**Natalia Venturini**

# Influência da quantidade e qualidade da matéria orgânica sedimentar na estrutura e distribuição vertical e horizontal das comunidades bentônicas na plataforma de São Sebastião, São Paulo, Brasil

**Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências, área de Oceanografia Biológica.**

**Orientadora:**
**Profa. Dra. Ana Maria Setubal Pires Vanin**

**São Paulo**

**2007**

Universidade de São Paulo
Instituto Oceanográfico

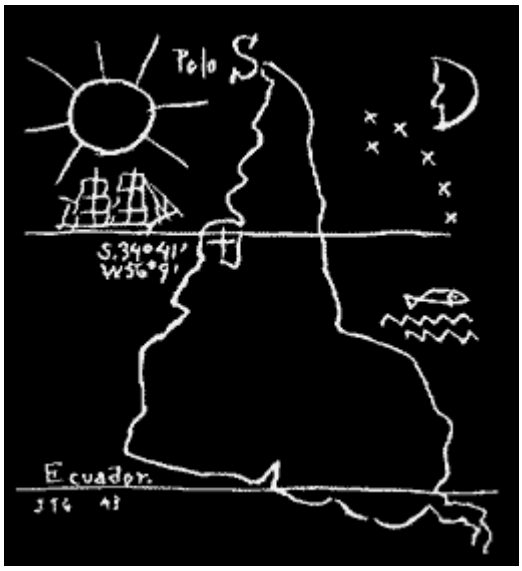
Influência da quantidade e qualidade da matéria orgânica sedimentar na estrutura e distribuição vertical e horizontal das comunidades bentônicas na plataforma de São Sebastião, São Paulo, Brasil.

Natalia Venturini

Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências, área de Oceanografia Biológica.

Julgada em ____/____/_____

| | |
|---|---|
| _____ | _____ |
| Prof(a). Dr(a). | Conceito |
| _____ | _____ |
| Prof(a). Dr(a). | Conceito |
| _____ | _____ |
| Prof(a). Dr(a). | Conceito |
| _____ | _____ |
| Prof(a). Dr(a). | Conceito |
| _____ | _____ |
| Prof(a). Dr(a). | Conceito |




Joaquín Torres García - Montevideo 1874-1891

"Nuestro norte es el sur"

Si el mundo está, como ahora está, patas para arriba,

¿No habría que darlo vuelta para que pueda pararse sobre sus pies?

Cada persona brilla con luz propia entre todas las demás.

No hay dos fuegos iguales. Hay fuegos grandes y fuegos chicos y fuegos de todos los colores. Hay gente de fuego sereno, que ni se entera del viento, y gente de fuego loco, que llena el aire de chispas. Algunos fuegos, fuegos bobos, no alumbran ni queman; pero otros arden la vida con tantas ganas que no se puede mirarlos sin parpadear, y quien se acerca, se enciende.

El libro de los abrazos - EDUARDO GALEANO - 1989

A mis padres…….

# AGRADECIMENTOS

A Ana pela orientação, amizade, por corrigir meu "portunhol" e principalmente pela confiança depositada em mim quando cheguei com a proposta inicial deste trabalho, muito obrigada! E não acabou por aqui não, viu?

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Doutorado.

Ao Prof. Paulo Lana por aceitar participar da minha banca, pelos bons papos no congresso de poliquetas em Portland (foi muito bom conversar com você!) e pelas "mollejas" barreado, etc., que legal!

À Profa. María Salhi por aceitar participar da minha banca, me ensinar tudo sobre a análise dos ácidos graxos e principalmente pela amizade. María, muchas gracias de corazón y quedate tranquila que podés hablar en español!

Aos docentes e funcionários do IOUSP que contribuíram com a minha formação e tiveram uma enorme receptividade com esta uruguaia que fala esquisito, não posso deixar de agradecer a TODOS vocês por tantos momentos agradáveis e porque a gente de alguma maneira é uma "grande família", muito obrigada! Gostaria de agradecer especialmente a alguns deles que colaboraram diretamente com a realização deste trabalho:

Ao Prof. Michel pelas imagens de sonar, as análises de CNS e pela ajuda com os cálculos da taxa de sedimentação. Você foi um dos responsáveis por a minha tese ter um pouco de geologia, química e biologia o que é bom para quebrar a cabeça, sabe? O churrasco em La Floresta está prometido porque a gente não vai somente trabalhar não!

À Profa. Bete por me abrir as portas do seu laboratório para que eu pudesse desenvolver as técnicas e as análises dos biopolímeros e pelas sugestões na qualificação, muito obrigada!

Ao Prof. Paulo pela amizade, pelo empréstimo do ultrafreezer, dos corers e tantos outros materiais fundamentais para as coletas. O pessoal das duas salas forma uma "comunidade bentônica", né? Obrigada Paulinho!

Ao Tomasinho e ao Manelão pelo auxílio em várias etapas deste trabalho e pela disposição constante para ajudar no que for preciso, vocês dois são incríveis!

À tripulação do Veliger II pela ajuda nas coletas, peço desculpas por ter feito vocês jogarem taaaaaaaaantos boxcorers, valeu!

A todo o pessoal do LABNUT pela ajuda e o companheirismo, especialmente ao Giba pelos chocolates que alegravam o meu dia quando ficava até tardão no lab, valeu gente!

Ao pessoal da biblioteca do IOUSP pelo auxílio na procura do material bibliográfico mesmo quando eu me esquecia de olhar no Dedalus primeiro.

À Silvana e à Ana Paula por tirar tantas e tantas dúvidas e pelas várias cartas que fizeram e vão ter que fazer para mim, prometo trazer "salchichón de chocolate" para vocês meninas.

Ao Valter pela ajuda com os vírus, hackers, instalação de softwares, etc., e por ser essa pessoa tão carinhosa que você é, obrigada Valtercito!

À Thaïs pelo empréstimo de bibliografia, à June por me atender fora do horário (foi uma vez só), ao Prof. Nonato (você é um exemplo para todos nós), ao Seu Amaro (que saudades de você!), à Lourdes pelo carinho, à Moniquita pela amizade e por me apresentar à família dos poliquetologistas como você falou (a viagem foi muito legal, né? e a próxima é para Mar del Plata, se prepara!), à Edna (você fala cada coisa que dá medo viu?) e à Cris por sempre dar um jeito quando a gente precisa uma assinatura da Ana, obrigada a todos!

Aos especialistas que ajudaram na identificação da macrofauna, Maria Teresa (Amphipoda), Kátia (Tanaidacea), Pablo e Sandrinha (Polychaeta), Prof. Gustavo (Decapoda).

Aos meus queridos amigos do IOUSP, os antigos e os novos, nossa são tantos que é melhor ir por partes!

Ao pessoal do lab: San San (você é uma amigona incondicional, uma pessoa sempre disposta a ajudar e que consegue tirar da gente um sorriso todos os dias, se você não existisse a gente deveria te inventar!), Cau = Caulene = Flower of the Desert = Miss La Serena and Coquimbo ou melhor, "Carinita mon amourrrrrrrr" como eu gosto de te chamar (você é uma amiga muito querida, companheira, divertida e sincera, muito obrigada pela feijoada e as casquinhas de siri, eu também te adoro, haha!), Mau (o mais novo integrante do nosso lab mas que parece que está com a gente há muito tempo, você é especial e capaz de fazer tudo aquilo que você quiser, e a gente te quer por perto viu? Muita força sempre e pode contar comigo!), Ju (obrigada pelos bons papos e descarregos recíprocos durante os estresses ao longo do doutorado, o bom é que no fim a gente consegue as coisas, né?), Katita e companhia, que lindo! (além de te agradecer pela ajuda, amizade e carinho, eu quero te desejar o melhor nessa nova fase

da tua vida, a gente torceu muito para que isso acontecesse pode ter certeza, muchas felicidades mamá!), Fábio (pela ajuda e amizade de tantos anos, você é um cara muito especial e sensível, um beijo e boa sorte!), Caia (coloquei o teu agradecimento aqui porque você é um anexo quase permanente do nosso lab, uma pessoa com idéias geniais, uma risada inconfundível, que nem a minha voz, né? e um coração enorme, eu gosto muito de você amiga!).

Ao pessoal do lab do lado: Paulita (e ao Du também, vocês dois, cada um do seu jeito, são duas pessoas maravilhosas, obrigada pelos churras, almoços e salgadinhos da mãe do Du, eu gosto muito de vocês! Paulita, muita sorte e vai dar tudo certo!), Dea (o que eu posso falar de você guria, haha! Você é uma amiga muito carinhosa, aberta e alegre, obrigada pelas dormidas na tua casa e pela viagem pra Floripa, eu vou voltar, viu?), Betina (Bete balançoooo, você é demais! O nosso dia a dia não seria tão divertido sem você!), Karin (você é uma pessoa muito fofa Cinderela!), Arthur (R2D2 você vai se lembrar de mim sempre por causa do apelido. Fazer o que Arturitooooo!), Léo (você é um amigo muito querido, obrigada pelos papos, por botar minhocas na minha cabeça como você fala e pelos convites para ir pro Rio, pode deixar que eu vou te visitar, tá bom?), Goma (saudades de você e dos almoços de domingo na tua casa, quando você voltar vai ter que fazer um pescoço de peru caprichado pra gente, viu?), Marquitos (obrigada pelas discussões de trabalho, pela ajuda nas coletas, por me escutar e me apoiar em alguns momentos difíceis, por falar com sinceridade e pela amizade de tantos anos. Cabeça, embora às vezes eu não concorde com você, eu te adoro! Um beijo e vê se não esquece!).

À Cintia Maria (pelas baladas, risadas, choros, papos e pela amizade carinhosa e franca, já estou com saudades de você! Amiga, aproveita esta fase com o Gabriel e muita força sempre!), Keyi (a melhor defesa é o ataque, haha!), Fabito (por trás desse jeito durão você é sempre muito carinhoso, tomara que você fique com a gente! Boa viagem e não esquece o meu presente, tá bom?), Juliano (pela simpatia de todos os dias tartaruga ninja, você é muito legal Xuxu!), Betinho$_{bf}$ (obrigada pela ajuda e pela preocupação quando quebrei o braço, valeu mesmo! Toma cuidado com os acidentes domésticos e tenta não pensar de mais, relaxa ermitão!), Pisetta (valeu pelas baladas e as risadas!), Renatinho (Há ou Lucas, bom pelas dúvidas agradeço os três por tantos momentos engraçados e divertidos!), Dárcio (pela ajuda com o CTD, pelos CDs de "La Vela", por me emprestar a camiseta punk pra festa fantasia, pelas piadas e amizade, eu gosto muito de você!), Dri (você faz parte deste trabalho também, muito obrigada pela

ajuda!), Frango (valeu pelos velhos tempos!), Cinthia (tirando algumas "fugidas básicas" você ainda está junto da gente e isso é muito bom!), Gil (energia e pensamentos bons, você consegue!), Simone (cucarachaaaa!), Carolina (arrasa loira!), Juan, Gleyci, Cássia, Newton (langa langa do nordeste!), Fabiano, Gian, Bica, Fabrício, Venâncio, Andressa, Sueli, Marlos, Adrianinha, Denis, Ada, Lílian, Dani, Dri, Olaf, Zedu, Mauro, Ricardo, e muitos outros.....obrigada pela amizade e os bons momentos juntos, valeu pessoal!

À Cacá (as coisas boas são as que prevalecem e perduram, né? Um beijo e boa sorte!), Brown, Niedja, Armando, Vênus e Luna por me receber com tanto carinho na casa de vocês, pela boa convivência e pela amizade, vocês foram a minha família durante um bom tempo, muito obrigada de coração!

À minha amiga Cintia, nem sei por onde começar snaps! Durante estes anos todos, a gente viveu e compartilhou muitas coisas, trabalho, baladas, viagens, churras, choros, papos, risadas, experiências de vida e valores similares, e tudo isso fez com que a nossa amizade crescesse. A gente ainda vai ter muita coisa pra compartilhar, incluída a nossa viagem! Ci, obrigada por ser a minha amiga leal, companheira, confiável e por estar presente em vários momentos difíceis da minha vida (e eu da tua), você é uma pessoa que vale muito, viu? Eu te adoro, muita força sempre!

À Thaís minha irmã mais nova, sim thaisinha, em pouco tempo você se transformou na minha irmã e amiga do coração! Obrigada por me receber de braços abertos na tua casa, pelo carinho sincero, conselhos e apoio, você é uma pessoa muito especial, volta logo! Te quiero mucho! Quero aproveitar para agradecer à tua família que é um pouquinho minha também, né? Luiz, Madalena, Thiago, Amanda, Fábio, Dona Leda, etc., muito obrigada a todos pelo carinho!

A todos mis amigos de Uruguay, de la facu (los que están aún en el paisito y los que no, especialmente a Pato, la Gige, la Checha, Martin, Come y al Checho), a las pochas queridas (Caro, Andre, Lucy y Vicky), a mis amigos y amigas de infancia de La Floresta, especialmente a Carbola, Karin y Vala. Muchas gracias a todos por los buenos recuerdos, experiencias compartidas, por la amistad de tantos años y por estar siempre presentes en mi vida a pesar de la distancia. A Paula la nueva integrante de la delegación uruguaya en SP, un beso grande y mucha suerte! Quiero agradecer especialmente a Pablo por las correcciones, sugerencias, por los nuevos proyectos y muuuuucho trabajo que vamos a tener pero mas que nada por el reconocimiento, estímulo, confianza, y cariño. Vos fuiste en gran parte responsable por todo esto y

aunque las circunstancias hoy son otras, después de tantos años siempre vas a ser una persona muy importante para mí, muchas gracias del fondo de mi corazón!

A Leti mi hermana mayor, mi amiga del alma. Pocha querida, como puedo agradecerte por tantas cosas? Por los vinitos y las carcajadas, por las discusiones de trabajo, correcciones y sugerencias, por los consejos sobre TODO, por consolarme cuando estoy "carente", por dividir juntas las "saudades" del paisito y la familia (hasta un padre en común tenemos ahora, jaja!), en fin, por cuidarme y hacerme compañía. Paulinho, "o baiano que ninguém acredita que é baiano", a vos tampoco tengo como agradecerte por la preocupación, el cariño y por siempre acordarte de la Pochita. Quiero decirles que ustedes son dos personas muy especiales e importantes en mi vida, dos amigos a los que quiero mucho!

Por último quiero hacer un agradecimiento MUY ESPECIAL a toda mi familia, la cual a pesar de la distancia siempre está presente, claro que el Skype y el MSN ayudan y mucho!

A mi querida tití por la dedicación y preocupación que siempre tuvo por mí.

A Danielito, Roberto, Adriana, Dante y Lara mis primos y mis sobrinos queridos!

A Germán, Andrés, Diana y Lorena, mis hermanos y mis cuñadas que siempre me ayudan cuando les pido algo, me mandan fotos de los eventos familiares y me reciben con mucho cariño cada vez que vuelvo. Zopilote y Germen, que ganas de ir al estadio a ver al bolso! Quiero decirles que para mí ustedes son lo máximo y los quiero mucho a todos!

A mi adorada sobrina Floreana y a mi desde ya también adorado(a) futuro(a) sobrino(a). Espero que en breve la tía Naty deje de ser una tía virtual y pase a ser una tía de verdad que esté presente para poder jugar, divertirnos y reírnos juntos, esto vale también para Dante y Lara. Un beso gigante para cada uno y no se olviden que la tía Naty los quiere muuuuuuuuuuuuuucho!

A mis padres por la presencia constante, los consejos, el apoyo incondicional en todas las decisiones de mi vida, por siempre creer en mi capacidad, darme ánimo cuando preciso (a veces sin precisar pedirles nada), por enseñarme el valor real de las cosas y a ser una persona mejor. Má y pá, ustedes son mucho más que mis padres, son mis grandes amigos, LOS QUIERO MUCHO!

# ÍNDICE GERAL

**Índice de Tabelas** *iv*

**Índice de Figuras** *vi*

**Resumo** *ix*

**Abstract** *x*

**1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA** 1

**2. OBJETIVOS** 7

**3. ÁREA DE ESTUDO** 8

**4. MATERIAL E MÉTODOS** 11

**4.1. Variáveis físico-químicas da água do mar** 11

**4.2. Amostras de sedimento** 11

**4.3. Topografia do fundo** 12

**4.4. Processamento das amostras de sedimento** 12

*4.4.1. Análise granulométrica* 12

*4.4.2. Determinação do teor de carbonato biodetrítico e estimativa da taxa de sedimentação atual* 13

*4.4.3. Análise dos teores de carbono orgânico, nitrogênio e enxofre* 14

*4.4.4. Determinação do conteúdo de água* 15

*4.4.5. Determinação do conteúdo de matéria orgânica total* 15

*4.4.6. Determinação da concentração de clorofila a e feopigmentos* 15

*4.4.7. Determinação da composição bioquímica da matéria orgânica* 16

*4.4.8. Extração, derivatização, purificação e análise dos ácidos graxos no sedimento* 17

**4.5. Amostras biológicas** 20

**5. ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS** 22

**6. RESULTADOS** 27

**6.1. Resultados abióticos gerais** 27

*6.1.1. Pluviosidade* 27

*6.1.2. Coluna de água* 28

**6.2. Avaliação das características sedimentológicas, topografia do fundo e taxa de sedimentação** 30

*6.2.1. Características granulométricas dos sedimentos* 30

*6.2.2. Topografia do fundo* 36

*6.2.3. Taxa de sedimentação* 36

**6.3. Avaliação das características da matéria orgânica sedimentar** 36

*6.3.1. Distribuição e composição elementar da matéria orgânica* 36

*6.3.2. Composição bioquímica da matéria orgânica - Biopolímeros orgânicos* 47

*6.3.3. Composição bioquímica da matéria orgânica – Ácidos graxos* 53

**6.4. Resultados bióticos** 75

*6.4.1. Clorofila a e feopigmentos* 75

*6.4.2. Composição faunística - Meiofauna* 77

*6.4.3. Composiçao faunística - Macrofauna* 86

*6.4.4. Descritores da comunidade da macrofauna bentônica* 94

*6.4.5. Biomassa da macrofauna bentônica* 94

*6.4.6. Estrutura trófica e potencial de bioturbação dos organismos da macrofauna bentônica* 97

**6.5. Resultados das análises multivariadas** 100

*6.5.1. Análise de Correlação Múltipla* 100

*6.5.2. Composição específica das comunidades da macrofauna bentônica* 105

*6.5.3. Distribuição vertical e horizontal das espécies mais abundantes da macrofauna bentônica* 108

*6.5.4. Características biogeoquímicas e biológicas das estações de coleta nos dois períodos considerados* 115

**7. DISCUSSÃO** 123

*7.1. Características ambientais – coluna de água* 123

*7.2. Características ambientais – sedimentos, topografia do fundo e taxa de sedimentação* 124

*7.3. Distribuição, composição bioquímica, origem e qualidade da matéria orgânica* 130

*7.3.1. Matéria orgânica particulada total, constituintes elementares (C, N e S) e razões C:N e C:S* 130

*7.3.2. Biopolímeros orgânicos e estado trófico do sistema* 133

*7.3.3. Biomarcadores lipídicos* 138

*7.4. Comunidades bentônicas: relações com a quantidade e qualidade da matéria orgânica particulada e influência dos fatores abióticos* 147

*7.4.1. Microfitobentos* 147

*7.4.2. Meiofauna* 150

*7.4.3. Macrofauna* 154

**8. CONCLUSÕES** 167

**9. CONSIDERAÇÕES FINAIS** 170

**10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** 172

## Índice de Tabelas

Tabela 1. Coordenadas geográficas, profundidade, temperatura, salinidade e concentração de oxigênio dissolvido na água de superfície e de fundo para as seis estações de coleta. 28

Tabela 2. Características granulométricas dos sete horizontes de sedimento para cada uma das estações na coleta de abril. 31

Tabela 3. Características granulométricas dos sete horizontes de sedimento para cada uma das estações na coleta de novembro. 32

Tabela 4. Resultados da taxa de acumulação dos sólidos totais (*mtv*), taxa de sedimentação (*zv*), idade dos sedimentos em anos (a) e tempo de sedimentação (*Ts*). 40

Tabela 5. Porcentagem de matéria orgânica total (MOT), teores de carbono orgânico total, nitrogênio (N), e enxofre (S) e razões C:N e C:S nos diferentes estratos da coluna sedimentar para a coleta de abril. 42

Tabela 6. Porcentagem de matéria orgânica total (MOT), teores de carbono orgânico total, nitrogênio (N), e enxofre (S) e razões C:N e C:S nos diferentes estratos da coluna sedimentar para a coleta de novembro. 43

Tabela 7. Concentração dos biopolímeros orgânicos e carbono biopolimérico (CBP), razão lipídios/carboidratos (LPD/CHO) e proteínas/carboidratos (PRT/CHO), contribuição de cada biopolímero para o carbono orgânico total (COT) e índice alimentar (IA) para a coleta de abril. 48

Tabela 8. Concentração dos biopolímeros orgânicos e carbono biopolimérico (CBP), razão lipídios/carboidratos (LPD/CHO) e proteínas/carboidratos (PRT/CHO), contribuição de cada biopolímero para o carbono orgânico total (COT) e índice alimentar (IA) para a coleta de novembro. 50

Tabela 9. Lista dos ácidos graxos identificados nas amostras de sedimentos da plataforma de São Sebastião. 54

Tabela 10. Subgrupos lipídicos, abreviações utilizadas e suas fontes potenciais. 55

Tabela 11. Concentração total dos ácidos graxos (μg $g^{-1}$ de sedimento seco), normalizadas pelo carbono orgânico (COT) e de alguns compostos indicativos de fontes diferentes para a coleta de abril. Abundância relativa da Σ18:2ω6 e 18:3ω3. 57

Tabela 12. Porcentagem relativa de algumas das classes de ácidos graxos indicativas de fontes diferentes para ambos os períodos estudados. 59

Tabela 13. Concentração total dos ácidos graxos (μg $g^{-1}$ de sedimento seco), normalizadas pelo carbono orgânico (COT) e de alguns compostos indicativos de fontes diferentes para a coleta de novembro. Abundância relativa da Σ18:2ω6 e 18:3ω3. 60

Tabela 14. Concentração de clorofila *a* e feopigmentos nos diferentes horizontes da coluna sedimentar para as coletas de abril e novembro. 76

Tabela 15. Densidade média dos grupos da meiofauna e da meiofauna total nas seis estações para a coleta de abril. 82

Tabela 16. Densidade média dos grupos da meiofauna e da meiofauna total nas seis estações para a coleta de novembro. 83

Tabela 17. Densidade média dos grupos da macrofauna e da macrofauna total nas seis estações para a coleta de abril. 89

Tabela 18. Densidade média dos grupos da macrofauna e da macrofauna total nas seis estações para a coleta de novembro. 90

Tabela 19. Descritores da comunidade da macrofauna bentônica nos sete estratos de sedimento para as seis estações em ambas as coletas. 95

Tabela 20. Matriz de correlação múltipla entre algumas das variáveis biogeoquímicas e biológicas consideradas. 103

Tabela 21. Resultados da análise de correlação entre os grupos tróficos e as categorias de bioturbação da macrofauna bentônica. 104

Tabela 22. Resultados da análise SIMPER. 107

Tabela 23. Valores médios para cada grupo de estações das variáveis que melhor explicaram o padrão de distribuição das espécies da macrofauna bentônica. 108

Tabela 24. Resultados da Análise de Componentes Principais. 116

## Índice de Figuras

Figura 1. Mapa da área de estudo com a localização das seis estações de coleta indicadas com números de 1 até 6. 9

Figura 2. Placas de cromatografia em camada fina de alta resolução (HPTLC) utilizadas na purificação dos ésteres metílicos dos ácidos graxos (FAMEs). 19

Figura 3. Cromatograma representativo mostrando alguns ésteres metílicos dos ácidos graxos (FAMEs) identificados. 20

Figura 4. Valores médios e desvios padrão da pluviosidade mensal para o ano 2004. 27

Figura 5. Perfis de temperatura e salinidade da água nas 6 estações para as duas coletas. 29

Figura 6. Porcentagens das principais frações granulométricas em cada estrato da coluna sedimentar nas 6 estações para a coleta de abril. 34

Figura 7. Porcentagens das principais frações granulométricas em cada estrato da coluna sedimentar nas 6 estações para a coleta de novembro. 35

Figura 8. Mapeamento da área adjacente a cada estação mostrando a sua localização e a das cinco pegadas de "box corer". 37

Figura 9. Perfis verticais do teor de carbono orgânico total (COT) e razões C:N e C:S nas seis estações para as duas coletas. 44

Figura 10. Porcentagem de carbono orgânico total *vs* a porcentagem de nitrogênio total nas amostras de sedimento da plataforma de São Sebastião. 46

Figura 11. Perfis verticais da concentração de biopolímeros orgânicos (mg $g^{-1}$ de ss) na coluna sedimentar das seis estações para as duas coletas. 51

Figura 12. Perfis verticais da concentração dos ácidos graxos totais para os dois períodos de coleta. 63

Figura 13. Perfis verticais na coluna de sedimento da concentração de alguns ácidos graxos indicadores de fontes diferentes para as duas coletas. 65

Figura 14. Perfis verticais no sedimento dos ácidos graxos poliinsaturados (ΣPUFA), indicadores de bactérias (BAFA) e terrestres (Σ18:2ω6 e 18:3ω3) para as duas coletas. 67

Figura 15. Concentrações normalizadas pelo COT de alguns marcadores lipídicos nas 6 estações de coleta e nos 7 horizontes de sedimento para a campanha de abril. 71

Figura 16. Concentrações normalizadas pelo COT de alguns marcadores lipídicos nas 6 estações de coleta e nos 7 horizontes de sedimento para a campanha de novembro. 72

Figura 17. Gráficos dos coeficientes de correlação de cada variável ("loadings") e dos "scores" das amostras para os dois primeiros componentes identificados na Análise de Componentes Principais realizada com os marcadores lipídicos para abril. 73

Figura 18. Gráficos dos coeficientes de correlação de cada variável ("loadings") e dos "scores" das amostras para os dois primeiros componentes identificados na Análise de Componentes Principais realizada com os marcadores lipídicos para novembro. 74

Figura 19. Distribuição vertical dos pigmentos fotossintéticos na coluna sedimentar para as duas coletas. 78

Figura 20. Abundância média por estação de coleta dos diferentes grupos da meiofauna e da meiofauna total para ambos os períodos estudados. 80

Figura 21. Densidade média da meiofauna total nos diferentes horizontes de sedimento nas seis estações para as duas coletas. 84

Figura 22. Abundância média por estação de coleta dos diferentes grupos da macrofauna e da macrofauna total para ambos os períodos estudados. 87

Figura 23. Densidade média dos grupos da macrofauna nos sete horizontes da coluna sedimentar para as seis estações em ambos os períodos estudados. 92

Figura 24. Biomassa média por estação de coleta da macrofauna nos dois períodos. 96

Figura 25. Contribuição relativa dos diferentes grupos da macrofauna à biomassa total em cada uma das seis estações nos dois períodos estudados. 96

Figura 26. Abundância relativa dos grupos tróficos da macrofauna em cada estação para os dois períodos de coleta. 98

Figura 27. Abundância relativa das categorias de bioturbação nas seis estações nos dois períodos de coleta. 99

Figura 28. Análise de ordenação (MDS) das seis estaçoes em função da abundância das espécies da macrofauna bentônica nos dois períodos. 106

Figura 29. Abundância total (ind. $m^{-2}$) de algumas das espécies mais abundantes dos grupos da macrofauna bentônica nas seis estações para ambos os períodos estudados. 110

Figura 30. Distribuição vertical de algumas das espécies mais abundantes dos grupos da macrofauna bentônica nas seis estações para ambos os períodos estudados. 111

Figura 31. Análise de Componentes Principais com algumas das variáveis biogeoquímicas e biológicas consideradas para a campanha de abril. 117

Figura 32. Análise de Componentes Principais com algumas das variáveis biogeoquímicas e biológicas consideradas para a campanha de novembro. 119

Figura 33. Distribuição vertical da meiofauna, macrofauna, pigmentos fotossintéticos, ácidos graxos poliinsaturados e indicadores de bactérias (ΣPUFA e BAFA) nas seis estações para a coleta de abril. 121

Figura 34. Distribuição vertical da meiofauna, macrofauna, pigmentos fotossintéticos, ácidos graxos poliinsaturados e indicadores de bactérias (ΣPUFA e BAFA) nas seis estações para a coleta de novembro. 122

## Resumo

Os ambientes costeiros marinhos são sítios de uma intensa produção, movimentação e enterramento de carbono orgânico, já que uma fração substancial do material orgânico produzido na zona eufótica deposita-se nos sedimentos e constitui a principal fonte de alimento para o bentos. O objetivo geral deste trabalho é estudar a influência da quantidade, origem e qualidade (composição bioquímica) da matéria orgânica sedimentar sobre a estrutura e distribuição vertical e horizontal da meiofauna e macrofauna bentônicas, em três ambientes com aportes diferenciados de matéria orgânica e submetidos a duas condições oceanográficas diferentes. Foram realizadas 2 campanhas de coleta em 6 estações localizadas no Canal de São Sebastião (CSS), Enseada de Caraguatatuba e Baía de Castelhanos. Em cada estação, foram analisadas as variáveis físico-químicas da água do mar, topografia do fundo, taxa de sedimentação atual. Coletaram-se amostras de sedimentos para análise das características granulométricas, concentração de pigmentos fotossintéticos, teores de matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio e enxofre total, biopolímeros orgânicos (carboidratos, lipídios e proteínas), concentração e composição dos ácidos graxos, meiofauna e macrofauna, em sete horizontes da coluna sedimentar. As concentrações de pigmentos fotossintéticos, carbono orgânico, biopolímeros orgânicos, carbono biopolimérico e da razão PRT/CHO mostram que com exceção das estações 1 e 6, os sedimentos das demais áreas da região do CSS apresentam um certo grau de eutrofizacão e recebem um aporte importante de detritos orgânicos derivados da produção primária planctônica e bentônica, em diferentes estados de degradação. A composição dos ácidos graxos evidencia que a matéria orgânica particulada possui uma origem principalmente autóctone, e está constituída por uma combinação de material derivado do plâncton vivo ou detrítico, das microalgas bentônicas, da produção bacteriana e da fauna associada ao sedimento, havendo uma contribuição terrestre relativamente pequena. Nos locais estudados na região do CSS a quantidade do alimento não é um fator limitante; porém, a variação na sua qualidade em função de aportes esporádicos de matéria orgânica lábil, derivada da produção primária planctônica e bentônica, é um fator com importante influência na estruturação das comunidades bentônicas.


**Palavras-chave:** matéria orgânica sedimentar, biopolímeros orgânicos, ácidos graxos, meiofauna, macrofauna, São Sebastião.

## Abstract

Coastal marine environments are places of intensive production, movement and burial of organic carbon, due to a considerable fraction of the organic material produced in the euphotic zone is deposited on sediments and represents the main food source for the benthos. The general aim of this work is to study the influence of sedimentary organic matter quantity, origin and quality (biochemical composition) on the structure, vertical and horizontal distribution of benthic meiofauna and macrofauna, in three environments with different organic inputs and under two different oceanographic conditions. Two sampling surveys were performed at 6 stations located in the São Sebastião Channel (SSC), Caraguatatuba Bight, and Castelhanos Bay. At each site the physico-chemical variables of marine water, bottom topography and the sedimentation rate were analyzed. Sediment samples were taken to analyze granulometric characteristics, photosynthetic pigment concentrations, organic matter, organic carbon, nitrogen and sulphur contents, organic biopolymers (carbohydrates, lipids and proteins), concentration and composition of fatty acids, meiofauna and macrofauna in seven sediment layers. Phytopigments, organic carbon, organic biopolymers and biopolymeric carbon concentrations and the PRT/CHO ratio show that excepting stations 1 and 6, the sediments of the other locations have a certain degree of eutrophication and receive a significant input of organic detritus derived from planktonic and benthic primary production at different stages of degradation. Fatty acids composition shows that the particulate organic matter has mainly an autochthonous origin and it is constituted by a mixture of material derived from live or dead plankton, benthic microalgae, bacterial production and from the resident fauna, having a relatively low terrestrial contribution. Food quantity is not a limiting factor at the studied sites in the SSC region; however, variability in food quality related to sporadic inputs of labile organic matter produced by planktonic and benthic primary producers, is an important structuring factor of benthic communities.


**Key-words:** sedimentary organic matter, organic biopolymers, fatty acids, meiofauna, macrofauna, São Sebastião.

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O fluxo de carbono orgânico para o fundo marinho é diretamente proporcional à produção primária e à profundidade local, sendo que a formação de depósitos sedimentares enriquecidos organicamente é mais provável em ambientes que apresentam uma alta produtividade, baixa energia hidrodinâmica e tendência ao desenvolvimento de condições redutoras (Henrichs, 1992). A produção primária não está uniformemente distribuída nos oceanos, sendo significativamente maior nas margens continentais do que nas áreas dos grandes giros oceânicos. Comparativamente ao oceano aberto, onde a deposição é muito lenta, o acúmulo de matéria orgânica no sedimento é maior nas áreas costeiras, já que entre 25-50 % da matéria orgânica particulada produzida nas águas superficiais atinge os sedimentos (Killops & Killops, 2005).

A matéria orgânica presente nos sedimentos marinhos pode ter diversas origens sendo três as principais fontes: material de origem fluvial e plantas superiores, em ambientes costeiros, e produção fitoplanctônica especialmente em oceanos abertos (Westerhausen *et al.*, 1993). Grande parte do material orgânico produzido pelo fitoplâncton é consumida dentro da zona eufótica pelos organismos herbívoros. Entretanto, detritos e pelotas fecais decantam através da coluna de água, muitas vezes na forma de agregados que sedimentam mais rapidamente (Killops & Killops, 2005). Em áreas costeiras, restos de plantas superiores, gramíneas marinhas, macroalgas, pelotas fecais, tanto de organismos pelágicos quanto bentônicos, microalgas bentônicas, fitoplâncton depositado no fundo, bactérias, fungos, protozoários e restos de metazoários, estão entre os principais contribuintes para o "pool" de detritos. Devido à sazonalidade no seu aporte e ao fato de que a composição bioquímica da matéria orgânica dissolvida ou particulada pode ser muito diferente dependendo da sua origem, a contribuição relativa das diferentes fontes pode mudar ao longo do ano, resultando em depósitos constituídos por uma mistura complexa de partículas orgânicas de qualidade variada (Grémare *et al.*, 1997). Uma vez que a matéria orgânica atinge o fundo do mar, uma porção será assimilada pelos organismos bentônicos, enquanto que a outra poderá ser preservada nos sedimentos ou sofrer decomposição.

A diagênese recente da matéria orgânica é a combinação dos processos químicos, físicos e biológicos que alteram a sua quantidade e composição antes da sua deposição no fundo, ou logo após a sua incorporação nos sedimentos marinhos sob

condições de baixa temperatura e pressão (Killops & Killops, 2005). A interface água-sedimento é a zona mais crítica onde os processos mediados pela comunidade microbiana modificam a matéria orgânica e regeneram nutrientes inorgânicos essenciais (Henrichs, 1992). Assim, os detritos que escapam à ingestão pelos organismos são colonizados por fungos e bactérias que utilizam enzimas digestivas extracelulares e remineralizam rapidamente a matéria orgânica na presença de oxigênio. Além disso, a autólise das células mortas, com a conseqüente liberação dos componentes celulares, favorece a degradação. As bactérias e os fungos removem preferencialmente os componentes mais lábeis dos detritos, tornando-se o resíduo cada vez mais refratário. Parte desses produtos solúveis da degradação microbiana da matéria orgânica difunde-se através da água intersticial até a interface água-sedimento e retorna para a coluna de água. Tal processo vai depender do balanço entre a taxa de consumo de oxigênio e a taxa de difusão deste na água intersticial, que por sua vez, está relacionada com a topografia do fundo e a granulometria, compactação dos sedimentos, carga orgânica do ambiente e a bioturbação (Killops & Killops, 2005). Portanto, embora no fundo marinho as principais modificações diagenéticas da matéria orgânica sejam decorrentes da ação de bactérias, fungos e animais bentônicos, as propriedades físicas e químicas dos sedimentos têm um papel fundamental como agentes ou forçantes deste processo. Por outro lado, a remineralização da matéria orgânica prossegue sob condições anaeróbias, mas a uma velocidade menor. A hidrólise das macromoléculas libera açúcares, aminoácidos e ácidos graxos de cadeia longa, que depois sofrem ataque bacteriano utilizando, por exemplo, nitrato, sulfato e dióxido de carbono como aceptores finais de elétrons no processo oxidativo. Em profundidades maiores no interior da coluna sedimentar a comunidade microbiana diminui até que eventualmente o material orgânico é preservado no seu interior, com a conseqüente formação de kerogênio e, se submetido à alta pressão e temperatura, petróleo (Killops & Killops, 2005).

Os biomarcadores, moléculas orgânicas que indicam a fonte da matéria orgânica sedimentar, também estão sujeitos a alterações diagenéticas e degradação. Conhecer e entender as razões da preservação diferenciada de distintos compostos ou de frações de um composto em particular, pode ajudar na interpretação quantitativa das concentrações dos biomarcadores observadas nos sedimentos. Além disso, as substâncias orgânicas presentes nos sedimentos marinhos representam a principal fonte de energia para os organismos bentônicos, sendo que tanto a quantidade quanto a composição, ou seja, a

qualidade da matéria orgânica biodisponível, influenciam a produtividade do sistema bentônico (Henrichs, 1992).

Convencionalmente considera-se que os fatores ambientais são determinantes estruturais das comunidades biológicas de substratos inconsolidados infralitorais. O tamanho médio das partículas de sedimento, o conteúdo de silte e argila, a instabilidade desses sedimentos, a concentração de oxigênio dissolvido e a quantidade de matéria orgânica, entre outros, são fatores que geralmente apresentam uma clara relação com a estrutura de determinada comunidade bentônica (Snelgrove & Butman, 1994; Roth & Wilson, 1998). Além disso, a disponibilidade de alimento e as interações biológicas como predação e competição têm influência tanto na composição específica de uma comunidade quanto na sua estrutura funcional (Rhoads & Young, 1970; Wilson, 1991; Snelgrove & Butman, 1994). Entretanto, uma vez estabelecida, uma comunidade de organismos bentônicos possui a capacidade de mudar as características geoquímicas locais por meio da bioturbação. As propriedades físicas, químicas e biológicas dos sedimentos são modificadas substancialmente através da bioturbação, que consiste no retrabalhamento biológico das partículas de sedimento causado pelos processos de alimentação, excreção e movimento dos organismos bentônicos dentro e através de diferentes horizontes da coluna sedimentar (Boudreau, 1994; Flach & Heip, 1996).

