UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

NAYARA RUBYA BEVILAQUA MARÇAL

EFEITOS DE DRAGAGENS EM COMUNIDADES BÊNTICAS DE UMA LAGUNA SUBTROPICAL

Tubarão

2018

NAYARA RUBYA BEVILAQUA MARÇAL

EFEITOS DE DRAGAGENS EM COMUNIDADES BÊNTICAS DE UMA LAGUNA SUBTROPICAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharel em Ciências Biológicas da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Biologia.

Orientador: Prof. Sérgio Antônio Netto, Dr.

Tubarão

2018

NAYARA RUBYA BEVILAQUA MARÇAL

EFEITOS DE DRAGAGENS EM COMUNIDADES BÊNTICAS DE UMA LAGUNA SUBTROPICAL (SISTEMA ESTUARINO DE LAGUNA, SC)

Esta monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Biologia e aprovada em sua forma final pelo Curso de Graduação em Ciências Biológicas (Bacharel) da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 28 de junho de 2018.

_____

Professor e orientador Sérgio Antônio Netto, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

_____

Prof. Patrícia Menegaz de Farias, Drª.
Universidade do Sul de Santa Catarina

_____

Monica Citadin, Ms.
Secretaria Municipal de Educação - Urussanga

Dedico este trabalho aos meus familiares, em especial meu esposo Lucas e meu filho Elias.

AGRADECIMENTOS

Gratidão tem sido uma palavra muito presente em meu vocabulário, pois só consegui chegar até aqui porque tive a grande honra de viver, compartilhar, sentir, amar, abraçar e ser amada por tantas pessoas que não conseguirei resumir aqui em um breve texto.

Meu primeiro agradecimento só poderia ser ao meu Deus, meu Criador, meu consolador e companheiro: Deus Pai, Deus Filho e Deus Espírito Santo. Nunca desistiu de mim, mesmo não merecendo, transformou meu ser complicado em algo de valor e de bom caráter. Quando eu pensei em desistir, Ele me motivou a continuar, quando menosprezei meu trabalho, Ele me trouxe palavras de confiança e quando percebi que para finalizar essa pesquisa, dentro do prazo, seria apenas um milagre, por mais uma vez Ele me carregou no colo. “Ebenézer, até aqui me ajudou o Senhor”. (I Samuel 7:12).

Sou muito grata a minha família, em especial ao meu esposo Lucas, que nos últimos meses se absteve das suas próprias vontades para me dar o alento que precisei, me ouviu diversas vezes sem ao menos falar algo por respeito a mim, cuidou de nosso filho Elias como nunca antes, assumiu muitos de meus compromissos sem reclamar ou murmurar, me compreendeu quando chorei, me acalentou, sempre me amou. À minha mãe Ivonete, minha sogra Vitória e aos padrinhos do meu filho Josiane e Luciano, minha gratidão por todas as vezes que vocês cuidaram do Elias com tanto amor e carinho, quando eu não pude estar presente, vocês estavam ali. Assim eu pude me dedicar aos estudos sem preocupação alguma, porque sabia que ele estava sendo bem cuidado por vocês.

Agradeço aos meus pastores e aos meus discípulos, companheiros de jugo, por compreenderem minha ausência nesse tempo e por terem feito o melhor, em meu lugar, para Deus. Obrigada pelas orações e por cada abraço de vocês ao me dizerem: “Quando você vai voltar? Você faz muita falta”, foram palavras que me motivaram a continuar dando o melhor de mim, porque pessoas estavam dando o melhor de si por mim. Quero dizer que logo estarei de volta, mas agora com meu projeto finalizado.

Não poderia deixar de agradecer ao meu orientador Professor Sérgio A. Netto e a todos os estagiários do Laboratório de Ciências Marinhas, pois eles fizeram parte desta conquista. Obrigada professor pelo esforço em me atender, tirar minhas dúvidas e colocar meus pés no chão sempre que pensei em voar demais. Você é um homem incrível, grande profissional, sempre dedicado e leal a sua profissão e a todos que o cercam. Recebeu-me no laboratório como se eu fosse uma profissional e cuidou de mim nesses cinco anos em que tive o privilégio de prestar meus serviços como aluna/pesquisadora/estagiária. Aos meus colegas

de estágio, agradeço pela companhia, pelas risadas que tiravam meu estresse, pelos momentos de café e confraternização, só tenho lembranças maravilhosas de vocês. Que esta amizade não se perca ao longo do tempo, mas que se fortaleça.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que mais uma etapa de minha vida se completasse.

A vocês, meu muito obrigada!

“E o Senhor te guiará continuamente, e fartará a tua alma em lugares áridos, e fortificará os teus ossos; e serás como um jardim regado, e como um manancial, cujas águas nunca faltam”. (Isaías 58:11).

RESUMO

Dragagens são escavações subaquáticas muito frequentes em estuários. Resumem-se em três etapas principais: escavação, transporte e descarte do material dragado em local pré-determinado. Levando em conta o nível de perturbação ambiental que as dragagens podem gerar e a importância socioeconômica e ambiental das lagoas costeiras, objetivou-se neste estudo analisar os potenciais efeitos de dragagens sobre as associações bênticas (macrofauna, meiofauna e Nematoda) na lagoa Santo Antônio dos Anjos, Sistema Estuarino de Laguna (SC, Brasil). As amostragens foram realizadas entre julho de 2012 e abril de 2013 em duas áreas, de acordo com o potencial de interferência da dragagem (impacto/referência) tomadas antes da dragagem e três períodos depois da dragagem. As espécies numericamente mais abundantes foram *Heleobia australis*, *Cyprideis multidentata* e *Laeonereis acuta* para macrofauna, Nematoda, Tardigrada e Ostracoda para meiofauna e *Terschillingia*, *Desmodora* e *Viscosia* dentre os nematóides. Aplicando os princípios do modelo MBACI (*Multiple Before-After-Control-Impact*), verificou-se impacto das dragagens na diversidade da comunidade, na densidade apenas da macrofauna e na equitatividade da meiofauna e nematoda. A riqueza não mostrou ser impactada pela dragagem, mas sim variação temporal natural. Na estrutura multivariada, os valores de Permanova indicaram impacto da dragagem nas comunidades de macrofauna e Nematoda. Para características funcionais de Nematoda, o índice de diversidade trófica mostrou sinais de impacto, já o índice de maturidade revelou apenas diferença significativa espacial. Quanto aos potenciais efeitos da dragagem nas variáveis ambientais clorofila α, seleção do grão e percentual de cascalho apresentaram interação significativa entre área e tempo, enquanto tamanho dos grãos e valores para feopigmentos mostraram diferença temporal e matéria orgânica, percentual de areia e silte apenas diferença significativa entre as áreas, impacto e referência. Macrobentos se mostrou mais sensível, menos resiliente à perturbação. Meiobentos também foi impactada pela dragagem, porém se mostrou mais resiliente devido ao nível de recuperação observado, principalmente em nematóides.

Palavras-chave: Dragagem. MBACI. Comunidade bêntica.

ABSTRACT

Dredging are underwater excavation very frequente in estaruaries. They are summarized in three main stages: excavation, transportation and disposal of dredged material at a predetermined location. Taking into account the level of environmental disruption that dredging can generate and the socioeconomic and environmental importance of coastal lagoons, the objective of this study was to analyze the potential effects of dredging on benthic associations (macrofauna, meiofauna and Nematoda) in the Santo Antônio dos Anjos lagoon, Laguna Estuarine System (SC, Brazil). Samplings were conducted between July 2012 and April 2013 in two areas, according to the potential dredging interference (impact / reference) taken before dredging and three periods after dredging. Numerically more abundant species were *Heleobia australis*, *Cyprideis multidentata* and *Laeonereis acuta* for macrofauna, Nematoda, Tardigrada and Ostracoda for meiofauna and *Terschellingia*, *Desmodora* and *Viscosia* among the nematodes. Applying the principles of the *Multiple Before-After-Control-Impact* (MBACI) model, dredging impact was verified on community diversity, macrofauna density, and meiofauna and nematode equitability. Wealth did not show signs of impact, but rather natural temporal variation. In the multivariate structure, the values of Permanova indicated dredging impact in the macrofauna and Nematoda communities. For functional characteristics of Nematoda, the trophic diversity index showed signs of impact, while the maturity index revealed only significant spatial differences. Regarding the potential effects of dredging on the environmental variables chlorophyll α, grain selection and percentage of gravel presented significant interaction between area and time, while grain size and values for feopigments showed temporal difference and organic matter, percentage of sand and silt only significant difference between impact and reference areas. Macrobentos was more sensitive, less resilient to the disturbance. Meiobentos was also impacted by dredging, but was more resilient due to the level of recovery observed, especially in nematodes.

Keywords: Dredging. MBACI. Benthic community.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área de estudo – Lagoa Santo Antônio/Laguna. 20
Figura 2 - Pontos amostrais na Lagoa Santo Antônio, Laguna/SC. 21
Figura 3 - Organismos numericamente abundantes nas comunidades bênticas. 25
Figura 4 - Valores médios e desvio padrão para variáveis estruturais univariadas da macrofauna, meiofauna e Nematoda diante dragagem efetuada na Lagoa Santo Antônio. 26
Figura 5 – Valores médios e desvio padrão para os organismos numericamente mais abundantes da macrofauna, meiofauna e Nematoda diante dragagem efetuada na Lagoa Santo Antônio. 28
Figura 6 - MDS das abundâncias de macrofauna e Nematoda agregadas a descritores temporais e espaciais diante dragagem efetuada na Lagoa Santo Antônio. 29
Figura 7 – Valores médios e desvio padrão para os tipos alimentares de Nematoda diante dragagem efetuada na Lagoa Santo Antônio. 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de nematoda quanto a estratégia alimentar. 23
Tabela 2 - Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), nas variáveis estruturais univariadas (S-riqueza; N-densidade, J-equitatividade e ES-diversidade) da macrofauna, meiofauna e Nematoda. 27
Tabela 3 - Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), nos táxons numericamente mais abundantes da macrofauna, meiofauna e Nematoda. 28
Tabela 4 - Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), em táxons da macrofauna, meiofauna e Nematoda. 29
Tabela 5 – Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), para análise multivariada de macrofauna e meiofauna. 30
Tabela 6 - Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), para tipos alimentares de Nematoda. 32
Tabela 7 - Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), para os Índices de Diversidade Trófica e Maturidade dos organismos nematóides. 33
Tabela 8 – Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), para variáveis ambientais. 34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **13**
1.1 OBJETIVOS 14
1.1.1 Geral **14**
1.1.2 Específicos **14**
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **16**
3 MATERIAIS E MÉTODOS **20**
3.1 ÁREA DE ESTUDO 20
3.2 AMOSTRAGEM 20
3.2.1 Processamento das amostras **22**
3.3 ANÁLISE DE DADOS 23
4 RESULTADOS **25**
4.1 EFEITOS DA DRAGAGEM NA ESTRUTURA DA FAUNA BÊNTICA 25
4.2 EFEITOS DA DRAGAGEM NA CARACTERISTICAS FUNCIONAIS DA FAUNA BÊNTICA 31
4.3 FATORES AMBIENTAIS 33
5 DISCUSSÃO **35**
6 CONCLUSÃO **40**
REFERÊNCIAS **42**
APÊNDICES **47**
APÊNDICE A – Níveis de significância do teste PERMANOVA para estrutura univariada das comunidades de macrofauna, meiofauna e nematoda. **48**
APÊNDICE B – Níveis de significância do teste PERMANOVA para estrutura univariada das comunidades de macrofauna, meiofauna e nematoda em relação ao período de amostragem. **49**
APÊNDICE C – Níveis de significância do teste PERMANOVA para medidas univariadas de espécies numericamente abundante nas comunidades de macrofauna, meiofauna e nematoda. **50**
APÊNDICE D – Níveis de significância do teste PERMANOVA para medidas univariadas de espécies numericamente abundante nas comunidades de macrofauna, meiofauna e nematoda em relação ao período de amostragem. **51**
APÊNDICE E – Níveis de significância do teste PERMANOVA para medidas univariadas de táxons de macrofauna, meiofauna e nematoda **52**

APÊNDICE F – Níveis de significância multivariada do teste PERMANOVA, para medidas multivariadas das comunidades de macrofauna e nematoda. 53
APÊNDICE G – Níveis de significância do teste PERMANOVA, para análise dos hábitos alimentares de nematoda. 54
APÊNDICE H – Níveis de significância para valores dos índices de Diversidade Trófica e Maturidade. 55
APÊNDICE I – Valores de significância para descritores do sedimento. 58

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas estuarino-lagunares, áreas de transição entre a terra e o mar, são áreas de reprodução e criação de diversos peixes e invertebrados, incluindo uma proporção significativa de espécies comercialmente importantes (BASSET et al., 2013). Áreas primárias de ocupação humana, de lazer e de diversas atividades econômicas, as lagoas costeiras compreendem uma grande diversidade de habitats (VALIELA, 2008) e prestam inúmeros serviços culturais, sociais e econômicos que as tornam um sistema ecológico único, em contrapartida, são consideradas os ambientes aquáticos mais ameaçados do planeta (BLABER et al., 2010).

Os impactos ambientais nos estuários podem incluir eventos estocásticos, como inundações, tempestades, atividades humanas como o lançamento de dejetos, a introdução de espécies vegetais ou animais exóticos ou mesmo atividades de dragagens (MONTAGNA et al., 1998). Na dragagem, o sedimento é retirado do fundo do corpo hídrico, junto dos componentes biológicos, físicos e químicos relacionados a ele, e destinado à outra área para sua deposição. Esse tipo de operação pode trazer inúmeras modificações físicas ao ambiente, fragilizando, por exemplo, as paredes sedimentares adjacentes à vala, movimentando o sedimento remanescente na procura de estabilidade do relevo, suspendendo partículas finas na coluna d'água que por fim, limita a entrada de luz e, consequentemente, prejudica a atividade fotossintética, desencadeando um desequilíbrio ecológico.

Mesmo que ambientes dragados normalmente estejam sujeitos a grandes oscilações nas condições físicas e químicas, compreender a dinâmica dos organismos bênticos, numa visão que possa abranger mais de uma comunidade concomitante, no caso macrofauna e meiofauna, é particularmente importante (FONSECA; NETTO, 2006). Organismos meiofaunais são animais pequenos que vivem nos espaços intersticiais entre as partículas que compõem o sedimento e são retidos em peneiras de malha de 0,063 mm, enquanto que a macrofauna são organismos um pouco maiores, retidos em peneiras de malha de 0,5 mm (SOARES-GOMES; PITOMBO; PAIVA, 2009) e apesar de habitarem o mesmo ecossistema, estes dois grupos se diferem quanto a estratégias de vida, sendo que o tamanho da partícula, a estabilidade do sedimento, a luz e a temperatura são fatores que podem influenciar na distinta distribuição desses organismos no sedimento (CASTRO; HUBER, 2012).

Considerando então, a relevância ecológica e socioeconômica do estuário, sua rica biota e a intensa interferência que a engenharia de dragagens pode exercer sobre esse

ecossistema, se justificam estudos que identifiquem os efeitos desse tipo de perturbação em lagoas costeiras. Ressalta-se ainda que estudos, nessa linha de pesquisa, podem servir como base para análises em estudos ambientais e assim potencializar futuras medidas preventivas diante operações de grande impacto ambiental.

