

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

PAULINO PINTO DE BARROS NETO

**AVALIAÇÃO DO EFEITO PÓS-CHEGADA DO ÓLEO
NA MACROFAUNA BENTÔNICA ASSOCIADA AO
PRADO DE FANERÓGAMAS MARINHAS NA PRAIA
DE SUAPE-PE**

RECIFE/2023

PAULINO PINTO DE BARROS NETO

**TÍTULO: O Efeito Pós-Chegada do Óleo na Macrofauna Bentônica Associada
ao Prado de Fanerógamas Marinhas na Praia de Suape - PE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC II do Curso de Bacharelado em
Ciências Biológicas do Centro Universitário Brasileiro
- UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão
do curso.

Orientador: Prof. Me. Paulo Braga

Coorientador: Prof. Me. Nykon Craveiro

RECIFE

2023

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

N469a Barros Neto, Paulino Pinto de.

Avaliação do efeito pós-chegada do óleo na macrofauna bentônica associada ao prado de fanerógamas marinhas na praia de Suape-PE / Paulino Pinto De Barros Neto. - Recife: O Autor, 2023.

19 p.

Orientador(a): Me. Paulo Braga Mascarenhas Júnior.
Coorientador(a): Me. Nykon Craveiro.

Trabalho de Conclusão de curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Ciências Biológicas, 2023.

Inclui Referências.

1. Grama marinha. 2. Poluição. 3. Zona Costeira. I. Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA. II. Título.

CDU: 573

Para Pollyanna, minha esposa, e filhos Ryan e Arthur

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e toda força que tenho para seguir diante de vários altos e baixos que ela nos proporciona.

Agradeço a minha esposa que, ao meu lado, se tornou minha fortaleza, acreditando no meu potencial e me dando incentivo diário.

Agradeço a meu pai e minha mãe que, do jeito deles, me ensinaram como ser alguém com dignidade, caráter e respeito pelos outros, nunca faltando com a verdade.

Agradeço a minha tia Walda que, com muito sacrifício e, junto aos antes citados, me ajudou e ajuda até hoje, fazendo com que eu chegasse aonde cheguei.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Paulo que durante toda a graduação sempre foi solícito e presente, de forma tranquila e objetiva.

Agradeço ao Professor Dr. Flavio Alves, que viu em mim uma capacidade para seguir além da academia e me mostrou novos caminhos.

Agradeço ao Dr. José Souto, do Departamento de Oceanografia da UFPE, no LaBen (Laboratório de Bentos), que me acolheu de braços abertos em seu laboratório, mostrando um mundo de conhecimentos ainda não visto por mim até aquele momento.

Agradeço ao Me. Nykon Craveiro, do Departamento de Oceanografia da UFPE, no LaBen (Laboratório de Bentos), que como mais que um orientador, se tornou um amigo, mostrando de forma prática os caminhos para chegar aos objetivos desejados em minhas pesquisas.

E, finalmente, a todos os amigos da graduação e laboratório (LaBen) que me ajudaram a ser melhor a cada dia.

RESUMO

No final de agosto de 2019 ocorreu o maior desastre com derramamento de petróleo no Atlântico Sul, atingindo, entre outros ecossistemas costeiros vegetados, os prados de fanerógamas marinhas. Com o objetivo de analisar o impacto causado por esse desastre ambiental na macrofauna associada ao prado de *Halodule wrightii* da baía de Suape, após o ocorrido, foram realizadas coletas nos períodos de outubro de 2019 (Durante o óleo), dezembro de 2019 (Logo após o óleo), fevereiro e outubro de 2020 e outubro de 2021, esses três últimos considerados como eventos pós-óleo. A coleta se deu em três pontos, com duas réplicas em ambiente vegetado e duas em ambiente não vegetado, e cada ponto, totalizando 12 amostras por período, utilizando core cilíndrico de 10 cm de diâmetro por 10 cm de profundidade e, posteriormente lavados em malha de 300 µm, sendo armazenados em sacos tamponados para, em laboratório, serem triados a nível de família. Todo material foi confrontado com estudos pretéritos de janeiro de 2017, momento antes do impacto do petróleo, perante análises de PERMANOVA, ANOVA e CAP. O filo annelida que normalmente tem maior ocorrência em ambos os ambientes, é superado em certos períodos, no ambiente vegetado, após o acidente com o óleo. Identificamos também a inversão nas comunidades nesse ambiente, ao contrário do que ocorre no ambiente não vegetado que não há alterações significativas, mesmo após o impacto. A área vegetada, tem maior oscilação no que se refere a riqueza e abundância e, esforça-se em uma recuperação nos períodos seguintes, embora lenta. Os componentes químicos do petróleo são bastante prejudiciais para a fauna, porém, outros impactos antrópicos tendem a impactar o ambiente do prado. Estudos adicionais posteriores serão necessários para compreender a importância da macrofauna associada ao prado, no que diz respeito a mitigação desses impactos. .

Palavras-chave: Grama marinha; Poluição; Zona Costeira.

ABSTRACT

At the end of August 2019, the biggest disaster occurred with an oil spill in the South Atlantic, reaching, in addition to other vegetated coastal ecosystems, the meadows of marine phanerogams. To analyze the impact caused by this environmental disaster on the association of macrofauna to the *Halodule wrightii* meadow in Suape Bay, after the event, collections were carried out in the periods of October 2019 (During the oil), December 2019 (Logo after oil), February and October 2020 and October 2021, the latter three considered as post-oil events. The collection took place in three points, with two replicas in a vegetated environment and two in a non-vegetated environment, and each point, totaling 12 samples per period, using a cylindrical core of 10 cm in diameter by 10 cm in depth and, subsequently, washings in 300 µm mesh, being stored in tamponed bags to be sorted at the family level in the laboratory. To make the material, it was confronted with past studies from January 2017, just before the impact of oil, analyzes by PERMANOVA, ANOVA and CAP. The annelida phylum, which normally has a higher occurrence in both environments, is overcome in certain periods, in the vegetated environment, after the accident with the oil. We also identified the inversion in the communities in this environment, contrary to what happens in the non-vegetated environment, where there are no changes, even after the impact. The vegetated area has a greater oscillation in terms of richness and abundance and tries to recover in the following periods, albeit slowly. The chemical components of petroleum are VERY harmful to fauna; however, other anthropic effects tend to impact the meadow environment. Later additional studies will be necessary to understand the importance of the macrofauna associated with the meadow, in terms of responsibility for mitigating these effects.

.

Keywords: Sea grass; Pollution; Coastal Zone.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Resumo dos resultados da ANOVA com o descritor abundância das comunidades macro bentônicas associadas ao prado de angiospermas marinhas da baía de Suape.....**21**
- Tabela 2**- Resumo dos resultados da ANOVA com o descritor riqueza da comunidade macrobentônicas associadas ao prado de angiosperma marinha da baía de Suape.....**22**
- Tabela 3** - Sumário da PERMANOVA dos dados da comunidade macrobentônica associada as angiospermas marinhas.....**24**

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** - Abundância dos principais filos dos organismos da macrofauna bentônica associado ao prado de angiospermas marinhas na baía de Suape na área não vegetada.....**19**
- Gráfico 2** - Abundâncias dos principais filos dos organismos da macrofauna bentônica associado ao prado de angiospermas marinhas na baía de Suape na área vegetada.....**19**
- Gráfico 3** - Abundâncias (média \pm Desvio Padrão de ind.m²) da macrofauna bentônica associado ao prado de angiospermas marinhas na baía de Suape.....**21**
- Gráfico 4** - Gráfico da análise Canônica das Coordenadas Principais (CAP) dos principais táxons associado ao prado de angiospermas marinhas coletadas na baía de Suape.....**23**
- Gráfico 5** - Gráfico da análise Canônica das Coordenadas Principais (CAP) da comunidade macrobentônica associada ao prado de angiosperma marinha coletadas na baía de Suape.....**26**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA- Análise de variância