As respostas do bentos a quantidades variáveis de material orgânico têm sido amplamente estudadas (Pearson & Rosenberg, 1978; Diaz & Rosenberg, 1995; Hyland *et al*., 2005). Já os efeitos da qualidade desse material têm recebido menor atenção. Isto se deve em parte, à dificuldade de criar uma definição universal para a qualidade da matéria orgânica, dado que o conceito é inerentemente relativo, em função da heterogeneidade da matéria orgânica que atinge a superfície dos sedimentos (Granberg, 2004). A avaliação do potencial trófico e do estado de eutrofização dos ambientes marinhos através da utilização de biomarcadores é relativamente recente, sendo que os estudos existentes procurando relacionar a qualidade nutricional da matéria orgânica sedimentar com a distribuição vertical, estrutura trófica e o potencial de bioturbação das comunidades bentônicas datam aproximadamente do começo da década de 90 (Marsh & Tenore, 1990; Wheatcroft *et al.*, 1990; Fichez, 1991; Danovaro *et al.*, 1993; Lin & Hines, 1994, entre outros).

É sabido que a quantidade e a qualidade da matéria orgânica têm uma influência fundamental sobre a biomassa, distribuição e a estrutura trófica das comunidades

bentônicas (Marsh & Tenore, 1990). Nesse sentido, vários autores têm analisado as principais classes bioquímicas de biopolímeros orgânicos como os carboidratos, proteínas e lipídios, assumindo que estes seriam mais facilmente digeridos e assimilados pelos organismos bentônicos (Fichez, 1991; Danovaro *et al*., 1993; Cividanes *et al*., 2002). Segundo Tenore (1983) os compostos nitrogenados, como as proteínas e as hexosaminas, teriam um papel fundamental na regulação do metabolismo bentônico, já que o nitrogênio orgânico geralmente é um fator limitante do crescimento heterotrófico. Deste modo, estudar o valor nutricional da matéria orgânica disponível para o bentos torna-se importante, já que dois ambientes podem ter aportes similares de matéria orgânica, mas com degradabilidade diferente e, portanto, também com diferente valor alimentício ou energético (Dauwe *et al.*, 1999).

No ambiente marinho a matéria orgânica dissolvida e particulada está composta por uma fração lábil constituída principalmente de açúcares simples, proteínas e lipídios e por uma fração refratária constituída principalmente de macromoléculas complexas, como ácidos húmicos e fúlvicos. A fração lábil é rapidamente remineralizada pela atividade bacteriana ficando disponível para níveis tróficos superiores, enquanto que a fração refratária é degradada lentamente, podendo ser enterrada e ficar indisponível por um certo período de tempo antes de ingressar novamente na teia trófica bentônica (Fichez, 1991; Fabiano & Danovaro, 1994).

Segundo Dell´Anno *et al*. (2000) não existe um método universalmente aceito para determinar a fração lábil da matéria orgânica sedimentar. Uma variedade de biomarcadores (por exemplo, a lignina e os fotopigmentos), os quais são seletivamente preservados ou perdidos durante a diagênese, têm sido utilizados como indicadores da fonte e do grau de maturidade da matéria orgânica, tanto no material em suspensão na coluna de água quanto nos sedimentos (Cowie *et al*. 1992; Boon & Duineveld, 1996). Porém, uma limitação quanto ao uso desses biomarcadores refere-se ao problema existente para a comparação do estado de degradação da matéria orgânica entre locais diferentes. Como conseqüência das múltiplas fontes da matéria orgânica e a sua distribuição inicial não uniforme em sítios diferentes, torna-se difícil distinguir se a perda de um composto determinado é o resultado de sua degradação preferencial ou de um aporte variável (Dauwe & Middelburg, 1998). Cowie & Hedges (1994) ressaltaram que essa limitação no uso dos biomarcadores pode ser evitada utilizando-se biopolímeros ubíquos como as proteínas, lipídios e carboidratos, os quais constituem a maior parte do material orgânico dos organismos marinhos e terrestres, assim como da

matéria orgânica particulada que atinge os sedimentos. Entre os lipídios, os ácidos graxos em particular, estão envolvidos em várias funções celulares, entre elas a estruturação das membranas e o armazenamento de energia. Estes compostos possuem uma grande variedade estrutural acoplada a uma elevada especificidade biológica, portanto, podem ser utilizados como indicadores moleculares de organismos específicos (bactérias, diatomáceas, zooplâncton) e também como ferramentas para determinar fontes diferentes de matéria orgânica (continental, marinha, derivada de esgotos domésticos, etc.) (Budge & Parrish, 1998; Mudge *et al*., 1998).

Os sedimentos representam o registro dos processos que acontecem na coluna de água e constituem o depósito final para a matéria orgânica autóctone, produzida no próprio sistema, e/ou alóctone, produzida fora do sistema e transportada até ele por agentes externos tais como rios, vento e gelo (Fabiano & Danovaro, 1994). Além disso, a variação espacial e temporal na quantidade e na constituição da matéria orgânica que atinge a superfície dos sedimentos tem influência sobre a distribuição e o metabolismo dos organismos, assim como sobre a dinâmica dos processos bentônicos (Graf, 1989; Duineveld *et al*., 1997). O compartimento bentônico de um ecossistema marinho tem um papel fundamental no funcionamento do ecossistema como um todo. Nos ecossistemas costeiros marinhos em particular, o bentos recebe nutrientes de origem continental e do plâncton, transmite energia para elos superiores da teia trófica e contribui na reciclagem de nutrientes no sedimento, participando dos ciclos biogeoquímicos (Margalef, 1968; Duineveld *et al*., 1997). Dado que a importância relativa dos constituintes bioquímicos da matéria orgânica dissolvida e particulada (proteínas, carboidratos e lipídios) varia em relação à produtividade do ambiente, e à quantidade e procedência da matéria orgânica que nele ingressa, a análise desses descritores bioquímicos pode prover uma visão sobre o potencial trófico e o estado de eutrofização dos ambientes marinhos (Dell´Anno *et al*., 2002). Conhecer o estado trófico de um sistema, compreender os processos que determinam o enterramento ou a remobilização da matéria orgânica que atinge os sedimentos, assim como a influência da biota sobre esses processos e vice-versa, pode contribuir para o manejo, proteção e recuperação das áreas costeiras impactadas.

Os ambientes costeiros são locais de uma intensa produção, movimentação e enterramento de carbono orgânico, já que uma fração substancial do material orgânico produzido na zona eufótica deposita-se nos sedimentos e constitui a principal fonte de alimento para o bentos. Além disso, nas regiões litorâneas geralmente existe um aporte

importante de material orgânico de origem continental. O enriquecimento orgânico dos ambientes costeiros é um dos distúrbios mais comuns, especialmente em áreas costeiras urbanizadas. No litoral brasileiro, esse problema geralmente é decorrente do atraso na implementação de saneamento básico, da ausência de sistemas adequados para a coleta e deposição dos esgotos municipais, da deposição incorreta do lixo e do turismo mal organizado (Tommasi, 1987). Tal problema agrava-se durante o verão e os feriados prolongados, quando a ocupação turística aumenta notavelmente (CETESB, 2000). O aporte de grandes quantidades de matéria orgânica a um ambiente pode ter conseqüências ecológicas importantes, como a deficiência de oxigênio no fundo, a mortalidade de organismos e a perda de biodiversidade (Pearson & Rosenberg, 1978; Cloern, 2001).

Dentre os estudos prévios desenvolvidos no litoral norte do Estado de São Paulo sobre a distribuição e natureza da matéria orgânica, podem-se citar os trabalhos de Duleba & Mahiques (1996); Mahiques *et al*. (1999); Burone *et al*. (2003) e Barcellos & Furtado (2006) entre outros. Existem conhecimentos prévios sobre a estrutura e dinâmica da macrofauna bentônica (Arasaki, 1997; Muniz & Pires, 2000), sobre a estrutura e a dinâmica sedimentar (Furtado, 1995) e sobre a distribuição da matéria orgânica nos sedimentos superficiais no Canal de São Sebastião (Barcellos, 2000). Porém, não se tem conhecimento sobre a influência que o estado de degradação e o valor nutricional da matéria orgânica têm sobre a composição, estrutura e a distribuição vertical e horizontal da fauna bentônica.

O presente trabalho visa estudar e comparar a quantidade, origem e qualidade da matéria orgânica sedimentar particulada, a distribuição vertical e horizontal, e as características estruturais das comunidades bentônicas em três ambientes com aportes contrastantes de matéria orgânica: o Canal de São Sebastião, a Enseada de Caraguatatuba e a Baía de Castelhanos, local este situado ao leste da Ilha de São Sebastião. Na região do Canal de São Sebastião especificamente, está localizado o maior terminal petrolífero do país, o Duto e Terminais Centro Sul (DTCS) da PETROBRÁS, além do Porto de São Sebastião e os emissários submarinos situados na Baía do Araçá, ao norte na Ponta do Arpoar (Praia das Cigarras) e na Ilha de São Sebastião perto de Ilhabela (Saco da Capela). Constituem eles importantes fontes de poluição orgânica, decorrente de derramamentos agudos e crônicos de petróleo, do tráfego de embarcações, assim como do despejo de esgotos domésticos provenientes da cidade de São Sebastião, Ilhabela e outros pontos turísticos próximos (Zanardi *et al*.,

1999; Kawakami, 1999). Em decorrência da alta urbanização e das atividades humanas desenvolvidas na área, o Canal de São Sebastião pode ser considerado um ambiente com características mais eutróficas e de maior influência antrópica quando comparado com a Baía de Castelhanos, pois esta última é uma área com urbanização incipiente (Barcellos, 2000). Na Enseada de Caraguatatuba encontra-se a foz do Rio Juqueriquerê, e, portanto, espera-se um maior aporte de matéria orgânica de origem continental nessa área.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é estudar a influência da quantidade, origem e qualidade (composição bioquímica) da matéria orgânica sedimentar particulada, sobre a estrutura e distribuição vertical e horizontal da macrofauna e meiofauna bentônicas, em três ambientes com aportes contrastantes de matéria orgânica e em duas condições oceanográficas diferentes, no período de intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) em direção à costa e no período de recuo desta em direção à plataforma externa.

Baseado nos conhecimentos prévios sobre a área de estudo, parte-se da hipótese de que em função das diferentes fontes de matéria orgânica nesses três ambientes existirá uma variação na qualidade dessa matéria que irá se refletir no seu estado de degradação e valor nutricional, ou seja, na concentração de proteínas, carboidratos e lipídios, e na composição dos ácidos graxos presentes no sedimento. Assim, o objetivo do trabalho é verificar se o estado trófico do sistema e a qualidade da matéria orgânica particulada existente exercem influência sobre as características estruturais das comunidades da macrofauna e meiofauna bentônicas, alterando seus padrões de organização.

Para o alcance desse objetivo foi necessário:

- Determinar o estado trófico dos três ambientes através da análise da fração biopolimérica do carbono (proteínas, carboidratos e lipídios) em relação ao conteúdo orgânico total dos sedimentos e avaliar a qualidade da matéria orgânica particulada como indicadora de impacto ambiental.

- Caracterizar os pontos de coleta em relação à topografia do fundo, granulometria, conteúdo orgânico total dos sedimentos e à taxa de sedimentação atual.

- Caracterizar o tipo e a procedência da matéria orgânica sedimentar particulada através da análise da razão entre os teores de carbono orgânico total e nitrogênio total (C:N) e da concentração e composição dos ácidos graxos presentes no sedimento.

- Analisar a tendência à formação de condições redutoras na coluna de sedimento utilizando a razão entre os teores de carbono orgânico total e enxofre total (C:S).

- Determinar como a quantidade e a natureza da matéria orgânica particulada presente nos sedimentos varia entre os ambientes e nas duas condições oceanográficas consideradas e como essa variação influencia a distribuição vertical da macrofauna e meiofauna bentônicas.

- Estimar a fração lábil da matéria orgânica sedimentar particulada através da determinação dos principais grupos de biopolímeros orgânicos e da concentração de fotopigmentos, e estabelecer sua relação com a estrutura específica e funcional da macrofauna bentônica.

## 3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o Canal de São Sebastião, Enseada de Caraguatatuba e Baía de Castelhanos ao leste da Ilha de São Sebastião, todos localizados na região interna da plataforma continental, aproximadamente entre as coordenadas 23°30'S - 24°00'S e 45°05'W - 45°30'W (Figura. 1). O litoral norte do Estado de São Paulo apresenta uma linha de costa bastante recortada e caracterizada pela presença da Serra do Mar que se aproxima do mar e se projeta sobre o Oceano Atlântico (Mahiques, 1995).

O Canal de São Sebastião separa o continente da Ilha de São Sebastião, possui cerca de 25 km de extensão e uma largura máxima que varia entre 6 e 7 km nas entradas norte e sul, respectivamente. Estende-se no sentido SW-NE e apresenta um estreitamento de até 2 km na sua porção central, sendo que as maiores profundidades (45 m) encontram-se ao longo do seu eixo. A distribuição dos sedimentos é heterogênea e está associada às características hidrodinâmicas da área. Do lado continental ocorre deposição de sedimentos mais finos, relacionados a uma menor energia hidrodinâmica e à curvatura do canal, enquanto que do lado insular há uma tendência à erosão (Furtado, 1995). A região interna da plataforma continental tem seu limite entre as isóbatas de 50 e 70 m aproximadamente e apresenta uma distribuição dos sedimentos mais homogênea do que o canal, com a ocorrência de depósitos de material fino a SE, E e NE da Ilha de

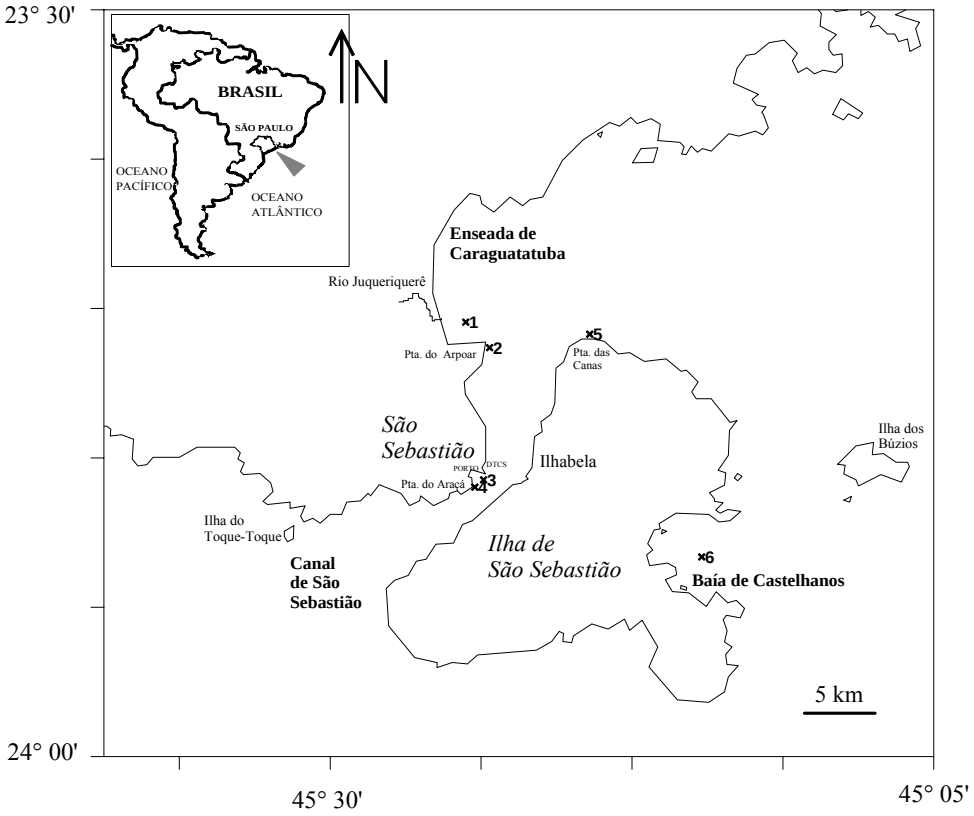



Figura 1. Mapa da área de estudo com a localização das seis estações de coleta indicadas com números de 1 até 6.

São Sebastião (Furtado, 1995; Barcellos & Furtado, 1999). A Enseada de Caraguatatuba encontra-se protegida da incidência direta das ondas devido à presença da Ilha de São Sebastião, é uma área rasa de baixa energia que possui sedimentos finos e pouco selecionados (Souza, 1990). Na sua porção sul existe uma extensa planície de maré irrigada por uma importante rede fluvial na qual os processos deposicionais são muito efetivos (Furtado, 1995). A bacia de drenagem do Rio Juqueriquerê meandra a planície costeira de Caraguatatuba, atravessando depósitos potencialmente fornecedores de material em suspensão e sedimentos pelíticos que são transportados para fora da planície de maré. Devido à baixa hidrodinâmica associada aos fluxos de maré, que não possuem competência para remobilizar e transportar os sedimentos mais grossos trazidos pelo rio, estes se depositam nas proximidades da desembocadura promovendo freqüentemente a formação de uma barra arenosa paralela à praia (Souza, 1990).

Segundo Barcellos (2000) a distribuição da matéria orgânica na plataforma continental de São Sebastião ocorre de maneira mais homogênea do que no canal, estando diretamente relacionada ao tipo de sedimento e à topografia do fundo. Além

disso, os teores de carbono orgânico, nitrogênio e enxofre total estão relacionados com os padrões de circulação da área, com os aportes de material orgânico oriundo do processo de entrada e recuo da ACAS, a qual promove o enriquecimento de nutrientes na coluna de água nos períodos de primavera-verão, e ao aporte de nutrientes derivados da lixiviação, que ingressam através do escoamento superficial continental das encostas, nos períodos de maior pluviosidade.

A plataforma continental sudeste brasileira sofre influência de três massas de água com as seguintes características termohalinas: a Água Costeira (AC) com alta temperatura e baixa salinidade (>20 °C e 32,2-35,4); a Água Tropical (AT) com alta temperatura e salinidade (>20 °C e >36,4); e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) com temperatura e salinidade relativamente baixas (<20 °C e <36,4) (Castro Filho *et al*., 1987; Miranda & Katsuragawa 1991). A ACAS se origina na convergência subtropical e cobre o fundo da plataforma continental externa até aproximadamente 60 m de profundidade. Com ventos soprando predominantemente de N-NE as águas de superfície são deslocadas pelo transporte de Ekman em direção ao mar aberto o que resulta na ressurgência da ACAS (Silveira *et al*., 2000). No período de primavera-verão, essa massa de água, penetra junto ao fundo para o domínio interior e costeiro da plataforma da região sudeste (incluindo-se o Canal de São Sebastião), ocasionando o deslocamento da AC pela superfície, em direção às porções mais externas da plataforma. Ocorre então, a formação de uma termoclina sazonal bem marcada, a profundidades entre 10 e 20 m (Castro Filho *et al*., 1987). No período de outono-inverno, a ACAS recua em direção ao talude e a AC ocupa novamente a plataforma interna, com o conseqüente desaparecimento da termoclina e com uma distribuição homogênea da temperatura na zona costeira entre 20 e 25 °C (Pires-Vanin & Matsuura, 1993). Nesse período, a retração da ACAS permite o avanço da AT em direção à costa, com homogeneização da coluna de água nos setores mais internos. Essas variações nas condições oceanográficas têm influência tanto na exportação de material em suspensão de origem continental para a plataforma adjacente, através da movimentação da AC que é induzida pelo avanço da ACAS (Furtado & Mahiques, 1990), quanto no aporte de nutrientes para a zona eufótica, através da penetração da ACAS na camada inferior da região costeira (Pires-Vanin & Matsuura, 1993). Quando a ACAS avança em direção ao domínio interior e costeiro da plataforma, o seu contato com o fundo e com a zona eufótica promove uma intensa regeneração de nutrientes e uma diminuição da concentração de oxigênio dissolvido (Braga & Müller, 1998). Segundo Gianesella *et al.*

(1999) as concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos e de clorofila *a* registradas no Canal de São Sebastião são características de ambientes oligo-mesotróficos.

No Canal de São Sebastião a circulação induzida pelo vento é intensa com correntes superficiais apresentando velocidades médias entre 0,5 e 1,0 m $s^{-1}$ (Fontes, 1995). As correntes no Canal de São Sebastião possuem uma direção preferencial para NE durante a primavera, outono e inverno em toda a coluna de água. Durante o verão, as correntes superficiais fluem para SW enquanto que as correntes de fundo mantêm a direção preferencial para NE, o que está relacionado ao ingresso da ACAS. Na plataforma continental interna durante o inverno, as correntes têm sentido preferencial para NE em toda a sua extensão; já durante o verão, fluxos com sentido contrário com correntes para SW ao norte da Ilha de São Sebastião, são observados freqüentemente (OPISS, 1999).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas duas campanhas oceanográficas, em abril e em novembro de 2004, ambas a bordo do B/P Veliger II do IOUSP.

### 4.1. Variáveis físico-químicas da água do mar

As estações de coleta foram posicionadas utilizando-se um GPS. Em cada estação os dados de profundidade foram obtidos com uma ecossonda e os valores de salinidade e temperatura da coluna de água utilizando-se um CTD. Os registros do CTD obtidos em campo foram processados, os dados da água de superfície e de fundo tabelados e os perfis para cada estação construídos. Para a determinação da concentração de oxigênio dissolvido foram coletadas amostras de água, em duplicata, de superfície e fundo, em cada estação, as quais foram analisadas pelo método de Winkler descrito em Grasshoff *et al*. (1983).

### 4.2. Amostras de sedimento

As amostras de sedimento foram coletadas utilizando-se um "box corer" de aproximadamente 20 x 20 cm, tendo sido realizados no mínimo cinco lances do aparelho em cada ponto. De cada "box corer" foram coletadas subamostras inserindo-se manualmente no sedimento um "corer" de 9,2 cm de diâmetro interno, correspondendo a uma área de 0,0066 $m^2$. Três réplicas (procedentes de lances do "box corer"

diferentes) foram obtidas e utilizadas para a análise das proteínas e carboidratos, para a determinação do conteúdo de água, matéria orgânica total e das concentrações de clorofila-*a* e feopigmentos. Uma dessas réplicas foi utilizada também para a análise dos lipídios e ácidos graxos. Outras duas réplicas foram destinadas à realização das análises granulométricas e para a determinação dos teores de carbonato biodetrítico, carbono orgânico total, nitrogênio total e enxofre total.

Cada um dos "corers" coletados foi secionado em intervalos de 2 cm de espessura: 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, exceto o último que foi de 3 cm: 12-15 cm, totalizando 7 horizontes de sedimento. As amostras foram colocadas em placas de Petri esterilizadas (biopolímeros orgânicos e ácidos graxos), em potes de filme (clorofila-*a* e feopigmentos) ou em sacos plásticos (granulometria), e armazenadas a –20 °C até análise. A profundidade da camada de descontinuidade do potencial de óxido-redução (RPD) foi determinada visualmente como a profundidade na qual o sedimento apresenta uma mudança de cor passando de uma cor marrom para uma cor preta.

### 4.3. Topografia do fundo

Para analisar o relevo, a rugosidade do fundo e os tipos de depósitos sedimentares nas áreas de coleta, foram realizados levantamentos geofísicos utilizando-se um sonar de varredura lateral fabricado pela Marine Sonic com um transdutor de 300 kHz, acoplado a uma ecossonda científica Bathy-500 MF da OceanData, com um transdutor de 50 kHz e um sistema de posicionamento DGPS. A área total varrida em cada linha de registro de sonar foi de 100 m (50 m para cada lado do "peixe"). A partir destes registros, um mosaico georeferenciado do fundo foi construído para cada estação de coleta. O mapeamento do fundo junto com os dados granulométricos permitiu uma melhor caracterização do ambiente bentônico e foi realizado com o apoio do Prof. Dr. Michel Michaelovitch de Mahiques, do Laboratório de Oceanografia Geológica do Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica do IOUSP.

### 4.4. Processamento das amostras de sedimento

*4.4.1. Análise granulométrica*

A determinação das características granulométricas dos sedimentos foi realizada pelo método tradicional de peneiramento e pipetagem descrito em Suguio (1973) sem a eliminação do carbonato biodetrítico. Foi utilizada a escala granulométrica de

Wentworth com os correspondentes valores de phi. Os parâmetros estatísticos granulométricos foram calculados segundo Folk & Ward (1957).

*4.4.2. Determinação do teor de carbonato biodetrítico e estimativa da taxa de sedimentação atual*

Os teores de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) foram obtidos a partir da diferença entre o peso inicial e o peso final de cada amostra, após o ataque com solução de HCl a 10 % (Gross, 1971). O HCl reage com o $CaCO_3$ transformando-o em cloreto de cálcio ($CaCl_2$) que se solubiliza no sobrenadante. Posteriormente à queima, as amostras foram lavadas com água destilada e secadas em estufa a 60 °C até peso constante.

A taxa de sedimentação foi estimada pela técnica descrita em Fukue *et al.* (1996; 1999), a partir dos teores de carbonato de cálcio. A mesma assume que a taxa de precipitação do carbonato de cálcio é constante para uma determinada área, e que a sua distribuição diferenciada no fundo, depende principalmente do soterramento do carbonato decorrente da deposição de sedimentos terrígenos em quantidades progressivamente menores das margens continentais para o oceano profundo. O cálculo da taxa de sedimentação pela Técnica do Conteúdo de Carbonato de Cálcio está baseado na seguinte fórmula:

$$zv = mtv \times \left( \frac{1+e}{\rho d} \right)$$

sendo,

$zv$ = taxa de sedimentação dos sólidos totais (cm ano$^{-1}$)

$e$ = razão de espaços vazios

$\rho d$ = densidade seca do sedimento

$mtv$ = taxa de acumulação dos sólidos totais (g cm$^{-2}$ ano$^{-1}$)

O conteúdo de água das amostras de sedimento e a densidade das partículas sólidas $\rho s$ = 2,35 g cm$^{-3}$ (M.M. Mahiques, comun. pess.) foram utilizados para calcular a porosidade segundo a fórmula descrita em Clifton *et al.* (1995), estimar a densidade seca do sedimento (Grant & Dickens, 2002) e calcular a razão de espaços vazios ($e$ = $Vpw/Vs$), a qual é definida como a razão entre o volume de água intersticial ($Vpw$) e o volume das partículas sólidas ($Vs$) (Blum, 1997). A taxa de acumulação dos sólidos totais ($mtv$) foi calculada através da seguinte fórmula proposta por Fukue *et al.* (1996):

$$mtv = \left( \frac{100}{CaCO_3} \right) mcv$$

sendo,

*mcv* = taxa de precipitação do carbonato de cálcio (g $cm^{-2}$ $ano^{-1}$)

$CaCO_3$ = conteúdo de carbonato de cálcio da amostra (%)

O valor da taxa de precipitação do carbonato de cálcio utilizado no cálculo *mcv* = 0,097 g $cm^2$ $ano^{-1}$ foi previamente determinado por Figueira *et al.* (2007). Estimou-se também a idade dos sedimentos (*I*) com base na seguinte fórmula (Fukue *et al.*, 1999):

$$I = \sum \left( \frac{z_i}{zv_i} \right) = \frac{\Delta z_i \rho_d CaCO_3}{0{,}097(1+e)}$$

sendo $z_i$ e $zv_i$ a espessura (cm) e a taxa de sedimentação (cm $ano^{-1}$) do estrato *i*, respectivamente. Por último, o tempo de sedimentação (*Ts*) foi calculado como:

$$Ts = \text{Ano da coleta (2004)} - I.$$

*4.4.3. Análise dos teores de carbono orgânico, nitrogênio e enxofre*

Os teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N) e enxofre total (S), foram obtidos através de um analisador automático LECO CNS-2000. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Sedimentos do IOUSP.

A metodologia consiste em efetuar a liofilização e a desidratação por sublimação de aproximadamente 0,2 g de sedimento. Posteriormente, deve-se eliminar o carbonato existente nas amostras adicionando HCl diluído a 10 %, uma vez que sem a eliminação do $CaCO_3$ o aparelho efetuaria a leitura do carbono total e não somente do carbono orgânico. Os resíduos de ácido são retirados lavando-se com água destilada e o material é novamente liofilizado. Após esse procedimento, a amostra é colocada em um forno onde um fluxo de $O_2$ a 1400 °C produz a combustão da mesma, convertendo qualquer carbono, nitrogênio e enxofre elementares em $CO_2$, $SO_2$, $N_2$ e $NO_x$. Esses gases são então, passados através de células infravermelhas, internas ao aparelho, para a determinação dos conteúdos de carbono orgânico e enxofre total, e também através de um sensor de termocondutividade para a determinação do nitrogênio. A definição das

curvas de calibração e dos valores de branco para cada elemento é realizada utilizando um padrão de sulfametazina com concentrações conhecidas de C, N e S. As razões C:N (em peso) e as razões C:S foram calculadas para cada um dos estratos da coluna sedimentar.

*4.4.4. Determinação do conteúdo de água*

O conteúdo de água nos sedimentos foi estimado pela diferença entre o peso da amostra úmida e o seu peso após secagem em estufa (60 °C ~ 48 hs.) até peso constante. Utilizou-se aproximadamente 2 g de cada amostra e os resultados foram expressos em porcentagem.

*4.4.5. Determinação do conteúdo de matéria orgânica total*

Seguindo a metodologia descrita em Byers *et al*. (1978), 2 g de sedimento úmido foram pesadas no laboratório e colocadas em cadinhos de porcelana para a secagem em estufa (60 °C ~ 48 hs.) e posterior calcinação em mufla (480-500 °C ~ 4 hs.). O conteúdo de matéria orgânica total no sedimento foi calculado como a diferença de peso entre a amostra seca e a amostra calcinada, sendo os resultados expressos em porcentagem.

*4.4.6. Determinação da concentração de clorofila a e feopigmentos*

As concentrações de clorofila *a* (Clor *a*) e feopigmentos (Feopig) foram determinadas seguindo a metodologia descrita em Lorenzen (1967) modificada para sedimentos por Sünback (1983). Para a extração dos fotopigmentos foram adicionados 10 ml de acetona 90 % em 1 g de sedimento fresco, as amostras foram mantidas no escuro e refrigeradas a 4 °C durante 24 hs. Após esse período, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm durante 10 minutos e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro HITACHI® Modelo U-2000, nos comprimentos de onda de 750 e 665 nm, antes e após a acidificação com 1 ml (2 gotas) de HCl 1N. Para o cálculo das concentrações foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$Clorofila\,a = \frac{11{,}9 \times 2{,}43[(665 - 750) - (665ac - 750ac)] \times 10}{pu}$$

$$Feopigmentos = \frac{11{,}9 \times 2{,}43[1{,}7 \times (665 - 750) - (665ac - 750ac)] \times 10}{pu}$$

sendo,

11,9 = coeficiente de absorção da clorofila *a* no sedimento segundo Sünback (1983)

2,43 = fator para igualar a redução na absorbância à concentração inicial de clorofila

665 = absorbância da amostra lida a 665 nm antes da acidificação

750 = absorbância da amostra lida a 750 nm antes da acidificação

665*ac* = absorbância da amostra lida a 665 nm após acidificação

750*ac* = absorbância da amostra lida a 750 nm após acidificação

1,7 = razão máxima entre 665/665*ac* na ausência de feopigmentos

10 = volume de acetona utilizado na extração (10 ml)

*pu* = peso do sedimento úmido em gramas

Os resultados foram expressos em μg $g^{-1}$ de sedimento seco, utilizando-se a porcentagem do peso seco de cada amostra.

*4.4.7. Determinação da composição bioquímica da matéria orgânica*

Os protocolos para análise dos biopolímeros orgânicos no sedimento marinho são apresentados no Anexo I. A determinação da concentração de proteínas totais no sedimento foi realizada pelo método de Lowry *et al*. (1951) modificado por Hartree (1972). A concentração de proteínas foi expressa em equivalentes de albumina. Segundo Rice (1982) uma quantidade significativa do nitrogênio detrítico, principalmente em detritos derivados de plantas vasculares, pode estar presente na forma de complexos proteína-fenol que são precursores de geopolímeros nitrogenados não associados ao nitrogênio biodisponível. Dado que os fenóis também reagem com o Folin-Ciocalteau formando um produto azul, o autor propôs uma modificação da metodologia visando corrigir essa interferência. Tal modificação foi testada e avaliada, porém, a mesma não respondeu da maneira esperada segundo os resultados de Rice (1982). Entretanto, deve-se considerar que a análise desenvolvida por este autor foi aplicada diretamente sobre restos de macrófitas e não em amostras de sedimento. Assim sendo, no presente estudo optou-se pela não realização de tal correção como observado em outros trabalhos (Albertelli *et al.*, 1999; Cividanes *et al*., 2002; Vezzulli & Fabiano, 2006, entre outros).

A determinação da concentração de carboidratos totais no sedimento foi realizada seguindo a metodologia descrita em Gerchacov & Hatcher (1972) e os resultados foram expressos em equivalentes de glicose.

Para todas as análises, os resultados foram normalizados pelo peso seco da amostra. Em cada caso, amostras de sedimento previamente queimadas a 480-500 °C durante 4 hs. foram utilizadas como brancos. A precisão de cada método foi expressa como o coeficiente de variação ($CV = \frac{\sigma}{\mu}$ x 100 %) calculado em base ao padrão utilizado na concentração de 50 μg $ml^{-1}$ para os carboidratos e 100 μg $ml^{-1}$ para as proteínas. O mesmo foi 9,1 % (n = 18) e 5,4 % (n = 14) para as proteínas e os carboidratos, respectivamente. As análises colorimétricas foram realizadas utilizando um espectrofotômetro Milton Roy mod. Espectronic Genesys. A implementação das rotinas analíticas e as análises foram desenvolvidas no Laboratório de Nutrientes (LABNUT) do Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica do IOUSP, com o apoio da Profa. Dra. Elisabete de Santis Braga da Graça Saraiva.

Os lipídios totais foram extraídos com uma solução de clorofórmio e metanol (2:1 v/v) seguindo a metodologia descrita em Folch *et al*. (1957) modificado, e determinados gravimetricamente. A modificação consistiu em não utilizar água destilada na extração.

Para estimar a contribuição das proteínas, lipídios e carboidratos ao COT, as mesmas foram convertidas em seus equivalentes de carbono assumindo os seguintes fatores de conversão 0,49; 0,75 e 0,40 mg C $mg^{-1}$, respectivamente (Fichez, 1991; Pusceddu *et al.*, 2000). A soma do carbono derivado destas três classes de macromoléculas orgânicas foi definida como o carbono biopolimérico (CBP) que é um indicador da fração lábil da matéria orgânica particulada (Fabiano & Danovaro, 1994). O índice alimentar (IA) definido como a razão entre o CBP e o COT expressa em porcentagem, foi utilizado para estimar o valor nutricional da matéria orgânica particulada presente nos sedimentos (Danovaro & Fabiano, 1997).

*4.4.8. Extração, derivatização, purificação e análise dos ácidos graxos no sedimento*

A extração dos lipídios totais das amostras de sedimento foi realizada pelo método de Folch *et al*. (1957) modificado, o qual está descrito no Anexo I, como foi mencionado anteriormente. A cada um dos extratos lipídicos adicionou-se uma concentração conhecida de padrão interno correspondente ao 7 % dos lipídios totais de

cada amostra. O composto utilizado como padrão interno foi o 19:0 ou ácido nonadecanóico. Para analisar os ácidos graxos contidos nos lipídios mediante cromatografia gasosa, os mesmos devem ser convertidos em compostos derivados com menores pontos de ebulição tais como os ésteres metílicos dos ácidos graxos (FAMEs), processo que se denomina derivatização. Os lipídios são principalmente uma mistura de ésteres, e a preparação dos FAMEs consiste na conversão de um éster em outro. Os ácidos graxos podem-se primeiro saponificar com NaOH ou KOH e depois metilar com $BF_3$-$CH_3OH$ ou ácidos-$CH_3OH$. Porém, a saponificação ocorre muito lentamente, portanto, o processo de saponificação-metilação requer longos tempos de reação. Já a transmetilação direta dos lipídios é mais rápida, ocorrendo ao mesmo tempo a hidrólise e a esterificação num único passo, além de se utilizar um único reagente (Christie, 1982). A formação dos FAMEs geralmente é realizada na presença de um catalisador ácido ou alcalino dissolvido em metanol, podendo ser aplicado, adicionalmente, um tratamento de calor. No presente trabalho, a transmetilação/metilação foi realizada em meio ácido, adicionando-se a cada extrato 1 ml de $H_2SO_4$ /metanol ao 1 %, assim como 0,5 ml de tolueno contendo butil hidroxitolueno (BHT) para evitar a oxidação (Christie, 1982), e deixando as amostras em um bloco de aquecimento a 50 °C durante 16 hs., em atmosfera de nitrogênio.

Em geral, quando se trabalha com amostras de lipídios totais ou neutros, é necessário purificar os FAMEs, eliminando o colesterol, hidrocarbonetos, pigmentos etc., que possam estar presentes nas amostras. Com esse intuito, foi utilizado o método de cromatografia de adsorção em camada fina de alta resolução em placas de vidro HPTLC ("High Performance Thin Layer Chromatography") de silicagel 60, sem indicador fluorescente e de 10x10 cm (E. Merck, Darmstadt, Alemanha). Para este procedimento, as placas receberam um tratamento prévio, que consistiu em desenvolver as mesmas, em toda a sua longitude, numa mistura de hexano/éter (1:1, v/v) para eliminar as impurezas, secá-las e ativá-las em estufa a 110 °C durante 1 h. Depois do esfriamento das placas em dessecador, foram aplicados 30 µl de cada amostra (dissolvida em um pequeno volume de hexano/éter a uma concentração de 30 mg/ml), a aproximadamente 1 cm da borda (Figura 2). Além das amostras, em cada placa foi aplicado um padrão para auxiliar na identificação dos FAMEs, sendo então, desenvolvidas numa mistura de hexano/éter/ácido acético glacial (85:15:1, v/v/v). Uma vez realizado esse procedimento, a faixa correspondente aos ésteres metílicos de cada

amostra foi raspada da placa, re-dissolvida em hexano/éter (1:1, v/v) e os FAMEs purificados foram recuperados para serem analisados por cromatografia a gás.

