem ser definidos: 1) durante os períodos de baixa vazão do rio e a predominância de ventos de SW, que promovem fluxos no estuário, a extensão da intrusão de sal atinge o estuário superior, resultando em grande variação espacial em salinidade ao longo do estuário, observada em 2004 e 2006; e 2) durante a maior vazão do rio e a predominância de ventos NE, que promovem fluxos para fora do estuário, como em 2002 e 2003, a área estuarina pode permanecer fresca por vários meses, como visto em meados de 2002, induzindo eventos de pluma de rio. No entanto, eventos de fluxo fora do estuário podem ser revertidos por ventos elevados de SW ( $\tau_y > 0,05 \text{ Pa}$ ). No geral, os resultados do modelo mostram uma relação inversa entre salinidade e vazão do rio.

Mas em que outras escalas de tempo a salinidade está relacionada com a descarga de água doce e com o vento? A fim de explorar melhor essas escalas temporais no estuário da Lagoa dos Patos, uma análise de ondaletas cruzadas na série temporal de salinidade de 5 anos foi realizada, correlacionando seu comportamento com a vazão do rio e a série temporal do vento (Fig.18) em P2. Próximo à foz do estuário (P2), os resultados mostraram relações entre salinidade e vazão do rio. Essas relações são marcadas por linhas de contorno delimitadas por regiões dentro da área da linha tracejada (Fig.18B) e ocorrem

principalmente em intervalos de 128 e 256 dias durante 2002-2003 (Fig.18B) e 128-512 dias em 2004-2005 (Fig.18B), indicando influências sazonais e interanuais relacionadas aos ciclos ENSO (Fig.18G), o que está de acordo com os resultados do espectro de potência global (Fig.18C), onde a potência (Fig.18C, linha sólida) é maior que o nível de confiança de 95% (Fig.18C, linha tracejada) por períodos superiores a 128 dias. Enquanto isso, a correlação vento e salinidade (Fig.18D) ocorre em um intervalo de tempo menor, com curvas de nível fechadas ocorrendo entre 2 e 15 dias (Fig.18E, 18F) sugerindo a influência dos ventos sinóticos no comportamento da salinidade, estando de acordo com o espectro de potência global (Fig.18F), onde o espectro de potência (9F, linha sólida) é maior do que o nível de confiança de 95% (Fig.18F, linha tracejada) durante 2 a 15 dias. A correlação significativa entre vento e salinidade é mais persistente em 2002-2003 e 2005 (anos El Niño) do que em 2004 ou 2006 (anos La Niña) (Fig.18G). Com base nesses resultados, exploraremos agora mais a influência da descarga e do vento na distribuição de salinidade em escalas de tempo mais curtas.

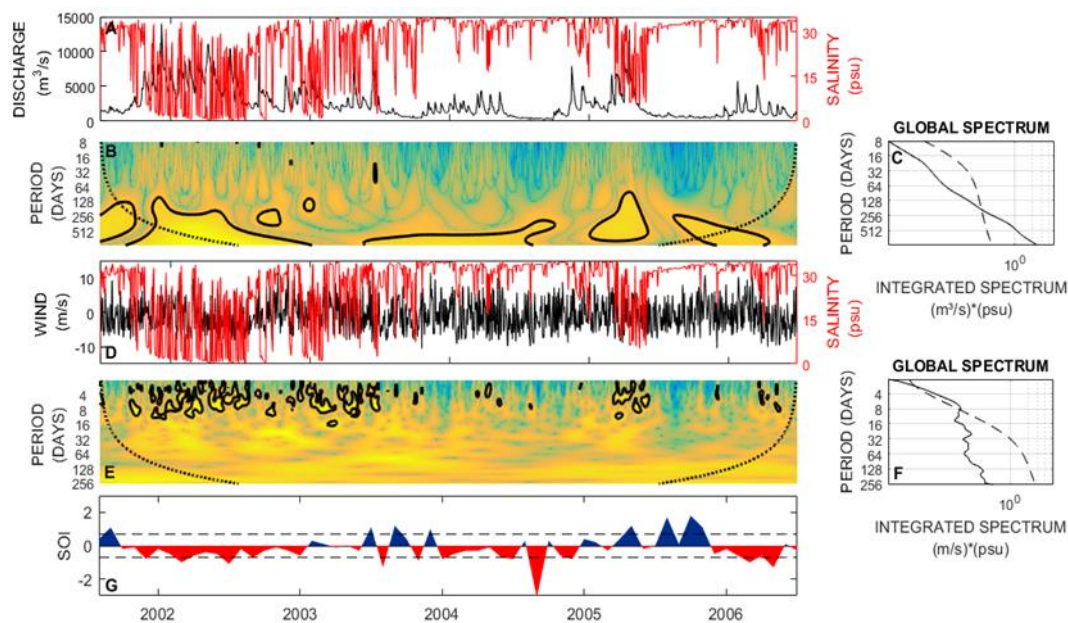


Figura 18 - A) Séries temporais da vazão do rio (preto) e salinidade (vermelho). (B) Espectro cruzado de energia local usando a ondaleta de chapéu mexicano. As linhas de contorno envolvem regiões com intervalo de confiança de 95%. A linha tracejada indica o cone de influência onde os efeitos de borda se tornam importantes. (C) Os espectros médios de potência global. A linha tracejada representa o nível de confiança de 95%. (D) Séries temporais de velocidade do vento (preto) e salinidade (vermelho). (E) Espectro cruzado de energia local usando a ondaleta de Morlet. As linhas de contorno envolvem regiões com intervalo de confiança de 95%. A linha tracejada indica o cone de influência onde os efeitos de borda se tornam importantes. (F) Os espectros médios de potência global. A linha tracejada representa o nível de confiança de 95%. (G) Índice de Oscilação Sul (SOI), onde positivo representa anos de La Niña e negativo representa anos de El Niño.

Para entender como a salinidade responde a variabilidade do vento em curtos intervalos de tempo (<15 dias), a resposta da salinidade de superfície foi simulada para oito direções do vento (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW), como mostrado na Fig. 19. Os regimes N, NE e NW induzem salinidade se deslocando ao longo da costa em direção ao sul, formando gradientes de salinidade ao longo da área estuarina (ventos de N e NW). Em regimes de vento E, SE, S e SW, por outro lado, a água salgada está confinada no estuário da Lagoa dos Patos com gradientes de salinidade laterais evidentes, às vezes alcançando além do limite estuarino e confinando a água salgada ao lado oeste do estuário baseado na geomorfologia da lagoa. Embora a salinidade varie horizontalmente sob a influência do vento de todas as direções, não houve estratificação vertical, exceto no estuário superior.

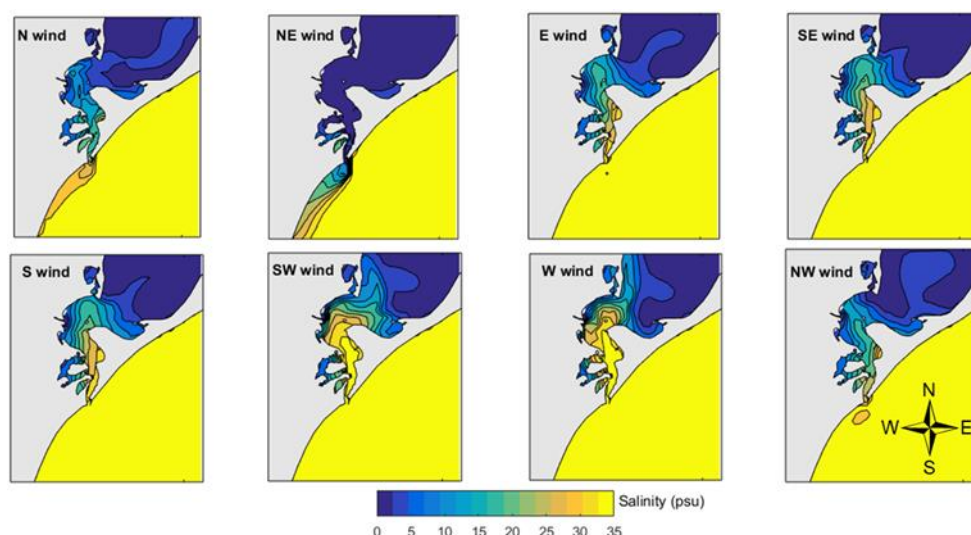


Figura 19. Campos superficiais de salinidade simulados para ventos de N, NE, E, SE, S, SW, W, NW.

### *Variabilidade espacial e temporal das concentrações de sedimento em suspensão do ELPA*

A variabilidade espacial e temporal das concentrações de sedimento em suspensão (CSS) do ELPA foi avaliada através de experimentos de modelagem numérica com o Modelo TELEMAC considerando a configuração atual dos Molhes da Barra do Rio Grande, para um período de 5 anos. Os resultados desse estudo foram descritos em detalhes por Bitencourt et al. (2020b). Abaixo serão apresentados de forma resumida resultados da variabilidade das concentrações de sedimento em suspensão (Fig. 20-21).

A Figura 20 apresenta a evolução temporal da CSS de superfície calculada para a simulação de 5 anos e dados de descarga de sedimentos e

rios medidos no Rio Guaíba, Rio Camaquã e Canal de São Gonçalo (Fig.20a, 20b, 20c) para o mesmo período, indicando as descargas médias de 1326,5 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, 365,6 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> e 871,4 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, respectivamente. A contribuição continental geral teve uma descarga média de 2563,5 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, que é superior à média histórica. A série temporal de CSS de superfície calculada para este período de 5 anos mostrou uma correlação direta com a vazão do rio (rio Guaíba:  $r = 0,84$ ; Rio Camaquã:  $r = 0,73$ ; Canal de São Gonçalo:  $r = 0,77$ ), enquanto um aumento (diminuição) no rio as descargas resultam em aumento (diminuição) da SSC, com diferenças relacionadas ao tempo de residência na Lagoa dos Patos (135 dias - 5.000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>; 85 dias - 8.000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>; 68 dias - 10.000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>).

As descargas de sedimentos (Fig.20a, 20b, 20c - linhas azuis) para os três principais afluentes mostraram uma variabilidade significativa ao longo do período simulado. As descargas de sedimentos no Rio Guaíba (Fig.20a - linha azul) variaram de 1,4 a 166.400 g.dia<sup>-1</sup>, com vazão máxima de 166.400 g.dia<sup>-1</sup>. Valores menores foram observados no Rio Camaquã (vazão máxima: 34,546 g.dia<sup>-1</sup>, Fig.20b - linha azul) e no Canal São Gonçalo (vazão máxima: 30,073 g.dia<sup>-1</sup>, Fig.20c - linha azul). No geral, as taxas de descarga de sedimentos mais altas (mais baixas) foram observadas durante os períodos úmidos (secos) e durante os anos de El Niño (La Niña). A série temporal de SSC calculada mostra um padrão claro de concentrações mais altas durante os períodos úmidos (max SSC 180 mg.L<sup>-1</sup>) e concentrações mais baixas durante os períodos secos (max SSC 20 mg.L<sup>-1</sup>).