Sabe-se que a dragagem pode sim modificar a estrutura de comunidades de macroinvertebrados bênticos, a queda na riqueza e diversidade desses organismos são exemplos apresentados por Cooper e seus colaboradores (2007), da mesma forma que Somerfield, Rees, e Warwick (1995) relatam que mudanças no sedimento também provocam perturbações na estrutura da meiofauna. Contudo, raros são os estudos que descrevem os efeitos da dragagem sobre a meiofauna especificamente, e desconhecidos os trabalhos que avaliam comparativamente a resposta da meiofauna e macrofauna a processos de dragagens em estuários.

Diante disso, questiona-se: Quais os efeitos da dragagem realizada para o rebaixamento do Canal de Laranjeiras, sobre a comunidade bêntica da Lagoa Santo Antônio dos Anjos, mais precisamente sobre organismos da macrofauna e meiofauna? Essas comunidades bênticas responderam igualmente à perturbação?

Este estudo se remeterá à operações de uma dragagem de meio milhão de metros cúbicos de sedimento, realizada no ano de 2012, do tipo mecânica, com sistema de sucção, dentro do Sistema Estuarino de Laguna (SC). Operação esta, fundamental para a melhoria da circulação das embarcações que foram responsáveis pela engenharia da obra de construção da ponte de travessia do estuário, Ponte Anita Garibaldi, em função da duplicação da BR101.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Este estudo tem como objetivo geral analisar os potenciais efeitos de dragagens sobre as associações bênticas (macrofauna, meiofauna e Nematoda) na lagoa Santo Antônio dos Anjos, Sistema Estuarino de Laguna (SC, Brasil).

1.1.2 Específicos

- Analisar os potenciais efeitos da dragagem sobre a estrutura - composição, densidade, diversidade da macrofauna, meiofauna e Nematoda de áreas sublitorais da Lagoa Santo Antônio;
- Identificar os potenciais efeitos da dragagem na estrutura trófica e modo de vida dos Nematoda em áreas sublitorais da Lagoa Santo Antônio;
- Analisar a resposta do microfitobentos (concentrações de clorofila α e feopigmentos) frente a dragagem em áreas sublitorais da Lagoa Santo Antônio;
- Determinar os potenciais efeitos da dragagem sobre as características dos sedimentos de fundo (granulometria e teores de matéria orgânica).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Há diversas definições e classificações para estuários. Geologicamente, estuário é a terminação de um vale afogado durante eventos transgressivos, que recebe o aporte de sedimentos tanto terrígenos quanto marinhos (DAY JR. et al., 2013). De acordo com suas características geomorfológicas, os estuários podem ser representados por diferentes ambientes costeiros, entre eles, as lagunas ou lagoas costeiras abertas, que são ambientes rasos com profundidade média de dois metros, usualmente orientadas paralelas à linha de costa (SNEDDEN; CABLE; KJERFVE, 2013). Lagoas costeiras se encontram conectadas diretamente com o mar por meio de canais (GONENÇ; WOLFLIN, 2005) e frequentemente recebem aporte de sedimentos inorgânicos e matéria orgânica (BIRD, 1994).

Apesar de apresentarem vários ecótonos, as lagoas costeiras possuem suas particularidades, características provenientes da relação multi-interface que esse ambiente estabelece não apenas com os sistemas marinhos, mas também com a atmosfera e com os sistemas terrestres (MCLUSKY; ELLIOTT, 2004). As características do estuário, inclusive de sua biota, podem ser modificadas considerando a dinâmica local de acordo com a variação das marés, de correntes, entrada de águas fluviais, transporte de sedimentos, ação dos ventos e consequentes valores de salinidade que variam ao longo do corpo hídrico (KJERFVE, 1994). Esses fatores ambientais podem limitar o principal papel do estuário: a produção primária e secundária (BURFORD et al., 2011).

A produtividade biológica das lagoas costeiras é considerada alta (KJERFVE, 1994), característica determinada por alguns fatores: presença de produtores primários importantes (macroalgas, algas bênticas e fitoplâncton) que garantem o uso máximo da luz em todas as estações, fluxo e refluxo dos movimentos da água resultantes da ação das marés, suprimento abundante de nutrientes e regeneração rápida de nutrientes por meio da atividade de microrganismos e organismos filtradores marinhos (DAY JR. et al., 2013). O fitoplâncton pode responder rapidamente a impactos químicos, bióticos e físicos, mudanças na quantidade de fitoplâncton disponível no meio normalmente precederiam mudanças na função dos ecossistemas, incluindo mudanças nas teias alimentares e perdas permanentes de comunidades de plantas e animais superiores (PAERL; JUSTIC, 2013). Apesar de ser considerado um dos ambientes mais produtivos da terra (SKILLETER et al., 2006) o estuário é frequentemente exposto a impactos gerados por perturbações físicas de origem natural (e.g., CASTRO; HUBER 2012) e também interferência humana (KJERFVE, 1994).

A operação de dragagem é um dos exemplos de intervenção antrópica atuantes em estuários. Dragagens são escavações subaquáticas de sedimentos realizadas para diversos fins: formação de novas faixas de terra, remoção de materiais do fundo, instalação e manutenção de áreas portuárias e de marina como também manutenção de canais para navegação (KJERFVE, 1994). Resumem-se em três etapas principais: escavação, transporte e descarte do material dragado em local pré-determinado (PATCHINEELAM; SOARES; CALLIARI, 2008), especialmente por serem atividades potencialmente poluidoras, as dragagens necessitam de licenciamento ambiental, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA n° 237/97.

Durante a remoção do substrato, as espécies infaunais e epifaunais que o habitam são retiradas com ele do ambiente, a topografia do fundo e a hidrografia do estuário são alteradas, como também a composição do sedimento (OSPAR, 2004; KJERFVE, 1994). As alterações na hidromorfologia do estuário podem alterar tanto na entrada e saída de sedimentos quanto na dinâmica das marés (MCLUSKY; ELLIOTT, 2004). Além disso, a remobilização dos sedimentos pode levar a suspensão de matéria orgânica junto das partículas finas (SKILLETER et al., 2006), podendo diminuir o oxigênio disponível com a redução da penetração de luz na coluna d'água, criando, assim, temporariamente, condições estressantes ou mesmo anóxicas para muitos organismos aquáticos (NEWELL; SEIDERER; HITCHCOCK, 1998). A anoxia nestes ecossistemas afeta a estrutura das comunidades bênticas, por meio da diminuição de riqueza, aumento do número de indivíduos oportunistas, redução no tamanho dos indivíduos e consequente redução da biomassa e área ocupada pela comunidade (PATCHINEELAM; SOARES; CALLIARI, 2008).

Apesar das condições desfavoráveis que a dragagem pode trazer ao desenvolvimento de espécies bênticas, muitas espécies são consideradas resilientes e por meio do recrutamento, tem capacidade de recolonizar as áreas defaunadas. Recrutamento segundo Caley et al., (1996) corresponde ao número de novos indivíduos que se assentam e sobrevivem no substrato oportunizando a recolonização da área. Dessa forma, após atividade de dragagem, geralmente ocorre o recrutamento de organismos oportunistas (KENNY; REES, 1994), que repovoam o sedimento procurando recolonizar sua população no local impactado. A recolonização pode ocorrer através da coluna d'água, por meio de larvas planctônicas ou transporte de adultos e juvenis, ou através de movimentos laterais, dentro do sedimento, de juvenis ou adultos (GUERRA-GARCIA; GARCIA-GOMEZ, 2006), ambas as vias podem ser origem de áreas não perturbadas adjacentes ou populações residuais nos montes (MAURER et al., 1981), assim, pode-se dizer que a dinâmica de recolonização depende das características

dos sedimentos, da disponibilidade de larvas, juvenis e adultos, preferências de substrato como outros determinantes (RODRIGUEZ; OJEDA; INESTROSA, 1993).

Macrofauna e meiofauna respondem de maneira diferente às perturbações (PATRICIO et al., 2012) e são utilizados na discriminação tanto de poluição quanto de distúrbios físicos ao meio ambiente (PATCHINEELAM; SOARES; CALLIARI, 2008). A resposta desses organismos depende, muitas vezes, da relação entre o nível de perturbação e o enriquecimento orgânico promovido por ela (AUSTEN; WIDDICOMBE, 2006), pois a disponibilidade de alimento é um determinante a distribuição espacial das comunidades no sedimento (DANOVARO et al., 1999).

Diversas pesquisas têm sido realizadas com o uso de macrobentos na avaliação de perturbações ambientais (NEWELL; SEIDERER; HITCHCOCK, 2004; BEMVENUTI; ANGONESI; GANDRA, 2005; BOYD et al., 2005; SKILLETER et al., 2006; KOTTA et al., 2009). Dentre as razões para esse uso específico pode-se citar: diversidade taxonômica, abundância de espécies, tolerância ao estresse, distintos modos de alimentação e estratégias de vida, hábito sedentário da maioria das espécies e o ciclo de vida longo (PATRÍCIO et al., 2012). Já a meiofauna é menos usada em monitoramento de qualidade ambiental (GOLLADAY; HAX, 1995; SCHRATZBERGER; WARWICK, 1999; SCHRATZBERGER et al., 2008). Apesar disso, a meiofauna pode apresentar vantagens sobre a macrofauna nos estudos ambientais, como tamanho reduzido, alta abundância, ampla distribuição, ciclo de vida curto, taxas metabólicas rápidas, ausência de fase planctônica, resultando em um tempo de resposta mais curto e maior sensibilidade a certos tipos de perturbação (KENNEDY; JACOBY, 1999), no entanto, apontam dificuldades no processamento das amostras e na disponibilidade de literatura taxonômica desses organismos.

Por mais que as comunidades bênticas apresentem distintas respostas a variações ambientais e vantagens específicas para as análises e processamentos, Attrill e Depledge (1997) apresentaram para esse tipo de investigação uma abordagem multi-espécies, pois para eles o envolvimento de diversos grupos taxonômicos na avaliação ambiental amplia as respostas de pesquisa. Nesse mesmo contexto, Patrício e colaboradores (2012) compararam as mudanças na estrutura das comunidades de Nematoda e macrofauna ao longo de um gradiente estuarino e verificaram que esses organismos fornecem informações de avaliação ecológica diferentes, mas complementares, dependendo dos diferentes tempos de resposta ao estresse de cada grupo e dos índices e análises utilizados.

Com base nesse contexto, procurou-se utilizar nesta pesquisa uma análise que pudesse examinar os possíveis efeitos de uma perturbação ambiental, uma dragagem, sobre

três associações (macrofauna, meiofauna e Nematoda) bênticas. Para isso, utilizou-se um programa de amostragem seguindo-se o modelo MBACI (*Multiplus Before/After, Control/Impact*). Trata-se de um aprimoramento da análise BACI desenvolvida por Green (1979) e aperfeiçoada por Underwood (1991, 1992, 1993 e 1994). Enquanto que BACI (Before/After, Control/Impact) se baseia na detecção de interações entre apenas dois tempos (antes e depois de um possível impacto) e dois espaços (local controle ou referência – local não afetado pelo impacto), a MBACI se baseia na detecção de interações por meio da replicação temporal e espacial, apliando a capacipadade de interpretação dos dados no espaço e no tempo. A lógica na proposta BACI e MBACI é de que o impacto só é detectado quando o padrão de abundância dos organismos nos locais afetados é diferente do observado nos locais de referência, considerando os períodos antes e depois do impacto. Assim, se as variações detectadas forem entre áreas (controle x impacto) e/ou entre tempos (antes x depois) os resultados indicariam apenas variações espaciais e temporais, mas não impactos. A detecção do impacto necessitaria de interações significativas entre espaço e tempo (ROBERTS et al., 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido no Sistema Estuarino de Laguna (S 28° 12' E 48° 38'; Figura 1), sul do Brasil. De origem quaternária (SUGUIU et al., 1985; MACHADO, 2008), o Complexo Lagunar constitui-se por uma típica laguna costeira do tipo estrangulada (KJERFVE, 1994) com uma área de 184 km² e profundidade média de dois metros. A baixa profundidade associada a um regime de micro marés determinam que o vento e a precipitação exerçam papéis-chave na circulação da água e movimentação de sedimentos (FONSECA; NETTO, 2006). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Cfa (clima temperado úmido com verão quente), com pluviosidade média anual de 1.450 mm e vento predominante de quadrante NE, principalmente no verão (BERNARDINO et al., 2015).

Figura 1 - Área de estudo – Lagoa Santo Antônio/Laguna.

Fonte: Google. Adaptação do autor.

3.2 AMOSTRAGEM

As amostragens foram realizadas entre julho de 2012 e abril de 2013: - antes da dragagem, no mês de julho de 2012; - depois da dragagem, em outubro de 2012, janeiro e

abril de 2013. Os pontos de amostragem foram distribuídos em duas áreas de acordo com o potencial de interferência da dragagem: - impacto, área de influência direta da dragagem; - referência, área sem influência da dragagem. Em cada uma dessas áreas foram estabelecidos 3 pontos de amostragem (Figura 2). Em cada ponto amostral, foram tomadas 4 amostras para a análise da fauna bêntica (macrofauna e meiofauna), microfitobentos e sedimentos. Amostras da macrofauna foram tomadas com um corer de PVC de 15 cm de diâmetro por 10 cm de altura (área de 0,017m²); para a meiofauna utilizou-se uma seringa plástica um corer de PVC com 10 cm de altura; para amostras do microfitobentos (clorofila *a* e feopigmentos) foi utilizado um amostrador de 4 cm de diâmetro por 5 cm de altura; para a análise granulométrica e dos teores de matéria orgânica, sedimentos foram coletados com um corer de PVC 10 cm de diâmetro por 10 cm de altura. O material amostrado foi devidamente acondicionado e devidamente etiquetado. Em laboratório, amostras de sedimento (teores de matéria orgânica e microfitobentos) foram congeladas e as da fauna fixadas em formalina 10,0%, para posterior análise. Nas amostragens, dados de temperatura e salinidade foram tomados com um multiparâmetro (YSI 556).

Figura 2 - Pontos amostrais na Lagoa Santo Antônio, Laguna/SC.

Fonte: Google Earth, adaptação da autora.

3.2.1 Processamento das amostras

Em laboratório, as amostras para análise de macrofauna foram cuidadosamente lavadas em água corrente com jogo de peneiras com malha de 1 mm e 0,5 mm. O material retido nas peneiras foi acondicionado em frascos etiquetados e conservados em álcool 70,0% (ELEFTHERIOU; MCINTYRE, 2005) e a fauna identificada no menor nível taxonômico possível. Amostras para a análise da meiofauna foram peneiradas em jogo de malha de 500 e 63 µm. A fauna retida na menor malha, juntamente com os detritos retidos no processo de peneiramento, foi separada por flotação com o uso de sílica coloidal (Ludox TM 50) diluída à gravidade específica de 1,15 (SOMERFIELD; WARWICK, 1996). Para cada amostra o processo foi repetido três vezes com duração de 50 minutos cada, e o sobrenadante foi retirado em cada uma das repetições. Esse material foi lavado em água corrente e transferido para blocos cavados contendo glicerol (5,0% glicerina, 45,0% água e 50,0% álcool), deixados sobre chapa aquecedora (34°C) até que a porção de água e álcool existente evaporasse e então se pudessem confeccionar as lâminas permanentes para microscópio. O conteúdo das lâminas foi identificado no menor nível taxonômico possível utilizando microscópio binocular.

