



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA**

AMANDA DOMINGUES MARTINS FREITAS

**TRAÇOS BIOLÓGICOS DE POLIQUETAS (ANNELIDA;
POLYCHAETA) COMO FERRAMENTA PARA ACESSAR
FUNÇÕES ECOLÓGICAS NO ECOSISTEMA ESTUARINO**

Salvador
2017

AMANDA DOMINGUES MARTINS FREITAS

**TRAÇOS BIOLÓGICOS DE POLIQUETAS (ANNELIDA;
POLYCHAETA) COMO FERRAMENTA PARA ACESSAR
FUNÇÕES ECOLÓGICAS NO ECOSISTEMA ESTUARINO**

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Carlos Rocha de Barros Junior

Co-orientador: Me. Yuri Costa

Salvador
2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Maria Eugênia Martins e Hamilton Penalva pelo amor incondicional e apoio. Sou grata por terem me educado e demonstrado desde sempre que é preciso se esforçar se deseja alcançar seus objetivos e que devemos ter coragem e nunca desistir de tentar por mais difícil que pareça a situação.

A minhas irmãs, Luiza Stofella e Aline Stofella, que apesar de estarem distantes fisicamente, se fizeram presentes em minha vida, me apoiando e dando todo suporte possível.

Ao meu orientador Francisco Barros, por ter confiado em meu potencial e me dado à oportunidade de crescer como pesquisadora. E por ter me aconselhado e incentivado durante o todo período de iniciação científica.

Um agradecimento em especial a Wagner Magalhães, por ter contribuindo durante todo o processo de construção da monografia, sendo extremamente solícito, cedendo materiais para consulta, revisando textos e sugerindo de ideias.

Agradeço a todos os membros do laboratório de Ecologia Bentônica (LEB) por terem me acolhido como uma família, pelos momentos agradáveis juntos, pelas contribuições intelectuais e conselhos.

A Lara Raphaelle que foi uma das primeiras pessoas a abrir as portas do LEB para mim e foi a responsável por me levar ao meu primeiro campo.

A Yuri Costa que foi uma pessoa excepcional em minha vida desde que o conheci. Tem sido meu co-orientador desde quando entrei para o laboratório e me ensinou a viver a oceanografia na prática do dia a dia. Foi mais que um amigo, estando sempre ao meu lado me guiando, sendo paciente e atencioso, me dando motivação e forças pra continuar diante das situações mais difíceis.

A Beatriz Lima por ter feito parte deste caminho e ter estado presente em minha vida durante momentos importantes, por ter me ajudado a enfrentar meus piores medos e ter me ensinado a ter mais amor pela vida. E por ter me feito enxergar que podemos ser bem maiores do que pensamos ser, apenas precisamos acreditar mais em nós e mais importante, que é possível encontrar a felicidade nas coisas mais simples da vida.

Agradeço a todos os meus amigos do curso de oceanografia, em especial a turma de 2013, que compartilharam sorrisos e choros comigo, me acolheram e confortaram.

Agradeço a FAPESB e PIBIC pela bolsa de iniciação científica concedida a mim, agradeço também a PRONEX e ao Projeto Baía de Todos os Santos, pelo apoio financeiro durante a realização dos projetos que proporcionaram a coleta de dados e investimento em meu crescimento acadêmico.

Gratidão de todo meu coração a todos que de alguma forma estiveram trilhando este caminho junto a mim e contribuíram para o fim de mais um ciclo.

RESUMO

As funções ecológicas são importantes para manutenção dos ecossistemas e podem ser definidas como os papéis desempenhados pelos organismos no ambiente. Muitos estudos têm utilizado a abordagem funcional baseada nos traços biológicos das espécies para acessar o funcionamento ecossistêmico. Entretanto, essa abordagem não explicita como funções específicas se distribuem nos sistemas naturais. Além disso, não há uma relação clara entre taxonomia, traços biológicos e função que permita investigar como os táxons são responsáveis pela manutenção de determinadas funções no ambiente. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar a relação entre classificação taxonômica e funções ecológicas de poliquetas através de seus traços funcionais. Adicionalmente, foram avaliadas potenciais diferenças na distribuição das funções dos poliquetas ao longo de um gradiente estuarino e variações no tempo. Para tal, foram elencadas funções ecológicas importantes para o funcionamento de estuários. Os traços biológicos das famílias dos poliquetas registrados na Baía de Todos os Santos foram obtidos na literatura e em bases de dados, e calculados os códigos Fuzzy para afinidade das categorias de traços. Foram produzidas redes que relacionam as funções, os traços e as famílias com maior potencial para desempenhar cada uma das funções no estuário. A distribuição das funções ecológicas ao longo do gradiente estuarino foi investigada através da abundância ponderada de traços de poliquetas identificadas em diferentes pontos do estuário e utilizando dados de diferentes campanhas de amostragem. Foram criadas ordenações nMDS para representar a similaridade das estações amostrais quanto aos traços e a abundância de cada função ao longo das estações amostrais. Estações a jusante apresentaram conjuntos de traços mais similares e um maior número de traços associados às funções ecológicas investigadas. Houve maior redundância funcional para a função remobilização do sedimento a jusante do estuário e menor redundância a montante para maioria das funções (e.g. fragmentação da matéria orgânica). A abordagem utilizada no presente trabalho permite realizar inferências sobre quais são os organismos mais importantes para o funcionamento do sistema e compreender como a distribuição dos táxons pode contribuir para recuperação do sistema após distúrbios. É sugerido que estudos que pretendam acessar o funcionamento ecossistêmico, façam uso da relação entre taxonomia, traço e função a fim de tornar mais eficiente e mais clara a compreensão dos resultados que vem sendo obtidos através dos cálculos de índices de diversidade e redundância funcional.

Palavras-chave: Funcionamento ecossistêmico; Traços funcionais; Invertebrados bentônicos.

ABSTRACT

Ecological functions are extremely important for the ecosystems maintenance and could be defined as roles played by organisms on the environment. Many studies have been using the functional approach based on the species biological traits in order to access the ecosystem functioning. However, this approach alone does not allow us to understand how specific functions are distributed in natural systems neither show an explicit relation among taxonomy, biological traits and a function. This paper aims to characterize the relationship between taxonomic classification and ecological functions of polychaetes through their functional traits. Additionally, differences in the distribution of polychaete functions along the estuarine gradient at different times were described. Important ecological functions for the functioning of estuaries have been listed. The biological traits of the polychaetes' families recorded in Todos os Santos Bay were obtained from the literature and databases and calculated the Fuzzy codes for the traits' categories affinity. Networks were produced to relate the functions, traits and families with functions in the estuary. The distribution of ecological functions along the estuarine gradient was investigated through the weighted abundance of polychaetes traces at different points and sampling times in an estuary. NMDS ordinations were created to represent the similarity of traces between the sampling stations and the abundance of each function. Downstream stations presented more similar sets of traits and larger number of traits associated to ecological functions. There was greater functional redundancy for remobilization of the sediment downstream of the estuary and less upstream redundancy for most of the other functions (i.e. fragmentation of organic matter). The approach used here allowed to make inferences about which were the most important organisms in terms of functioning and understand how taxons distribution can contribute to system's recovery after disturbances. It is suggested that studies which intend to access ecosystem functioning, make the relationship among taxonomy, trait and function explicit.

Key words: Ecosystem functioning; Functional traits; Benthic invertebrates.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	17
3. MÉTODOS	18
3.1 Levantamento das funções ecológicas e traços biológicos de poliquetas 18	
3.1.1 Levantamento dos traços biológicos das famílias de poliqueta distribuídos nos estuários da Baía de Todos os Santos e construção das redes funcionais	21
3.2 Distribuição espaço-temporal dos poliquetas, traços biológicos e funções ecológicas	23
4. RESULTADOS	25
4.1 Redes funcionais	26
4.1.1 Fragmentação da matéria orgânica	26
4.1.2 Remobilização do sedimento	27
4.1.3 Ciclagem de nutrientes	28
4.1.4 Estabilização do sedimento	29
4.1.5 Aeração das camadas inferiores	30
4.1.6 Produção Secundária	31
4.2 Distribuição espaço-temporal das métricas bióticas avaliadas	32
4.2.1 Famílias de poliquetas no estuário do rio Jaguaripe	32
4.2.2 Traços biológicos associados à fragmentação da matéria orgânica	33
4.2.3 Traços biológicos associados à remobilização do sedimento ...	34
4.2.4 Traços biológicos associados à ciclagem de nutrientes	35
4.2.5 Traços biológicos associados à estabilização do sedimento	36
4.2.6 Traços biológicos associados à aeração das camadas inferiores	37

4.2.7 Traços biológicos associados à produção secundária	38
5. DISCUSSÃO	40
6. CONCLUSÃO	45
7. REFERÊNCIAS	46
APÊNDICE A.....	51
APÊNDICE B.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição das estações amostrais para os tributários da Baía de Todos os Santos. Fonte: mapa adaptado de Magalhães e Barros (2011). . 21

Figura 2. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à fragmentação da matéria orgânica. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço..... 26

Figura 3. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à remobilização do sedimento. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço. 27

Figura 4. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à ciclagem de nutrientes. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço. 28

Figura 5. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à estabilização do sedimento. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço. 29

Figura 6. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à aeração das camadas inferiores. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço..... 30

Figura 7. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à produção secundária. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço. 31

Figura 8. Gráfico da abundância relativa dos táxons mais frequentes e abundantes ao longo das estações amostrais (#01 - #10) do estuário do rio Jaguaripe..... 32

Figura 9. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à

abundância do conjunto de traços associados à fragmentação da matéria orgânica..... 33

Figura 10. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à remobilização do sedimento. 34

Figura 11. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à ciclagem de nutrientes. 35

Figura 12. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à estabilização do sedimento.. 36

Figura 13. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à aeração das camadas inferiores. 37

Figura 14. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à produção secundária. 38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos traços biológicos e categorias considerados no presente trabalho.	19
Tabela 2. Escores das categorias de traços biológicos das famílias de poliquetas identificadas nos estuários da Baía de Todos os Santos.	51
Tabela 3. Matriz da abundância ponderada das categorias de traços biológicos em cada uma das estações amostrais do estuário do Rio Jaguaripe ao longo dos anos.	53

1. INTRODUÇÃO

O termo função em ecologia pode ser entendido como o papel que cada componente (biótico ou abiótico) exerce no meio que o cerca (Jax, 2005). A função pode ser estudada no nível do indivíduo (i.e. as funções que cada organismo desempenha no ambiente gerando benefícios para dentro do próprio sistema) até o nível ecossistêmico (i.e. referindo-se ao conjunto de funções do ecossistema) (Nunes-Neto *et al.*, 2013). Portanto, o termo função a depender do objeto a que se refere pode variar seu significado em diferentes contextos. Jax (2005) sugeriu a existência de pelo menos quatro interpretações para o termo função: primeiro, a função refere-se, em um sentido descritivo aos processos, representando as interações entre dois objetos (e.g. organismos e entidades inanimadas), por exemplo, nutrientes sendo assimilados pela planta. Outra interpretação diz respeito ao papel dos organismos dentro de um sistema ecológico, por exemplo, a planta é vista não apenas como um objeto assimilando nutrientes pela ajuda da energia solar, mas possui o papel de um produtor primário dentro do ecossistema. Uma terceira interpretação de função é dada aos processos globais que sustentam um sistema ecológico que, em conjunto, determinam seu “funcionamento”. E uma quarta forma, aborda função como serviços ecossistêmicos, ou seja, os benefícios gerados pelo ecossistema para os seres humanos, como proporcionar áreas recreativas e controle do fluxo hidrodinâmico (Jax, 2005).

Segundo Nunes-Neto *et al.* (2013), o termo função é recorrente na ecologia contemporânea, principalmente no contexto das pesquisas sobre biodiversidade e funcionamento ecossistêmico, contudo parte da comunidade científica raramente define de maneira clara a qual objeto a função se refere. Segundo esse autor, é importante que esteja explícito nos trabalhos, a qual (is) objeto(s) a função é atribuída, além disso, devem estar claros os mecanismos através dos quais os componentes, sejam os organismos ou o ecossistema, estariam desempenhando tais funções.

Determinar o papel que os organismos desempenham no ecossistema que habitam ao invés de apenas a sua classificação taxonômica representa um grande avanço referente a compreensão das capacidades funcionais das assembleias (Bremner, 2008) e uma maior compreensão de como a

diversidade de uma dada espécie ou grupo de espécies influencia o funcionamento ecossistêmico. Uma das alternativas para acessar as funções ecológicas desempenhadas pelos organismos é através da abordagem funcional. Esta classifica os organismos em grupos funcionais de acordo com as características que melhor respondem às condições do ambiente e que influenciam o funcionamento do ecossistema (Diaz e Cabido, 2001). Estas características são definidas como traços biológicos dos indivíduos e descrevem, de modo geral, o modo de vida, modo de alimentação e estratégias de reprodução, e estão associadas às atividades que os organismos desempenham no ecossistema (Diaz e Cabido, 2001). A análise de traços biológicos (BTA) combina dados estruturais para conjuntos de espécies (abundância de espécies ou biomassa) com informações sobre características funcionais de cada espécie (Bremner *et al.*, 2006a, 2003). Diferentes traços biológicos geralmente estão associados a funções ecológicas distintas (Lavorel *et al.*, 2002), portanto, as propriedades do ecossistema dependem dos organismos presentes e da distribuição e abundância desses no tempo e no espaço (Hooper *et al.*, 2005; Bremner, 2008).

Os táxons através dos seus traços biológicos interagem com as características físicas e químicas do ambiente (Otegui *et al.*, 2016), de modo que os gradientes ambientais podem atuar como filtros, selecionando os traços que irão ocupar regiões distintas. A partir desta perspectiva o ambiente é visto como uma força seletiva, excluindo espécies que são incapazes de tolerar condições em um local particular (Kraft *et al.*, 2015). Os ambientes estuarinos são ecossistemas submetidos a grande variabilidade em suas condições ambientais (i.e. salinidade, granulometria, teor de matéria orgânica), com contribuições da água doce e da água do mar, além de mudanças climáticas e impactos antropogênicos (Elliott e Quintino, 2007). Essas mudanças nas condições ambientais desempenham um papel importante na estruturação das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, pois selecionam os organismos que apresentam conjuntos de traços capazes de se manter em diferentes condições, refletindo assim, no funcionamento desses ecossistemas.

Ambientes com alta diversidade taxonômica e que possuem muitas espécies que compartilham características similares (e.g. guildas alimentares), possuem uma maior quantidade de espécies capazes de desempenhar a

mesma função no sistema e isso pode ser definido como redundância funcional (Walker, 1995). Essa característica confere ao ambiente uma maior capacidade de manutenção de determinada função diante de um distúrbio e essa característica está associada à resiliência do sistema (Walker, 1995). Por outro lado, em um ambiente pouco diverso, menos táxons tem a chance de compartilhar as mesmas características. Se uma maior quantidade de táxons possuem papéis específicos no sistema (baixa redundância funcional), a extinção desses táxons gera consequências em termo de perda de uma dada função para o ambiente (baixa resiliência) (Magalhães e Barros, 2011). Compreender os traços funcionais das espécies identificadas no ambiente permite interpretar como as mudanças na riqueza, biodiversidade e composição das espécies influenciam as propriedades do ecossistema (i.e. estabilidade e resiliência) (Hooper *et al.*, 2005).

