

**Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área
Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e
Costeira Adjacente**

**Material Suplementar Ambiente Marinho – Tema Monitoramento
Remoto da Megafauna**

RT- 43/ JUN 23

RA2022 PMBA/FEST

Vitória

Junho de 2023

SUMÁRIO

1	HISTÓRICO DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL	3
2	METODOLOGIA	3
2.1	COLETA	4
2.1.1	Dronemonitoramento	4
2.1.2	ROV	5
2.1.3	Sobrevoo Tripulado	5
2.1.4	Bioacústica	5
2.2	ANÁLISE.....	6
2.2.1	Dronemonitoramento	6
2.2.2	ROV	7
2.2.3	Sobrevoo Tripulado	7
2.2.4	Bioacústica	8
2.3	HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES E ADAPTAÇÕES DE METODOLOGIAS.....	9
3	RESULTADOS DOS INDICADORES	10
3.1	VULNERABILIDADE POPULACIONAL DA TONINHA (PONTOPORIA BLAINVILLEI).....	10
3.1.1	Dronemonitoramento	11
3.1.2	Caracterização do tipo de fundo marinho (ROV)	13
3.1.3	Agregação e abundância da toninha (<i>P. blainvillei</i>) a partir da bioacústica e sobrevoo tripulado	15
4	ITENS PREVISTOS E NÃO REALIZADOS: JUSTIFICATIVAS	16
5	REFERÊNCIAS:	16

1 HISTÓRICO DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL

O histórico de malha e frequência amostrais do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I (PMBA/Fest) abrange informações de suma importância para o balizamento do presente programa, uma vez que passou por modificações ao longo do tempo, visando melhor atender aos objetivos do PMBA/Fest. Estas alterações foram aprovadas pela Câmara Técnica da Biodiversidade (CTBio) por meio de: (1) ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio, de outubro de 2019 (para o período de transição) e (2) Proposta Técnica de continuação do monitoramento, apresentada no primeiro semestre de 2022 visando o “Novo Ciclo do PMBA/Fest”.

As modificações implementadas se encontram nos seguintes Materiais Suplementares: 1) **MS - Malha e frequência amostrais**, onde as diferentes malhas e frequências amostrais são apresentadas nas abas “Ano 1”, “Transição”, “Novo Ciclo” e “Histórico Frequências” e 2) **MS – Mapas das malhas amostrais**, com a espacialização referente às malhas amostrais dos Ambientes. Como forma de esclarecer os períodos contemplados em cada uma delas, “Ano 1” se refere às estações amostrais coletadas entre setembro de 2018 e setembro de 2019, “Transição” às estações entre outubro de 2019 e julho de 2022 e “Novo Ciclo” referente às estações amostrais coletadas a partir de agosto de 2022.

2 METODOLOGIA

A metodologia apresentada contempla o escopo em vigência no momento de entrega deste relatório, ou seja, as amostragens e análises previstas para o Novo Ciclo do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática – PMBA submetidas à Fundação Renova através do FORMULÁRIO DE APRESENTAÇÃO DE PLANO DE TRABALHO em 31 de agosto de 2022. Após a descrição da metodologia implementada, será apresentado um breve descritivo sobre as modificações metodológicas (parâmetros, análise de parâmetros ou grupo de parâmetros, dentre outros) que ocorreram ao longo da evolução do PMBA/Fest a fim de determinar os indicadores.

A megafauna marinha que ocupa a região de influência da pluma de sedimentos do rio Doce foi monitorada por meio de quatro metodologias, sendo elas o dronemonitoramento, ROV (Remotely Operated Underwater Vehicle), sobrevoo tripulado e bioacústica, a fim de entender as estratégias de uso da área e a estrutura populacional, especialmente dos cetáceos que utilizam a região. Os pontos de decolagem do dronemonitoramento estão localizados na praia de Regência, na Reserva Biológica de Comboios e na praia de Coqueiral de Aracruz, na Área de Proteção Ambiental Costa das Algas. Em campanhas mensais, os transectos varrem uma área de 4km², em um padrão de voo que foi definido baseado na maior probabilidade de detectabilidade da megafauna marinha da região. Nos pontos mais próximos à foz do rio Doce (praia de Regência e REBio Comboios), local com maior influência da pluma do rio, são realizados dois (02) transectos dentro da área de amostragem (Barreto et al., 2021). Os pontos monitorados pelo ROV foram distribuídos entre os municípios de Aracruz e Conceição da Barra, a fim de identificar e descrever os tipos de fundo das regiões com registros de comportamento alimentar

da megafauna, ou áreas de agregação (Giacomo et al., 2021). Durante os sobrevoos, a bordo de um avião bimotor Aerocommander 550B com uma altitude constante de 150 m, cada observador registrou os grupos de megafauna marinha de forma independente. A abundância de *Pontoporia blainvillei* (toninha) foi estimada através de métodos de amostragem de distâncias (distance sampling) (Buckland et al. 2001). Os arquivos de som gravados durante as etapas de campo foram inspecionados a fim de identificar os momentos de ocorrência de vocalizações de cetáceos. Para isso foram gerados Long Term Spectral Average (LTSA) através do software MATLAB (MathWorks INC.) em conjugação com o pacote Triton (Scripps Research Institute).

2.1 COLETA

2.1.1 Dronemonitoramento

O início do transecto é realizado em ponto fixo. Os pontos de decolagem estão localizados na praia de Regência, próximo à foz do rio Doce e na Reserva Biológica de Comboios, em Linhares; e na praia de Coqueiral de Aracruz, na Área de Proteção Ambiental Costa das Algas. Nos pontos localizados no município de Linhares, por serem mais próximos à foz do rio Doce em um local com maior influência da pluma do rio, são realizados dois (02) transectos dentro da área de amostragem. Cada um dos transectos percorre 8,2 km, varrendo uma área de 4km². Em Aracruz, na foz do rio Piraquê-Açu, a qual é considerada uma área controle, somente um (01) transecto é realizado com as mesmas características de amostragem dos outros pontos.