Amostras para a análise das concentrações de clorofila e feopigmentos seguiram os procedimentos de Plante-Cuny (1978). O material foi descongelado e, em um local escuro e arejado, foram separadas duas alíquotas de aproximadamente 10 gramas, na qual uma foi destinada a estufa por aproximadamente 24 horas para secagem e quantificação da água presente no sedimento. Outra alíquota foi macerada em um graal de porcelana e adicionada 20 ml de acetona PA 90,0%. A amostra foi então ultra-sonificada através de um aparelho de banho de ultrassom com água fria por 10 minutos. Posteriormente ao ultrassom as amostras foram incubadas na geladeira por aproximadamente 24 horas. Para remoção das partículas em suspensão, as amostras foram centrifugadas por 15 minutos a 4000 rpm. O sobrenadante foi então analisado no espectrofotômetro. Os cálculos para obtenção das concentrações de clorofila *a* e feopigmentos do sedimento, expressos em $\mu g\ g^{-1}$ de sedimento seco, foram realizados utilizando-se as equações descritas por Lorenzen (1967).

As amostras de sedimento para análise granulométrica e matéria orgânica foram descongeladas, secas em estufa (60°C por 48 horas) e posteriormente separadas para as diferentes análises. Parte do sedimento seco foi macerado e transferido para cadinhos de porcelana e, através de combustão em mufla (550°C, por 4 horas), foi determinado o teor de matéria orgânica por diferença de peso (ELEFTHERIOU; MCINTYRE, 2005). A

granulometria da fração areia foi determinada pelo peneiramento em peneiras de malhas (-1,5Φ à 5Φ) a intervalos de 1Φ(phi) (SUGUIO, 1973).

3.3 ANÁLISE DE DADOS

Para a análise dos dados utilizou-se como fundamento o MBACI (Multiplus Before/After, Control/Impact; KEOUGH; MAPSTONE, 1997). O MBACI se baseia na detecção de interações por meio da replicação temporal e espacial, reduzindo deste modo a possibilidade de confundir flutuações naturais da amostra (SCHROETER et al., 1993).

Como descritores estruturais da meiofauna e macrofauna para verificar os potenciais efeitos da dragagem utilizaram-se a riqueza (número de taxas da meiofauna, número de gêneros de Nematoda e espécies da macrofauna), densidade, equitatividade de Pielou's (J') e o índice de diversidade de Hulbert (ESn; HURLBERT, 1971). Como atributos funcionais de Nematoda foram utilizados os Índices de Diversidade Trófica (IDT; HEIP; VINCX; VRANKEN, 1985) e o índice de maturidade (IM) de Bongers (1990).

O IDT foi calculado com base na classificação de Wieser's (1953), que difere quatro tipos de alimentação em Nematoda (Tabela 1): 1A (detritívoros seletivos), 2A (herbívoros), 1B (detritívoros não seletivos) e 2B (predadores). Verificou-se, então a proporção que cada grupo apresentou nas amostras sabendo que o valor do índice varia de 0,25 (maior diversidade trófica, com proporção igualitária de 25,0% para cada grupo trófico) para 1,0 (menor diversidade trófica quando um único tipo de alimentação é presente) (HEIP; VINCX; VRANKEN, 1985), no entanto, afim de melhor representar as alterações observadas o IDT foi modificado para 1-ITD (onde 1 representa maior valor para diversidade trófica; NETTO; VALGAS, 2010) ou seja, quanto menor o valor de IDT menos diversa a estrutura trófica da amostra se encontrava e quanto maior o valor de IDT, menor o predomínio de algum tipo de alimentação, mostrando pouca diversidade trófica.

Tabela 1 - Classificação de nematoda quanto a estratégia alimentar.

Tipo Trófico	Cavidade Bucal	Estratégia Alimentar
1A	Reduzida ou ausente	Detritívoros seletivos
1B	Ampla e sem dentes	Detritívoros não seletivos
2A	Presença de pequenos dentes	Herbívoros
2B	Ampla com dentes fortes	Predadores

Fonte: Adaptação de Wieser (1953).

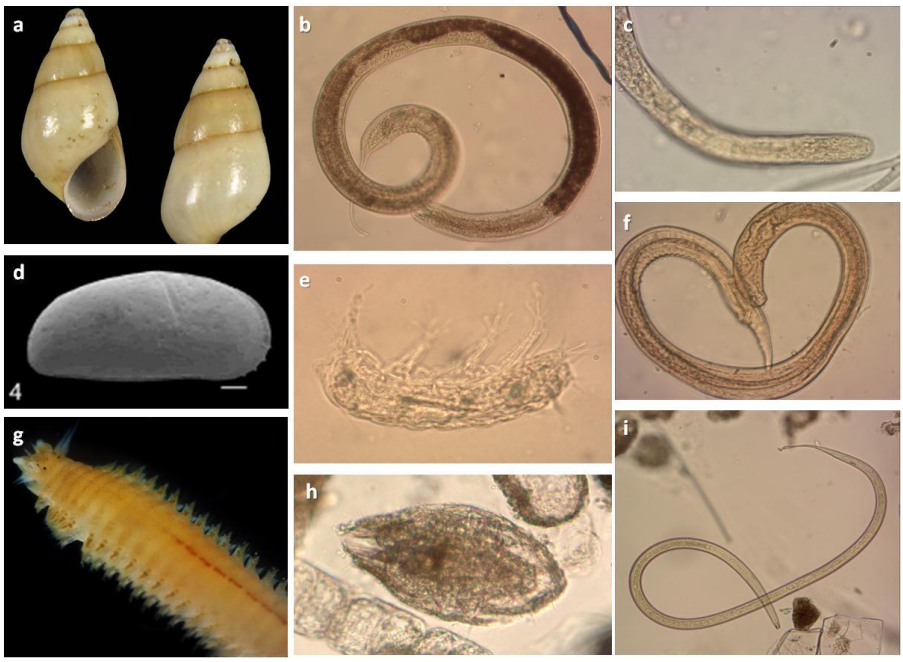
O IM, calculado de acordo com Bongers (1990, 1991, 1998 e 1999), se baseia na história de vida como também nas estratégias reprodutivas dos organismos. Os nematóides são classificados em grupos ecológicos representados por uma escala de valores c-p (1 a 5), dos colonizadores (oportunistas em condições favoráveis, ciclo de vida curto, tolerantes a perturbações, eutrofização e anoxia, alta capacidade de colonização) aos persistentes (baixa taxa reprodutiva, ciclo de vida longo, sensíveis a perturbação, baixa capacidade de colonização), onde os locais perturbados tendem a apresentarem valores de IM baixo para nematóides (URKMEZ; SEZGIN; BAT, 2014).

Neste modelo, apenas se considera que ocorreu impacto no caso de ocorrer interações significativas entre áreas x períodos. Os demais resultados foram interpretados como variações naturais sazonais (antes x depois) ou espaciais (impacto x referência). A significância das diferenças dos descritores da meiofauna e macrofauna, e atributos funcionais dos Nematoda entre as áreas (Impacto e Referência) e períodos (Antes, Pós 1) foram testadas com uma análise permutacional de variância (PERMANOVA) em matrizes de distância euclidiana com 9999 permutações, e os resíduos permutados sob um modelo reduzido (ANDERSON, 2001). Para visualizar a similaridade da composição da meiofauna e macrofauna durante as amostragens, foram construídas matrizes de similaridade baseadas na medida de similaridade de Bray-Curtis. A ordenação foi feita por MDS (CLARKE; GREEN, 1988) e testes de significância para diferenças na estrutura multivariada das associações realizadas usando PERMANOVA com o mesmo desenho do que dos descritores univariados.

4 RESULTADOS

Foram identificados 25 táxons macrobênticos, com densidades oscilando entre 2 e 662 inds./m². O gastrópode *Heleobia australis* d'Orbigny 1835, o ostracoda *Cyprideis multidentataI* Hartmann 1955 e o poliqueta *Laeonereis acuta* Webster 1879 dominaram numericamente a macrofauna (Figura 3 – a, d, g), compreendendo 65,0% da fauna coletada (*H. australis* – 42,0%; *C. multidentata* – 12,0%; *L. acuta* – 11,0%).

Figura 3 - Organismos numericamente abundantes nas comunidades bênticas.



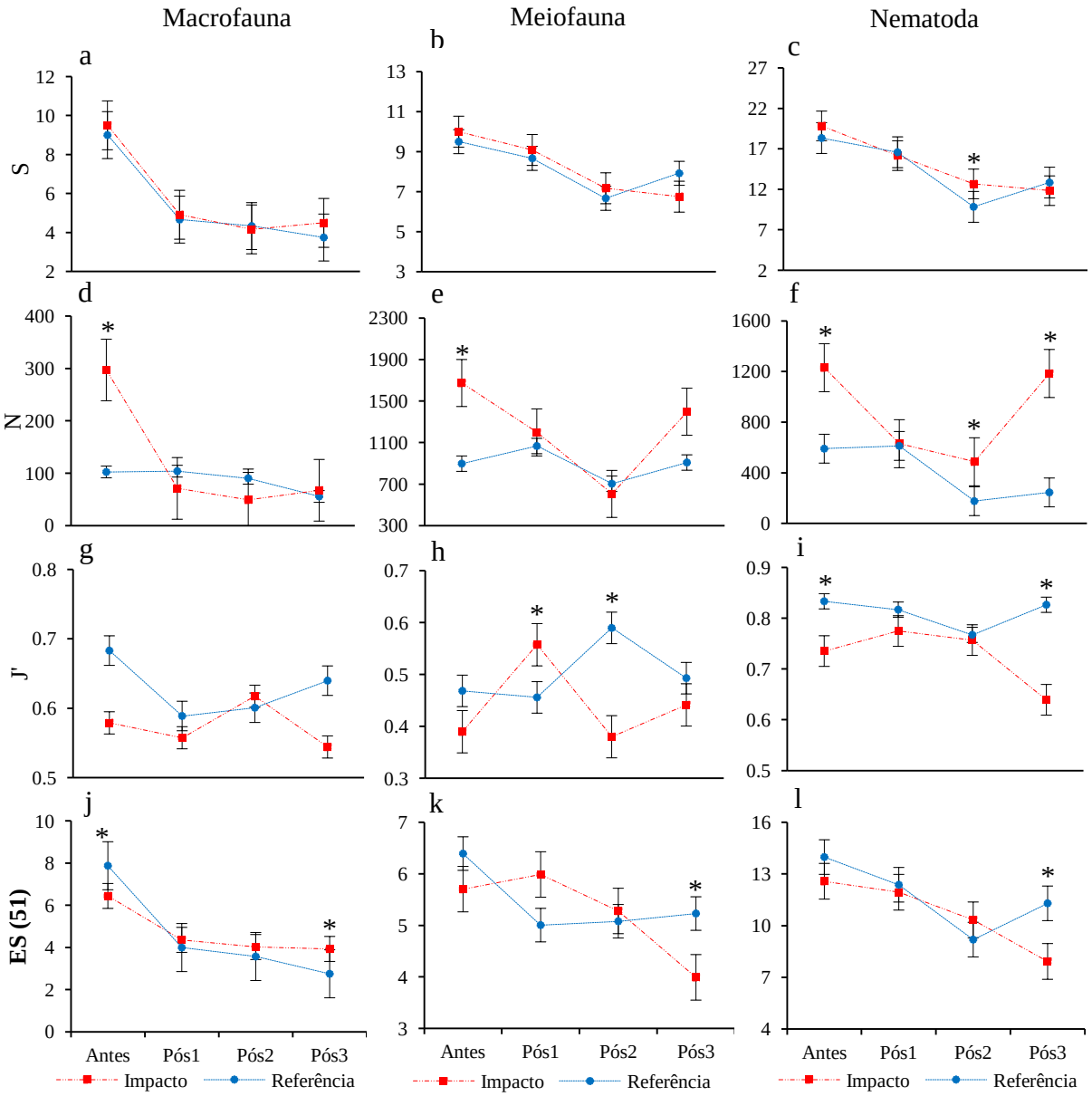
Fonte: Google (a, d) e arquivo pessoal (b, c, e, f, h, i). Macrofauna: *Heleobia australis* (a), *Cyprideis multidentata* (d) e *Laeonereis acuta* (g). Meiofauna: Nematoda (b), Tardigrada (e) e Ostracoda (h). Nematoda: *Terschellingia* (c), *Desmodora* (f) e *Viscosia* (i).

Quanto à meiobentos foram registradas densidades entre 26 e 3.541 inds./10cm^{-2} em 16 táxons, dos quais, nematoda, tardigrada e ostracoda representaram 86,0% das amostras (Figura 3 – b, e, h). Destacaram-se ainda para Nematoda os 94 táxons identificados, representados em 32,0% da fauna total identificada (19 e 5.687 inds./10cm^{-2}), sendo *Terschellingia* Man 1888, *Desmodora* Cobb 1920 e *Viscosia* Man 1890 os gêneros mais frequentes (38,0%, Figura 3 – c, f, i).

4.1 EFEITOS DA DRAGAGEM NA ESTRUTURA DA FAUNA BÊNTICA

A partir das premissas estabelecidas pelo padrão MBACI, os resultados de PERMANOVA indicaram impacto na diversidade da macrofauna, meiofauna e Nematoda, na densidade de macrofauna e na equitatividade de meiofauna e Nematoda (Tabela 2). A riqueza da fauna não mostrou interações significativas entre Período e Local (Figura 4 - a, b, c), indicando apenas variação temporal.

Figura 4 - Valores médios e desvio padrão para variáveis estruturais univariadas da macrofauna, meiofauna e Nematoda diante dragagem efetuada na Lagoa Santo Antônio.



Fonte: Elaboração da autora.
Número de espécies para macrofauna e número de gêneros para meiofauna e nematoda (S: a, b, c), densidade (d: N; e, f: N10), equitatividade (J de Pielou: g, h, i), diversidade (ES-51: j, k, l). * = diferença significativa com p<0,05 (Apêndice B).

Tabela 2 - Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), nas variáveis estruturais univariadas (S-riqueza; N-densidade, J-equitatividade e ES-diversidade) da macrofauna, meiofauna e Nematoda.