CAP- Análise canônica de coordenadas principais

N- Abundância de espécies

NV – Área Não Vegetada

MQ – Média dos Quadrados

PERMANOVA- Análise de Variância Permutacional

S- Riqueza de espécies

SQ – Soma dos Quadrados

V – Área Vegetada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 Fanerógamas marinhas.....	14
3.2 Macrofauna bentônica.....	15
3.3 Componentes químicos do petróleo.....	16
3.4 Consequências do efeito do petróleo na macrofauna.....	16
4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	16
4.1 Área de estudo.....	16
4.2 Coleta e triagem da fauna associada ao prado e processamento do prado.....	17
4.3 Análise de dados.....	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
REFERÊNCIAS.....	27
Apêndice A	32

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem um dos litorais tropicais mais extensos e densamente povoados do mundo, com os mais diversos ecossistemas tropicais do Atlântico Sul (COPERTINO *et al.*, 2016). Além disso, eles não são ecossistemas isolados e são geralmente física e ecologicamente ligados a paisagens marinhas tropicais vizinhas, como manguezais, estuários, leitos de rodólitos e recifes de coral (COSTA *et al.*, 2020). Dentro desse contexto, os prados de ervas marinhas fornecem vários serviços ecossistêmicos e culturais, como: redução da erosão costeira; Áreas adequadas para berçário, assentamento, forragem, desova e reprodução de inúmeras espécies marinhas associadas; Maior transparência da água; Melhoria da qualidade da água; Lazer; Áreas de mergulho; Armazenamento de grandes quantidades de carbono azul; Fonte de alimentos e renda para as populações costeiras (RUIZ- FRAU *et al.*, 2017; NORDLUND *et al.*, 2018a,b; FOURQUREAN *et al.*, 2012.).

Os prados de ervas marinhas, apesar de serem ecossistemas adaptados a diversas condições ambientais, estão sempre sob forte pressão, com taxas alarmantes de perda de cobertura causadas por fatores naturais e antropogênicos (COPERTINO *et al.*, 2016). Um dos recentes exemplos de severo impacto antrópico foi o derramamento de óleo de 2019 na costa brasileira, que afetou uma área de prados de ervas marinhas de aproximadamente 325 km² (MAGRIS e GIARRIZZO, 2020). Em janeiro de 2020, o óleo já havia se espalhado por mais de 1.000 localidades contendo praias, recifes de corais e mangues (LOURENÇO *et al.*, 2020), período em que mais de 5.000 toneladas desse óleo tinham sido removidos desses locais por voluntários e organizações não governamentais (BRUM; CAMPOS-SILVA; OLIVEIRA, 2020), ainda ficando em algumas regiões alguns fragmentos de óleo e com possível aparecimento de novos eventos devido á ressuspensão em mangues e plataforma continental (LOURENÇO *et al.*, 2020).

O desastre com o petróleo na costa brasileira em 2019 é o mais extenso e severo impacto ambiental ocorrido em oceanos tropicais (SOARES *et al* 2002a, b), afetando 55 unidades de conservação marinhas, e colocando em risco praias arenosas, estuários, prados de angiospermas e recifes de coral (MAGRIS e GIARRIZZO, 2020; SOARES *et al.*, 2002b; NASRI SISSINI *et al.*, 2020; MAGALHÃES *et al.*, 2021; CRAVEIRO *et al.*, 2021).

Características geoquímicas do material do óleo indicam que é um óleo pesado compatível com bacia sedimentar venezuelana (DE OLIVEIRA *et al.* , 2020).

Derramamentos de petróleo são um dos impactos ambientais mais destrutivos em ecossistemas marinhos, particularmente zonas costeiras, e podem afetar populações, o ambiente físico e a biota em todos os níveis tróficos (WEISS, 2015; MCLACHLAN; DEFEO; SHORT, 2018).

O petróleo pode impactar severamente as populações faunísticas e florais por fatores físicos (asfixia, luz reduzida), habitat (alteração do pH local, diminuição do oxigênio dissolvido, diminuição da disponibilidade de alimentos) e efeitos fisiológicos e comportamentais (KENNISH, 1997; WEISS, 2014, 2015; YIM *et al.*, 2020), como também diminuindo a cobertura de corais e esponjas nos substratos consolidados, o que pode favorecer o crescimento de organismos oportunistas como Anelidas e macroalgas, indicando assim a queda na riqueza e da diversidade de espécies na região (LE HIR; HILY, 2002).

Craveiro e colaboradores (2021) também observaram um efeito do petróleo na comunidade macrobentônica associada a macroalgas, observando uma diminuição significativa na riqueza e abundância de organismos, além de observar um aumento de organismos oportunistas.

Além disso, diversos estudos têm demonstrado os efeitos de compostos de hidrocarbonetos e derivados do petróleo nos organismos marinhos, como alterações na capacidade natatória, na captura de presas, predação e reprodução, demonstrando efeitos subletais e letais (MACIEL *et al.*, 2015; MELO, 2015; GENOFRE *et al.*, 1990; NUNES *et al.*, 2015; SZEWCZYK, 2006.).

A pesca tradicional das comunidades também é afetada, uma vez que os pescadores não podem mais consumir ou vender moluscos, crustáceos e peixes que compõem sua dieta e economia (ARAÚJO; RAMALHO; MELO, 2020), causando um efeito crônico nessas comunidades, podendo levar mais de uma década para uma recuperação do local (STEKOLL; DEYSHER, 2000; PETERSON *et al.*, 2003; KAWAI *et al.*, 2007).

Diante dos danos severos que o petróleo ocasiona nos ambientes aquáticos, a avaliação da macrofauna bentônica é uma excelente ferramenta para identificar possíveis impactos oriundos do desastre pelo derramamento de petróleo na costa brasileira, ocorrido no ano de 2019 pois, respondem diretamente aos estresses antrópicos e tóxicos, diminuindo populações sensíveis como é o caso de alguns crustáceos, devido ao seu comportamento de baixa mobilidade e ampla distribuição, sendo também afetados em sua reprodução pela toxicidade do óleo e, em

contrapartida, aumentando a população de espécies mais resistentes e oportunistas como no caso dos anelídeos, no caso, os poliquetas (CRAVEIRO *et al.*, 2021), o que auxilia na compreensão comportamental das comunidades desses organismos, reforçando os objetivos desse projeto.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos após o derramamento do petróleo bruto sobre a comunidade da macrofauna bentônica associada ao prado de angiospermas marinhas (*Halodule wrightii*) na baía de Suape- PE

2.2 Objetivos específicos

- Descrever a estrutura das comunidades bentônicas (composição taxonômica, riqueza e diversidade) associadas ao prado de fanerógamas marinhas (*Halodule wrightii*) na baía de Suape- PE, depois da chegada do petróleo;
- Comparar as comunidades bentônicas da macrofauna associadas ao prado de fanerógamas marinhas (*Halodule wrightii*) na baía de Suape- PE antes e depois da chegada do petróleo;
- Divulgar para a população os resultados obtidos, esclarecendo quais os níveis de danos ambientais sofridos pelo impacto do petróleo na comunidade bentônica associada às macroalgas na praia de Suape-PE.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Fanerógamas marinhas

O ambiente marinho é dividido em dois grandes domínios, como sendo o Pelágico, situado na coluna d'água e o Bentônico, que corresponde a todo o substrato oceânico, e onde encontramos a maior parte da fauna e bactérias, além da vegetação específica, como as Fanerógamas marinhas, na estreita faixa costeira. (SOARES-GOMES; PITOMBA; PAIVA, 2002), formando um grupo de plantas típicas do estuário e ambientes marinhos que se caracterizam por possuírem raízes, rizomas e flores (LARKUM, ANTHONY WD *et al.*, 2006). No Brasil, os gêneros mais conhecidos são *Halophila*, *Rúpia* e *Halodule*, sendo esse último, especificamente a espécie *Halodule wrightii*, a mais comum (MARQUES; CREED, 2008).

Os prados de fanerógamas marinhas constituem habitats complexos que incidem sobre as características químicas, físicas e biológicas do ambiente, favorecendo as populações que ali habitam como também a população humana que daquela região dependem para tirar seu sustento (ORTH *et al.*, 2006).

Outra vantagem desse tipo de vegetação é o fato de que suas hastes, principalmente a região das copas, reduzem o impacto das ondas, evitando a erosão de locais rasos e costeiros, além de depositar no solo os sedimentos que estão suspensos na água, tornando a água bastante transparente (KOCH, 2001; SHORT *et al.*, 2007).