Os transectos foram desenhados de forma a obter-se a maior área varrida, como menor sobreposição. No caso dos pontos de Linhares, uma réplica é considerada completa quando os dois (02) transectos – denominados Norte e Sul – forem finalizados (Figura 4). Em Aracruz, o transecto é chamado de Único. Em ambos os pontos de amostragem, o transecto deve ser concluído em um único voo. Cada voo realizado durante o transecto tem duração de até 16 min, quando um grupo de cetáceo for avistado a observação pode durar até 4 min, totalizando o tempo máximo de 20 minutos de voo, considerado o tempo seguro para utilização do Drone em condições adversas.

O padrão de voo foi definido baseado na maior probabilidade de detectabilidade da megafauna marinha, com a maior área de varredura possível. A uma altura do Drone de 50m em relação a superfície marinha, com o ângulo de inclinação da câmera de -27°, o deslocamento do Drone na posição lateral, com velocidade de 40 km/h, no modelo de transecto norte/sul, tem-se o padrão de voo ideal para o monitoramento de megafauna marinha em ambiente natural.

As campanhas são realizadas mensalmente, em uma janela de oito (08) dias, com até seis (06) dias efetivos de amostragem. O esforço de coleta é realizado em somente um ponto de decolagem em cada dia. Cada área amostrada terá o mínimo de seis (06) réplicas completas dentro de cada campanha. Após o cumprimento das réplicas de todos os transectos pré-definidos (que totalizam 30 voos), outros voos são realizados, quando possível, com o objetivo de analisar com maior precisão o comportamento dos animais que ocupam a região, principalmente os cetáceos. O esforço de campo não deverá ocorrer,

ou será interrompido, quando a Escala Beaufort for igual ou superior a quatro (04), ou o vento na superfície for acima de 26 km/h.

2.1.2 ROV

Durante o período de boa visibilidade da água foram realizadas campanhas de mergulhos com veículos remotamente pilotados. O modelo BlueROV2, da fabricante Blue Robotics, foi considerado o mais apropriado devido à capacidade para operações em águas rasas a moderadas, com cabo umbilical de até 300m disponível e capacidade de filmagem em Full HD. O equipamento é pilotado com um controle remoto conectado a um computador, em que o operador do ROV visualiza o que está a frente do equipamento durante o deslocamento no transecto, enquanto fala sobre os eventos para um anotador que registra a hora e o ponto exato de cada observação, utilizando um GPS subaquático. Nestas operações, são realizados transectos com aproximadamente 3 minutos de duração cada, navegando linearmente. Durante a análise dos vídeos, o tempo de vídeo é registrado com o objetivo de obter o esforço amostral. O tempo é calculado a partir do momento que o equipamento toca o fundo. Cada mergulho realizado representa uma vídeo-amostra, a ser analisada em laboratório. A identificação dos tipos de habitats é feita a partir do substrato predominante ou dos organismos predominantes, com o objetivo de identificar e descrever os tipos de fundo nas regiões com registros de comportamento alimentar da megafauna, ou demais áreas de agregação.

2.1.3 Sobrevoos Tripulado

Durante os sobrevoos cada observador trabalhou de forma independente, não havendo comunicação visual ou acústica entre eles. Dois pesquisadores tinham sua posição de observação nas janelas bolhas (dianteiras) e dois nas janelas planas (traseiras). Os dados de avistagem, início e final de linha e qualquer informação adicional, foram registrados em um gravador digital Panasonic RR-US 300 individual com horário sincronizado com o GPS para posterior georreferenciamento. Para cada grupo detectado, foi tomado o ângulo de declinação entre o horizonte e o grupo utilizando um inclinômetro Suunto-PM5. Adicionalmente, sempre que possível, foram realizados registros fotográficos utilizando máquina fotográfica Canon 6D Mark II com lente Canon 70-200L, os grupos escolhidos para fotos foram circulados por 5-15 minutos. Os seguintes dados abióticos foram tomados a cada início e final de linha, e sempre que uma mudança ambiental ocorria: transparência da água (clara ou turva), cor da água (marrom, verde ou azul), reflexo (ausente, fraco, moderado ou forte), condição do mar de acordo com a escala *Beaufort* e visibilidade (ruim, moderada, boa ou ótima).

2.1.4 Bioacústica

O monitoramento acústico passivo (MAP) ocorreu através do arrasto de uma matriz linear de hidrofone (Auset®) de 50 metros contendo quatro elementos omnidirecionais (distâncias entre elementos de 0,4; 3 e 5 metros) com as seguintes características: 0,499 de filtro passa-alta, sensibilidade de -205 dB re 1 V/ μ Pa e ganho de 20 dB. A matriz era rebocada pelo veleiro e acoplada a uma placa digitalizadora Sail DAQ com frequência de resposta de 250 kHz. O sistema acústico foi configurado para realizar as

gravações através do software PAMGuard configurado para funcionar continuamente durante 24 horas. Quando possível, durante a avistagem de um grupo de cetáceos, foi utilizado o hidrofone portátil modelo Cetacean Research TM C75 (com frequência de resposta de 0,003 a 250kHz, +3/- 12 dB, - 200 dB re: 1V/ μ Pa) acoplado diretamente ao gravador digital tascam DR-100 MKIII com amostragem de 192 kHz/24 bits para gravar suas emissões acústicas.

2.2 ANÁLISE

2.2.1 Dronemonitoramento

Cada transecto realizado representa uma amostra, a qual foi analisada em laboratório por um pesquisador de fauna. Durante a análise dos vídeos, o tempo de início e de final de todas as avistagens (podendo ser mais de uma por tempo total de vídeo), foi registrado com o objetivo de obter o tempo de vídeo que deverá ser editado para futuras análises de caracterização do grupo observado. Após a detecção do tempo (minutos e segundos) de vídeo com registro de cada grupo de cetáceos, foi realizada uma edição do vídeo, com um recorte somente do momento da observação. Para cada vídeo foram registrados a data e o número do voo, bem como a altitude, velocidade do voo, ângulo da câmera, posição do Drone, registro de embarcação, atividades antrópicas detectadas, e demais observações.