	MACROFAUNA			MEIOFAUNA			NEMATODA		
	Período	Local	PeríodoxLocal	Período	Local	PeríodoxLocal	Período	Local	PeríodoxLocal
S	**0,0001**	0,4302	0,5127	**0,0001**	0,9782	0,1822	**0,0001**	0,4604	0,2088
N	**0,0001**	0,0738	**0,0094**	**0,0056**	0,1651	0,2466	**0,0003**	**0,0003**	0,056
J'	0,7203	0,3562	0,8831	0,2973	**0,0234**	**0,0085**	0,0801	**0,0001**	**0,0097**
ES (51)	**0,0001**	0,6591	**0,0299**	**0,0013**	0,3352	**0,0154**	**0,0001**	**0,0207**	**0,002**

Distância Euclidiana Número de permutações: 9999

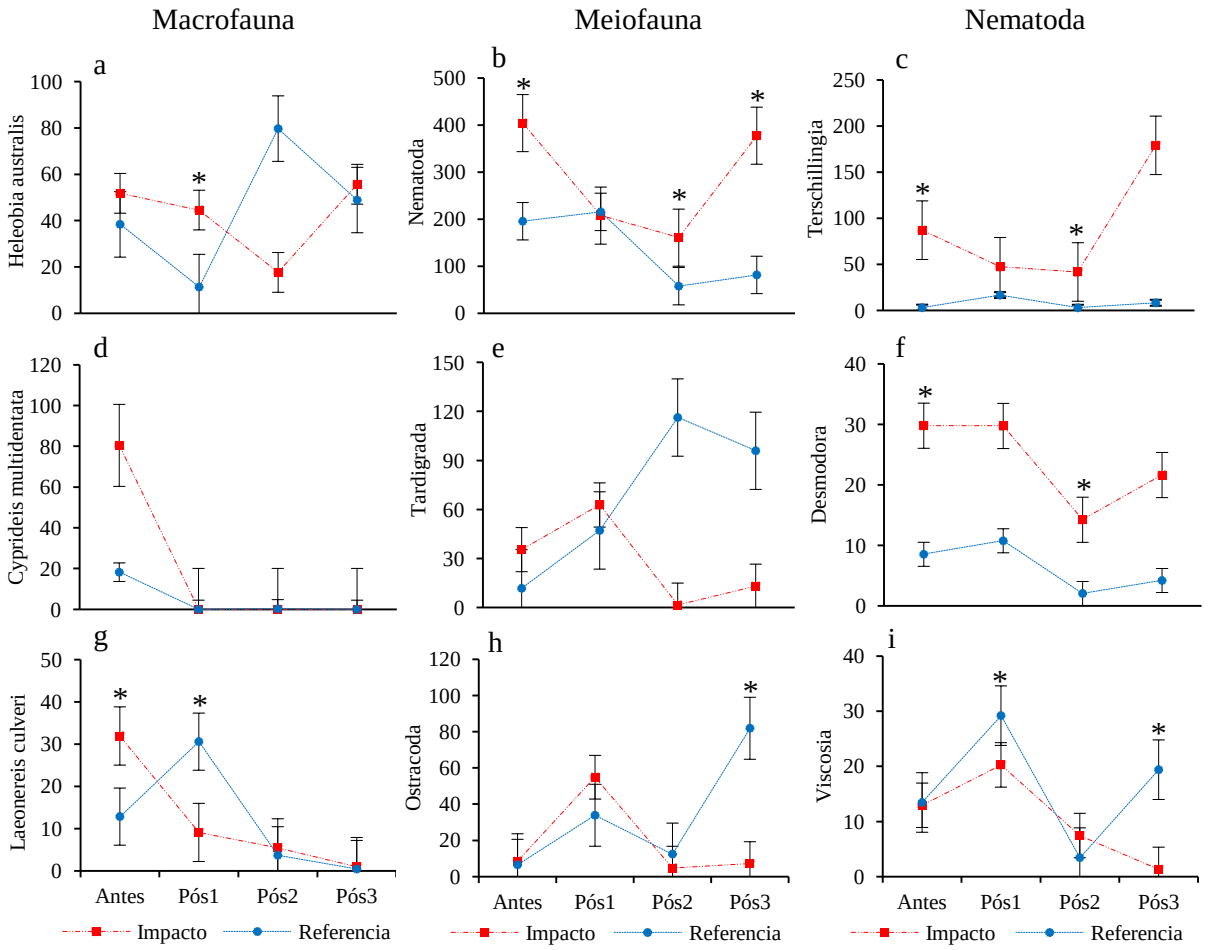
Fonte: Elaboração da autora. Em negrito diferença significativa (p<0,05). Detalhes Permanova no Apêndice A.

Os macroinvertebrados e o meiobentos reduziram a densidade de suas populações em mais de 60,0% depois da dragagem na área de impacto (Figura 4 - d, e). Contudo, na última campanha amostral, enquanto a meiofauna mostrou recuperação nas suas densidades em 74,0%, a macrofauna não recuperou (aumento de apenas 7,0% em relação à abundância mais baixa registrada no período Pós2). Quanto aos valores de equitatividade (Figura 4 - g, h, i), tanto a meiofauna como Nematoda apresentaram diferenças significativas na distribuição dos organismos nos locais de referência e impacto.

Dentre as espécies numericamente dominantes da macrofauna, os efeitos da dragagem foram detectados apenas para L. *acuta* (Figura 5, g), que em seis meses depois da perturbação sofreu defaunação quase que completa, com diferenças significativas nos períodos antes e pós1, sem indícios de recuperação até a última campanha amostral. Para organismos meiofaunais tais como Nematoda, Ostracoda e Tardigrada houve interação significativa entre área e período (Tabela 3, Figura 5- b, e, h*)*. Tardigrada mostrou redução em 98% de sua população, na área de impacto, após a dragagem, seguido de Ostracoda com 90,0% de queda e Nematoda 60,0% (Figura 5 – b, e, h). A recuperação do número de indivíduos teve destaque para Nematoda que recuperou mais de 50,0% de sua população, com respostas significativas em todos os períodos.

Nenhum dos gêneros mais abundantes dos Nematoda exibiu efeitos da dragagem (Tabela 3, Figura 5- c, f, i). *Desmodora* e *Viscosia* mostraram diferenças significativas entre as áreas impacto/referência e os períodos amostrados (Figura5 - c, f, i), *Terschellingia*, por sua vez mostrou apenas significância nas diferenças espaciais.

Figura 5 – Valores médios e desvio padrão para os organismos numericamente mais abundantes da macrofauna, meiofauna e Nematoda diante dragagem efetuada na Lagoa Santo Antônio.



Fonte: Elaboração da autora. * = diferença significativa com p<0,05 (Apêndice D).

Tabela 3 - Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), nos táxons numericamente mais abundantes da macrofauna, meiofauna e Nematoda.

	MACROFAUNA			MEIOFAUNA			NEMATODA		
	H. australis	*C. multidentata*	*L. acuta*	Nematoda	Ostracoda	Tardigrada	*Terschillingia*	*Desmodora*	*Viscosia*
Período	0,6227	**0,0015**	**0,0001**	**0,0005**	**0,0015**	0,5845	0,2514	**0,0022**	**0,0209**
Local	0,877	0,1473	**0,0003**	**0,0005**	0,1028	0,0546	**0,0036**	**0,0001**	**0,0001**
PeríodoxLocal	0,0957	0,0988	**0,0001**	**0,0383**	**0,0023**	**0,0339**	0,2419	0,6288	0,0507

Distancia Euclidiana Número de permutações: 9999

Fonte: Elaboração da autora.
Em negrito diferença significativa (p<0,05). Detalhes Permanova no Apêndice C.

Outros organismos, de abundância não tão representativa, destacaram-se pelos efeitos da dragagem em suas populações (Tabela 4). Gêneros das famílias macrofaunais spionidae e capitellidae tiveram perda de quase 100,0% de sua população no período Pós1

(*Polydora* Bosc 1802*; Capitella* Fabricius 1780*; Paraprionospio* Caullery 1914) sem recuperação de Paraprionospio. *Monokalliapseudes schubartii* Mañé-Garzón 1949 aumentou exponencialmente sua população no período Pós1, com sequente queda nos próximos períodos. Os gêneros de nematóides *Chromadorina* Filipjev 1918 e *Parodontophora* Timm 1963 apresentaram queda de 100,0% e 90,0%, respectivamente, em suas populações no período Pós1, enquanto que *Pierrickia* Vitiello 1970, nesse mesmo período, teve sua população aumentada consideravelmente e *Gomphionema* Wieser & Hopper 1966 aumentou sua população gradativamente até a última campanha amostral. Com base no MBACI apenas *Chromadorina* não apresentou interação significativa entre área e período.

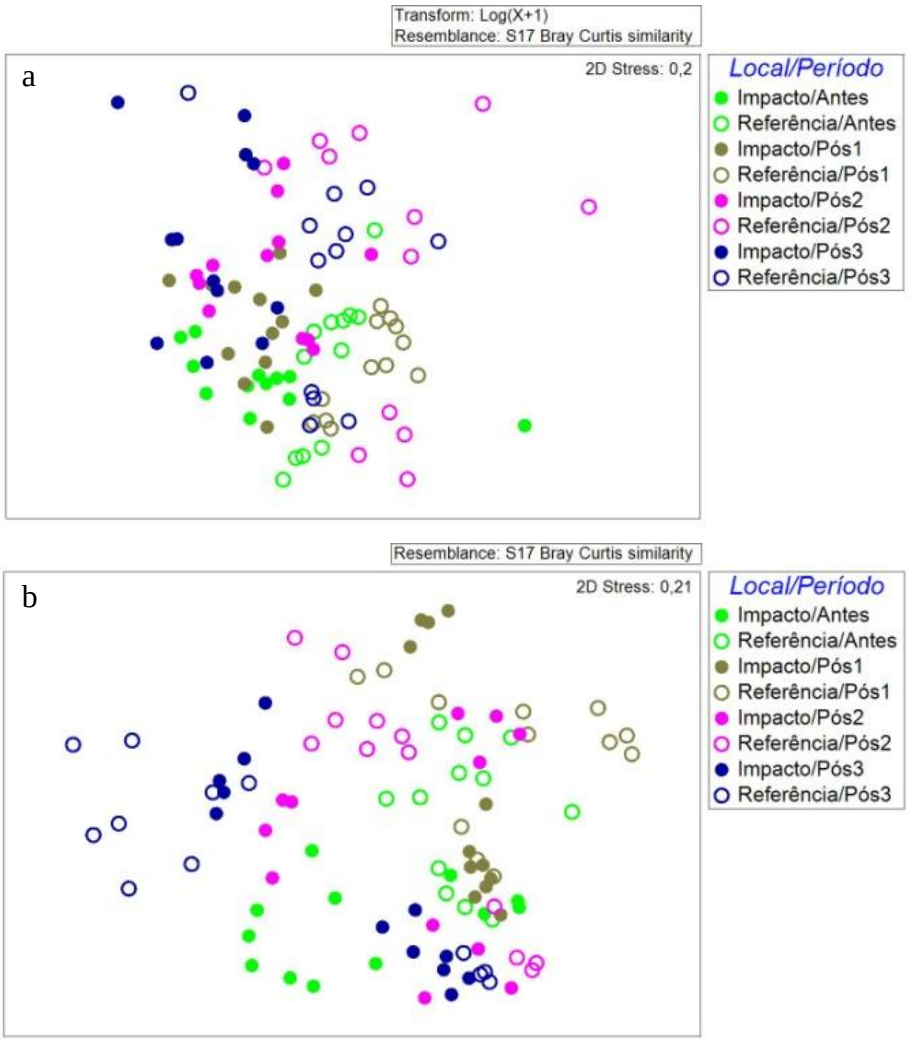
Tabela 4 - Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), em táxons da macrofauna, meiofauna e Nematoda.

	Período	Local	PeríodoxLocal
C. capitata	**0,0001**	**0,0098**	**0,0009**
Polydora	**0,0001**	**0,0001**	**0,0001**
Paraprionospio	**0,0006**	**0,0354**	**0,0042**
M. schubartii	**0,005**	**0,0304**	**0,0034**
Chromadorina	**0,0001**	0,0799	0,108
Gomphionema	0,0138	**0,0233**	**0,0184**
Parodontophora	**0,0001**	**0,0002**	**0,0001**
Pierrickia	**0,0019**	**0,0292**	**0,0033**
Distancia Euclidiana		N. permutações: 9999	

Fonte: Elaboração da autora.
Em negrito diferença significativa (p<0,05). Detalhes Permanova no Apêndice E.

Os resultados das análises de ordenação da fauna mostraram primariamente diferenças entre as áreas referência e impacto, e apenas secundáriamente as varições entre os tempos (Figura 6). Os resultados mostraram interações significativas entre período/local tanto para macrobentos quanto para os Nematoda (Tabela 5).

Figura 6 - MDS das abundâncias de macrofauna e Nematoda agregadas a descritores temporais e espaciais diante dragagem efetuada na Lagoa Santo Antônio.



Fonte: Primer versão 6.0.
Similaridade de Bray Curtis com transformação Log(x+1) em Nematoda (figura a); sem transformação para macrofauna (figura b), ambos com valores de p<0,05 (Apêndice F).

Tabela 5 – Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), para análise multivariada de macrofauna e meiofauna.

	Multivariada - MDS	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
MACROFAUNA	Período	3	55861	18620	6,5362	0,0001	9880	**0,0001**
	Local	1	11000	11000	3,8612	0,0011	9931	**0,0006**
	PeríodoxLocal	3	24645	8215	2,8837	0,0001	9868	**0,0002**
	Resíduo	88	2,5069E5	2848,8				
MEIOFAUNA	Período	3	27231	9076,9	5,7744	0,0001	9911	**0,0001**
	Local	1	7323,7	7323,7	4,6591	0,001	9940	**0,0014**
	PeríodoxLocal	3	15919	5306,3	3,3757	0,0003	9910	**0,0004**
	Resíduo	88	1,3833E5	1571,9				

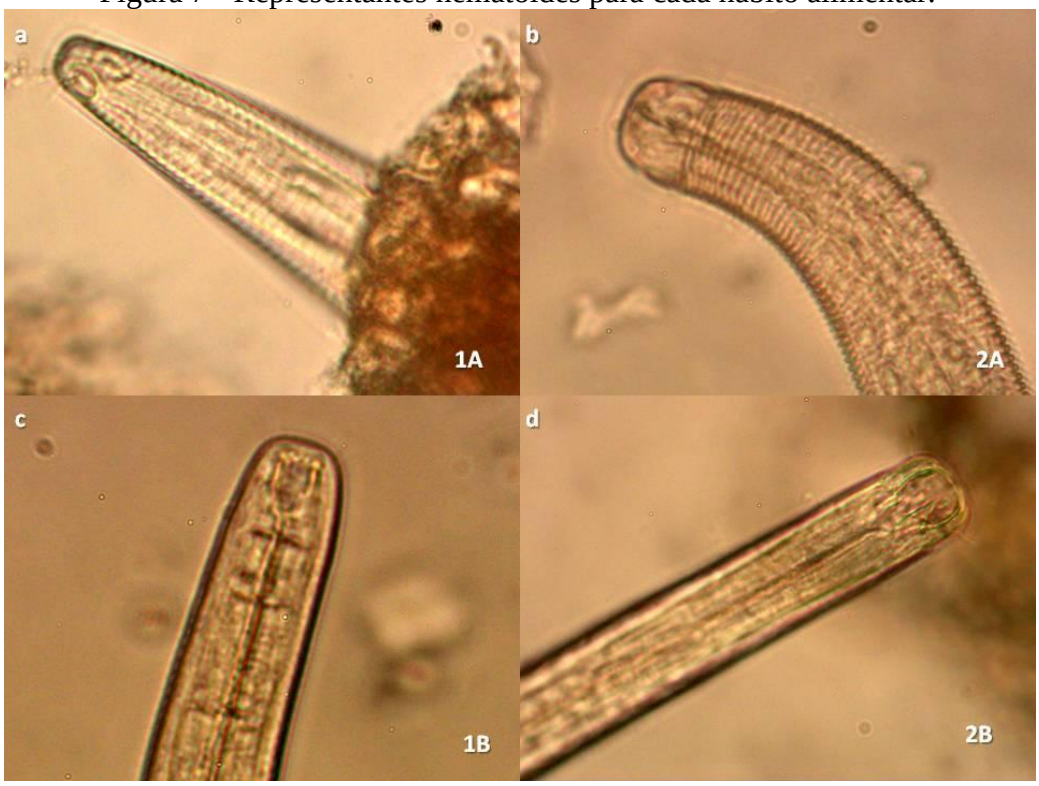
Bray Curtis similarity Número de permutações: 9999

Fonte: Elaboração da autora.
Em negrito diferença significativa (p<0,05). Detalhes Permanova no Apêndice E.