Devido ao seu complexo conjunto de rizoma e raízes, e a grande produção primária, elas funcionam como fonte de alimento e berçário para diferentes espécies de invertebrados e peixes que dependem de toda essa estrutura para completar seu ciclo de vida (ORTH *et al.*, 2006; WAYCOTT *et al.*, 2009), além de serem favorecidas pelas raízes que auxiliam na retirada de nutrientes do solo, se diferenciando das algas e fitoplânctons que só absorvem seus nutrientes da coluna d'água (CASTRO; HUBER, 2012).

Apesar de corresponderem apenas a 5% da área total do oceano mundial, conseguem absorver mais da metade do dióxido de carbono do planeta (MCLEOD *et al.*, 2011; FOURQUREAN *et al.*, 2012; DUARTE *et al.*, 2013), possuindo papel fundamental para a mitigação das alterações climáticas (DUARTE *et al.*, 2013) pois, por ano, 10 km² dessa vegetação é responsável pela absorção de carbono liberado por um automóvel que percorre cerca de 3.350 km, ou seja, 14 kg por metro quadrado, aproximadamente, como também é capaz de reter nutrientes liberados em efluentes tratados de 200 pessoas (MCKENZIE E YOSHIDA, 2013; ADAMS 2016; LEFCHECK *et al.*, 2019; GITHAIGA *et al.*, 2019).

3.3 Macrofauna bentônica

No prado de angiospermas encontramos a fauna bentônica que é bastante diversificada e sua classificação se dá através do tamanho da malha usada para separá-los do sedimento (CHAGAS *et al.*, 2017). Tal classificação vai desde os microbentos, compostos por protozoários e bactérias, que passam por malha de 62 µm, os meiobentos que são retidos por essa malha, até os macrobentos que ficam retidos em malha de 500 µm (SOARES-GOMES; PITOMBA; PAIVA, 2002). Dentro desses últimos encontramos o objetivo desse estudo que são os anelídeos, moluscos,

gastrópodes (crustáceos) e equinodermas. Além destes, podemos encontrar associado às pradarias, outros organismos como ascídias individuais ou coloniais, cnidários e, toda essa gama de indivíduos pode variar em relação a abundância e riqueza de espécies dependendo das áreas se são vegetadas ou não vegetadas, com diferenciação na altura, densidade e biomassa da vegetação (BARROS, 2008).

3.4 Componentes químicos do petróleo

Devido ao alto grau de toxicidade, acidentes com petróleo são considerados como de grande importância devido aos impactos causados por seus compostos, ocasionando distúrbios ecológicos, sociais e econômicos (KENISH, 1997). Com 95% de toda a composição do petróleo, o Hidrocarboneto Policíclico Aromático é o mais abundante poluente encontrado em corpos hídricos, formados por dois anéis aromáticos condensados de carbono e hidrogênio a partir, principalmente, da queima de matéria orgânica, contaminando as águas, o solo, o ar e até os alimentos (CARUSO & ALABURDA, 2008).

3.5 Consequências do efeito do petróleo na macrofauna

Os efeitos que o óleo pode provocar na macrofauna vão desde os indiretos, alterando o ambiente através da redução de luz e oxigênio, diminuindo a disponibilidade de alimentos e alterando o pH. (KENNISH, 1997; WEISS, 2014, 2015; YIM *et al.*, 2020) Como efeitos diretos, observa-se a alteração na capacidade natatória e poder de predação dos organismos reduzida, dificultando na captura por presas, bem como impacto na reprodução dos indivíduos (MACIEL *et al.*, 2015; MELO, 2015; WEISS, 2015). Além disso podemos citar impactos no desenvolvimento estrutural desses animais, inclusive mudanças genéticas, os tornando mais vulneráveis a outros fatores de estresse que venham a ocorrer no futuro (MALLMANN, *et al.*, 2011; PINHEIRO *et al.*, 2013; CABRAL, 2017).

4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

4.1 Área de estudo

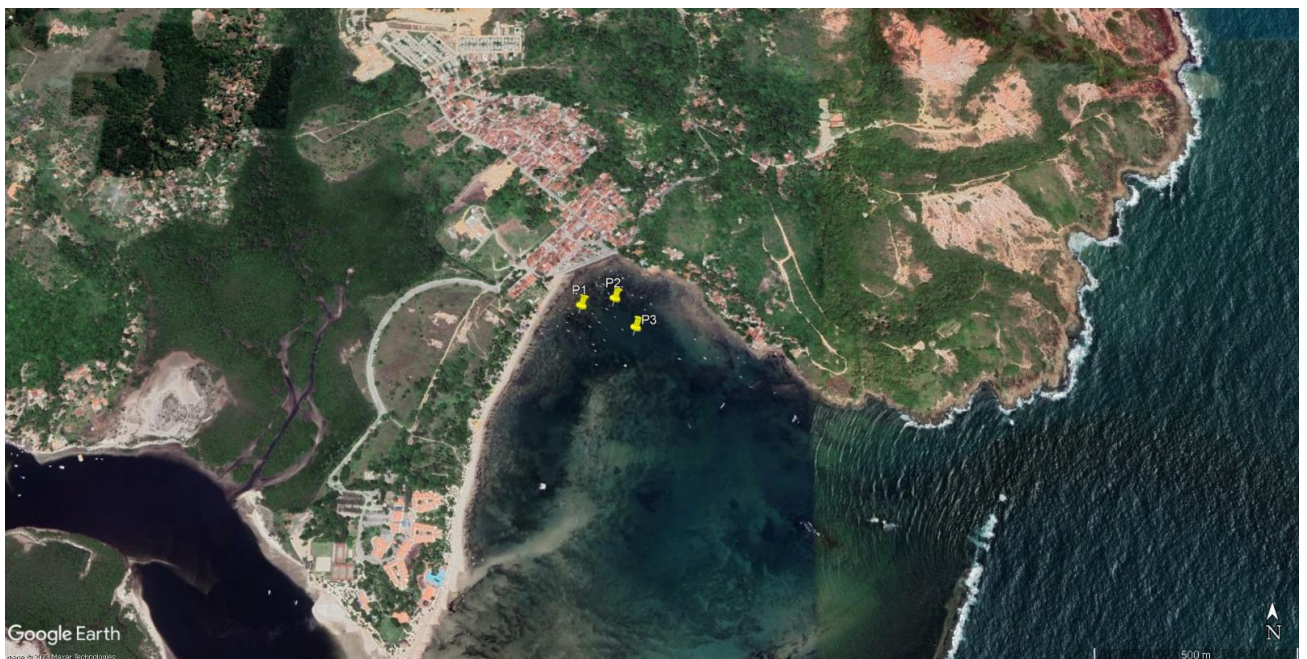
As coletas foram realizadas na praia de Suape, localizada no município de Cabo de Santo Agostinho (8° 23 45" S, 34° 58' 04" O), no estado de Pernambuco, nos meses de outubro e dezembro de 2019, fevereiro e outubro de 2020 e outubro de 2021. Área essa a 40km de distância do centro do Recife, com clima tropical quente

e úmido, e com forte influência dos ventos alísios NE e SE (Koenig *et al.*, 2003). A região foi uma das áreas da costa brasileira diretamente acometida pelas grandes manchas de petróleo que se espalharam por quase toda área costeira do nordeste do Brasil no período de agosto a outubro de 2019.

4.2 Coleta e triagem da fauna associada ao prado e processamento do prado

As amostras foram coletadas em 3 estações: P1: 8°21'23.54"S 34°57'18.63"O; P2: 8°21'22.90"S 34°57'15.73"O; P3: 8°21'25.48"S 34°57'13.92"O. Em cada estação, foram realizadas duas coletas em área vegetada e duas em área não vegetada (Figura 1), totalizando 12 amostras por período. Para a coleta de fauna, foi utilizado amostrador cilíndrico com 10 cm de diâmetro, e 10 cm de profundidade. As amostras foram peneiradas em campo em malha de abertura de 300 µm e o material retido acondicionado e fixado em formalina salina a 5%, tamponado com tetraborato de sódio. Em laboratório, cada amostra foi lavada em água corrente sobre peneira com malha de 300 µm e o conteúdo retido na peneira foi triado e os organismos foram separados e conservados em álcool a 70%.