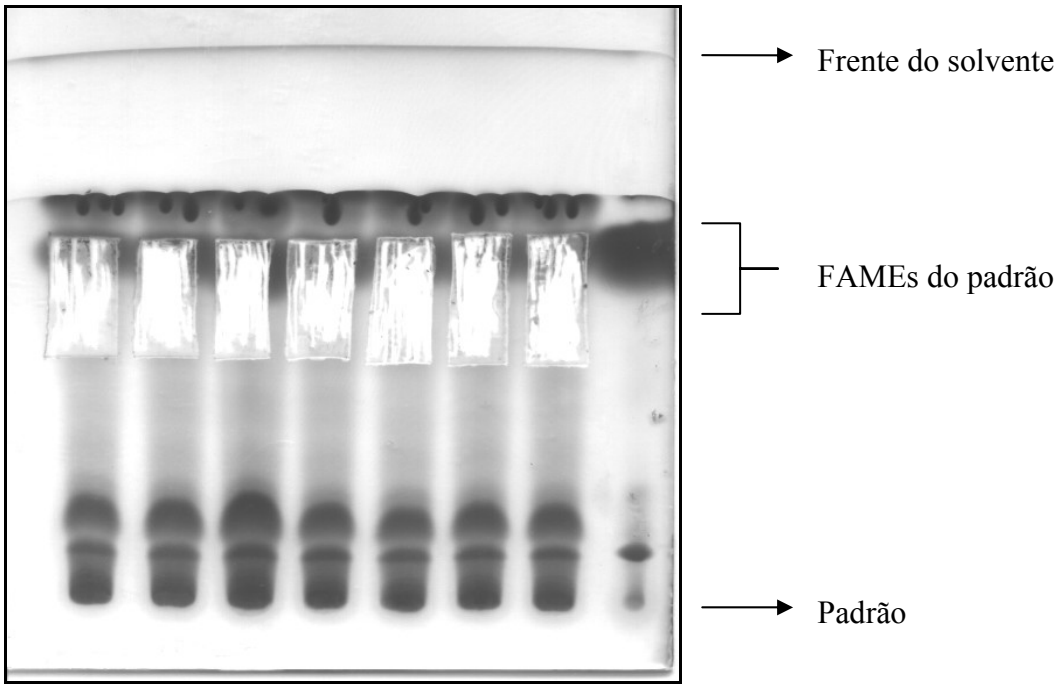



Figura 2. Placas de cromatografia em camada fina de alta resolução (HPTLC) utilizadas na purificação dos ésteres metílicos dos ácidos graxos (FAMEs).

Os FAMEs foram separados utilizando um cromatógrafo a gás Hewlett Packard 5890, equipado com um detector de ionização de chama (GC-FID). Os mesmos foram separados em uma coluna capilar Carbowax 20 M (Supelco, Inc. Bellefonte, EEUU) de 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno, usando nitrogênio como gás carregador (0,65 ml $min^{-1}$), e com temperatura do injetor e detector igual a 250 °C. A rampa de temperatura foi programada da seguinte maneira: temperatura inicial 150 °C durante 10 min., aumento da temperatura até 212 °C a uma taxa de 2,5 °C $min^{-1}$ e isotérmico durante 11 min. A identificação dos ácidos graxos presentes nas amostras (Figura 3), foi realizada comparando seus tempos de retenção com os dos ácidos graxos presentes no padrão externo (óleo de peixe bem caracterizado + mistura de FAMEs $C_8$-$C_{22}$ da Supelco). A recuperação do padrão interno nas amostras analisadas variou entre 100 e 131 %. A concentração dos ácidos graxos foi expressa em µg $g^{-1}$ de sedimento seco (ss) e os diferentes compostos foram quantificados utilizando a seguinte fórmula:

$$[Ag]\ \mu g\ g^{-1}\ ss = \frac{\%\ lipídios\ amostra \times área\ Ag \times mg\ padrão\ interno}{mg\ lipídios\ amostra \times área\ padrão\ interno} \times 10000$$

As análises foram desenvolvidas no Laboratório da Sección Zoología Vertebrados, Departamento de Biología Animal da Facultad de Ciencias, Universidad de la República (UdelaR), no Uruguai, com o apoio da Profa. Dra. Maria Salhi e do Prof. Dr. Martin Bessonart.

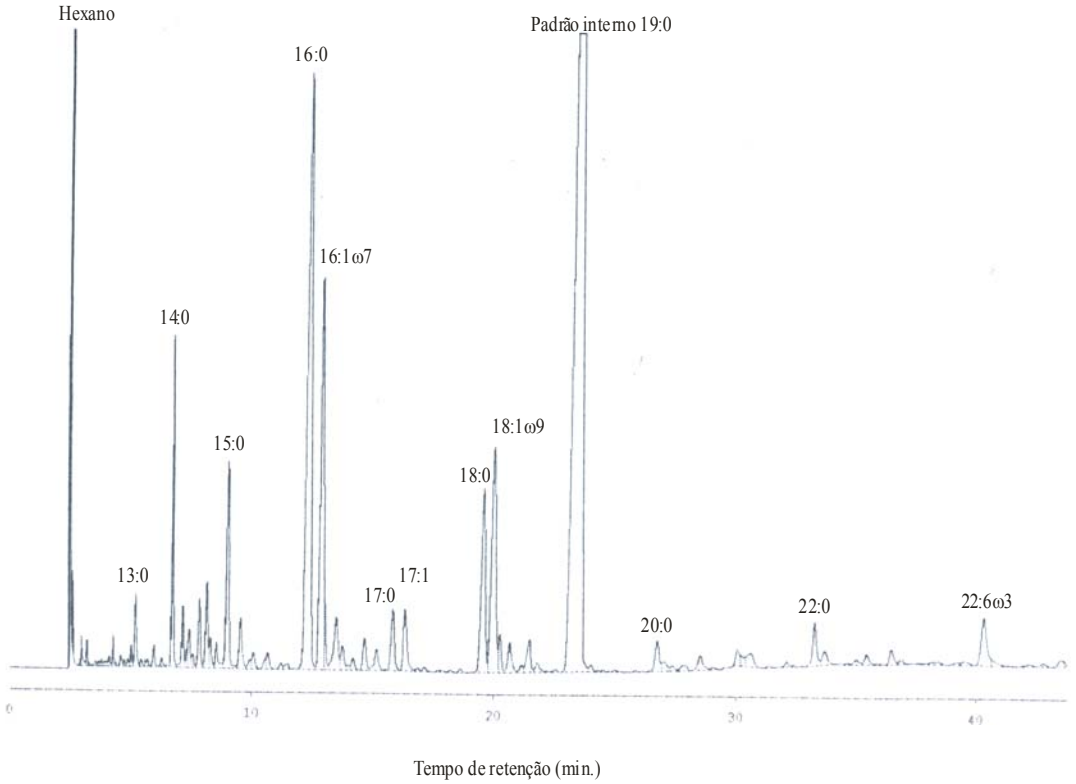



Figura 3. Cromatograma representativo mostrando alguns ésteres metílicos dos ácidos graxos (FAMEs) identificados.

### 4.5. Amostras biológicas

Em cada estação foram coletadas amostras de sedimento utilizando-se um "box corer" de aproximadamente 20 x 20 cm. De cada "box corer" foram coletadas subamostras, inserindo-se no sedimento um "corer" manual de 9,2 cm de diâmetro interno, correspondendo a uma área de 0,0066 $m^2$. Em todas as estações coletaram-se três réplicas para a meiofauna e cinco para a macrofauna. Cada uma das réplicas foi fatiada em camadas de 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12 e 12-15 cm de espessura. As amostras destinadas à análise da macrofauna foram fixadas e preservadas em formol 4

% no campo e posteriormente lavadas em peneira de 0,5 mm. O material retido foi fixado e preservado em álcool 70 % e levado para o laboratório para posterior triagem e identificação dos organismos. As amostras coletadas nas duas campanhas foram triadas e os organismos da macrofauna bentônica, identificados, quando possível, até o nível específico. No Anexo II apresenta-se uma listagem dos grupos e de todas as espécies identificadas, dispostas filogeneticamente de acordo com Brusca & Brusca (1990). A densidade média dos principais grupos da macrofauna foi expressa em indivíduos $m^{-2}$.

Com o intuito de estimar a biomassa da macrofauna o peso úmido dos organismos foi determinado em balança de precisão ± 0,1 mg. Previamente, o excesso de fixador foi retirado depositando os organismos sobre papel absorvente durante aproximadamente um minuto (Wetzel *et al*., 2005). Após esse procedimento, o peso livre de cinzas para cada um dos grupos taxonômicos encontrados foi estimado utilizando-se os fatores de conversão descritos em (Ricciardi & Bourget, 1998; Galéron *et al*., 2000).

Dado que um grande número de organismos do macrobentos pode mudar os seus hábitos alimentares em função das condições ambientais, torna-se difícil atribuir uma categoria trófica a uma espécie em particular (Pearson & Rosenberg, 1978). Porém, um enfoque funcional é fundamental para conseguir interpretar tais variações ambientais assim como para avaliar o funcionamento de um ecossistema (Gaston *et al*., 1995). Por este motivo, com base na literatura (Fauchald & Jumars, 1979; Lana, 1981; Paiva, 1993; Mancinelli *et al*., 1998; Muniz & Pires, 1999; Arruda *et al*., 2003; Wieking & Kröncke, 2003; Arasaki *et al.*, 2004; Simonini *et al*., 2004; Corbisier, 2006; de Juan *et al*., 2007; Gaudêncio & Cabral, 2007, entre outros), a macrofauna foi classificada em cinco grupos tróficos: carnívoros (C), onívoros (O), suspensívoros ou filtradores (SUS), depositívoros de superfície (DS) e depositívoros de subsuperfície (DSS), e nas seguintes quatro categorias de bioturbação de acordo com Dauwe *et al*. (1998):

1) *"Diffusive mixing":* difusão unidimensional que tende a redistribuir rapidamente a matéria orgânica "fresca" no interior do sedimento. Esta categoria de bioturbação está associada aos organismos depositívoros de subsuperfície móveis, cavadores e carnívoros de vida livre.

2) *"Surface deposition":* descreve a excreção de partículas na superfície do sedimento. Esta categoria inclui os organismos suspensívoros, depositívoros de

superfície e os que alternam entre estes dois tipos de alimentação (interface feeders) como alguns poliquetas tubícolas e bivalves sedentários.

3) *"Conveyor belt transport":* ocorre durante a alimentação dos organismos em subsuperfície (depositívoros) ou durante a atividade cavadora. Resulta no transporte ativo de partículas, desde uma determinada profundidade no sedimento até a superfície, ocorrendo também uma forçante gravitacional de partículas em sentido oposto. Esta categoria está associada com a atividade de poliquetas das famílias Maldanidae, Capitellidae e Orbiniidae.

4) *"Reverse conveyor belt transport":* ocorre devido à alimentação e excreção de alguns organismos depositívoros de superfície. Resulta no transporte de partículas desde a superfície até uma determinada profundidade dentro da coluna sedimentar e em contraste com a categoria 3 não existe o retorno das partículas à superfície do sedimento.

Os Polychaeta também foram classificados em grupos funcionais de alimentação (GFA), considerando tanto a mobilidade dos organismos, quanto a estrutura utilizada na alimentação (Fauchald & Jumars, 1979; Gaston, 1987, Paiva, 1993: Muniz & Pires, 1999). A classificação da macrofauna apresenta-se no Anexo III.

As amostras destinadas à análise da meiofauna foram coletadas inserindo-se um tubo de 2,7 cm de diâmetro interno nos três "corers" originais, correspondendo a uma área de 5,72 $cm^2$. As amostras foram fixadas em formol 10 % tamponado com borax, coradas com Rosa de Bengala 1 % e peneiradas numa série de peneiras de 0,5 e 0,062 mm. Em laboratório, os organismos do meiobentos foram triados e identificados em grandes grupos. A densidade média de cada grupo foi expressa em indivíduos 10 $cm^{-2}$.

## 5. ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

Foram aplicados métodos de análise estatística univariados e multivariados. Foi realizado o cálculo dos descritores comunitários comumente utilizados em estudos de ecologia bentônica, tais como número de indivíduos, riqueza de espécies (N° total de espécies presentes na amostra), diversidade utilizando o Índice de Shannon-Wiener (H´ $log_e$) (Shannon & Weaver, 1963) com os resultados expressos em nats/indivíduos e equitatividade utilizando o Índice de Pielou (J´) (Pielou, 1969).

A normalidade das variáveis foi verificada utilizando o teste de Lilliefors para k amostras, o qual compara o grau de concordância entre a distribuição acumulada de um

conjunto de valores de uma amostra e a distribuição teórica acumulada esperada (Zar, 1999). Em função do tipo de análise utilizada avaliou-se a necessidade de padronização e/ou de transformação das variáveis a serem incluídas. Quando foi necessário transformar utilizou-se a transformação log.

Para determinar o grau de relacionamento entre as variáveis foram realizadas análises de correlação paramétricas utilizando-se o Coeficiente de Correlação de Pearson considerando-os significativos a $p \leq 0,05$. As possíveis diferenças entre os estratos, as estações de coleta e os períodos de coleta, para a abundância das espécies da macrofauna e dos grandes grupos da meiofauna, a concentração de clorofila *a*, biopolímeros orgânicos e as outras variáveis consideradas foram testadas por meio de Análises de Variância. Quando existiu homogeneidade das variâncias foi utilizada a análise paramétrica ANOVA, com exame *a posteriori* das diferenças entre as médias amostrais através do teste Tukey. Quando houve heterogeneidade das variâncias foi utilizada a análise não paramétrica Kruskal-Wallis, com exame dos postos médios através do método de Dunn (Zar, 1999). Em ambos os casos considerou-se $\alpha = 0,05$, sendo que a ANOVA utiliza o estatístico F enquanto que a análise de Kruskal-Wallis o estatístico H.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada visando identificar algum padrão significativo de ordenação das amostras em função das suas características biogeoquímicas e biológicas. Este método de ordenação consiste em definir a posição das amostras em relação a um conjunto de eixos, onde cada um desses eixos é uma combinação linear das variáveis utilizadas. Isto é feito de maneira tal que quanto maior a distância entre as amostras no diagrama de ordenação, maior é a diferença entre elas (Clarke & Warwick, 1994). Os dados foram previamente normalizados $(x-\mu/\sigma)$, ou seja, centrados em relação à media ($\mu$) e reduzidos em relação ao desvio padrão ($\sigma$) para que as variáveis possuam escalas comparáveis e possam efetivamente ser comparadas (Valentin, 2000). Esta análise mostrou-se robusta o suficiente quando mais de 60 % da variância total dos dados foi explicada pelos dois primeiros componentes (Clarke & Warwick, 1994). Posteriormente, para observar mais claramente as relações variáveis-amostras, foram construídos os gráficos dos "loadings" que são os coeficientes de correlação entre cada variável e cada fator ou componente principal, e dos "scores" que representam a influência relativa de cada componente sobre a amostra.

Com o intuito de ordenar as estações de coleta em função da abundância das espécies da macrofauna bentônica, nos dois períodos estudados, foi realizada uma análise de ordenação n-MDS "Non-metric Multidimensional Scaling" (Clarke & Warwick, 1994). A matriz de similaridade foi construída utilizando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis com os dados transformados pela raiz quadrada (√). Nesta análise, a partir da matriz de similaridade é construída uma matriz de postos e em base a ela as amostras são ordenadas, sendo que do mesmo modo que com outros métodos de ordenação, no n-MDS as amostras localizadas mais próximas no diagrama de ordenação bidimensional apresentam maior semelhança entre si do que com amostras que encontram-se mais afastadas. Segundo Clarke & Warwick (1994), existe um grau de distorção ou "stress" que aumenta com o número de dados e com a redução da dimensionalidade, mas valores de "stress" menores de 0,2 indicam uma boa representação bidimensional dos dados.

A continuação, para verificar a possível existência de diferenças significativas entre os grupos de estações obtidos, utilizou-se a Análise de Similaridade (ANOSIM) de uma via com a mesma matriz de similaridade biológica empregada no n-MDS. Esta análise é análoga à ANOVA, mas é uma análise não paramétrica que pode ser aplicada a matrizes de dados biológicos com grande número de zeros (Clarke & Warwick, 1994). A ANOSIM testa a hipótese nula ($H_0$) de que não existem diferenças entre os grupos de amostras em relação à abundância das espécies. Partindo da matriz de similaridade triangular e realizando o maior número de permutações possíveis, esta análise compara cada par de amostras para testar a existência de diferenças significativas entre amostras de um mesmo grupo, assim como entre amostras de grupos diferentes. O nível de significância da análise é calculado a partir da probabilidade de que o estatístico R observado pertença ou não à distribuição dos R simulados, a qual é gerada pelo processo de permutação. Se o número de R simulados ≥ R observado superar o 5 % das permutações utilizadas, então $H_0$ não pode ser rejeitada a esse nível de significância (Clarke & Warwick, 1994). A primeira parte da análise realiza um teste global para determinar se existe ou não diferença entre os grupos, dando como resultado um R global que é calculado através da seguinte fórmula:

$$R = (r_B - r_W)/ (M/2)$$

sendo,

$r_B$ = média de todo os valores de similaridade entre cada par de amostras de grupos diferentes

$r_W$ = média de todos os valores de similaridade entre cada par de amostras de um mesmo grupo

M = (n (n-1))/2 onde n é o número total de amostras consideradas

R varia entre 0 e 1, sendo R = 0 quando $H_0$ é verdadeira e não existem diferenças entre os grupos de amostras, e R = 1 unicamente quando todas as amostras de um mesmo grupo são mais semelhantes entre si do que com qualquer amostra de outro grupo (Clarke & Warwick, 1994). A segunda etapa da análise, o teste por pares (pairwise), é mais detalhada e realiza a comparação entre pares de amostras de grupos específicos dando também como resultado um R observado. Porém, esta segunda etapa só é aplicada quando existem três ou mais grupos de amostras.

Para estabelecer quais espécies da macrofauna bentônica contribuíram com maior peso para as diferenças observadas entre os grupos de estações, a Análise de Similaridade Porcentual (SIMPER) foi aplicada (Clarke & Green, 1988). Esta análise consiste em calcular a dissimilaridade entre todos os pares de amostras dos grupos obtidos no n-MDS, e posteriormente, calcular a contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade entre os grupos de amostras separadamente. Desta forma, quando uma espécie apresenta uma alta contribuição média para um grupo de amostras e uma baixa contribuição média para o outro grupo, pode ser considerada como boa discriminadora.

Ainda, com o intuito de estabelecer quais das variáveis consideradas explicam melhor o padrão biológico observado para a macrofauna foi aplicada a análise BIO-ENV utilizando o Coeficiente de Correlação de Spearman ponderado (ρw) (Clarke & Ainsworth, 1993). Esta análise compara a matriz de similaridade triangular construída a partir dos dados biológicos utilizando o coeficiente de Bray-Curtis, com a matriz de dissimilaridade triangular construída a partir dos dados abióticos utilizando a distância Euclidiana. Já que as escalas destas matrizes são diferentes, em função da utilização de dois índices distintos, elas não podem ser comparadas diretamente, porém, os seus postos podem ser comparados através de um coeficiente de correlação de postos denominado Coeficiente de Correlação de Spearman (ρ). Este coeficiente varia entre ρ = -1 quando os postos estão em completa oposição e ρ = 1 quando os mesmos são totalmente concordantes, e ρ = 0 no caso em que não existe nenhuma concordância entre o padrão ambiental e o biológico. A análise considera as variáveis ambientais

primeiro uma a uma, depois em pares, depois de a três e assim sucessivamente dando um valor de ρw para cada combinação. A combinação que tiver o valor de ρw maior é a que melhor explica o padrão biológico observado (Clarke & Ainsworth, 1993).

As análises estatísticas deste trabalho foram realizadas utilizando os seguintes pacotes estatísticos: PRIMER® 6.0, STATISTICA® 6.0, BioEstat 4.0 e MVSP 3.1.

# 6. RESULTADOS

## 6.1. Resultados abióticos gerais

### *6.1.1. Pluviosidade*

Os dados de pluviosidade referentes ao ano de 2004 foram obtidos do site do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) http://www.cptec.inpe.br/ e correspondem a aqueles registrados pela Plataforma de Coleta de Dados localizada em Caraguatatuba. A pluviosidade média mensal variou entre 125,6 mm e 1,0 mm, correspondendo o maior valor ao mês de janeiro e o menor ao mês de agosto de 2004 (Figura 4). No mês de abril quando foi realizada a primeira coleta, a pluviosidade média foi de 100,6 mm, valor maior à média considerada normal para a região que é de 80 mm (Silva, 1989). Já o mês de novembro quando foi realizada a segunda coleta foi mais seco, apresentando uma pluviosidade média de 71,1 mm (Figura 4). Porém, deve-se ressaltar que ocorreu à passagem de uma frente fria um dia antes da segunda coleta.

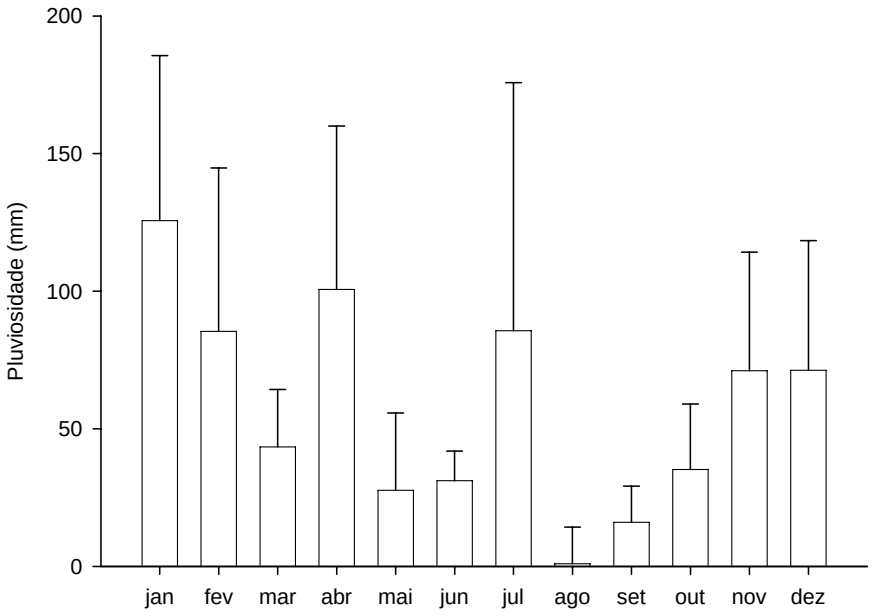



Figura 4. Valores médios e desvios padrão da pluviosidade mensal para o ano de 2004.

*6.1.2. Coluna de água*

Na coleta de abril a temperatura variou entre 17,63 e 27,55 °C sendo que os menores valores foram registrados na água de fundo das estações (#) 4, 5 e 6 (Tabela 1a). A salinidade variou entre 34,14 e 36,00 e o menor valor correspondeu à estação 1 localizada próxima à Foz do Rio Juqueriquerê. A concentração de oxigênio dissolvido variou entre 3,21 e 4,89 $ml.l^{-1}$, e as menores concentrações foram registradas sempre na água de fundo, principalmente nas #2, 4, 5 e 6 (Tabela 1a).

Tabela 1. Coordenadas geográficas, profundidade, temperatura, salinidade e concentração de oxigênio dissolvido na água de superfície e de fundo para as seis estações de coleta. a) = abril; b) = novembro

a)

| Est. | Latitude (S) | Longitude (W) | Prof. (m) | T (°C) | | Salinidade | | $O_2$ ($ml.l^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | S | F | S | F | S | F |
| **1** | 23° 42,550' | 45° 24,615' | 3,7 | 26,86 | 26,95 | 34,14 | 34,46 | 4,64 | 4,44 |
| **2** | 23° 43,573' | 45° 23,669' | 7,3 | 27,55 | 26,63 | 34,40 | 34,90 | 4,89 | 3,77 |
| **3** | 23° 48,886' | 45° 23,904' | 9,9 | 27,28 | 25,64 | 34,61 | 34,79 | 4,50 | 4,52 |
| **4** | 23° 49,180' | 45° 24,197' | 12,0 | 26,66 | 19,23 | 34,70 | 35,74 | 4,55 | 3,88 |
| **5** | 23° 43,033' | 45° 19,684' | 15,4 | 26,03 | 19,08 | 34,90 | 36,00 | 4,28 | 3,99 |
| **6** | 23° 51,982' | 45° 15,229' | 21,7 | 26,38 | 17,63 | 34,83 | 35,74 | 4,69 | 3,21 |

b)

| Est. | Latitude (S) | Longitude (W) | Prof. (m) | T (°C) | | Salinidade | | $O_2$ ($ml.l^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | S | F | S | F | S | F |
| **1** | 23° 42,598' | 45° 24,458' | 3,6 | 24,38 | 23,31 | 34,22 | 35,19 | 5,31 | 4,97 |
| **2** | 23° 43,580' | 45° 23,645' | 7,4 | 24,18 | 22,67 | 35,17 | 35,67 | 5,36 | 4,99 |
| **3** | 23° 48,900' | 45° 23,897' | 9,4 | 23,29 | 22,53 | 34,99 | 35,48 | 5,36 | 5,27 |
| **4** | 23° 49,186' | 45° 24,199' | 12,5 | 24,45 | 22,49 | 35,50 | 35,51 | 5,56 | 5,31 |
| **5** | 23° 43,047' | 45° 19,716' | 15,0 | 22,84 | 19,20 | 35,36 | 35,80 | 5,71 | 5,48 |
| **6** | 23° 51,371' | 45° 15,617' | 20,0 | 22,57 | 17,65 | 33,47 | 35,74 | 5,79 | 5,76 |

S= superfície, F= fundo.

Em novembro, a temperatura da coluna de água variou entre 17,65 e 24,45 °C e os menores valores corresponderam às estações 5 e 6 (Tabela 1b). A salinidade esteve entre 33,47 e 35,80. A concentração de oxigênio dissolvido foi maior do que na primeira coleta, tanto na água de superfície quanto na de fundo, sendo que a mesma variou entre 4,97 e 5,79 $ml.l^{-1}$. Os menores valores foram registrados nas #1 e 2 (Tabela 1b).

Os perfis de temperatura e salinidade mostraram para a coleta de abril, a ocorrência de estratificação na coluna de água nas estações de 4, 5 e 6 com a presença de uma termoclina sazonal bem marcada, enquanto que nas estações 1, 2 e 3 a coluna de

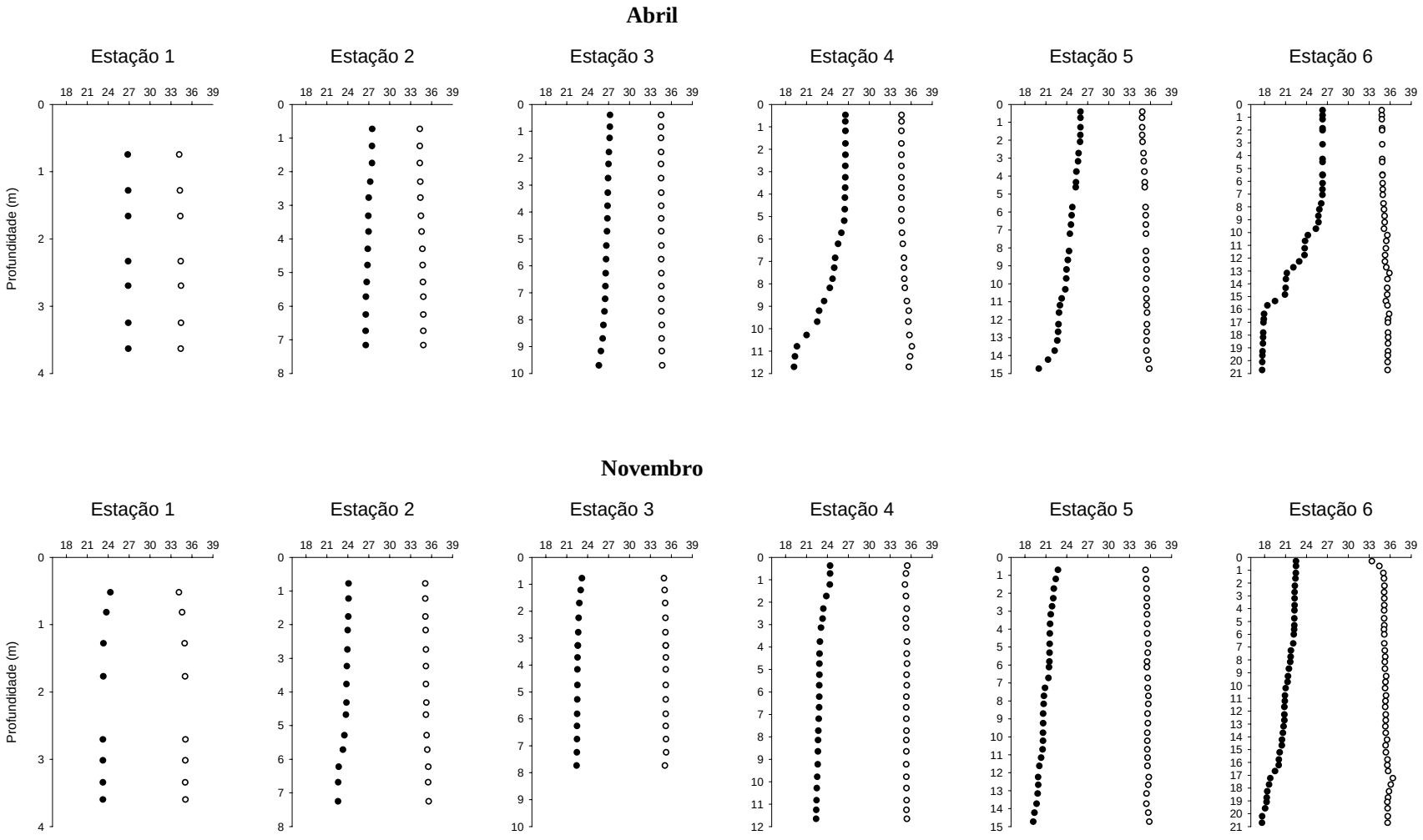



Figura 5. Perfis de temperatura (circulos pretos) e salinidade (circulos brancos) da água nas 6 estações para as duas coletas.

água apresentou-se homogênea (Figura 5). Na coleta de novembro, os perfis de temperatura e salinidade foram mais homogêneos comparativamente à coleta anterior nas #4, 5 e 6 já que somente esta última apresentou uma termoclina incipiente. Nas #4 e 5 observou-se apenas a diminuição da temperatura com a profundidade sem a presença da termoclina, e as #1, 2 e 3 apresentaram novamente uma coluna de água homogênea (Figura 5).

## 6.2. Avaliação das características sedimentológicas, topografia do fundo e taxa de sedimentação

### *6.2.1. Características granulométricas dos sedimentos*

Em geral, os resultados das análises granulométricas mostraram que as frações sedimentológicas mais finas, tais como areia muito fina, silte e argila, foram as predominantes nas seis estações amostradas para os dois períodos de coleta (Tabelas 2 e 3).

Na primeira coleta (abril), os grânulos representaram entre 0 e 0,53 % (valores médios por estação) do total das frações granulométricas. As #1 e 4 apresentaram uma contribuição das areias significativamente maior do que as estações restantes ($H = 30,992$; $p < 0,05$), principalmente de areia muito fina, com valores médios iguais a 24,25 e 24,06 %, respectivamente (Tabela 2). Na #1 observou-se o predomínio de silte, dentre as frações de sedimentos pelíticos, com um valor médio de 58,93 %, assim como uma contribuição das argilas significativamente menor ($F = 69,298$; $p < 0,01$) do que nas demais estações (Tabela 2). Além disso, a #5 apresentou uma porcentagem de argila significativamente maior que as estações restantes, a exceção da #6 ($F = 69,298$; $p < 0,01$), com um valor médio igual a 52,30% (Tabela 2). Já nos outros pontos de coleta as porcentagens de silte e argila foram similares (Tabela 2). Os valores médios dos teores de carbonato biodetrítico ($CaCO_3$) no sedimento variaram entre 10,51 na estação 3 e 11,54 % na estação 2, não tendo sido observadas diferenças significativas entre as seis estações de coleta ($H = 1,772$; $p > 0,05$) (Tabela 2).

Na segunda coleta (novembro), os valores médios por estação da porcentagem de grânulos estiveram entre 0,02 e 3,01 % tendo correspondido o maior valor à #1 (Tabela 3). As # 1, 4 e 5 apresentaram uma contribuição da fração arenosa significativamente maior do que as restantes estações ($H = 33,396$; $p < 0,05$). Os valores médios da areia muito fina foram iguais a 29,83, 24,46 e 14,39 % na estação 1, 4 e 5, respectivamente (Tabela 3). Novamente, a #1 apresentou uma contribuição de argila

Tabela 2. Características granulométricas dos sete horizontes de sedimento para cada uma das estações na coleta de abril. Valores médios por estação em negrito.

| | %G | %AG | %AM | %AF | %AMF | %Silte | %Argila | %CaCO3 | DM (phi) | DP | Seleção | Shepard (1954) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **#1 0-2** | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,72 | 22,78 | 55,86 | 20,31 | 16,98 | 5,52 | 1,88 | ps | silte arenoso |
| **#1 2-4** | 0,30 | 0,03 | 0,10 | 0,44 | 26,61 | 57,34 | 15,18 | 9,84 | 4,92 | 1,45 | ps | silte arenoso |
| **#1 4-6** | 0,07 | 0,34 | 0,20 | 0,96 | 21,95 | 59,86 | 16,63 | 10,71 | 5,46 | 1,84 | ps | silte arenoso |
| **#1 6-8** | 0,51 | 0,43 | 0,27 | 1,08 | 23,48 | 55,67 | 18,56 | 9,79 | 5,50 | 1,89 | ps | silte arenoso |
| **#1 8-10** | 0,43 | 0,24 | 0,28 | 1,28 | 19,65 | 59,19 | 18,94 | 10,08 | 5,54 | 1,88 | ps | silte arenoso |
| **#1 10-12** | 0,13 | 0,31 | 0,27 | 1,15 | 27,41 | 60,63 | 10,10 | 10,79 | 4,98 | 1,50 | ps | silte arenoso |
| **#1 12-15** | 0,30 | 0,24 | 0,20 | 0,70 | 27,87 | 63,95 | 6,73 | 9,23 | 4,51 | 1,10 | ps | silte arenoso |
| | **0,25** | **0,25** | **0,21** | **0,90** | **24,25** | **58,93** | **15,21** | **11,06** | **5,20** | **1,65** | | |
| **#2 0-2** | 0,03 | 0,16 | 0,20 | 0,42 | 2,72 | 57,23 | 39,24 | 15,29 | 7,13 | 1,52 | ps | silte argiloso |
| **#2 2-4** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 54,37 | 45,60 | 10,11 | 7,46 | 1,36 | ps | silte argiloso |
| **#2 4-6** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 54,37 | 45,60 | 8,46 | 7,50 | 1,27 | ps | silte argiloso |
| **#2 6-8** | 0,48 | 0,31 | 0,21 | 0,61 | 2,99 | 51,11 | 44,29 | 11,96 | 7,32 | 1,56 | ps | silte argiloso |
| **#2 8-10** | 0,20 | 0,44 | 0,37 | 0,71 | 2,78 | 46,92 | 48,59 | 9,26 | 7,44 | 1,58 | ps | argila siltica |
| **#2 10-12** | 0,17 | 0,30 | 0,21 | 0,62 | 2,80 | 49,66 | 46,23 | 12,00 | 7,40 | 1,53 | ps | silte argiloso |
| **#2 12-15** | 0,00 | 0,63 | 0,60 | 1,10 | 14,05 | 35,12 | 48,49 | 13,73 | 6,87 | 2,11 | mps | argila siltica |
| | **0,13** | **0,26** | **0,23** | **0,49** | **3,63** | **49,83** | **45,43** | **11,54** | **7,30** | **1,56** | | |
| **#3 0-2** | 0,00 | 0,24 | 0,27 | 0,71 | 15,44 | 47,62 | 35,71 | 12,89 | 6,46 | 2,01 | mps | silte argiloso |
| **#3 2-4** | 0,00 | 0,23 | 0,17 | 0,46 | 8,83 | 50,17 | 40,13 | 7,86 | 6,92 | 1,72 | ps | silte argiloso |
| **#3 4-6** | 0,00 | 0,09 | 0,14 | 0,43 | 12,55 | 46,73 | 40,05 | 13,66 | 6,72 | 1,93 | ps | silte argiloso |
| **#3 6-8** | 0,00 | 0,13 | 0,31 | 1,31 | 18,93 | 36,21 | 43,10 | 13,59 | 6,62 | 2,11 | mps | argila siltica |
| **#3 8-10** | 0,00 | 0,12 | 0,31 | 1,55 | 22,62 | 35,98 | 39,41 | 12,18 | 6,45 | 2,13 | mps | argila siltica |
| **#3 10-12** | 0,00 | 0,40 | 0,84 | 2,64 | 25,69 | 35,21 | 35,21 | 10,72 | 6,24 | 2,16 | mps | silte argilo arenoso |
| **#3 12-15** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 52,44 | 47,53 | 2,69 | 7,36 | 1,50 | ps | silte argiloso |
| | **0,00** | **0,17** | **0,29** | **1,01** | **14,87** | **43,48** | **40,16** | **10,51** | **6,68** | **1,94** | | |
| **#4 0-2** | 0,03 | 0,95 | 0,94 | 2,46 | 23,15 | 32,02 | 40,44 | 27,25 | 6,35 | 2,19 | mps | argila siltico arenosa |
| **#4 2-4** | 0,03 | 1,37 | 1,14 | 1,79 | 16,49 | 39,59 | 39,59 | 13,47 | 6,53 | 2,13 | mps | silte argiloso |
| **#4 4-6** | 0,99 | 3,76 | 2,77 | 4,10 | 23,50 | 30,74 | 34,15 | 8,59 | 6,07 | 2,53 | mps | argila siltico arenosa |
| **#4 6-8** | 0,69 | 2,52 | 1,87 | 2,81 | 22,75 | 29,47 | 39,88 | 7,68 | 6,39 | 2,38 | mps | argila siltico arenosa |
| **#4 8-10** | 0,47 | 2,04 | 2,05 | 3,06 | 30,23 | 23,51 | 38,63 | 8,93 | 6,22 | 2,37 | mps | argila arenosa |
| **#4 10-12** | 0,81 | 2,80 | 2,15 | 3,29 | 30,50 | 25,19 | 35,27 | 8,18 | 6,06 | 2,43 | mps | areia siltico argilosa |
| **#4 12-15** | 0,71 | 3,82 | 1,93 | 2,53 | 21,81 | 23,63 | 45,58 | 2,44 | 6,51 | 2,52 | mps | argila arenosa |
| | **0,53** | **2,47** | **1,84** | **2,86** | **24,06** | **29,16** | **39,08** | **10,94** | **6,30** | **2,36** | | |
| **#5 0-2** | 0,00 | 0,03 | 0,10 | 1,06 | 8,86 | 38,31 | 51,63 | 13,40 | 7,20 | 1,90 | ps | argila siltica |
| **#5 2-4** | 0,07 | 0,20 | 0,24 | 0,35 | 7,95 | 39,57 | 51,62 | 12,47 | 7,24 | 1,87 | ps | argila siltica |
| **#5 4-6** | 0,00 | 0,20 | 0,27 | 1,80 | 9,70 | 34,88 | 53,16 | 11,04 | 7,33 | 1,85 | ps | argila siltica |
| **#5 6-8** | 0,00 | 0,06 | 0,22 | 1,44 | 8,71 | 37,89 | 51,67 | 13,94 | 7,30 | 1,84 | ps | argila siltica |
| **#5 8-10** | 0,00 | 0,20 | 0,27 | 1,26 | 8,19 | 39,09 | 50,99 | 6,61 | 7,14 | 1,95 | ps | argila siltica |
| **#5 10-12** | 0,00 | 0,09 | 0,06 | 0,50 | 5,50 | 37,87 | 55,98 | 8,25 | 7,50 | 1,69 | ps | argila siltica |
| **#5 12-15** | 0,00 | 0,09 | 0,17 | 1,71 | 9,15 | 37,85 | 51,02 | 9,98 | 7,13 | 1,97 | ps | argila siltica |
| | **0,01** | **0,12** | **0,19** | **1,16** | **8,29** | **37,92** | **52,30** | **10,81** | **7,26** | **1,87** | | |
| **#6 0-2** | 1,04 | 0,27 | 0,16 | 0,23 | 8,09 | 50,12 | 40,09 | 18,70 | 6,58 | 1,89 | ps | silte argiloso |
| **#6 2-4** | 0,70 | 0,53 | 0,17 | 0,21 | 4,52 | 51,96 | 41,90 | 10,34 | 6,87 | 1,79 | ps | silte argiloso |
| **#6 4-6** | 0,00 | 0,10 | 0,20 | 0,52 | 3,91 | 49,28 | 45,99 | 9,59 | 7,04 | 1,79 | ps | silte argiloso |
| **#6 6-8** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 47,10 | 52,86 | 18,85 | 7,68 | 1,23 | ps | argila siltica |
| **#6 8-10** | 0,00 | 0,21 | 0,10 | 0,26 | 2,43 | 46,04 | 50,97 | 13,42 | 7,44 | 1,59 | ps | argila siltica |
| **#6 10-12** | 0,00 | 0,09 | 0,06 | 0,23 | 2,21 | 42,21 | 55,19 | 3,61 | 7,41 | 1,67 | ps | argila siltica |
| **#6 12-15** | 0,03 | 0,54 | 0,20 | 0,60 | 2,89 | 51,17 | 44,57 | 1,34 | 7,19 | 1,63 | ps | silte argiloso |
| | **0,25** | **0,25** | **0,13** | **0,29** | **3,44** | **48,27** | **47,37** | **10,84** | **7,17** | **1,66** | | |