Em escala sazonal, as CSS na área estuarina (Fig.21e, 21f, 21g, 21h), foram maiores próximo à foz do Canal São Gonçalo, com concentrações decrescentes em direção à zona costeira. Principalmente, houve um aumento das CSS durante o inverno (Fig.21g) e primavera (Fig.21h) relacionado ao aumento da vazão do São Gonçalo e a predominância de ventos de NE, que favorecem eventos de vazante, e tendem a transportar CSS em distâncias maiores atingindo a zona costeira. Durante o verão (Fig.21e) e outono (Fig.21f), por outro lado, com regimes de vento NE fracos, as CSS parecem ser menores, com intensidade decrescente ao longo do estuário. Embora as CSS da Lagoa dos Patos tenham mostrado grande variabilidade espacial e temporal entre os afluentes (Fig.20) ao longo da simulação de 5 anos, os afluentes indicaram uma tendência geral de concentrações mais baixas no verão-outono do que no inverno-primavera.

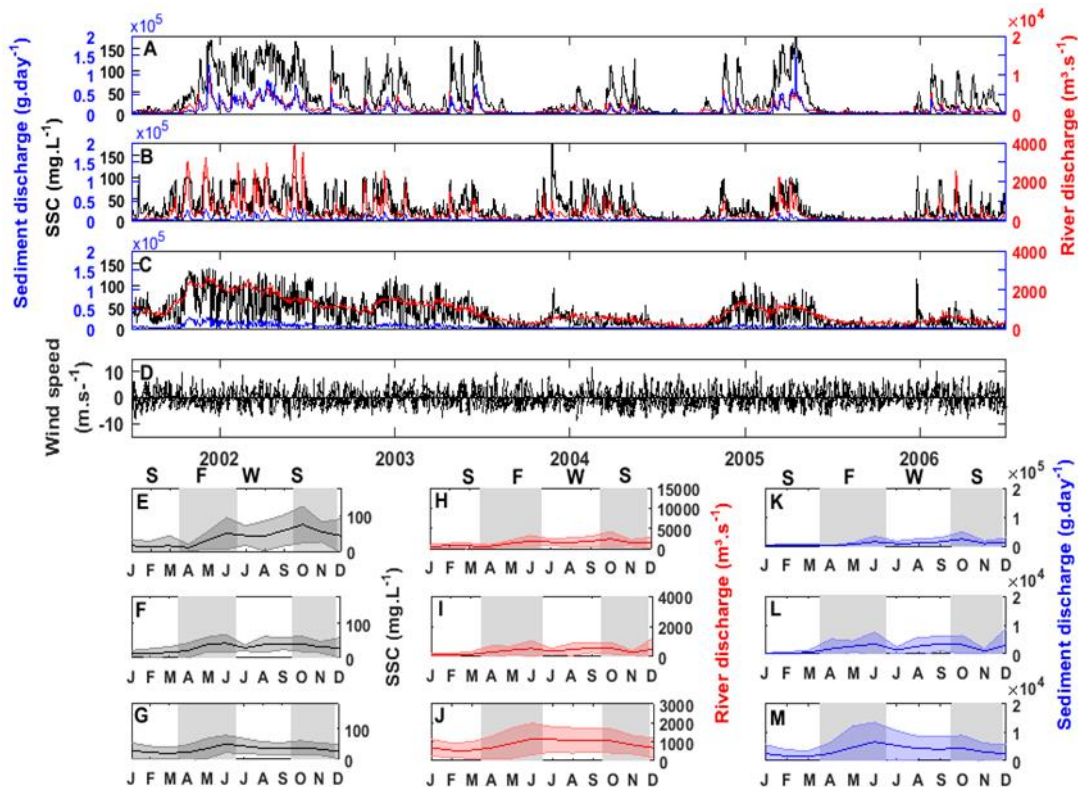


Figura 20 - Evolução temporal da CSS calculada (linha preta), descarga de sedimentos (linha azul) e descarga de rio (linha vermelha) para o período de 5 anos em a) Rio Guaíba, b) Rio Camaquã e c) Canal São Gonçalo. A velocidade do vento é mostrada em d), onde valores negativos (positivos) representam ventos de NE (SW). Séries temporais médias mensais (de 2002-2006) de CSS (preto, mg/L), descarga do rio (vermelho, m<sup>3</sup>/s) e descarga de sedimentos (g/dia) em (e, h, k) Rio Guaíba, (f, i, l) Rio Camaquã e (g, j, m) Canal São Gonçalo. Desvios padrão são mostrados com sombreamento para SSC (preto), descarga do rio (vermelho) e descarga de sedimentos (azul). As letras acima (e, h, k) representam cada estação: S (verão), F (outono), W (inverno) e S (primavera), respectivamente.

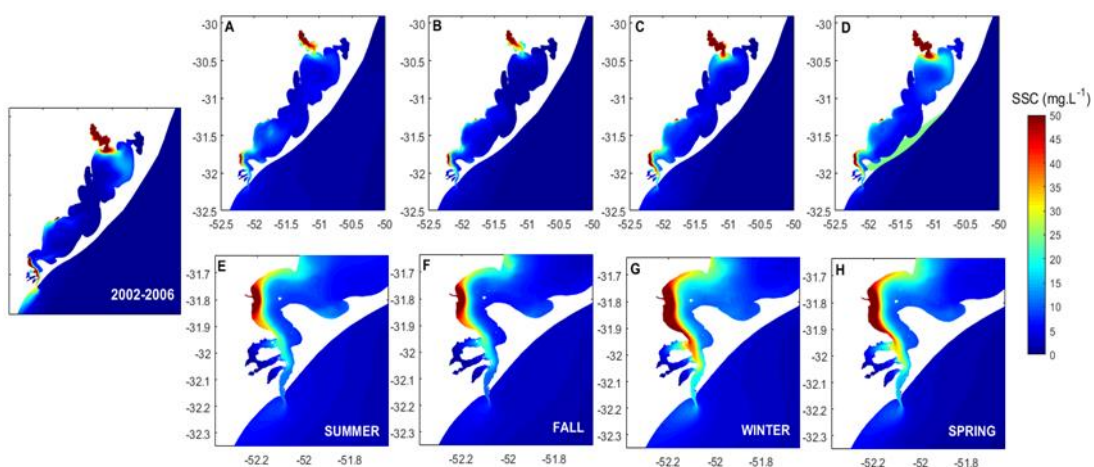


Figura 21 - Paineis esquerdo CSS média para o período de cinco anos (2002-2006). Médias de CSS de cinco anos (2002-2006) para as estações austrais: a) verão (DJF), b) outono (MAM), c) inverno (JJA) e d) primavera (SON). As figuras ampliadas da área estuarina são mostradas para e) verão, f) outono, g) inverno e h) primavera.

## B-12 Resíduos sólidos

*ATIVIDADE: Avaliação do lixo encontrado na Praia do Cassino, RS, com estimativa de concentração e caracterização de materiais, tipos e potenciais fontes:* O lixo da Praia do Cassino foi recolhido mensalmente ao longo de 2016 e 2017 (Janeiro a Dezembro), e no início de 2019 (Janeiro a Março), em dois pontos próximos à área urbana (Molhes e EMA) e dois mais distantes (Navio e Farol do Sarita); Em cada local, três transectos de 20 m x 10 m (200 m<sup>2</sup> de área amostrada) foram delimitados em dois estratos: base de duna (supralitoral) e linha de deixa da maré (infralitoral). Em cada transecto, todo o lixo marinho com mais de 2,5 cm foi recolhido. O lixo foi lavado para remover a areia e secado. Cada item foi contado e classificado individualmente de acordo com o seu material (tecido, vidro, metal, papel, plástico, borracha e madeira). Os artigos foram medidos e categorizados de acordo com a classe de tamanho: macro (entre 2,5 cm e 100 cm) e mega (mais de 100 cm). Os lixos foram também classificados por tipo utilizando a informação contida no rótulo (e.g. língua, marca) e/ou características da embalagem. Todos os artigos de plástico foram classificados de acordo com o seu grau de dureza (rígido ou flexível) e cor (branco, transparente, azul, multicolorido, preto, amarelo verde, vermelho, rosa, laranja e metálico). Sempre que possível, os itens foram também classificados de acordo com as suas fontes, nas seguintes categorias: doméstico, doméstico/turismo, pesca, turismo, religioso, barco/navio, internacional ou indefinido. As fontes que representavam menos de 3,0% do total de artigos recolhidos (ou seja, internacionais, religiosos e embarcações) foram agrupadas na categoria "outros".

*Avaliação das quantidades e características do lixo encontrado no ELP e costa adjacente:* Foram realizadas saídas de campo mensais entre agosto de 2019 e fevereiro de 2020 para coletas oportunistas de lixo, realizadas em parceria com o monitoramento da ictiofauna dentro do PELD-ELP. Em cada saída foram amostrados sete pontos distribuídos entre o Estuário da Lagoa dos Patos (pontos Torotama, Porto Rei, Mangueira, Franceses, Praia da Barra) e a Praia do Cassino (Pontos Molhes e EMA), em cada ponto foram realizados cinco arrastos consecutivos utilizando redes de pesca (9 m de comprimento, 1,80 m de altura, 13 mm de malha nas asas, 5 mm de malha no centro). Cada arrasto cobriu uma área de 60m<sup>2</sup>, e todos os lixos que vieram junto com os peixes foram separados em sacolas e identificados. Em laboratório, os lixos foram classificados de acordo com o material, tipo, cor e maleabilidade e peso. Os tamanhos foram medidos com régua e paquímetro (comprimento, largura e altura). Os itens foram pesados em balança com precisão de 0,001g.

*Caracterização da comunidade epiplástica do ELP:* Durante um ano (setembro de 2016 a agosto de 2017) foi realizado um experimento no ELP para verificar a colonização por organismos em plásticos e a variação temporal dessa colonização entre a primavera, verão, outono e inverno. Em cada

estação do ano, placas de polietileno fabricadas em laboratório, com dimensões de 5 cm x 5 cm, foram colocadas (em triplicatas) em uma estrutura flutuante no ELP e retiradas em diferentes períodos de tempo (30 e 90 dias). Após a retirada das placas, cada uma foi cortada com material estéril e metade da placa foi destinada à extração de DNA do seu biofilme, sendo a outra parte submetida à Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). O gene que codifica para o 18S do RNA ribossômico (marcador molecular usado para eucariotos) foi utilizado para identificação molecular dos grupos taxonômicos. As amostras foram agrupadas por estação do ano, tendo a diversidade e abundância relativa dos táxons identificados (em nível taxonômico de gênero, quando possível).