Mapa 1 – Localização dos pontos de coleta na baía de Suape, Pernambuco Brasil



Fonte: Google Earth

As coletas foram realizadas em diferentes períodos/eventos denominados durante o óleo (Out/19), logo após o óleo (Dez/19) e pós-óleo (Fev/20, Out/20 e Out/21). Comparadas posteriormente com estudos pretéritos de evento pré-óleo (Jan/17).

4.3 Análise de dados

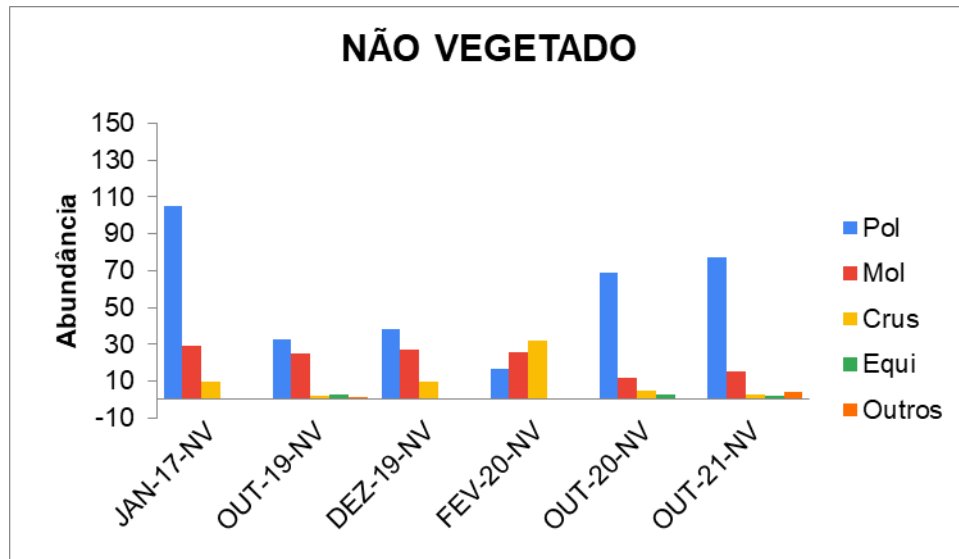
Para cada amostra biológica foram calculadas abundância ($N - \text{ind.m}^{-2}$) e riqueza (S), os descritores foram comparados entre os ambientes (vegetadas e não vegetadas) e entre os diferentes eventos (pré óleo, durante o óleo, logo após o óleo e depois do óleo), utilizando Análise de Variância (ANOVA) two-way, com variáveis independentes podendo haver vários níveis. Quando necessário os dados foram transformados por $\log(x+1)$. Para comparar a estrutura das comunidades macrobentônicas foi utilizada a análise de variância Permutacional (Permanova) de duas vias. Para visualizar padrões multivariados das comunidades macrobentônicas foi empregada Análise Canônica das Coordenadas Principais (CAP), que gera os agrupamentos gráficos por meio de permutação. A PERMANOVA e a CAP foram realizadas com base em uma matriz de semelhança calculada utilizando similaridade de Bray Curtis com dados transformados pela raiz quarta. As análises estatísticas foram executadas utilizando os programas STATISTICA 12 e PRIMER 6.1.13 + PERMANOVA 1.0.3, sendo considerado o nível de significância de 5% ($\alpha : 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram processadas ao todo 60 amostras (30 na área vegetada e 30 na não vegetada), coletadas em cinco períodos, sendo outubro de 2019 (Durante o óleo), dezembro de 2019 (Logo após o óleo) e fevereiro e outubro de 2020, somado a outubro de 2021 (Pós-Óleo). Um total de 1970 organismos foram registrados, sendo 738 organismos na área não vegetada e 1232 organismos na área vegetada (Tabela 1). Na área não vegetada a maior abundância foi dos annelida com 339 organismos (61,9%), seguido de mollusca com 134 (24,5%), gastrópodos (crustacea) com 62 (11,3%), echinodermata com 8 (1,5%) e outros organismos (como nemertea, sipúnculas, cephalocordata e cnidários) com 5 indivíduos representando (0,9%) (Gráfico 1), Na área vegetada, mais uma vez, os annelida foram o grupo mais abundantes com 416 indivíduos (45,4%) seguido dos mollusca com 256 (27,9%), gastrópodos (Crustacea) com 157 (17,1%), echinodermata com 82 (9%) e outros

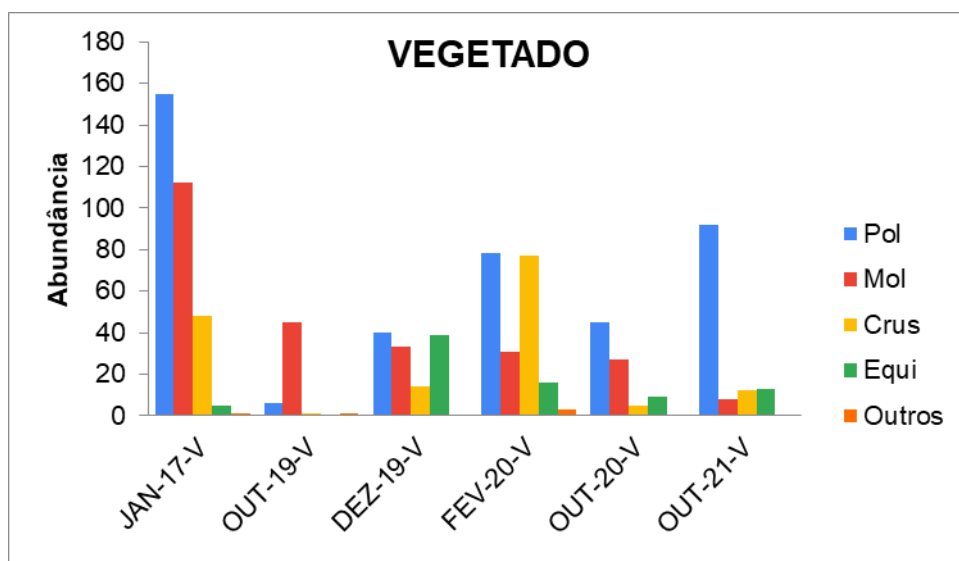
grupos (como nemertea, sipúnculas, cephalocordata e cnidários) com 5 organismos (0,5%) (Gráfico 2). Em ambos os ambientes os annelida foram dominantes, seguidos de mollusca, gastrópodos (crustacea) e echinodermata.

Gráfico 1 - Abundância dos principais filos da fauna macrobentônicas associadas ao prado de angiosperma marinha da baía de Suape na área não vegetada.



Fonte: o autor, 2023

Gráfico 2 - Abundâncias dos principais filos dos organismos da fauna macrobentônicas associadas ao prado de angiosperma marinha da baía de Suape na área vegetada.



Fonte: o autor, 2023

No ambiente não vegetado não é observado uma mudança na composição da comunidade macrobentônica associada ao prado de angiospermas marinhas nos diferentes eventos. Porém, no ambiente vegetado, durante o período do pré-óleo é observado uma dominância de anelida, seguido de mollusca, gastrópodes (crustáceos) e equinodermatas, contudo, durante o óleo percebe-se uma redução drástica na população de anelida enquanto os mollusca dominam o ambiente e os gastrópodes (crustáceos) e equinordemata não são observados nesse momento. No evento subsequente, logo após o óleo, é observado a recuperação da composição da comunidade, porém a abundância é bem menor quando comparada ao evento pré-óleo.

A abundância de anelida em ambientes como prado, tanto na área vegetada como na não vegetada, é sempre a mais elevada, principalmente no ambiente vegetado, seguida do grupo dos moluscos (BARNES; CLAASSENS, 2020), sendo ambas as comunidades, assim como a de outros organismos da macrofauna como crustáceos e equinodermatas, influenciados pelas características das fanerógamas marinhas (MARQUES; CREED, 2008).