A distribuição dos traços biológicos das assembleias bentônicas é amplamente utilizado para acessar o funcionamento ecológico, redundância funcional e resiliência dos ecossistemas. Isso ocorre principalmente porque as atividades da fauna marinha bentônica tem um papel importante no ambiente (Bremner *et al.*, 2006b). As atividades desempenhadas por estes organismos têm amplos efeitos sobre a camada oxi-redutora e distribuição de solutos nos sedimentos, bem como no transporte de reagentes e metabolitos através da interface água sedimento (Norling *et al.*, 2007). Os poliquetas são um dos grupos mais representativos tanto em abundância quanto em diversidade entre os macroinvertebrados bentônicos marinhos e estuarinos.(Hutchings, 1998). Devido sua vasta morfologia, apresentam uma larga variedade de traços, incluindo por exemplo diferentes modos de alimentação (e.g. predadores, herbívoros, depositívoros, suspensívoros), tipos de movimento (e.g. tubícolas, cavadores, nadadores) e modos de reprodução (e.g. assexual, hermafrodita, gonocórica) (Rouse e Pleijel, 2001; Giangrande, 1997) Desse modo ocupam uma grande parte dos nichos disponíveis no ambiente marinho e dominam os sedimentos marinhos (Hutchings, 1998).

As atividades desempenhadas por esses organismos no ambiente apresentam uma forte relação com a biogeoquímica do sedimento (Nizzoli *et al.*, 2007) e influenciam os fluxos de energia e matéria nos sistemas (Naeem *et al.*, 1999). Experimentos realizados em sedimentos marinhos evidenciaram que

as remoções dos poliquetas suspensívoros e depositívoros influenciaram no fluxo de nitrogênio e oxigênio, características superficiais do sedimento e composição da comunidade (Thrush *et al.*, 2006), favorecendo o estabelecimento ou extinção de outras espécies no ambiente.

Os poliquetas através dos traços de mobilidade desempenham papéis importante no funcionamento das comunidades bentônicas, em termos de ciclagem e retrabalhamento de sedimentos bentônicos, bioturbação dos sedimentos e transporte vertical da matéria orgânica (Hutchings, 1998). Alguns táxons, ao se movimentarem, utilizam traços específicos (i.e. cavadores, rastejadores) que promovem a mobilização do sedimento, permitindo, por exemplo, que camadas inferiores do sedimento sejam oxigenadas (Hutchings, 1998). Poliquetas cavadores e tubícolas, ao construírem tubos permanentes ou temporários podem aumentar a área para troca de soluto entre o sedimento e coluna de água. A ventilação dos tubos facilita o transporte de compostos oxidados, por exemplo, O₂ e NO₃ da coluna de água para o sedimento profundo e a saída complementar de produtos de mineralização bacteriana (Aller, 1988). Assim, diversos táxons podem promover a aeração das camadas mais profundas e influenciar os fluxos de matéria e energia do sistema.

Além da aeração, funções como remobilização e estabilização do sedimento, fragmentação da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e produção secundária, estão intimamente ligadas a traços biológicos específicos desses organismos. A remobilização consiste no revolvimento das partículas que compõem o sedimento de fundo e essa função influencia na porosidade do sedimento, sendo capaz de alterar a qualidade e distribuição vertical da matéria orgânica, promovendo novas superfícies para colonização de bactérias (Nizzoli *et al.*, 2007). Enquanto que a estabilização do sedimento proporcionada, por exemplo, pela construção de tubos de poliquetas permite o menor fluxo de partículas e acúmulo de matéria orgânica no sedimento.

Alguns poliquetas, como aqueles pertencentes às famílias Nereididae e Glyceridae, apresentam aparelho bucal adaptado a macerar e retalhar partículas grandes, produzindo pedaços fragmentados de matéria orgânica que servirão como fonte potencial de energia para outros organismos (Magalhães e Barros, 2011). Assim, aceleram o processo de decomposição da matéria orgânica, pois tornam a superfície do material fragmentado mais susceptível a

ação de microrganismos (Bianchini Jr. e Cunha-Santino, 2006). O material orgânico e outros nutrientes presentes na interface água-sedimento podem ser ciclados através do modo de alimentação e tipo de movimento dos organismos. Os táxons que vivem enterrados no sedimento, tubícolas e cavadores facilitam o transporte de carbono, do sedimento para águas subjacentes, contribuindo para que material retorne as camadas superiores e o ciclo possa ser reiniciado. Assim como comedores de depósitos que, ao se alimentarem de material orgânico particulado e defecarem nos sedimentos disponibilizam este material para o ambiente em outra forma e servirá como nutriente para organismos de outros níveis tróficos.

O ciclo de vida de uma determinada espécie e os traços reprodutivos como modo de reprodução, taxa de fecundidade e expectativa de vida também exercem uma função no ambiente, pois influenciam na produção secundária (i.e. aumento de biomassa), de determinado sistema. A produção secundária, definida como "a estimativa de incorporação de matéria orgânica ou energia por unidade de tempo e área" (Cusson e Bourget, 2005), é, sem dúvida, uma das funções ecológicas mais importantes das assembleias bentônicas (Tumbiolo e Downing, 1994), pois tem como papel o fornecimento de energia para os demais níveis tróficos, geralmente os consumidores secundários tais como peixes e moluscos (Bolam, 2014; Odum, 1959). Estudos evidenciaram que os poliquetas dentre os invertebrados marinhos são os organismos que mais contribuem com a porcentagem de produção secundária total, chegando a contribuir com 75% do total da produtividade (Hutchings, 1998).

Diversos estudos têm investigado o funcionamento dos ecossistemas estuarinos através da abordagem baseada nos traços biológicos das assembleias bentônicas (Bremner *et al.*, 2003; 2006a;2006b; Paganelli *et al.*, 2012; Linden *et al.*, 2016). Entretanto, não é explicitado como as funções se distribuem ao longo dos gradientes ambientais e como se relacionam com os táxons. Esses trabalhos frequentemente utilizam índices de diversidade funcional que reúnem todas as informações referentes aos traços dos indivíduos, sem permitir que as funções importantes para um dado ecossistema possam ser acessadas de forma isolada.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar a relação entre classificação taxonômica e funções ecológicas dos poliquetas através de seus traços biológicos. Conseqüentemente, pretende-se avaliar potenciais diferenças na distribuição espacial e temporal das funções dos poliquetas ao longo do gradiente estuarino.

3. MÉTODOS

Para investigar a relação entre funções ecológicas, traços biológicos, taxonomia e acessar a distribuição das funções no ambiente, inicialmente foram identificados os papéis ecológicos importantes para o ecossistema estuarino e levantados os traços biológicos de poliquetas mais recorrentes na literatura. As categorias de traço foram agrupadas baseado nas funções que cada traço é capaz de exercer no ambiente. Os dados da distribuição da fauna de um sistema estuarino foram consultados e elencados os táxons que possuem maior potencial para exercer cada uma das funções baseando-se na afinidade que cada um apresentou para as categorias de traço agrupadas.

3.1 Levantamento das funções ecológicas e traços biológicos de poliquetas

Foram elencadas, por meio de consulta à literatura, funções ecológicas importantes para o funcionamento do ecossistema estuarino e os traços biológicos mais recorrentes em estudos com macrofauna bentônica estuarina. Para tal, foi realizado um levantamento de artigos acadêmicos durante os meses de maio a agosto de 2017, nas plataformas de pesquisa “Web of knowledge” e “Science Direct” utilizando a combinação das palavras chave “ecological function”, “biological traits”, “benthic macrofauna”, “estuarine function”, para todos os anos disponíveis. Foram definidas as funções ecológicas realizadas por poliquetas, funções relevantes para estuários e selecionados os traços biológicos importantes para desempenhar estas funções. As funções elencadas foram fragmentação da matéria orgânica, remobilização do sedimento, ciclagem de nutrientes, aeração das camadas inferiores, estabilização do sedimento e produção secundária. Foram selecionados 13 traços funcionais e 45 categorias de traços para associar a cada uma das funções definidas (Tabela 1). Os traços redundantes e que apresentaram divergências na literatura quanto sua afinidade com as famílias de poliqueta como, por exemplo, o traço tipo de alimentação larval (lecitotrófica, planctotrófica) e tipo de desenvolvimento (direto, indireto) foram excluídos das análises.

Tabela 1. Descrição dos traços biológicos e categorias considerados no presente trabalho.

Traços Biológicos	Categorias	Descrição	Legenda
Modo de alimentação	Suspensívoro	Organismo que se alimentam de matéria orgânica particulada em suspensão, incluindo plâncton (Jumars et al., 2015).	S
	Depositívoro de superfície	Organismo que se alimenta de detritos e matéria orgânica presente na superfície do substrato (Jumars et al., 2015).	DEP_S
	Depositívoro de subsuperfície	Organismo que se alimenta de detritos e matéria orgânica presente nas camadas inferiores do substrato (Jumars et al., 2015).	DEP_SUB
	Predador	Organismo que alimenta, aproveitando-se outros animais, matando-os por alimento, incluindo carnívoros (Jumars et al., 2015).	PRED
	Herbívoro	Organismo que se alimenta de macroalgas (Jumars et al., 2015).	HERB
	Onívoro	Organismo que se alimenta de uma dieta mista, incluindo material vegetal e animal (Jumars et al., 2015).	ONV
Entrega de alimento	Faringe eversível muscular	(Jumars et al., 2015).	FEM
	Faringe eversível não muscular	(Jumars et al., 2015).	FEN
	Faringe não eversível	(Jumars et al., 2015).	FN
	Tentáculos/Palpos	(Jumars et al., 2015).	FEN_0
Mandíbula	Presente	Estrutura da faringe armada com mandíbula (Jumars et al., 2015).	MAD
	Ausente	Estrutura da faringe sem mandíbula (Jumars et al., 2015).	MAD_0
Mobilidade	Móvel	Organismo se move, principalmente para se alimentar (Jumars et al., 2015).	MOB_M
	Discretamente móvel	Organismo se move algumas vezes para melhor forrageamento mas usualmente não se movem quando se alimentam (Jumars et al., 2015).	MOB_DM
	Séssil	Organismo que constrói tubo logo após assentamento e vivem nele até senescência (Jumars et al., 2015).	MOB_S
Tipo de movimento	Cavador	Organismo cava buracos em sedimento inconsolidado para se movimentar e durante alimentação (Jumars et al., 2015).	MOV_C
	Rastejador	Organismo que se move ao longo da superfície do substrato via movimentos dos apêndices (e.g. parapódios, cirros) ou músculos (Jumars et al., 2015).	MOV_R
	Nadador	Organismo que se move na coluna d'água por movimentos dos apêndices, movimentos ondulatórios do corpo ou por jato de propulsão (Jumars et al., 2015).	MOV_N
	Tubícola	Organismo que constrói tubos e se move dentro deste (Jumars et al., 2015).	MOV_TB

Tabela 1. Continuação.

Tamanho do corpo	Pequeno	Tamanho máximo do corpo menor do que 2 cm (Jumars et al., 2015).	P
	Médio	Tamanho máximo do corpo entre 2 e 20 cm (Jumars et al., 2015).	M
	Grande	Tamanho máximo do corpo maior do que 20 cm (Jumars et al., 2015).	G
Compartimento sedimentar	Epifaunal	Organismo que vive na superfície do substrato (Jumars et al., 2015).	E
	Infaunal	Organismo que vive nas camadas inferiores do substrato (Jumars et al., 2015).	I
Material para construção de tubos	Secreções	Tubos construídos com secreções corporais, geralmente muco (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	TB_S
	Areia	Tubos construídos de areia (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	TB_A
	Lama	Tubos construídos principalmente de lama/argila (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	TB_L
	Detritos biogênicos	Tubos construídos com materiais de esqueleto morto encontrados no ambiente (conchas e partes de algas) (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	TB_D
Idade da 1ª reprodução	Cedo	Maturidade reprodutiva menor que 1 ano (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	1ªREP_C
	Mediana	Maturidade reprodutiva entre 2 e 3 anos (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	1ªREP_M
	Tardia	Maturidade reprodutiva entre 3 e 5 anos (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	1ªREP_T
Modo de Reprodução	Gonocórica	Organismo que possui sexos separados (MarLIN, 2006; Rouse e Pleijel, 2001; Faulwetter et al., 2014).	REP_GON
	Hermafrodita	Organismo produz gametas dos dois sexos (MarLIN, 2006; Rouse e Pleijel, 2001; Faulwetter et al., 2014).	REP_HF
	Assexual	Reprodução independente de processos sexuais, não inclui a recombinação dos genótipos dos pais, incluindo todos os diferentes tipos de reprodução assexuada (e.g. brotação, partenogênese) (MarLIN, 2006; Rouse e Pleijel, 2001; Faulwetter et al., 2014).	REP_A
Taxa de fecundidade	Muito alta	Mais que 100.000 ovos por fêmea e evento reprodutivo (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	FEC_MA
	Alta	Entre 100.00 a 20.000 ovos por fêmea e evento reprodutivo (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	FEC_A
	Media	Entre 2.500 a 10.000 ovos por fêmea e evento reprodutivo (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	FEC_M
	Baixa	Entre 50 e 500 ovos por fêmea e evento reprodutivo (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	FEC_B
	Muito baixa	Menos que 50 ovos por fêmea e evento reprodutivo (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	FEC_MB
Expectativa de vida	Curta	Expectativa de vida entre 1 e 3 anos (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	EXP_C
	Media	Expectativa de vida entre 3 e 5 anos (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	EXP_M
	Longa	Expectativa de vida maior que 5 anos (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	EXP_L
Tamanho do ovo	Pequeno	Diâmetro do ovo entre 0 µm e 100 µm (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	OVO_P
	Médio	Diâmetro do ovo entre 100 µm e 200 µm (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	OVO_M
	Grande	Diâmetro do ovo maior que 200 µm (MarLIN, 2006; Faulwetter et al., 2014).	OVO_G

3.1.1 Levantamento dos traços biológicos das famílias de poliqueta distribuídos nos estuários da Baía de Todos os Santos e construção das redes funcionais

Para relacionar os traços biológicos com a taxonomia e acessar a distribuição das funções ecológicas neste sistema, foi utilizado o banco de dados de fauna das assembleias bentônicas obtido a partir de diversos projetos de pesquisa realizados pelo grupo de Ecologia Marinha Tropical (dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/3171609041209540), sediado no laboratório de Ecologia Bentônica da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Foram calculadas as abundâncias por estação amostral de todas as famílias de poliquetas, identificadas no período de coleta de 2004 a 2014 (n= 4 campanhas) realizadas ao longo do gradiente longitudinal de salinidade em cinco estuários da Baía de Todos os Santos (Subaé, Jaguaripe, Paraguaçu, Mataripe e São Paulo) (Figura 1).