Os vídeos realizados durante os transectos foram analisados sempre pelo mesmo pesquisador, previamente capacitado. Os registros de megafauna foram todos validados por outro pesquisador especialista. Foi utilizada uma (01) Ficha de Análise de Vídeos para o registro (Figura 1) de cada grupo analisado, na qual era registrada o tempo (em minutos e segundos) de início e o final da avistagem. Caso outro grupo fosse observado durante o mesmo transecto, era registrado em outra ficha. Além do tempo de início e do final da avistagem foi registrada também a posição geográfica de início e final da observação. Foi considerado “grupo” qualquer observação a partir de um (01) indivíduo. Para os grupos de toninha (*Pontoporia blainvillei*), foram identificadas as espécies e o número de animais encontrados em cada observação, diferenciando em adultos, juvenis e filhotes. O comportamento (Deslocamento, Alimentação e Interação) foi ser registrado sempre que possível.

Figura 1: Modelo de ficha de análise de vídeos do dronemonitoramento da megafauna marinha.

MONITORAMENTO DA MEGAFUNA - FICHA DE ANÁLISE DE VÍDEOS
ID_VOO:
DATA DA ANÁLISE DO VÍDEO:
NOME DO OBSERVADOR DO VÍDEO:
TÁXON (NÚMERO DE INDIVÍDUOS): AVE () QUELÔNIO () MAMÍFERO () INDETERMINADO ()
ESPÉCIE / GÊNERO / FAMÍLIA:
REGISTRO EM CAMPO: SIM () NÃO ()
HORÁRIO REAL:
TEMPO DO VÍDEO (início e final):
LATITUDE:
LONGITUDE:
INCIDÊNCIA DE PLUMA: SIM () NÃO ()
COMPORTAMENTO: DESLOCAMENTO () ALIMENTAÇÃO () INTERAÇÃO () INDETERMINADO ()
TAMANHO DOS INDIVÍDUOS:
OBSERVAÇÕES:

2.2.2 ROV

A identificação dos tipos de habitats foi realizada a partir do substrato predominante e/ou dos organismos predominantes, descrevendo os tipos de fundo nas regiões com registros de agregações de megafauna. Os substratos foram classificados em sete (07) morfotipos principais: areia; areia e lama; areia com fragmentos de conchas calcárias; estruturas recifais; briozoários, esponjas e algas; lama; e rodolitos. Com o foco na análise da vulnerabilidade populacional da toninha a análise de correlação espacial de Person foi realizada entre os habitats identificados com o ROV, complementados com a distribuição das fácies sedimentares na plataforma continental e a geomorfologia costeira de Viera (2017), e a densidade kernel dos pontos de registro da toninha (*Pontoporia blainvillei*).

2.2.3 Sobrevoos Tripulados

A partir dos dados georreferenciados das avistagens foram gerados mapas de distribuição para cada espécie utilizando o software livre QGIS (versão 3.4.11). A abundância de toninhas, baleias jubarte e outros pequenos cetáceos foi estimada através de métodos de amostragem de distâncias (*distance sampling*) (Buckland et al. 2001). Todas as análises foram realizadas utilizando uma série de funções customizadas no programa R (versão 3.5.1) com o pacote “mrds” (Laake et al. 2018).

2.2.4 Bioacústica

Os arquivos de som gravados durante as etapas de campo foram inspecionados a fim de identificar os momentos de ocorrência de vocalizações de cetáceos. Para isso foram gerados *Long Term Spectral Average* (LTSA) através do software MATLAB (MathWorks INC.) em conjugação com o pacote Triton (Scripps Research Institute). O LTSA consiste em espectrogramas compilados de todos os arquivos em análise que permite a identificação visual e acústica de blocos de arquivos contendo sons pulsados e tonais de interesse. Os parâmetros de visualização do LTSA foram padronizados com janela de 30 minutos e parâmetros de brilho a 300%dB e contraste a 315%dB. Já para os espectrogramas dos eventos de interesse foram definidas as configurações de sobreposição de 80%, brilho -30dB, contraste 208% dB e ajustes variáveis do FFT para melhor definição de acordo com o sinal apresentado. Essa padronização promove a disposição mais nítida dos eventos, mesmo daqueles com menor energia. A Figura 2 mostra respectivamente um LTSA em janela de 30 minutos e o espectrograma de parte de um evento de interesse identificado.

Blocos de detecção contendo cliques de ecolocalização foram utilizados para análise de detecção no PAMGuard e usados para localizar o indivíduo ou o grupo emissor. Como os cliques são discretos no tempo, sua análise permite uma avaliação mais precisa da diferença no tempo de chegada do mesmo sinal em diferentes canais por meio de correlação cruzada. Para cada bloco de detecção, um evento correspondente a uma ou mais cadeias de cliques foi determinado (Swift et al., 2009). Então, foi realizada a Análise de Movimento Alvo (*Target Motion Analysis* - TMA) para avaliar a localização de cada evento. Assim, quando o veleiro de pesquisa passou por um indivíduo ou grupo, o ângulo azimutal correspondente a cada evento foi estipulado a partir de diferentes pontos ao longo da transecção; e a distância perpendicular do indivíduo ou grupo em relação à embarcação foi estimada (Leaper et al., 2000, Hastie et al., 2003, Barlow & Taylor, 2005, Lewis et al., 2007) juntamente com sua latitude e longitude. Dois modelos de localização foram gerados, e o *Akaike Information Criteria* (AIC) foi usado para selecionar o modelo mais adequado para a localização de cada cadeia. Para os assobios foram consideradas as coordenadas do veleiro uma vez que esse tipo vocal não é discreto no tempo e, portanto, não apropriado para a TMA. Por fim, as coordenadas dos eventos localizados (encontros acústicos) foram plotadas através do QGIS (versão 3.12). Para isso, o sistema de coordenadas adotado foi o 'Universal Transverse Mercator (UTM)' – SIRGAS 2000, Zona 24° Sul (UTM 24S).