4.2 EFEITOS DA DRAGAGEM NA CARACTERISTICAS FUNCIONAIS DA FAUNA BÊNTICA

Com base em Wieser (1953) foram agrupados 93 gêneros quanto ao tipo alimentar, dos quais 36,0% foram classificados como organismos que se alimentam no epistrato (2A), 15,0% detritívoros seletivos (1A), 25,0% detritívoros não seletivos (1B) e 24,0% indivíduos considerados predadores (2B, Figura 7).

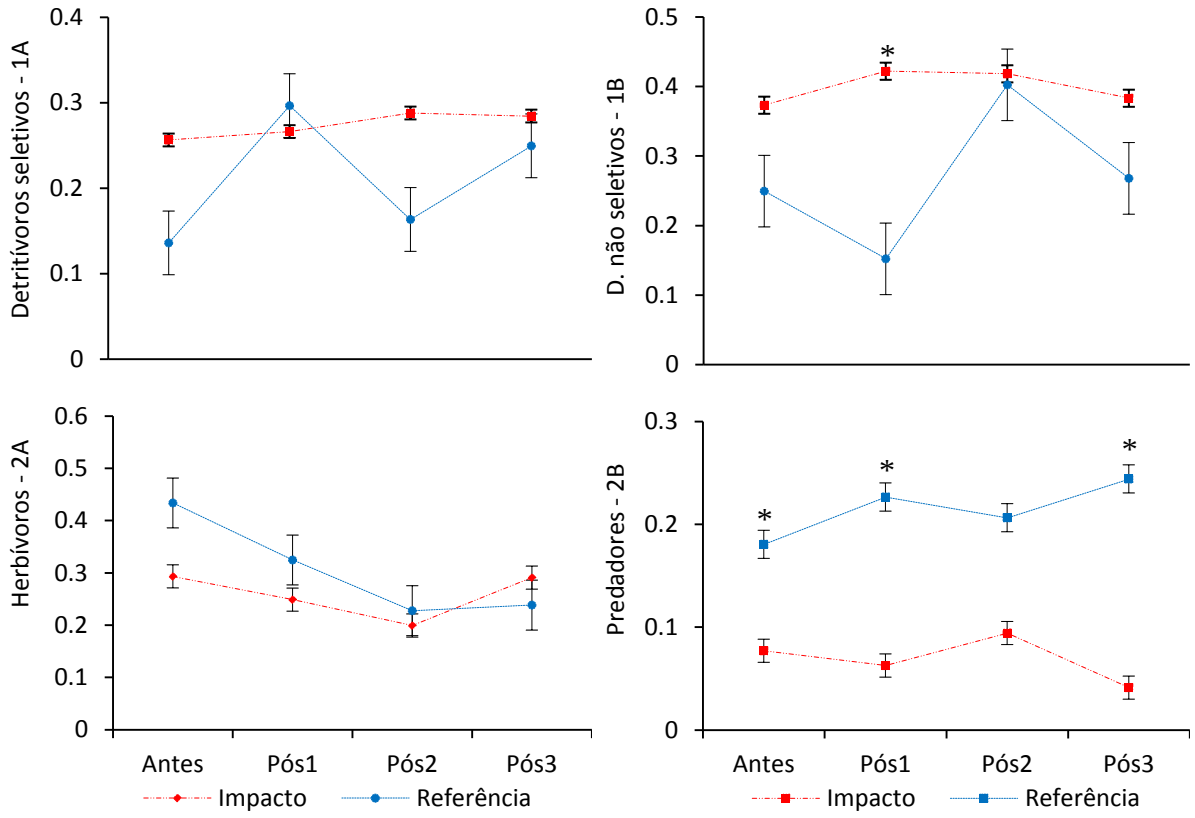
Figura 7 - Representantes nematóides para cada hábito alimentar.



Fonte: Arquivo pessoal. *Antomicron* Cobb 1920 (a, 1A/detritívoro seletivo), *Desmodora* Cobb 1920 (b, 2A/herbívoro), *Anonchus* Cobb 1913 (c, 1B/detritívoro não seletivo) e *Eurystomina* Filipjev 1921 (d, 2B/predador).

Nenhum dos tipos alimentares exibiu interação significativa entre período e local (Tabela 6). Detritívoros não seletivos e predadores apresentaram diferença significativa para os locais enquanto que nematóides herbívoros mostraram apenas variação no padrão temporal natural. Organismos do tipo 1A não exibiram nenhuma diferença significativa (Tabela 6).

Figura 7 – Valores médios e desvio padrão para os tipos alimentares de Nematoda diante dragagem efetuada na Lagoa Santo Antônio.



Fonte: Elaboração da autora. * = diferença significativa com p<0,05 (Apêndice G).

Tabela 6 - Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), para tipos alimentares de Nematoda.

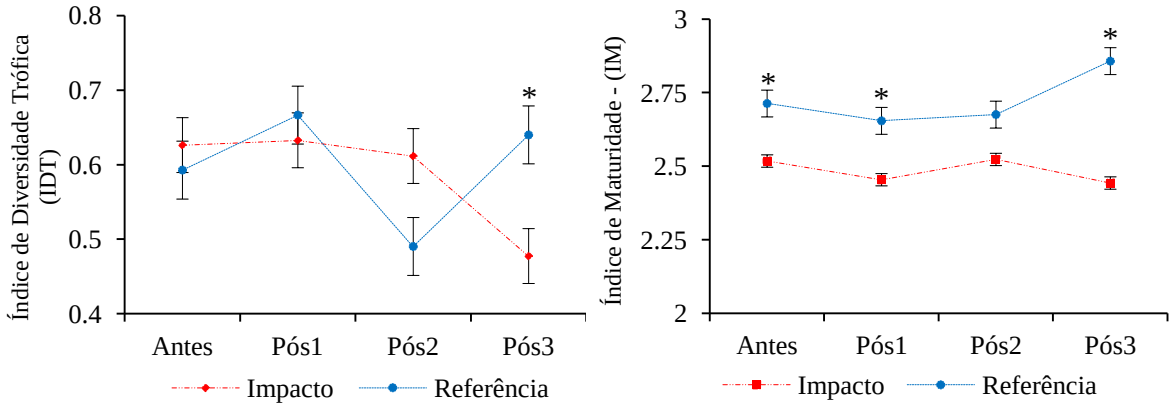
	NEMATODA			
	1A	1B	2A	2B
Período	0,3259	0,1869	**0,0221**	0,9534
Local	0,0854	**0,0036**	0,3401	**0,0001**
PeríodoxLocal	0,3672	0,2116	0,7024	0,5229
Distancia Euclidiana	Permutações: 9999			

Fonte: Elaboração da autora. Em negrito diferença significativa (p<0,05). Detalhes Permanova no Apêndice F.

Quanto aos efeitos da dragagem na diversidade trófica da assembleia de Nematoda, os resultados apontaram interação significativa entre período e local (Tabela 7). Na área de impacto, ao longo do período amostral, se observou queda no índice de diversidade trófica sem indícios de recuperação (Figura 9). O índice de maturidade mostrou

diferença significativa apenas entre as áreas impacto/referência (Figura 9, Tabela 7) indicando apenas variações espaciais.

Figura 9 - Valores médios e desvio padrão dos índices de diversidade trófica e maturidade de Nematoda diante dragagem efetuada na Lagoa Santo Antônio.



Fonte: Elaboração da autora. * = diferença significativa em p<0,05 (Apêndice H).

Tabela 7 - Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), para os Índices de Diversidade Trófica e Maturidade dos organismos nematóides.

		df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
IDT	Período	3	0,15428	5,1428E-2	4,4428	0,0058	9949	**0,0056**
	Local	1	2,5941E-3	2,5941E-3	0,2241	0,6473	9847	0,633
	PeríodoxLocal	3	0,25791	8,5971E-2	7,4269	0,0003	9958	**0,0002**
	Resíduo	88	1,0186	1,1575E-2				
IM	Período	3	0,11392	3,7974E-2	0,42406	0,7349	9953	0,7361
	Local	1	1,3883	1,3883	15,503	0,0002	9826	**0,0003**
	PeríodoxLocal	3	0,24946	8,3152E-2	0,92859	0,427	9955	0,4338
	Resíduo	88	7,8801	8,9547E-2				
Distância Euclidiana			Número de permutações: 9999					

Fonte: Elaboração da autora. Em negrito diferença significativa (p<0,05).

4.3 FATORES AMBIENTAIS

Foi registrada uma média geral de 22°C para valores de temperatura da água, que oscilaram entre 17,2°C e 27,3°C. Os valores de salinidade oscilaram entre 11,89 e 33,9.

A clorofila α, seleção de grãos e % de cascalho mostram interações significativas entre área e tempo (Tabela 8). Na área de impacto, o percentual de cascalho reduziu sua

ocorrência em mais de 99,0% logo após a dragagem, em contrapartida areia e silte apresentaram aumento na frequência, de 11,0% e 70,0%, respectivamente.

O tamanho do grão do sedimento e os valores de feopigmentos apresentaram diferenças significativas apenas nos períodos amostrais enquanto que na matéria orgânica, % de silte e % de areia a diferença significância foi observada entre impacto e referência.

Tabela 8 – Sumário dos resultados da análise PERMANOVA mostrando a significância dos efeitos da dragagem no Período (antes, pós1, pós2 e pós3) e Local (referência e impacto), para variáveis ambientais.

	Período	Local	PeríodoxLocal
Clorofila α	0,3587	0,1674	**0,0032**
Feopigmentos	**0,0257**	0,228	0,366
Seleção de grãos	**0,0036**	**0,0044**	**0,0038**
% cascalho	**0,0025**	**0,0015**	**0,0067**
% areia	0,8245	**0,0001**	0,761
% silte	0,7778	**0,0021**	0,8214
Tamanho do grão	**0,0058**	0,8611	0,7723
Matéria orgânica	0,0735	**0,0301**	0,9473
Distancia Euclidiana		Permutações: 9999	

Fonte: Elaboração da autora. Em negrito diferença significativa (p<0,05). Detalhes Permanova no Apêndice I

5 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo não mostraram efeitos significativos das dragagens na composição dos sedimentos, teores de matéria orgânica e feopigmentos. Por outro lado a dragagem impactou a fauna bêntica na diversidade, densidade (macrofauna), equitatividade (meiofauna), IDT (Nematoda) e abundância de alguns representantes, ao passo que outros organismos encontraram na dragagem uma oportunidade de colonizar novas áreas.

Com base no MBACI não houve evidência de impacto das dragagens no tamanho médio do grão dos sedimentos. Entretanto modificações importantes foram observadas, principalmente nas áreas de impacto que indicaram os efeitos da dragagem sobre a composição do sedimento, como uma queda considerável no percentual de cascalho (interação significativa) e diminuição da seleção logo após a dragagem. A sucção da draga retirou possivelmente, a camada de cascalho do fundo deixando o subtrato instável e suscetível a marés e correntes de circulação. Essa instabilidade do sedimento pode ter promovido maior deposição de areia no local perturbado proveniente das áreas adjacentes ao canal como também da própria dinâmica de sedimentação da planície inundada, e a redecantação ao longo dos meses do silte que se encontrava suspenso na coluna d'água.

Antes da dragagem o sedimento se encontrava pobremente selecionado, na área de impacto, com a extração do sedimento (cascalho em grande parte) e a possível mudança na dinâmica sedimentar do canal, o sedimento deixou de ser tão heterogêneo (queda na seleção) passando a maior grau de homogeneidade pelo predomínio de areia no perfil (85,0% do sedimento total amostrado no Pós1). Tendo em vista que o sedimento quanto mais homogêneo reduz o número de habitats bênticos a por isso beneficia apenas uma parcela da população que o reside por conta da preferência por determinado tamanho de grão afirma-se que o impacto detectado na seleção de grãos do sedimento tenha promovido alterações na dinâmica ecológica do bentos.

Não apenas mudanças estruturais do sedimento podem desencadear alterações na composição e distribuição da comunidade bêntica (VANAVERBEKE, DEPREZ; VINCX, 2007; SKILLETER et al., 2006; FONSECA; NETTO, 2006), mas também as condições tróficas (TITA et al., 2001). Clorofila α, feopigmentos e matéria orgânica são consideradas fontes energéticas primárias associadas aos grãos de sedimento, assim, com a remoção do fundo mole pela sucção da dragagem, teoricamente, deveriam ocorrer efeitos negativos nos valores desses compostos. De fato, interação significativa entre tempo e espaço só foi observado para clorofila α, pois os valores que antes da perturbação se mostraram

semelhantes entre impacto e referência, logo após a dragagem se tornaram bem discrepantes entre as áreas (diferença significativa).

Quanto aos efeitos da dragagem sobre a comunidade bêntica, Boyd et al., (2002) afirmaram existir uma relação entre a estrutura de macrofauna e a intensidade da dragagem, já que esses organismos, em sua maioria, apresentam diferentes tendências entre os períodos antes e depois da perturbação, com decréscimo na abundância por exemplo, de poliquetas, moluscos e pequenos crustáceos (BEMVENUTI; ANGONESI; GANDRA, 2005; SKILLETER et al., 2006).

Nesse estudo, *L. acuta*, *Paraprionospio*, *C. capitata* e *Polydora* se mostraram sensíveis às atividades de dragagens (interação significativa), pois perderam praticamente 100,0% de seus representantes no período sequente a dragagem e não apresentaram bons indicativos de recuperação. No entanto, *L. acuta* apesar de ter sua população reduzida com a perturbação é amplamente conhecido como uma espécie oportunista devido ao seu ciclo de vida relativamente curto e estratégias de recolonização rápida de sedimentos, mesmo assim *L. acuta* pode variar suas estrategistas de vida entre r (colonizadores) e k (persistentes), como adaptação e mecanismos fisiológicos de tolerância diante uma perturbação (WEIS, 2017). Para *Monokalliapseudes schubartii* e *Heleobia australis* foi esperado resultados oportunistas, fato comprovado com o aumento de 3 indivíduos (antes) para 604 indivíduos no período Pós1 de *M. schubartii* e recuperação rápida de *H. australis* (sem interação significativa) depois da dragagem, ambos na área de impacto.

Um evidente indício de impacto resultante da dragagem foi identificado na densidade dos organismos macrofaunais pelo fato da intensa defaunação identificada na área de impacto, logo após a dragagem, sem recuperação da biota pelo menos até os seis meses seguintes amostrados. Meiobentos em contrapartida, responderam a dragagem com decréscimo na densidade, mas com indicativa recuperação um ano após a dragagem. Os resultados indicam que macrofauna responde diferente de meiofauna diante uma dragagem. A macrofauna se mostrou mais sensível, e por isso, não apresentou condições de recuperar sua população no tempo observado. Para Warwick et al., (1990) a meiofauna não parece ser tão impactada quanto a macrofauna diante distúrbios físicos no sedimento.