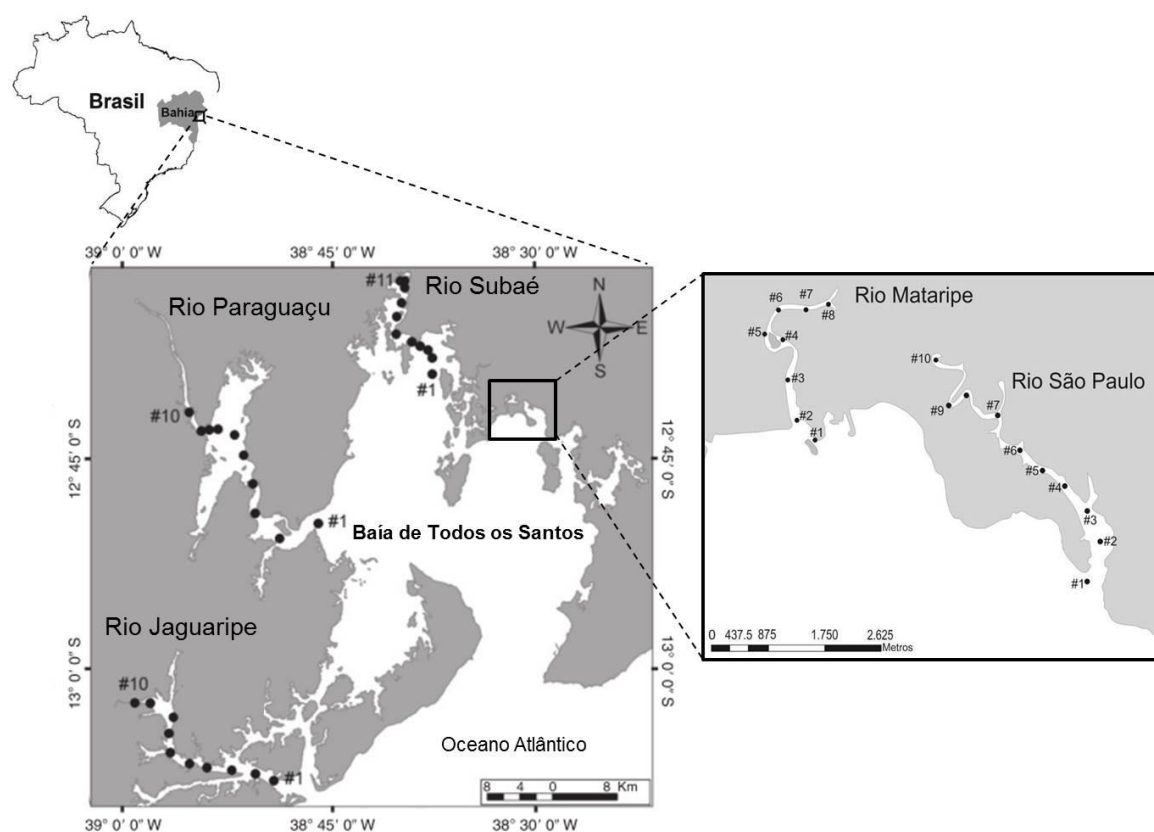


Figura 1. Distribuição das estações amostrais para os tributários da Baía de Todos os Santos. Fonte: mapa adaptado de Magalhães e Barros (2011).

Foi construída uma matriz com a classificação taxonômica das famílias de poliquetas identificadas nestes estuários e seus respectivos traços funcionais (Apêndice A). Os traços funcionais de cada família foram consultados através de busca na literatura e bases de dados online. Os traços relativos a (i) modo de alimentação, (ii) entrega de alimento, (iii) mandíbula, (iv) mobilidade, (v) tipo de movimento, (vi) compartimento sedimentar e (vii) tamanho do corpo de cada família foram consultadas principalmente através do trabalho de Jumars *et al.* (2015). Enquanto os traços reprodutivos (viii) modo de reprodução, (ix) tamanho do ovo, (x) idade da primeira reprodução, (xi) expectativa de vida, (xii) taxa de fecundidade e (xiii) material usado para construção de tubos foram levantados através da base *Polytraits* (Faulwetter *et al.*, 2014), o catálogo de informações de traços biológicos - *the Biological Traits Information Catalogue - BIOTIC* (MarLIN, 2006) e as informações contidas no trabalho de Rouse e Pleijel (2001).

O nível taxonômico de família já foi evidenciado como capaz de mostrar padrões ecológicos precisos (Souza e Barros, 2014) e existem evidências do uso desta classificação taxonômica para análise de traços biológicos de poliquetas (Otegui *et al.*, 2016).

Muitas famílias apresentaram mais de uma categoria dentro de cada traço, ou seja, algumas apresentaram o modo de alimentação depositívoro de superfície e herbívoro, dessa forma foi necessário realizar um procedimento de codificação *fuzzy* (Chevenet *et al.*, 1994). Esse procedimento captura a variação na afinidade de um determinado táxon para as categorias de um determinado traço. As pontuações, também chamadas de escores ('*score*'), variaram de zero (0) a três (3): Um escore de afinidade de '0' indica que não há afinidade de um táxon para uma categoria de traços, enquanto que uma pontuação de '3' indica uma alta afinidade com a categoria de traços (o escore de traços é '0' para todas as categorias se a informação não for atualmente acessível). Por exemplo, poliquetas da família Glyceridae são exclusivamente "predadores", portanto a afinidade designada para esta categoria de traço foi "3". Outros táxons, por exemplo, Onuphidae são considerados predominantemente "herbívoros"

e ocasionalmente “depositívoro de superfície e onívoros”, então os escores de afinidade seriam “2” e “1”, respectivamente.

Os escores das categorias de traços, associados a cada uma das funções ecológicas, foram somados para cada família obtendo assim os táxons que possuem maior afinidade para uma função específica. Por exemplo, todos os escores que o organismo apresentou para as categorias de traço que estavam associadas a ciclagem de nutrientes foram somadas e ao final os táxons que apresentaram a maior soma representaram os que possuem maior potencial para exercer a função ciclagem de nutrientes. A partir disso e do levantamento realizado na literatura, foram contruídas redes funcionais que relacionam cada função ecológica a um dado conjunto de traços e conectam estes traços a táxons de forma que, a espessura e continuidade das linhas que ligam os táxons aos traços são responsáveis por representar a afinidade entre estes (a linha tracejada representa pouca afinidade, linhas contínuas média afinidade com algumas exceções na família e linha grossa indica total afinidade com o traço).

3.2 Distribuição espaço-temporal dos poliquetas, traços biológicos e funções ecológicas

Para investigar a distribuição das funções ecológicas ao longo do gradiente estuarino foi escolhido um importante tributário para Baía de Todos os Santos (BTS), o estuário do rio Jaguaripe. Este estuário foi sugerido como área de referência para avaliação da distribuição de organismos bentônicos na BTS uma vez que não foram encontradas evidências claras de contaminação por metais e alterações das comunidades bentônicas na maioria das estações e, além disso, a distribuição das assembleias bentônicas no estuário do rio Jaguaripe aparentam estar majoritariamente correlacionadas as condições de estresse naturais (Krull *et al.*, 2014).

Primeiramente, foi construída uma matriz com abundância de todas as famílias de poliquetas distribuídos em cada uma das 10 estações amostrais do estuário do rio Jaguaripe (Figura 1), para quatro campanhas realizadas nos anos de 2006, 2007, 2010 e 2014. Posteriormente, foram construídos gráficos da abundância relativa dos poliquetas mais frequentes e abundantes (cuja soma contribui com aproximadamente 85% da abundância total). A partir

desses gráficos foi possível entender quais espécies melhor contribuíram para os padrões de distribuição de traços biológicos e funções ecológicas.

A matriz de abundância de todas as famílias de poliquetas por estação amostral do Jaguaripe foi multiplicada pela matriz contendo os escores para os traços de cada uma das famílias utilizando a plataforma R (R core team), obtendo como resultado a abundância ponderada de traços por estação amostral (Apêndice B).

As variações espaciais e temporais dos traços biológicos dos poliquetas identificados no estuário do rio Jaguaripe foram analisadas a partir da matriz de abundância ponderada utilizando técnicas de estatística multivariada com auxílio do software Primer versão 6.0. A Matriz de similaridade foi calculada a partir do coeficiente de *Bray-Curtis* e a mesma foi utilizada para a ordenação de escalonamento multidimensional não paramétrico (n-MDS) para cada uma das campanhas (i.e. 2006, 2007, 2010 e 2014). A distância entre os pontos representa a similaridade de traços biológicos identificados em cada estação amostral.

A partir da soma dos escores dos conjuntos de traços associados a cada uma das funções ecológicas definidos anteriormente (i.e. aeração das camadas inferiores, remobilização do sedimento, fragmentação da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e produção secundária) foi possível criar ordenações nMDS nas quais as bolhas, com áreas proporcionais às somas supracitadas, representam a abundância de cada função na estação amostral para cada período de coleta.

4. RESULTADOS

Os traços mais recorrentes dentre as 39 famílias de poliquetas identificadas nos estuários da Baía de Todos os Santos foram: depositívoros de subsuperfície, faringe eversível muscular, ausência de mandíbula, móveis, cavadores, tamanho do corpo médio (entre 2 e 20 cm), infaunais, construtores de tubo de secreção, maturidade reprodutiva média (entre 2 e 3 anos), reprodução gonocórica, taxa de fecundidade muito alta (mais que 100.000 ovos por fêmea), expectativa de vida média (3 a 5 anos) e tamanho do ovo médio (entre 100–200 μm).

As categorias de traço associadas a cada função assim como os táxons que apresentaram o maior potencial para exercer cada um dos papéis no estuário estão representados nas redes funcionais das Figuras 2 a 7.

4.1 Redes funcionais

4.1.1 Fragmentação da matéria orgânica

As categorias de traços associados à função de fragmentação da matéria orgânica foram: herbívoro, onívoro, presença de mandíbula, depositivos de superfície, construtores de tubos de areia e detritos biogênicos (Figura 2). As famílias de poliquetas que apresentaram maior afinidade com este conjunto de traços foram: Onuphidae, Eunicidae e Nereididae, respectivamente, sendo estes táxons muito frequentes nos estuários da Baía de Todos os Santos.

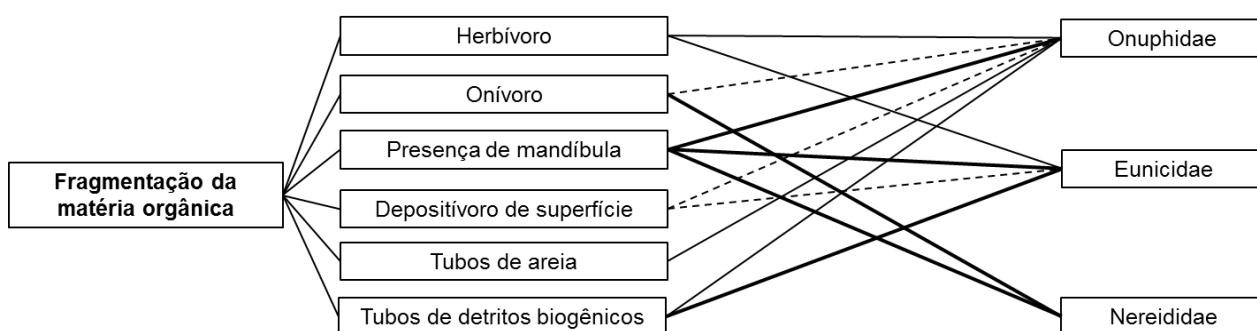


Figura 2. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à fragmentação da matéria orgânica. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço.

4.1.2 Remobilização do sedimento

As categorias de traços associados à função de remobilização do sedimento foram: depositívoro de subsuperfície, móvel, cavador, tamanho do corpo médio ou grande (Figura 3). Dentre os táxons mais frequentes e abundantes e que apresentaram afinidade para este conjunto de traços foram: Sternaspidae, Capitellidae, Orbiniidae, Cirratulidae, e Paraonidae (Figura 3). Mas Arenicolidae, Trichobranchidae, Cossuridae e Ophelidae também apresentaram este conjunto de traços, porém não foram os táxons mais abundantes e frequentes.

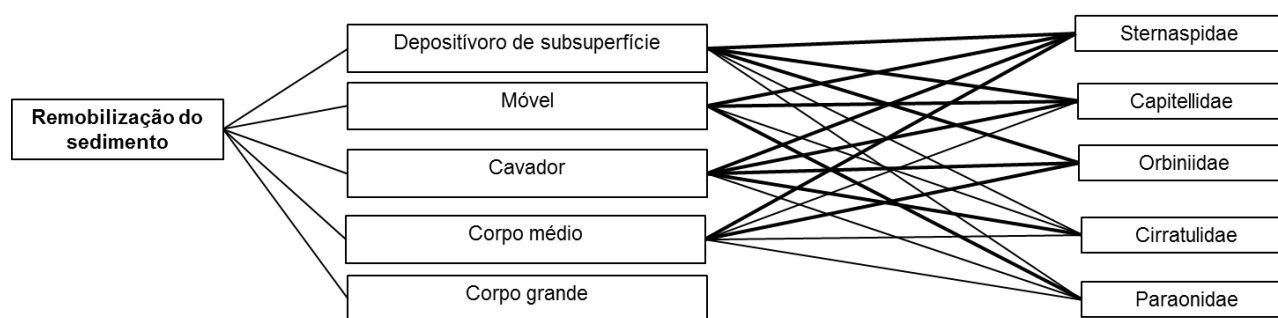


Figura 3. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à remobilização do sedimento. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço.

4.1.3 Ciclagem de nutrientes

As categorias de traços associado à ciclagem de nutrientes foram: suspensívoro, tubícola, depositívoro de superfície, depositívoro de subsuperfície e cavador (Figura 4). Os táxons que apresentaram os maiores escores para este conjunto de traços foram: Magelonidae e Poecilochaetidae (Figura 4).

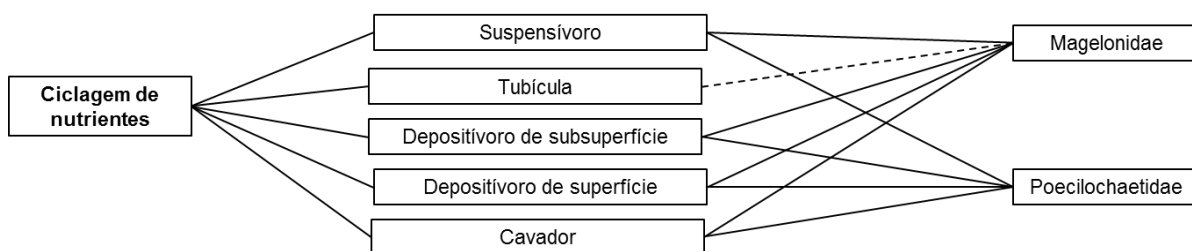


Figura 4. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à ciclagem de nutrientes. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço.