G= grânulos; AG= areia grossa; AM= areia média; AF= areia fina; AMF= areia muito fina; DM= diâmetro médio
DP= desvio padrão; ps= pobremente selecionado; mps= muito pobremente selecionado

Tabela 3. Características granulométricas dos sete horizontes de sedimento para cada uma das estações na coleta de novembro. Valores médios por estação em negrito.

| | %G | %AG | %AM | %AF | %AMF | %Silte | %Argila | %CaCO3 | DM (phi) | DP | Seleção | Shepard (1954) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **#1 0-2** | 5,13 | 2,82 | 2,25 | 2,01 | 44,16 | 31,89 | 11,74 | 15,93 | 4,01 | 1,89 | ps | areia siltica |
| **#1 2-4** | 4,39 | 2,42 | 0,97 | 1,65 | 31,99 | 36,81 | 21,77 | 13,58 | 5,34 | 2,63 | mps | areia siltica |
| **#1 4-6** | 2,88 | 1,40 | 1,00 | 1,74 | 29,36 | 40,19 | 23,43 | 18,32 | 5,49 | 2,26 | mps | silte arenoso |
| **#1 6-8** | 1,10 | 0,97 | 0,97 | 2,48 | 25,87 | 45,18 | 23,43 | 18,30 | 5,55 | 2,08 | mps | silte arenoso |
| **#1 8-10** | 3,12 | 0,88 | 0,78 | 2,17 | 25,15 | 49,23 | 18,67 | 17,69 | 5,44 | 2,14 | mps | silte arenoso |
| **#1 10-12** | 2,16 | 1,62 | 0,64 | 2,05 | 27,73 | 38,81 | 26,99 | 18,88 | 5,52 | 2,18 | mps | silte argilo arenoso |
| **#1 12-15** | 2,32 | 1,52 | 0,71 | 1,95 | 24,58 | 38,66 | 30,26 | 15,35 | 5,62 | 2,22 | mps | silte argilo arenoso |
| | **3,01** | **1,66** | **1,05** | **2,01** | **29,83** | **40,11** | **22,33** | **16,86** | **5,28** | **2,20** | | |
| **#2 0-2** | 0,14 | 0,31 | 0,20 | 0,41 | 2,14 | 54,35 | 42,45 | 10,75 | 7,27 | 1,52 | ps | silte argiloso |
| **#2 2-4** | 0,07 | 0,40 | 0,65 | 0,91 | 2,75 | 51,02 | 44,20 | 6,61 | 7,13 | 1,70 | ps | silte argiloso |
| **#2 4-6** | 0,07 | 0,16 | 0,24 | 0,33 | 2,01 | 50,27 | 46,92 | 5,74 | 7,45 | 1,43 | ps | silte argiloso |
| **#2 6-8** | 0,60 | 0,40 | 0,40 | 0,56 | 2,18 | 49,59 | 46,27 | 9,15 | 7,34 | 1,57 | ps | silte argiloso |
| **#2 8-10** | 0,71 | 0,81 | 0,60 | 0,97 | 2,39 | 45,56 | 48,96 | 7,60 | 7,44 | 1,62 | ps | argila siltica |
| **#2 10-12** | 0,74 | 0,90 | 0,94 | 1,28 | 2,18 | 45,30 | 48,66 | 9,73 | 7,18 | 1,83 | ps | argila siltica |
| **#2 12-15** | 0,41 | 0,83 | 0,79 | 1,35 | 10,26 | 86,36 | 0,00 | 8,46 | 5,97 | 1,34 | ps | silte |
| | **0,39** | **0,54** | **0,55** | **0,83** | **3,42** | **54,64** | **39,64** | **8,29** | **7,11** | **1,57** | | |
| **#3 0-2** | 0,03 | 0,31 | 0,34 | 0,51 | 4,28 | 40,51 | 54,02 | 7,12 | 7,54 | 1,62 | ps | argila siltica |
| **#3 2-4** | 0,00 | 0,20 | 0,24 | 0,53 | 5,45 | 41,78 | 51,80 | 4,79 | 7,47 | 1,65 | ps | argila siltica |
| **#3 4-6** | 0,00 | 0,20 | 0,44 | 0,84 | 7,64 | 47,19 | 43,69 | 9,65 | 6,98 | 1,85 | ps | silte argiloso |
| **#3 6-8** | 0,03 | 0,13 | 0,27 | 0,64 | 8,35 | 48,65 | 41,93 | 9,11 | 7,06 | 1,77 | ps | silte argiloso |
| **#3 8-10** | 0,03 | 0,09 | 0,20 | 0,68 | 6,48 | 43,68 | 48,84 | 7,89 | 7,34 | 1,71 | ps | argila siltica |
| **#3 10-12** | 0,00 | 0,19 | 0,41 | 0,26 | 3,53 | 85,07 | 10,54 | 7,23 | 6,02 | 1,40 | ps | silte |
| **#3 12-15** | 0,03 | 0,24 | 0,30 | 1,32 | 15,08 | 35,58 | 47,45 | 2,17 | 6,82 | 2,10 | mps | argila siltica |
| | **0,02** | **0,19** | **0,31** | **0,68** | **7,26** | **48,92** | **42,61** | **6,85** | **7,03** | **1,73** | | |
| **#4 0-2** | 0,17 | 3,80 | 1,86 | 3,18 | 24,86 | 25,44 | 40,69 | 21,68 | 6,32 | 2,47 | mps | argila siltico arenosa |
| **#4 2-4** | 0,34 | 3,81 | 2,22 | 2,87 | 19,99 | 28,64 | 42,13 | 9,29 | 6,35 | 2,48 | mps | argila siltico arenosa |
| **#4 4-6** | 0,50 | 4,63 | 2,62 | 3,32 | 20,11 | 30,21 | 38,61 | 5,54 | 6,28 | 2,57 | mps | argila siltico arenosa |
| **#4 6-8** | 1,69 | 9,76 | 5,72 | 6,13 | 30,98 | 18,63 | 27,09 | 5,78 | 4,69 | 2,99 | mps | areia argilosa |
| **#4 8-10** | 1,86 | 7,69 | 4,03 | 4,13 | 26,34 | 25,42 | 30,53 | 6,84 | 5,48 | 2,80 | mps | areia siltico argilosa |
| **#4 10-12** | 0,64 | 7,19 | 3,80 | 3,90 | 25,57 | 23,55 | 35,35 | 6,80 | 5,74 | 2,70 | mps | areia argilosa |
| **#4 12-15** | 1,57 | 6,33 | 3,29 | 3,45 | 23,40 | 31,82 | 30,14 | 2,09 | 5,85 | 2,66 | mps | areia siltico argilosa |
| | **0,97** | **6,17** | **3,36** | **3,85** | **24,46** | **26,24** | **34,93** | **8,29** | **5,82** | **2,67** | | |
| **#5 0-2** | 0,00 | 0,07 | 0,31 | 2,92 | 11,08 | 40,29 | 45,33 | 9,32 | 6,87 | 2,02 | mps | argila siltica |
| **#5 2-4** | 0,00 | 0,17 | 0,24 | 3,88 | 12,52 | 41,60 | 41,59 | 12,69 | 6,60 | 2,12 | mps | silte argiloso |
| **#5 4-6** | 0,98 | 1,49 | 1,15 | 5,48 | 14,84 | 37,18 | 38,88 | 10,17 | 6,32 | 2,31 | mps | argila siltica |
| **#5 6-8** | 0,10 | 7,28 | 9,24 | 11,52 | 14,78 | 33,57 | 23,51 | 11,46 | 5,17 | 2,82 | mps | areia siltica |
| **#5 8-10** | 0,17 | 2,98 | 2,81 | 7,49 | 17,05 | 37,30 | 32,20 | 4,66 | 5,92 | 2,45 | mps | silte argilo arenoso |
| **#5 10-12** | 0,64 | 6,44 | 3,08 | 7,02 | 15,73 | 36,90 | 30,19 | 6,91 | 5,88 | 2,71 | mps | silte argilo arenoso |
| **#5 12-15** | 0,07 | 2,35 | 2,20 | 6,03 | 14,74 | 39,00 | 35,61 | 9,17 | 6,17 | 2,36 | mps | silte argilo arenoso |
| | **0,28** | **2,97** | **2,72** | **6,33** | **14,39** | **37,98** | **35,33** | **9,19** | **6,13** | **2,40** | | |
| **#6 0-2** | 2,55 | 1,54 | 1,49 | 2,14 | 8,94 | 57,83 | 25,51 | 19,91 | 5,99 | 2,19 | mps | silte argiloso |
| **#6 2-4** | 4,83 | 2,49 | 1,81 | 2,11 | 6,61 | 57,01 | 25,14 | 8,24 | 6,06 | 2,61 | mps | silte argiloso |
| **#6 4-6** | 1,22 | 1,52 | 2,03 | 2,03 | 6,72 | 55,96 | 30,52 | 7,48 | 6,29 | 2,11 | mps | silte argiloso |
| **#6 6-8** | 1,25 | 1,31 | 0,95 | 1,24 | 4,15 | 59,04 | 32,06 | 18,53 | 6,56 | 1,86 | mps | silte argiloso |
| **#6 8-10** | 0,13 | 0,98 | 0,91 | 1,15 | 4,33 | 55,50 | 37,00 | 11,19 | 6,73 | 1,78 | ps | silte argiloso |
| **#6 10-12** | 0,17 | 1,28 | 0,74 | 1,01 | 3,62 | 60,99 | 32,19 | 2,92 | 6,60 | 1,78 | ps | silte argiloso |
| **#6 12-15** | 1,41 | 1,45 | 1,24 | 1,51 | 3,80 | 58,71 | 31,88 | 1,06 | 6,65 | 1,92 | ps | silte argiloso |
| | **1,65** | **1,51** | **1,31** | **1,60** | **5,45** | **57,86** | **30,61** | **9,90** | **6,41** | **2,04** | | |

G= grânulos; AG= areia grossa; AM= areia média; AF= areia fina; AMF= areia muito fina; DM= diâmetro médio
DP= desvio padrão; ps= pobremente selecionado; mps= muito pobremente selecionado

significativamente menor do que as demais ($H = 19,239$; $p < 0,05$) com um valor médio de 22,33 % (Tabela 3). Além disso, a porcentagem de silte foi significativamente maior nas #2 e 6 do que nas restantes ($H = 33,062$; $p < 0,05$), com valores médios iguais a 54,64 % e 57,86 %, respectivamente (Tabela 3). Neste período, a #1 apresentou um teor de carbonato biodetrítico significativamente maior do que as demais estações de coleta ($H = 28,259$; $p < 0,05$), sendo que o s valores médios por estação variaram entre 6,85 e 16,86 % (Tabela 3).

A distribuição dos sedimentos nas seis estações e nos sete horizontes de sedimento apresentou-se altamente heterogênea, ou seja, com um baixo grau de seleção como indicado pelos valores do desvio padrão para ambas as coletas (Tabelas 2 e 3).

Verticalmente, em abril, o teor de areia mostrou uma tendência ao aumento nos estratos inferiores da coluna sedimentar da #1, enquanto que o teor de argila tendeu a diminuir, entretanto, em novembro observou-se a tendência oposta (Figuras 6 e 7). A estação 6 apresentou uma diminuição da fração arenosa e um aumento da fração argilosa no interior da coluna sedimentar em ambos os períodos. Já nas #2, 3 e 4 os perfis granulométricos foram mais heterogêneos, como indicado pelas variações na proporção relativa de cada fração nos diferentes horizontes de sedimento. O mesmo foi observado na #5, mas unicamente na coleta de novembro, já que em abril esta estação mostrou uma distribuição bastante homogênea das distintas frações granulométricas nos sete estratos da coluna sedimentar (Figuras 6 e 7).

No que diz respeito à profundidade da camada de potencial redox (RPD) a mesma foi de 4 cm nas # 2, 3 e 4 em ambas as coletas. Na coleta de abril, na #1 a camada RPD teve uma profundidade de 1 cm, e de 2 cm nas #5 e 6. Em novembro, a camada RPD teve 3 cm de profundidade nas #1 e 5, e 2 cm na #6.

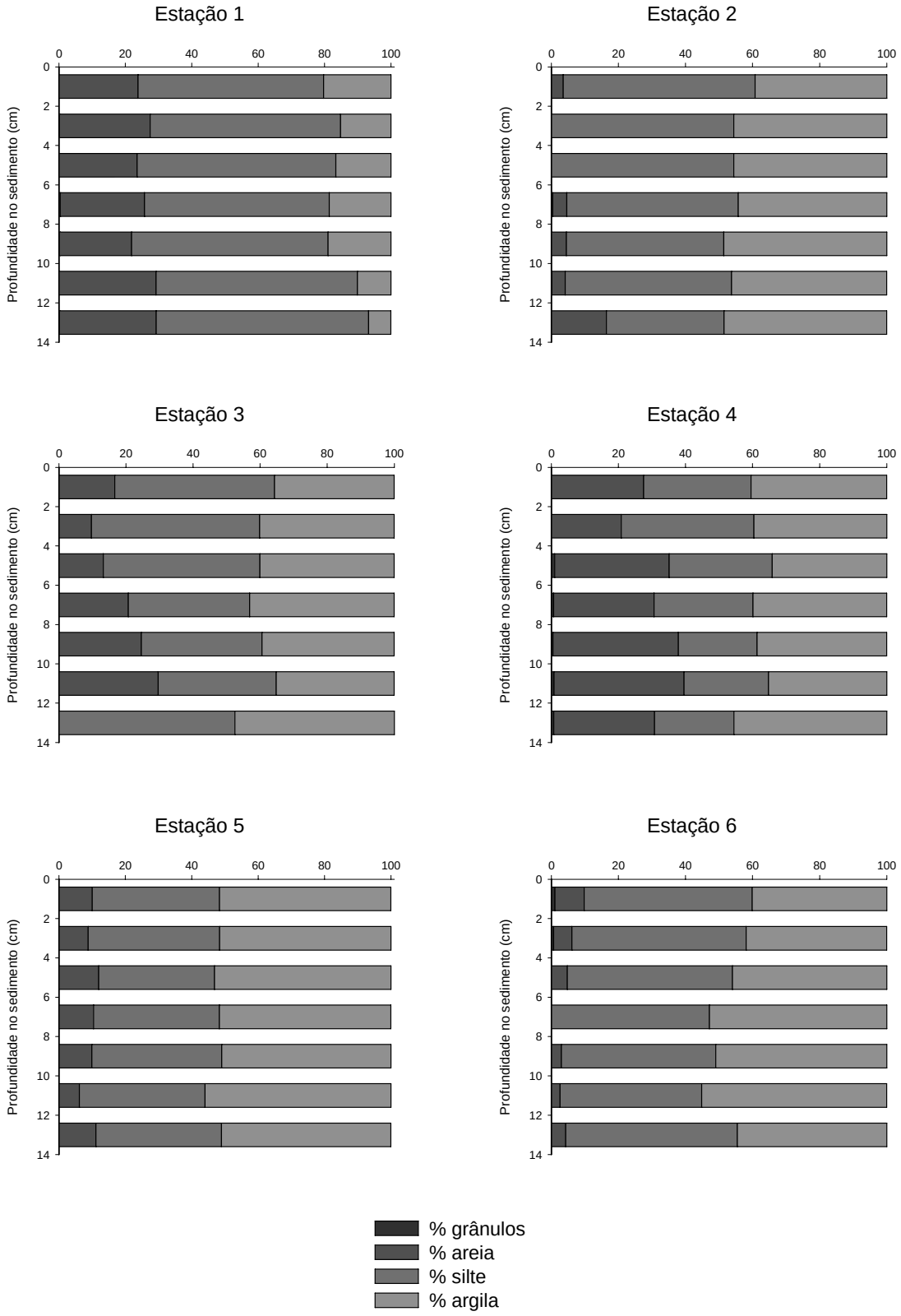



Figura 6. Porcentagens das principais frações granulométricas em cada estrato da coluna sedimentar, nas 6 estações para a coleta de abril.

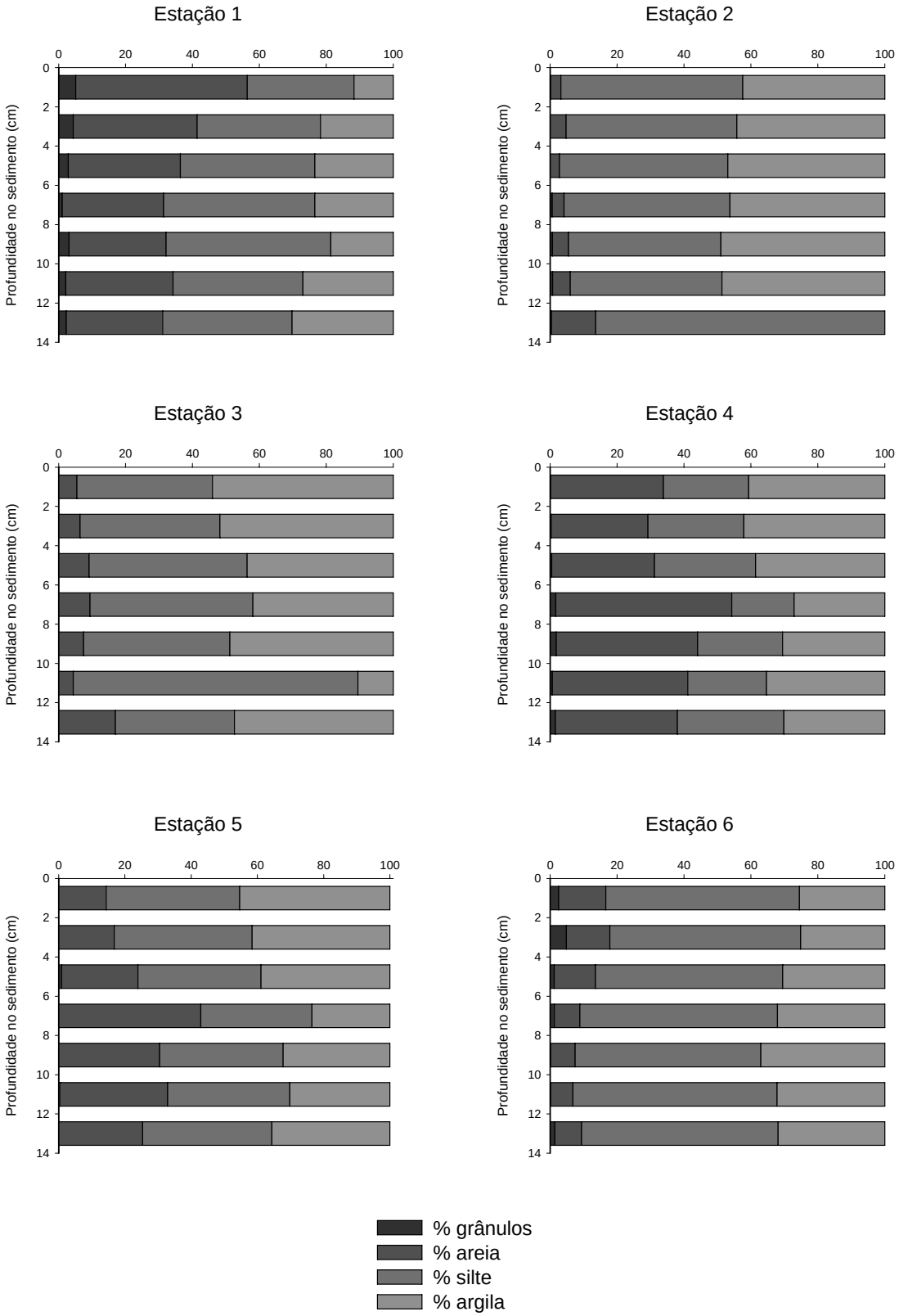



Figura 7. Porcentagens das principais frações granulométricas em cada estrato da coluna sedimentar, nas 6 estações para a coleta de novembro.

*6.2.2. Topografia do fundo*

Os registros do sonar de varredura lateral mostraram diferenças nas características acústicas das áreas adjacentes aos pontos de coleta, evidenciando um relevo de fundo e uma textura superficial menos uniforme nas estações 1, 2 e 5, comparativamente às estações 3, 4 e 6 (Figura 8). A #1 localizada na Foz do Rio Juqueriquerê, apresentou um sedimento mais grosso (arenoso) do que as outras estações, como indicado pelo maior número de áreas de maior reflexão (pontos pretos) na imagem de sonar. Esses resultados estão em concordância com os resultados das análises granulométricas apresentados anteriormente.

*6.2.3. Taxa de sedimentação*

A #1 apresentou uma taxa de sedimentação significativamente menor ($F = 4,849$; $p < 0,05$) do que as demais estações (Tabela 4). Em relação à idade estimada para os sedimentos, os mais antigos corresponderam à estação 1, o qual seria o esperado em função da menor taxa de sedimentação. Os resultados obtidos indicaram que não existem diferenças significativas na taxa de sedimentação para as demais estações.

**6.3. Avaliação das características da matéria orgânica sedimentar**

*6.3.1. Distribuição e composição elementar da matéria orgânica*

Em ambos os períodos estudados, os maiores valores médios da porcentagem de matéria orgânica total (MOT) foram registrados nas #2, 3, 4, 5 e 6 (Tabelas 5 e 6). Unicamente na #1 foram registrados teores de MOT significativamente menores aos registrados nos demais locais ($H = 33,065$; $p < 0,05$) e ($H = 31,213$; $p < 0,05$) para abril e novembro, respectivamente.

Os teores de carbono orgânico total (COT) na coleta de abril (valores médios por estação) variaram entre 4,02 e 24,78 mg $g^{-1}$ sendo que valores significativamente menores ($H = 24,451$; $p < 0,05$) foram registrados na #1 (Tabela 5). Os valores médios dos teores de nitrogênio total (N) e enxofre total (S) variaram entre 0,38 e 2,30 mg $g^{-1}$ e entre 1,38 e 4,23 mg $g^{-1}$, respectivamente. Estes dois constituintes da matéria orgânica sedimentar também apresentaram valores significativamente menores ($H = 27,763$; $p < 0,05$ para o N, e $H = 22,601$; $p < 0,05$ para o S) na estação 1 do que nas restantes.

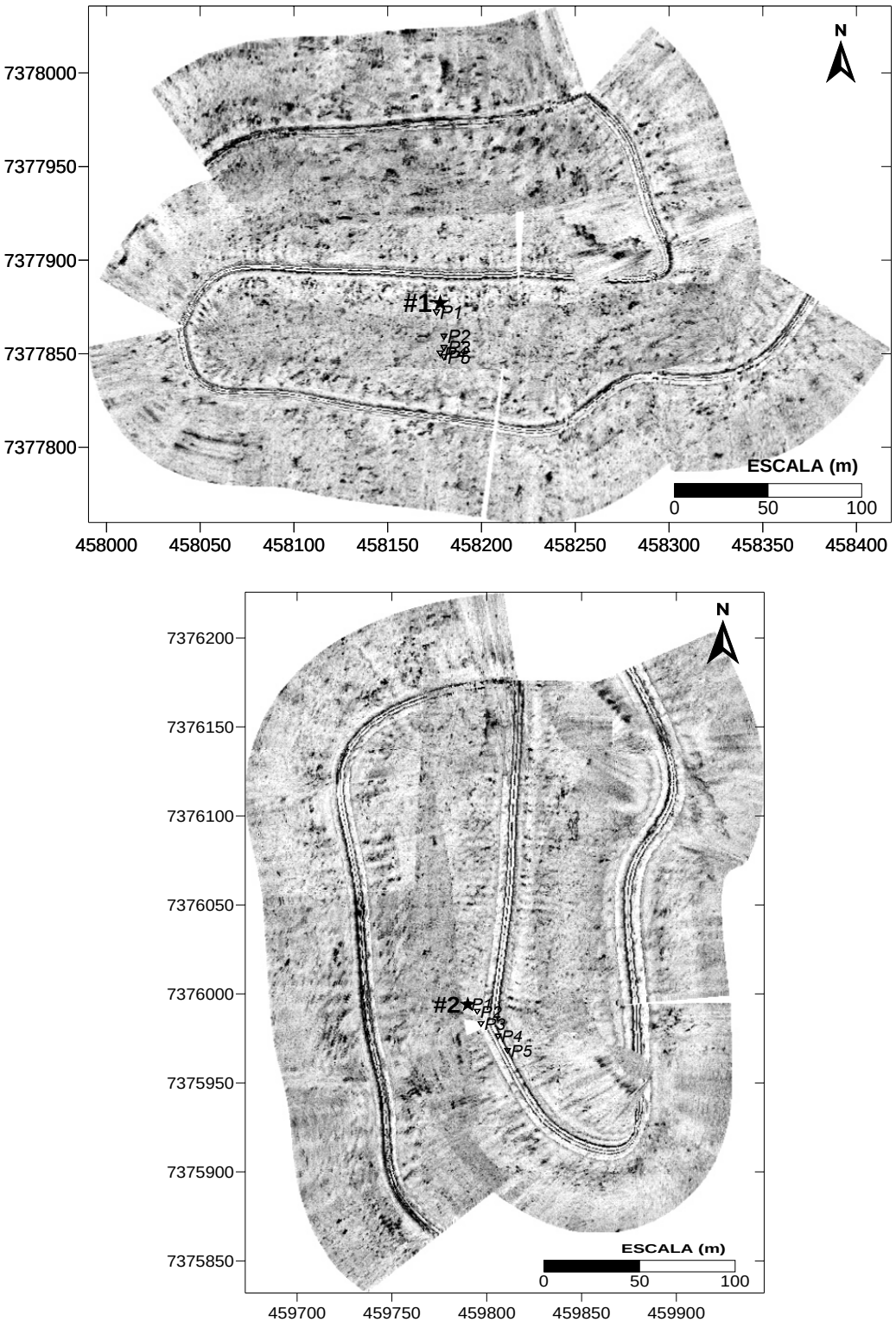



Figura 8. Mapeamento da área adjacente a cada estação mostrando a sua localização e a das cinco pegadas de "box corer".

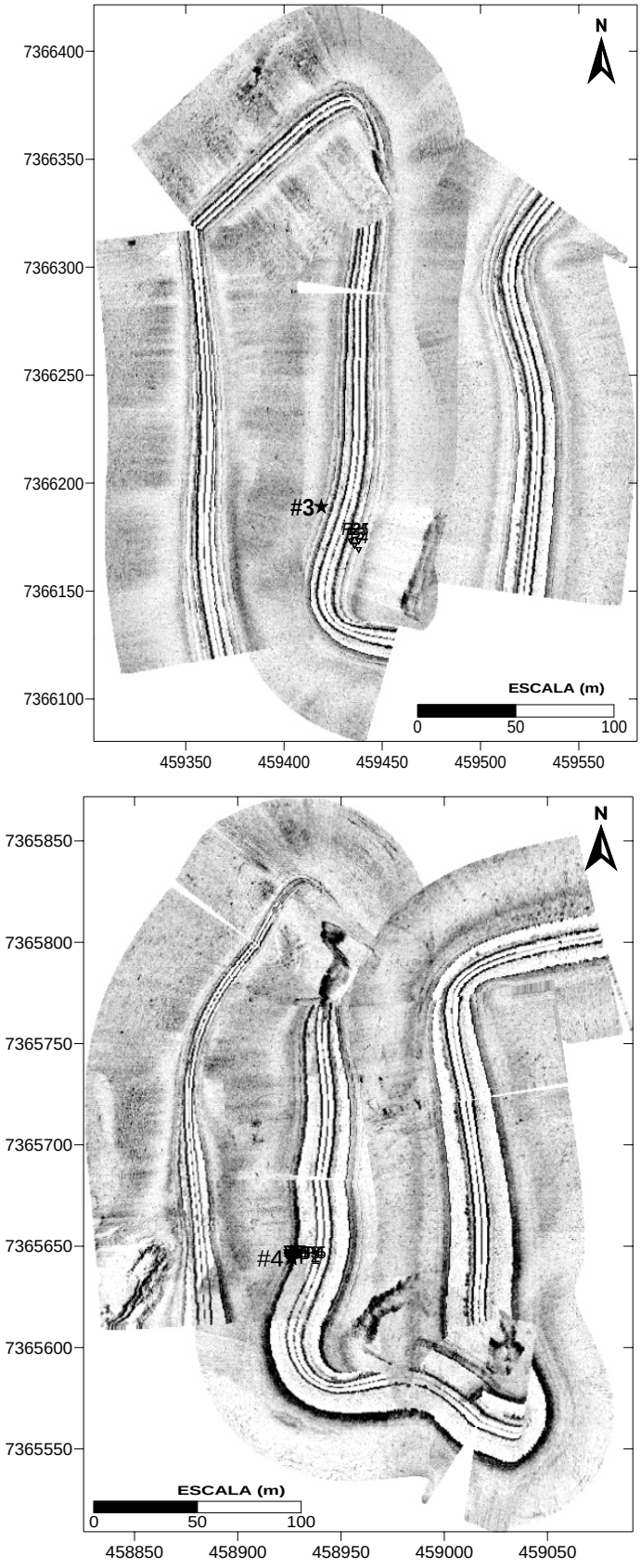



Figura 8. Continuação.

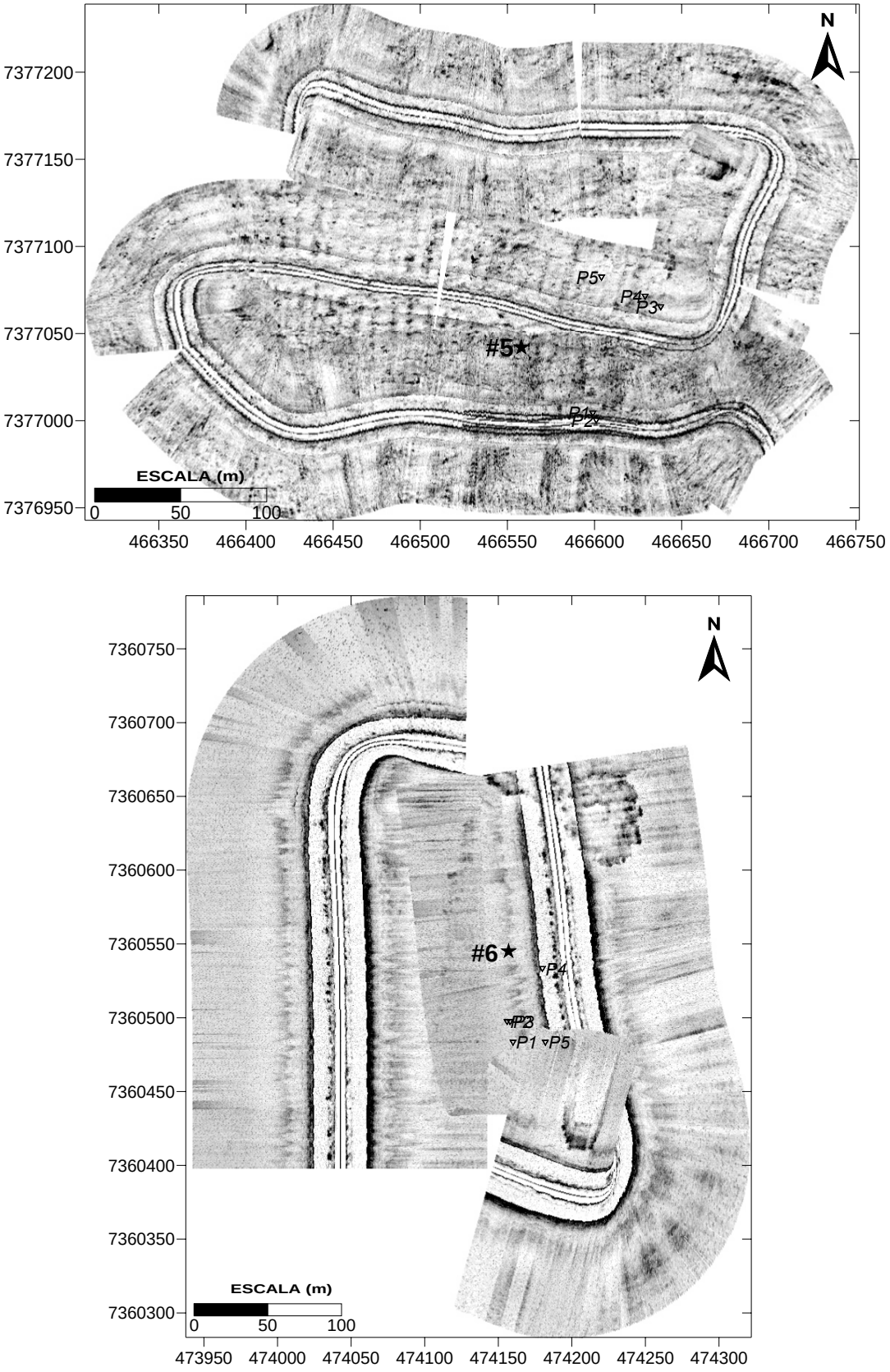



Figura 8. Continuação.

Tabela 4. Resultados da taxa de acumulação dos sólidos totais (*mtv*), taxa de sedimentação (*zv*), idade do sedimentos em anos (a) e tempo de sedimentação (*Ts*).

| | $\rho d$ (g cm$^{-3}$) | *e* | $CaCO_3$ | *mtv* (g cm$^2$ a$^{-1}$) | *zv* (cm a$^{-1}$) p/c estrato | *zv* (cm a$^{-1}$) acumulada | idade (a) p/c estrato | idade (a) integrada | *Ts* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **#1 0-2** | 2,43 | 1,42 | 0,169 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 3 | 3 | 2001 |
| **#1 2-4** | 2,43 | 1,24 | 0,098 | 0,99 | 0,91 | 1,48 | 3 | 6 | 1998 |
| **#1 4-6** | 2,43 | 1,40 | 0,107 | 0,91 | 0,89 | 2,38 | 3 | 9 | 1995 |
| **#1 6-8** | 2,43 | 1,43 | 0,097 | 1,00 | 1,00 | 3,38 | 2 | 11 | 1993 |
| **#1 8-10** | 2,43 | 0,99 | 0,100 | 0,97 | 0,80 | 4,17 | 2 | 13 | 1991 |
| **#1 10-12** | 2,43 | 1,35 | 0,107 | 0,91 | 0,88 | 5,05 | 2 | 15 | 1989 |
| **#1 12-15** | 2,43 | 1,28 | 0,092 | 1,05 | 0,99 | 6,04 | 2 | 17 | 1987 |
| | | | | | | | | | |
| **#2 0-2** | 2,43 | 5,29 | 0,152 | 0,64 | 1,65 | 1,65 | 1 | 1 | 2003 |
| **#2 2-4** | 2,43 | 5,51 | 0,101 | 0,96 | 2,57 | 4,23 | 1 | 2 | 2002 |
| **#2 4-6** | 2,43 | 5,14 | 0,084 | 1,15 | 2,92 | 7,14 | 1 | 3 | 2001 |
| **#2 6-8** | 2,43 | 4,97 | 0,119 | 0,82 | 2,00 | 9,15 | 1 | 4 | 2000 |
| **#2 8-10** | 2,43 | 4,97 | 0,092 | 1,05 | 2,59 | 11,74 | 1 | 5 | 1999 |
| **#2 10-12** | 2,43 | 4,32 | 0,120 | 0,81 | 1,77 | 13,51 | 1 | 6 | 1998 |
| **#2 12-15** | 2,43 | 3,98 | 0,137 | 0,71 | 1,45 | 14,96 | 1 | 7 | 1997 |
| | | | | | | | | | |
| **#3 0-2** | 2,43 | 5,01 | 0,128 | 0,76 | 1,87 | 1,87 | 1 | 1 | 2003 |
| **#3 2-4** | 2,43 | 4,78 | 0,078 | 1,24 | 2,96 | 4,83 | 1 | 2 | 2002 |
| **#3 4-6** | 2,43 | 4,84 | 0,136 | 0,71 | 1,71 | 6,55 | 1 | 3 | 2001 |
| **#3 6-8** | 2,43 | 5,32 | 0,135 | 0,72 | 1,87 | 8,41 | 1 | 4 | 2000 |
| **#3 8-10** | 2,43 | 4,67 | 0,121 | 0,80 | 1,87 | 10,28 | 1 | 5 | 1999 |
| **#3 10-12** | 2,43 | 4,24 | 0,107 | 0,91 | 1,96 | 12,24 | 1 | 6 | 1998 |
| **#3 12-15** | 2,43 | 3,56 | – | – | – | – | – | – | 1997 |
| | | | | | | | | | |
| **#4 0-2** | 2,43 | 4,57 | 0,272 | 0,36 | 0,82 | 0,82 | 2 | 2 | 2002 |
| **#4 2-4** | 2,43 | 4,74 | 0,134 | 0,72 | 1,71 | 2,53 | 2 | 4 | 2000 |
| **#4 4-6** | 2,43 | 4,20 | 0,085 | 1,14 | 2,44 | 4,97 | 1 | 5 | 1999 |
| **#4 6-8** | 2,43 | 3,94 | 0,076 | 1,28 | 2,59 | 7,56 | 1 | 6 | 1998 |
| **#4 8-10** | 2,43 | 3,71 | 0,089 | 1,09 | 2,11 | 9,67 | 1 | 7 | 1997 |
| **#4 10-12** | 2,43 | 2,91 | 0,081 | 1,20 | 1,93 | 11,60 | 1 | 8 | 1996 |
| **#4 12-15** | 2,43 | 2,59 | – | – | – | – | – | – | 1995 |
| | | | | | | | | | |
| **#5 0-2** | 2,43 | 4,18 | 0,133 | 0,73 | 1,55 | 1,55 | 1 | 1 | 2003 |
| **#5 2-4** | 2,43 | 4,44 | 0,124 | 0,78 | 1,75 | 3,31 | 1 | 2 | 2002 |
| **#5 4-6** | 2,43 | 4,47 | 0,110 | 0,88 | 1,99 | 5,29 | 1 | 3 | 2001 |
| **#5 6-8** | 2,43 | 4,19 | 0,139 | 0,70 | 1,49 | 6,78 | 1 | 4 | 2000 |
| **#5 8-10** | 2,43 | 3,91 | 0,066 | 1,47 | 2,97 | 9,75 | 1 | 5 | 1999 |
| **#5 10-12** | 2,43 | 3,92 | 0,082 | 1,18 | 2,40 | 12,15 | 1 | 6 | 1998 |
| **#5 12-15** | 2,43 | 3,52 | 0,099 | 0,98 | 1,82 | 13,97 | 1 | 7 | 1997 |
| | | | | | | | | | |
| **#6 0-2** | 2,43 | 3,42 | 0,186 | 0,52 | 0,95 | 0,95 | 2 | 2 | 2002 |
| **#6 2-4** | 2,43 | 3,28 | 0,103 | 0,94 | 1,66 | 2,61 | 2 | 4 | 2000 |
| **#6 4-6** | 2,43 | 2,66 | 0,095 | 1,02 | 1,54 | 4,14 | 1 | 5 | 1999 |
| **#6 6-8** | 2,43 | 2,49 | 0,188 | 0,52 | 0,74 | 4,88 | 2 | 7 | 1997 |
| **#6 8-10** | 2,43 | 2,54 | 0,134 | 0,72 | 1,05 | 5,94 | 2 | 9 | 1995 |
| **#6 10-12** | 2,43 | 2,22 | 0,036 | 2,69 | 3,57 | 9,51 | 1 | 10 | 1994 |
| **#6 12-15** | 2,43 | 2,46 | – | – | – | – | – | – | 1993 |

$\rho d$ = densidade seca do sedimento; *e* = razão de espaços vazios; $CaCO_3$ = conteúdo de carbonato de cálcio.