O prado sofreu uma redução populacional devido a ação de retirada do óleo por voluntários, arrancando também as hastes das gramas marinhas (MAGALHÃES *et al.*, 2021), junto com organismos associados a elas, no caso dos moluscos que, apesar de também sofrerem uma queda na abundância, se sobressaiu em relação aos anelídeos devido ao seu hábito de viver enterrado (SILVA, 2015), como alguns bivalves, além de possuírem uma maior resistência aos compostos químicos do outros grupos, sentindo seus efeitos a longo prazo (SANDRINI-NETO *et al.*, 2016). Além disso, gastrópodes vageis como *Neritina virginiae*, podem ter migrado para outras hastes e ali se acumulado (PEREIRA JÚNIOR, 2020).

Em relação a não ocorrência do grupo equinoderma, no período do evento com o óleo (Out/2019), provavelmente foi ocasionada pela contaminação do sedimento (CERQUEIRA, 2021), gerando uma série de processos metabólicos nesses animais, induzindo a evisceração (HOOK *et al.*, 2018; HOU *et al.*, 2019), se tornando, por esses motivos, ótimos bioindicadores de poluição marinha, devido ao seu comportamento amplamente distribuídos e com respostas rápidas e altamente sensíveis aos contaminantes (SUGNI *et al.*, 2007).

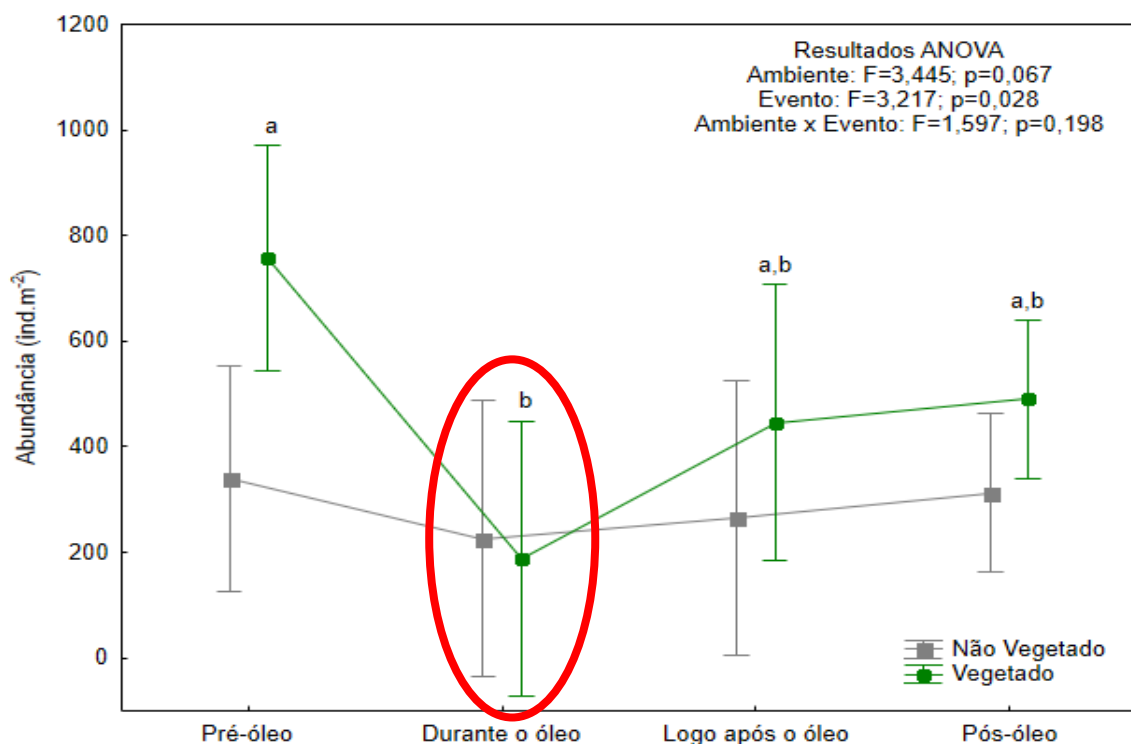
Com o início do período chuvoso e fim do período seco, crustáceos como Tanaidáceos, tendem a aumentar sua população de fêmeas ovígeras (Reprodutivas) (LEITE; TURRA; SOUZA, 2003), o que pode ter ocorrido em fevereiro de 2003.

A abundância variou significativamente entre os eventos ($F=3,216$; $p=0,03$), mas não entre os ambientes ($F=3,445$; $p=0,08$) e sem interação entre os fatores ($F=1,597$; $p=0,20$) (Tabela 2). A maior abundância é observada na área vegetada em todos os eventos, exceto durante o óleo (Gráfico 3).

Tabela 1 – Resumo dos resultados da ANOVA com o descritor abundância da comunidade macrobentônicas associadas ao prado de angiosperma marinha da baía de Suape.

Efeito	SQ	Graus de liberdade	MQ	F	p
Intercept	446,4067	1	446,4067	759,4290	< 0,01
Ambiente	2,0251	1	2,0251	3,4451	0,08
Evento	5,6727	3	1,8909	3,2168	0,03
Ambiente x Evento	2,8171	3	0,9390	1,5975	0,20
Error	41,1473	70	0,5878		

Gráfico 3 - Abundâncias (média \pm Desvio Padrão de ind.m⁻².) da comunidade macrobentônicas associadas ao prado de angiosperma marinha da baía de Suape



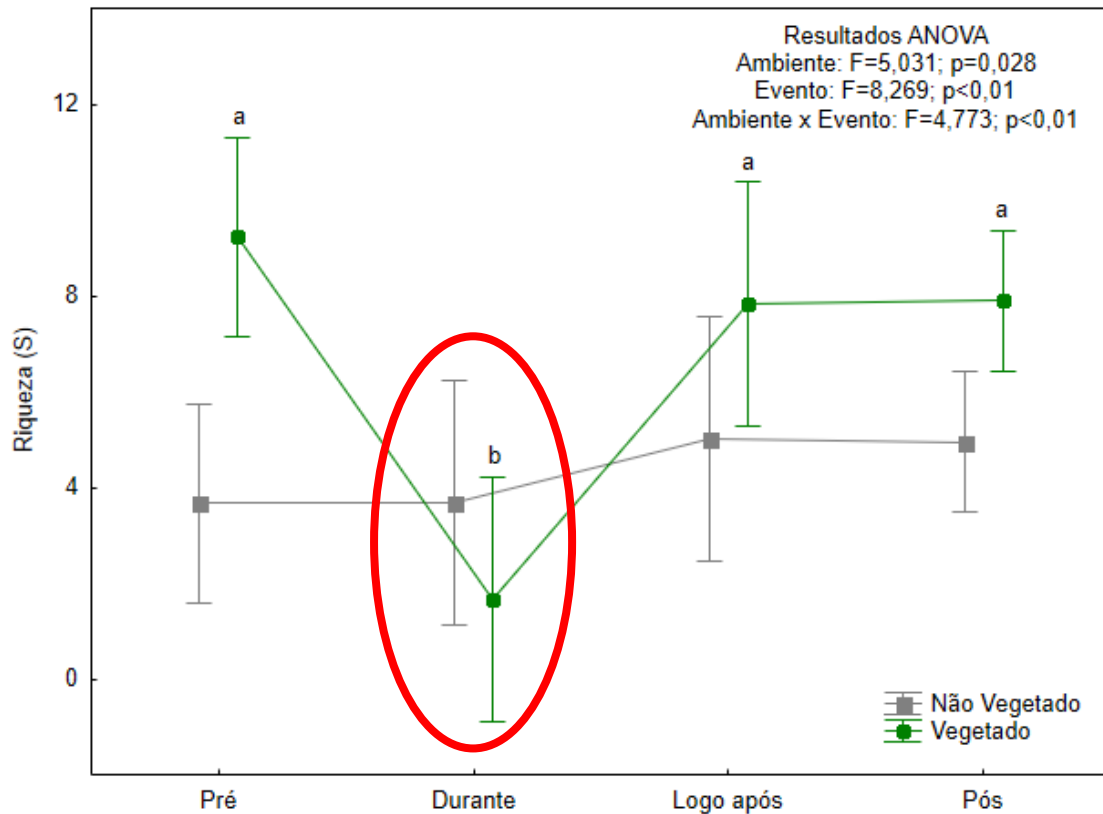
Após a chegada do petróleo foi observado uma redução na abundância da fauna, principalmente na área vegetada. Essa diminuição pode está relacionada ao impacto do petróleo (DA SILVA JUNIOR; DE LIMA; SANTANA, 2022; MCLACHLAN E DEFEO, 2018), mudando características morfológicas e populacionais, como diminuição da biomassa aérea, o que pode interferir na abundância e na riqueza da fauna associada (BARNES, 2020). Tais impactos podem ser avaliadas a curto prazo (impactos agudos) ou através de impactos crônicos (longo prazo) (WEISS, 2014). Esses impactos podem ocasionar uma deficiência na natação, reprodução, e também causar uma incapacidade na captura de presas, podendo levar a letalidade e a diminuição da população (MACIEL *et al.*, 2015; MELO, 2015; WEISS, 2015).