4.1.4 Estabilização do sedimento

Desempenhada através dos traços suspensívoro, tentaculado, sésbil, tubícola, tamanho pequeno (Figura 5). Os táxons que apresentaram maior afinidade para este conjunto de traços foram: Sabellidae, Spionidae e Magelonidae (Figura 5). Os poliquetas Serpulidae, Terebellidae e Poecilochaetidae também apresentaram alta afinidade para maioria destes traços, porém são táxons menos frequentes nos estuários da Baía de Todos os Santos.

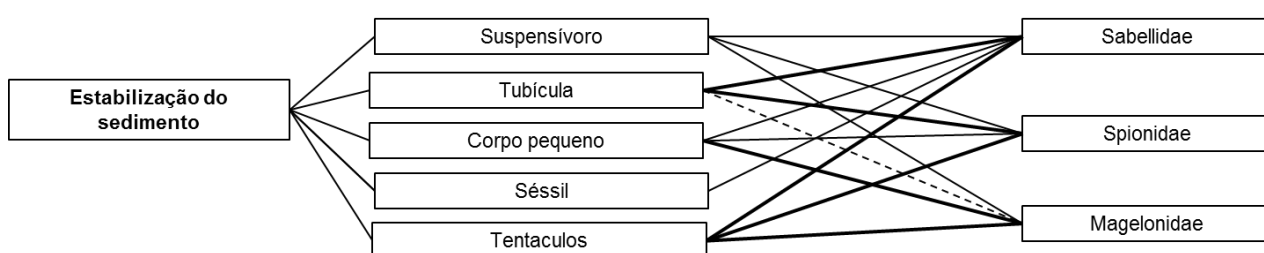


Figura 5. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à estabilização do sedimento. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço.

4.1.5 Aeração das camadas inferiores

A função de aeração das camadas inferiores foi associada aos traços sésstil, depositívoro de subsuperfície, tubícola, tamanho do corpo médio e/ou grande e compartimento sedimentar da infauna (Figura 6). Os táxons Maldanidae, Spionidae e Sabellidae foram os que táxons mais frequentes e abundantes que apresentaram maiores escores para este conjunto de traços (Figura 6). Dentre os táxons menos frequentes e abundantes Terebellidae se destaca por apresentar afinidade para todos os traços associados a esta função, enquanto Trichobranchidae e Pectinaridae também com exceção para o traço sésstil.

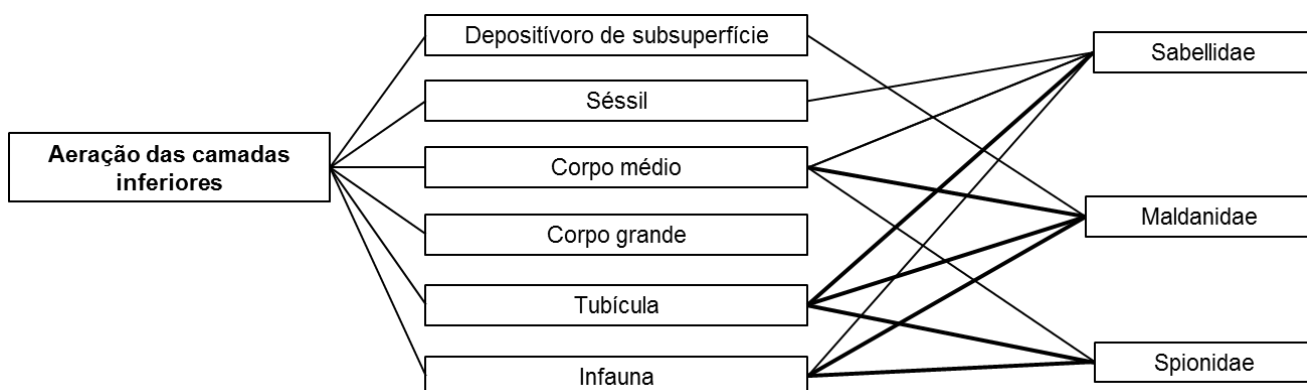


Figura 6. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à aeração das camadas inferiores. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço.

4.1.6 Produção Secundária

Os traços relacionados à produção secundária foram maturidade cedo, reprodução hermafrodita ou assexual, taxa de fecundidade muito alta ou alta, expectativa de vida longa e ovos pequenos (Figura 7). Os táxons com maior afinidade para estes traços foram: Trichobranchidae, Dorvilleidae, Serpulidae, Cirratulidae e Spionidae, sendo estes três últimos táxons os que apresentaram a maior soma dos escores para este conjunto de traços (Figura 7).

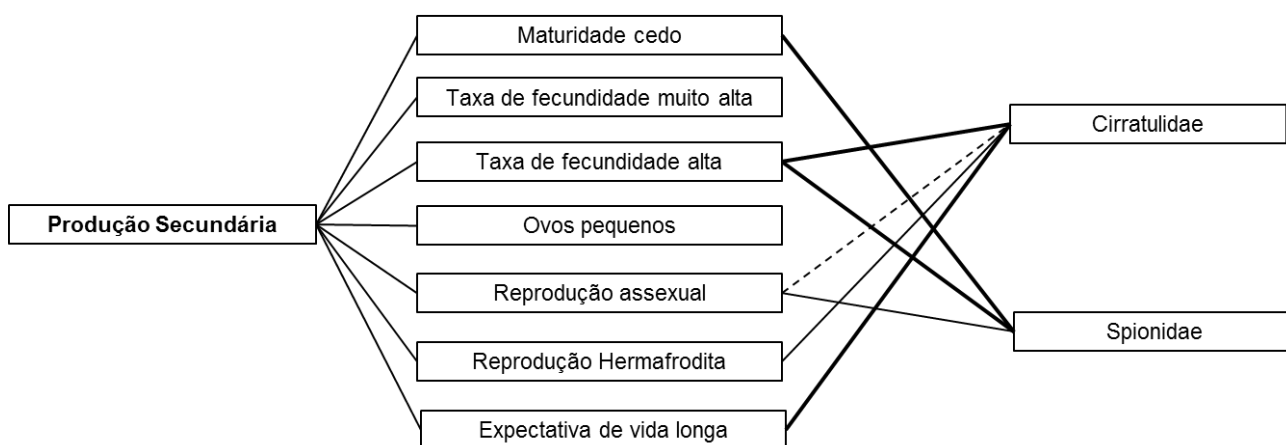


Figura 7. Redes das relações entre traços biológicos e táxons associados à produção secundária. A espessura das linhas representa a afinidade dos táxons com o respectivo traço: (----) pouca afinidade, (—) média afinidade e (—) total afinidade com o traço.

4.2 Distribuição espaço-temporal das métricas bióticas avaliadas

4.2.1 Famílias de poliquetas no estuário do rio Jaguaripe

Os táxons mais frequentes e abundantes no estuário do Jaguaripe foram Nereididae, Cirratulidae, Magelonidae, Orbiniidae, Paraonidae e Capitellidae. Sendo estes dois últimos identificados apenas nos anos de 2010 e 2014. Estes táxons exibem padrões específicos ao longo do gradiente estuarino (Figura 8). Nereididae se distribui principalmente nas estações #8 a #10, tendo sido identificado também em regiões com maiores valores de salinidade como observado para o ano de 2006 nas estações #2 e #3. Os poliquetas Cirratulidae e Magelonidae foram identificados nas estações mais marinhas do estuário (#1 a #3). Porém, Magelonidae também foi encontrado nas estações #4 e #5. Os organismos da família Orbiniidae ocorrem desde a estação #1 até as estações #6 e #7. Paraonidae ocorre desde o ponto #1 até #6, mas apresentou maiores abundâncias na estação #2 em 2010 e #4 em 2014. O táxon Capitellidae foi identificado praticamente ao longo de todo o gradiente estuarino, sendo abundante principalmente nas regiões intermediárias e na #2.

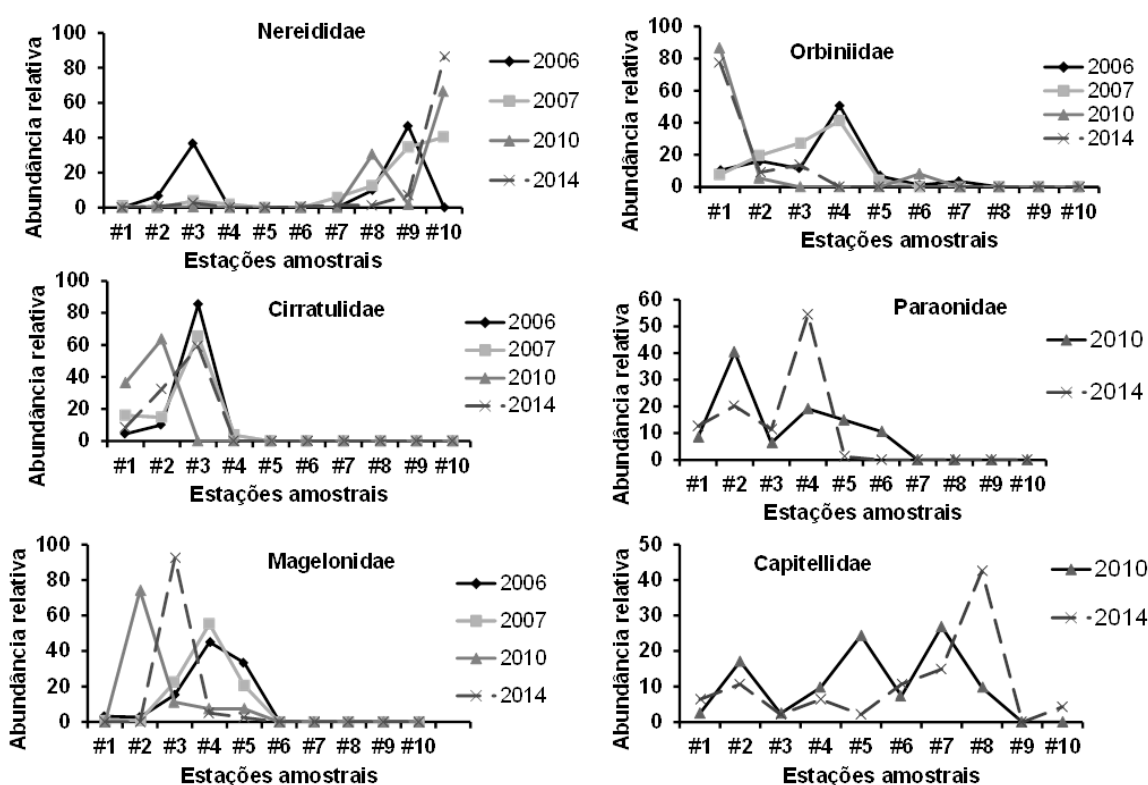


Figura 8. Gráfico da abundância relativa dos táxons mais frequentes e abundantes ao longo das estações amostrais (#01 - #10) do estuário do rio Jaguaripe.

4.2.2 Traços biológicos associados à fragmentação da matéria orgânica

Os padrões das bolhas para os traços associados à função de fragmentação da matéria orgânica em 2006 e 2007 são mais similares entre si assim como entre 2010 e 2014. Também em quase todos os anos a abundância desta função aumentou da estação #1 para estação #3, diminuindo das estações #4, #5 #6 e #7 e aumentando novamente nas estações a montante do estuário da estação #8 para #10 (Figura 9).

Em 2006 e 2007, a estação que apresentou maior potencial para exercer esta função foi #3, enquanto que em 2010 e 2014 a estação em que a abundância de traços associados a esta função foi maior a #10 (Figura 9). O conjunto de traços relacionados à função fragmentação da matéria orgânica demonstrou um aumento de 2006 a 2014 (Figura 9). Esse aumento deve-se ao aumento da abundância de poliquetas ao longo dos anos especialmente na #10 ao aumento do táxon Nereididae.

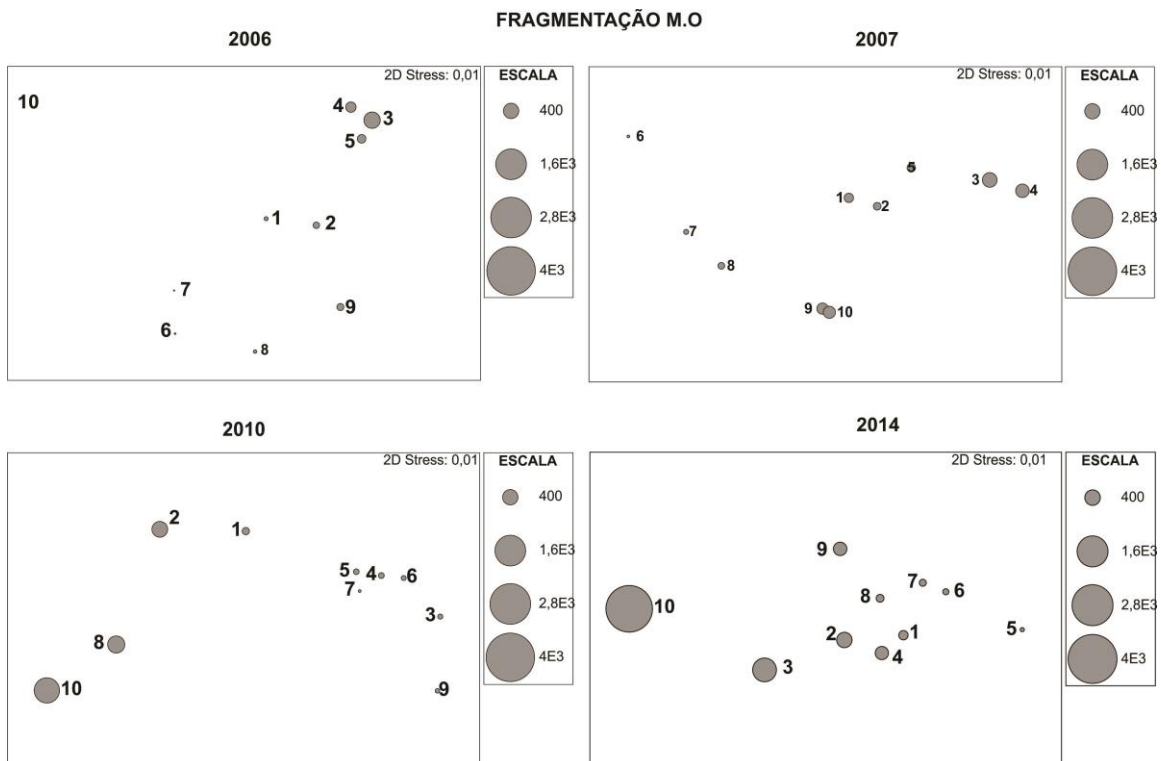


Figura 9. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à fragmentação da matéria orgânica.

4.2.3 Traços biológicos associados à remobilização do sedimento

Com relação à remobilização do sedimento, em 2006, 2007 e 2014 um aumento de traços associados a esta função da estação #1 até #3 foi observado, assim como diminuição nas demais estações aumentando novamente sua ocorrência de #9 para #10 com exceção de 2006 (Figuras 10). Em 2010, essa função aumenta de #1 para #2 e diminui ao longo das demais estações voltando a aumentar nas estações #8 e #10. Os maiores valores para esta função foram registrados em 2014 para a estação #10 (Figura 10).