**Obs: a técnica utilizada proporciona uma estimativa muito grosseira da taxa de sedimentação portanto, estes dados não devem ser considerados como representativos dos locais estudados fora do contexto do presente trabalho.**

Por sua vez, as razões C:N apresentaram valores médios entre 9,69 e 11,34 não tendo sido detectadas diferenças significativas entre as seis estações ($H = 3,393$; $p > 0,05$). Os valores médios da razão C:S variaram de 2,91 até 10,10 e os menores valores corresponderam à #1 ($F = 19,513$; $p < 0,05$) (Tabela 5).

Em novembro, os valores médios dos teores de COT foram maiores aos da coleta anterior e variaram entre 7,92 e 21,07 mg $g^{-1}$ (Tabela 6). Valores significativamente menores foram observados novamente na #1 ($H = 32,012$; $p < 0,05$). Além disso, os valores médios dos teores de N e S variaram entre 0,76 e 2,11 mg $g^{-1}$ e entre 1,96 e 5,20 mg $g^{-1}$, respectivamente (Tabela 6). Valores significativamente menores de enxofre foram observados apenas entre a estação 2 e as #4 e 5 ($H = 23,806$; $p < 0,05$), enquanto que para o teor de N as diferenças foram significativas somente entre a #1 e as estações 2 e 3, com menores valores na primeira (Tabela 6).

Neste período, a razão C:N apresentou valores médios que variaram entre 10,00 e 11,03 mg $g^{-1}$com diferenças significativas apenas entre as # 2 e 6 (Tabela 6). A razão C:S mostrou valores médios entre 2,52 e 8,55 (Tabela 6). Valores médios significativamente menores corresponderam à #1 ($F = 17,807$; $p < 0,05$).

Em geral, os perfis verticais do teor de carbono orgânico total (COT) expresso em porcentagem assim como os das razões C:N e C:S mostraram uma maior variabilidade em abril do que em novembro. Na coleta de abril, a #1 teve uma distribuição do COT praticamente constante nos sete estratos de sedimento; porém, a razão C:N apresentou dois máximos, um correspondente ao estrato de 6-8 cm e o outro ao estrato de 10-12 cm (Figura 9). As #2, 3, 4 e 5 mostraram uma tendência à diminuição do COT da superfície do sedimento até o horizonte de 4-6 cm, após esta profundidade foi observado um aumento, e finalmente, uma nova diminuição dos valores nos dois últimos horizontes da coluna sedimentar (Figura 9). A razão C:S mostrou a mesma tendência que o COT nesses locais. Além disso, a razão C:N tendeu a aumentar com a profundidade no interior do sedimento, apresentando um pico na #2 no estrato de 8-10 cm, na #3 no estrato de 4-6 cm e na #5 no estrato de 10-12 cm. Por outro lado, na #6 o perfil do COT mostrou um decréscimo até a camada de 8-10 cm e um aumento no estrato de 10-12 cm, a partir do qual decresceu novamente. A razão C:N mostrou uma leve tendência a aumentar com a profundidade, enquanto a razão C:S apresentou um perfil mais irregular (Figura 9).

Tabela 5. Porcentagem de matéria orgânica total (MOT), teores de carbono orgânico total, nitrogênio (N) e enxofre (S) e razões C:N e C:S nos diferentes estratos da coluna sedimentar para a coleta de abril. Resultados em mg $g^{-1}$ de sedimento seco. Valores médios por estação em negrito.

| | %MOT | | COT (mg $g^{-1}$) | N (mg $g^{-1}$) | S (mg $g^{-1}$) | COT (%) | N (%) | S (%) | C:N | C:S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Med | Desv | | | | | | | | |
| **#1 0-2** | 4,73 | 0,03 | 2,65 | 0,33 | 0,87 | 0,26 | 0,09 | 0,03 | 7,9 | 3,0 |
| **#1 2-4** | 4,15 | 0,61 | 2,49 | 0,24 | 1,00 | 0,25 | 0,10 | 0,02 | 10,2 | 2,5 |
| **#1 4-6** | 4,70 | 1,02 | 4,90 | 0,47 | 1,33 | 0,49 | 0,13 | 0,05 | 10,5 | 3,7 |
| **#1 6-8** | 4,59 | 1,05 | 3,54 | 0,22 | 1,56 | 0,35 | 0,16 | 0,02 | 16,1 | 2,3 |
| **#1 8-10** | 4,59 | 0,61 | 5,62 | 0,55 | 1,60 | 0,56 | 0,16 | 0,05 | 10,3 | 3,5 |
| **#1 10-12** | 4,37 | 0,89 | 3,85 | 0,25 | 1,53 | 0,39 | 0,15 | 0,02 | 15,4 | 2,5 |
| **#1 12-15** | 4,34 | 0,37 | 5,09 | 0,56 | 1,78 | 0,51 | 0,18 | 0,06 | 9,1 | 2,9 |
| | **4,49** | **0,65** | **4,02** | **0,38** | **1,38** | **0,40** | **0,14** | **0,04** | **11,34** | **2,91** |
| **#2 0-2** | 12,47 | 0,24 | 22,59 | 2,36 | 2,83 | 2,26 | 0,28 | 0,24 | 9,6 | 8,0 |
| **#2 2-4** | 11,79 | 2,11 | 24,38 | 2,50 | 3,63 | 2,44 | 0,36 | 0,25 | 9,8 | 6,7 |
| **#2 4-6** | 11,23 | 1,50 | 19,35 | 1,86 | 4,47 | 1,94 | 0,45 | 0,19 | 10,4 | 4,3 |
| **#2 6-8** | 11,81 | 2,18 | 29,01 | 2,73 | 4,95 | 2,90 | 0,50 | 0,27 | 10,6 | 5,9 |
| **#2 8-10** | 11,80 | 0,69 | 33,37 | 2,65 | 5,04 | 3,34 | 0,50 | 0,26 | 12,6 | 6,6 |
| **#2 10-12** | 11,14 | 1,01 | 22,41 | 2,20 | 4,15 | 2,24 | 0,42 | 0,22 | 10,2 | 5,4 |
| **#2 12-15** | 11,99 | 2,37 | 19,05 | 1,79 | 4,53 | 1,91 | 0,45 | 0,18 | 10,7 | 4,2 |
| | **11,75** | **1,44** | **24,31** | **2,30** | **4,23** | **2,43** | **0,42** | **0,23** | **10,55** | **5,87** |
| **#3 0-2** | 13,30 | 0,31 | 17,47 | 1,71 | 2,35 | 1,75 | 0,23 | 0,17 | 10,2 | 7,4 |
| **#3 2-4** | 13,70 | 1,39 | 22,82 | 2,42 | 2,68 | 2,28 | 0,27 | 0,24 | 9,4 | 8,5 |
| **#3 4-6** | 13,29 | 0,68 | 19,28 | 1,87 | 3,25 | 1,93 | 0,32 | 0,19 | 10,3 | 5,9 |
| **#3 6-8** | 13,74 | 2,27 | 24,73 | 2,63 | 2,77 | 2,47 | 0,28 | 0,26 | 9,4 | 8,9 |
| **#3 8-10** | 13,72 | 1,22 | 22,40 | 2,41 | 2,72 | 2,24 | 0,27 | 0,24 | 9,3 | 8,2 |
| **#3 10-12** | 11,74 | 1,73 | 18,36 | 1,79 | 3,43 | 1,84 | 0,34 | 0,18 | 10,3 | 5,4 |
| **#3 12-15** | 11,48 | 0,47 | 16,96 | 1,57 | 3,20 | 1,70 | 0,32 | 0,16 | 10,8 | 5,3 |
| | **13,00** | **1,15** | **20,29** | **2,06** | **2,91** | **2,03** | **0,29** | **0,21** | **9,97** | **7,10** |
| **#4 0-2** | 10,95 | 0,50 | 16,58 | 1,72 | 1,79 | 1,66 | 0,18 | 0,17 | 9,6 | 9,3 |
| **#4 2-4** | 11,64 | 1,12 | 20,51 | 2,14 | 2,18 | 2,05 | 0,22 | 0,21 | 9,6 | 9,4 |
| **#4 4-6** | 9,41 | 0,71 | 17,07 | 1,62 | 2,94 | 1,71 | 0,29 | 0,16 | 10,6 | 5,8 |
| **#4 6-8** | 9,98 | 1,42 | 14,77 | 1,40 | 2,54 | 1,48 | 0,25 | 0,14 | 10,6 | 5,8 |
| **#4 8-10** | 9,64 | 1,21 | 16,05 | 1,68 | 2,42 | 1,60 | 0,24 | 0,17 | 9,6 | 6,6 |
| **#4 10-12** | 7,83 | 2,39 | 11,53 | 1,16 | 2,94 | 1,15 | 0,29 | 0,12 | 10,0 | 3,9 |
| **#4 12-15** | 6,77 | 2,26 | 19,69 | 2,48 | 3,43 | 1,97 | 0,34 | 0,25 | 7,9 | 5,7 |
| | **9,46** | **1,37** | **16,60** | **1,74** | **2,60** | **1,66** | **0,26** | **0,17** | **9,69** | **6,66** |
| **#5 0-2** | 9,67 | 1,62 | 15,89 | 1,64 | 1,41 | 1,59 | 0,14 | 0,16 | 9,7 | 11,3 |
| **#5 2-4** | 11,03 | 2,36 | 16,58 | 1,68 | 1,49 | 1,66 | 0,15 | 0,17 | 9,9 | 11,1 |
| **#5 4-6** | 11,52 | 1,57 | 19,30 | 2,02 | 1,84 | 1,93 | 0,18 | 0,20 | 9,5 | 10,5 |
| **#5 6-8** | 10,37 | 0,82 | 20,83 | 2,11 | 2,03 | 2,08 | 0,20 | 0,21 | 9,9 | 10,3 |
| **#5 8-10** | 10,92 | 0,71 | 16,53 | 1,54 | 2,05 | 1,65 | 0,20 | 0,15 | 10,7 | 8,1 |
| **#5 10-12** | 11,56 | 1,21 | 44,90 | 3,75 | 3,98 | 4,49 | 0,40 | 0,37 | 12,0 | 11,3 |
| **#5 12-15** | 12,08 | 2,26 | 18,43 | 1,90 | 2,25 | 1,84 | 0,23 | 0,19 | 9,7 | 8,2 |
| | **11,02** | **1,51** | **21,78** | **2,09** | **2,15** | **2,18** | **0,22** | **0,21** | **10,20** | **10,10** |
| **#6 0-2** | 12,40 | 0,28 | 11,01 | 1,21 | 1,84 | 1,10 | 0,18 | 0,12 | 9,1 | 6,0 |
| **#6 2-4** | 13,24 | 0,62 | 14,59 | 1,51 | 3,13 | 1,46 | 0,31 | 0,15 | 9,7 | 4,7 |
| **#6 4-6** | 11,59 | 1,74 | 23,84 | 2,37 | 3,42 | 2,38 | 0,34 | 0,24 | 10,1 | 7,0 |
| **#6 6-8** | 13,04 | 1,21 | 18,08 | 1,80 | 3,70 | 1,81 | 0,37 | 0,18 | 10,0 | 4,9 |
| **#6 8-10** | 12,99 | 1,47 | 22,08 | 2,30 | 3,67 | 2,21 | 0,37 | 0,23 | 9,6 | 6,0 |
| **#6 10-12** | 12,77 | 1,01 | 17,82 | 1,74 | 4,68 | 1,78 | 0,47 | 0,17 | 10,3 | 3,8 |
| **#6 12-15** | 13,02 | 0,25 | 19,01 | 1,81 | 5,56 | 1,90 | 0,56 | 0,18 | 10,5 | 3,4 |
| | **12,72** | **0,94** | **18,06** | **1,82** | **3,72** | **1,81** | **0,37** | **0,18** | **9,89** | **5,10** |

Med = média, Desv = desvio padrão

Tabela 6. Porcentagem de matéria orgânica total (MOT), teores de carbono orgânico total, nitrogênio (N) e enxofre (S) e razões C:N e C:S nos diferentes estratos da coluna sedimentar para a coleta de novembro. Resultados em mg $g^{-1}$ de sedimento seco. Valores médios por estação em negrito.

| | %MOT | | COT (mg $g^{-1}$) | N (mg $g^{-1}$) | S (mg $g^{-1}$) | COT (%) | N (%) | S (%) | C:N | C:S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Med | Desv | | | | | | | | |
| **#1 0-2** | 4,24 | 0,94 | 4,43 | 0,65 | 1,31 | 0,44 | 0,06 | 0,13 | 6,9 | 3,4 |
| **#1 2-4** | 6,21 | 1,55 | 8,50 | 0,89 | 3,04 | 0,85 | 0,09 | 0,30 | 9,5 | 2,8 |
| **#1 4-6** | 7,44 | 0,98 | 8,11 | 0,77 | 3,17 | 0,81 | 0,08 | 0,32 | 10,5 | 2,6 |
| **#1 6-8** | 7,60 | 1,46 | 7,33 | 0,66 | 3,13 | 0,73 | 0,07 | 0,31 | 11,1 | 2,3 |
| **#1 8-10** | 6,44 | 1,03 | 8,47 | 0,74 | 3,70 | 0,85 | 0,07 | 0,37 | 11,4 | 2,3 |
| **#1 10-12** | 6,43 | 0,67 | 9,24 | 0,79 | 4,33 | 0,92 | 0,08 | 0,43 | 11,7 | 2,1 |
| **#1 12-15** | 5,77 | 0,76 | 9,35 | 0,84 | 4,29 | 0,93 | 0,08 | 0,43 | 11,1 | 2,2 |
| | **6,30** | **1,06** | **7,92** | **0,76** | **3,28** | **0,79** | **0,08** | **0,33** | **10,33** | **2,52** |
| **#2 0-2** | 14,44 | 3,18 | 20,64 | 2,16 | 3,20 | 2,06 | 0,22 | 0,32 | 9,6 | 6,5 |
| **#2 2-4** | 15,36 | 3,63 | 20,84 | 2,13 | 4,12 | 2,08 | 0,21 | 0,41 | 9,8 | 5,1 |
| **#2 4-6** | 10,70 | 0,95 | 21,30 | 2,10 | 5,02 | 2,13 | 0,21 | 0,50 | 10,1 | 4,2 |
| **#2 6-8** | 11,32 | 2,51 | 20,76 | 2,02 | 5,65 | 2,08 | 0,20 | 0,57 | 10,3 | 3,7 |
| **#2 8-10** | 11,41 | 0,90 | 19,88 | 1,92 | 5,44 | 1,99 | 0,19 | 0,54 | 10,3 | 3,7 |
| **#2 10-12** | 11,55 | 0,76 | 21,63 | 2,14 | 6,63 | 2,16 | 0,21 | 0,66 | 10,1 | 3,3 |
| **#2 12-15** | 11,80 | 1,13 | 22,45 | 2,28 | 6,37 | 2,24 | 0,23 | 0,64 | 9,8 | 3,5 |
| | **12,37** | **1,87** | **21,07** | **2,11** | **5,20** | **2,11** | **0,21** | **0,52** | **10,00** | **4,27** |
| **#3 0-2** | 13,93 | 0,50 | 22,27 | 2,36 | 2,68 | 2,23 | 0,24 | 0,27 | 9,4 | 8,3 |
| **#3 2-4** | 12,49 | 1,67 | 21,33 | 2,22 | 2,93 | 2,13 | 0,22 | 0,29 | 9,6 | 7,3 |
| **#3 4-6** | 12,08 | 0,40 | 19,60 | 1,96 | 3,00 | 1,96 | 0,20 | 0,30 | 10,0 | 6,5 |
| **#3 6-8** | 12,35 | 1,06 | 15,38 | 1,45 | 2,89 | 1,54 | 0,14 | 0,29 | 10,6 | 5,3 |
| **#3 8-10** | 11,36 | 1,45 | 17,06 | 1,59 | 3,49 | 1,71 | 0,16 | 0,35 | 10,7 | 4,9 |
| **#3 10-12** | 10,49 | 0,86 | 18,82 | 1,87 | 4,20 | 1,88 | 0,19 | 0,42 | 10,1 | 4,5 |
| **#3 12-15** | 10,41 | 1,28 | 18,36 | 1,75 | 4,33 | 1,84 | 0,17 | 0,43 | 10,5 | 4,2 |
| | **11,87** | **1,03** | **18,98** | **1,88** | **3,36** | **1,90** | **0,19** | **0,34** | **10,14** | **5,86** |
| **#4 0-2** | 12,24 | 3,28 | 17,00 | 1,78 | 2,08 | 1,70 | 0,18 | 0,21 | 9,5 | 8,2 |
| **#4 2-4** | 10,25 | 1,25 | 15,99 | 1,64 | 2,17 | 1,60 | 0,16 | 0,22 | 9,8 | 7,4 |
| **#4 4-6** | 8,34 | 0,76 | 14,09 | 1,42 | 1,94 | 1,41 | 0,14 | 0,19 | 9,9 | 7,3 |
| **#4 6-8** | 8,82 | 1,07 | 11,81 | 1,13 | 1,64 | 1,18 | 0,11 | 0,16 | 10,4 | 7,2 |
| **#4 8-10** | 9,06 | 0,72 | 11,69 | 1,12 | 1,83 | 1,17 | 0,11 | 0,18 | 10,5 | 6,4 |
| **#4 10-12** | 7,20 | 1,46 | 11,03 | 1,00 | 1,96 | 1,10 | 0,10 | 0,20 | 11,0 | 5,6 |
| **#4 12-15** | 8,66 | 1,84 | 11,94 | 1,14 | 2,13 | 1,19 | 0,11 | 0,21 | 10,4 | 5,6 |
| | **9,23** | **1,48** | **13,36** | **1,32** | **1,96** | **1,34** | **0,13** | **0,20** | **10,22** | **6,81** |
| **#5 0-2** | 13,14 | 0,50 | 18,30 | 1,85 | 1,62 | 1,83 | 0,19 | 0,16 | 9,9 | 11,3 |
| **#5 2-4** | 12,63 | 0,77 | 15,99 | 1,56 | 1,55 | 1,60 | 0,16 | 0,15 | 10,2 | 10,3 |
| **#5 4-6** | 12,74 | 0,28 | 17,35 | 1,67 | 1,95 | 1,74 | 0,17 | 0,20 | 10,4 | 8,9 |
| **#5 6-8** | 12,69 | 0,52 | 16,63 | 1,62 | 2,05 | 1,66 | 0,16 | 0,20 | 10,3 | 8,1 |
| **#5 8-10** | 12,58 | 0,52 | 16,17 | 1,53 | 2,15 | 1,62 | 0,15 | 0,21 | 10,6 | 7,5 |
| **#5 10-12** | 11,59 | 1,53 | 17,15 | 1,62 | 2,40 | 1,71 | 0,16 | 0,24 | 10,6 | 7,2 |
| **#5 12-15** | 12,46 | 0,49 | 17,02 | 1,63 | 2,59 | 1,70 | 0,16 | 0,26 | 10,4 | 6,6 |
| | **12,55** | **0,66** | **16,94** | **1,64** | **2,04** | **1,69** | **0,16** | **0,20** | **10,34** | **8,55** |
| **#6 0-2** | 9,05 | 0,63 | 11,68 | 1,08 | 1,68 | 1,17 | 0,11 | 0,17 | 10,8 | 6,9 |
| **#6 2-4** | 10,15 | 0,36 | 14,87 | 1,33 | 1,87 | 1,49 | 0,13 | 0,19 | 11,2 | 8,0 |
| **#6 4-6** | 10,28 | 0,13 | 16,49 | 1,48 | 2,22 | 1,65 | 0,15 | 0,22 | 11,1 | 7,4 |
| **#6 6-8** | 10,43 | 1,88 | 17,88 | 1,60 | 3,11 | 1,79 | 0,16 | 0,31 | 11,2 | 5,7 |
| **#6 8-10** | 10,88 | 1,39 | 19,33 | 1,77 | 3,79 | 1,93 | 0,18 | 0,38 | 10,9 | 5,1 |
| **#6 10-12** | 10,40 | 1,57 | 20,38 | 1,85 | 4,75 | 2,04 | 0,18 | 0,47 | 11,0 | 4,3 |
| **#6 12-15** | 11,44 | 0,81 | 20,75 | 1,88 | 5,09 | 2,07 | 0,19 | 0,51 | 11,0 | 4,1 |
| | **10,38** | **0,97** | **17,34** | **1,57** | **3,22** | **1,73** | **0,16** | **0,32** | **11,03** | **5,94** |

Med = média, Desv = desvio padrão

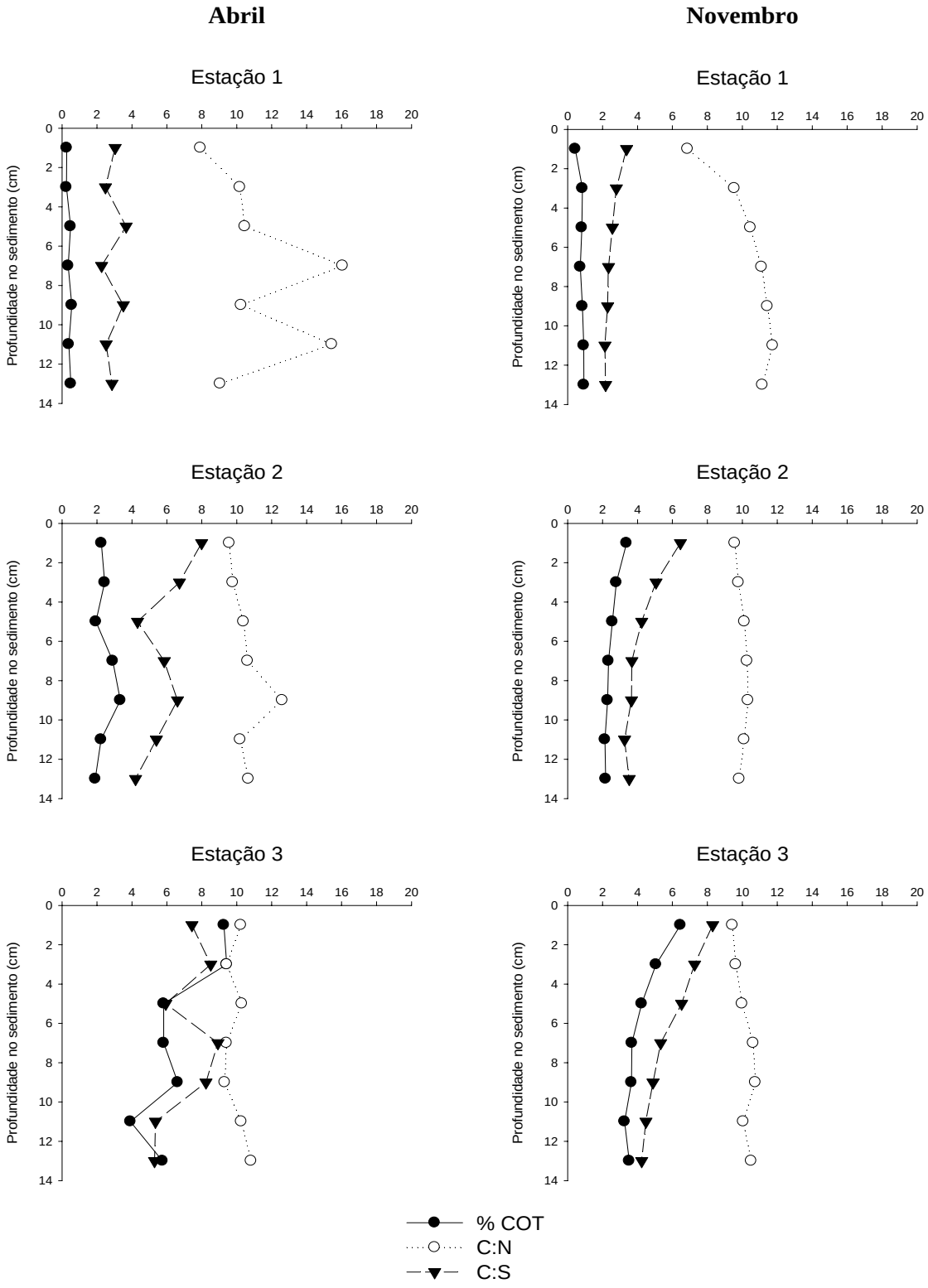



Figura 9. Perfis verticais do teor de carbono orgânico total (COT) e razões C:N e C:S nas seis estações para as duas coletas.

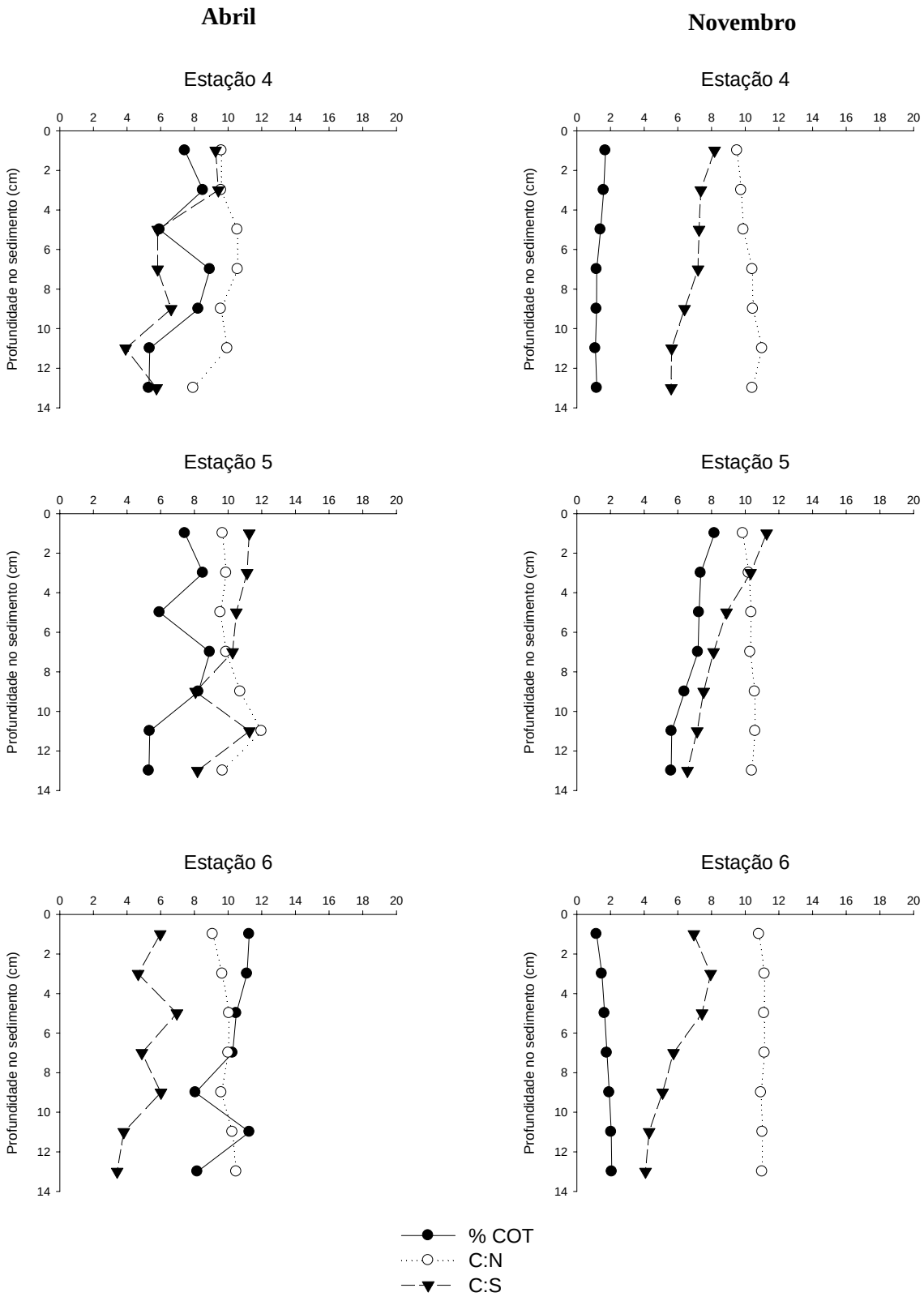



Figura 9. Continuação.

Em novembro, tanto o COT quanto a razão C:S apresentaram uma tendência a diminuir progressivamente com a profundidade no interior da coluna de sedimento, enquanto que a razão C:N tendeu a aumentar na maioria dos locais estudados (Figura 9). Contudo, a #6 mostrou um leve aumento do COT nos estratos inferiores, um aumento pronunciado da razão C:S desde a superfície do sedimento até o estrato de 4-6 cm, a qual depois tendeu a diminuir, e um perfil vertical da razão C:N bastante homogêneo (Figura 9).

Cabe ressaltar que em ambos os períodos os teores de COT e N apresentaram correlação positiva significativa, sendo r = 0,659; p < 0,05 em abril, e r = 0,979; p < 0,05 em novembro. Para discriminar a forma do nitrogênio total gráficos da % COT versus % N foram construídos considerando o total das amostras de sedimento. Para a coleta de abril, o ajuste da reta de regressão não foi tão bom quanto para a coleta de novembro ($r^2$ = 0,43 e $r^2$ = 0,96, respectivamente) (Figura 10 a e b). Porém nos dois casos, quando a % COT é zero a reta de regressão extrapola para um valor negativo da % N, sugerindo que o nitrogênio presente nas amostras é essencialmente orgânico (Hedges *et al.*, 1988).

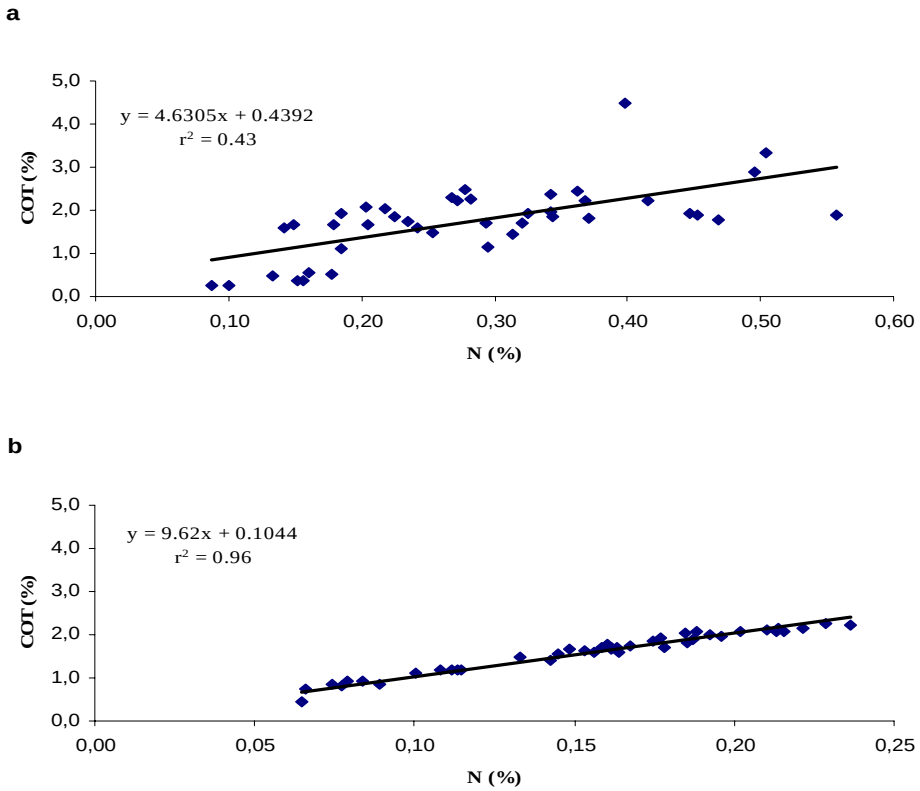



Figura 10. Porcentagem de carbono orgânico total *vs* a porcentagem de nitrogênio total nas amostras de sedimento da plataforma de São Sebastião. a) = abril; b) = novembro

*6.3.2. Composição bioquímica da matéria orgânica - Biopolímeros orgânicos*

Na coleta de abril, os valores médios por estação da concentração de carboidratos (CHO) variaram entre 1,49 e 12,18 mg $g^{-1}$ de sedimento seco (ss) (Tabela 7), sendo que na #1 as concentrações foram significativamente menores ($H = 35,633$; $p < 0,05$) do que nas demais estações. Os lipídios (LIP) apresentaram valores médios variando entre 1,46 e 2,21 mg $g^{-1}$ de ss com valores significativamente maiores nas #2, 3 e 4 ($F = 11,998$; $p < 0,05$). Por sua vez, as proteínas (PRT) que estiveram presentes em menor concentração na #1 ($H = 23,449$; $p < 0,05$), apresentaram valores médios entre 0,59 e 1,84 mg $g^{-1}$ de ss (Tabela 7).

As concentrações do carbono biopolimérico (CBP) foram significativamente menores nas estações 1 e 6 ($H = 35,203$; $p < 0,05$). Na maioria das estações, o CBP representou menos de 40 % do COT resultando em valores relativamente baixos do índice alimentar (IA). O índice alimentar (IA) apresentou diferenças significativas somente entre as estações 1 e 6, as quais apresentaram o maior (54,96 %) e o menor (20,15 %) valor médio, respectivamente ($H = 18,775$; $p < 0,05$) (Tabela 7).

Além disso, os CHO foram a classe de biopolímeros que mais contribuiu para o COT nas # 2, 3, 4 e 5 com valores médios entre 39,83 e 56,79 %., enquanto que na #1 foram os lipídios os maiores contribuintes com um valor igual ao 53,85 % (Tabela 7). Na estação 6, as três classes de biopolímeros orgânicos tiveram uma contribuição mais eqüitativa para o COT presente nos sedimentos. A razão lipídios/carboidratos (LPD/CHO) variou entre 0,14 e 1,02 sendo que os maiores valores médios corresponderam à #1 e os menores à #5. Por sua vez, a razão proteínas/carboidratos (PRT/CHO) apresentou valores médios entre 0,13 e 0,51. Valores significativamente maiores ($H = 32,614$; $p < 0,05$) foram registrados nas estações 1 e 6 (Tabela 7).