Taxas de recuperação relatadas na literatura sugerem que em lamas estuarinas o tempo de recuperação das comunidades bênticas seria entre 6-8 meses, em sedimentos com maior proporção de areia e cascalho as comunidades poderiam levar de 2 a 3 anos para se estabelecerem, e levaria ainda mais tempo quando em condições desfavoráveis (NEWELL; SEIDERER; HITCHCOCK, 1998). Austen e Widdicombe (2006), apesar de terem observado

diferentes tempos de recuperação (lenta na macrofauna e rápida na meiofauna) entre as comunidades diante a grandes impactos no sedimento, tanto macrofauna quanto meiofauna mostraram o mesmo nível de sensibilidade ao estresse, justificado pela distinta ecologia dos grupos e limitação no recrutamento macrobêntico, pelo fato de o experimento ter sido realizado em mesocosmos e não em condições naturais.

Neste estudo, seis meses após o término da dragagem, não foi possível detectar forte recrutamento no macrobentos na área impactada, considerando o número total de indivíduos, fato distinto do observado em meiofauna e Nematoda. Para Szymefenig, Kotwicki e Graca (2006) os Nematoda são espécies altamente resistentes a perturbações ambientais físicas, reconhecidos como pioneiros de áreas defaunadas, como observado com *Pierrickia* e *Gomphionema* que mostraram se oportunizar das condições determinadas pela dragagem. A recolonização do sedimento por nematóides pareceu iniciar logo no primeiro trimestre depois do término da dragagem, com destaque para o gênero *Terschellingia* que recolonizou e recuperou toda sua população em curto prazo. Para dois dos representantes mais abundantes de meiofauna, Tardigrada e Ostracoda, as características indicativas de considerável recuperação populacional não foram identificadas até a última campanha amostral. Resultados esperados para dois organismos considerados indicadores ecológicos.

Guerra-Garcia e Garcia-Gomez (2006) e Colangelo e Ceccherelli (1994) afirmam que em dragagens de grandes proporções, a biota tende a se recuperar mais lentamente do que em áreas atingidas por perturbações de baixa intensidade, isso se deve ao fato de as dragagens de grande escala proporcionarem uma borda de sedimento superficial (rico em organismos potentes ao recrutamento) de menor espessura, limitando assim, a recolonização não somente das áreas laterais como também das áreas centrais dos canais dragados, já que a recuperação seria restrita pelo transporte de organismos através da coluna d´água, devido à longa distância da borda até o epicentro do canal. O período de "recuperação" pode ser ainda mais prolongado, afirmam Boyd et al., (2002), especialmente em lugares dragados repetidamente.

Independente da periodicidade e intensidade de uma dragagem, faz-se necessário então, primeiramente o recrutamento de novos indivíduos ao local impactado para, então, reconstruir a estrutura e composição do bentos e finalmente restabelecer novamente novas redes ecológicas no ecossistema. Com a recolonização vem a heterogeneidade das populações, pois uma ou poucas espécies se oportunizam das condições favoráveis ao seu próprio desenvolvimento e acabam por dominarem, nem que seja por tempo determinado, a área impactada. Por isso, foi de grande importância discutir no presente estudo, os possíveis

efeitos que a dragagem trouxe na diversidade e distribuição das espécies dentro da comunidade (equitatividade/uniformidade).

Quanto à diversidade, pelo resultado da Permanova, a comunidade apresentou interação significativa entre as variáveis de tempo e espaço. Para valores de equitatividade, a comunidade que mostrou maior uniformidade, antes da dragagem, foi a de Nematoda, seguida por macrofauna e meiofauna, sendo os valores de equitatividade sempre maiores nas áreas de referência comparadas às áreas de impacto. Segundo o modelo MBACI, a equitatividade da meiofauna se mostrou influenciada pela dragagem, consideração sugerida como consequência da dominância do filo Nematoda e do gênero *Terschillingia* na frequência populacional de meiofauna. A heterogeneidade pode ser confirmada por Huston (1979 *apud* Tita et al., 2001, p. 271) quando afirma que com o aumento da perturbação ambiental a equidade de espécies geralmente diminui.

Quanto à fase de sucessão ecológica da comunidade, indicada pelo índice de maturidade (IM), as áreas (impacto-referência) se mantiveram distintas antes e depois do impacto, estabelecendo valores médios entre 2-3. Considerando que distúrbios ambientais são representados por baixo valores de IM e ambientes mais primitivos são indicados por alto índice de maturidade (URKMEZ; SEZGIN; BAT, 2014), não ocorreu interação significativa entre as áreas. Em contrapartida, vale mencionar como evidência a defaunação nos gêneros *Chromadorina* (c-p3) e *Parodontophora* (c-p2, interação significativa), em que suas populações reduziram em mais de 90,0% após a dragagem, e como *Chromadorina* apresenta baixa capacidade de colonização não mostrou indício de recuperação ao longo do tempo. Os nematóides classificados como c-p = 2, apesar de serem considerados resilientes a quaisquer efeitos estressantes (BONGERS, 1999), são identificados como organismos sensíveis a perturbações e não colonizadores extremos para Kurtz (2010).

Quanto às características tróficas de Nematoda pelo modelo MBACI, a dragagem trouxe efeitos negativos sobre a diversidade trófica. A mudança de padrão do IDT na área de impacto ao longo do tempo sem recuperação até o final da amostragem justificou a consideração. Esse dado poderia revelar dominância de algum tipo trófico, na área dragada, no período amostral, ou seja, algum alimento dentre detritos, microalgas e microrganismos seria mais abundante após a dragagem. Porém, as informações para valores médios de proporção alimentar junto com o teste de Permanova não revelaram um tipo alimentar em grande destaque, pois apresentaram frequências com limites semelhantes.

Muitos outros pesquisadores tem se interessado em verificar os efeitos causados por distúrbios físicos sobre o bentos, já foram testados os efeitos de dragagens feitas em áreas

marinhas (KENNY; REES, 1994; KENNY; REES, 1996; BOYD et al., 2002; COOPER et al., 2007), em estuários (SKILLETER et al., 2006; BEMVENUTI; ANGONESI; GANDRA, 2005; TITA et al., 2001), em mesocosmos (AUSTEN; WIDDICOMBE, 2006) e em microcosmos (SCHRATZBERGER; WARWICK, 1999), porém espera-se que este estudo possa contribuir como base de consulta científica a pesquisas futuras que venham abordar a resposta de bentos frente a perturbações ambientais.

6 CONCLUSÃO

De acordo com o modelo MBACI, a dragagem impactou a diversidade das associações, como também a equitatividade de meiofauna e a densidade macrofaunal. O macrobentos foi os organismos que mais sofreram efeitos da dragagem, com defaunação completa, principalmente, de *Cyprideis multidentata* e *Laeonereis acuta* após a perturbação, sem sinais de recolonização na última campanha amostral. Por esses motivos, e também pelos mesmos resultados obtidos por outros pesquisadores, a comunidade macrofaunal pode ser considerada indicadora da qualidade ambiental. Apesar do grau de sensibilidade dessa comunidade com efeitos de dragagens, *Monokalliapseudes schubartii* mostraram hábitos oportunistas, aproveitando-se das condições favoráveis ao seu desenvolvimento.

Quanto aos potenciais efeitos da dragagem na meiofauna, destacou-se tanto a maior sensibilidade de Ostracoda e Tardigrada como indicadores ecológicos, o potencial a resiliência registrada nos organismos nematóides que apesar de terem suas populações reduzidas depois da perturbação, mostraram sinais de recolonização nas áreas atingidas em menos de um ano após a dragagem, quanto os mecanismos oportunistas apresentados por *Pierrickia* e *Gomphionema*. A diversidade trófica dos Nematoda mostrou interação significativa entre tempo e espaço, mas valores do índice de maturidade apresentou variação entre os locais.

Os descritores ambientais como tamanho médio do grão, feopigmentos e teor de matéria orgânica não indicaram ter sofrido efeitos da dragagem. Já seleção do sedimento e valores de clorofila α mostraram ser influenciados pela atividade. Percentual de areia e silte exibiram padrão de variação espacial natural.

Contudo, conclui-se que atividades de dragagens influenciam na composição do sedimento como também na estrutura e funcionalidade da comunidade associada a ele. Que macrofauna responde diferente à perturbação se comparada a meiofauna, pois apresentaram maior sensibilidade ao estresse em contrapartida da maiofauna, que exibiram níveis de recuperação bem consideráveis. Além disso, com a utilização de múltiplos períodos e múltiplos tempos (MBACI) se pode detectar os potenciais efeitos da dragagem com mais precisão e sem interferência natural.

Apesar de a dragagem ter ocasionado impacto em algumas variáveis nesse estudo, sugere-se como continuação a essa pesquisa ou a novas problemáticas de mesmo contexto que se utilize um plano amostral que compreenda um tempo maior após a dragagem, pois uma realidade temporal de longo prazo poderá trazer resultados distintos dos observados nessa

pesquisa, pois com esses dados, se poderia identificar com mais precisão, não somente os efeitos da dragagem na comunidade, mas também o processo de recolonização e recuperação da biota. Mensurar dados geológicos do fundo ao longo das amostragens contribuiria também para informar as modificações naturais que ocorreram no estuário e assim daria condições de discernir com mais clareza entre efeitos de perturbações antropogênicas e efeitos naturais. Com essa disponibilidade de dados, projetos de gerenciamento costeiros seriam mais bem pautados cientificamente.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. J. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 58: p.626–639, 2001.

ATTRILL, M. J.; DEPLEDGE, M. H. Community and population indicators of ecosystem health: targeting links between levels of biological organization. **Aquatic Toxicology**. v. 38, p. 183-197, 1997.

AUSTEN, M. C.; WIDDICOMBE, S.. Comparison of the response of meio and macrobenthos to disturbance and organic enrichment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 330, p. 96–104, fev. 2006.

BASSET, A.; ELLIOTT, M.; WEST, R.J. Estuarine and lagoon biodiversity and their natural goods and services. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 132: p.1–4, 2013.

BEMVENUTI, C. E.; ANGONESI, L. G.; GANDRA, M. S.. Effects of dredging operations on soft bottom macrofauna in a harbor in the Patos Lagoon estuarine region of southern Brazil. **Brazilian of Journal Biology**. v. 65, n.4, p. 573-581, 2005.

BIRD, E. C. F. Physical Setting and Geomorphology of Coastal Lagoons, p. 9-39, 1994. In: KJERFVE, Bjorn. **Coastal Lagoons Processes**. Elsevier Oceanographic Series, v. 60. Amsterdam, 1994.

BLABER S. J. M. et al. Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. **Journal of Marine Science**. 57: p.590–602, 2000.

BONGERS, T. The maturity index: An ecological measure of an environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**. v. 83, p. 14-19, 1990.

_____, ALKEMADE, R., YEATES, G. W. Interpretation of disturbance-induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the Maturity Index. **Marine Ecology Progress Series**. v.76, p. 135-142, 1991.

_____; BONGERS, M.. Functional diversity of nematodes. **Applied soil ecology**. v.10, p. 239-251, 1998.

_____. The Maturity Index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. **Plant and Soil**. v. 212, p.13-22, 1999.

BOYD, S. E., et al. The effects of marine sand and gravel extraction on the macrobenthos at a commercial dredging site (results 6 years post-dredging). **Journal of Marine Science**. v.62, p.145-162, 2002.

BRASIL. RESOLUÇÃO Nº 237, DE 19 DE dezembro DE 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: maio 2018.

BURFORD, M.A., et al. River regulation alters drivers of primary productivity along a river estuary system. **Marine and Freshwater Research**. v. 62, n. 2, p.141-151, 2011.

CALEY, M. J., et al. Recruitment and the local dynamics of open marine populations. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 27, p. 477–500, 1996.

CASTRO, P.; HUBER, M. E.. **Biologia Marinha**. 8 ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2012.

CLARKE, K. R..; GREEN, R. H. Statistical design and analysis for a 'biological effects' study. **Marine Ecology Progress Series**, Oldendorf. v. 92, p.213-226, 1988.

COLANGELO, M. A.; CECCHERELLI, V. U.. Meiofaunal recolonization of azoic sediment in a Po Delta lagoon (Sacca di Goro). Italian Journal of Zoology. v. 61, n.4, p. 335-342, 1994.

COOPER, K., et al. Recovery of the seabed following marine aggregate dredging on the Hastings Shingle Bank off the southeast coast of England. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 75, p. 547-558, 2007.

DAY JR., John W.; KEMP, W. Michael; YÁÑEZ-ARANCIBIA, Alejandro; CRUMP, Byron C.. **Estuarine Ecology**. 2 ed. Wiley-Blackwell. New Jersey, 2013.

ELEFTHERIOU, A.; McINTYRE, A.**. Methods for the study marine benthos**. 3 ed. Califórnia: Blackwell Scientific Publications, 418 p., 2005.

FONSECA, G.; NETTO, S.A.. Shallow sublittoral benthic communities of the Laguna estuarine system, south Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**. v.54, n.1, p. 41-54, 2006.

GOLLADAY, S. W.; HAX, C. L.. Effects of an engineered flow disturbance on meiofauna in a north Texas prairie stream. **Journal of the Northe American Benthological Society**. v.14, n.3, p. 404-413, 1995.

GONENÇ, I. E.; WOLFLIN, J. P.. **Coastal Lagoons**: ecosystem processes and modeling for sustainable use and development. CRC PRESS: United States of American, 500 p., 2005.

GREEN, R. H., **Sampling design and statistical methods for environmental biologists**. John Wiley and Sons, Nova York, 272 p., 1979.

GUERRA-GARCIA, J.M.; GARCIA-GOMEZ, J.C. Recolonization of defaunated sediments: fine versus gross sand and dredging versus experimental trays. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 68, p. 328-342, 2006.

HEIP, C.; VINCX, M.; VRANKEN, G. The ecology of marine nematodes. **Oceanography and Marine Biology**: An Annual Review. v. 23, p. 399–489, 1985.

HURLBERT, S. H.. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. **Ecology**. v. 52, p. 577-586, 1971.

KENNEDY, A. D.; JACOBY, C. A.. Biological indicators of marine environmental health: meiofauna – a neglected benthic component?. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 54, p. 47–68, 1999.

KENNY, A. J.; REES, H. L. The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: early post-dredging recolonization. **Marine Pollution Bulletin**. v. 28, n. 7, p. 442-447, 1994.

_____. The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: results 2 years post-dredging. **Marine Pollution Bulletin**. v. 32, n. 8/9, p. 615-622, 1996.

KEOUGH, M. J.; MAPSTONE, B. D.. Designing environmental monitoring for pulp mills in Australia. **Water Science and Technology**. v. 35, n. 2-3, p. 397-404, 1997.

KJERFVE, B.. **Coastal Lagoons Processes**. Elsevier Oceanographic Series, v. 60. Amsterdam, 1994.

KOTTA, J., et al. Response of benthic invertebrate communities to the large-scale dredging of Muuga Port. **Estonian Journal of Ecology**. v. 58, n. 4, p. 286-296, 2009.

KURTZ, M. N.. **Efeitos da abertura artificial de uma lagoa com barra intermitente sobre a estrutura da meiofauna.** 2010. 54f. TCC (Graduação) – Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2010.