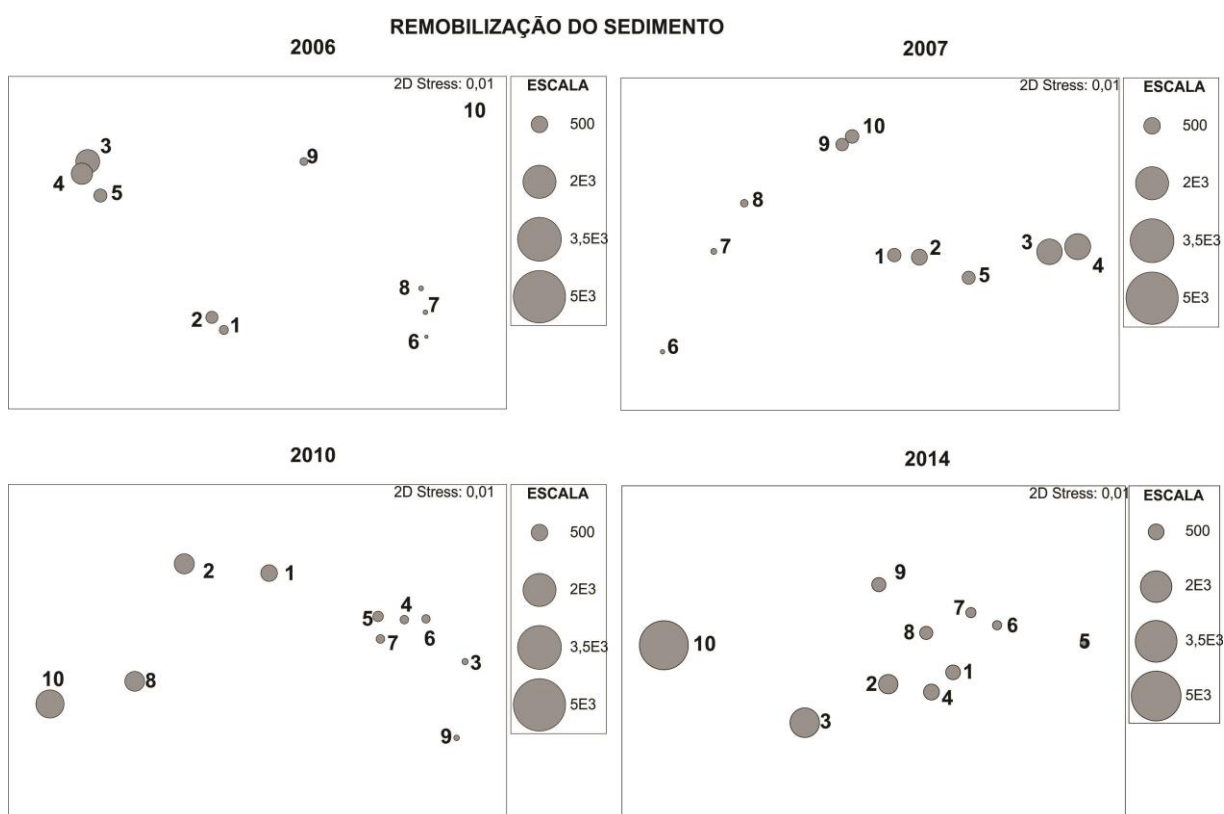


Figura 10. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à remobilização do sedimento.

4.2.4 Traços biológicos associados à ciclagem de nutrientes

Em 2006 e 2007 a contribuição dos traços associados à ciclagem de nutrientes aumentou de #1 até #4 e diminuiu de #5 a #10. Enquanto em 2010 esta função aumenta de #1 para #2, diminuindo na estação #3 e nas estações seguintes, voltando a aumentar novamente em #10. Em 2014 a abundância de traços associados a esta função aumenta de #1 para #3 (Figura 11).

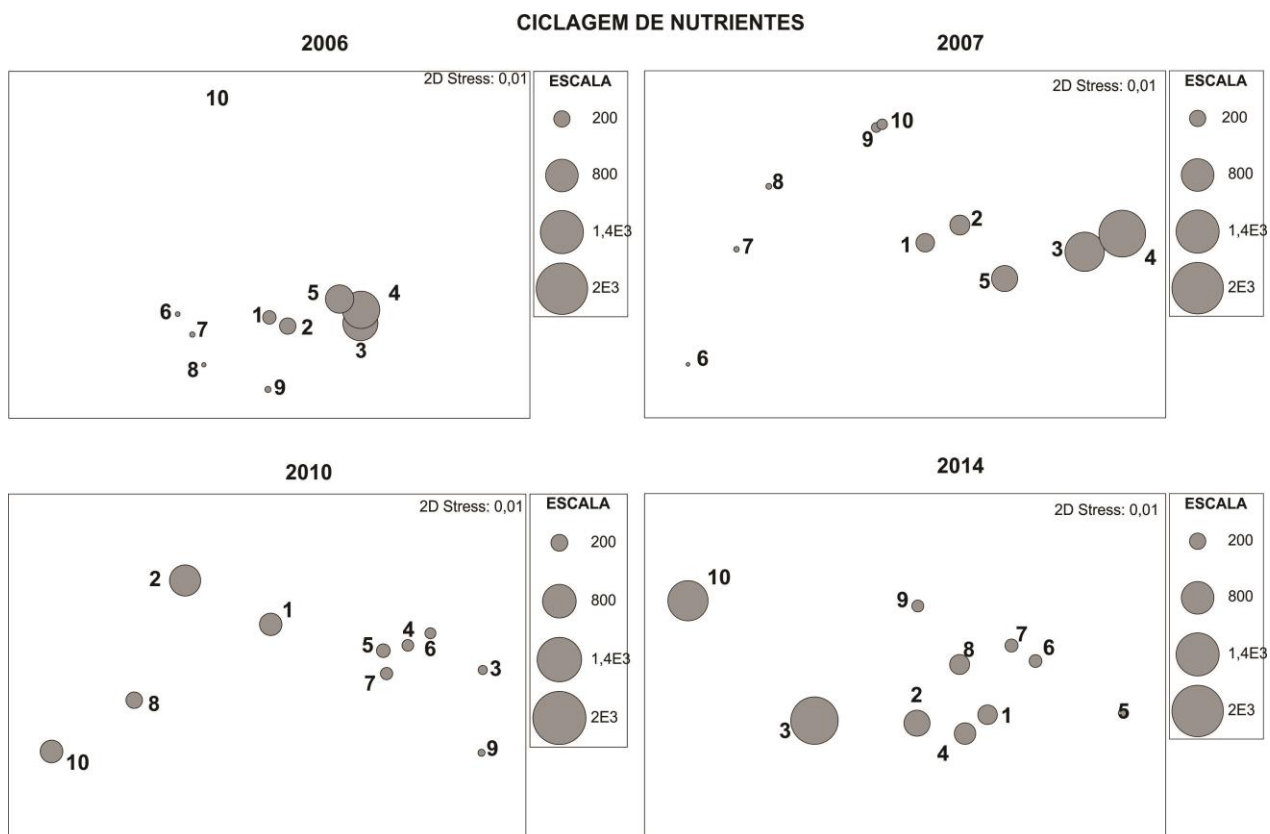


Figura 11. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à ciclagem de nutrientes.

4.2.5 Traços biológicos associados à estabilização do sedimento

O conjunto de traços biológicos associados a estabilização do sedimento são mais abundantes nas estações mais marinhas e é muito pouco observado nas regiões intermediárias e a montante do estuário para todos os anos. As estações #3 e #4 nos anos de 2006 e 2007 foram as mais abundantes em traços associados a esta função e #3 também em 2014. Em 2010 a estação #2 foi a que apresentou maior potencial para exercer esta função (Figura 12).

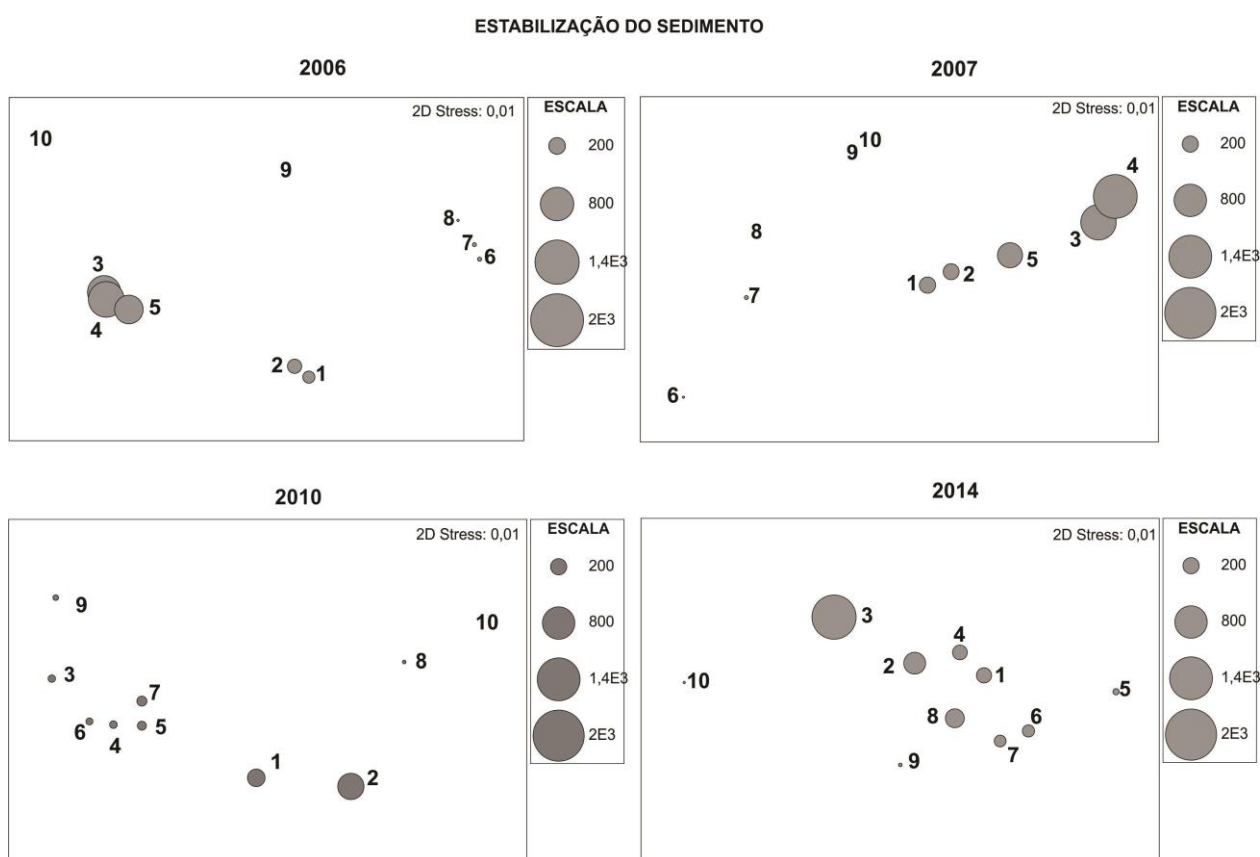


Figura 12. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à estabilização do sedimento.

4.2.6 Traços biológicos associados à aeração das camadas inferiores

A abundância de traços biológicos associados à função de aeração das camadas inferiores em 2006 e 2007 aumenta das estações #1 para #4 e diminui na região intermediária, voltando a aumentar em #9. Em 2010 a quantidade de traços relacionados a esta função foi maior em #2 e #10; enquanto que em 2014 foi maior em #3 e #10 (Figura 13).

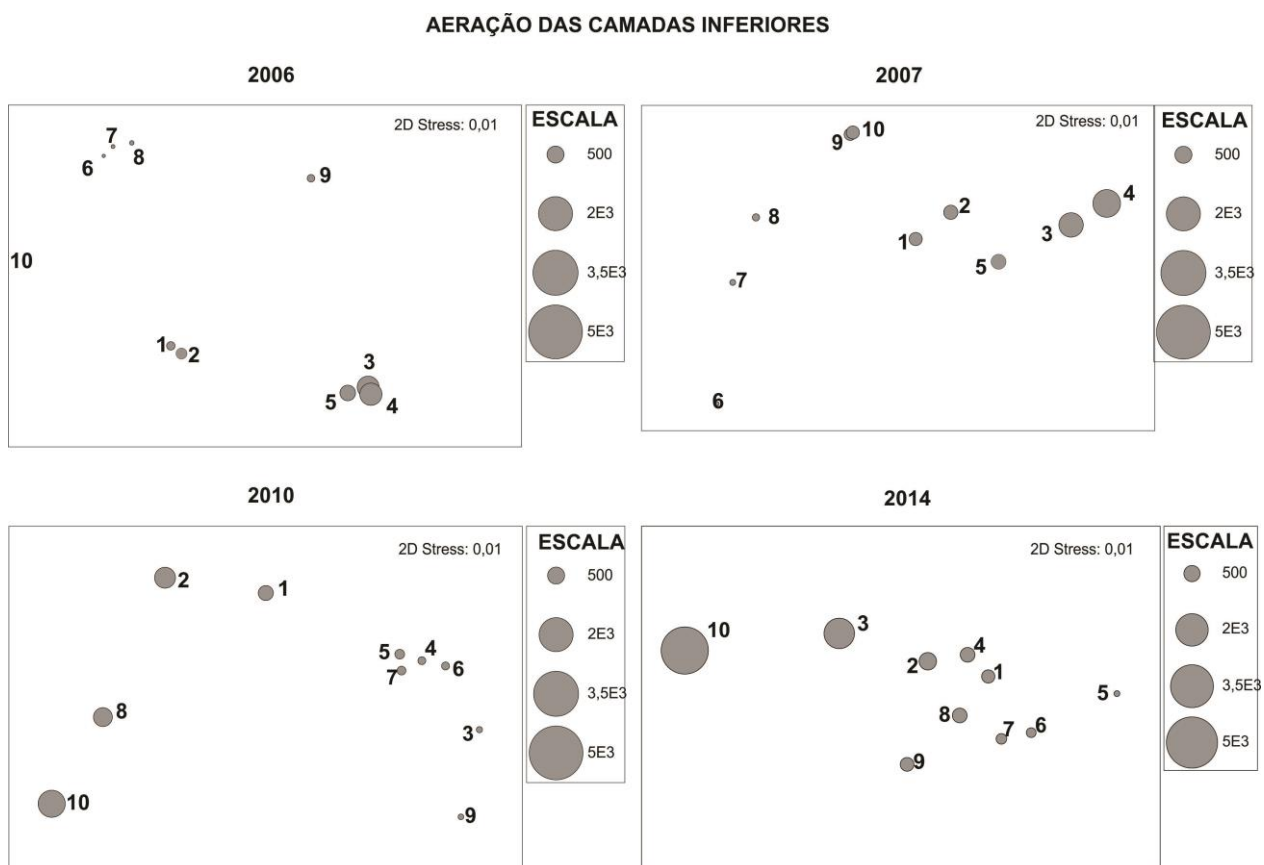


Figura 13. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à aeração das camadas inferiores. .