A análise estatística espacial foi realizada no software QGIS (Versão 3.10.13), utilizando mapas de Kernel para estimar a distribuição geográfica das concentrações de registros acústicos (cadeias de cliques e assobios) e identificar as áreas com alta concentração de pontos detectados. O valor de concentração de cada detecção acústica foi correlacionado com os dados geoespaciais do respectivo ponto de amostragem. Os mapas de Kernel foram gerados a partir de modelos de interpolação gaussiana da função. O valor do raio utilizado foi determinado a partir da subtração e adição da média da distância (X) de cada um dos pontos com a média do desvio padrão (X), segundo proposto por Rizzatti et al. (2020), a fim de tentar aproximar um valor adequado aos pontos, conforme a Equação 1.

Equação 1: Densidade de Kernel

$$R = (X) \pm (X)$$

Onde: (X) média da distância média; (X) média do desvio padrão.

Optou-se assim por utilizar apenas a subtração, pois foi observado que o menor valor não gerou descontinuidade e nem amaciamento exagerado. Do contrário, o maior valor suavizou excessivamente as classes, o que poderia conduzir a possíveis interpretações errôneas.

Foram feitas as correções na escala de valores mínimos e máximos dos rasters, provenientes das análises, para cada uma das espécies, com base nos quatro anos amostrados, proporcionando assim representar a densidade relativa de forma comparativa entre os quatro períodos amostrados (Ano 1, Ano 2, Ano 3 e Ano 4).

Em seguida, o grau de concordância entre as densidades relativas ajustadas pelo esforço (milhas náuticas navegadas) para cada espécie foi determinado através do coeficiente de concordância de Kendall (*Kendall's W*). Esse coeficiente mede o grau e associação entre observações ordinais, e varia de 0 (não concordante) a 1 (muito concordante). Portanto, as densidades foram ranqueadas pela área amostrada e testou-se a hipótese de concordância entre as distribuições dos cetáceos nos quatro anos amostrados. Essa análise foi realizada pelo pacote DescTools no R.

2.3 HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES E ADAPTAÇÕES DE METODOLOGIAS

Os parâmetros do tema Sobrevoos e ROV que possuíam sobreposição com outros temas foram retirados para que o foco deste monitoramento seja a vulnerabilidade populacional da Toninha (*Pontoporia blainvillei*).

A amostragem com o ROV foi prevista para ser dinâmica, com adaptações a partir dos resultados do monitoramento. Em sua primeira fase de execução que se estendeu de 2019 até primeiro semestre de 2022 (período de realização das campanhas anuais) a metodologia com uso do ROV teve como meta "Identificar micro-habitats costeiros associados a concentrações de cetáceos em áreas potencialmente impactadas", prevendo apresentar como produto a "análise espacial da associação de habitats identificados com grupos predominantes". A metodologia previu campanhas exploratórias de mapeamento e identificação dos micro-habitats com ROV (Veículo Remotamente Operado) uma vez detectadas agregações ou relações de determinada espécie com determinada área. Sendo assim no ano 1 de coletas (2019) foram feitas dezenas de amostras exploratórias de acordo com dados de áreas que mostraram potencial de agregação de megafauna e em parte dos dados que estavam sendo gerados simultaneamente pelos projetos de Dronemonitoramento, Sobrevoos-Tripulados e Bioacústica. A partir dos dados obtidos por estes projetos, foram definidos pontos representativos das áreas de agregação da megafauna na região marinha situada entre os municípios de Aracruz e

Conceição da Barra, no norte do Espírito Santo. Desta forma, foram programadas campanhas de amostragem que abranjam o máximo de pontos na região de estudo de acordo com o tempo disponível. Vencida a etapa de caracterização, iniciou-se a partir de 2021 a realização de coletas mais concentradas nas áreas identificadas como *hotspots*, visando análise espacial da associação dos habitats identificados com os grupos predominantes. Devido à dependência de boas condições de transparência da água para obtenção de vídeo-amostras, as campanhas priorizaram os meses de janeiro a abril, com frequência anual, podendo ser complementadas posteriormente. Mesmo nos meses considerados ideais, a visibilidade da água pode mudar bruscamente em frações de horas devido às ondas, correntes e marés, portanto, os pontos que não ofereceram condições para obtenção de vídeo-amostras durante o período de realização das campanhas foram desconsiderados das análises.

3 RESULTADOS DOS INDICADORES

Nesta seção serão apresentados os resultados dos indicadores de qualidade ambiental e da biodiversidade aquática do Tema, os quais foram desenvolvidos pelo PMBA/Fest e obtidos ao longo do monitoramento (setembro/2018 – setembro/2022) na área ambiental I. Vale ressaltar que, os indicadores aqui apresentados têm como propósito clarificar e sintetizar a historicidade dos resultados, interpretação e conclusões do monitoramento, promovendo o acompanhamento espaço-temporal da qualidade ambiental e biodiversidade, além de configurarem importantes ferramentas de suporte a gestores ambientais. A partir destes indicadores, pode-se identificar os impactos com relação direta ou indireta ao rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana (MG).