A riqueza variou significativamente entre os ambientes ($F=5,030$; $p=0,03$), entre os eventos ($F= 8,269$; $p<0,01$), com interação entre os fatores ($F=4,773$; $p<0,01$) (Tabela 3). A maior riqueza também é observada na área vegetada em todos os períodos, exceto durante o óleo (Gráfico 4).

Tabela 2 – Resumo dos resultados da ANOVA com o descritor riqueza da comunidade macrobentônicas associadas ao prado de angiosperma marinha da baía de Suape.

Efeito	SQ	Graus de liberdade	MQ	F	p
Intercept	184,2651	1	184,2651	791,4746	< 0,01
Ambiente	1,1712	1	1,1712	5,0307	< 0,03
Evento	5,7754	3	1,9251	8,2691	< 0,01
Ambiente x Evento	3,3337	3	1,1112	4,7731	< 0,01
Error	16,2969	70	0,2328		

Gráfico 4 - Riqueza (média \pm Desvio Padrão) da comunidade macrobentônicas associadas ao prado de angiosperma marinha da baía de Suape



Um dos fatores que pode ter contribuído para que um maior impacto da riqueza tenha sido observado na área vegetada, se dá devido, com seus rizomas e raízes dentro do sedimento, evitando o revolvimento e servindo de abrigo e proteção para espécies frágeis e sedentárias (VILLAÇA, 2002), como os poliquetas que sempre se encontram em maior diversidade e abundância (NEVES; VALENTIN, 2008), bem como a variedade de crustáceos, como os anfípodes, que são bem representativos na parte aérea da vegetação (ALVES; TARARAM, 2000). Em contrapartida, na área não vegetada, que é um ambiente mais simples, encontra-se uma fauna mais homogênea, sem tanta diversidade (GARCIA *et al.*, 1996).

A diferença da abundância e riqueza de espécies de invertebrados bentônicos entre as áreas vegetadas e não vegetadas em prados de fanerógamas marinhas, é algo já observado em diversos estudos (LARANJEIRA *et al.*, 2018). No ambiente vegetado, além desses ambientes contribuir para uma maior estabilidade do ambiente, com a captação de sedimento (VIANA, 2013) apresentam um maior

depósito de nutrientes, (HECK E WETSTONE, 1977) o que pode favorecer a fauna. Também o ambiente vegetado possui uma maior complexidade sob um sistema tridimensional, fornecendo abrigo e proteção para um maior número de espécies de animais (ORTH *et al.*, 2006). Porém, após o desastre com o petróleo em 2019 na baía de Suape-PE, é possível notar uma inversão nos números de abundância entre as áreas, mostrada através de uma análise ANOVA, em que o ambiente não vegetado, praticamente estável durante o período do estudo, supera o ambiente vegetado, que cai consideravelmente em número taxonômico, durante o evento do desastre. Essa queda se dá provavelmente devido aos efeitos que os componentes do petróleo causam no ecossistema, bem como outras ações causadas pela ação humana como o descarte irregular de efluentes no mar (KENISH, 1997).

A estrutura das comunidades da macrofauna bentônica associada ao prado de angiospermas marinha variou significativamente entre ambientes (Pseudo-F: 3,151; $p < 0,01$) e eventos (Pseudo-F: 4,969; $p < 0,01$), com interação significativa entre fatores (Pseudo-F: 2,448; $p < 0,01$) (Tabela 4). Nas análises par a par entre os ambientes vegetados e não vegetados, nos diferentes períodos, não é observado diferença significativa durante o óleo ($P(\text{perm}) = 0,369$). Ao fazer uma análise por ambiente separadamente, se nota que no ambiente não vegetado, o comportamento taxonômico muda entre antes e depois do óleo, mostrando um improvável retorno aos patamares anteriores, até o momento desse estudo. Enquanto, na área vegetada, apesar de haver diferenças entre o antes e depois do óleo, também há diferença entre o momento do impacto, e os anos seguintes, aparentando uma possível recuperação, mesmo que lenta, mostrada nos números entre o logo após o óleo e o pós-óleo, onde não há mais diferença entre os períodos.

Tabela 3 - Sumário da PERMANOVA dos dados da comunidade macrobentônica associada as angiospermas marinhas.

<i>Tabela de resultados da PERMANOVA</i>						
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Ambiente	1	5578,5	5578,5	3,1518	< 0,01	9932
Evento	3	26385	8795,1	4,9693	< 0,01	9884
Ambiente x Evento	3	13003	4334,4	2,4489	< 0,01	9888
Res	70	1,2389E5	1769,9			
Total	77	1,7103E5				

<i>Teste par a par – Entre os ambientes nos diferentes eventos do óleo</i>				
Fator “Evento”	Grupos “Ambiente”	t	P(perm)	Unique perms

Pré-óleo	Não Vegetado x Vegetado	2,8261	< 0,01	8138
Durante óleo	Não Vegetado x Vegetado	0,93204	0,3698	462
Logo após o óleo	Não Vegetado x Vegetado	1,6946	< 0,01	462
Pós-óleo	Não Vegetado x Vegetado	1,4864	< 0,02	9937

Teste par a par – Entre os eventos do óleo no ambiente não vegetado

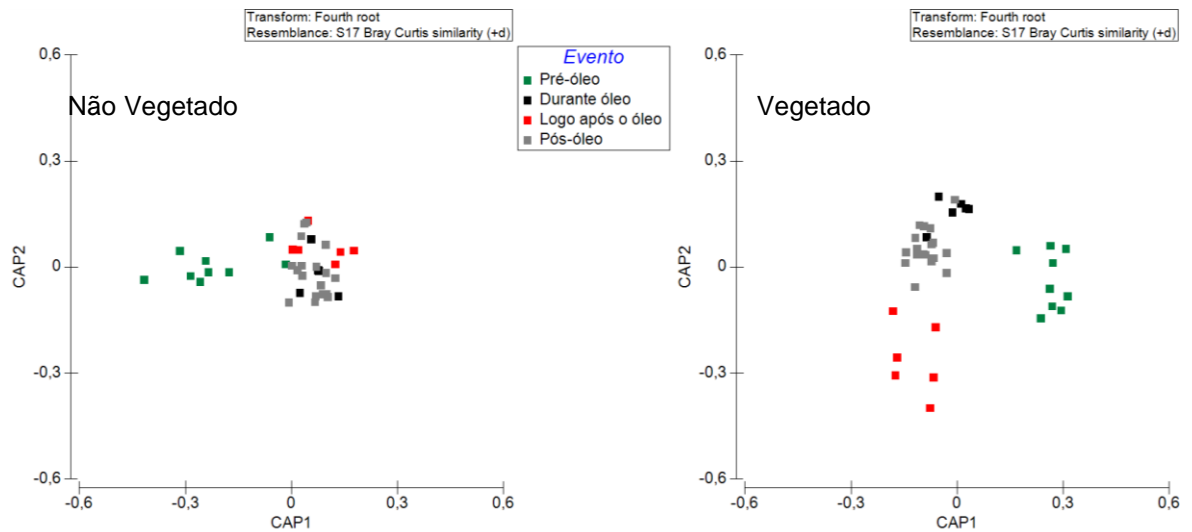
Grupos “Eventos”	t	P(perm)	Unique perms
Pré-óleo, Durante óleo	1,7288	< 0,02	4306
Pré-óleo, Logo após o óleo	1,8854	< 0,01	4318
Pré-óleo, Pós-óleo	2,1422	< 0,01	9923
Durante óleo, Logo após o óleo	0,87676	0,5704	462
Durante óleo, Pós-óleo	0,86327	0,6528	9550
Logo após o óleo, Pós-óleo	0,95941	0,5188	9581