4.2.7 Traços biológicos associados à produção secundária

De modo geral a contribuição dos poliquetas para produção secundária foi maior em regiões com características marinhas e menor nas estações #6 a #10 (Figura 14). Em 2006 e 2007 são observados maiores valores nas estações #3 e #4 e volta a diminuir a partir de #5 (Figura 14). Enquanto que em 2010 as estações #1 e #2 apresentaram maiores valores e diminuí ao longo do estuário. Em 2014 aumenta de #1 a #3 e diminui nas demais estações com exceção de #8 (Figura 14).

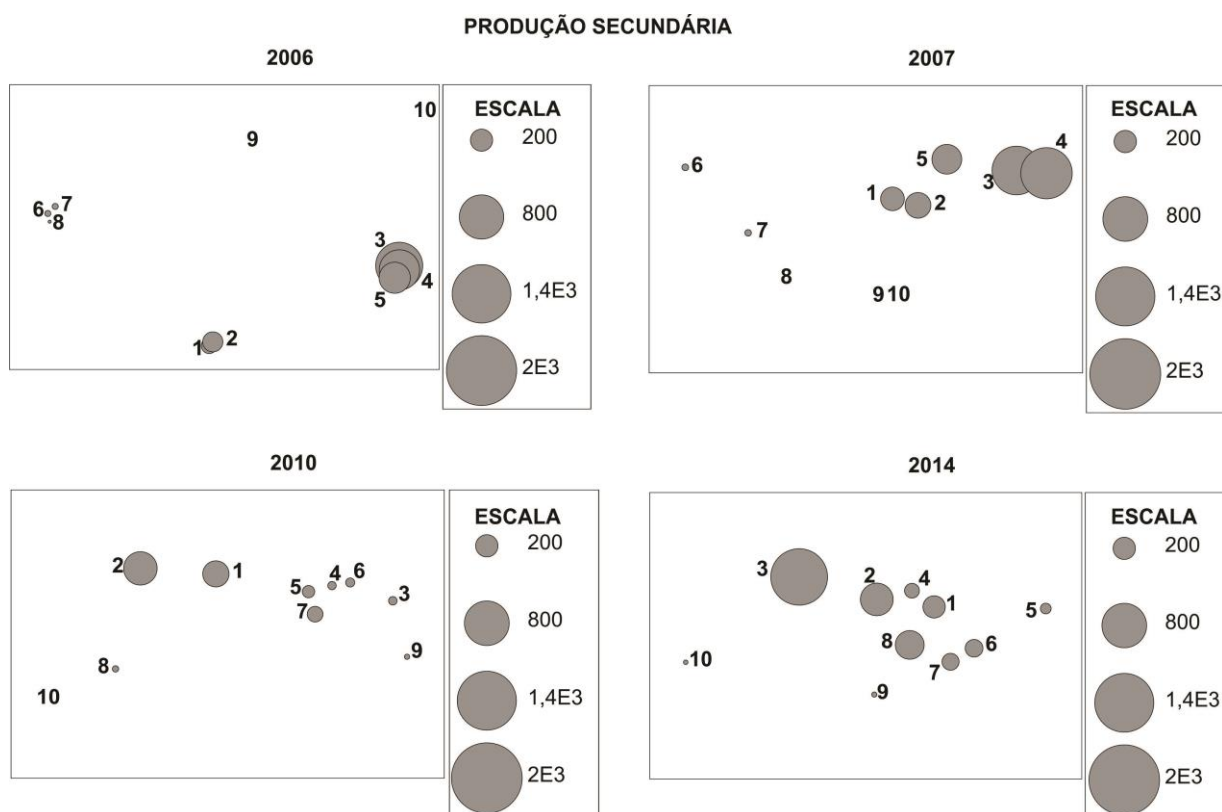


Figura 14. nMDS confeccionado com os traços biológicos de poliquetas ao longo das dez estações amostrais (#01 - #10) da região estuarina do Rio Jaguaripe para os anos 2006, 2007, 2010 e 2014. As bolhas se referem à abundância do conjunto de traços associados à produção secundária.

De modo geral, é possível observar um padrão em relação à similaridade de traços dos poliquetas ao longo das estações amostrais do estuário do rio Jaguaripe. As regiões mais marinhas apresentaram maior similaridade de traços entre si (#1 e #2), assim como as regiões intermediárias (#3, #4 e #5) e a as regiões mais à montante do estuário (#6, #7 e #8). No ano de 2006, a estação #10 foi a mais dissimilar entre as demais por não apresentar registro de ocorrência de organismos (Figuras 8 - 13).

No ano de 2007 apesar de um padrão semelhante também ser observado, a distância entre as estações amostrais aumentou, #5 foi mais dissimilar entre as estações #3 e #4 do que como observado em 2006 assim como #6,#7 e #8 parecem ter se afastado. Enquanto que as estações #10 e #9 apresentaram elevada similaridade.

No ano de 2010, as estações mais similares entre si foram #3, #4, #6 e #7; as estações #1 e #2; e #10 e #8. A estação #9 foi a mais dissimilar entre as demais estações. Em 2014, os gráficos de n-MDS apresentaram todos os pontos amostrais mais próximos entre si com exceção de #10, as estações nesse ano apresentaram traços mais semelhantes do que em anos anteriores.

5. DISCUSSÃO

O decréscimo da contribuição das funções observadas nas estações a montante do estuário do rio Jaguaripe podem ser explicadas pelo padrão de distribuição da abundância e riqueza dos poliquetas no estuário. Existem evidências em estudos realizados com traços biológicos de que mudanças das espécies ao longo dos gradientes ambientais também resultaram em mudanças no funcionamento ecológico ao longo do sistema (Oug *et al.*, 2012)

Diversos táxons apresentaram conjuntos de traços similares em regiões específicas do estuário, o que foi evidenciado pela maior similaridade das estações amostrais observadas nos gráficos de n-MDS em regiões mais marinhas. Isso pode ser um indicativo de maior redundância funcional nesta região do estuário, ou seja, mais táxons com capacidade de desempenhar as mesmas funções. Enquanto, em outras regiões como a montante do estuário, foram observados poucos táxons capazes de exercer funções específicas. Magalhães e Barros (2011), ao trabalhar com guildas alimentares de poliquetas (e.g. modo de alimentação, aparato morfológico utilizado para entrega de alimento, mobilidade e tipo de movimento), encontraram baixa redundância funcional nos estuários dos rios Subaé e Jaguaripe. O uso de guildas alimentares pode não refletir em sua totalidade aspectos relacionados ao funcionamento dos ecossistemas uma vez que as guildas alimentares apresentam um conjunto mais restrito de traços biológicos (Jumars *et al.*, 2015) e o presente trabalho investigou um universo de traços maior, incluindo traços reprodutivos.

A região mais a jusante do estuário do Jaguaripe é caracterizada por apresentar distribuição de grãos mais finos (Barros *et al.*, 2009), regiões que geralmente possuem menor hidrodinâmica e contribuem para assentamento dos organismos e deposição de matéria orgânica (Gray e Elliot, 2009). O aumento da abundância de táxons nesta região do estuário com traços que são capazes de mover as partículas de sedimento ao cavarem em busca de detritos nas camadas inferiores (i.e. Capitellidae, Cirratulidae e Orbiniidae) contribui para a redistribuição e ressuspensão dos materiais depositados e facilita a obtenção de material orgânico para outros organismos. Já foi evidenciado que as alterações na composição dos sedimentos induzem modificações nas funções da fauna (Papageorgiou *et al.*, 2009).

Em locais com sedimentos finos a contribuição dos táxons com traços biológicos que possuem potencial para desempenhar aeração do sedimento (Maldanidae, Spionidae e Capitellidae) foi alta. Táxons que desempenham esta função tem a capacidade de cavar o sedimento de forma mais eficiente e auxiliam na oxigenação das primeiras camadas do fundo (Paganelli *et al.*, 2012). Ambientes com acumulação de matéria orgânica e baixa circulação de água, como nas regiões a jusante, apresentam menor concentração de oxigênio disponível e o pouco oxigênio difundido pelo sedimento é rapidamente utilizado pelas bactérias aeróbicas e pela meiofauna, então nessa região do estuário a demanda por oxigênio se torna maior (Gray e Elliot, 2009). Portanto, a função de aeração das camadas inferiores desempenhada por estes táxons é muito importante nesta região.

A região à montante do estuário do Jaguaripe é caracterizada por sedimento mais grosso (Barros *et al.*, 2009), portanto permite maior circulação da água intersticial (Gray e Elliot, 2009). Assim, a diminuição da função de aeração do sedimento tem uma implicação menor do que se isso ocorresse, por exemplo, nas estações mais a jusante, devido a característica anóxica dos sedimentos. Além disso, a hidrodinâmica nessa região onde os sedimentos são mais grossos é em geral maior (Gray e Elliot, 2009), portanto apesar da menor quantidade de táxons com traços capazes de exercer a remobilização do sedimento nesta região a mesma talvez seja compensada pela hidrodinâmica do local.

As regiões com características mais marinhas e presença de sedimento fino também apresentaram elevada representação da ciclagem de nutrientes. Isso ocorreu principalmente devido a família de poliquetas Magelonidae que se distribuem de forma abundante nesta região, sendo tubícolas, suspensívoros (i.e. capazes de absorver as partículas em suspensão na água) e capazes também de se alimentar de depósitos superficiais e subsuperficiais (Jumars *et al.*, 2015). Organismos com estas características em geral, armazenam material orgânico dentro de seus tubos e posteriormente defecam na superfície (Miller e Wheeler, 2012). Essa função se faz importante em regiões onde a quantidade de material orgânico depositado nos sedimentos é maior (Gray e Elliot, 2009) e esse material precisa ser ciclado para retornar ao sistema.

A função de estabilização do sedimento no estuário do rio Jaguaripe também foi desempenhada principalmente pelos organismos da família Magelonidae. Estes organismos contribuem para acelerar o processo de decantação de partículas em suspensão (Jumars *et al.*, 2015). Por serem construtores de tubos, secretam muco que agrega as partículas ao redor, permitindo maior estabilidade dos grãos que estarão agregados ao muco, além de menor turbulência seja gerada na interface do tubo com sedimento, aumentando a estabilidade nesta área. Adicionalmente, a presença dos tubos promove aumento de espécies associadas (Woodin, 1981).

A produção secundária foi elevada nas estações com características mais marinhas e sedimento fino visto que a maior abundância de táxons se concentrou nesta região do estuário. Mas, sobretudo alguns táxons como Cirratulidae tiveram um papel importante, pois poliquetas desta família possuem expectativa de vida longa, podendo chegar a mais de 5 anos de vida, possuem alta taxa de fecundidade. Adicionalmente, possuem reprodução hermafrodita, o que contribui para um maior sucesso reprodutivo, pois não dependem de um indivíduo do sexo oposto para reprodução, e produzem ovos grandes, o que contribui para menor predação e aumenta a chance do organismo manter-se vivo até o assentamento.

Poucos táxons apresentaram os traços associados à fragmentação da matéria orgânica em regiões a jusante, portanto a contribuição desta função foi menos evidente nesta região do estuário. Em geral fragmentos maiores se concentram nas regiões mais a montante e diversos trabalhos já identificaram em regiões com estas características organismos que se alimentam de fragmentos maiores (fragmentos vegetais, animais e detritos) e possuem mandíbula (e.g. Nereididae) (Magalhães e Barros, 2011; Otegui *et al.*, 2016). O material macerado por esses organismos pode ser transportado via correntes em direção ao mar, devido à direção do fluxo nos estuários (Mclusky e Elliott, 2004). Portanto, o material orgânico com tamanhos menores pode ser disponibilizado para outras regiões, talvez compensando a ausência de organismos que possuam a capacidade de desempenhar esta função nas regiões a jusante.

Existe um padrão de substituição de táxons nos estuários da Baía de Todos os Santos (Barros *et al.*, 2014), ou seja, algumas famílias de poliqueta

são mais abundantes em regiões com menores salinidades (i.e. poliquetas da família Nereididae), outros em locais com valores de salinidade intermediários (i.e. poliquetas da família Orbiniidae) e alguns táxons são mais abundantes em regiões com condições marinhas (e.g. poliquetas da família Cirratulidae e Magelonidae) (Barros *et al.*, 2009). Apesar dos táxons se substituírem, as funções são mantidas ao longo dos gradientes devido aos táxons possuírem conjuntos de traços similares para desempenhar determinada função. Dessa forma, permite que uma outra família que possui um conjunto de traços similar exerça o mesmo papel que o táxon substituído no ambiente, contribuindo para manutenção da função ao longo do gradiente. Isso se baseia no princípio de compensação funcional no qual espécies funcionalmente equivalentes, apresentam diferentes respostas as condições ambientais e é esta diferença na resposta que permite que a compensação ocorra (Frid, 2011).

Alguns organismos devido à região que se distribuem e aos papéis que são capazes de desempenhar podem ser considerados espécies muito importantes, ou essenciais, para o funcionamento dos ecossistemas, como por exemplo, o poliqueta Nereididae. Além de ser considerado importante para produção secundária (Omena e Amaral, 2000) é capaz de povoar e ser abundante em regiões de baixa salinidade intoleráveis a outros poliquetas (Linden *et al.*, 2016) apresentando traços que contribuem para manutenção da maioria das funções importantes para o estuário como a fragmentação da matéria orgânica e remobilização do sedimento.

A elevada abundância dessas espécies importantes contribui para recuperação dos ambientes após eventos de distúrbios naturais ou antrópicos, através dos traços biológicos e das funções que estes organismos são capazes de desempenhar no ambiente. O aumento de táxons que apresentam o traço depositívoro, por exemplo, é associado a ambientes com poluição causada por material orgânico (Pearson e Rosenberg, 1978). A capacidade do ambiente se recuperar depende que estes organismos possuam outros traços além de depositívoros como serem suspensívoros, tubícolas e cavadores para que sejam capazes de desempenhar funções importantes como a ciclagem de nutrientes e aeração das camadas inferiores. O estuário do rio Jaguaripe, por exemplo, possui maior redundância funcional para estas funções nas regiões mais marinhas, portanto essa região possui uma chance maior de se recuperar

do que em regiões onde a redundância destas funções é baixa. A recuperação do ambiente após distúrbios no fundo, como dragagem e arrasto, também pode ser influenciada pela distribuição das funções. Locais com maior redundância funcional em termos de estabilização do sedimento contribuem para recuperação do ambiente visto que essas atividades, entre as diversas consequências que geram (e.g. remoção da biota), são reconhecidamente responsáveis por ressuspender uma grande quantidade de sedimento tornando difícil a deposição de material orgânico (Olsgard *et al.*, 2008). Portanto organismos que são abundantes e que tem a capacidade de estabilizar o sedimento são importantes para aumento da resiliência na região.

6. CONCLUSÃO

O uso dos traços biológicos de poliquetas e agrupamento das categorias de traços em funções ecológicas específicas foi uma ferramenta útil para acessar a relação entre taxonomia e função. Essa abordagem permite inferir sobre quais seriam os organismos que apresentam o maior potencial em desempenhar papéis importantes para o funcionamento do ambiente. Além disso, permite compreender o impacto que o aumento ou diminuição na abundância de determinado táxon pode gerar para o ecossistema em consequência da perda, ganho ou diminuição de uma dada função para o ambiente.