*Caracterização de lixo em águas superficiais marinhas no sul do Brasil:* Foram coletadas amostras em 10 pontos ao longo da plataforma e talude continental no sul do Brasil, nos anos de 2014 e 2015. As amostragens foram realizadas através de arrastos na superfície do mar, utilizando rede Manta com malha de 330 µm. Em cada ponto, os arrastos foram feitos em triplicata, cada um com duração de 15 min e velocidade de 3-4 nós. O material coletado foi congelado a -20 °C para preservar o DNA dos organismos que colonizam os plásticos. Em laboratório, os lixos foram separados manualmente dos detritos naturais, sendo em seguida medidos (paquímetro digital) e analisados visualmente para classificação de acordo com: classe de tamanho, tipo (fragmento, linha, pellet, esfera), rigidez e cor. Uma parcela foi separada para análises moleculares das comunidades epiplásticas, através de técnicas de sequenciamento de DNA ambiental. Para estimar a concentração de plásticos na superfície do mar, a contagem por área arrastada foi extrapolada para km<sup>2</sup>. A densidade e frequência de ocorrência (%) foi estimada para as diferentes categorias de plásticos.

*Avaliação de lixo ingerido por espécies de tubarões no sul do Brasil:* Amostras de 25 tubarões foram cedidas pelo Laboratório de Recursos Pesqueiros Demersais e Cefalópodes – IO/FURG, que realizou monitoramentos de pesca na frota de espinhel pelágico na costa do Rio Grande do Sul entre maio de 2019 e dezembro de 2019. Nesse período, os tubarões pescados foram identificados e tiveram seus dados morfométricos coletados. Cada exemplar teve seu trato gastrointestinal retirado com auxílio de tesoura cirúrgica, e separados para posterior análise em laboratório. Em laboratório os tratos foram lavados com auxílio de peneira com malha de 0.5 mm, e o seu conteúdo foi inspecionado a olho nu para a detecção de possíveis plásticos ingeridos.

**RESULTADOS:** *Avaliação do lixo encontrado na Praia do Cassino, RS, com estimativa de concentração e caracterização de materiais, tipos e potenciais fontes.* Foi recolhido um total de 19.457 lixos, e o plástico foi o material predominante encontrado, compondo 88% do lixo. Também estiveram

presentes artigos de papel, metal e tecido, mas em pequenas quantidades. Na categoria do plástico, fragmentos e filtros de cigarro foram os principais tipos de lixo, com abundâncias de 28,4% e 17,0% respectivamente. Os locais urbanos apresentam maiores quantidades de lixo do que os locais mais distantes da área urbanizada, e a fonte de lixo relacionado com o turismo foi o mais comum nos locais urbanos, enfatizando a contribuição do uso da praia para a deposição de lixo. Corroborando com isso, a estação do verão apresentou a maior densidade de lixo, e fontes indeterminadas e/ou relacionadas com o uso da praia foram dominantes em todos os pontos de coleta e estações do ano. Lixo proveniente da pesca também foi comum nos pontos amostrados.

*Avaliação das quantidades e características do lixo encontrado no ELP e costa adjacente.* Um total de 2784 itens foram coletados, sendo 3 no ponto da Torotama, 44 do Porto Rei, 23 da Mangueira, 70 dos Franceses, 171 da Praia da Barra (região estuarina, dentro do ELP) e 2443 dos Molhes e 30 da EMA (região costeira, Praia do Cassino). Deste total de itens, 2430 foram coletados apenas no mês de agosto no ponto dos Molhes. Quase 99% do material encontrado foi plástico. Dos tipos mais comuns de plásticos, 78% eram fragmentos e 19% linhas de pesca. A coloração mais comum foi transparente, representando 51%, seguido pelo branco com 22% e o azul com 16,5%. As demais cores representaram pouco mais de 10% das amostras coletadas. O grande número de itens amostrados na região dos molhes indica que esta região pode funcionar como uma barreira, gerando acúmulo de lixo na sua proximidade e indicando que parte do lixo encontrado na praia do Cassino possa vir do ELP. A grande quantidade de plásticos se deve ao fato deste ser o tipo de resíduo mais abundante no ambiente, assim como a durabilidade deste material. Esta durabilidade também explica o grande número de itens classificados como “fragmento” já que o plástico se fragmenta em pedaços cada vez menores ao longo do tempo. Mais da metade dos itens amostrados foram “transparente” o que, possivelmente, se dá pela perda de coloração gerada no ambiente aquático.

*Caracterização da comunidade epiplástica do ELP.* Diversos grupos de organismos foram encontrados vivendo aderidos e/ou associados aos plásticos no experimento no ELP. Foi observada uma diversidade maior dentro do grupo de eucariotos (Fig. 22A) do que de procariotos. Essa alta diversidade de eucariotos, incluindo micro-organismos e também invertebrados, pode ser devido à menor capacidade de muitos eucariotos se adaptarem às variações ambientais ao longo das estações do ano, sendo alguns deles presentes apenas em algumas estações. Apenas Crustáceos e Tunicatas tiveram FO de 100%. Fungos, Clorófitas e Diatomáceas apresentaram altas FOs (>90%). Outros grupos como Briozoários, Telonema e Insetos (possivelmente ovos), por exemplo, tiveram FO menor de 20% (dados não mostrados no gráfico). Diferentemente dos eucariotos, os procariotos foram mais frequentes ao longo

do tempo, e mais da metade dos grupos teve FO > 80% (Fig. 22B), a exemplo de *Deinococcus-Thermus*, Proteobacteria, Cyanobacteria e Bacteroidetes. Isso pode ser explicado pela maior capacidade de adaptação de procariontes às variações sazonais que ocorrem no ELP, potencializando sua ocorrência nas diferentes estações. O ciclo de vida mais curto e associações com eucariotos (ex. simbiose e parasitismo) são fatores que podem promover essa ocorrência dos grupos ao longo de todo o ano.

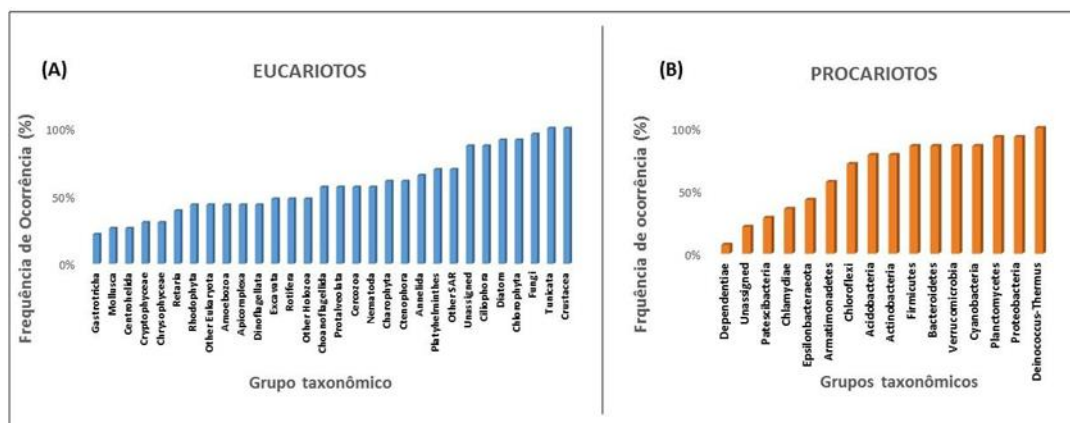


Figura 22. Diversidade de eucariotos (A) e procariotos (B) presentes nas comunidades epiplásticas do Estuário da Lagoa dos Patos (ELP), identificados através dos genes 18S e 16S do rRNA, respectivamente.

Uma análise aprofundada do grupo das diatomáceas mostrou que o grupo Indef. Bacillariophyceae foi o mais abundante durante o ano todo, com maior abundância no verão e menor no outono. O gênero *Melosira* foi o segundo mais abundante, porém, não ocorreu no verão e mostrou um aumento gradativo da primavera até o outono. O grupo Indef. Mediophyceae, o terceiro mais abundante, se mostrou constante durante quase todo o ano, exceto no inverno. O grupo Fragilariales apareceu minimamente no verão e na primavera, com maior abundância no outono. Em baixa abundância, o grupo Fragilariopsi foi frequente no verão e na primavera. Indef. Diatomacea se mostrou minimamente presente, principalmente na primavera. O gênero *Navicula* apareceu em baixas abundâncias no verão e no outono. Os demais grupos mostraram uma abundância muito pequena em todas as estações do ano. Nota-se que há mais grupos presentes no inverno e no outono, enquanto no verão há menos grupos. Tanto as diferenças sazonais quanto a presença de plásticos vindos de efluentes, que atuam como substrato flutuante, podem alterar a diversidade e abundância de espécies epiplásticas no ELP.

*Caracterização de lixo em águas superficiais marinhas no sul do Brasil.* Foram obtidos entre 9 e 65 itens de RSA nos pontos amostrados, em um total

de 1005 itens para uma área de 39870 m<sup>2</sup> na região estudada, onde 99,2% foram plásticos. A concentração média de plásticos entre os pontos variou 5926 a 49673 itens km<sup>-2</sup> e a média na área total foi de 24956 itens km<sup>-2</sup>. O ponto com maior concentração (49673 plásticos km<sup>-2</sup>) foi o mais próximo da costa, em frente ao município de São José do Norte - RS. Isto pode ser explicado pela proximidade do local com a desembocadura da Lagoa dos Patos, uma potencial fonte de RSA para o oceano. O tipo mais comum de resíduo foi “Fragmento” (85,87%), seguido de “Linha” (12,34%). Outros resíduos (pellet, esfera e espiral) representaram 1,79%. Em relação às classes de tamanho, foi predominante a ocorrência de itens < 5 mm (85%), que os categoriza como microplásticos. Considerando que grande parte dos microplásticos nos oceanos são de origem secundária, ou seja, originados a partir da fragmentação de macropelásticos devido à ação de ondas e radiação solar, a dominância de itens com pequenos tamanhos na região oceânica amostrada era esperada. As linhas encontradas eram monofilamentos de nylon, provavelmente oriundas da atividade pesqueira. Quanto à rigidez, a maioria dos plásticos era flexível (89,8%). As cores predominantes de fragmentos foram laranja e verde (43,22% laranja e 26,19% verde, sendo a maioria tinta de navios), seguido da cor branca/transparente (17,61%). Na categoria “linha”, as cores predominantes foram azul (61,29%) e preto (12,10%). Os plásticos avaliados por sequenciamento de DNA ambiental apresentaram comunidades diversas e complexas.