Os indicadores do PMBA/Fest vêm se consolidando ao longo de quatro anos de monitoramento, onde seus principais resultados foram discutidos em todos os relatórios técnicos entregues até o presente, entretanto a partir do novo modelo de relatório solicitado via ofício SEI nº 85/2022-CTBio/DIBIO/ICMBio, proposto via ofício FR.2023.0214 (SEI13515133) e aprovado via ofício SEI nº4/2023-CTBio/DIBIO/ICMBio, a apresentação dos resultados será exclusivamente a partir da apresentação dos indicadores, acompanhados de legenda estendida com a explicação de sua variação espaço-temporal de forma mais direta e objetiva como se segue:

3.1 VULNERABILIDADE POPULACIONAL DA TONINHA (PONTOPORIA BLAINVILLEI)

A partir do dronemonitoramento observou-se que a região de Comboios apresentou maior ocorrência de *P. balinvillei*, assim como um maior percentual do registro do comportamento alimentar da espécie, observado no período seco e chuvoso. Observou-se uma tendência da população em utilizar de forma alternada a foz do Rio Doce e Comboios, assim como uma preferência pelo uso de Comboios, principalmente nos primeiros anos de monitoramento. Em Comboios foi registrado uma maior proporção de filhotes no período chuvoso comparado à foz do rio Doce, onde houve um aumento no

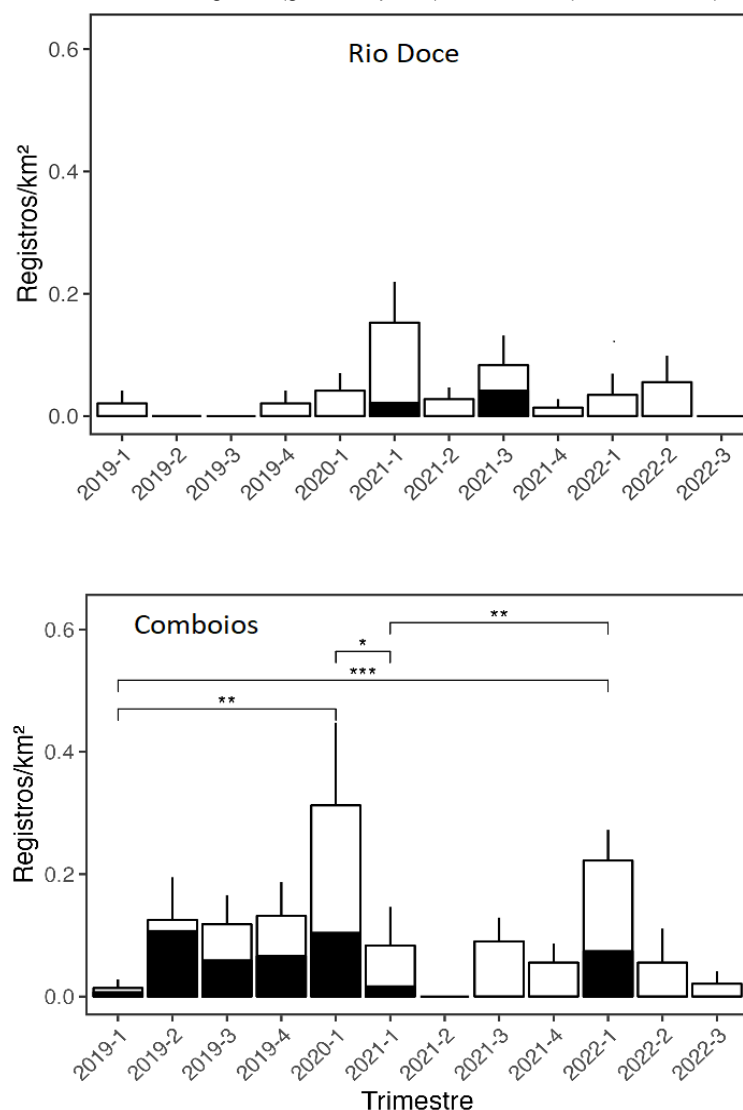
número relativo de indivíduos adultos, a partir do primeiro trimestre de 2021. Foi identificado com o ROV que a ocorrência de *P. blainvillei* está associada ao fundo inconsolidado, principalmente lamoso, que ocorre nas proximidades do sul da foz do Rio Doce. A partir da bioacústica e do sobrevoo tripulado encontrou-se um grau de concordância relativamente alto ($W=0,72$; $p<0,001$), indicando possível fidelidade da população remanescente de *P. blainvillei* às áreas costeiras ao redor da foz do Rio Doce, com concentração ao sul desta.

3.1.1 Dronemonitoramento

Comportamento alimentar da toninha (*P. blainvillei*).

O comportamento alimentar da toninha foi analisado nos dois locais onde a espécie foi encontrada e monitorada (Figura 2).

Figura 2: Frequência de avistagem altura das colunas e proporção de indivíduos em comportamento alimentar (hachurados em preto nas colunas) da toninha (*P. blainvillei*) durante 12 trimestres, entre os meses de janeiro de 2019 a setembro de 2022 nas localidades de Regência (gráfico superior) e Comboios (Gráfico inferior).