As características da comunidade em termos da distribuição de traços biológicos determinam as funções que estarão sendo desempenhadas em cada ambiente e torna possível interpretar como o ambiente pode se recuperar diante de um distúrbio (e.g. evento de dragagem) pela capacidade da comunidade de desempenhar funções que favoreçam a recuperação deste.

A associação dos traços de cada organismo com as funções torna mais compreensível como cada conjunto de traços afeta a distribuição das funções no ecossistema. Estudos futuros podem investigar as relações de funções específicas em diferentes condições ambientais (e.g. teor de contaminantes e matéria orgânica), incluindo outros grupos de organismos considerados importantes em termos de função (e.g. moluscos e crustáceos). Isso permitirá uma melhor interpretação dos resultados obtidos a partir dos índices de diversidade e redundância funcional.

7. REFERÊNCIAS

- ALLER, R.C., 1988. Benthic fauna and biogeochemical processes in marine sediments. *Nitrogen Cycl. Coast. Mar. Environ.* 301–341.
- BARROS, F., CRUZ, I. C. S., KIKUCHI, R. K. P., LEÃO, Z. M. A. N. 2009. Ambiente bentônico. In: Hatje, V.; Andrade, J. B. (Eds.). *Baía de Todos os Santos – aspectos oceanográficos*, Salvador: EDUFBA, p. 207-241.
- BARROS, F., BLANCHET, H., HAMMERSTROM, K., SAURIAU, P.G., OLIVER, J., 2014. A framework for investigating general patterns of benthic biodiversity along estuaries. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 149, 223–231. [doi:10.1016/j.ecss.2014.08.025](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.08.025)
- BIANCHIN JR. I., CUNHA-SANTINO, M.B., 2006. The effect of the size of particles on mineralization of *Oxycaryum cubense* (Poepf. & Kunth) Lye. *Braz. J. Biol.* 66, 641–650. [doi:10.1590/S1519-69842006000400008](https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000400008)
- BOLAM, S.G., 2014. Macrofaunal recovery following the intertidal recharge of dredged material: A comparison of structural and functional approaches. *Mar. Environ. Res.* 97, 15–29. [doi:10.1016/j.marenvres.2014.01.008](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.01.008)
- BREMNER, J., 2008. Species traits and ecological functioning in marine conservation and management. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 366, 37–47. [doi:10.1016/j.jembe.2008.07.007](https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.07.007)
- BREMNER, J., ROGERS, S.I., FRID, C.L.J., 2006a. Methods for describing ecological functioning of marine benthic assemblages using biological traits analysis (BTA). *Ecol. Indic.* 6, 609–622. [doi:10.1016/j.ecolind.2005.08.026](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.08.026)
- BREMNER, J., ROGERS, S.I., FRID, C.L.J., 2006b. Matching biological traits to environmental conditions in marine benthic ecosystems. *J. Mar. Syst.* 60, 302–316. [doi:10.1016/j.jmarsys.2006.02.004](https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.02.004)
- BREMNER, J., ROGERS, S.I., FRID, C.L.J., 2003. Assessing functional diversity in marine benthic ecosystems : a comparison of approaches 254, 11–25.
- CHEVENET, F., DOLÉDEC, S., CHESSEL, D., 1994. A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshw. Biol.* 31, 295–309. [doi:10.1111/j.1365-2427.1994.tb01742.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb01742.x)
- CUSSON, M., BOURGET, E., 2005. Global patterns of macroinvertebrate production in marine benthic habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 297, 1–14. [doi:10.3354/meps297001](https://doi.org/10.3354/meps297001)
- DIAZ, S., CABIDO, M., 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes 16, 646–655.

ELLIOTT, M., QUINTINO, V., 2007. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Mar. Pollut. Bull.* 54, 640–645. [doi:10.1016/j.marpolbul.2007.02.003](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.02.003)

FAULWETTER S.; MARKANTONATOU V.; PAVLOUDI C.; PAPAGEORGIOU N.; KEKLIKOGLOU K.; CHATZINIKOLAOU E.; PAFILIS E.; CHATZIGEORGIOU G.; VASILEIADOU K.; DAILIANIS T.; FANINI L.; KOULOURI P.; ARVANITIDIS C., 2014. *Polytraits*: A data base on biological traits of marine polychaetes. *Biodiversity Data Journal* 2: e1024. [doi:10.3897/BDJ.2.e1024](https://doi.org/10.3897/BDJ.2.e1024).

Frid, C.L.J., 2011. Temporal variability in the benthos: Does the sea floor function differently over time? *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 400, 99–107. [doi:10.1016/j.jembe.2011.02.024](https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.02.024)

GIANGRANDE, A., 1997. Polychaete reproductive patterns, life cycle and life histories: an overview. *Oceanogr. Mar. Biol. an Annu. Rev.* 35, 323–386.

GRAY, J.S., ELLIOTT, M., 2009. The sediment and related environmental factors. In: *Ecology of Marine Sediments*, second ed. Oxford University Press. cap.2, p. 22-33.

HOOPER D., CHAPIN F., EWEL J., HECTOR A., INCHAUSTI P., LAVOREL S., LAWTON J., LODGE D., LOREAU M., NAEEM S., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol Monogr* 75:3–35.

HUTCHINGS, P., 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodivers. Conser.* 7,1133–1145. [doi:10.1023/A:1008871430178](https://doi.org/10.1023/A:1008871430178)

JAX, K., 2005. Function and functioning in ecology: what does it mean? *Oikos* 111, 641–648. [doi:10.1111/j.1600-0706.2005.13851.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2005.13851.x)

JUMARS, P.A., DORGAN, K.M., LINDSAY, S.M., 2015. Diet of worms emended: an update of polychaete feeding guilds. *Ann. Rev. Mar. Sci.* 7, 497–520, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-020007>

KRAFT, N.J.B., ADLER, P.B., GODOY, O., JAMES, E.C., FULLER, S., LEVINE, J.M., 2015. Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. *Funct. Ecol.* 29, 592–599. [doi:10.1111/1365-2435.12345](https://doi.org/10.1111/1365-2435.12345)

KRULL, M., ABESSA, D. M. S., HATJE, V., BARROS, F., 2014. Integrated assessment of metal contamination in sediments from two tropical estuaries. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 106, 195–203.

LAVOREL; S., GARNIER, E., 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits : revisiting the Holy Grail. *Funct. Ecol.* 16, 545–556.

LINDEN, P. VAN DER, MARCHINI, A., SMITH, C.J., DOLBETH, M., 2016. Functional changes in polychaete and mollusc communities within two tropical estuaries 1–36. [doi:10.1016/j.ecss.2016.12.019](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.12.019)

MAGALHÃES, W.F., BARROS, F., 2011. Structural and functional approaches to describe polychaete assemblages: Ecological implications for estuarine ecosystems. *Mar. Freshw. Res.* 62, 918–926. [doi:10.1071/MF10277](https://doi.org/10.1071/MF10277)

MARLIN 2006. BIOTIC - Biological Traits Information Catalogue. Marine Life Information Network. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [01/06/2017] Available from www.marlin.ac.uk/biotic

MCLUSKY, D. S., ELLIOT, M., 2004. The estuarine environment. In: McLusky, D. S., Elliot, M. (Eds.). *The Estuarine Ecosystem - ecology, threats, management*, Oxford University Press, cap.1, p. 1-18.

NAEEM, S., CHAPIN III, S. F., COSTANZA, R., EHRLICH, P.R., GOLLEY, F.B., HOOPER, D.U., LAWTON, J.H., NEILL, R. V. O., MOONEY, H.A., SALA, O.E., SYMSTAD, A.J., TILMAN, D., 1999. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Maintaining Natural Life Support Processes. *Issues in Ecology* 4, 1-12.

MILLER, C. B., WHEELER, P. A., 2012. Benthic community ecology. In: *Biological Oceanography*. second ed. Oxford University Press. cap. 14, p.330-343.

NIZZOLI, D., BARTOLI, M., COOPER, M., WELSH, D.T., UNDERWOOD, G.J.C., VIAROLI, P., 2007. Implications for oxygen, nutrient fluxes and denitrification rates during the early stage of sediment colonisation by the polychaete *Nereis* spp. in four estuaries. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 75, 125–134. [doi:10.1016/j.ecss.2007.03.035](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.03.035)

NORLING, K., ROSENBERG, R., HULTH, S., GRÉMARE, A., BONSDORFF, E., 2007. Importance of functional biodiversity and species-specific traits of benthic fauna for ecosystem functions in marine sediment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 332, 11–23. [doi:10.3354/meps332011](https://doi.org/10.3354/meps332011)

NUNES-NETO, N.F., DO CARMO, R.S., EL-HANI, C.N., 2013. O conceito de função na ecologia contemporânea. *Rev. Filos. Aurora* 25, 43–73. [doi:10.7213/revistadefilosofiaaurora.7765](https://doi.org/10.7213/revistadefilosofiaaurora.7765)

ODUM, H.T., ODUM, H.T., 1959. Review : A Marine Biology Symposium Published by : Ecological Society of America 40, 745–746.

OLSGARD, F., SCHAANNING, M.T., WIDDICOMBE, S., KENDALL, M.A.,

AUSTEN, M.C., 2008. Effects of bottom trawling on ecosystem functioning. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 366, 123–133. [doi:10.1016/j.jembe.2008.07.036](https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.07.036)

Omena, E.P., Amaral, A.C.Z., 2000. Population dynamics and secondary production of *Laeonereis acuta* (Nereididae: Polychaeta). *Bull. Mar. Sci.* 67, no. 1, pp. 421-431.

OTEGUI, M.B.P., BRAUKO, K.M., PAGLIOSA, P.R., 2016. Matching ecological functioning with polychaete morphology: Consistency patterns along sedimentary habitats. *J. Sea Res.* 114, 13–21. [doi:10.1016/j.seares.2016.05.001](https://doi.org/10.1016/j.seares.2016.05.001)

OUG, E., FLEDDUM, A., RYGG, B., OLSGARD, F., 2012. Biological traits analyses in the study of pollution gradients and ecological functioning of marine soft bottom species assemblages in a fjord ecosystem. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 432–433, 94–105. [doi:10.1016/j.jembe.2012.07.019](https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.07.019)

PAGANELLI, D., MARCHINI, A., OCCHIPINTI-AMBROGI, A., 2012. Functional structure of marine benthic assemblages using Biological Traits Analysis (BTA): A study along the Emilia-Romagna coastline (Italy, North-West Adriatic Sea). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 96, 245–256. [doi:10.1016/j.ecss.2011.11.014](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.11.014)

PAPAGEORGIU, N., SIGALA, K., KARAKASSIS, I., 2009. Changes of macrofaunal functional composition at sedimentary habitats in the vicinity of fish farms. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 83, 561–568. [doi:10.1016/j.ecss.2009.05.002](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.05.002)

PEARSON, T.H., ROSENBERG, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 16, 229–311. [doi:10.1111/j.1540-5834.2012.00707.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-5834.2012.00707.x)

ROUSE, G.W., PLEIJEL, F., 2001. *Polychaetes*. Oxford University Press, 354 pp.

R development core team., 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-762-900051-07-0, [URL: <http://www.R-project.org/>](http://www.R-project.org/)

SOUZA, G.B.G., BARROS, F., 2014. Analysis of sampling methods of estuarine benthic macrofaunal assemblages: sampling gear, mesh size, and taxonomic resolution. *Hydrobiologia* 743, 157–174. [doi:10.1007/s10750-014-2033-z](https://doi.org/10.1007/s10750-014-2033-z)

THRUSH, S.F., HEWITT, J.E., Gibbs, M., Lundquist, C., Norkko, A., 2006. Functional role of large organisms in intertidal communities: Community effects and ecosystem function. *Ecosystems* 9, 1029–1040. [doi:10.1007/s10021-005-0068-8](https://doi.org/10.1007/s10021-005-0068-8)

TUMBIOLO, M.L., DOWNING, J.A., 1994. An empirical model for the

prediction of secondary production in marine benthic invertebrate populations. Mar. Ecol. Prog. Ser. 114, 165–174. [doi:10.3354/meps114165](https://doi.org/10.3354/meps114165)

WALKER, B. H., 1995. Conserving biological diversity through ecosystem resilience. Conservation Biology 9, 747–752. [doi:10.1046/J.1523-1739.1995.09040747.X](https://doi.org/10.1046/J.1523-1739.1995.09040747.X)

WOODIN, S. a N.N., 1981. Disturbance and Community Structure in a Shallow Water Sand Flat. Ecol. Soc. Am. 62, 1052–1066. [doi:10.1093/ecol/62.10.1052](https://doi.org/10.1093/ecol/62.10.1052)

APÊNDICE A

Tabela 2. Escores das categorias de traços biológicos das famílias de poliquetas identificadas nos estuários da Baía de Todos os Santos.

TAXÓN	Modo de alimentação					Entrega de alimento				Mandíbula		Mobilidade			Tipo de movimento			tamanho do corpo			Compartimento Sedimentar		Material para construção de tubos				
	S	DEP_S	DEP_SUB	PREDHERB	ONV	FEM	FEN	FN	T	MAD_1	MAD_0	MOB_M	MOB_DM	MOB_S	MOV_C	MOV_R	MOV_N	MOV_TB	P	M	G	E	I	TB_S	TB_A	TB_L	TB_D
Capitellidae	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	2	2	0	0	3	3	0	0	0
Cirratulidae	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0	3	2	2	0	3	0	0	0	2	2	0	1	2	2	2	2	0
Eunicidae	0	1	0	0	0	2	3	0	0	0	3	0	1	2	0	2	2	0	2	0	0	3	2	2	0	0	3
Glyceridae	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	2	2	0	2	2	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0
Goniadidae	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	2	2	0	3	0	0	0	0	3	0	2	2	0	0	0
Magelonidae	2	2	2	1	0	0	0	0	0	3	0	3	0	3	0	2	0	0	1	3	0	0	0	3	3	0	0
Maldanidae	2	0	2	0	0	0	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	0	3	0	3	0	0	3	2	2	2	2
Nereididae	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	3	0	2	2	0	2	2	2	0	0	2	2	0	3	3	0	0
Onuphidae	0	1	0	0	2	1	3	0	0	0	3	0	2	2	0	0	1	0	2	0	0	3	2	2	0	2	0
Orbinidae	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	3	1	0	0	3	0	0	0	0
Paraonidae	0	2	2	0	2	0	0	3	0	0	0	3	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	3	2	2	2	0
Phyllodocidae	0	1	1	2	0	0	3	0	0	0	3	0	3	0	0	2	2	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0
Pilargidae	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	2	2	3	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	3	0	0	0
Poecilochaetidae	2	2	2	0	0	0	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0	0	0	2	2	0	0	3	3	0	0	0
Sabellidae	2	1	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	1	2	0	0	0	3	2	2	0	2	2	3	0	0	0
Spionidae	2	2	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	3	0	0	0	0	3	2	2	0	0	3	0	0	3	0
Sternaspidae	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0
Syllidae	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	3	2	2	0	2	2	0	0	2	2	0	3	0	3	0	0
Acoetidae	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	0
Ampharetidae	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	3	0	0	0	0	3	0	2	0	2	2	3	0	0	0
Amphinomidae	0	0	0	2	1	0	3	0	0	0	3	0	3	0	0	2	2	2	0	2	0	2	0	3	0	0	0
Arenicolidae	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	3	2	2	2	0
Cossuridae	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	3	0	0	3	0	0	0	2	2	0	0	3	0	0	0	0
Dorvilleidae	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	3	0	2	2	0	0	2	0	1	2	1	0	2	2	0	0	0
Flabelligeridae	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	3	0	2	0	1	0	0	3	0	0	1	2	0	0	0
Hesionidae	0	0	1	2	0	2	3	0	0	0	3	0	2	2	0	0	2	0	2	3	0	0	2	2	0	0	0
Lacydoniidae	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0
Lumbrineridae	0	1	1	2	1	0	3	0	0	0	3	0	2	2	0	3	0	0	0	0	2	2	1	2	0	0	0
Nephtyidae	0	1	1	2	0	0	3	0	0	0	3	0	3	0	0	2	2	2	0	2	0	2	0	3	3	0	0
Oeonidae	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	2	2	2	2	2	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0
Opheliidae	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	2	0	2	0	0	3	0	0	3	0	0	0
Paralacydoniidae	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0
Pectinariidae	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	3	0	3	0	0	0	0	3	0	3	0	0	3	2	2	0	2
Polynoidae	0	1	1	2	0	0	3	0	0	0	3	0	2	2	0	1	2	1	0			3	0				
Serpulidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	3	0	0	0	3	2	0	2	3	0	0	0	0
Sigalionidae	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	2	2	3	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0
Sphaerodoridae	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	0			2	2	0	0	3					
Terebellidae	1	2	1	0	0	0	0	0	0	3	0	3	2	2	0	1	1	2	0	2	2	2	2	2	2	2	0
Trichobranchidae	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	3	2	2	0	2			2	0	3	1	0	3				

Traços biológicos de poliquetas como ferramenta para acessar funções ecológicas no ecossistema estuarino

Tabela 2. Continuação.