Teste par a par – Entre os eventos do óleo no ambiente vegetado

Grupos “Eventos”	t	P(perm)	Unique perms
Pré-óleo, Durante óleo	3,4582	< 0,01	4316
Pré-óleo, Logo após o óleo	2,9745	< 0,01	4291
Pré-óleo, Pós-óleo	2,7001	< 0,01	9920
Durante óleo, Logo após o óleo	2,3671	< 0,01	462
Durante óleo, Pós-óleo	2,051	< 0,01	9569
Logo após o óleo, Pós-óleo	1,3024	0,0831	9593

No gráfico da CAP (Gráfico 5) é possível observar a formação de dois grupos no ambiente não vegetado, com base nas características da comunidade macrobentônica do prado (δ^2 CAP1: 0,77, δ^2 CAP2: 0,15 – amostras classificadas corretamente: 46.15%), um do pré-óleo e o outro com os demais eventos, demonstrando a maior similaridade, com uma associação mais significativa de algumas famílias de poliquetas, como Syllidae, Ophellidae e Paraonidae e de crustáceos como Upogebiidae. Já na área vegetada, com base nas características da comunidade macrobentônica do prado (δ^2 CAP1: 0,93, δ^2 CAP2: 0,79 – amostras classificadas corretamente: 79,49 %) é observado a formação de três grupos distintos, sendo um grupo do período pré-óleo, um segundo grupo no momento logo após o acidente e, um terceiro grupo em que não é possível perceber a diferença entre o período durante o óleo e o pós-óleo com uma associação mais significativa com alguns táxons, como Holothuroidea, famílias de gastrópodes como Cerithidae e famílias de poliquetas como Paraoniidae, e Spioníidae.

Gráfico 5 - Gráfico da análise Canônica das Coordenadas Principais (CAP) da comunidade macrobentônica associada ao prado de angiosperma marinha coletadas na baía de Suape.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento da macrofauna associada ao prado de fanerógamas marinhas (*Halodule wrightii*), na baía de Suape-PE, objeto desse estudo, é bastante diversificado, coexistindo em um ecossistema considerado como um dos mais importantes para o ambiente marinho, devido à sua complexidade e os benefícios que trazem para comunidades pesqueiras ou pessoas que daquele ambiente sobrevivem ou utilizam como lazer.

Em agosto de 2019, o desastre com o óleo que atingiu mais de 3000km de costa brasileira, foi o causador da desestruturação das comunidades da fauna local, levando riqueza e abundância a números bem baixos. No período do impacto, muitos táxons quase desapareceram, devido à sensibilidade aos compostos do óleo, enquanto outros se sobressaíram, mostrando-se oportunistas e mais resistentes.

Pesquisas adicionais ainda serão necessários para avaliar a recuperação da macrofauna, que aparenta estar mostrando resultados favoráveis com o passar dos anos, demonstrando a resiliência de alguns organismos perante os impactos com óleo, reforçando as medidas de mitigação futuras. Assim como a conscientização de comunidades locais, mostrando a importância dessa região para sua sobrevivência.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Marcos Souto; TARARAM, Airton Santo. Estrutura da macrofauna vágil no ecossistema *Halodule wrightii* da Ilha de Itamaracá, nordeste do Brasil. 2000.
- ARAÚJO, Maria Elisabeth de; RAMALHO, Cristiano Wellington Noberto; MELO, Paulo Wanderley de. Pescadores artesanais, consumidores e meio ambiente: consequências imediatas do vazamento de petróleo no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, 2020.
- BARNES, R. S. K.; CLAASSENS, L. Do beds of subtidal estuarine seagrass constitute a refuge for macrobenthic biodiversity threatened intertidally? **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 11-12, p. 3227-3244, 2020.
- BARROS, Kcrishna Vilanova de Souza. Efeitos da Variação Sazonal de um banco de *Halodule wrightii* Ascherson sobre comunidades bentônicas associadas, na Praia das Goiabeiras, Fortaleza-CE. 2008.
- BRUM, H. D.; CAMPOS-SILVA, J. V.; OLIVEIRA, E. G. Brazil oil spill response: Government inaction. **Science**, v. 367, n. 6474, p. 155-156, 2020.
- CABRAL, Carolina Barbosa. **Avaliação de danos genômicos em Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*) expostos a sedimentos contaminados por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos no Estuário do Rio Potengi (Natal/RN)**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- CARUSO, Miriam Solange Fernandes; ALABURDA, Janete. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos-benzo (a) pireno: uma revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 67, n. 1, p. 1-27, 2008.
- CASTRO, Peter; HUBER, Michael E. **Biologia marinha**. AMGH Editora, 2012.
- CERQUEIRA, Walter Ramos Pinto. Mortalidade provável de *Holothuria* (*Halodeima*) *grisea* (Selenka, 1867) (Echinodermata, Holothuroidea) após impacto agudo do derramamento de petróleo no Nordeste brasileiro em 2019. 2021.
- CHAGAS, Flávia Bernardo et al. Utilização da estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade da água em rios no sul do Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 416-425, 2017.
- COPERTINO, Margareth S. et al. Hábitats de ervas marinhas e vegetação aquática submersa (VAS) na costa do Brasil: estado do conhecimento, conservação e principais ameaças. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 64, p. 53-80, 2016.
- CORBISIER, Thais Navajas. Macrozoobentos da Praia do Codó (Ubatuba, SP) e a presença de *Halodule wrightii* Ascherson. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 42, p. 99-111, 1994.

COSTA, ANA CECÍLIA PINHO *ET AL.* ERVAS MARINHAS E LEITOS DE RODOLITOS SÃO PAISAGENS MARINHAS IMPORTANTES PARA O DESENVOLVIMENTO DE OVAS E LARVAS DE PEIXES EM ÁREAS COSTEIRAS TROPICAIS. **PESQUISA AMBIENTAL MARINHA**, v. 161, p. 105064, 2020.

CRAVEIRO, Nykon et al. Immediate effects of the 2019 oil spill on the macrobenthic fauna associated with macroalgae on the tropical coast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 165, p. 112107, 2021.

DA SILVA JÚNIOR, Joel Francolino; DE LIMA, Thomaz Henrique Arruda; SANTANA, Maria Cecilia. DESASTRE COM ÓLEO BRUTO DE 2019 NA COSTA BRASILEIRA: EFEITO SOBRE AS ANGIOSPERMAS MARINHAS.

DE OLIVEIRA, Olívia MC et al. Environmental disaster in the northeast coast of Brazil: Forensic geochemistry in the identification of the source of the oily material. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, p. 111597, 2020. Acesso em: 04 de junho de 2023.

DIAS NETO, José. Análise do seguro-desemprego do pescador artesanal e de possíveis benefícios para a gestão pesqueira. **Brasília: Ibama**, 2017.

DUARTE, Carlos M. et al. Assessing the capacity of seagrass meadows for carbon burial: current limitations and future strategies. **Ocean & coastal management**, v. 83, p. 32-38, 2013.

FOURQUREAN, James W. et al. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. **Nature geoscience**, v. 5, n. 7, p. 505-509, 2012.

GARCIA, Alexandre Miranda et al. Abundância e diversidade da assembléia de crustáceos decápodes dentro e fora de uma pradaria de *Ruppia maritima* L., no estuário da Lagoa dos Patos (RS-Brasil). 1996.

GENOFRE, G. C. et al. Pesquisa estuda efeitos do óleo na fauna marinha: estudo com crustaceos revela que petróleo é mais destrutivo em áreas de baixa salinidade. [Depoimento]. **Estado de Sao Paulo**, n. 17 ju 1990, p. 19, 1990.

HECK JR, Kenneth L.; WETSTONE, Gregory S. Habitat complexity and invertebrate species richness and abundance in tropical seagrass meadows. **Journal of Biogeography**, p. 135-142, 1977.

HOOK, Sharon E. et al. Naturally occurring hydrocarbon content and baseline condition of deep-sea benthic fauna from the Great Australian Bight. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 157, p. 106-120, 2018.

HOU, Shiyong et al. Physiological and immunological responses of sea cucumber *Apostichopus japonicus* during desiccation and subsequent resubmersion. **PeerJ**, v. 7, p. e7427, 2019.