*Avaliação de lixo ingerido por espécies de tubarões no sul do Brasil.* Foram coletados 25 indivíduos: 3 fêmeas de tubarão azul, 11 machos de tubarão azul, 6 fêmeas de tubarão anequim e 5 machos de tubarão anequim. O comprimento furcal (CF) médio dos tubarões foi de 1,63 m. Do total, 11 estômagos estavam vazios, e apenas dois estômagos apresentaram plástico, sendo 2 itens no estômago de um tubarão anequim macho (CF: 1,11 m) e um item no estômago de um tubarão azul macho (CF: 1,67 m). Os plásticos encontrados eram fragmentos, com tamanho máximo de 1 cm, cor transparente/amarelada e prateada, e possivelmente eram pedaços de embalagens de alimento. Um dos itens possui um texto escrito “Ordoñez”, que é uma cidade na Argentina, indicando possível origem internacional. O grande número de estômagos vazios possivelmente se deve ao hábito de tubarões regurgitarem todo conteúdo estomacal ao serem pescados por anzol. Devido a isso, calculamos a frequência de ocorrência de (FO%) de ingestão de plásticos com base apenas nos estômagos que não estavam vazios, sendo de 14%. A baixa presença de plástico nos estômagos pode ser um indício de uma boa capacidade de selecionar presas neste grupo, evitando o consumo de itens abióticos.

## **B-13 Isótopos estáveis**

**ATIVIDADES:** Para as análises das razões isotópicas de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ), foram realizadas coletas sazonais num plano de lama (próxima a Ilha da Pólvora) localizado numa enseada rasa (<1,5m) do ELP com apoio de embarcação de pequeno porte (*Objetivo 17*). As amostras foram obtidas em triplicata para cada espécie dos principais produtores primários como macroalgas, fanerógamas submersas, marismas e matéria orgânica particulada em suspensão (POM) e no sedimento (SOM). Também foram coletados consumidores conspícuos e dominantes da infauna/epifauna, macrocrustáceos decápodos e peixes. Após a coleta, o material foi armazenado em sacos plásticos e conservado em gelo durante seu transporte até o laboratório. Em laboratório, as amostras biológicas foram descongeladas e processadas seguindo-se o protocolo descrito em Garcia et al. (2007). Após, as amostras foram enviadas para laboratório especializado, aonde foram analisadas em espectrômetro de massa. As razões isotópicas das amostras ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) foram comparadas com os padrões comumente adotados, “marine limestone fossil” para o carbono e ar atmosférico para o nitrogênio, e serão expressos pela notação delta ( $\delta$ ) (Peterson & Fry 1987). A importância relativa dos produtores primários e outras fontes orgânicas (POM, SOM) quantificadas a partir de modelos de mistura de isótopos (Phillips & Gregg 2003; Parnell et al. 2010, Phillips et al. 2014). A posição trófica dos consumidores foi estimada e utilizada como proxy para inferir o comprimento da cadeia nas zonas rasas do ELP (Post et al. 2000; Quezada-Romegialli et al. 2018).

**RESULTADOS:** A partir da análise da composição isotópica das fontes primárias e dos consumidores, foi possível investigar alguns aspectos da estrutura trófica nas zonas rasas do ELP como, por exemplo: (i) fatores ambientais que podem influenciar a variabilidade intra e interanual nos elos tróficos (diretos/indiretos) entre produtores primários e os peixes (Possamai et al 2020), (ii) fatores abióticos e eventos climáticos (e.g. *El Niño*) que podem influenciar no comprimento da cadeia alimentar nas zonas rasas do ELP (Possamai et al. 2021) e (iii) aspectos de conectividade trófica entre ecossistemas costeiros, como a assimilação de matéria orgânica exportada pelo estuário e riachos litorâneos por consumidores (peixes e macroinvertebrados) na região marinha adjacente (Garcia et al. 2019).

Além disso, por meio de uma parceria com pesquisadoras do grupo da vegetação aquática submersa (Marianna Lanari e Margareth Copertino), foi possível (i) investigar experimentalmente as variações temporais na composição elementar (carbono e nitrogênio total, e C:N) e isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) de plantas de marismas, fanerógamas e macroalgas oportunistas durante seu processo de decomposição no ELP (Lanari et al. 2018) e (ii) os padrões sazonais e interanuais associados as fases do ENOS (*El Niño* Oscilação SUL) sobre a composição elementar (C:N) e isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ )

fontes primárias basais do ELP e suas implicações na interpretação de modelos de mistura isotópica (Lanari et al 2021).

Os resultados foram publicados em revistas internacionais como *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (Possamai et al. 2021), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (Lanari et al. 2018), *Estuaries and Coasts* (Possamai et al 2020), *Hydrobiologia* (Lanari et al 2021) e *Marine Biology Research* (Garcia et al 2019). Os artigos de Lanari et al (2018) e Lanari et al (2021) resultaram da parceria entre dois grupos de pesquisadores do projeto (Vegetação Aquática Costeira e Ictiologia/Isótopos), enquanto o artigo Garcia et al (2019) resultou da parceria entre pesquisadores do Ictiologia/Isótopos e Macroinvertebrados Bentônicos.

### **Banco de dados do PELD-ELPA publicados no SIBBr e GBIF.**

- I. Odebrecht C., Abreu P C. Phytoplankton and water quality parameters in the Patos Lagoon estuary and adjacent marine coast. *GBIF* <https://doi.org/10.15468/xmlvxm> (2020).
- II. Muxagata E., Teixeira-Amaral P. Continuous monitoring of the micro and mesozooplankton of the Patos Lagoon estuary and adjacent coastal area. *GBIF* <https://doi.org/10.15468/1xkowr> (2020).
- III. Muelbert J H. Interannual variability of ichthyoplankton diversity in the Patos Lagoon estuary Southern Brazil. *GBIF* <https://doi.org/10.15468/noeqwa> (2020).
- IV. Copertino M. Dynamics of Submerged Aquatic Vegetation in the Patos Lagoon estuary. *GBIF* <https://doi.org/10.15468/bjzlnb> (2020).
- V. Colling L A., Cavalca Bom F. Temporal data series of Benthic macrofauna abundance and composition from the Patos Lagoon estuary. *GBIF* <https://doi.org/10.15468/lsoc2v> (2020).
- VI. Dumont L F C. Ecology of the pink-shrimp *Penaeus paulensis* in Patos Lagoon estuary. *GBIF* <https://doi.org/10.15468/ovayhc> (2020).
- VII. Vieira J P., Garcia A M., Lemos V M. Species composition and abundance patterns of fish assemblages at shallow waters of Patos Lagoon estuary. *GBIF* <https://doi.org/10.15468/kci8zb> (2020).
- VIII. Secchi E R., Fruet P., Genoves R C. Ecology of Lahille's bottlenose dolphin *Tursiops truncatus gephyreus* in the Patos Lagoon estuary and adjacent marine coast. *GBIF* <https://doi.org/10.15468/4nh9ng> (2020).

## **Produção técnico-científica**

### Eventos científicos

Antonio, M. H.; Fernandes, E. H. L.; Muelbert, José Henrique. Minor infrastructure changes can impact estuarine hydrodynamic. In: Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019, Florianópolis. Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019.

Araujo, E. J. L.; Costa, W.; Batistella, F.; Pinotti, R. M.; Misturini, D.; Bueno, J. V.; Colling, Leonir Andre. O morfodinamismo como estruturador da distribuição de frequência de comprimento corporal das populações de *Emerita brasiliensis* em praias arenosas no Extremo Sul do Brasil. In: XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019, Mar del Plata. Livro de Resúmenes del XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019.

Araujo, Edwin Jesus Lainas; Costa, Wagner; Pinotti, Raphael Mathias; Colling, Leonir Andre; Misturini, D. Variações nas densidades da macrofauna em diferentes cenários morfodinâmicos de praias arenosas do Extremo Sul do Brasil. In: XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019, Mar del Plata. Livro de Resúmenes del XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019.

Azevedo, V.; Marangoni, J.; Copertino, M. 2019. Florações de Macroalgas de Deriva no Estuário da Lagoa dos Patos In: Mostra de Produção Universitária da FURG, Rio Grande. Resumos da Mostra de Produção Universitária da FURG. Rio Grande: FURG.

Batistella, Fernando; Colling, Leonir Andre. Influência da ocorrência de lama sobre o poliqueta *Scolecopsis gaucha* na Praia do Cassino. In: 18ª Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019, Rio Grande. Livro de Resúmenes do 18ª Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019.

Barros, K.; Matos, A.; Nogueira, R.; Lima, D.; Rosa-Filho, J. S.; Colling Leonir Andre; Barreira, C. R. Biodiversidade de Moluscos Associados às Pradarias Marinhas do Brasil. In: XI Congreso Latinoamericano de Malacología, 2020, Lima. Resúmenes del XI Congreso Latinoamericano de Malacología.

Bitencourt, L. P.; Fernandes, E. H. L.; Silva, P.; Moller Jr, O. O. Spatio-temporal Variability of Suspended Sediment Concentration on a Shallow and Turbid Lagoon. In: 27th IUGG 2019 - International Union of Geodesy and Geophysics, 2019, Montreal. 27th IUGG 2019 - International Union of Geodesy and Geophysics, 2019.

Bitencourt, L. P.; Fernandes, E. H. L.; Moller Jr, Osmar Olinto. Evaluation of space-time variability of salinity in a river-dominated estuary. In: Latin American

Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019, Florianópolis. Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019.

Bitencourt, L. P.; Fernandes, E. H. L.; Silva, P.; Moller Jr, Osmar Olinto . Spatio-temporal Variability of Suspended Sediment Concentration on a Shallow and Turbid Lagoon. In: Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019, Florianópolis. Latin American Physics of Estuaries and Coastal Oceans, 2019.

Copertino, Ms; Coling, L. A.; Seeliger, Ulrich; Bemvenuti, C. E.; Cunha, R. W. 2018. Long-term changes in submerged aquatic vegetation of Patos Lagoon estuary Brazil: climate and hydrology In: IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras. Florianópolis. Resumos do IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras.

Copertino, Ms; Creed, J.; Lanari, Marianna De Oliveira; Karine Mgalhães; Barros, K. V. S.; Arevalo, P. R.; Horta, P. A. 2018. Rede de Monitoramento dos Habitats Bentônicos Costeiros - Fundos Vegetados Submersos da ReBentos: protocolo mínimo de monitoramento In: IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras, 2018, Florianópolis. Resumos do IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras. Florianópolis.