LORENZEN, C. J.. Determination of Chlorophyll and Pheopigments: Spectrophotometric Equations. **Limnology and Oceanography**. v. 12, p. 343-346, 1967.

MACHADO, M. A.. **Mapa Geomorfológico preliminar do Complexo Lagunar Sul Catarinense e análise paleoambiental da Lagoa do Imaruí apoiada em furos de sondagem.** 2008. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Centro de Ciências Humanas e da Educação - CCE/FAED, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/.../Geomorfologia/16.pdf . Acesso em: 29 jan. 2018.

MAURER, D., et al. Vertical migration and mortality of benthos in dredged material: Part 1 – Mollusca. **Marine Environmental Research**. v. 4, p. 299-319, 1981.

MCLUSKY, Donald S.; ELLIOTT, Michael. **The Estuarine Ecosystem: ecology, threats and management.** 3 ed. New York: Oxford University Press, p. 216, 2004.

_____; VALGAS, I. (2010). The response of nematode assemblages to intensive mussel ferming in costal sediments (Southern Brazil). In: WIERSMA, G. B. **Environmental Monitoring and Assessment.** Estados Unidos: Springer, v. 162, p. 81-93, 1981.

MONTAGNA, P. A. et al. Characterization of anthropogenic and natural disturbance on vegetated and unvegetated bay bottom habitats in the Corpus Christ Bay National Estuary Program Study Area. **Texas Natural Resource Conservation Commission**, Texas, 1998.

NEWELL, R. C.; SEIDERER, L. J.; HITCHCOCK, D. R.. The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. **Oceanography and Marine Biology**: an Annual Review. v. 36, p. 127-78, 1998.

OSPAR. Commission Environmental Impacts to marine species and habitats of dredging for navigational purposes. **Biodiversity Series**, 2004.

PATCHINEELAM, S. M.; SOARES, C. R.; CALLIARI, L.J. Assoreamento, aterros e dragagens. In: BAPTISTA NETO, J. A.; WALLNER-KERSANACH, M.; PATCHINEELAM, S. M.. Org(s). **Poluição Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 335-349, 2008.

PATRÍCIO, J., et al. Do nematode and macrofauna assemblages provide similar ecological assessment information?. **Ecological Indicators.** v. 14, p. 124–137, 2012.

PLANTE-CUNY, M. R.. Pigments photosynthétiques et production primaire desfonds meublesnéritiques d'uneré giontropicale Nosy-Bé. Documents de I'ORSTOM Madagascar. **Travauxet Documents de I'ORSTOM**. França, p. 369, 1978.

ROBERTS, D. A., et al. MBACI sampling of an episodic disturbance: Stormwater effects on algal epifauna. **Marine Environmental Research**. v. 64, p. 514–523, 2007.

RODRIGUEZ, S.R.; OJEDA, F.P.; INESTROSA, N.C.; Settlement of benthic marine invertebrates. **Marine Ecology Progress Series**. v. 97, p. 193-207, 1993.

SCHRATZBERGER, M.; WARWICK, R. M. Differential effects of various types of disturbances on the structure of nematode assemblages: an experimental approach. **Marine Ecology Progress Series**. v. 181, p. 227-236, 1999.

_____, et al.. Spatial variability of infaunal nematode and polychaete assemblages in two muddy subtidal habitats. **Marine Biology**. v. 153, p. 621–642, 2008.

SCHROETER, S. C., et al. Detecting the ecological effects of environmental impacts: A case study of Kelp Forest invertebrates. **Ecological Applications**. v. 3, n. 2, p. 331-350, 1993.

SKILLETER, G. A., et al. Detecting the effects of physical disturbance on benthic assemblages in a subtropical estuary: A Beyond BACI approach. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.** v. 338, p 271–287, 2006.

SNEDDEN, G. A.; CABLE, J.. E.; KJERFVE, B.. Estuarine geomorphology and coastal hydrology. In: DAY JR., J. W., et al. (Ed). **Estuarine Ecology**. 2 ed. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2013.

SOARES-GOMES, A.; PITOMBO, F. B.; PAIVA, P. C.. Bentos de sedimentos não consolidados. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A.. Org(s). **Biologia Marinha**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, p. 319-337, 2009.

SOMERFIELD, P.; REES, H. L.; WARWICK, R.. Interrelationships in community structure between shallow-water marine meiofauna and macrofauna in relation to dredgings disposal. **Marine Ecology Progress Series**. v. 127, p. 103-112, 1995.

_____; WARWICK, R.. Meiofauna in marine pollution monitoring programmes. A laboratory manual. **Directorate of Fisheries Research (MAFF)**, Lowestoft .p.71, 1996.

SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia.** São Paulo: EDUSP, p. 317, 1973.

_____; MARTIN, L., et al. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, n. 4, p. 273-286, 1985.

SZYMELFENIG, M.; KOTWICKI, L.; GRACA, B.. Benthic re-colonization in post-dredging pits in the Puck Bay (Southern Baltic Sea). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 68, p. 489-498, 2006.

TITA, G., et al. Diversity and vertical distribution of nematode assemblages: the Saguenay fjord (Quebec, Canada). **Cahiers de Biologie Marine**. v.42, p.263-274, 2001.

UNDERWOOD, A. J. Beyond BACI: Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. Australian **Journal of Marine and Freshwater Research**. v.42, p. 569-587, 1991.

_____. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. **Journal of Experimental marine Biology and Ecology**. v.161, p.145-178, 1992.

_____. The mechanics of spatially replicated sampling programmes to detect environmental impacts in a variable world. **Australian Journal of Ecology**. v.18, p.99-116, 1993.

_____. On Beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. **Ecological Applications**. v.4(1), p.3-15, 1994.

URKMEZ, D.; SEZGIN, M.; BAT, L.. Use of nematode maturity index for the determination of ecological quality status: a case study from the Black Sea. **Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment**. v. 20, n. 2, p. 96-107, 2014.

VALIELA, I. Global Coastal Change. **Blackwell Publishing**. 368p, 2008.

VANAVERBEKE, J.; DEPREZ, T., VINCX, M.. Changes in nematode communities at the long-term sand extraction site of the Kwintebank (Southern Bight of the North Sea). **Marine Pollution Bulletin**. v. 54, p. 1351–1360, 2007.

WARWICK, R.M., et al. Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 138, p. 119–142, 1990.

WEIS, W. A.. **Ecologia de laeonereis acuta como bioindicador em estuários**. 2017. 97 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2017.

WIESER, W. Die Beziehung zwishen Mundhölengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marine Nematode neine ökologisch morphologische Studie. **Arkiv för Zoologi**. v. 4, p. 439–483, 1953.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Níveis de significância do teste PERMANOVA para estrutura univariada das comunidades de macrofauna, meiofauna e nematoda.

MACROFAUNA							
S - riqueza	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	8,773	2,9243	25,829	0,0001	9946	**0,0001**
Local	1	7,2897E-2	7,2897E-2	0,64386	0,4244	9822	0,4302
PeríodoxLocal	3	0,25916	8,6385E-2	0,76299	0,5222	9959	0,5127
Resíduo	88	9,9634	0,11322				
N - Densidade	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	674,37	224,79	11,641	0,0001	9952	**0,0001**
Local	1	64,104	64,104	3,3197	0,0684	9834	0,0738
PeríodoxLocal	3	232,99	77,663	4,0218	0,0089	9954	**0,0094**
Resíduo	88	1699,3	19,31				
J' - Equitatividade	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	9,9042E-2	3,3014E-2	0,44753	0,7177	9951	0,7203
Local	1	6,5471E-2	6,5471E-2	0,8875	0,3446	9815	0,3562
PeríodoxLocal	3	4,7867E-2	1,5956E-2	0,21629	0,8876	9963	0,8831
Resíduo	88	6,4918	7,377E-2				
ES (51) - Diversidade	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	215,03	71,676	30,256	0,0001	9958	**0,0001**
Local	1	0,46537	0,46537	0,19644	0,6555	9824	0,6591
PeríodoxLocal	3	22,206	7,402	3,1245	0,0341	9957	**0,0299**
Resíduo	88	208,47	2,369				
Bray Curtis similarity			Número de permutações: 9999				

MEIOFAUNA							
S - riqueza	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	1,558	0,51932	9,7445	0,0001	9942	**0,0001**
Local	1	4,358E-5	4,358E-5	8,1773E-4	0,977	9834	0,9782
PeríodoxLocal	3	0,26494	8,8315E-2	1,6571	0,1786	9963	0,1822
Resíduo	88	4,6898	5,3293E-2				
N - Densidade	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	9,2042	3,0681	4,36	0,007	9951	**0,0056**
Local	1	1,3535	1,3535	1,9235	0,1715	9832	0,1651
PeríodoxLocal	3	2,9945	0,99816	1,4185	0,2456	9944	0,2466
Resíduo	88	61,925	0,70369				
J' - Equitatividade	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	4,5688E-2	1,5229E-2	1,233	0,3109	9956	0,2973
Local	1	6,3563E-2	6,3563E-2	5,1461	0,0248	9850	**0,0234**
PeríodoxLocal	3	0,15023	5,0077E-2	4,0542	0,0084	9953	**0,0085**
Resíduo	88	1,0869	1,2352E-2				
ES (51) - Diversidade	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	0,74331	0,24777	5,8473	0,0014	9955	**0,0013**
Local	1	3,979E-2	3,979E-2	0,93903	0,3428	9836	0,3352
PeríodoxLocal	3	0,45942	0,15314	3,6141	0,0165	9954	**0,0154**
Resíduo	88	3,7288	4,2373E-2				
Bray Curtis similarity			Número de permutações: 9999				

NEMATODA							
S - riqueza	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	15,54	5,1799	19,508	0,0001	9964	**0,0001**
Local	1	0,15023	0,15023	0,56577	0,4571	9845	0,4604
PeríodoxLocal	3	1,2192	0,40641	1,5306	0,215	9954	0,2088
Resíduo	88	23,366	0,26553				
N - Densidade	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	12,726	4,2421	7,1516	0,0002	9963	**0,0003**
Local	1	8,4632	8,4632	14,268	0,0003	9817	**0,0003**
PeríodoxLocal	3	4,6686	1,5562	2,6235	0,0575	9940	0,056
Resíduo	88	52,199	0,59316				
J' - Equitatividade	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	2,3914E-2	7,9715E-3	2,3323	0,0782	9955	0,0801
Local	1	6,0684E-2	6,0684E-2	17,755	0,0002	9843	**0,0001**
PeríodoxLocal	3	4,3483E-2	1,4494E-2	4,2406	0,0069	9961	**0,0097**
Resíduo	88	0,30078	3,4179E-3				
ES (51) - Diversidade	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	1,6192	0,53972	14,068	0,0001	9961	**0,0001**
Local	1	0,21327	0,21327	5,5592	0,0183	9818	**0,0207**
PeríodoxLocal	3	0,60665	0,20222	5,271	0,0018	9948	**0,002**
Resíduo	88	3,376	3,8364E-2				
Bray Curtis similarity			Número de permutações: 9999				

APÊNDICE B – Níveis de significância do teste PERMANOVA para estrutura univariada das comunidades de macrofauna, meiofauna e nematoda em relação ao período de amostragem.

		Antes				Pós1				Pós2				Pós3			
		t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)
MACROFAUNA	S	0,57527	0,5722	503	0,5715	0,18546	0,8696	305	0,8517	0,1309	0,9039	242	0,8965	1,5963	0,1383	298	0,1286
	N	4,1499	0,001	997	**0,001**	0,70089	0,501	997	0,493	0,25992	0,811	997	0,808	0,79906	0,435	994	0,43
	J'	1,7722	0,0911	9798	0,088	0,93798	0,3651	9817	0,3504	0,11774	0,91	9778	0,9056	0,28292	0,7724	9694	0,7778
	ES(51)	2,2139	0,0358	9809	**0,0387**	0,51445	0,6135	9122	0,6172	0,67671	0,5097	2001	0,5106	2,5079	0,0198	4273	**0,019**
MEIOFAUNA	S	0,76298	0,4632	917	0,4509	0,48731	0,6434	606	0,6273	0,81576	0,4347	357	0,4326	1,6689	0,1097	1245	0,1143
	N	3,2893	0,0042	9803	**0,0037**	6,3901E-2	0,9459	9791	0,95	2,4329E-3	0,9975	9795	0,9974	0,28947	0,775	9788	0,7758
	J'	1,8377	0,0795	9788	0,0741	2,1191	0,0439	9802	**0,0458**	4,0055	0,0007	9798	**0,0007**	0,8868	0,3805	9783	0,3833
	ES(51)	1,1395	0,2649	9792	0,258	1,7232	0,1031	9796	0,0975	0,51963	0,6068	9811	0,6067	2,2688	0,0353	9779	**0,034**
NEMATODA	S	0,30136	0,8342	6530	0,7674	0,38342	0,7162	3901	0,7084	2,6056	0,0138	4048	**0,0163**	0,76564	0,4457	2529	0,4487
	N	3,3481	0,0037	9836	**0,0035**	0,5705	0,5819	9764	0,5814	2,6047	0,014	9796	**0,0154**	2,2459	0,0319	9792	**0,0336**
	J'	3,6015	0,003	9810	**0,0017**	1,8036	0,0848	9785	0,0882	0,19815	0,8423	9750	0,8483	3,2978	0,0026	9805	**0,0033**
	ES(51)	1,4901	0,1511	9802	0,1546	1,4901	0,1511	9802	0,1546	1,2953	0,2056	9579	0,2046	4,3813	0,0001	9591	**0,0005**

Distância Euclidiana Número de permutações: 9999

APÊNDICE C – Níveis de significância do teste PERMANOVA para medidas univariadas de espécies numericamente abundante nas comunidades de macrofauna, meiofauna e nematoda.

MACROFAUNA							
H. australis	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	8384	2794,7	0,591	0,6287	9944	0,6227
Local	1	110,51	110,51	2,337E-2	0,8862	9785	0,877
PeríodoxLocal	3	31009	10336	2,1859	0,097	9956	0,0957
Resíduo	88	4,1613E5	4728,7				
C. multidentata	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	43808	14603	5,3975	0,0001	9936	**0,0015**
Local	1	5766	5766	2,1312	0,1724	9654	0,1473
PeríodoxLocal	3	17485	5828,3	2,1542	0,0653	9958	0,0988
Resíduo	88	2,3808E5	2705,5				
L. culveri	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	437,04	145,68	11,91	0,0001	9910	**0,0001**
Local	1	61,655	61,655	5,0405	0,0003	9937	**0,0003**
PeríodoxLocal	3	123,27	41,09	3,3592	0,0001	9902	**0,0001**
Resíduo	88	1076,4	12,232				
MEIOFAUNA							
Nematoda	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	617,9	205,97	6,3325	0,0004	9960	**0,0005**
Local	1	475,12	475,12	14,607	0,0003	9855	**0,0005**
PeríodoxLocal	3	285,46	95,154	2,9255	0,0342	9955	**0,0383**
Resíduo	88	2862,3	32,526				
Ostracoda	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	31805	10602	5,5706	0,0017	9953	**0,0015**
Local	1	5295,5	5295,5	2,7825	0,0978	9737	0,1028
PeríodoxLocal	3	31186	10395	5,4621	0,0006	9959	**0,0023**
Resíduo	88	1,6748E5	1903,2				
Tardigrada	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	19323	6440,8	0,67229	0,5885	9962	0,5845
Local	1	37604	37604	3,9251	0,0485	9805	0,0546
PeríodoxLocal	3	87387	29129	3,0404	0,0308	9956	**0,0339**
Resíduo	88	8,4309E5	9580,5				
NEMATODA							
Terschillingia	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	72319	24106	1,3767	0,2229	9936	0,2514
Local	1	1,577E5	1,577E5	9,0061	0,0001	9899	**0,0036**
PeríodoxLocal	3	74263	24754	1,4137	0,2308	9961	0,2419
Resíduo	88	1,5409E6	17510				
Desmodora	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	5,6994	1,8998	5,1419	0,0019	9955	**0,0022**
Local	1	8,142	8,142	22,037	0,0001	9821	**0,0001**
PeríodoxLocal	3	0,64078	0,21359	0,5781	0,6316	9950	0,6288
Resíduo	88	32,514	0,36947				
Viscosia	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	15,286	5,0953	3,3787	0,0229	9957	**0,0209**
Local	1	34,442	34,442	22,839	0,0001	9835	**0,0001**
PeríodoxLocal	3	12,16	4,0535	2,6879	0,0515	9944	0,0507
Resíduo	88	132,71	1,508				

Distância Euclidiana Número de permutações: 9999

APÊNDICE D – Níveis de significância do teste PERMANOVA para medidas univariadas de espécies numericamente abundante nas comunidades de macrofauna, meiofauna e nematoda em relação ao período de amostragem.