TAXÓN	Idade da 1ª reprodução			Modo de Reprodução			Taxa de fecundidade					Expectativa de vida			tamanho do ovo		
	1ªREP_C	1ªREP_M	1ªREP_T	REP_GON	REP_HF	REP_A	FEC_MA	FEC_A	FEC_M	FEC_B	FEC_MB	EXP_C	EXP_M	EXP_L	OVO_P	OVO_M	OVO_G
Capitellidae	3	0	0	2	1	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	3
Cirratulidae	0	3	0	0	2	1	0	3	0	0	0	0	0	3	0	2	2
Eunicidae	0	3	0	3	0	0						0	3	0	3	0	0
Glyceridae				3	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0
Goniadidae				3	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0
Magelonidae	0	2	2	0	3	0			3			0	0	3	0	3	0
Maldanidae	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	3
Nereididae				3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	3
Onuphidae				2	1	0											
Orbinidae	0	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0
Paraonidae				3	0	0											
Phyllodocidae	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0
Pilargidae				3	0	0											
Poecilochaetidae																	
Sabellidae	0	3	0	2	2	2	3	0	0	0	0				0	2	2
Spionidae	3	0	0	2	0	2	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3
Sternaspidae				3	0	0						3	0	0	0	3	0
Syllidae	3	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0
Acoetidae																	
Ampharetidae	3			3	0	0		3					3				3
Amphinomidae				2	2	0								0		0	
Arenicolidae	0	3	0	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0
Cossuridae																	
Dorvilleidae	3	0	0	2	2	2	0	0	0	3	0	0	3	0	2	2	2
Flabelligeridae																	
Hesionidae	0	3	0	3	0	0	0	3	0	0	0				0	3	0
Lacydoniidae																	
Lumbrineridae			3	3	0	0											3
Nephtyidae		3		3	0	0			3					3		3	
Oeonidae				3	0	0											
Opheliidae				3	0	0						2	0	2			
Paralacydoniidae																	
Pectinariidae	0	3	0	2	2	0									3	0	0
Polynoidae	0	3	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0
Serpulidae	3	0	0	2	2	2	3	0	0	0	0	0	3	0			
Sigalionidae																	
Sphaerodoridae																	
Terebellidae	3	0	0	3	0	0	2	2	0	2	0	2	2	2	0	2	2
Trichobranchidae																	

APÊNDICE B

Tabela 3. Matriz da abundância ponderada das categorias de traços biológicos em cada uma das estações amostrais do estuário do Rio Jaguaripe ao longo dos anos.

ESTAÇÕES AMOSTRAIS	Modo de alimentação				Entrega de alimento					Mandíbula			Mobilidade			Tipo de movimento				Tamanho do corpo			Compartimento Sedimentar	
	S	DEP_S	DEP_SUB	PRED	HERB	ONV	FEM	FEN	FN	T	MAD_1	MAD_0	MOB_M	MOB_DM	MOB_S	MOV_C	MOV_R	MOV_N	MOV_TB	P	M	G	E	I
JAG_MAI_2006#1	12	20	47	6	0	0	0	18	0	30	0	30	35	26	0	51	0	0	6	53	17	0	4	53
JAG_MAI_2006#2	10	29	70	8	0	8	12	28	0	42	12	42	67	41	0	87	8	4	7	75	39	7	11	86
JAG_MAI_2006#3	68	221	250	32	2	37	42	20	0	330	39	333	210	282	0	357	27	22	31	281	199	25	81	322
JAG_MAI_2006#4	172	172	307	97	0	0	12	91	0	258	11	263	144	264	0	318	2	2	85	391	60	0	6	402
JAG_MAI_2006#5	126	126	144	63	0	0	0	12	0	189	0	189	18	189	0	144	0	0	63	207	6	0	0	207
JAG_MAI_2006#6	2	2	5	4	0	0	3	2	0	3	3	3	5	5	0	7	2	0	1	6	4	0	0	9
JAG_MAI_2006#7	0	0	9	3	0	0	3	6	0	0	3	0	11	2	0	12	0	0	0	9	6	0	2	11
JAG_MAI_2006#8	0	0	3	3	0	9	12	3	0	0	11	5	12	6	0	11	8	6	0	4	10	6	0	15
JAG_MAI_2006#9	0	0	0	0	0	42	42	0	0	0	42	0	28	28	0	28	28	28	0	0	28	28	0	42
JAG_MAI_2006#10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JAG_AGO_2007#1	14	48	76	11	8	7	27	34	0	57	27	69	80	68	0	89	14	6	31	71	64	20	29	108
JAG_AGO_2007#2	6	32	112	26	4	2	30	56	0	45	30	45	128	53	0	141	16	0	9	116	78	6	18	144
JAG_AGO_2007#3	118	218	347	65	0	12	27	90	0	327	15	351	245	296	0	414	8	8	65	391	177	11	55	429
JAG_AGO_2007#4	280	288	463	144	0	6	15	118	0	432	9	438	199	433	4	478	8	6	141	598	86	8	7	619
JAG_AGO_2007#5	102	104	122	66	0	0	18	12	0	153	15	156	33	159	0	133	10	0	51	171	22	4	4	187
JAG_AGO_2007#6	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	13	4	12	6	0	10	10	0	0	4	13	0	0	15
JAG_AGO_2007#7	2	2	0	6	0	18	24	0	0	3	23	5	17	17	0	16	16	12	3	4	19	12	0	27
JAG_AGO_2007#8	0	0	0	0	0	39	39	0	0	0	39	0	26	26	0	26	26	26	0	0	26	26	0	39
JAG_AGO_2007#9	0	0	0	0	0	108	108	0	0	0	108	0	72	72	0	72	72	72	0	0	72	72	0	108
JAG_AGO_2007#10	0	0	0	0	0	126	126	0	0	0	126	0	84	84	0	84	84	84	0	0	84	84	0	126
JAG_JUL_2010#1	12	44	133	6	8	0	6	79	0	54	6	69	139	46	0	150	12	0	15	142	84	0	12	159
JAG_JUL_2010#2	78	137	182	37	51	16	48	130	0	135	45	267	159	186	2	194	58	4	93	172	170	30	46	281
JAG_JUL_2010#3	6	13	15	6	8	4	9	12	0	9	9	21	18	15	0	20	9	2	5	17	13	5	4	28
JAG_JUL_2010#4	4	22	34	2	18	0	0	39	0	6	0	45	39	6	0	34	18	0	2	32	26	0	0	45
JAG_JUL_2010#5	6	18	50	8	14	0	6	54	0	6	5	62	56	11	0	53	16	0	5	42	42	0	2	65
JAG_JUL_2010#6	4	11	33	2	10	0	3	36	0	0	3	30	36	6	0	30	12	0	6	25	27	2	2	41
JAG_JUL_2010#7	10	13	33	0	0	0	0	33	0	18	0	51	33	18	0	35	0	1	15	32	35	0	1	50
JAG_JUL_2010#8	0	0	12	3	0	249	252	12	0	0	251	14	181	166	0	180	168	166	0	10	176	166	0	264
JAG_JUL_2010#9	6	6	4	0	0	15	15	0	0	9	15	9	10	19	0	16	10	10	3	6	16	10	0	24
JAG_JUL_2010#10	0	0	0	0	0	543	543	0	0	0	543	0	362	362	0	362	362	362	0	0	362	362	0	543
JAG_AGO_2014#1	4	48	102	10	24	6	21	73	0	36	20	77	124	38	0	123	27	0	11	105	77	10	20	131
JAG_AGO_2014#2	8	125	141	22	47	31	69	70	0	126	59	203	193	134	0	215	59	10	23	138	169	39	68	207
JAG_AGO_2014#3	190	365	409	119	60	82	171	57	0	540	166	598	333	580	0	530	98	38	204	423	359	127	134	667
JAG_AGO_2014#4	12	98	103	31	86	0	27	138	0	18	23	164	160	28	0	126	94	0	10	116	119	0	10	178

Traços biológicos de poliquetas como ferramenta para acessar funções ecológicas no ecossistema estuarino

Tabela 3. Continuação.

ESTAÇÕES AMOSTRAIS	Idade da 1ª reprodução			Modo de Reprodução			Taxa de fecundidade					Expectativa de vida			Tamanho do ovo		
	X1ºREP_C	X1ºREP_M	X1ºREP_T	REP_GON	REP_HF	REP_A	FEC_MA	FEC_A	FEC_M	FEC_B	FEC_MB	EXP_C	EXP_M	EXP_L	OVO_P	OVO_M	OVO_G
JAG_MAI_2006#1	0	51	12	27	26	4	0	12	45	0	0	0	27	30	0	53	8
JAG_MAI_2006#2	0	82	10	54	33	9	3	27	63	0	0	6	48	42	3	78	24
JAG_MAI_2006#3	3	316	58	71	240	76	3	228	153	0	0	36	33	315	0	275	185
JAG_MAI_2006#4	0	302	170	147	255	0	9	0	387	0	0	2	141	257	0	396	0
JAG_MAI_2006#5	0	144	126	18	189	0	0	0	207	0	0	0	18	189	0	207	0
JAG_MAI_2006#6	0	5	2	6	3	0	3	0	6	0	0	0	6	3	0	9	0
JAG_MAI_2006#7	0	9	0	12	0	0	3	0	9	0	0	0	12	0	0	12	0
JAG_MAI_2006#8	3	0	0	14	1	0	0	0	9	3	0	12	0	0	0	0	12
JAG_MAI_2006#9	0	0	0	42	0	0	0	0	42	0	0	42	0	0	0	0	42
JAG_MAI_2006#10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JAG_AGO_2007#1	12	94	4	77	36	13	3	51	48	0	12	6	57	51	0	77	50
JAG_AGO_2007#2	3	124	4	114	32	14	24	39	90	0	0	0	111	42	0	138	27
JAG_AGO_2007#3	0	400	112	146	276	53	6	159	297	0	9	15	129	330	0	400	127
JAG_AGO_2007#4	6	460	274	192	417	3	7	13	594	4	0	10	184	424	0	601	16
JAG_AGO_2007#5	6	120	102	33	153	0	9	6	171	0	0	6	27	153	0	186	0
JAG_AGO_2007#6	0	0	0	15	0	0	9	0	0	0	0	0	9	0	0	9	0
JAG_AGO_2007#7	3	0	0	26	0	2	3	3	18	0	0	18	6	0	0	3	21
JAG_AGO_2007#8	0	0	0	39	0	0	0	0	39	0	0	39	0	0	0	0	39
JAG_AGO_2007#9	0	0	0	108	0	0	0	0	108	0	0	108	0	0	0	0	108
JAG_AGO_2007#10	0	0	0	126	0	0	0	0	126	0	0	126	0	0	0	0	126
JAG_JUL_2010#1	18	132	0	126	25	22	6	51	96	3	0	3	117	36	0	126	42
JAG_JUL_2010#2	27	166	43	174	117	25	9	69	72	21	48	27	72	123	6	116	128
JAG_JUL_2010#3	3	6	6	19	11	0	3	0	12	3	0	6	3	9	0	12	6
JAG_JUL_2010#4	12	4	4	35	10	0	0	0	6	12	0	12	0	6	0	6	12
JAG_JUL_2010#5	30	7	4	50	16	0	3	0	6	30	3	30	6	6	0	9	33
JAG_JUL_2010#6	12	15	0	39	3	0	0	3	9	9	6	12	15	0	0	12	15
JAG_JUL_2010#7	48	0	0	32	11	10	0	15	0	33	0	33	15	0	0	0	48
JAG_JUL_2010#8	12	0	0	260	4	0	0	0	249	12	0	261	0	0	0	0	261
JAG_JUL_2010#9	3	0	0	17	0	2	0	3	15	0	0	15	3	0	0	0	18
JAG_JUL_2010#10	0	0	0	543	0	0	0	0	543	0	0	543	0	0	0	0	543
JAG_AGO_2014#1	18	84	6	110	26	16	3	36	51	12	0	9	66	30	5	76	43
JAG_AGO_2014#2	30	126	15	135	86	42	9	120	30	15	3	39	27	114	3	100	130
JAG_AGO_2014#3	36	388	154	231	381	81	33	237	291	3	21	66	93	429	3	408	252
JAG_AGO_2014#4	15	8	8	166	15	4	15	6	12	9	0	9	21	12	0	27	15
JAG_AGO_2014#5	3	4	4	26	7	0	15	0	6	3	0	3	15	6	0	21	3
JAG_AGO_2014#6	42	0	0	62	5	16	6	27	12	15	0	30	30	0	0	9	51
JAG_AGO_2014#7	45	0	0	75	7	16	0	24	27	21	0	48	24	0	0	0	72
JAG_AGO_2014#8	129	0	0	116	20	46	0	69	27	60	0	87	69	0	0	0	156
JAG_AGO_2014#9	3	0	0	152	0	2	0	3	150	0	0	150	3	0	0	0	153
JAG_AGO_2014#10	6	0	0	1816	2	0	0	0	1812	6	0	1818	0	0	0	0	1818