Fagundes et al. Diversidade e variação temporal de diatomáceas na plástisfera do Estuário da Lagoa dos Patos, RS. 19a Mostra de Produção Universitária FURG – Congresso de Iniciação Científica 2020.

Gerundo, J.; Misturini, D.; Bueno, J. V.; Araujo, E. J. L.; Pinotti, R. M.; Colling, Leonir Andre. A influência de uma deposição de lama sobre o macrozoobentos em uma praia arenosa subtropical. In: XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019, Mar del Plata. Livro de Resúmenes del XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR, 2019.

Gerundo, Juliana; Colling, Leonir Andre. Variações sazonais e de curto prazo da macrofauna bentônica em enseadas rasas do estuário da Lagoa dos Patos. In: 18a Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019, Rio Grande. Livro de Resumos da 18a Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019.

Grando, C.; Lanari, M.; Copertino, M. S. 2017. Monitoramento De Longo Prazo De Pradarias De Fanerógamas Submersas No Estuário Da Lagoa Dos Patos (RS, BRASIL). In: 16 Mostra da Produção Universitária - FURG, 2017, Rio Grande. 16 Mostra da Produção Universitária – FURG.

Grando, C. A.; Copertino, M. S.; Wallner-Kersanach; M., Lanari. 2018. Nutrientes limitantes ao desenvolvimento de marés verdes no estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil) 18º Mostra de Produção Universitária da FURG,

Rio Grande. Resumos da Mostra de Produção Universitária da FURG. Rio Grande: FURG.

Grando, C. A.; Copertino, M. S.; Wallner-Kersanach; M., Lanari. 2018. Nutrientes limitantes ao desenvolvimento de florações de macroalgas de deriva no estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). 17º Mostra de Produção Universitária da FURG, Rio Grande. Resumos da Mostra de Produção Universitária da FURG. Rio Grande: FURG.

Grando, C.; Lanari, M. O.; Copertino, M. S. 2018. Monitoramento de longo prazo das pradarias de fanerógamas marinhas no estuário da Lagos dos Patos, RS, Brasil (ReBentos - Fundos Vegetados Submersos In: IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras, Florianópolis. Resumos do IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras. Rio Grande: FURG.

Guedes et al. Distribuição e Características dos resíduos sólidos antropogênicos no Estuário da Lagoa dos Patos e regiões costeiras adjacentes. 19a Mostra de Produção Universitária FURG – Congresso de Iniciação Científica 2020.

Guedes et al. Cigarette butts: spatial and seasonal characterization in a sandy beach in South Brazil. MICRO2020, Fate and Impacts of Microplastics: Knowledge and Responsibilities. 2020.

Lacerda et al. Multi-marker DNA reveals the diversity of plastic-associated organisms in the Western South Atlantic and Austral Oceans. MICRO2020, Fate and Impacts of Microplastics: Knowledge and Responsibilities. 2020.

Lanari, M, Copertino, M.S. 2018. Drift macroalgae in the Patos Lagoon Estuary (southern Brazil): effects of climate, hydrology and wind action on the onset and magnitude of blooms. In: IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras, 2018, Florianópolis. Caderno de Resumos do IV Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras, Florianópolis.

Lanari, M.; Copertino, M. 2021. Drift macroalgal blooms in a high hydrodynamic estuarine system in southern Brazil. In: 12th International Phycological Congress, Chile. Abstract book.

Lanari, M.O.; Copertino, M. S.; Kennedy, H. Wallner-Kersanach, M. Macroalgal Blooms in Shallow Estuarine Areas: Growth Dynamics and Impacts on Nutrient Cycling. In: XII Biofouling, Benthic Ecology and Marine Biotechnology Meeting, 2017, Arraial do Cabo. Resumos XII BIOINC, 2017.

Maciel, PV; Nagata, RM; Miodeli, NJ & Muxagata, E. 2020. Variação Interanual da densidade de cnidários planctônicos na praia do Cassino - RS. 19 MPU, Rio Grande – RS.

Pinho, PSFF & Muxagata, E. 2020. Monitoramento do micro e mesozooplâncton do canal de Rio Grande entre Outubro de 2017 e Novembro de 2018. 19 MPU, Rio Grande – RS.

Ramos et al. Spatial and seasonal characterization of litter at a sandy beach in south Brazil: types, materials and sources. MICRO2020, Fate and Impacts of Microplastics: Knowledge and Responsibilities. 2020.

Rosa, V. C.; Odebrecht, C.; Copertino. 2017. Dinâmica de algas epífitas em pradarias submersas do estuário da Lagoa dos Patos: Efeitos da disponibilidade de nutrientes e de macroinvertebrados pastadores. II ENCONTRO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA, Rio Grande.

Rosa, V. C.; Martinez-Crego, B.; Santos, R. O. P.; Copertino, M. S. 2019. Controles “bottom up” e “top down” sobre o crescimento de algas epífitas e efeitos sobre pradarias de eelgrass (*Zostera noltei* H). IV Encontro da Pós-Graduação em Oceanografia Biológica (ENCOB). Rio Grande, FURG.

Rosa, V. C.; Odebrecht, C.; Copertino, M. S. 2020. Diatomáceas bênticas no estuário da Lagoa dos Patos: Biodiversidade e variabilidade espaço-temporal. 19ª Mostra de Produção Universitária da FURG, Rio Grande.

Sérvulo et al. Caracterização de comunidades epiplásticas no Estuário da Lagoa dos Patos, RS. 19ª Mostra de Produção Universitária FURG – Congresso de Iniciação Científica 2020.

Soares et al. Ingestão de plástico por tubarões no sul do Brasil. 19ª Mostra de Produção Universitária FURG – Congresso de Iniciação Científica 2020.

Soares et al. Plastic litter in the Patos Lagoon estuary and adjacent coast. MICRO2020, Fate and Impacts of Microplastics: Knowledge and Responsibilities. 2020.

Soares, A. C. F.; Goulart, E. S.; Copertino, M. S.; Lanari, M. 2020. Aplicação de métodos acústicos no estudo da vegetação aquática submersa do estuário da Lagoa dos Patos. In: 19ª Mostra de Produção Universitária da FURG, Rio Grande. Resumos da Mostra de Produção Universitária da FURG. Rio Grande: FURG.

Weissheimer, Nicolas Fensterseifer; Colling, Leonir Andre. Possível influência da cobertura vegetal de fundo estuarino sobre a distribuição vertical do macrozoobentos. In: 18ª Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019. Livro de Resumos do 18ª Mostra de Produção Universitária - MPU/FURG, 2019.

## Artigos Científicos

2017

Abreu, P.C., Marangoni, J., Odebrecht, C., 2017. So close, so far: differences in long-term chlorophyll a variability in three nearby estuarine-coastal stations. *Mar. Biol. Res.* 13, 9–21. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1189081>

Condini, M. V., Hoeninghaus, D.J., Roberts, A.P., Soulen, B.K., Garcia, A.M., 2017. Mercury concentrations in dusky grouper *Epinephelus marginatus* in littoral and neritic habitats along the Southern Brazilian coast. *Mar. Pollut. Bull.* 115, 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.006>

Dias, R.A., Maurício, G.N., Bugoni, L., 2017. Birds of the Patos Lagoon Estuary and adjacent coastal waters, southern Brazil: species assemblages and conservation implications. *Mar. Biol. Res.* 13, 108–120. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1209525>

dos Santos, M.L., Lemos, V.M., Troca, D.F.A., Vieira, J.P., 2017. First record of the Sea Chub, *Kyphosus atlanticus* (Sakai & Nakabo&nbsp;2014) (Perciformes, Kyphosidae), in the extreme south of the&nbsp;Brazilian coast. *Check List* 13, 1–5. <https://doi.org/10.15560/13.4.1>

Duarte de Paula Costa, M., Muelbert, J.H., 2017. Long-term assessment of temporal variability in spatial patterns of early life stages of fishes to facilitate estuarine conservation. *Mar. Biol. Res.* 13, 74–87. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1213397>

Fruet, P.F., Secchi, E.R., Di Tullio, J.C., Simões-Lopes, P.C., Daura-Jorge, F., Costa, A.P.B., Vermeulen, E., Flores, P.A.C., Genoves, R.C., Laporta, P., Beheregaray, L.B., Möller, L.M., 2017. Genetic divergence between two phenotypically distinct bottlenose dolphin ecotypes suggests separate evolutionary trajectories. *Ecol. Evol.* 9131–9143. <https://doi.org/10.1002/ece3.3335>

Garcia, A.M., Claudino, M.C., Mont'Alverne, R., Pereyra, P.E.R., Copertino, M., Vieira, J.P., 2017. Temporal variability in assimilation of basal food sources by an omnivorous fish at Patos Lagoon Estuary revealed by stable isotopes (2010–2014). *Mar. Biol. Res.* 13, 98–107. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1206939>

Haimovici, M., Cardoso, L.G., 2017. Long-term changes in the fisheries in the Patos Lagoon estuary and adjacent coastal waters in Southern Brazil. *Mar. Biol. Res.* 13, 135–150. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1228978>

Islabão, C.A., Mendes, C.R.B., Detoni, A.M.S., Odebrecht, C., 2017. Phytoplankton community structure in relation to hydrographic features along a coast-to-offshore transect on the SW Atlantic Continental Shelf. *Cont. Shelf Res.* 151, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2017.10.003>

Lanari, M., Copertino, M., 2017. Drift macroalgae in the Patos Lagoon Estuary (southern Brazil): effects of climate, hydrology and wind action on the onset and magnitude of blooms. *Mar. Biol. Res.* 13, 36–47. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1225957>

Lanari, M., Kennedy, H., Copertino, M., Wallner-Kersanach, M., Claudino, M., 2017. Dynamics of estuarine drift macroalgae: growth cycles and contributions to sediments in shallow areas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 570, 41–55. <https://doi.org/10.3354/meps12116>

Mai, A.C.G., Robe, L.J., Marins, L.F., Vieira, J.P., 2017. Genetic relationships between landlocked and coastal populations of *Lycengraulis grossidens* (Engraulidae) in south-eastern South America: evidence for a continental colonisation route with secondary transitions to the coastal region. *Mar. Freshw. Res.* 68, 342. <https://doi.org/10.1071/MF15355>

Martins, A.S., Haimovici, M., 2017. Seasonal mesoscale shifts of demersal nekton assemblages in the subtropical South-western Atlantic. *Mar. Biol. Res.* 13, 88–97. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1217025>

Mendes, C.R.B., Odebrecht, C., Tavano, V.M., Abreu, P.C., 2017. Pigment-based chemotaxonomy of phytoplankton in the Patos Lagoon estuary (Brazil) and adjacent coast. *Mar. Biol. Res.* 13, 22–35. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1189082>