KAISER, Michel J. et al. **Marine ecology: processes, systems, and impacts**. Oxford University Press, 2011.

KAWAI, Hiroshi et al. Ten years' monitoring of intertidal macroalgal vegetation of Hyogo Prefecture, northwestern coast of Honshu, Japan to assess the impact of the Nakhodka oil spill. **Algae**, v. 22, n. 1, p. 37-44, 2007.

KENNISH, Michael J. **Practical handbook of marine science**. crc press, 2019.

KOCH, Silviane; FACHINETTO, Juliana Maria; BIANCHI, Vidica. Distribuição geográfica potencial atual e futura de Araçá (*Psidium Catlleianum*) para a América do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 16268-16277, 2021.

LARANJEIRA, Laura Costa et al. Efeito das perdas de cobertura de prados de angiopermas marinhas sobre a macrofauna bentônica. 2018.

LARKUM, ANTHONY WD et al. Taxonomy and biogeography of seagrasses. **Seagrasses: biology, ecology and conservation**, p. 1-23, 2006.

LE HIR, Maryvonne; HILY, Christian. First observations in a high rocky-shore community after the Erika oil spill (December 1999, Brittany, France). **Marine pollution bulletin**, v. 44, n. 11, p. 1243-1252, 2002.

LEITE, F. P. P.; TURRA, A.; SOUZA, E. C. F. Population biology and distribution of the tanaid *Kalliapseudes schubarti* Mañé-Garzon, 1949, in an intertidal flat in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, p. 469-479, 2003.

LOURENÇO, Rafael André et al. Mysterious oil spill along Brazil's northeast and southeast seaboard (2019–2020): Trying to find answers and filling data gaps. **Marine Pollution Bulletin**, v. 156, p. 111219, 2020.

MACIEL, Daniele Claudino et al. Avaliação da toxicidade dos sedimentos do sistema estuarino do Rio Capibaribe (Pernambuco, Brasil) utilizando o copépodo bentônico *Tisbe biminiensis* Volkmann Rocco (1973). **Tropical Oceanography**, v. 43, n. 1, p. 26-37, 2015.

MCKENZIE, L. J. et al. Seagrass-watch. In: **Proceeding of a workshop for monitoring seagrass habitats in Indonesia. The Nature Conservancy, Coral Triangle Center, Sanur, Bali**. 2009. p. 29-32.

MAGALHÃES, Karine Matos et al. Oil spill+ COVID-19: a disastrous year for Brazilian seagrass conservation. **Science of The Total Environment**, v. 764, p. 142872, 2021.

MAGRIS, Rafael Almeida; GIARRIZZO, Tommaso. Mysterious oil spill in the Atlantic Ocean threatens marine biodiversity and local people in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 153, p. 110961, 2020.

MALLMANN, D. L. B. et al. Atlas de sensibilidade ambiental ao óleo do litoral de Pernambuco. **Recife, PE: Linceu Ed**, 2011.

MARQUES, Lenardo Vidal; CREED, Joel Christopher. Biologia e ecologia das fanerógamas marinhas do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 2, p. 12, 2008.

MCLACHLAN, Anton; DEFEO, Omar; SHORT, Andrew D. Characterising sandy beaches into major types and states: Implications for ecologists and managers. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 215, p. 152-160, 2018.

MCLEOD, Elizabeth et al. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 9, n. 10, p. 552-560, 2011.

MELO, Anny Gabrielle Araújo Graf Torreiro. Biomarcadores ecotoxicológicos em *Poecilia vivipara* para o monitoramento de ecossistemas aquáticos. 2015.

NASRI SISSINI, M. et al. Brazil oil spill response: Protect rhodolith beds. **Science**, v. 367, n. 6474, p. 156-156, 2020.

NEVES, Raquel AF; VALENTIN, Jean L. Revisão bibliográfica sobre a macrofauna bentônica de fundos não-consolidados, em áreas costeiras prioritárias para conservação no Brasil. 2011.

NORDLUND, Lina M. et al. Global significance of seagrass fishery activity. **Fish and Fisheries**, v. 19, n. 3, p. 399-412, 2018.

NUNES, Fernando Custódio et al. Impactos ambientais causados por vazamento de petróleo no Golfo do México. In: **I Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Campina Grande, Brasil**. 2015. p. 1-8.

ORTH, Robert J. et al. A global crisis for seagrass ecosystems. **Bioscience**, v. 56, n. 12, p. 987-996, 2006.

PEREIRA JÚNIOR, Reginaldo Lourenço. **Prados de *Halodule wrightii* Aschers.: malacofauna associada, ameaças e conhecimento local**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

PETERSON, Charles H. et al. Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. **Science**, v. 302, n. 5653, p. 2082-2086, 2003.

PINHEIRO, M. A. A. et al. Habitat monitoring and genotoxicity in *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae), as tools to manage a mangrove reserve in southeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, p. 8273-8285, 2013.

RUIZ-FRAU, A. et al. Current state of seagrass ecosystem services: research and policy integration. **Ocean & Coastal Management**, v. 149, p. 107-115, 2017.

SANDRINI-NETO, Leonardo; MARTINS, César C.; LANA, Paulo C. Are intertidal soft sediment assemblages affected by repeated oil spill events? A field-based experimental approach. **Environmental pollution**, v. 213, p. 151-159, 2016.

SHORT, F. et al. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 350, n. 1-2, p. 3-20, 2007.

SILVA, Amanda Ferreira da et al. Comunidades macrofaunais bênticas associadas às algas de deriva e à grama marinha *Halodule wrightii* Ascherson na Ilha do Japonês, Cabo Frio, RJ. 2015.

SOARES-GOMES, Abilio; FIGUEIREDO, Alberto Garcia. O ambiente marinho. **Biologia marinha**, v. 2, p. 1-34, 2002.

SOARES-GOMES, Abilio; PAIVA, P. C.; SUMIDA, P. Y. G. Bentos de sedimentos não consolidados. **Biologia marinha**, v. 1, p. 127-146, 2002.

STEKOLL, Michael S.; DEYSHER, Lawrence. Response of the dominant alga *Fucus gardneri* (Silva)(Phaeophyceae) to the Exxon Valdez oil spill and clean-up. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 11, p. 1028-1041, 2000.

SUGNI, Michela et al. Endocrine disrupting compounds and echinoderms: new ecotoxicological sentinels for the marine ecosystem. **Ecotoxicology**, v. 16, p. 95-108, 2007.

SZEWCZYK, Susana Beatrís Oliveira. Processos envolvidos em um derramamento de óleo no mar. In: **Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica (SEMENGO)**. 2006.

VIANA, Marina Gomes. **Macrofauna de Ambientes Não Consolidados Adjacentes à Recifes da Área de Proteção Ambiental dos Recifes de Corais Rio Grande do Norte, Brasil**. 2013. 156 f. tese (doutorado em bioecologia aquática) - universidade federal do rio grande do norte, natal, 2013.

VILAÇA, R. Recifes biológicos. **Biologia marinha**, 2002.

WAYCOTT, Michelle et al. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 106, n. 30, p. 12377-12381, 2009.

WEIS, Judith S. Physiological, developmental and behavioral effects of marine pollution. 2014.

WEIS, Judith S. **Marine pollution: what everyone needs to know**. Oxford University Press, 2015.

Yim, U. H., Hong, S., Lee, C., Kim, M., Jung, J. H., Ha, S. Y., ... & Shim, W. J. (2020). Rapid recovery of coastal environment and ecosystem to the Hebei Spirit oil spill's impact. *Environment international*, 136, 105438.

Alpheidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphipoda	2	41	1	1	7	4	17	16	4	3	1	7
Axiidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Callianassidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cumácea	0	1	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1
Epiplatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isópoda (ordem)	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1	1	2
Ostracoda (classe)	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0
Paguridea	0	1	1	0	0	2	0	6	0	0	0	1
Pinnotheridae	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0
Portunidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pycnogonidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Tanaidácea	0	4	0	0	0	0	13	46	0	0	1	0
Upogebiidae	8	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Holothuriidae	0	5	3	0	0	39	0	10	3	9	2	13
Ophiuroidea	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
Outros	0	1	1	1	0	0	0	3	0	0	4	0