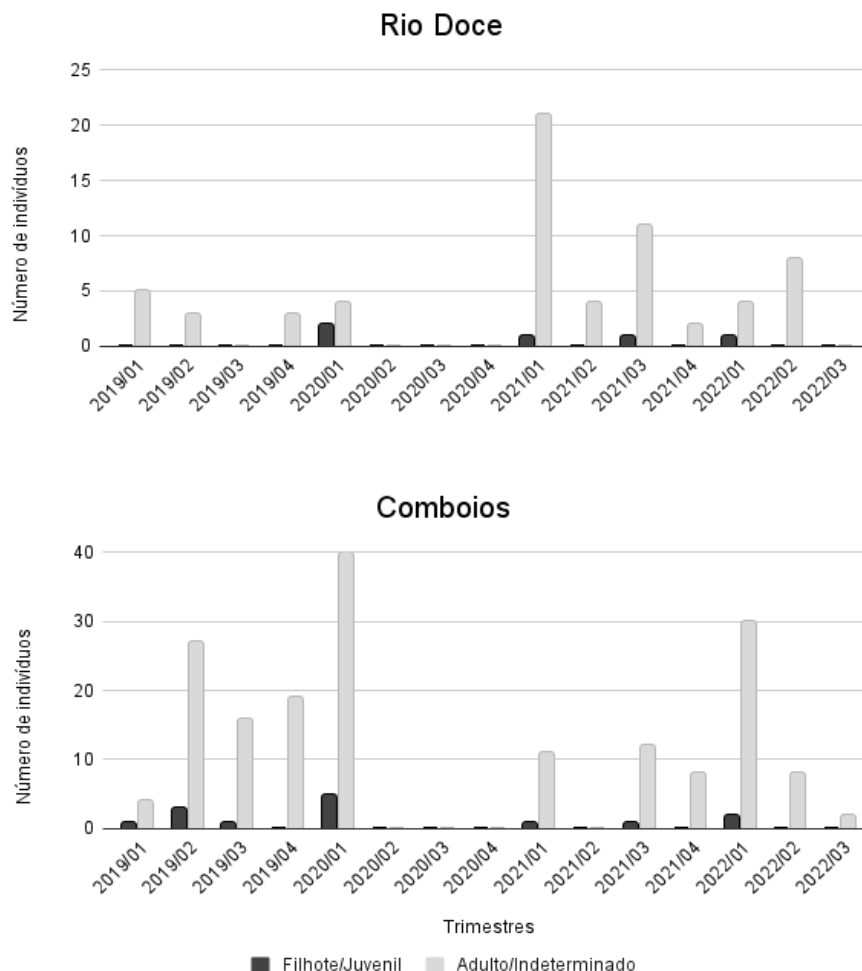


O comportamento alimentar apresentou maior percentual na região de Comboios. A alimentação está presente durante o período chuvoso e seco. A maior concentração de registros da espécie também se deu na região de Comboios. Não houve variação significativa de registros entre os trimestres na região da foz do Rio Doce. Entretanto, em Comboios houve uma variação significativa durante os primeiros trimestres de cada ano (representado pelos asteriscos), sendo que o primeiro trimestre monitorado obteve menor número de registros que os primeiros trimestres dos anos subsequentes. A única diminuição do número de registros, em Comboios, foi no primeiro trimestre de 2021, no qual houve um aumento no número de registros na região da foz do Rio Doce. Os gráficos mostram, desta forma, que há uma tendência da população em utilizar de forma alternada a foz do Rio Doce e Comboios. Percebe-se também que há uma preferência pelo uso de Comboios, principalmente nos primeiros anos de monitoramento. Entre os trimestres 02 e 04 do ano de 2020 não houve monitoramento devido à pandemia da Covid-19.

Estrutura Populacional da toninha (*P. blainvillei*).

A estrutura populacional foi analisada nos locais de ocorrência da espécie para o estudo (Figura 3).

Figura 3: Estrutura populacional da toninha (*P. blainvillei*).