Noletto-Filho, E.M., Pucciarelli, P., Dumont, L.F.C., 2017. Spatial and temporal variation in juvenile size distribution of the pink shrimp (*Penaeus paulensis*) in the Patos Lagoon Estuary, Brazil. *Mar. Biol. Res.* 13, 62–73. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1248851>

Odebrecht, C., Secchi, E.R., Abreu, P.C., Muelbert, J.H., Uiblein, F., 2017. Biota of the Patos Lagoon estuary and adjacent marine coast: long-term changes induced by natural and human-related factors. *Mar. Biol. Res.* 13, 3–8. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1258714>

Ortiz, D.O., Muxagata, E., Bersano, J.G.F., 2017. *Notodiaptomus incompositus* (Brian, 1925) (Copepoda, Calanoida) reared in the laboratory: Growth experiments and reproductive aspects. *Crustaceana* 90, 517–533. <https://doi.org/10.1163/15685403-00003674>

Secchi, E.R., Botta, S., Wiegand, M.M., Lopez, L.A., Fruet, P.F., Genoves, R.C., Di Tullio, J.C., 2017. 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. *Mar. Biol. Res.* 13, 121–134. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1213398>

Silveira, S.B. da, Wasielesky, W., Andreote, A.P.D., Fiore, M.F., Odebrecht, C., 2017. Morphology, phylogeny, growth rate and nodularin production of *Nodularia spumigena* from Brazil. *Mar. Biol. Res.* 13, 1095–1107. <https://doi.org/10.1080/17451000.2017.1336587>

Teixeira-Amaral, P., Amaral, W.J.A., de Ortiz, D.O., Agostini, V.O., Muxagata, E., 2017. The mesozooplankton of the Patos Lagoon Estuary, Brazil: trends in community structure and secondary production. *Mar. Biol. Res.* 13, 48–61. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1248850>

2018

Genoves, R.C., Fruet, P.F., Di Tullio, J.C., Möller, L.M., Secchi, E.R., 2018. Spatiotemporal use predicts social partitioning of bottlenose dolphins with strong home range overlap. *Ecol. Evol.* ece3.4681. <https://doi.org/10.1002/ece3.4681>

Lameiro, F.R., Condini, M. V., Brito, C.P., Vieira, J.P., 2018. The feeding habits of the endemic Remo flounder, *Oncopterus darwinii* (Actinopterygii: Pleuronectidae), in an exposed sandy beach's surf zone in southern Brazil. *Zoologia* 35, 1–8. <https://doi.org/10.3897/zoologia.35.e15038>

Lanari, M., Coelho Claudino, M., Miranda Garcia, A., da Silva Copertino, M., 2018a. Changes in the elemental (C, N) and isotopic ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) composition of estuarine plants during diagenesis and implications for ecological studies. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 500, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.12.013>

Lanari, M., S. Copertino, M., Colling, L.A., C. Bom, F., 2018b. The impact of short-term depositions of macroalgal blooms on widgeon-grass meadows in a river-dominated estuary. *Harmful Algae* 78, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2018.07.006>

Mai, A.C.G., Santos, M.L. dos, Lemos, V.M., Vieira, J.P., 2018. Discrimination of habitat use between two sympatric species of mullets, *Mugil curema* and *Mugil liza* (Mugiliformes: Mugilidae) in the rio Tramandaí Estuary, determined by otolith chemistry. *Neotrop. Ichthyol.* 16, 1–8. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170045>

Ortega, I., Bacaneli, M., Colling, L.A., Dumont, L.F.C., 2018a. Responses of the infaunal peracarid *Monokalliapseudes schubarti* (Tanaidacea: Kalliapseudidae) to a bottom trawling disturbance and seasonality in an estuary of southern

Brazil. Mar. Biol. Res. 14, 642–653.  
<https://doi.org/10.1080/17451000.2018.1478104>

Ortega, I., Colling, L.A., Dumont, L.F.C., 2018b. Response of soft-bottom macrobenthic assemblages to artisanal trawling fisheries in a subtropical estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 207, 142–153.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.04.007>

Possamai, B., Vieira, J.P., Grimm, A.M., Garcia, A.M., 2018. Temporal variability (1997-2015) of trophic fish guilds and its relationships with El Niño events in a subtropical estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 202, 145–154.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.12.019>

2019

Agostini, V.O., Macedo, A.J., Muxagata, E., Pinho, G.L.L., 2019. Surface coatings select their micro and macrofouling communities differently on steel. *Environ. Pollut.* 254, 113086. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113086>

Condini, M. V., Pereyra, P.E.R., Garcia, A.M., Saint’Pierre, T.D., Ceni, G., Lugo, R., Fontoura, N.F., Vieira, J.P., Albuquerque, C.Q., 2019. Use of fresh water by an estuarine-resident marine catfish: Evidence from gonadal and otolith chemistry analyses. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom.*  
<https://doi.org/10.1017/S0025315419000493>

Franzen, M., Muelbert, J., Fernandes, E., 2019. Influence of wind events on the transport of early stages of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) to a subtropical estuary. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 47, 536–546.  
<https://doi.org/10.3856/vol47-issue3-fulltext-15>

Mai, A.C.G., Albuquerque, C.Q., Lemos, V.M., Schwingel, P.R., Ceni, G., Saint’Pierre, T.D., Vieira, J.P., 2019. Coastal zone use and migratory behaviour of the southern population of *Mugil liza* in Brazil. *J. Fish Biol.* 1207–1214.  
<https://doi.org/10.1111/jfb.14120>

Muelbert, J.H., Nidzieko, N.J., Acosta, A.T.R., Beaulieu, S.E., Bernardino, A.F., Boikova, E., Bornman, T.G., Cataletto, B., Deneudt, K., Eliason, E., Kraberg, A., Nakaoka, M., Puggnetti, A., Ragueneau, O., Scharfe, M., Soltwedel, T., Sosik, H.M., Stanisci, A., Stefanova, K., Stéphan, P., Stier, A., Wikner, J., Zingone, A., 2019.ILTER – The International Long-Term Ecological Research Network as a Platform for Global Coastal and Ocean Observation. *Front. Mar. Sci.* 6, 1–14.  
<https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00527>

Oliveira, H., Fernandes, E., Möller, O., García-Rodríguez, F., Oliveira, Fernandes, Möller, García-Rodríguez, 2019. Relationships between Wind

Effect, Hydrodynamics and Water Level in the World's Largest Coastal Lagoonal System. *Water* 11, 2209. <https://doi.org/10.3390/w11112209>

Rezende, G.A., Rufener, M.C., Ortega, I., Ruas, V.M., Dumont, L.F.C., 2019. Modelling the spatio-temporal bycatch dynamics in an estuarine small-scale shrimp trawl fishery. *Fish. Res.* 219, 105336. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105336>

Salvador, N.L.A., Muelbert, J.H., 2019. Environmental Variability and Body Condition of Argentine Menhaden Larvae, *Brevoortia pectinata* (Jenyns, 1842), in Estuarine and Coastal Waters. *Estuaries and Coasts* 42, 1654–1661. <https://doi.org/10.1007/s12237-019-00604-3>

Silveira, S.B., Odebrecht, C., 2019. Effects of salinity and temperature on the growth, toxin production, and akinete germination of the cyanobacterium *Nodularia spumigena*. *Front. Mar. Sci.* 6, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00339>

Steigleder, K.M., Copertino, M.S., Lanari, M., Camargo, M., Fujii, M.T., 2019. Latitudinal gradient in intertidal seaweed composition off the coast of southern Brazil and Uruguay. *Aquat. Bot.* 156, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2019.04.003>

They, N.H., Marins, L.F., Möller, O.O., Abreu, P.C., 2019. High bacterial activity in nutrient rich saltwater: Evidence from the uncoupling between salinity and nutrients in the Patos Lagoon estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 216, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.09.001>

2020

Bitencourt, L.P., Fernandes, E., Möller, O., Ross, L., 2020. The contribution of ENSO cycles to the salinity spatio-temporal variability in a bar-built microtidal estuary. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 40, 101496. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101496>

Bom, F.C., Colling, L.A., 2020. Impact of vehicles on benthic macrofauna on a subtropical sand beach. *Mar. Ecol.* 41, 1–9. <https://doi.org/10.1111/maec.12595>

Genoves, R.C., Fruet, P.F., Botta, S., Beheregaray, L.B., Möller, L.M., Secchi, E.R., 2020. Fine-scale genetic structure in Lahille's bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus gephyreus*) is associated with social structure and feeding ecology. *Mar. Biol.* 167, 34. <https://doi.org/10.1007/s00227-019-3638-6>

Lima, I.M.S., Venuto, R., Menchaca, C., Hoffmann, L.S., Dalla Rosa, L., Genoves, R., Fruet, P.F., Milanelli, A., Laporta, P., Tassinio, B., Bueno, S.M., Freitas, T.R.O., Bittencourt, L., Lailson-Brito, J., Azevedo, A.F., 2020.

Geographic variation in the whistles of bottlenose dolphins (*Tursiops* spp.) in the southwestern Atlantic Ocean. *Mar. Mammal Sci.* 36, 1058–1067. <https://doi.org/10.1111/mms.12690>

Machado, R.C., da Silva Cortinhas, M.C., Proietti, M.C., Haimovici, M., 2020. Genetic connectivity of black drum (*Pogonias courbina*) stocks in the southwestern Atlantic Ocean. *Environ. Biol. Fishes.* <https://doi.org/10.1007/s10641-020-00993-6>

Muelbert, J.H., Nidzieko, N.J., Acosta, A.T.R., Beaulieu, S.E., Bernardino, A.F., Boikova, E., Bornman, T.G., Cataletto, B., Deneudt, K., Eliason, E., Kraberg, A., Nakaoka, M., Pugnetti, A., Ragueneau, O., Scharfe, M., Soltwedel, T., Sosik, H.M., Stanisci, A., Stefanova, K., Stéphan, P., Stier, A., Wikner, J., Zingone, A., 2020. Corrigendum: ILTER – The International Long-Term Ecological Research Network as a Platform for Global Coastal and Ocean Observation. *Front. Mar. Sci.* 6, 2019–2021. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00819>

Neto, J.G.B., Rodrigues, F.L., Ortega, I., Rodrigues, L. dos S., Lacerda, A.L. d. F., Coletto, J.L., Kessler, F., Cardoso, L.G., Madureira, L., Proietti, M.C., 2020. Ingestion of plastic debris by commercially important marine fish in southeast-south Brazil. *Environ. Pollut.* 267. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115508>