A concentração média por estação dos CHO na coleta de novembro esteve entre 1,41 e 10,50 mg $g^{-1}$ de ss, e o maior valor correspondeu à #2 (Tabela 8). Os lipídios apresentaram valores médios que variaram entre 1,29 e 2,06 mg $g^{-1}$ de ss, sendo que concentrações significativamente menores corresponderam às estações 1 e 6 ($H = 30,596$; $p < 0,05$). Já as proteínas, apresentaram valores médios entre 0,51 e 2,31 mg $g^{-1}$ de ss (Tabela 8). Para esta classe de biopolímeros orgânicos, a concentração foi significativamente maior na #2 do que nas demais, exceto a #3, e menor na #1 ($F = 25, 910$; $p < 0,05$). Por sua vez, os CHO foram a classe predominante de biopolímeros nas #2, 3 e 6 com valores médios entre 25,62 e 52,15 %. Entretanto, na #1 de novo

Tabela 7. Concentração dos biopolímeros orgânicos e carbono biopolimérico (CBP), razão lipídios/carboidratos (LPD/CHO) e proteínas/carboidratos (PRT/CHO), contribuição de cada biopolímero para o carbono orgânico total (COT) e índice alimentar (IA) para a coleta de abril. Resultados expressos em mg $g^{-1}$ de sedimento seco. Valores médios por estação em negrito.

| | Carboidratos (mg $g^{-1}$) | | Lipídios (mg $g^{-1}$) | | Proteínas (mg $g^{-1}$) | | CBP | LPD/CHO | PRT/CHO | C-CHO/COT | C-LIP/COT | C-PRT/COT | IA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Med | Desv | Med | Desv | Med | Desv | (mg C $g^{-1}$) | | | (%) | (%) | (%) | (%) |
| **#1 0-2** | 1,46 | 0,76 | 1,65 | 0,07 | 0,72 | 0,05 | 2,17 | 1,13 | 0,49 | 26,6 | 56,3 | 15,9 | 82,1 |
| **#1 2-4** | 1,30 | 0,30 | 1,45 | 0,21 | 0,51 | 0,02 | 1,86 | 1,11 | 0,39 | 26,6 | 55,5 | 12,7 | 74,6 |
| **#1 4-6** | 1,51 | 0,46 | 1,35 | 0,21 | 0,52 | 0,02 | 1,87 | 0,89 | 0,34 | 30,7 | 51,4 | 12,9 | 38,2 |
| **#1 6-8** | 1,56 | 0,46 | 1,55 | 0,35 | 0,57 | 0,08 | 2,07 | 0,99 | 0,37 | 29,9 | 55,6 | 13,4 | 58,4 |
| **#1 8-10** | 1,34 | 0,52 | 1,6 | 0,14 | 0,61 | 0,09 | 2,04 | 1,19 | 0,46 | 23,6 | 52,6 | 13,1 | 36,2 |
| **#1 10-12** | 1,79 | 0,04 | 1,45 | 0,21 | 0,71 | 0,03 | 2,15 | 0,81 | 0,40 | 32,7 | 49,7 | 15,9 | 55,9 |
| **#1 12-15** | 1,49 | 0,24 | 1,55 | 0,21 | 0,49 | 0,23 | 2,00 | 1,04 | 0,33 | 28,6 | 55,9 | 11,6 | 39,3 |
| | **1,49** | **0,40** | **1,51** | **0,20** | **0,59** | **0,07** | **2,02** | **1,02** | **0,40** | **28,38** | **53,85** | **13,66** | **54,96** |
| **#2 0-2** | 12,68 | 2,16 | 2,35 | 0,07 | 2,43 | 0,08 | 8,02 | 0,19 | 0,19 | 50,4 | 17,5 | 11,8 | 35,5 |
| **#2 2-4** | 13,65 | 1,83 | 2,2 | 0,28 | 2,10 | 0,23 | 8,14 | 0,16 | 0,15 | 49,4 | 14,9 | 9,3 | 33,4 |
| **#2 4-6** | 11,50 | 0,49 | 2,25 | 0,07 | 2,00 | 0,17 | 7,27 | 0,20 | 0,17 | 53,4 | 19,6 | 11,4 | 37,5 |
| **#2 6-8** | 12,27 | 0,62 | 2,25 | 0,21 | 1,69 | 0,04 | 7,42 | 0,18 | 0,14 | 39,8 | 13,7 | 6,7 | 25,6 |
| **#2 8-10** | 11,36 | 0,43 | 1,7 | 0,14 | 1,60 | 0,14 | 6,60 | 0,15 | 0,14 | 32,6 | 9,2 | 5,6 | 19,8 |
| **#2 10-12** | 12,25 | 1,33 | 1,65 | 0,21 | 1,69 | 0,09 | 6,97 | 0,13 | 0,14 | 44,4 | 11,2 | 7,5 | 31,1 |
| **#2 12-15** | 11,29 | 1,26 | 1,75 | 0,07 | 1,34 | 0,14 | 6,48 | 0,16 | 0,12 | 50,9 | 14,8 | 7,4 | 34,0 |
| | **12,14** | **1,16** | **2,02** | **0,15** | **1,84** | **0,13** | **7,27** | **0,17** | **0,15** | **45,85** | **14,41** | **8,54** | **30,99** |
| **#3 0-2** | 10,26 | 1,16 | 1,9 | 0,14 | 1,74 | 0,20 | 6,38 | 0,19 | 0,17 | 55,2 | 19,2 | 11,4 | 36,5 |
| **#3 2-4** | 10,29 | 1,06 | 2,1 | 0,14 | 1,14 | 0,09 | 6,25 | 0,20 | 0,11 | 39,9 | 15,3 | 5,4 | 27,4 |
| **#3 4-6** | 12,09 | 0,71 | 2,1 | 0,14 | 1,27 | 0,17 | 7,03 | 0,17 | 0,10 | 53,6 | 17,4 | 6,9 | 36,5 |
| **#3 6-8** | 11,06 | 0,37 | 2,65 | 0,07 | 1,73 | 0,26 | 7,26 | 0,24 | 0,16 | 44,3 | 19,9 | 8,5 | 29,4 |
| **#3 8-10** | 10,52 | 0,95 | 2,4 | 0,01 | 1,05 | 0,14 | 6,52 | 0,23 | 0,10 | 46,4 | 19,8 | 5,7 | 29,1 |
| **#3 10-12** | 7,32 | 0,41 | 2,25 | 0,21 | 1,61 | 0,31 | 5,40 | 0,31 | 0,22 | 34,4 | 19,8 | 9,3 | 29,4 |
| **#3 12-15** | 9,10 | 0,45 | 2,1 | 0,14 | 0,83 | 0,44 | 5,62 | 0,23 | 0,09 | 48,6 | 21,0 | 5,4 | 33,1 |
| | **10,09** | **0,73** | **2,21** | **0,12** | **1,34** | **0,23** | **6,35** | **0,22** | **0,14** | **46,03** | **18,92** | **7,51** | **31,63** |
| **#4 0-2** | 9,16 | 1,20 | 1,95 | 0,07 | 1,87 | 0,24 | 6,04 | 0,21 | 0,20 | 51,7 | 20,6 | 12,9 | 36,4 |
| **#4 2-4** | 8,97 | 1,17 | 1,65 | 0,21 | 1,60 | 0,06 | 5,61 | 0,18 | 0,18 | 44,6 | 15,4 | 9,8 | 27,4 |
| **#4 4-6** | 7,87 | 0,98 | 2,2 | 0,14 | 1,74 | 0,23 | 5,65 | 0,28 | 0,22 | 41,2 | 21,6 | 11,1 | 33,1 |
| **#4 6-8** | 6,48 | 2,00 | 1,6 | 0,28 | 1,78 | 0,20 | 4,66 | 0,25 | 0,27 | 42,6 | 19,7 | 14,3 | 31,6 |
| **#4 8-10** | 4,95 | 1,24 | 2,25 | 0,07 | 1,85 | 0,18 | 4,57 | 0,45 | 0,37 | 29,3 | 25,0 | 13,4 | 28,5 |
| **#4 10-12** | 5,02 | 0,62 | 1,85 | 0,21 | 1,74 | 0,27 | 4,25 | 0,37 | 0,35 | 43,4 | 30,0 | 18,4 | 36,9 |
| **#4 12-15** | 5,33 | 0,59 | 1,85 | 0,35 | 1,64 | 0,51 | 4,32 | 0,35 | 0,31 | 26,0 | 16,9 | 9,8 | 21,9 |
| | **6,83** | **1,11** | **1,91** | **0,19** | **1,74** | **0,24** | **5,02** | **0,30** | **0,27** | **39,83** | **21,32** | **12,81** | **30,82** |
| **#5 0-2** | 15,48 | 3,74 | 1,7 | 0,14 | 1,69 | 0,09 | 8,28 | 0,11 | 0,11 | 74,4 | 15,3 | 9,8 | 52,1 |
| **#5 2-4** | 12,39 | 2,84 | 1,55 | 0,07 | 1,49 | 0,04 | 6,84 | 0,13 | 0,12 | 67,4 | 15,8 | 9,8 | 41,2 |
| **#5 4-6** | 9,50 | 1,21 | 1,6 | 0,28 | 1,71 | 0,09 | 5,83 | 0,17 | 0,18 | 54,6 | 17,2 | 11,9 | 30,2 |
| **#5 6-8** | 8,49 | 0,34 | 2 | 0,14 | 1,51 | 0,15 | 5,62 | 0,24 | 0,17 | 40,3 | 17,8 | 8,6 | 27,0 |
| **#5 8-10** | 14,26 | 2,71 | 1,45 | 0,07 | 1,12 | 0,12 | 7,33 | 0,10 | 0,08 | 73,2 | 13,9 | 6,9 | 44,3 |
| **#5 10-12** | 11,73 | 1,92 | 1,35 | 0,07 | 1,71 | 0,20 | 6,53 | 0,12 | 0,14 | 20,9 | 4,5 | 3,7 | 14,5 |
| **#5 12-15** | 13,36 | 1,48 | 1,3 | 0,14 | 1,35 | 0,18 | 6,97 | 0,10 | 0,10 | 66,7 | 12,2 | 8,1 | 37,8 |
| | **12,18** | **2,03** | **1,56** | **0,13** | **1,51** | **0,12** | **6,77** | **0,14** | **0,13** | **56,79** | **13,83** | **8,38** | **35,32** |
| **#6 0-2** | 6,33 | 1,86 | 1,2 | 0,14 | 1,92 | 0,39 | 4,36 | 0,19 | 0,30 | 56,9 | 20,2 | 20,8 | 39,6 |
| **#6 2-4** | 1,88 | 0,55 | 1,25 | 0,07 | 1,80 | 0,24 | 2,56 | 0,66 | 0,94 | 12,6 | 15,8 | 14,6 | 17,5 |
| **#6 4-6** | 5,14 | 2,90 | 1,25 | 0,21 | 1,51 | 0,15 | 3,72 | 0,24 | 0,29 | 19,8 | 9,0 | 7,0 | 15,6 |
| **#6 6-8** | 2,73 | 1,69 | 1,6 | 0,01 | 1,52 | 0,11 | 3,02 | 0,59 | 0,55 | 14,4 | 15,9 | 9,7 | 16,7 |
| **#6 8-10** | 4,13 | 1,40 | 1,75 | 0,07 | 1,94 | 0,27 | 3,90 | 0,42 | 0,46 | 17,6 | 14,0 | 10,0 | 17,7 |
| **#6 10-12** | 3,44 | 0,51 | 1,7 | 0,28 | 1,59 | 0,24 | 3,42 | 0,49 | 0,45 | 20,5 | 19,0 | 11,4 | 19,2 |
| **#6 12-15** | 2,48 | 0,96 | 1,5 | 0,01 | 1,43 | 0,07 | 2,80 | 0,61 | 0,57 | 13,3 | 15,0 | 9,2 | 14,7 |
| | **3,73** | **3,73** | **1,46** | **0,11** | **1,67** | **0,21** | **3,40** | **0,46** | **0,51** | **22,15** | **15,55** | **11,82** | **20,15** |

foram os lipídios os que tiveram maior contribuição para o COT com um valor médio igual ao 34,50 % (Tabela 8). Nas estações 4 e 5 as três classes de biopolímeros orgânicos tiveram contribuíram de forma similar para o COT.

Os valores médios do CBP variaram entre 1,67 e 6,87 mg C $g^{-1}$ tendo sido observadas diferenças significativas unicamente entre as #1, 2 e 3 com valores menores na primeira ($H = 30,034$; $p < 0,05$) (Tabela 8). O índice alimentar (IA) apresentou valores médios que variaram de 14,54 até 32,82 % indicando a menor contribuição do CBP ao carbono orgânico total comparativamente ao período anterior (Tabela 8). O IA não apresentou diferenças significativas entre as estações ($F = 4.682$; $p > 0,05$).

A razão LPD/CHO apresentou valores médios entre 0,22 e 1,95 sendo que o menor valor correspondeu à #2 e o maior à # 4 (Tabela 8). Porém, unicamente houve diferenças significativas entre estas duas estações ($H = 11,450$; $p < 0,05$). Por sua vez, a razão PRT/CHO mostrou valores médios que variaram entre 0,24 e 1,98 tendo sido registrado o menor valor na #2 e o maior na #5 (Tabela 8). Não foram detectadas diferenças significativas entre as seis estações de coleta para a razão PRT/CHO.

Verticalmente, a #1 apresentou uma distribuição relativamente homogênea das três classes de biopolímeros orgânicos para ambas as coletas (Figura 11). Em geral, para as PRT as maiores concentrações foram registradas na superfície e tenderam a diminuir no interior da coluna sedimentar, porém, na maioria das estações foram observados pequenos aumentos em diferentes estratos da coluna sedimentar, principalmente, nas #2, 4 e 5 em novembro onde a concentração de PRT foi maior do que a dos outros biopolímeros (Figura 11). Os LPD apresentaram uma distribuição vertical bastante uniforme em todas as estações para ambos os períodos estudados. No entanto, os CHO mostraram uma maior variabilidade (Figura 11). Em quase todas as estações foram observados aumentos da concentração dos CHO em diferentes profundidades no interior do sedimento, os quais foram maiores na coleta de novembro do que na de abril. A exceção foi a #5 que apresentou em abril uma diminuição da concentração dos CHO até o estrato de 6-8 cm, e depois um aumento nos estratos mais profundos nos quais oscilou. Em contraste, em novembro esta estação apresentou um perfil vertical para os CHO bem mais homogêneo (Figura 11).

Tabela 8. Concentração dos biopolímeros orgânicos e carbono biopolimérico (CBP), razão lipídios/carboidratos (LPD/CHO) e proteínas/carboidratos (PRT/CHO), contribuição de cada biopolímero para o carbono orgânico total (COT) e índice alimentar (IA) para a coleta de novembro. Resultados expressos em mg $g^{-1}$ de sedimento seco. Valores médios por estação em negrito.

| | Carboidratos (mg $g^{-1}$) | | Lipídios (mg $g^{-1}$) | | Proteínas (mg $g^{-1}$) | | CBP | LPD/CHO | PRT/CHO | C-CHO/COT | C-LIP/COT | C-PRT/COT | IA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Med | Desv | Med | Desv | Med | Desv | (mg C $g^{-1}$) | | | (%) | (%) | (%) | (%) |
| **#1 0-2** | 0,71 | 0,80 | 1,15 | 0,07 | 0,34 | 0,05 | 1,31 | 1,63 | 0,49 | 17,0 | 51,9 | 10,1 | 29,6 |
| **#1 2-4** | 1,49 | 5,08 | 1,25 | 0,21 | 0,50 | 0,24 | 1,78 | 0,84 | 0,34 | 18,5 | 29,1 | 7,7 | 20,9 |
| **#1 4-6** | 2,74 | 0,69 | 1,7 | 0,28 | 0,37 | 0,03 | 2,93 | 0,62 | 0,14 | 36,7 | 42,7 | 6,1 | 36,2 |
| **#1 6-8** | 0,74 | 1,01 | 1,2 | 0,14 | 0,81 | 0,79 | 1,59 | 1,62 | 1,09 | 12,1 | 36,7 | 16,1 | 21,7 |
| **#1 8-10** | nd | — | 1,35 | 0,07 | 0,37 | 0,05 | 1,19 | — | — | — | 30,0 | 5,4 | 14,1 |
| **#1 10-12** | nd | — | 1,2 | 0,14 | 0,76 | 0,57 | 1,27 | — | — | — | 25,1 | 10,4 | 13,8 |
| **#1 12-15** | 1,37 | 3,85 | 1,15 | 0,07 | 0,45 | 0,08 | 1,63 | 0,8 | 0,3 | 16,6 | 26,1 | 6,6 | 17,4 |
| | **1,41** | **2,29** | **1,29** | **0,14** | **0,51** | **0,26** | **1,67** | **1,11** | **0,48** | **20,15** | **34,50** | **8,91** | **21,97** |
| **#2 0-2** | 7,47 | 4,50 | 2,3 | 0,01 | 2,42 | 0,71 | 5,90 | 0,31 | 0,32 | 42,8 | 24,7 | 17,0 | 28,6 |
| **#2 2-4** | 10,57 | 1,22 | 1,95 | 0,07 | 2,52 | 0,32 | 6,93 | 0,18 | 0,24 | 58,7 | 20,3 | 17,2 | 33,2 |
| **#2 4-6** | 9,29 | 3,60 | 2,2 | 0,14 | 2,49 | 0,55 | 6,59 | 0,24 | 0,27 | 46,4 | 20,6 | 15,2 | 30,9 |
| **#2 6-8** | 13,35 | 3,86 | 1,7 | 0,14 | 2,24 | 0,44 | 7,71 | 0,13 | 0,17 | 68,2 | 16,3 | 14,0 | 37,1 |
| **#2 8-10** | 16,53 | 0,99 | 2 | 0,28 | 2,00 | 0,27 | 9,09 | 0,12 | 0,12 | 67,2 | 15,2 | 9,9 | 45,7 |
| **#2 10-12** | 9,39 | 1,49 | 2,1 | 0,14 | 2,22 | 0,76 | 6,42 | 0,22 | 0,24 | 48,1 | 20,2 | 14,0 | 29,7 |
| **#2 12-15** | 6,91 | 4,15 | 2,15 | 0,21 | 2,27 | 0,41 | 5,49 | 0,31 | 0,33 | 33,8 | 19,7 | 13,6 | 24,5 |
| | **10,50** | **2,83** | **2,06** | **0,14** | **2,31** | **0,50** | **6,87** | **0,22** | **0,24** | **52,15** | **19,57** | **14,41** | **32,82** |
| **#3 0-2** | 1,11 | 1,49 | 2,35 | 0,21 | 1,95 | 0,22 | 3,15 | 2,11 | 1,75 | 5,4 | 21,3 | 11,5 | 14,1 |
| **#3 2-4** | 4,61 | 2,52 | 2,25 | 0,07 | 2,22 | 0,09 | 4,61 | 0,49 | 0,48 | 24,8 | 22,6 | 14,6 | 21,6 |
| **#3 4-6** | 13,18 | 2,64 | 2,35 | 0,07 | 2,02 | 0,15 | 8,02 | 0,18 | 0,15 | 63,4 | 21,2 | 11,9 | 40,9 |
| **#3 6-8** | 9,45 | 5,22 | 1,8 | 0,14 | 1,56 | 0,09 | 5,89 | 0,19 | 0,17 | 58,5 | 20,9 | 11,9 | 38,3 |
| **#3 8-10** | 1,21 | 3,87 | 1,75 | 0,21 | 1,88 | 0,06 | 2,71 | 1,44 | 1,55 | 7,3 | 19,7 | 13,8 | 15,9 |
| **#3 10-12** | 5,27 | 2,11 | 1,8 | 0,01 | 1,88 | 0,34 | 4,36 | 0,34 | 0,36 | 31,3 | 20,1 | 13,7 | 23,2 |
| **#3 12-15** | 2,52 | 1,36 | 1,4 | 0,01 | 1,36 | 0,04 | 2,71 | 0,56 | 0,54 | 14,0 | 14,6 | 9,2 | 14,8 |
| | **5,34** | **2,74** | **1,96** | **0,10** | **1,84** | **0,14** | **4,49** | **0,76** | **0,71** | **29,24** | **20,05** | **12,38** | **24,10** |
| **#4 0-2** | 1,12 | 0,77 | 2,15 | 0,35 | 2,02 | 0,10 | 3,04 | 1,93 | 1,81 | 7,0 | 25,2 | 15,5 | 17,9 |
| **#4 2-4** | 2,35 | 0,79 | 2,1 | 0,28 | 1,37 | 0,04 | 3,17 | 0,89 | 0,58 | 15,9 | 26,6 | 11,3 | 19,8 |
| **#4 4-6** | 3,08 | 0,84 | 1,9 | 0,14 | 2,19 | 0,20 | 3,72 | 0,62 | 0,71 | 24,2 | 28,0 | 21,1 | 26,4 |
| **#4 6-8** | 3,27 | 3,07 | 1,85 | 0,07 | 1,19 | 0,03 | 3,27 | 0,57 | 0,36 | 30,0 | 31,9 | 13,4 | 27,7 |
| **#4 8-10** | 0,95 | 1,96 | 2,15 | 0,07 | 1,30 | 0,05 | 2,62 | 2,26 | 1,36 | 9,1 | 38,4 | 15,1 | 22,4 |
| **#4 10-12** | 5,18 | 2,77 | 1,95 | 0,07 | 1,57 | 0,11 | 4,29 | 0,38 | 0,30 | 41,1 | 29,0 | 15,3 | 38,9 |
| **#4 12-15** | 0,57 | 0,45 | 1,75 | 0,07 | 2,01 | 0,13 | 2,51 | 3,06 | 3,51 | 4,9 | 28,4 | 21,3 | 21,0 |
| | **2,36** | **1,52** | **1,98** | **0,15** | **1,66** | **0,09** | **3,23** | **1,39** | **1,24** | **18,88** | **29,63** | **16,14** | **24,88** |
| **#5 0-2** | 2,49 | 2,10 | 1,75 | 0,07 | 2,74 | 0,14 | 3,64 | 0,70 | 1,10 | 13,8 | 18,2 | 18,6 | 19,9 |
| **#5 2-4** | 2,92 | 0,69 | 1,6 | 0,14 | 1,59 | 0,16 | 3,13 | 0,55 | 0,54 | 19,7 | 20,3 | 13,1 | 19,6 |
| **#5 4-6** | 1,28 | 0,09 | 1,6 | 0,14 | 1,28 | 0,05 | 2,33 | 1,25 | 1,00 | 7,3 | 17,0 | 8,9 | 13,4 |
| **#5 6-8** | 0,30 | 0,44 | 1,65 | 0,07 | 1,66 | 0,03 | 2,16 | 5,57 | 5,60 | 2,0 | 20,6 | 13,5 | 13,0 |
| **#5 8-10** | 0,95 | 0,95 | 1,6 | 0,01 | 1,57 | 0,20 | 2,34 | 1,69 | 1,66 | 5,9 | 18,8 | 12,1 | 14,4 |
| **#5 10-12** | nd | — | 1,55 | 0,07 | 1,48 | 0,19 | 1,87 | — | — | — | 17,6 | 11,0 | 10,9 |
| **#5 12-15** | nd | — | 1,4 | 0,01 | 1,54 | 0,17 | 1,79 | — | — | — | 16,6 | 11,9 | 10,5 |
| | **1,59** | **0,86** | **1,59** | **0,07** | **1,69** | **0,14** | **2,47** | **1,95** | **1,98** | **9,75** | **18,44** | **12,73** | **14,54** |
| **#6 0-2** | 1,10 | 0,59 | 1,3 | 0,14 | 1,75 | 0,21 | 2,26 | 1,18 | 1,60 | 10,4 | 23,0 | 20,3 | 19,4 |
| **#6 2-4** | 6,11 | 2,81 | 1,25 | 0,07 | 1,76 | 0,21 | 4,23 | 0,20 | 0,29 | 42,6 | 16,4 | 15,0 | 28,5 |
| **#6 4-6** | 4,98 | 1,20 | 1,35 | 0,21 | 1,71 | 0,14 | 3,83 | 0,27 | 0,34 | 31,6 | 16,1 | 13,3 | 23,2 |
| **#6 6-8** | 4,05 | 1,45 | 1,4 | 0,14 | 2,16 | 0,17 | 3,72 | 0,35 | 0,53 | 24,5 | 15,9 | 16,0 | 20,8 |
| **#6 8-10** | 3,18 | 0,69 | 1,6 | 0,14 | 1,81 | 0,16 | 3,35 | 0,50 | 0,57 | 19,0 | 17,9 | 13,2 | 17,3 |
| **#6 10-12** | 4,19 | 0,66 | 1,45 | 0,07 | 1,78 | 0,12 | 3,62 | 0,35 | 0,43 | 24,1 | 15,6 | 12,6 | 17,8 |
| **#6 12-15** | 4,73 | 8,94 | 1,35 | 0,07 | 1,56 | 0,23 | 3,66 | 0,29 | 0,33 | 27,1 | 14,5 | 11,0 | 17,6 |
| | **4,05** | **2,34** | **1,39** | **0,12** | **1,79** | **0,18** | **3,52** | **0,45** | **0,58** | **25,62** | **17,05** | **14,49** | **20,66** |

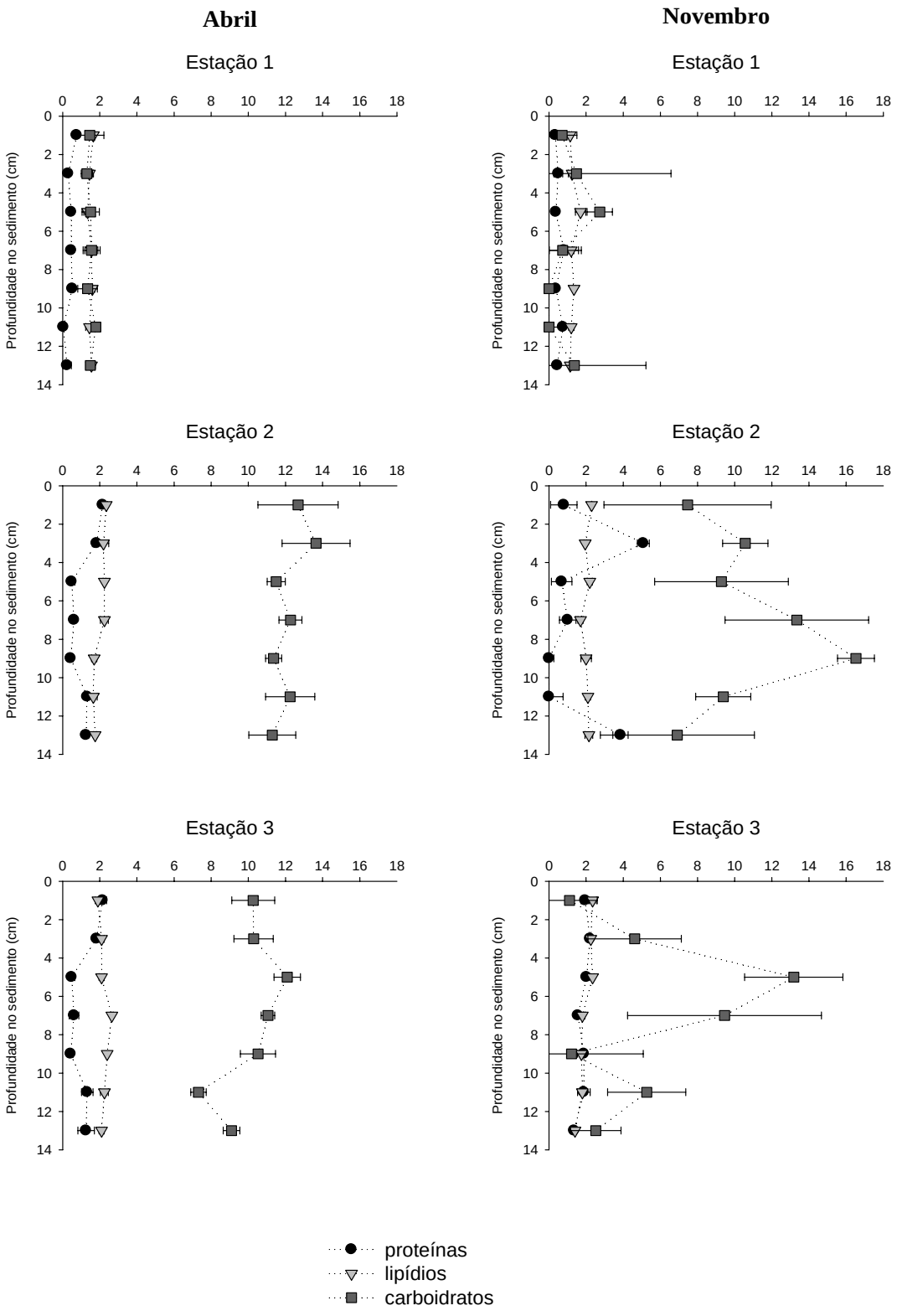



Figura 11. Perfis verticais da concentração de biopolímeros orgânicos (mg $g^{-1}$ de ss) na coluna sedimentar das seis estações para as duas coletas.

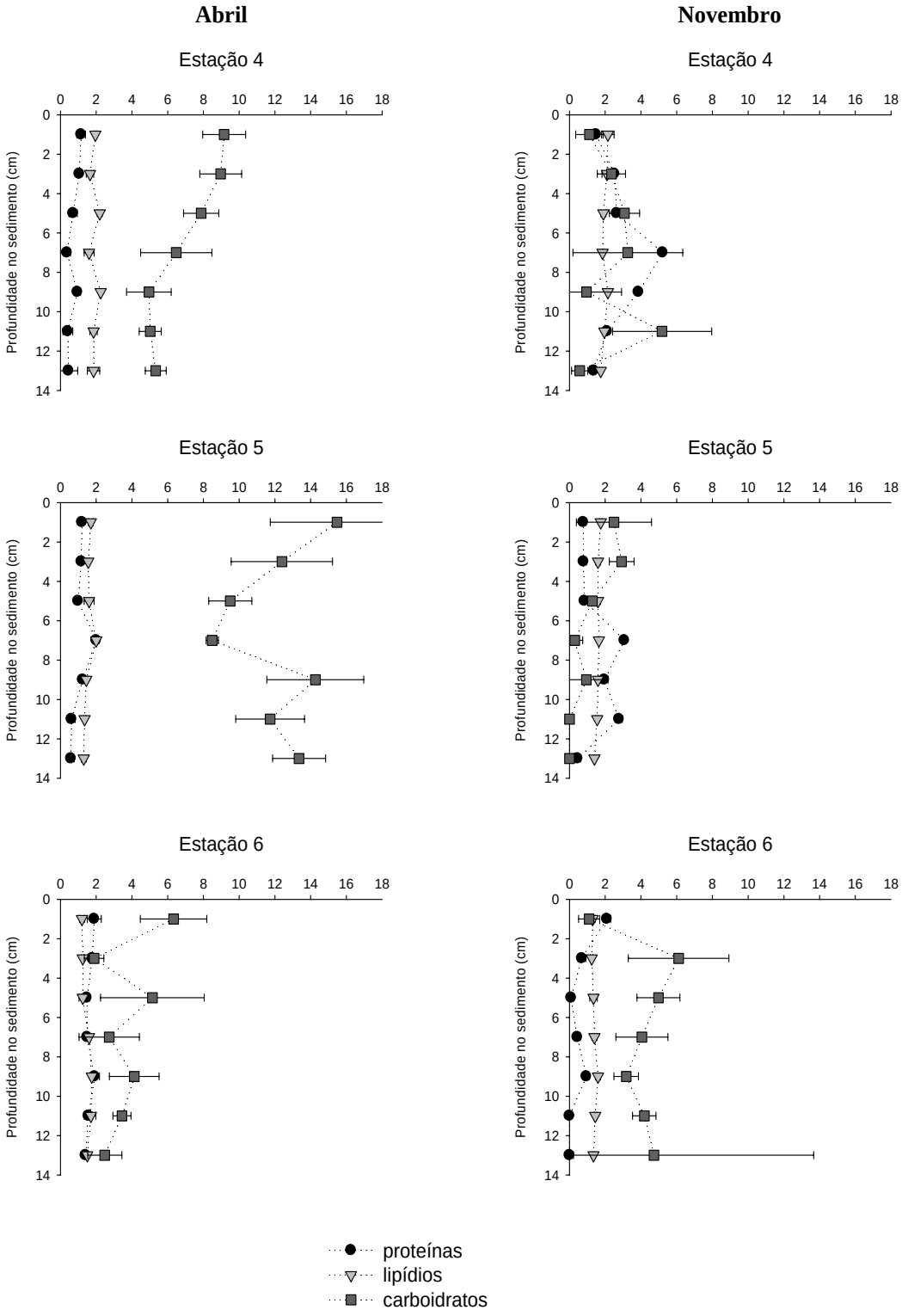


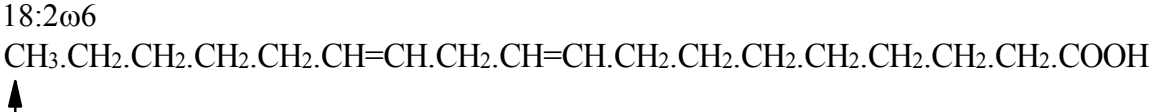

Figura 11. Continuação.

*6.3.3. Composição bioquímica da matéria orgânica - Ácidos graxos*

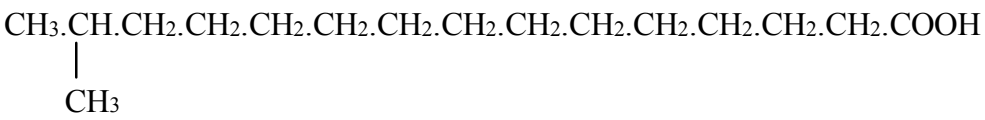
No presente estudo foram identificados 52 ácidos graxos (Tabela 9) os quais foram designados utilizando-se a nomenclatura Omega A:BωC onde A é o número de átomos de carbono, B é o número de ligações duplas e C é a posição da ligação dupla contando desde o carbono ω (grupo metilo) do fim da cadeia. Nesta nomenclatura assume-se que todas as ligações duplas estão interrompidas por grupos metileno e que as mesmas possuem configuração *cis* (Parrish *et al*., 2000). Os nomes sistemáticos y os nomes triviais dos compostos mais comuns segundo Christie (1989), também foram incluídos na Tabela 9. As estruturas de alguns dos ácidos graxos identificados neste estudo são apresentadas à continuação:

18:1ω9

18:2ω6




*iso*-15:0




*anteiso*-15:0

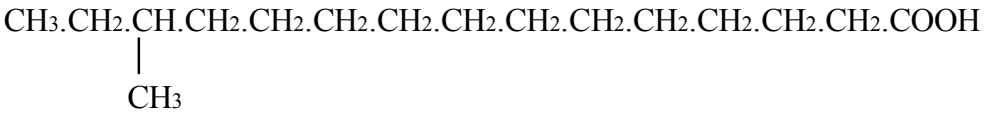


Tabela 9. Lista dos ácidos graxos identificados nas amostras de sedimentos da plataforma de São Sebastião.

| | *Nome sistemático* | *Nome trivial* |
|---|---|---|
| SFA = ácidos graxos saturados | | |
| 12:0 | dodecanóico | láurico |
| 13:0 | tridecanóico | – |
| 14:0 | tetradecanóico | mirístico |
| 15:0 | pentadecanóico | – |
| 16:0 | hexadecanóico | palmítico |
| 17:0 | heptadecanóico | margárico |
| 18:0 | octadecanóico | esteárico |
| 20:0 | icosanóico | araquídico |
| 21:0 | henicosanóico | – |
| 22:0 | docosanóico | behénico |
| 24:0 | tetracosanóico | lignocérico |
| MUFA = ácidos graxos monoinsaturados ou monoenóicos | | |
| 14:1 | | – |
| 16:1ω7 | *cis* -9-hexadecenóico | palmitoléico |
| 16:1ω5 | *cis* -11-hexadecenóico | – |
| 17:1 | | – |
| 18:1ω11 | *cis* -7-octadecenóico | – |
| 18:1ω9 | cis-9-octadecenóico | oléico |
| 18:1ω7 | *cis* -11-octadecenóico | *cis* -vaccénico |
| 20:1ω9 | *cis* -11-icosenóico | gonodóico |
| 20:1ω7 | *cis* -13-icosenóico | – |
| 22:1ω11 | *cis* -11-docosenóicoo | cetoléico |
| 22:1ω9 | *cis* -13-docosenóico | erucico |
| 22:1ω7 | *cis* -15-docosenóico | – |
| 24:1 | *cis* -15-tetracosanóico | nervônico |
| PUFA = ácidos graxos poliinsaturados ou polienóicos | | |
| 16:2 | | – |
| 16:3ω4 | 6,9,12-hexadecatrienóico | – |
| 16:4ω1 | 6,9,12,15-hexadecatetraenóico | – |
| 16:4ω3 | 4,7,10,13-hexadecatetraenóico | – |
| 18:2ω9 | 6,9-octadecadienóico | – |
| 18:2ω6 | 9,12-octadecadienóico | linoléico |
| 18:3ω9 | 3,6,9-octadecadienóico | – |
| 18:3ω3 | 9,12,15-octadecatrienóico | α-linoléico |
| 18:4ω3 | 6,9,12,15-octadecatetraenóico | estearidônico |
| 18:4ω1 | 8,11,14,17-octadecatetraenóico | – |
| 20:2ω9 | 8,11-icosadienóico | – |
| 20:2ω6 | 11,14-icosadienóico | – |
| 20:4ω6 | 5,8,11,14-icosatetraenóico | araquidônico |
| 20:3ω3 | 8,11,14-icosatrienóico | homo-γ-linoléico |
| 20:4ω3 | 8,11,14,17-icosatetraenóico | – |
| 20:5ω3 | 5,8,11,14,17-icosapentaenóico | EPA |
| 22:3ω6 | 10,13,16-docosatrienóico | – |
| 22:4ω9 | 4,7,10,13-docosatetraenóico | – |
| 22:4ω6 | 7,10,13,16-docosatetraenóico | – |
| 22:5ω6 | 4,7,10,13,16-docosapentaenóico | – |
| 22:5ω3 | 7,10,13,16,19-docosapentaenóico | DPA |
| 22:6ω3 | 4,7,10,13,16,19-docosahexaenóico | DHA |
| RFA = ácidos graxos ramificados | | |
| *i* 15:0 | *iso* -metilpentadecanóico | – |
| *a* 15:0 | *anteiso* -metilpentadecanóico | – |
| *i* 16:0 | *iso* -metilhexadecanóico | – |
| *a* 16:0 | *anteiso* -metilhexadecanóico | – |
| *i* 17:0 | *iso* -metilheptadecanóico | – |
| *a* 17:0 | *anteiso* -metilheptadecanóico | – |

Visando facilitar a interpretação dos dados e avaliar a origem dos ácidos graxos presentes no sedimento, os compostos ou grupos de compostos listados na Tabela 10 foram classificados em quatro subgrupos lipídicos representativos de fontes principais diferentes. Esses compostos foram selecionados em função da sua maior abundância, assim como, pelo fato de que uma fonte principal pode ser atribuída a eles com menor ambigüidade (Zimmerman & Canuel, 2001).