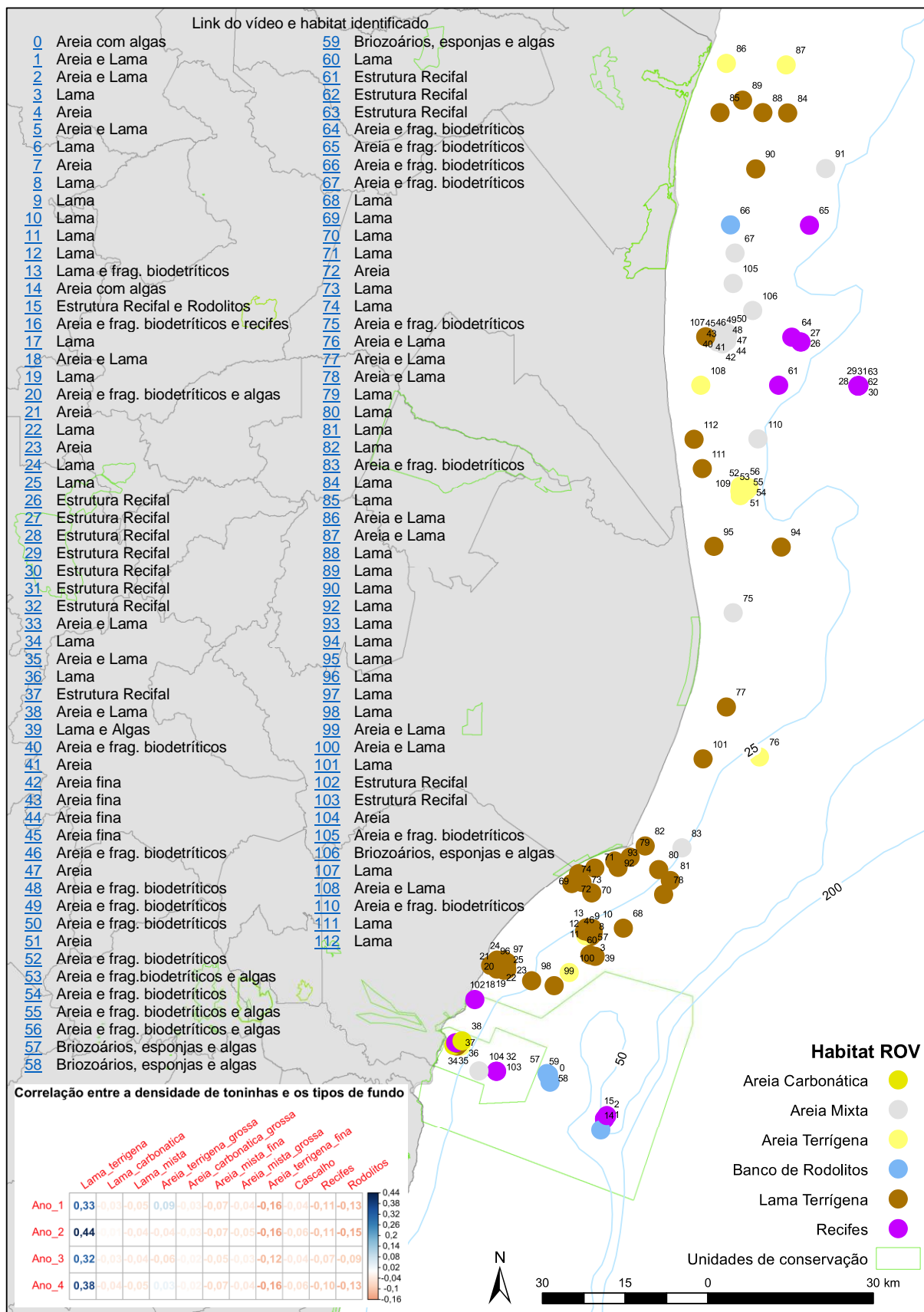


A população foi dividida entre filhotes/juvenis e adultos/indeterminados. Os indivíduos indeterminados (quando não é possível observar o tamanho do indivíduo) foram agrupados com os adultos. Não houve registro de toninha, na foz do Rio Doce, no terceiro trimestre de 2019 e no terceiro trimestre de 2022 (período seco). Na região da foz do Rio Doce há um maior número de registros a partir do primeiro trimestre de 2021, principalmente por indivíduos adultos. Em Comboios, há um maior número de filhotes no período chuvoso (trimestres com meses de verão), o que pode ter relação com o período de nascimento da espécie, que ocorre, preferencialmente, na primavera (Denuncio et al., 2013). Os resultados em porcentagem mostraram que foram encontrados em 2020/01 - 33,3%, 2021/01 - 4,76%, 2021/03 9% e 2022/01 25% de presença de filhotes/juvenis na região do Rio Doce. Em Comboios foram mais trimestres com presença de filhotes, porém em porcentagens menores (2018/01 – 25%; 2019/02 – 11,1%; 2019/03 – 6,25%; 2020/01 – 12,5%; 2021/01 – 9%; 2021/03 – 8,3%; 2022/01 – 6,6%. Não houve diminuição significativa da presença de filhotes nas áreas amostradas. Entre os trimestres 02 e 04 do ano de 2020 não houve monitoramento devido à pandemia da Covid-19.

3.1.2 Caracterização do tipo de fundo marinho (ROV)

A partir do mapa da densidade kernel de registros de toninhas obtidos por bioacústica para os 4 anos de monitoramento (Figura 4).

Figura 4: Mapa com a distribuição dos pontos explorados com o ROV e correlação espacial entre a densidade kernel dos registros bioacústicos da toninha e os tipos de fundos identificados.