Possamai, B., Hoeninghaus, D.J., Odebrecht, C., Abreu, P.C., Moraes, L.E., Santos, A.C.A., Garcia, A.M., 2020. Freshwater Inflow Variability Affects the Relative Importance of Allochthonous Sources for Estuarine Fishes. *Estuaries and Coasts* 43, 880–893. <https://doi.org/10.1007/s12237-019-00693-0>

Thykjaer, V., Rodrigues, L., Haimovici, M., Cardoso, L.G., 2020. Long-term changes in fishery resources of an estuary in southwestern Atlantic according to local ecological knowledge. *Fish. Manag. Ecol.* 27, 185–199. <https://doi.org/10.1111/fme.12398>

Venuto, R., Botta, S., Barreto, A.S., Secchi, E.R., Fruet, P.F., 2020. Age structure of strandings and growth of Lahille's bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus* *gephyreus*). *Mar. Mammal Sci.* 1–15. <https://doi.org/10.1111/mms.12683>

2021

de Ramos, B., Alencar, M.V., Rodrigues, F.L., Lacerda, A.L. de F., Proietti, M.C., 2021. Spatio-temporal characterization of litter at a touristic sandy beach in South Brazil. *Environ. Pollut.* 280, 116927. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116927>

Fruet, P.F., Möller, L.M., Secchi, E.R., 2021. Dynamics and Viability of a Small, Estuarine-Resident Population of Lahille's Bottlenose Dolphins From Southern Brazil. *Front. Mar. Sci.* 7, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.593474>

Haimovici, M., Cavole, L.M., Cope, J.M., Cardoso, L.G., 2021. Long-term changes in population dynamics and life history contribute to explain the resilience of a stock of *Micropogonias furnieri* (Sciaenidae, Teleostei) in the SW Atlantic. *Fish. Res.* 237, 105878. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105878>

Lanari, M., Possamai, B., da Silva Copertino, M., Miranda Garcia, A., 2021. Seasonal and El Niño Southern Oscillation-driven variations in isotopic and elemental patterns among estuarine primary producers: implications for ecological studies. *Hydrobiologia* 848, 593–611. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04462-0>

Possamai, B., Hoeninghaus, D.J., Garcia, A.M., 2021. Environmental factors drive interannual variation in estuarine food-chain length. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 252, 107241. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107241>

Reis-Santos, P., Condini, M. V., Albuquerque, C.Q., Saint'Pierre, T.D., Garcia, A.M., Gillanders, B.M., Tanner, S.E., 2021. El Niño – Southern Oscillation drives variations in growth and otolith chemistry in a top predatory fish. *Ecol. Indic.* 121, 106989. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106989>

Teixeira-Amaral, P., Rodrigues de Lemos, V., Muxagata, E., Nagata, R.M., 2021. Temporal dynamics of mesoplanktonic cnidarians in a subtropical estuary: Environmental drivers and possible trophic effects. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 249, 107076. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107076>

Vitória, T.L., Silveira, S., Nagata, R.M., 2021. Predation of portunid crabs *Callinectes sapidus* and *Callinectes ornatus* (Crustacea, Decapoda) on the medusa *Lychnorhiza lucerna* (Cnidaria, Scyphozoa). *Ocean Coast. Res.* 69, 1–5. <https://doi.org/10.1590/2675-2824069.20-323tlv>

Vollrath, S.R., Possamai, B., Schneck, F., Hoeninghaus, D.J., Albertoni, E.F., Garcia, A.M., 2021. Trophic niches and diet shifts of juvenile mullet species coexisting in marine and estuarine habitats. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* 1–11. <https://doi.org/10.1017/S0025315421000242>

## **Popularização da Ciência**

Brazilian Seagrass Meadows. Divulgação dos projetos DiVAS, ReBentos, Mapping Brazilian Seagrasses, The Blue Carbon Initiative.

Copertino, M., Cotrim, L.; Muelbert J. H.; Horta, P.; Siegle, E.; Kikuchi, R.; Lessa, G.; Klein, A. H. F.; Bustamante, M.; Turra A. 2020. Alerta sobre a Revogação da Resolução 303/2002 e o Retrocesso Ambiental Brasileiro. Direto da Ciência. São Paulo, p.0 - 0, 2020.

Copertino, M. 2020. Conservação da Biodiversidade: qualidade de vida para a sociedade. Coalisção Ciência & Sociedade. <https://cienciasociedade.org/conservacao-da-biodiversidade-qualidade-de-vida-para-a-sociedade/>

Fonseca, F. F.; Martins, M. L.; Cordeiro, L. N.; Colling, L. A. 2019. Repensando o papel da Extensão Universitária a partir de uma experiência em escolas de comunidades pesqueiras de Rio Grande - RS. Diário de Bordo, p. 62 - 69, 01 ago.

Garcia, A. M. 2017. Mudanças nos elos alimentares de um peixe estuarino ao longo dos anos (PELD-ELPA). Tema: Ecologia Marinha. (Rede social).

Garcia, A. M.; Reis-Santos, P.; Conдини, M. V.; Tanner, S. E. 2020. Peixes predadores nos contam sobre o passado e as mudanças climáticas! Tema: Ecologia Marinha e Mudanças Climáticas. (Rede social).

Ortega, I. O.; Colling, L. A.; Dumont, L. F. C. 2018. Impactos de la Pesca de Arrastre Artesanal sobre Organismos macrobentônicos en un Estuário del Sur de Brasil. Revista Fundatun, Caracas - Venezuela, p. 12 - 16, 01 jul.

Possamai, B.; Garcia, A. M. 2018. Efeitos do El Niño sobre a ecologia trófica dos peixes no estuário da Lagoa dos Patos. Tema: Ecologia Marinha. (Rede social).

Possamai, B.; Garcia, A. M. 2018. El Niño e mudanças na estrutura trófica de uma comunidade de peixes estuarinos. Tema: Ecologia Marinha. (Rede social).

Turra, A.; Copertino. M.; Goncalves, L. 2019. Chorar sobre o óleo derramado não reduz os danos à zona costeira. Estadão. São Paulo, p.1 - 1, 2019.

Vollrath, S.; Garcia, A. M. 2020. Riachos litorâneos no RS, seus peixes e sua relevância ecológica. Tema: Conservação de ambientes marinhos. (Rede social).

## Capacitação de recursos humanos

### Graduação

Ana Carolina Soares. (Graduação em Oceanologia, FURG; em andamento).  
Orientador: Margareth da Silva Copertino.

Ana Julia Jost Amaro (Graduação em Ciências Biológicas, FURG; em andamento). Orientador: Erik Muxagata.

Ana Luiza Santos Araújo (Graduação em Oceanologia, FURG; em andamento).  
Título: Ecologia trófica de peixes no Complexo Estuarino Tramandaí-Armazém e região marinha adjacente. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Camila Andressa Grando. (Graduação em Oceanologia, FURG; Concluída em 2018). Título: Nutrientes limitantes ao crescimento de macroalgas de deriva no Estuário da Lagoa dos Patos, RS. Orientador: Margareth da Silva Copertino.

Carlize Dias (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2018).  
Título: Ecologia trófica de peixes no estuário da Lagoa dos Patos. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Danielle Bueno (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2017).  
Título: Dieta e monitoramento de longo prazo (PELD) de peixes no estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Isabelle Gonçalves da Silva (Graduação em Oceanologia, FURG; em andamento). Orientador: Jose Henrique Muelbert.

Julia Ortiz Kessler de Moraes (Graduação em Oceanologia, FURG; Iniciação Científica concluído em 2021). Título: Distribuição vertical de cnidários planctônicos na plataforma continental sul do Brasil. Orientador: Renato Mitsuo Nagata.

Laura da Nerva Frota (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2018). Título: Produção Primária Requerida pela População de Botos (*Tursiops truncatus gephyreus*) no Estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Leandro da Silva Sarmiento (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2021). Título: Variabilidade interanual (1996-2020) em aspectos da estrutura populacional do barrigudinho *Jenynsia lineata* no estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Mariana Barbosa Lisboa (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2017). Título: Dieta e monitoramento de longo prazo (PELD) de peixes no

estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Natália Figurelli Maia (Graduação em Oceanologia, FURG; Iniciação Científica concluída em 2019). Título: Comportamento do material particulado em suspensão no baixo estuário da Lagoa dos Patos durante um evento de El Niño. Orientador: Osmar Olinto Moller Jr.

Nicolas Ferstenseifer Weissheimer (Graduação em Oceanologia, FURG; Iniciação Científica concluída em 2020). Título: A morfologia da concha do gastrópode *Heleobia australis* como possível bioindicadora de ambientes costeiros e estuarinos no Extremo Sul do Brasil. Orientador: Leonir André Colling.

Pedro Sá Freire Ferreira de Pinho (Graduação em Oceanologia, FURG; Iniciação Científica concluída em 2020). Título: Monitoramento contínuo do micro e meso-zooplâncton do Canal de Rio Grande. Orientador: Erik Muxagata.

Raphaela Mota Gonçalves Gurgel (Graduação em Oceanologia, FURG; TCC concluído em 2018). Título: Produção primária requerida pela população de botos (*Tursiops truncatus gephyreus*) do estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Talles Lisboa Vitória. (Graduação em Oceanologia, FURG; Em andamento). Título: Tempo de digestão da medusa *Lychnorhiza lucerna* (Cnidaria, Scyphozoa): Um estudo preliminar sobre o potencial de predação de uma espécie com grande impacto em cadeias tróficas. Orientador: Renato Mitsuo Nagata.

Vinícius Dyonisio. (Graduação em Oceanologia, FURG; Em andamento). Título: Utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS) no estudo da vegetação aquática submersa no Estuário da Lagoa dos Patos. Orientador: Margareth da Silva Copertino.

### Mestrado

Abner Ventura Alves (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação concluída em 2018). Título: Alterações na história de vida e avaliação do estoque do goete *Cynoscion jamaicensis* (Vaillant & Bocourt, 1883) no Sul do Brasil. Orientador: Luís Gustavo Cardoso.

Amanda O. Travessas (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em andamento). Título: Dieta e repartição de recursos entre garças reproduzindo em simpatria no Sul do Brasil. Orientador: Leandro Bugoni.

Amanda Tomazele Rovani (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação concluída em 2017). Título: História de vida e avaliação dos impactos da pesca sobre a espécie *Dules auriga* (Teleostei: Serranidae), componente da captura incidental no Sul do Brasil. Orientador: Luís Gustavo Cardoso.

Andrea Campos Rangel (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação concluída em 2020). Título: Avaliação histórica da ecologia espacial e trófica do Boto-de-Lahille (*Tursiops gephyreus*) por meio da análise de isótopos estáveis. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Bárbara Michelly Jung (PPG em Oceanografia Física, Química e Geológica, FURG; Dissertação concluída em 2017). Título: Variabilidade dos fluxos de sedimentos em suspensão para a Lagoa dos Patos e os processos de trocas com o oceano adjacente. Orientador: Osmar Olinto Moller Jr.