Tabela 10. Subgrupos lipídicos, abreviações utilizadas e suas fontes potenciais. Modificado de Zimmerman & Canuel (2001).

| Subgrupo | Compostos | Abreviação | Fonte principal |
|---|---|---|---|
| Misturado | Ag totais | TFA | não específica |
| | Ag saturados de cadeia par curta ($C_{12}$-$C_{18}$) | SCSFA | marinha não específica |
| Plâncton | Ag poliinsaturados com $C_{20}$ e $C_{22}$ | $C_{20}$ PUFA, $C_{22}$ PUFA | algas, zooplâncton |
| | Ag poliinsaturados com $C_{16}$ e $C_{18}$ | $C_{16}$ PUFA, $C_{18}$ PUFA | algas, diatomáceas tendem a ter mais $C_{16}$ PUFA |
| | Ag monoinsaturados com $C_{16}$ e $C_{18}$ | $C_{16}$ MUFA, $C_{18}$ MUFA | algas, zooplâncton |
| | Ag poliinsaturados totais | ΣPUFA | plâncton e matéria orgânica produzidos recentemente |
| | Ag monoinsaturado 16:1ω7 | 16:1ω7 | principalmente diatomáceas e cianobactérias |
| | Ag monoinsaturados 16:1/16:0 | 16:1/16:0 | > 1,6; diatomáceas |
| | Ag poliinsaturado 20:5ω3 | 20:5ω3 | principalmente diatomáceas |
| | Ag polinsaturado 22:6ω3 | 22:6ω3 | principalmente dinoflagelados |
| | Ag monoinsaturados 20:1 e 22:1 | Σ20:1 e 22:1 | zooplâncton |
| | Ag monoinsaturado 18:1ω9 | 18:1ω9 | zooplâncton |
| Bactérias | Ag de cadeia ímpar 15:0, 17:0, ramificados e 18:1ω7 | BAFA | bactérias |
| Terrestre | Ag saturados de cadeia longa (≥$C_{20}$) | LCSFA | plantas superiores |
| | Ag poliinsaturados 18:2ω6 e 18:3ω3 | Σ18:2ω6 e 18:3ω3 | > 2,5 %; plantas superiores |

Na coleta de abril, os valores médios por estação da concentração total dos ácidos graxos (TFA) apresentaram valores entre 140,36 e 374,92 μg $g^{-1}$ de sedimento seco (ss) tendo correspondido o maior valor à #2 e o menor à #6 (Tabela 11). As concentrações normalizadas pelo COT variaram entre 8,45 e 65,48 μg mg $COT^{-1}$ tendo sido registrados valores significativamente maiores na estação 1 ($H = 27,921$; $p < 0,05$). Os ácidos graxos indicadores de bactérias (BAFA) estiveram presentes em concentrações cujos valores médios variaram entre 13,80 e 45,89 μg $g^{-1}$ de ss (Tabela 11), e eles representaram entre 9,91 e 12,28 % da concentração total de ácidos graxos (Tabela 12). Além disso, valores significativamente maiores dos BAFA corresponderam

às estações 2 e 3 ($F = 19,431$; $p < 0,05$) Os ácidos graxos saturados (SFA) constituíram a classe dominante em todas as estações com uma concentração média por estação que variou entre 61,23 (#6) e 164,07 μg $g^{-1}$ de ss (#3), seguidos pelos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e os poliinsaturados (PUFA). Estes variaram entre 39,95 (#6) e 130,06 μg $g^{-1}$ de ss (#2) e entre 14,68 (#6) e 32,14 μg $g^{-1}$ de ss (#3), respectivamente (Tabela 11). O menor valor médio correspondeu à #6. Dentre estes compostos, os SFA representaram entre 40,54 e 46,09 % dos TFA, os MUFA entre 28,05 e 32,36 % e os PUFA entre 8,77 e 14,08 % (Tabela 12).

Dos ácidos graxos saturados o ácido palmítico ou 16:0 foi o mais abundante nas seis estações de coleta. Cabe ressaltar que os ácidos graxos saturados de cadeia par curta (SCSFA) predominaram em relação aos de cadeia par longa (LCSFA) em todas as estações (Tabela 11). Valores significativamente menores dos SCSFA foram observados nas # 5 e 6 ($H = 35,676$; $p < 0,05$), porém, nesses locais eles corresponderam a uma porcentagem maior dos TFA que foi igual a 35,64 % e 34,25 %, na #5 e 6 respectivamente (Tabela 12). Estas duas estações apresentaram valores médios dos LCSFA maiores do que nos demais locais (Tabela 11), mas as diferenças só foram significativas com a #4 ($H = 26,985$; $p < 0,05$). Estes compostos representaram menos de 4 % dos TFA (Tabela 12).

No que diz respeito aos ácidos graxos poliinsaturados, aqueles que possuem 16 átomos de carbono ($C_{16}$PUFA) mostraram concentrações médias menores do que as outras classes de PUFA em todas as estações estudadas (Tabela 11). Em geral, os mais abundantes foram que aqueles constituídos por 18 e 22 átomos de carbono ($C_{18}$PUFA e $C_{22}$PUFA), os quais apresentaram valores médios entre 4,75 (#6) e 15,01 μg $g^{-1}$ de ss (#3) e 6,95 (#6) e 15,96 μg $g^{-1}$ de ss (#1), respectivamente (Tabela 11). Os maiores valores médios dos $C_{18}$PUFA corresponderam às #3 e 4 onde representaram 5,54 e 5,12 % dos TFA, mas as diferenças unicamente foram significativas com a #6 ($F = 5,954$; $p < 0,05$). Para os $C_{22}$PUFA a #1 apresentou um valor médio significativamente maior aos registrados nas #5 e 6 ($F = 4,646$; $p < 0,05$), o qual correspondeu a 6,71 % dos TFA.

Além disso, os valores médios da razão 16:1/16:0 variaram entre 0,51 (#4) e 0,75 (#3), não tendo sido detectadas diferenças significativas entre as seis estações ($F = 6,578$; $p > 0,05$). A concentração média por estação do ácido palmitoléico ou 16:1ω7 variou entre 15,58 (#6) e 54,48 μg $g^{-1}$ de ss (#3), enquanto o ácido oléico ou 18:1ω9 variou entre 12,83 (#6) e 35,44 μg $g^{-1}$ de ss (#3) (Tabela 11).

Tabela 11. Concentração total dos ácidos graxos (μg $g^{-1}$ de sedimento seco), normalizadas pelo carbono orgânico (COT) e de alguns compostos indicativos de fontes diferentes para a coleta de abril. Abundância relativa da Σ18:2ω6 e 18:3ω3. Valores médios por estação em negrito. Mesmas abreviações da tabela10.

| | TFA | TFA (μg mg $COT^{-1}$) | BAFA | SFA | ΣMUFA | ΣPUFA | $C_{16}$PUFA | $C_{18}$PUFA | $C_{20}$PUFA | $C_{22}$PUFA | $C_{16}$MUFA | $C_{18}$MUFA | 16:1/16:0 | 16:1ω7 | 18:1ω9 | Σ18:2ω6 e 18:3ω3 (%) | 20:5ω3 | 22:6ω3 | Σ20:1 e 22:1 | SCSFA | LCSFA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **#1 0-2** | 308,22 | 116,40 | 30,78 | 134,60 | 94,49 | 50,87 | 1,32 | 20,69 | 5,18 | 23,68 | 33,14 | 33,57 | 0,57 | 29,17 | 27,20 | 5,71 | 3,58 | 15,59 | 10,76 | 92,94 | 6,59 |
| **#1 2-4** | 238,97 | 96,01 | 21,98 | 90,34 | 85,02 | 35,64 | 0,90 | 12,01 | 4,07 | 18,66 | 26,58 | 22,81 | 0,62 | 22,79 | 19,87 | 3,69 | 0,24 | 10,40 | 12,04 | 68,76 | 6,14 |
| **#1 4-6** | 200,75 | 41,00 | 21,02 | 94,51 | 58,76 | 26,98 | 1,75 | 6,11 | 6,74 | 12,99 | 20,04 | 15,92 | 0,54 | 17,19 | 13,35 | 2,38 | 0,20 | 8,92 | 12,45 | 61,38 | 5,24 |
| **#1 6-8** | 206,46 | 58,30 | 20,61 | 77,20 | 39,92 | 24,49 | 1,61 | 7,69 | 3,15 | 12,54 | 4,96 | 15,16 | 0,28 | 2,95 | 13,15 | 2,60 | 0,57 | 7,85 | 10,61 | 44,86 | 6,40 |
| **#1 8-10** | 239,95 | 42,67 | 25,68 | 113,14 | 69,37 | 23,66 | 1,99 | 6,55 | 1,92 | 13,57 | 32,22 | 20,89 | 0,63 | 27,88 | 18,90 | 1,74 | 0,18 | 8,16 | 5,11 | 79,73 | 5,56 |
| **#1 10-12** | 227,00 | 58,92 | 22,99 | 104,61 | 63,29 | 23,78 | 1,74 | 4,58 | 2,20 | 15,62 | 26,05 | 19,64 | 0,57 | 22,40 | 17,75 | 1,62 | 0,15 | 10,05 | 7,45 | 72,50 | 6,38 |
| **#1 12-15** | 229,15 | 45,01 | 26,52 | 100,80 | 58,99 | 26,82 | 1,97 | 6,18 | 4,59 | 14,67 | 25,53 | 17,29 | 0,58 | 21,90 | 14,78 | 1,99 | 0,84 | 11,11 | 4,87 | 69,74 | 6,11 |
| | **235,79** | **65,48** | **24,23** | **102,17** | **67,12** | **30,32** | **1,61** | **9,11** | **3,98** | **15,96** | **24,07** | **20,75** | **0,54** | **20,61** | **17,85** | **2,82** | **0,82** | **10,30** | **9,04** | **69,99** | **6,06** |
| **#2 0-2** | 443,79 | 19,65 | 58,18 | 210,54 | 197,22 | 25,11 | 2,37 | 10,72 | 3,68 | 8,34 | 57,00 | 42,15 | 0,60 | 46,89 | 37,22 | 1,36 | 1,58 | 4,32 | 7,54 | 151,32 | 7,02 |
| **#2 2-4** | 265,35 | 10,88 | 36,61 | 126,44 | 129,23 | 34,49 | 3,46 | 11,34 | 4,66 | 15,04 | 43,22 | 31,81 | 0,66 | 37,10 | 27,89 | 2,81 | 1,14 | 7,72 | 5,94 | 99,43 | 5,22 |
| **#2 4-6** | 361,08 | 18,66 | 44,08 | 155,51 | 164,14 | 32,18 | 1,22 | 10,15 | 5,19 | 15,62 | 47,08 | 38,68 | 0,61 | 41,09 | 34,81 | 1,68 | 0,45 | 9,89 | 6,18 | 122,88 | 7,38 |
| **#2 6-8** | 372,48 | 12,84 | 36,22 | 137,43 | 127,33 | 32,88 | 0,83 | 8,30 | 13,31 | 10,44 | 42,79 | 29,55 | 0,70 | 37,63 | 26,65 | 1,30 | 0,31 | 5,46 | 5,46 | 103,85 | 7,58 |
| **#2 8-10** | 315,40 | 9,45 | 37,37 | 143,24 | 133,66 | 38,60 | 0,91 | 12,11 | 13,56 | 12,02 | 47,69 | 30,49 | 0,71 | 41,48 | 27,64 | 2,55 | 0,79 | 6,37 | 3,62 | 109,20 | 7,92 |
| **#2 10-12** | 290,66 | 12,97 | 30,73 | 137,52 | 93,89 | 16,01 | 0,53 | 8,92 | 2,13 | 4,42 | 42,94 | 30,43 | 0,69 | 37,46 | 28,22 | 1,82 | 0,40 | 1,59 | 5,48 | 105,51 | 7,52 |
| **#2 12-15** | 237,34 | 12,46 | 24,89 | 98,99 | 64,92 | 45,10 | nd | 6,15 | 22,23 | 16,71 | 27,69 | 20,53 | 0,63 | 24,34 | 18,09 | 1,75 | 3,80 | 5,45 | 6,20 | 79,03 | 4,62 |
| | **326,59** | **13,84** | **38,30** | **144,24** | **130,06** | **32,05** | **1,33** | **9,67** | **9,25** | **11,80** | **44,06** | **31,95** | **0,66** | **38,00** | **28,64** | **1,90** | **1,21** | **5,83** | **5,77** | **110,18** | **6,75** |
| **#3 0-2** | 269,70 | 15,44 | 37,48 | 121,58 | 76,48 | 33,18 | 1,50 | 11,46 | 8,37 | 11,85 | 32,68 | 27,84 | 0,54 | 24,55 | 23,14 | 2,78 | 3,19 | 8,50 | 4,06 | 94,86 | 5,55 |
| **#3 2-4** | 423,71 | 18,57 | 57,47 | 201,85 | 126,77 | 37,36 | 1,87 | 16,90 | 5,14 | 13,45 | 59,07 | 40,38 | 0,62 | 48,56 | 34,41 | 2,25 | 0,43 | 10,09 | 6,77 | 148,30 | 9,29 |
| **#3 4-6** | 418,82 | 21,72 | 51,75 | 183,55 | 145,18 | 32,71 | 1,59 | 19,44 | 4,10 | 7,59 | 72,66 | 45,31 | 0,81 | 64,29 | 40,67 | 2,66 | 0,45 | 5,78 | 5,42 | 141,28 | 5,32 |
| **#3 6-8** | 414,56 | 16,76 | 48,74 | 177,37 | 141,94 | 32,70 | 2,00 | 12,58 | 7,68 | 10,45 | 69,61 | 44,24 | 0,77 | 61,72 | 40,39 | 1,67 | 0,76 | 4,62 | 4,29 | 135,56 | 8,44 |
| **#3 8-10** | 446,54 | 19,93 | 50,99 | 185,99 | 166,99 | 32,95 | 1,61 | 18,59 | 6,48 | 6,28 | 84,86 | 49,28 | 0,90 | 77,76 | 46,34 | 1,99 | 1,06 | 4,19 | 5,60 | 143,52 | 6,13 |
| **#3 10-12** | 328,73 | 17,90 | 38,77 | 143,33 | 108,62 | 29,26 | 1,18 | 12,27 | 7,30 | 8,50 | 53,74 | 34,01 | 0,74 | 46,99 | 30,74 | 1,93 | 0,95 | 5,58 | 4,27 | 110,53 | 7,06 |
| **#3 12-15** | 322,40 | 19,01 | 36,03 | 134,80 | 116,44 | 26,82 | 0,95 | 13,83 | 7,18 | 4,86 | 62,31 | 34,73 | 0,89 | 57,49 | 32,42 | 2,18 | 1,28 | 2,76 | 3,76 | 105,68 | 4,19 |
| | **374,92** | **18,48** | **45,89** | **164,07** | **126,06** | **32,14** | **1,53** | **15,01** | **6,61** | **9,00** | **62,13** | **39,40** | **0,75** | **54,48** | **35,44** | **2,21** | **1,16** | **5,93** | **4,88** | **125,67** | **6,57** |
| **#4 0-2** | 373,75 | 22,54 | 35,64 | 137,91 | 148,69 | 54,14 | 1,30 | 17,40 | 13,13 | 22,31 | 42,51 | 68,18 | 0,57 | 36,53 | 57,59 | 3,14 | 7,11 | 18,37 | 27,42 | 108,99 | 4,07 |
| **#4 2-4** | 175,69 | 8,57 | 20,70 | 67,67 | 52,75 | 27,27 | 0,85 | 10,83 | 7,68 | 7,91 | 18,36 | 21,66 | 0,57 | 14,47 | 17,44 | 5,34 | 1,12 | 5,03 | 7,01 | 50,19 | 3,25 |
| **#4 4-6** | 213,81 | 12,53 | 23,11 | 82,67 | 68,85 | 25,52 | 0,56 | 13,76 | 2,72 | 8,48 | 21,61 | 31,58 | 0,54 | 17,02 | 26,22 | 4,80 | 1,41 | 6,03 | 10,27 | 62,02 | 3,68 |
| **#4 6-8** | 179,16 | 12,13 | 20,08 | 73,86 | 51,62 | 28,39 | nd | 10,22 | 9,91 | 8,26 | 15,82 | 26,12 | 0,50 | 13,16 | 21,61 | 4,51 | 1,31 | 4,71 | 4,80 | 50,69 | 3,07 |
| **#4 8-10** | 214,43 | 13,36 | 19,26 | 97,07 | 59,59 | 25,37 | nd | 10,95 | 4,32 | 10,10 | 20,33 | 29,30 | 0,47 | 17,10 | 25,36 | 4,70 | 0,41 | 6,26 | 4,86 | 67,38 | 6,39 |
| **#4 10-12** | 211,93 | 18,39 | 17,28 | 83,67 | 57,26 | 35,90 | nd | 11,86 | 10,12 | 13,92 | 15,35 | 28,42 | 0,43 | 12,71 | 24,66 | 5,29 | nd | 6,58 | 8,42 | 56,23 | 6,59 |
| **#4 12-15** | 146,92 | 7,46 | 14,27 | 64,68 | 43,22 | 17,61 | 0,27 | 7,54 | 4,26 | 5,52 | 13,38 | 22,13 | 0,50 | 11,16 | 19,01 | 4,73 | 0,28 | 3,42 | 4,41 | 43,40 | 3,57 |
| | **216,53** | **13,57** | **21,48** | **86,79** | **68,86** | **30,60** | **0,43** | **11,80** | **7,45** | **10,93** | **21,05** | **32,48** | **0,51** | **17,45** | **27,41** | **4,64** | **1,66** | **7,20** | **9,60** | **62,70** | **4,37** |
| **#5 0-2** | 269,53 | 16,96 | 26,55 | 116,07 | 89,57 | 30,15 | 1,29 | 12,17 | 5,28 | 11,40 | 35,85 | 39,89 | 0,61 | 31,45 | 35,15 | 3,40 | 2,28 | 8,12 | 5,92 | 30,15 | 26,55 |
| **#5 2-4** | 187,80 | 11,33 | 17,90 | 82,81 | 57,17 | 17,71 | 0,51 | 8,71 | 1,71 | 6,78 | 21,21 | 27,49 | 0,53 | 17,61 | 24,18 | 3,55 | 0,32 | 4,47 | 3,24 | 17,71 | 17,90 |
| **#5 4-6** | 185,53 | 9,61 | 17,59 | 83,91 | 59,37 | 19,31 | 0,45 | 9,28 | 2,43 | 7,16 | 21,59 | 30,07 | 0,55 | 18,32 | 26,28 | 3,83 | 0,36 | 4,91 | 2,86 | 19,31 | 17,59 |
| **#5 6-8** | 266,52 | 12,79 | 27,33 | 118,91 | 83,70 | 24,37 | 0,46 | 12,01 | 3,38 | 8,53 | 41,03 | 31,14 | 0,73 | 36,13 | 27,59 | 3,04 | 0,70 | 5,58 | 2,08 | 24,37 | 27,33 |
| **#5 8-10** | 124,77 | 7,55 | 5,86 | 28,38 | 18,87 | 7,09 | 0,25 | 3,54 | 0,97 | 2,33 | 8,49 | 7,17 | 0,60 | 7,24 | 6,32 | 2,08 | 0,18 | 1,34 | 1,08 | 7,09 | 5,86 |
| **#5 10-12** | 131,59 | 2,93 | 12,65 | 57,76 | 38,52 | 14,16 | 0,51 | 5,42 | 0,91 | 7,32 | 17,82 | 13,75 | 0,62 | 14,99 | 12,40 | 2,71 | 0,33 | 4,24 | 2,71 | 14,16 | 12,65 |
| **#5 12-15** | 168,66 | 9,15 | 26,93 | 133,21 | 93,00 | 40,15 | 0,83 | 17,19 | 8,64 | 13,50 | 37,06 | 42,03 | 0,57 | 31,26 | 37,39 | 8,11 | 1,40 | 8,15 | 5,19 | 40,15 | 26,93 |
| | **190,63** | **10,05** | **19,26** | **88,72** | **62,89** | **21,85** | **0,61** | **9,76** | **3,33** | **8,15** | **26,15** | **27,36** | **0,60** | **22,43** | **24,19** | **3,82** | **0,80** | **5,26** | **3,30** | **21,85** | **19,26** |
| **#6 0-2** | 164,16 | 14,90 | 14,74 | 70,44 | 52,61 | 19,21 | 0,22 | 6,30 | 3,80 | 8,89 | 22,58 | 22,25 | 0,62 | 19,47 | 19,24 | 2,39 | 2,04 | 7,67 | 3,03 | 19,21 | 14,74 |
| **#6 2-4** | 124,82 | 8,55 | 14,16 | 56,00 | 37,40 | 12,53 | 0,17 | 5,06 | 2,08 | 5,22 | 18,61 | 13,30 | 0,66 | 15,72 | 11,88 | 2,29 | 0,45 | 3,62 | 1,62 | 12,53 | 14,16 |
| **#6 4-6** | 112,36 | 4,71 | 10,61 | 49,93 | 32,03 | 12,90 | 0,17 | 4,98 | 2,46 | 5,29 | 13,31 | 13,50 | 0,53 | 11,04 | 11,85 | 3,48 | 0,43 | 3,84 | 1,68 | 12,90 | 10,61 |
| **#6 6-8** | 146,56 | 8,11 | 12,75 | 61,70 | 34,70 | 16,11 | 0,23 | 5,25 | 4,30 | 6,33 | 17,34 | 8,64 | 0,54 | 14,98 | 6,46 | 2,65 | 0,22 | 4,02 | 3,14 | 16,11 | 12,75 |
| **#6 8-10** | 103,84 | 4,70 | 10,34 | 48,90 | 26,47 | 10,89 | 0,29 | 1,83 | 1,74 | 7,04 | 9,43 | 8,62 | 0,39 | 7,60 | 7,61 | 1,28 | 0,29 | 4,02 | 3,03 | 10,89 | 10,34 |
| **#6 10-12** | 225,63 | 12,66 | 22,36 | 94,37 | 68,59 | 21,33 | 0,33 | 7,14 | 3,04 | 10,82 | 32,05 | 25,36 | 0,66 | 28,13 | 23,46 | 2,08 | 0,54 | 5,84 | 2,83 | 21,33 | 22,36 |
| **#6 12-15** | 105,15 | 5,53 | 11,61 | 47,28 | 27,82 | 9,81 | 0,14 | 2,66 | 1,95 | 5,06 | 12,39 | 10,02 | 0,52 | 12,12 | 9,32 | 1,61 | 0,24 | 3,23 | 1,71 | 9,81 | 11,61 |
| | **140,36** | **8,45** | **13,80** | **61,23** | **39,95** | **14,68** | **0,22** | **4,75** | **2,77** | **6,95** | **17,96** | **14,53** | **0,56** | **15,58** | **12,83** | **2,26** | **0,60** | **4,61** | **2,43** | **14,68** | **13,80** |

Os ácidos graxos monoinsaturados de 16 carbonos ($C_{16}$MUFA) apresentaram valores médios entre 17,96 e 62,13 μg $g^{-1}$ de ss mostrando concentrações significativamente maiores nas estações 2 e 3 ($F = 16,678$; $p < 0,05$). Nesses locais, os mesmos representaram o 13,60 e 16,41 % dos TFA, respectivamente. Estes compostos apresentaram concentrações maiores do que os ácidos graxos de 18 carbonos ($C_{18}$MUFA) em todas as estações, exceto na #4 (Tabela 11).

De modo geral, o ácido icosapentaenóico (EPA) ou 20:5ω3 esteve presente em baixas concentrações, já o ácido docosahexaenóico (DHA) ou 22:6ω3 foi mais abundante do que o 20:5ω3 mostrando valores médios que variaram entre 4,61 (#6) e 10,30 μg $g^{-1}$ de ss (#1) (Tabela 11). Para os marcadores terrestres (Σ18:2ω6 e 18:3ω3) foram observadas porcentagens médias por estação que variaram entre 1,90 (#2) 4,64 % (#4), enquanto que para os indicadores de zooplâncton (Σ20:1 e 22:1), as concentrações médias estiveram entre 2,43 (#6) e 9,60 μg $g^{-1}$ de ss (#4).

Na coleta de novembro, a concentração média por estação dos TFA variou entre 195,49 (#2) e 739,56 μg.$g^{-1}$ de ss (#5) (Tabela 13). As concentrações normalizadas pelo COT apresentaram valores entre 9,25 (#2) 51,77 μg mg $COT^{-1}$ (#1), tendo sido registrados valores significativamente maiores nas estações 1 e 5 ($H = 32,451$; $p < 0,05$). Neste período, as concentrações médias dos BAFA foram maiores às observadas em abril e variaram de 24,23 (#6) até 53,58 μg $g^{-1}$ de ss (#1). Os maiores valores corresponderam às #1 e 5, mas eles foram significativamente diferentes unicamente em relação aos registrados na #6 (Tabela 13). Os BAFA representaram entre 7,15 e 17,01 % dos TFA sendo que o menor valor correspondeu à #5 e o maior à #2 (Tabela 12). Novamente, os SFA constituíram a classe dominante dentre os ácidos graxos na maioria das estações, com concentrações que médias entre 87,81 (#2) e 176,86 μg $g^{-1}$ de ss (#1), sendo que foram detectadas diferenças significativas apenas entre as estações 1 e 6 ($H = 13,898$; $p < 0,05$). Em novembro, os SFA representaram uma porcentagem menor dos TFA com valores entre 5,29 % na #5 e 47,12 % na estação 1. Além disso, os MUFA variaram de 40,54 (#2) até 115,68 μg $g^{-1}$ de ss (#5), enquanto que os PUFA mostraram valores entre 18,77 (#6) e 206,14 μg $g^{-1}$ de ss (#5) (Tabela 13). Os MUFA representaram entre 15,87 e 31,10 % dos TFA, já os PUFA entre 9,94 e 28,41 % (Tabela 12). Cabe ressaltar que na estação 5 tanto os MUFA quanto os PUFA apresentaram concentrações médias maiores, mas a diferenças foram significativas

Tabela 12. Porcentagem relativa de algumas das classes de ácidos graxos indicativas de fontes diferentes para ambos os períodos estudados. Valores médios por estação em negrito.

| | Abril | | | | | Novembro | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | BAFA (%) | ΣMUFA (%) | ΣPUFA (%) | SCSFA (%) | LCSFA (%) | BAFA (%) | ΣMUFA (%) | ΣPUFA (%) | SCSFA (%) | LCSFA (%) |
| **#1 0-2** | 9,99 | 30,66 | 16,50 | 30,16 | 2,14 | 14,35 | 18,08 | 18,33 | 34,96 | 0,34 |
| **#1 2-4** | 9,20 | 35,58 | 14,92 | 28,77 | 2,57 | 13,26 | 24,85 | 7,36 | 41,54 | 0,41 |
| **#1 4-6** | 10,47 | 29,27 | 13,44 | 30,58 | 2,61 | 15,05 | 17,92 | 7,28 | 43,36 | 0,25 |
| **#1 6-8** | 9,98 | 19,33 | 11,86 | 21,73 | 3,10 | 13,04 | 13,07 | 13,31 | 30,43 | 0,65 |
| **#1 8-10** | 10,70 | 28,76 | 9,86 | 33,23 | 2,32 | 11,48 | 25,77 | 7,85 | 30,74 | 0,38 |
| **#1 10-12** | 10,13 | 27,88 | 10,47 | 31,94 | 2,81 | 17,65 | 18,59 | 4,29 | 55,51 | 0,97 |
| **#1 12-15** | 11,57 | 25,74 | 11,70 | 30,43 | 2,67 | 10,77 | 26,01 | 11,13 | 25,57 | 2,32 |
| | **10,29** | **28,17** | **12,68** | **29,55** | **2,60** | **13,66** | **20,61** | **9,94** | **37,44** | **0,76** |
| **#2 0-2** | 13,11 | 27,76 | 5,66 | 34,10 | 1,58 | 16,69 | 24,08 | 13,71 | 33,16 | 2,54 |
| **#2 2-4** | 13,80 | 34,18 | 13,00 | 37,47 | 1,97 | 18,19 | 24,48 | 15,35 | 35,20 | 3,37 |
| **#2 4-6** | 12,21 | 28,87 | 8,91 | 34,03 | 2,04 | 19,12 | 21,95 | 20,88 | 34,94 | 3,14 |
| **#2 6-8** | 9,72 | 23,64 | 8,83 | 27,88 | 2,03 | 18,36 | 15,81 | 15,99 | 14,43 | 3,18 |
| **#2 8-10** | 11,85 | 29,57 | 12,24 | 34,62 | 2,51 | 16,01 | 19,89 | 22,36 | 35,34 | 3,73 |
| **#2 10-12** | 10,57 | 31,13 | 5,51 | 36,30 | 2,59 | 13,66 | 18,27 | 25,21 | 37,12 | 5,85 |
| **#2 12-15** | 10,49 | 26,51 | 19,00 | 33,30 | 1,94 | 17,07 | 19,77 | 15,33 | 40,23 | 3,30 |
| | **11,68** | **28,81** | **10,45** | **33,96** | **2,10** | **17,01** | **20,61** | **18,40** | **32,92** | **3,59** |
| **#3 0-2** | 13,90 | 27,52 | 12,30 | 35,17 | 2,06 | 16,28 | 22,41 | 16,96 | 39,18 | 2,81 |
| **#3 2-4** | 13,56 | 28,79 | 8,82 | 35,00 | 2,19 | 16,63 | 18,86 | 21,97 | 37,47 | 3,38 |
| **#3 4-6** | 12,36 | 33,36 | 7,81 | 33,73 | 1,27 | 16,32 | 16,46 | 16,64 | 40,13 | 1,72 |
| **#3 6-8** | 11,76 | 32,94 | 7,89 | 32,70 | 2,04 | 12,10 | 19,77 | 25,01 | 30,32 | 3,07 |
| **#3 8-10** | 11,42 | 35,49 | 7,38 | 32,14 | 1,37 | 12,86 | 29,82 | 17,58 | 32,25 | 2,88 |
| **#3 10-12** | 11,79 | 31,79 | 8,90 | 33,62 | 2,15 | 12,45 | 29,04 | 22,64 | 29,45 | 2,83 |
| **#3 12-15** | 11,18 | 34,72 | 8,32 | 32,78 | 1,30 | 11,98 | 29,35 | 16,58 | 33,14 | 2,11 |
| | **12,28** | **32,09** | **8,77** | **33,59** | **1,77** | **14,09** | **23,67** | **19,63** | **34,56** | **2,68** |
| **#4 0-2** | 9,54 | 39,78 | 14,49 | 29,16 | 1,09 | 12,18 | 27,68 | 24,14 | 36,10 | 1,99 |
| **#4 2-4** | 11,78 | 30,03 | 15,52 | 28,57 | 1,85 | 12,33 | 34,66 | 14,17 | 31,91 | 1,66 |
| **#4 4-6** | 10,81 | 32,20 | 11,93 | 29,01 | 1,72 | 6,95 | 25,28 | 15,63 | 21,42 | 2,35 |
| **#4 6-8** | 11,21 | 28,81 | 15,85 | 28,29 | 1,71 | 12,96 | 31,26 | 17,43 | 31,31 | 2,21 |
| **#4 8-10** | 8,98 | 27,79 | 11,83 | 31,42 | 2,98 | 12,99 | 32,11 | 18,48 | 30,76 | 2,62 |
| **#4 10-12** | 8,15 | 27,02 | 16,94 | 26,53 | 3,11 | 13,04 | 33,26 | 15,70 | 32,88 | 2,12 |
| **#4 12-15** | 9,71 | 29,42 | 11,98 | 29,54 | 2,43 | 12,95 | 33,48 | 16,18 | 32,53 | 2,25 |
| | **10,03** | **30,72** | **14,08** | **28,93** | **2,13** | **11,92** | **31,10** | **17,39** | **30,99** | **2,17** |
| **#5 0-2** | 9,85 | 33,23 | 11,18 | 34,03 | 2,23 | 4,80 | 12,74 | 44,83 | 5,11 | 2,96 |
| **#5 2-4** | 9,53 | 30,44 | 9,43 | 35,02 | 2,61 | 4,79 | 9,60 | 28,97 | 2,57 | 2,94 |
| **#5 4-6** | 9,48 | 32,00 | 10,41 | 34,98 | 2,67 | 8,07 | 16,84 | 29,37 | 5,03 | 6,64 |
| **#5 6-8** | 10,25 | 31,40 | 9,15 | 33,19 | 2,42 | 5,14 | 14,30 | 18,56 | 5,91 | 3,97 |
| **#5 8-10** | 4,69 | 15,03 | 5,68 | 17,47 | 2,11 | 10,24 | 20,28 | 30,73 | 4,43 | 5,89 |
| **#5 10-12** | 9,61 | 29,27 | 10,76 | 33,78 | 3,80 | 8,65 | 16,04 | 26,48 | 5,14 | 1,56 |
| **#5 12-15** | 15,96 | 55,14 | 23,81 | 60,97 | 5,52 | 8,34 | 21,25 | 19,93 | 11,36 | 1,70 |
| | **9,91** | **32,36** | **11,49** | **35,64** | **3,05** | **7,15** | **15,87** | **28,41** | **5,65** | **3,67** |
| **#6 0-2** | 8,98 | 32,05 | 11,70 | 33,13 | 3,16 | 11,93 | 29,99 | 17,53 | 34,65 | 2,90 |
| **#6 2-4** | 11,34 | 29,96 | 10,04 | 34,59 | 3,05 | 12,22 | 26,54 | 17,19 | 33,67 | 2,84 |
| **#6 4-6** | 9,44 | 28,51 | 11,49 | 34,65 | 4,40 | 11,78 | 29,63 | 18,37 | 32,22 | 2,52 |
| **#6 6-8** | 8,70 | 23,68 | 10,99 | 33,68 | 2,74 | 12,68 | 24,36 | 16,53 | 39,00 | 2,73 |
| **#6 8-10** | 9,95 | 25,33 | 10,48 | 36,40 | 4,89 | 11,72 | 29,45 | 15,43 | 34,28 | 2,05 |
| **#6 10-12** | 9,91 | 30,40 | 9,46 | 32,55 | 2,99 | 11,33 | 28,58 | 17,90 | 34,88 | 2,13 |
| **#6 12-15** | 11,04 | 26,46 | 9,33 | 34,77 | 3,59 | 11,72 | 28,90 | 16,65 | 34,29 | 2,57 |
| | **9,91** | **28,05** | **10,50** | **34,25** | **3,55** | **11,91** | **28,21** | **17,09** | **34,71** | **2,53** |

Tabela 13. Concentração total dos ácidos graxos (μg $g^{-1}$ de sedimento seco), normalizadas pelo carbono orgânico (COT) e de alguns compostos indicativos de fontes diferentes para a coleta de novembro. Abundância relativa da Σ18:2ω6 e 18:3ω3. Valores médios por estação em negrito. Mesmas abreviações da tabela10. n.d. = não detectado.