		Antes				Pós1				Pós2				Pós3			
		t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)
MACROFAUNA	*Heleobia australis*	0,54747	0,5962	405	0,5915	2,4227	0,0223	243	**0,0239**	1,5757	0,178	432	0,1327	0,23993	0,8078	236	0,8184
	Cyprideis multidentata	1,4658	0,1899	563	0,1572					1	1	1	0,3299				
	Laeonereis culveri	2,1366	0,0004	9922	**0,0017**	2,3691	0,0012	9894	**0,0017**	1,3153	0,1393	9907	0,1429	1,0085	0,3477	9920	0,3595
MEIOFAUNA	Nematoda	3,6277	0,0016	9820	**0,0011**	0,56006	0,5809	9785	0,5813	2,7104	0,0133	9781	**0,0118**	2,3056	0,0205	9824	**0,031**
	Ostracoda	0,61456	0,5726	61	0,5575	1,3088	0,2054	290	0,1958	1,4829	0,1562	85	0,1549	2,3932	0,0192	508	**0,0292**
	Tardigrada	1,6369	0,112	233	0,1128	0,53909	0,6006	485	0,5917	2,0165	0,0926	139	0,0525	1,8058	0,1347	410	0,086
NEMATODA	*Terschillingia*	2,4896	0,0001	8652	**0,0201**	1,5369	0,1681	6385	0,1366	2,9354	0,0001	577	**0,0071**	1,7109	0,0222	3438	0,0982
	Desmodora	3,3968	0,0012	9632	**0,003**	1,9141	0,0638	9642	0,0634	3,6668	0,0013	3984	**0,002**	1,2668	0,2225	4786	0,2241
	Viscosia	1,753	0,0899	9332	0,0943	3,5339	0,0018	8149	**0,0023**	0,3448	0,7364	1206	0,732	3,9204	0,001	5501	**0,0006**

Distância Euclidiana Número de permutações: 9999

APÊNDICE E – Níveis de significância do teste PERMANOVA para medidas univariadas de táxons de macrofauna, meiofauna e nematoda.

MACROFAUNA							
C. capitata	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	6270,5	2090,2	9,8909	0,0001	9949	**0,0001**
Local	1	1464,8	1464,8	6,9318	0,0012	9618	**0,0098**
PeríodoxLocal	3	3874,4	1291,5	6,1113	0,0002	9942	**0,0009**
Resíduo	88	18596	211,32				
Polydora							
Período	3	4737,4	1579,1	10,618	0,0001	9958	**0,0001**
Local	1	2981,5	2981,5	20,047	0,0001	9659	**0,0001**
PeríodoxLocal	3	4155,3	1385,1	9,3132	0,0001	9943	**0,0001**
Resíduo	88	13088	148,72				
Paraprionospio							
Período	3	8734,2	2911,4	6,411	0,0001	9936	**0,0006**
Local	1	2128,2	2128,2	4,6863	0,0028	9557	**0,0354**
PeríodoxLocal	3	6460,4	2153,5	4,742	0,0001	9949	**0,0042**
Resíduo	88	39963	454,12				
M. schubartii							
Período	3	4737,4	1579,1	10,618	0,0001	9958	**0,0001**
Local	1	2981,5	2981,5	20,047	0,0001	9659	**0,0001**
PeríodoxLocal	3	4155,3	1385,1	9,3132	0,0001	9943	**0,0001**
Resíduo	88	13088	148,72				
NEMATODA							
Chromadorina	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	53,806	17,935	53,018	0,0001	9943	**0,0001**
Local	1	1,0302	1,0302	3,0453	0,0849	9830	0,0799
PeríodoxLocal	3	2,1247	0,70822	2,0936	0,1042	9941	**0,108**
Resíduo	88	29,769	0,33829				
Gomphionema							
Período	3	14414	4804,8	3,7942	0,0018	9950	**0,0138**
Local	1	6919	6919	5,4637	0,0002	9843	**0,0233**
PeríodoxLocal	3	13426	4475,3	3,534	0,0015	9951	**0,0184**
Resíduo	88	1,1144E5	1266,4				
Parodontophora							
Período	3	21018	7006	13,437	0,0001	9965	**0,0001**
Local	1	9165	9165	17,577	0,0001	9740	**0,0002**
PeríodoxLocal	3	16727	5575,6	10,693	0,0001	9965	**0,0001**
Resíduo	88	45885	521,42				
Pierrickia							
Período	3	1600,9	533,65	5,5842	0,0001	9620	**0,0019**
Local	1	472,59	472,59	4,9453	0,001	8429	**0,0292**
PeríodoxLocal	3	1453,6	484,54	5,0703	0,0002	9889	**0,0033**
Resíduo	88	8409,6	95,563				

Distância Euclidiana Número de permutações: 9999

APÊNDICE F – Níveis de significância multivariada do teste PERMANOVA, para medidas multivariadas das comunidades de macrofauna e nematoda.

	Multivariada - MDS	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
MACROFAUNA	Período	3	55861	18620	6,5362	0,0001	9880	**0,0001**
	Local	1	11000	11000	3,8612	0,0011	9931	**0,0006**
	PeríodoxLocal	3	24645	8215	2,8837	0,0001	9868	**0,0002**
	Resíduo	88	2,5069E5	2848,8				
NEMATODA	Período	3	37377	12459	5,1362	0,0001	9879	**0,0001**
	Local	1	23146	23146	9,5419	0,0001	9914	**0,0001**
	PeríodoxLocal	3	18536	6178,6	2,5472	0,0001	9872	**0,0002**
	Resíduo	88	2,1346E5	2425,7				

Bray Curtis similarity Número de permutações: 9999

APÊNDICE G – Níveis de significância do teste PERMANOVA, para análise dos hábitos alimentares de nematoda.

NEMATODA							
1A	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	17,276	5,7588	4,8994	0,0032	9952	**0,0026**
Local	1	26,606	26,606	22,635	0,0001	9845	**0,0001**
PeríodoxLocal	3	11,713	3,9042	3,3215	0,0231	9963	**0,021**
Resíduo	88	103,44	1,1754				
1B	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	119,83	39,945	4,6853	0,0038	9944	**0,0059**
Local	1	403,37	403,37	47,313	0,0001	9829	**0,0001**
PeríodoxLocal	3	35,76	11,92	1,3982	0,248	9950	0,2449
Resíduo	88	750,25	8,5256				
2A	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	44,541	14,847	9,9032	0,0002	9956	**0,0001**
Local	1	7,4569	7,4569	4,9739	0,026	9825	**0,03**
PeríodoxLocal	3	8,6889	2,8963	1,9319	0,132	9939	0,1287
Resíduo	88	131,93	1,4992				
2B	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	18,725	6,2417	3,6353	0,0159	9939	**0,0149**
Local	1	23,252	23,252	13,542	0,0005	9809	**0,0006**
PeríodoxLocal	3	6,6248	2,2083	1,2861	0,284	9952	0,2858
Resíduo	88	151,09	1,717				
Distancia Euclidiana			Número de permutações: 9999				

	Antes				Pós1				Pós2				Pós3			
	t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)
1A	4,2172	0,0004	8739	**0,0006**	0,24795	0,8025	9275	0,8081	4,5465	0,0005	4457	**0,0002**	1,7682	0,0878	8265	0,0898
1B	7,3742	0,0001	9796	**0,0001**	3,5561	0,0017	9749	**0,0017**	2,2613	0,0325	9644	**0,0355**	2,9943	0,0012	9473	**0,0058**
2A	1,6091	0,1218	9647	0,1147	1,2986	0,2076	9675	0,2025	2,4154	0,0253	6887	**0,0256**	1,2668	0,224	8741	0,2293
2B	1,7374	0,0981	8808	0,0982	3,5139	0,0034	8278	**0,002**	0,70901	0,4775	2285	0,4839	1,5168	0,1471	1717	0,1439

Distancia Euclid Número de permutações: 9999

APÊNDICE H – Níveis de significância para valores dos índices de Diversidade Trófica e Maturidade.

		df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
IDT	Período	3	0,14499	4,8329E-2	4,9697	0,0032	9951	**0,0029**
	Local	1	2,2278E-2	2,2278E-2	2,2909	0,1332	9833	0,1349
	PeríodoxLocal	3	0,23157	7,719E-2	7,9375	0,0002	9955	**0,0002**
	Resíduo	88	0,85577	9,7247E-3				
IM	Período	3	0,11392	3,7974E-2	0,42406	0,7349	9953	0,7361
	Local	1	1,3883	1,3883	15,503	0,0002	9826	**0,0003**
	PeríodoxLocal	3	0,24946	8,3152E-2	0,92859	0,427	9955	0,4338
	Resíduo	88	7,8801	8,9547E-2				

Distância Euclidiana Número de permutações: 9999

IDT - Impacto/Referência				
	t	P(perm)	perms	P(MC)
Antes	0,55999	0,5729	9804	0,5897
Pós1	1,6947	0,1086	9801	0,1059
Pós2	1,4651	0,1593	9803	0,1547
Pós3	5,4156	0,0002	9803	**0,0001**
IM - Impacto/Referência				
	t	P(perm)	perms	P(MC)
Antes	2,3916	0,0295	9810	**0,0269**
Pós1	2,1227	0,0413	9796	**0,0449**
Pós2	0,84186	0,4154	9768	0,4147
Pós3	3,8856	0,0011	9706	**0,0012**

Distância Euclidiana Número de permutações: 9999

APÊNDICE I – Valores de significância para descritores do sedimento.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS							
CLOROFILA	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Período	3	8,4322	2,8107	1,0971	0,3626	9962	0,3587
Local	1	4,997	4,997	1,9504	0,1691	9820	0,1674
PeríodoxLocal	3	38,902	12,967	5,0612	0,0018	9949	**0,0032**
Resíduo	64	163,97	2,5621				
FEOPIGMENTOS							
Período	3	4,3508	1,4503	3,3419	0,026	9958	**0,0257**
Local	1	0,65616	0,65616	1,512	0,2271	9824	0,228
PeríodoxLocal	3	1,3851	0,46171	1,0639	0,3685	9943	0,366
Resíduo	64	27,773	0,43396				
SELEÇÃO DOS GRÃOS							
Período	3	3,9772E5	1,3257E5	4,8916	0,023	7669	**0,0036**
Local	1	2,3621E5	2,3621E5	8,7155	0,0002	7516	**0,0044**
PeríodoxLocal	3	3,975E5	1,325E5	4,8888	0,0361	7700	**0,0038**
Resíduo	64	1,7346E6	27102				
% CASCALHO							
Período	3	213,62	71,206	5,6437	0,0092	9930	**0,0025**
Local	1	136,91	136,91	10,851	0,006	9885	**0,0015**
PeríodoxLocal	3	165,1	55,034	4,362	0,0162	9936	**0,0067**
Resíduo	64	807,47	12,617				
% AREIA							
Período	3	121,42	40,473	0,29631	0,8387	9956	0,8245
Local	1	2427,6	2427,6	17,773	0,0001	9821	**0,0001**
PeríodoxLocal	3	164,08	54,694	0,40042	0,7572	9955	0,761
Resíduo	64	8741,8	136,59				
% SILTE							
Período	3	147,45	49,15	0,36412	0,784	9952	0,7778
Local	1	1411,5	1411,5	10,457	0,0024	9838	**0,0021**
PeríodoxLocal	3	123,22	41,075	0,3043	0,8241	9947	0,8214
Resíduo	64	8638,9	134,98				
TAMANHO DO GRÃO							
Período	3	0,12365	4,1216E-2	4,6916	0,0098	9958	**0,0058**
Local	1	2,8873E-4	2,8873E-4	3,2866E-2	0,8608	9832	0,8611
PeríodoxLocal	3	9,5621E-3	3,1874E-3	0,36282	0,7753	9957	0,7723
Resíduo	64	0,56224	8,785E-3				
MATÉRIA ORGÂNICA							
Período	3	0,88053	0,29351	2,4122	0,0788	9953	0,0735
Local	1	0,62461	0,62461	5,1334	0,0284	9845	**0,0301**
PeríodoxLocal	3	4,5916E-2	1,5305E-2	0,12579	0,9439	9958	0,9473
Resíduo	64	7,7873	0,12168				

Distancia Euclidiana Número de permutações: 9999

	Antes				Pós1				Pós2				Pós3			
	t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)	t	P(perm)	perms	P(MC)
Clorofila α	1,36	0,1954	8047	0,1906	5,8408	0,0002	8050	**0,0001**	0,71444	0,4845	8082	0,49	1,3086	0,2072	7409	0,2099
Feopigmentos	0,61642	0,537	6236	0,5459	0,45932	0,6474	6167	0,651	2,0314	0,0506	1796	0,0636	1,4216E-2	0,9972	255	0,987
Seleção de grãos	1,0007	0,4076	10	0,3734	0,94665	0,445	6602	0,3576	3,8375	0,0005	8660	**0,0006**	3,5489	0,0022	6830	**0,0021**
% cascalho	1,0911	0,3923	4	0,3402	0,61885	0,5098	64	0,5485	1,6187	0,1605	128	0,1165				
% areia	1,7921	0,4017	10	0,151	1,3276	0,3818	3767	0,2024	3,161	0,0032	6194	**0,0047**	3,0015	0,0043	5091	**0,005**
% silte	0,86007	0,8973	7	0,4282	1,3328	0,3798	7558	0,205	2,6057	0,0114	9779	**0,0142**	3,0015	0,0053	9677	**0,0065**
Tamanho do grão	0,20061	0,796	10	0,8542	0,5995	0,5449	8096	0,5637	0,96162	0,3491	9810	0,3466	0,50258	0,6282	9774	0,6205
Matéria orgânica	1,1373	0,2985	10	0,3198	0,83161	0,417	8081	0,4132	1,6901	0,1078	9847	0,1024	1,8079	0,086	9795	0,0828

Distancia Euclidiana Número de permutações: 9999