Bruna de Ramos (PPG em Gerenciamento Costeiro, FURG; Dissertação concluída em 2020). Título: Diagnóstico e análise da problemática do lixo no mar: estudo de caso na praia do Cassino, Rio Grande, RS, Brasil. Orientador: Maíra Carneiro Proietti.

Camila Bosenbecker (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação concluída em 2018). Título: Partição de recursos alimentares e nicho isotópico de três espécies de sabiás em matas paludosas no sul do Brasil. Orientador: Leandro Bugoni.

Caroline Dias Gabani (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Habitats oceanográficos e caracterização do voo do albatroz-de-nariz-amarelo (*Thalassarche chlororhynchos*) no Oceano Atlântico Sul. Orientador: Leandro Bugoni.

Christopher da Fonseca Ibeiro (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação concluída em 2017). Título: Uso do habitat em diferentes fases da vida do siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda, portunidae) nas áreas rasas do estuário da Lagoa dos Patos e na área reprodutiva marinha adjacente. Orientador: Luiz Felipe Cestari Dumont.

Cínthia Negrine Fernandez (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em andamento concluída em 2019). Título: Recursos alimentares utilizados pela ave *Chauna torquata* e o gado em áreas úmidas na planície costeira do sul do Brasil. Orientador: Leandro Bugoni.

Dairana Misturini (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento concluída em 2021). Título: A influência de sistemas frontais sobre as assembleias bentônicas de pradarias de fanerógamas submersas estuarinas. Orientador: Leonir André Colling.

Edwin Jesus Laines Araújo (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em conclusão em 2021). Título: Estrutura das assembleias de macroinvertebrados bentônicos nos cenários morfodinâmicos de praias arenosas não urbanizadas do Extremo Sul do Brasil. Orientador: Leonir André Colling.

Erika Belarmino da Silva (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em conclusão em 2021). Título: Variabilidade interanual (1996-2020) em aspectos da estrutura populacional do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* no estuário da Lagoa dos Patos e região marinha adjacente. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Fabio Cavalca Bom (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em conclusão em 2018). Título: Impacto de veículos sobre a macrofauna bentônica em uma praia arenosa subtropical. Orientador: Leonir André Colling.

Laís Fernanda de Palma Lopes (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em conclusão em 2017). Título: Reavaliação de técnicas metodológicas para bioensaios toxicológicos com o copépodo *Acartia tonsa* Dana 1849. Orientador: Erik Muxagata.

Laura Nerva da Frota (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Produção primária requerida pela população de botos (*Tursiops truncatus gephyreus*) do estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Danielle Ortiz de Ortiz (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em conclusão em 2016). Título: Estágios de desenvolvimento, crescimento e produção secundária do copépodo planctônico *Notodiaptomus incompositus* no sul do Brasil. Orientador: Erik Muxagata.

Lucas Ott Tavares (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em conclusão em 2017). Título: Variabilidade espaço-temporal na distribuição do boto, *Tursiops truncatus*, no estuário da Lagoa dos Patos e sua relação com fatores hidrológicos e climáticos. Orientador: Luciano Dalla Rosa.

Marcelo Mascarenhas Wiegand (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em conclusão em 2017). Título: Ecologia trófica dos mamíferos marinhos da Lagoa dos Patos e áreas costeiras adjacentes: uma abordagem isotópica. Orientador: Silvina Botta.

Maria Fernanda Figueira Lucas Franco (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Estrutura e dinâmica do fitoplâncton no estuário da lagoa dos patos em diferentes escalas temporais. Orientador: Carlos Rafael Borges Mendes.

Nathallia Leite Alves Salvador (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em concluída em 2017). Título: Variabilidade interanual da condição de larvas de Savelha (*Brevoortia pectinata*) no estuário da Lagoa dos Patos e zona costeira adjacente. Orientador: José Henrique Muelbert.

Nicole Correa Serra Martins Silva (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Variação na estrutura da comunidade fitoplanctônica em função de feições oceanográficas de mesoescala no Atlântico Sul. Orientador: Virginia Maria Tavano.

Pedro Vieira Maciel (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Variação interanual da composição e densidade do zooplâncton gelatinoso no Estuário da Lagoa dos Patos. Orientador: Renato Mitsuo Nagata.

Priscila Mulattieri Suarez Orozco ( PPG em Oceanografia Física, Química e Geológica, FURG; Dissertação concluída em 2017). Título: Estudo da variabilidade da estrutura vertical dos fluxos na área do canal de acesso à lagoa dos patos através de modelos teóricos. Orientador: Osmar Olinto Moller Jr.

Raissa Lima Praia Santos (PPG Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação Concluída em 2021). Título: Variação temporal (1996-2020) na ocorrência e abundância de peixes visitantes-marinhos no estuário da Lagoa dos Patos e suas relações com fatores ambientais e antrópicos. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Renan Costa Machado (PPG em Gerenciamento Costeiro, FURG; Dissertação em concluída em 2018). Título: Caracterização molecular dos estoques de miragaia *Pogonias cromis* (Sciaenidae) no Atlântico Sul Ocidental como subsídio para a gestão da pesca. Orientador: Manuel Haimovici.

Rihel Venuto dos Santos (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em concluída em 2019). Título: Variação intrapopulacional do repertório de assobios do boto-de-Lahille, *Tursiops truncatus gephyreus* (Cetartiodactyla, Delphinidae), no extremo sul do Brasil. Orientador: Luciano Dalla Rosa.

Rodrigo Cesário Pereira Silva (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Dissertação em andamento). Título: Estoque e potencial de sequestro de carbono em habitats vegetados submersos do Estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Orientador: Margareth da Silva Copertino.

Sabrina Radunz Vollrath (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em concluída em 2019). Título: Ecologia trófica de duas espécies congênicas de juvenis de tainha (*Mugil curema* e *M. liza*) no extremo sul do Brasil. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Thiago dos Santos Tuchtenhagen (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em conclusão em 2017). Título: Variações na estrutura da assembleia de peixes das zonas rasas da Lagoa dos Patos durante o El Niño 2015-2016. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Vinni Santos Thykjaer (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em conclusão em 2019). Título: Alterações de longo prazo nos recursos pesqueiros do estuário da Lagoa dos Patos segundo a percepção de pescadores artesanais. Orientador: Luís Gustavo Cardoso.

Yan Gonçalves Gowert (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Dissertação em andamento). Título: Variações de longo-prazo na abundância dos juvenis da savelha *Brevoortia pectinata* no estuário da Lagoa dos Patos, RS. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

### Doutorado

Adna Ferreira Silva Garcia (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG, com período sanduíche em Universidade de Lisboa; Tese concluída em 2018). Título: Estrutura e conectividade trófica das assembleias de peixes em um estuário subtropical e seus sistemas fluvial e marinho adjacentes. Orientador: João Paes Vieira Sobrinho.

Ana Carolina Corrêa Tatsch (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Ecologia populacional de *Pontoporia blainvillei* e *Tursiops truncatus* através de marcadores moleculares. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Andréa de Oliveira da Rocha Franco (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Protistas planctônicos de praias arenosas expostas equatoriais, tropicais e subtropicais brasileiras: Diversidade e fatores de influência. Orientador: Carlos Rafael Borges Mendes.

Bianca Possamai (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese concluída em 2019). Título: Variabilidade de longo-prazo na estrutura trófica em zonas rasas estuarinas e suas relações com fatores ambientais e eventos El Niño. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Dérien Lucie Verneti Duarte (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese concluída em 2018). Título: Avaliação da eficiência de dispositivos redutores de fauna acompanhante em redes de arrasto de camarões na pesca industrial no Sul do Brasil. Orientador: Luiz Felipe Cestari Dumont.

Fernando Azevedo Faria (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Fatores determinantes na distribuição e abundância de aves costeiras migratórias. Orientador: Leandro Bugoni.

Ileana Margarita Ortega Ortega (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese concluída em 2018). Título: Variabilidade espacial e temporal da macrofauna e influência da pesca de arrasto sobre os fundos sublitorais do estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Orientador: Luiz Felipe Cestari Dumont.

Juliana do Prado Alves (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Transferência trófica de contaminantes orgânicos e mercúrio em botos (*Tursiops truncatus*) e toninhas (*Pontoporia blainvillei*) do Sul do Rio Grande do Sul. Orientador: Silvina Botta.

Maria Helena Paulo Antônio (PPG em Oceanografia Física, Química e Geológica, FURG; Tese concluída em 2020). Título: Modelagem da Dispersão de Ovos e Larvas da Corvina *Micropogonias furnieri* no Estuário da Lagoa dos Patos. Coorientador: Jose Henrique Muelbert.

Priscila Teixeira Amaral (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Sazonalidade e produção secundária do zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos. Orientador: Erik Muxagata.

Rodrigo Cezar Genoves (PPG em Oceanografia Biológica, FURG, com período sanduíche em Universidade de Lisboa; Tese concluída em 2019). Título: Estrutura genética e social do Boto (*Tursiops truncatus gephyreus*) no estuário da Lagoa dos Patos e águas costeiras adjacentes. Orientador: Eduardo Resende Secchi.

Sabrina Radunz Vollrath (PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG; Tese em andamento). Título: O papel dos juvenis de tainha no transporte de nutrientes marinhos para ambientes de água doce e possíveis alterações ocasionadas por impactos antrópicos na planície costeira. Orientador: Alexandre Miranda Garcia.

Savênia Bonoto da Silveira (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese concluída em 2018). Título: Respostas fisiológicas da cianobactéria *Nodularia spumigena* isolada no extremo Sul do Brasil. Orientador: Clarisse Odebrecht.

Vanessa Corrêa da Rosa. (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese concluída em 2018). Título: Do plâncton ao bentos: influência de diferentes fatores físicos, químicos e biológicos no processo de bioincrustação. Orientador: Erik Muxagata.

Vanessa Ochi Agostini (PPG em Oceanografia Biológica, FURG; Tese em andamento). Título: Abundância e composição de algas epífitas em pradarias

de fanerógamas submersas de estuários subtropicais do Rio Grande do Sul, Brasil. Orientador: Margareth da Silva Copertino.

*Pós-Doutorado*

Manuel Cezar Macedo B. N. de Souza. (2018 a 2021) Bolsista DTI (FAPERGS) do PELD-ELPA.

Marianna de Oliveira Lanari. (2017 até hoje) Bolsista PNPd da PPG em Oceanografia Biológica da FURG.

Valéria Lemos (2018 a 2021) Bolsista PDJ do PELD-ELPA.