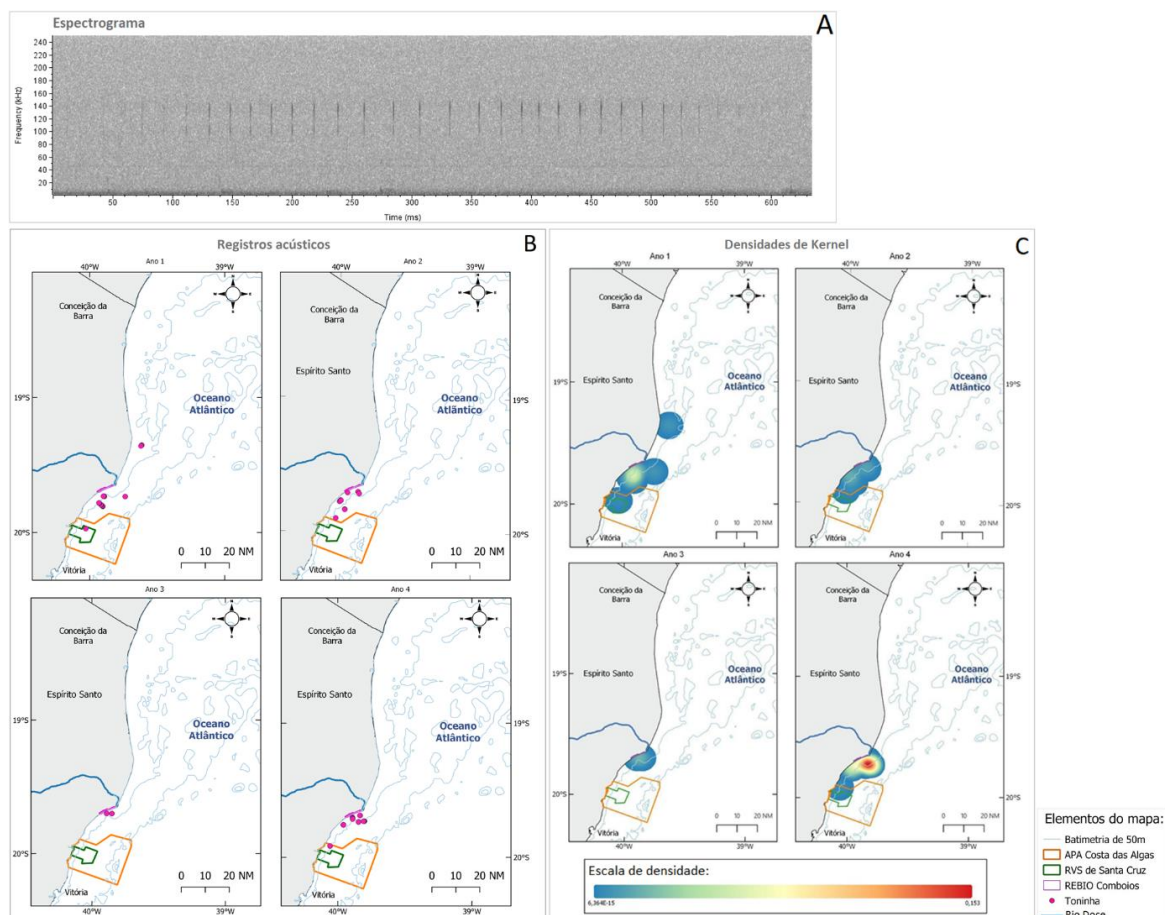


A análise foi complementada com dados da distribuição das fácies sedimentares na plataforma continental e a geomorfologia costeira (Vieria, 2017). Um grid de 5x5 km foi estabelecido até 35 km da costa entre a Apa Costa das Algas e Itaúnas, sendo que a média da densidade kernel das ocorrências de toninha foi correlacionada com a área de cada tipo de habitat para cada célula desse grid. Para os quatro anos de monitoramento bioacústico, a ocorrência desta espécie ficou altamente correlacionada com o habitat lama terrígena, com destaque para o Ano 2 que obteve um índice de correlação de 0,44 com o fundo inconsolidado lamoso. O resultado destaca a alta fidelidade da espécie ao habitat lamoso imediatamente ao sul da foz do Rio Doce. Esta associação determina a alta vulnerabilidade da toninha às regiões com mais depósito dos rejeitos tóxicos provenientes do evento de rompimento da barragem de Fundão em Mariana. Os vídeos estão disponibilizados nos links da tabela presente da figura, referenciados espacialmente no mapa pelo número de identificação.

3.1.3 Agregação e abundância da toninha (*P. blainvillei*) a partir da bioacústica e sobrevoo tripulado

Resultado indicando o Índice de agregação populacional, localização e abundância dessas agregações em relação às áreas mais impactadas ao longo dos anos (Figura 5).

Figura 5: Ocorrência e distribuição da toninha (*Pontoporia blainvillei*) através de registros acústicos de cliques (A) obtidos por monitoramento acústico passivo na foz do rio Doce e áreas marinhas adjacentes incluindo REBIO Comboios, APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz. O painel (B) mostra os mapas com os pontos de ocorrência obtidos através da identificação e localização dos cliques dessa espécie nos quatro anos de monitoramento.



A identificação foi realizada através de espectrogramas (A) que exibem características espécie-específicas como banda estreita e alta frequência, e mensuração de parâmetros acústicos. A localização foi realizada através do software PAMGuard que, através da análise do alvo em movimento (*Target Motion Analysis*), fornece a posição geográfica (latitude e longitude) do animal ou grupo em vocalização. Os pontos de ocorrência foram utilizados para gerar os mapas de densidades de Kernel (C) relativizadas pelas milhas náuticas percorridas em cada ano de monitoramento. A escala de densidade varia da menor densidade em azul para maior densidade em vermelho. Em seguida, o coeficiente de concordância de Kendall W foi empregado para medir o grau de concordância entre as densidades relativas distribuídas pela área de estudo. Esse coeficiente mede o grau de associação entre observações ordinais, e varia de 0 (não concordante) a 1 (muito concordante). As densidades foram ranqueadas pela área amostrada e testou-se a hipótese de concordância entre a distribuição da toninha nos quatro anos amostrados. Foi encontrado um grau de concordância relativamente alto ($W=0,72$; $p<0,001$) indicando uma possível fidelidade da população remanescente da toninha (área de manejo FMA Ia) às áreas costeiras ao redor da foz do Rio Doce, com concentração ao sul desta. Em relação a abundância, não foram encontradas diferenças durante os anos de monitoramento.

4 ITENS PREVISTOS E NÃO REALIZADOS: JUSTIFICATIVAS

O terceiro trimestre de 2022 ficou sem um mês de coletas e análises, pois não foi realizado o campo de julho uma vez que o contrato estava sendo renovado e os campos não foram autorizados.

5 REFERÊNCIAS:

BARLOW, J., TAYLOR, B. L. **Estimates of sperm whale abundance in the northeastern temperate Pacific from a combined acoustic and visual survey.** Mar. Mamm. Sci. v. 21, p. 429-445, 2005.

BUCKLAND S.T., ANDERSON D.R., BURNHAM K.P., LAAKE J.L., BORCHERS D.L. & THOMAS L. **Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations.** Oxford University Press, 2001.

DENUNCIO, P., BASTIDA, R., DANILEWICZ, D., MORON, S., & HEREDI, S., RODRIGUEZ, D. Calving chronology of the Franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*): birth, lactation and first predatory feeding evidences in coastal waters of Argentina. Aquatic Mammals. 39. 22-28. 10.1578/AM.39.1.2013

HASTIE, G. D., SWIFT, R.J., GORDON, J. C. D., SLESSER, G., TURRELL, W.R. **Sperm whale distribution and seasonal density in the Faroe Shetland Channel.** J. Cetacean Res. Manag. v. 5, n. 3, p. 247-252, 2003

LAAKE J.L., BORCHERS D.L., THOMAS L., MILLER D.L. and BISHOP J.R.B. **mrds: Mark-Recapture Distance Sampling**. R package version 2.2.0. <https://CRAN.R-project.org/package=mrds>. 2018.

LEAPER, R., GILLESPIE, D., PAPASTAVROU, V. **Results of passive acoustic surveys for Odontocetes in the Southern Ocean**. J. Cetacean Res. Manag v. 2, n. 3, p. 187-196, 2000.

LEWIS, T., GILLESPIE, D., LACEY, C., MATTHEWS, J., DANBOLT, M.; LEAPER, R., MCLANAGHAN, M., MOSCROP, A. **Sperm whale abundance estimates from acoustic surveys of the Ionian Sea and Straits of Sicily in 2003**. J. Mar. Biol. Assoc. v. 87, p. 353–357, 2007.

RIZZATTI, M., BATISTA, N. L., SPODE, P.L.C., ERTHAL, D.B., FARIA, R.M. de., SCOTTI, A.A.V., TRENTIN, R., PETSCH, C., COSTA, I.T., QUOOS, J.H. **Mapeamento da COVID-19 por meio da densidade de Kernel**. Metodologias e Aprendizado. v. 3, p. 44-53, 2020.

VIEIRA, F. V. 2017. **Sedimentação da plataforma continental do Espírito Santo: do aporte terrígeno à ocorrência de fundos recifais**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito obtenção do título de Mestre em Oceanografia Ambiental. Vitória-ES. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/9120>. Acesso em 01 de dezembro de 2022.