| | TFA | TFA (μg mg $COT^{-1}$) | BAFA | SFA | ΣMUFA | ΣPUFA | $C_{16}$PUFA | $C_{18}$PUFA | $C_{20}$PUFA | $C_{22}$PUFA | $C_{16}$MUFA | $C_{18}$MUFA | 16:1/16:0 | 16:1ω7 | 18:1ω9 | Σ18:2ω6 e 18:3ω3 (%) | 20:5ω3 | 22:6ω3 | Σ20:1 e 22:1 | SCSFA | LCSFA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **#1 0-2** | 291,22 | 65,69 | 41,79 | 113,34 | 52,65 | 53,38 | 0,83 | 9,21 | 3,32 | 10,01 | 28,28 | 14,97 | 0,41 | 25,09 | 13,74 | 2,44 | nd | 4,27 | 0,80 | 101,80 | 0,99 |
| **#1 2-4** | 636,87 | 74,95 | 84,42 | 275,99 | 158,25 | 46,90 | 4,13 | 12,04 | 4,78 | 5,95 | 92,16 | 44,48 | 0,52 | 83,16 | 39,86 | 1,31 | nd | 1,73 | 1,65 | 264,57 | 2,62 |
| **#1 4-6** | 618,88 | 76,32 | 93,13 | 328,67 | 110,88 | 45,04 | 2,28 | 15,30 | nd | 27,46 | 59,86 | 29,95 | 0,33 | 53,14 | 24,60 | 2,21 | nd | 2,87 | 0,00 | 268,36 | 1,55 |
| **#1 6-8** | 242,65 | 33,12 | 31,64 | 97,52 | 31,72 | 32,30 | 1,49 | 11,89 | nd | 18,92 | 13,26 | 11,41 | 0,27 | 11,94 | 11,41 | 4,27 | nd | 4,77 | 0,27 | 73,83 | 1,59 |
| **#1 8-10** | 304,64 | 35,98 | 34,97 | 118,24 | 78,50 | 23,92 | 2,78 | 8,72 | nd | 12,42 | 44,03 | 21,82 | 0,68 | 41,14 | 21,82 | 2,20 | nd | 2,45 | 1,65 | 93,64 | 1,14 |
| **#1 10-12** | 182,31 | 19,73 | 32,17 | 124,87 | 33,88 | 7,81 | 0,34 | 3,66 | nd | 3,82 | 18,82 | 9,15 | 0,27 | 15,58 | 7,65 | 1,51 | nd | 0,91 | 1,22 | 101,20 | 1,77 |
| **#1 12-15** | 528,73 | 56,58 | 56,94 | 179,37 | 137,52 | 58,86 | 3,93 | 34,88 | nd | 20,05 | 74,31 | 47,61 | 0,82 | 70,16 | 43,07 | 4,42 | nd | 5,78 | 5,96 | 135,17 | 12,28 |
| | **400,76** | **51,77** | **53,58** | **176,86** | **86,20** | **38,32** | **2,25** | **13,67** | **1,16** | **14,09** | **47,24** | **25,63** | **0,47** | **42,89** | **23,16** | **2,62** | **nd** | **3,26** | **1,65** | **148,37** | **3,13** |
| **#2 0-2** | 230,63 | 11,18 | 38,49 | 92,12 | 55,54 | 15,57 | 1,95 | 3,67 | 1,82 | 8,13 | 27,96 | 16,38 | 0,55 | 22,66 | 12,11 | 0,69 | nd | 5,58 | 3,20 | 76,47 | 5,87 |
| **#2 2-4** | 213,20 | 10,23 | 38,79 | 94,18 | 52,19 | 16,07 | 1,86 | 3,44 | 1,71 | 9,07 | 25,28 | 15,07 | 0,50 | 20,35 | 12,13 | 0,66 | nd | 6,17 | 3,32 | 75,04 | 7,18 |
| **#2 4-6** | 153,87 | 7,23 | 29,42 | 74,80 | 33,77 | 20,11 | 1,20 | 3,08 | 7,26 | 8,56 | 16,10 | 9,89 | 0,44 | 12,59 | 7,67 | 1,36 | nd | 4,14 | 3,11 | 53,77 | 4,83 |
| **#2 6-8** | 191,96 | 9,24 | 35,25 | 54,98 | 30,36 | 16,05 | 1,27 | 2,82 | 4,48 | 7,48 | 16,46 | 7,59 | 9,45 | 11,50 | 6,42 | 0,88 | nd | 4,31 | 1,56 | 27,70 | 6,11 |
| **#2 8-10** | 142,75 | 7,18 | 22,85 | 68,49 | 28,39 | 20,25 | 1,06 | 2,97 | 6,48 | 9,74 | 13,23 | 8,51 | 0,40 | 9,99 | 6,83 | 1,30 | nd | 4,49 | 2,36 | 50,45 | 5,33 |
| **#2 10-12** | 177,96 | 8,23 | 24,31 | 91,30 | 32,52 | 28,31 | 1,09 | 4,20 | 10,73 | 12,30 | 13,74 | 7,57 | 0,31 | 9,93 | 6,43 | 1,65 | nd | 4,04 | 7,30 | 66,06 | 10,41 |
| **#2 12-15** | 258,09 | 11,50 | 44,06 | 138,83 | 51,02 | 18,29 | 2,05 | 3,92 | 2,05 | 10,27 | 27,00 | 14,98 | 0,40 | 20,98 | 13,34 | 0,76 | nd | 7,28 | 1,51 | 103,83 | 8,51 |
| | **195,49** | **9,25** | **33,31** | **87,81** | **40,54** | **19,24** | **1,50** | **3,44** | **4,93** | **9,36** | **19,97** | **11,43** | **1,72** | **15,43** | **9,28** | **1,04** | **nd** | **5,14** | **3,19** | **64,76** | **6,89** |
| **#3 0-2** | 324,10 | 14,55 | 52,76 | 146,77 | 72,62 | 29,58 | 1,72 | 5,29 | 9,43 | 13,14 | 39,75 | 21,30 | 0,48 | 32,54 | 17,34 | 0,83 | 0,85 | 8,61 | 2,26 | 126,99 | 9,11 |
| **#3 2-4** | 192,30 | 9,01 | 31,98 | 88,06 | 36,27 | 27,63 | 1,30 | 3,94 | 12,94 | 9,46 | 19,02 | 10,99 | 0,39 | 14,66 | 8,38 | 1,13 | 0,41 | 5,28 | 1,37 | 72,06 | 6,49 |
| **#3 4-6** | 215,56 | 11,00 | 35,18 | 110,63 | 35,49 | 17,77 | 1,77 | 3,08 | 4,25 | 8,68 | 16,81 | 12,11 | 0,29 | 12,24 | 9,94 | 0,82 | nd | 5,99 | 0,96 | 86,51 | 3,70 |
| **#3 6-8** | 174,17 | 11,32 | 21,07 | 70,57 | 34,44 | 31,93 | 1,46 | 4,55 | 12,53 | 13,38 | 16,78 | 10,82 | 0,47 | 13,48 | 9,31 | 1,47 | nd | 7,61 | 2,46 | 52,81 | 5,34 |
| **#3 8-10** | 181,73 | 10,65 | 23,37 | 76,99 | 54,19 | 17,01 | 0,77 | 6,01 | 3,25 | 6,98 | 26,07 | 20,38 | 0,68 | 21,68 | 18,01 | 1,94 | 0,46 | 5,08 | 1,92 | 58,61 | 5,24 |
| **#3 10-12** | 158,08 | 8,40 | 19,68 | 62,01 | 45,91 | 24,78 | 1,37 | 5,20 | 9,38 | 8,82 | 23,59 | 15,93 | 0,76 | 19,92 | 14,02 | 1,64 | nd | 4,37 | 1,05 | 46,56 | 4,47 |
| **#3 12-15** | 216,17 | 11,77 | 25,90 | 92,06 | 63,45 | 21,90 | 2,35 | 5,43 | 7,00 | 7,12 | 33,88 | 20,62 | 0,71 | 29,80 | 19,16 | 1,35 | 0,30 | 4,69 | 1,81 | 71,63 | 4,57 |
| | **208,87** | **10,96** | **29,99** | **92,44** | **48,91** | **24,37** | **1,54** | **4,78** | **8,40** | **9,65** | **25,13** | **16,02** | **0,54** | **20,62** | **13,74** | **1,31** | **0,29** | **5,95** | **1,69** | **73,60** | **5,56** |
| **#4 0-2** | 253,72 | 14,92 | 30,91 | 100,04 | 70,23 | 41,61 | 3,26 | 6,61 | 20,51 | 11,23 | 37,58 | 23,60 | 0,60 | 29,95 | 17,12 | 1,38 | 3,87 | 4,71 | 2,21 | 91,58 | 5,05 |
| **#4 2-4** | 546,83 | 34,21 | 67,44 | 199,27 | 189,51 | 45,47 | 7,22 | 14,84 | 10,37 | 13,04 | 102,32 | 60,51 | 0,88 | 89,01 | 54,42 | 1,17 | 2,41 | 9,10 | 4,54 | 174,51 | 9,09 |
| **#4 4-6** | 309,37 | 21,96 | 21,52 | 86,48 | 78,20 | 27,99 | 1,42 | 9,00 | 7,23 | 10,33 | 34,12 | 31,28 | 0,75 | 27,76 | 27,11 | 1,54 | 1,58 | 7,33 | 4,24 | 66,28 | 7,28 |
| **#4 6-8** | 268,37 | 22,73 | 34,78 | 109,78 | 83,88 | 28,58 | 3,39 | 8,61 | 8,98 | 7,59 | 43,73 | 27,96 | 0,78 | 37,21 | 23,66 | 1,69 | 1,10 | 5,35 | 2,34 | 84,04 | 5,93 |
| **#4 8-10** | 255,86 | 21,89 | 33,23 | 104,08 | 82,16 | 29,28 | 3,01 | 8,75 | 8,88 | 8,65 | 43,30 | 27,28 | 0,82 | 38,02 | 24,07 | 1,92 | 0,66 | 4,96 | 2,17 | 78,72 | 6,71 |
| **#4 10-12** | 302,63 | 27,43 | 39,47 | 129,14 | 100,65 | 25,97 | 3,16 | 9,74 | 4,74 | 8,33 | 52,71 | 34,20 | 0,80 | 47,50 | 30,88 | 1,71 | 0,43 | 5,61 | 2,55 | 99,51 | 6,42 |
| **#4 12-15** | 240,28 | 20,13 | 31,12 | 101,25 | 80,44 | 21,73 | 2,66 | 7,30 | 4,15 | 7,63 | 41,28 | 27,45 | 0,79 | 36,30 | 24,49 | 1,67 | 0,36 | 4,64 | 2,41 | 78,18 | 5,41 |
| | **311,01** | **23,32** | **36,92** | **118,58** | **97,87** | **31,52** | **3,45** | **9,26** | **9,27** | **9,54** | **50,72** | **33,18** | **0,77** | **43,68** | **28,82** | **1,58** | **1,49** | **5,96** | **2,92** | **96,12** | **6,56** |
| **#5 0-2** | 633,14 | 34,61 | 30,41 | 73,84 | 80,65 | 283,82 | 5,05 | 14,72 | 209,30 | 54,75 | 24,40 | 16,74 | 2,20 | 19,88 | 7,48 | 1,96 | 7,06 | 4,04 | 8,75 | 32,38 | 18,77 |
| **#5 2-4** | 923,48 | 57,76 | 44,24 | 80,57 | 88,64 | 267,54 | 4,45 | 33,44 | 179,86 | 49,79 | 28,90 | 21,71 | 4,62 | 17,08 | 4,39 | 3,08 | 13,78 | 17,86 | 24,63 | 23,69 | 27,19 |
| **#5 4-6** | 509,64 | 29,37 | 41,12 | 77,58 | 85,84 | 149,69 | 3,89 | 28,16 | 86,20 | 31,44 | 33,59 | 23,09 | 2,94 | 20,03 | 9,38 | 5,53 | 3,47 | 6,25 | 22,57 | 25,61 | 33,86 |
| **#5 6-8** | 864,43 | 51,97 | 44,42 | 113,45 | 123,62 | 160,44 | 5,10 | 36,83 | 71,93 | 46,58 | 72,29 | 16,79 | 2,96 | 56,93 | 11,84 | 4,26 | 6,27 | 12,50 | 26,11 | 51,08 | 34,30 |
| **#5 8-10** | 787,66 | 48,71 | 80,68 | 125,58 | 159,77 | 242,06 | 9,51 | 49,79 | 132,05 | 50,71 | 65,21 | 26,13 | 4,86 | 41,85 | 10,00 | 6,32 | 5,98 | 7,51 | 26,09 | 34,87 | 46,42 |
| **#5 10-12** | 744,21 | 43,40 | 64,38 | 78,80 | 119,39 | 197,06 | 9,08 | 41,41 | 116,29 | 30,29 | 47,81 | 34,64 | 2,35 | 31,69 | 14,07 | 5,56 | 1,86 | 8,45 | 21,74 | 38,27 | 11,64 |
| **#5 12-15** | 714,33 | 41,98 | 59,61 | 120,59 | 151,82 | 142,35 | 5,79 | 24,10 | 84,94 | 27,52 | 81,48 | 41,74 | 1,52 | 77,54 | 27,71 | 3,37 | 0,95 | 12,86 | 7,67 | 81,17 | 12,11 |
| | **739,56** | **43,97** | **52,12** | **95,77** | **115,68** | **206,14** | **6,13** | **32,64** | **125,79** | **41,58** | **50,52** | **25,83** | **3,07** | **37,86** | **12,12** | **4,30** | **5,63** | **9,92** | **19,65** | **41,01** | **26,33** |
| **#6 0-2** | 157,14 | 13,45 | 18,75 | 64,48 | 47,12 | 15,30 | 1,68 | 4,24 | 3,13 | 6,25 | 22,52 | 16,74 | 0,63 | 19,20 | 15,42 | 1,54 | 0,34 | 4,08 | 2,15 | 54,44 | 4,56 |
| **#6 2-4** | 157,52 | 10,59 | 19,24 | 62,34 | 41,81 | 15,48 | 1,66 | 4,03 | 3,55 | 6,23 | 18,91 | 21,71 | 0,55 | 17,48 | 14,12 | 1,47 | 0,31 | 3,90 | 1,78 | 53,03 | 4,47 |
| **#6 4-6** | 130,11 | 7,89 | 15,33 | 53,83 | 38,56 | 14,82 | 1,42 | 3,97 | 4,40 | 5,03 | 19,05 | 23,09 | 0,70 | 16,47 | 12,24 | 1,83 | 0,27 | 2,79 | 1,42 | 41,92 | 3,28 |
| **#6 6-8** | 172,14 | 9,63 | 21,83 | 85,31 | 41,93 | 14,18 | 1,22 | 3,45 | 2,44 | 7,07 | 20,25 | 16,79 | 0,46 | 17,55 | 11,41 | 1,16 | 0,22 | 4,76 | 2,75 | 67,13 | 4,70 |
| **#6 8-10** | 450,98 | 23,33 | 52,84 | 199,86 | 132,80 | 35,75 | 5,31 | 6,51 | 8,71 | 15,22 | 69,36 | 26,13 | 0,71 | 61,73 | 40,62 | 0,28 | 1,08 | 9,90 | 4,41 | 154,57 | 9,23 |
| **#6 10-12** | 213,93 | 10,50 | 24,24 | 94,30 | 61,15 | 22,41 | 2,14 | 4,84 | 8,10 | 7,33 | 31,23 | 34,64 | 0,63 | 28,21 | 18,91 | 1,12 | 0,48 | 3,90 | 2,21 | 74,61 | 4,55 |
| **#6 12-15** | 148,11 | 7,14 | 17,36 | 65,30 | 42,80 | 13,44 | 1,58 | 3,73 | 3,15 | 4,99 | 21,07 | 41,74 | 0,64 | 18,82 | 13,75 | 1,39 | 0,18 | 2,88 | 1,62 | 50,79 | 3,81 |
| | **204,27** | **11,79** | **24,23** | **89,35** | **58,02** | **18,77** | **2,14** | **4,40** | **4,78** | **7,44** | **28,91** | **19,36** | **0,62** | **25,64** | **18,07** | **1,26** | **0,41** | **4,60** | **2,33** | **70,93** | **4,94** |

unicamente com as #2 e 3 em ambos os casos ($H = 21,417$; $p < 0,05$ e $H = 26,486$; $p < 0,05$ para os MUFA e os PUFA respectivamente).

Dentre os ácidos graxos saturados o ácido palmítico ou 16:0 também foi o mais abundante exceto na estação 5, na qual o ácido behénico ou 22:0 esteve presente em maior concentração. Embora, os ácidos graxos saturados de cadeia par curta (SCSFA) predominaram em relação aos de cadeia par longa (LCSFA) em todas as estações, igualmente ao observado para a coleta de abril, as concentrações dos LCSFA foram maiores às registradas na coleta anterior. Os valores médios dos SCSFA variaram entre 41,01 (#5) e 148,37 μg $g^{-1}$ de ss (#1) e os LCSFA entre 3,13 (#1) e 26,33 μg $g^{-1}$ de ss (#5) (Tabela 13). Os SCSFA corresponderam apenas ao 5,65 % dos TFA na estação 5, enquanto nas demais estações os mesmos representaram mais do 30 % dos ácidos graxos totais (Tabela 12). Porém, as diferenças foram significativas unicamente entre as #1 e 5 ($H = 20,403$; $p < 0,05$). Já os LCSFA novamente representaram menos do 4 % dos TFA em todos os locais estudados (Tabela 12).

Em relação aos ácidos graxos poliinsaturados, os $C_{16}$PUFA apresentaram concentrações médias menores do que as outras classes de PUFA em todas as estações, igualmente ao observado no período anterior. As mesmas variaram entre 1,50 (#2) e 6,13 (#5) (Tabela 13). Nas estações 2 e 6 os mais abundantes foram os $C_{22}$PUFA, entretanto, na estação 5 predominaram os $C_{20}$PUFA com uma concentração igual a 125,79 μg $g^{-1}$ de ss, a qual correspondeu a 12,34 % dos TFA. Por sua vez, os $C_{18}$PUFA e os $C_{22}$PUFA apresentaram valores médios entre 3,44 (#2) e 32,64 μg $g^{-1}$ de ss (#5), e entre 7,44 (#6) e 41,58 μg $g^{-1}$ de ss (#5) (Tabela 13). Já nas estações 1 e 3 os $C_{18}$PUFA e os $C_{22}$PUFA apresentaram concentrações médias similares.

Dentre os MUFA, os $C_{16}$MUFA estiveram presentes em maior concentração do que os $C_{18}$MUFA nas seis estações de coleta, com valores que variaram entre 19,97 (#2) e 50,72 μg $g^{-1}$ de ss (#4). Os maiores valores médios foram registrados nas estações 1, 4 e 5 (Tabela 13). Nesses locais os $C_{16}$MUFA representaram 11,16 %, 16,39 % e 7,33 % do total de ácidos graxos, respectivamente.

Para a coleta de novembro, os valores médios por estação dos indicadores de diatomáceas variaram da seguinte maneira: a razão 16:1/16:0 entre 0,47 (#1) e 3,07 (#5). A concentração do 16:1ω7 variou de 15,43 (#2) até 43,68 μg $g^{-1}$ de ss (#4), enquanto que o 18:1ω9 apresentou valores médios entre 9,28 (#2) e 28,82 μg $g^{-1}$ de ss (#4) (Tabela 13).

Para o 20:5ω3 (EPA) e o 22:6ω3 (DHA) foram registrados valores menores do que na coleta anterior, sendo que para ambos os compostos a maior concentração média correspondeu à estação 5. Também o 22:6ω3 foi mais abundante do que o 20:5ω3 apresentando valores entre 3,26 (#1) e 9,92 μg $g^{-1}$ de ss (#5) (Tabela 13). O 20:5ω3 não foi detectado nas #1 e 2.

Por outro lado, em novembro, a porcentagem média dos marcadores terrestres (Σ18:2ω6 e 18:3ω3) esteve entre 1,04 (#2) e 4,30 % (#5), com valores significativamente maiores na estação 5 do que nas estações restantes ($H = 35,168$; $p < 0,05$). Os indicadores de zooplâncton (Σ20:1 e 22:1) apresentaram valores entre 1,65 (#1) e 19,65 μg $g^{-1}$ de ss (#5). É importante ressaltar, que neste período, a estação 5 mostrou diferenças significativas com as demais estações para quase todos os compostos analisados.

No que se refere à distribuição vertical dos ácidos graxos totais (TFA) na coleta de abril, a #1 apresentou uma distribuição dos TFA mais homogênea, enquanto que aumentos da concentração dos TFA foram observados nas outras estações, principalmente nas #3, 5 e 6 (Figura 12). Em contraste, na coleta de novembro os perfis foram mais heterogêneos, principalmente nas estações 1 e 5. Também, a #4 apresentou um pico na concentração dos TFA no estrato de 2-4 cm, enquanto a #6 teve um máximo no estrato de 8-10 cm. Além disso, na maioria das estações a concentração total de ácidos graxos foi maior em novembro do que em abril, somente nas #2 e 3 verificou-se o comportamento oposto (Figura 12).

O 16:1ω7 e o 18:1ω9 apresentaram perfis verticais similares nos dois períodos, mas a concentração do primeiro foi sempre maior do que a do segundo, exceto na #4 em abril (Figura 13). Em abril, foi observada uma diminuição gradual para estes compostos na #2 a partir da superfície, e na #4 a partir do segundo horizonte de sedimento. Nas estações 1 e 6 os mesmos tiveram uma diminuição relativamente gradual até o estrato de 6-8 cm e depois observou-se um aumento no estrato de 8-10 cm e de 10-12 cm, respectivamente. Já nas estações 3 e 5 a distribuição vertical destes compostos foi heterogênea e apresentou uma tendência a aumentar com a profundidade no sedimento (Figuras 13).

Em geral, a somatória dos ácidos graxos monoinsaturados com 20 e 22 átomos de carbono (Σ20:1 e 22:1) apresentou nas seis estações de coleta um perfil vertical

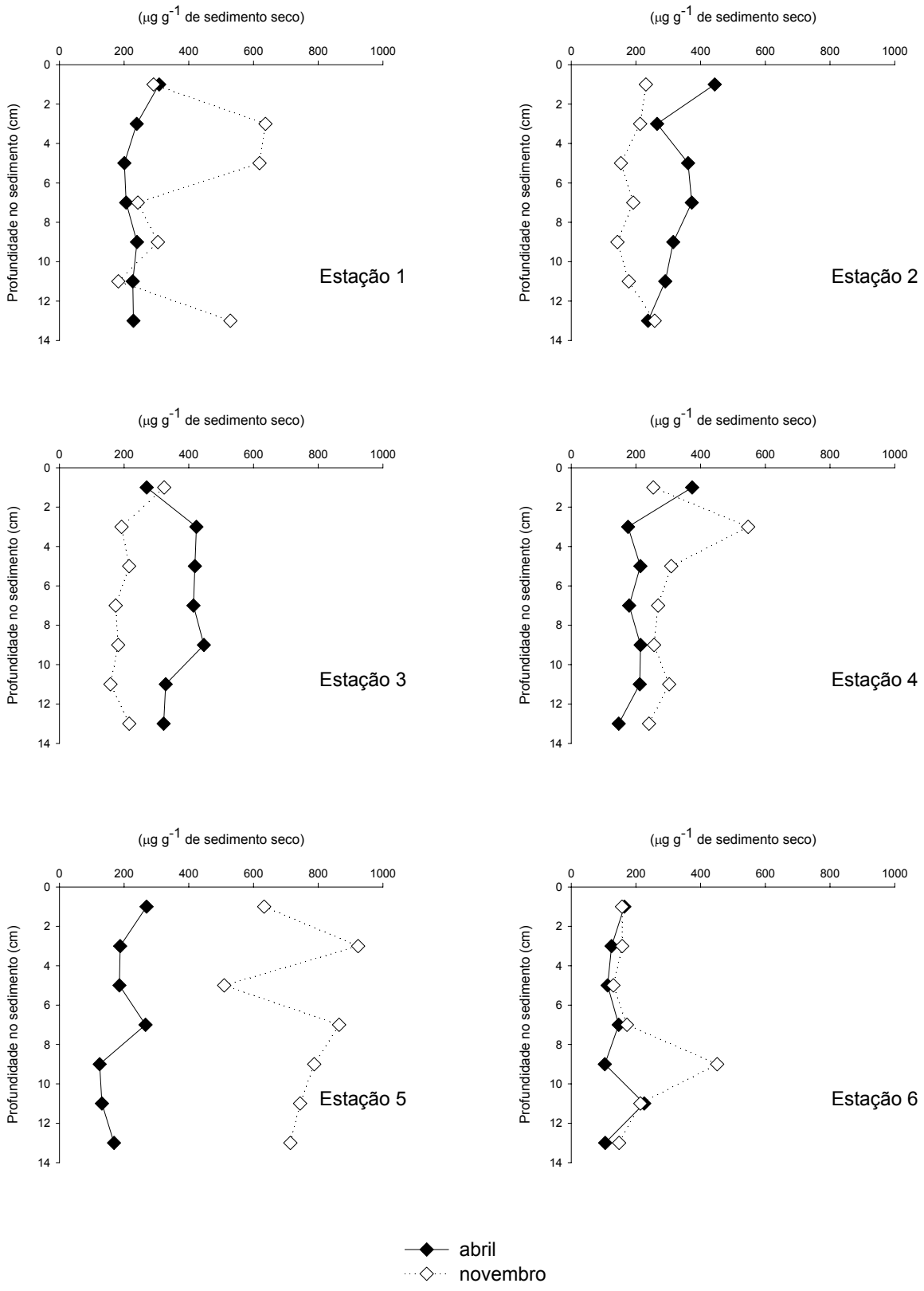



Figura 12. Perfis verticais da concentração dos ácidos graxos totais para os dois períodos de coleta.

também similar ao dos compostos anteriores; porém, com menor variabilidade, exceto na #5 em novembro (Figura 13). Na #5 foi observado um pico sub-superficial da Σ20:1 e 22:1, depois um aumento até o estrato de 10-12 cm e posteriormente um decréscimo.

Por outro lado, em novembro foram observados aumentos das concentrações do 16:1ω7 e do 18:1ω9 nas #1, 4, 5 e 6, em diferentes horizontes da coluna sedimentar, tendo correspondido os perfis verticais mais heterogêneos às #1 e 5 (Figura 13). Nas estações 2 e 3 as concentrações tenderam a diminuir com a profundidade no interior da coluna de sedimento e apresentaram um pequeno aumento no estrato inferior. Novamente, a Σ20:1 e 22:1 apresentou uma distribuição vertical comparativamente mais homogênea em todas as estações, com exceção da #5, como foi mencionado anteriormente (Figura 13).

No primeiro período de coleta (abril), a #1 apresentou maiores concentrações de PUFA, BAFA e de marcadores terrestres na superfície do sedimento, as quais tenderam a diminuir nos horizontes mais profundos. Entretanto, as estações restantes mostraram uma variabilidade maior nos perfis verticais destes marcadores lipídicos com alguns aumentos em vários dos estratos da coluna de sedimento (Figura 14). A concentração dos PUFA foi maior do que a dos marcadores de bactérias nos estratos de quase todas as estações, menos nas #2 e 3 onde a concentração dos BAFA foi maior. Ainda, unicamente na #2 estas duas classes de compostos apresentaram perfis verticais essencialmente opostos, ou seja, quando um tendeu a aumentar o outro tendeu a diminuir (Figura 14). Em geral, na maioria dos locais estudados estes três marcadores variaram de maneira similar com a profundidade no interior do sedimento.

No segundo período de coleta (novembro), as concentrações dos PUFA, BAFA e dos marcadores terrestres foram comparativamente maiores às detectadas no período anterior, tendo sido observadas distribuições verticais heterogêneas em todas as estações. No entanto, em contraste com o observado em abril, os BAFA estiveram presentes em concentrações maiores do que os PUFA na maioria das estações. A exceção foi a #5 onde a concentração dos PUFA foi muito maior (Figura 14). Igualmente ao observado na coleta anterior, as três classes de marcadores lipídicos variaram de maneira similar no interior da coluna de sedimento.

Uma forma de reduzir os efeitos causados pela decomposição diagenética diferenciada sobre a abundância dos diferentes compostos, é expressando a sua

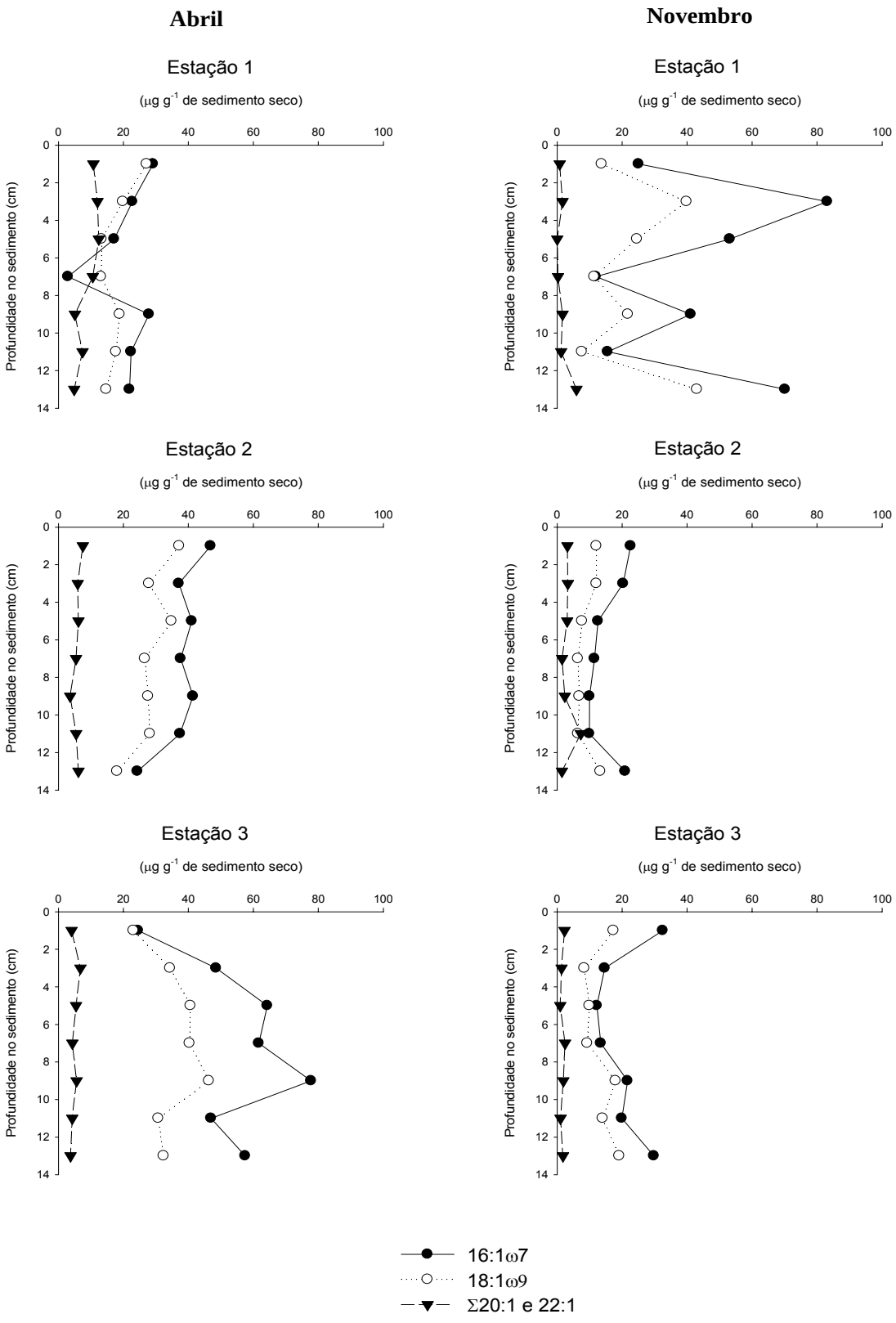



Figura 13. Perfis verticais na coluna de sedimento da concentração de alguns ácidos graxos indicadores de fontes diferentes para as duas coletas.

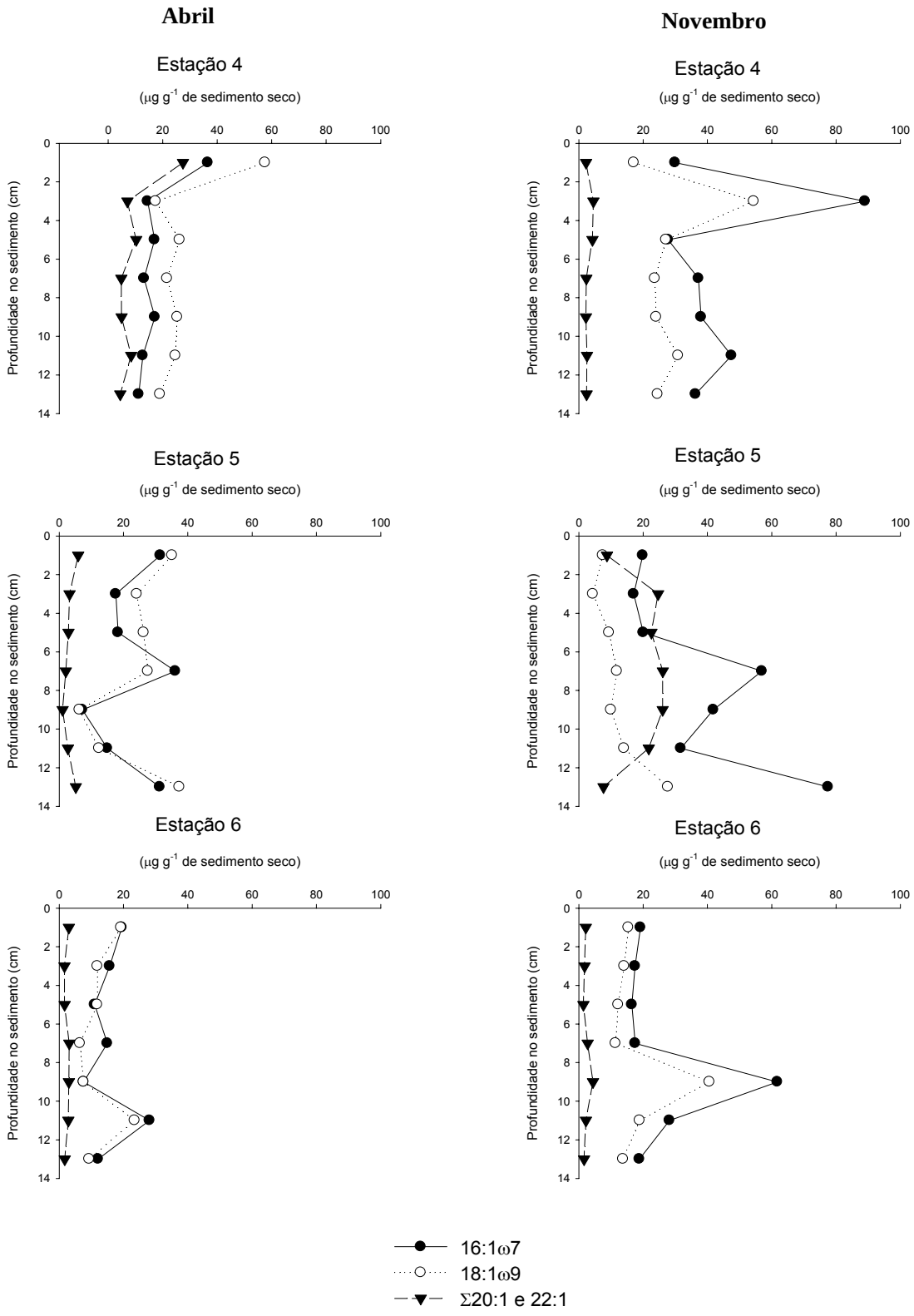



Figura 13. Continuação.

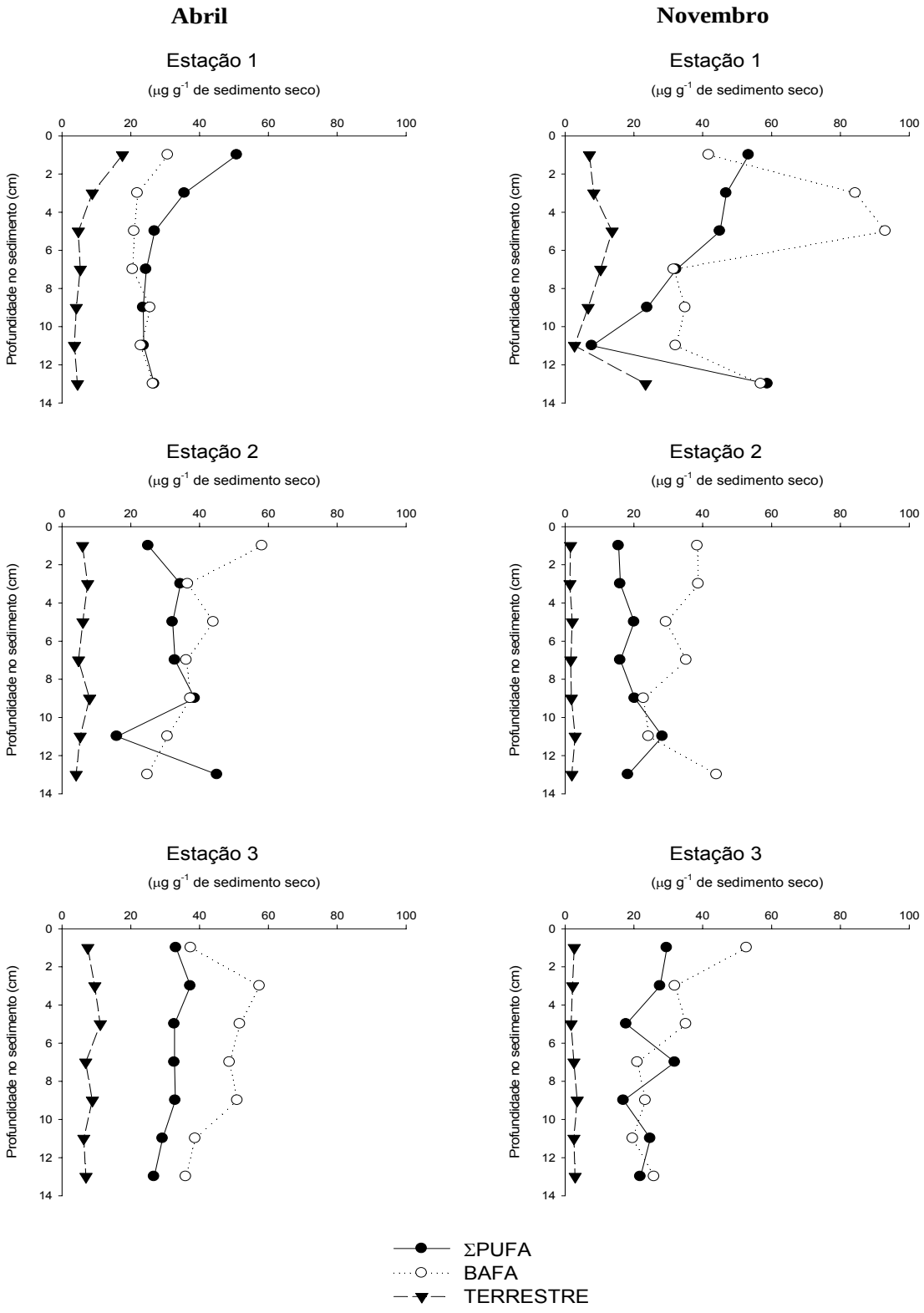



Figura 14. Perfis verticais no sedimento dos ácidos graxos poliinsaturados (ΣPUFA), indicadores de bactérias (BAFA) e terrestres (Σ18:2ω6 e 18:3ω3) para as duas coletas.

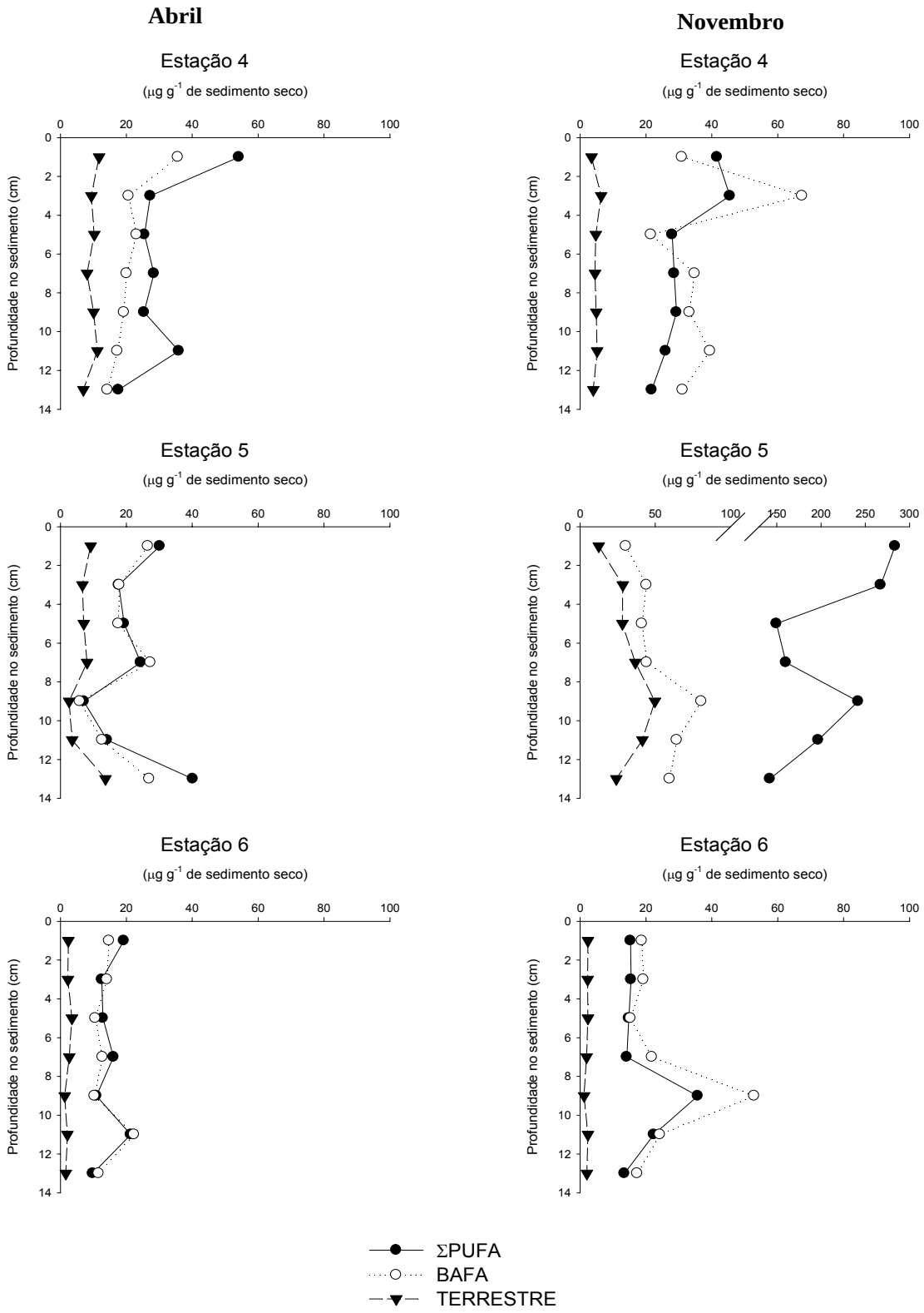



Figura 14. Continuação.

concentração em relação ao teor de carbono orgânico total (Niggemann & Schubert, 2006). Isso foi feito no presente trabalho, tanto para a concentração total de ácidos graxos (TFA), como foi mencionado anteriormente, quanto para alguns dos marcadores lipídicos utilizados.

Do mesmo modo que tinha sido observado para os TFA, as concentrações dos marcadores lipídicos normalizadas pelo COT, também foram maiores na #1 em ambos períodos de coleta. Em abril, os ácidos graxos saturados de cadeia par curta (SCSFA) e os MUFA foram os mais abundantes nas #1, 2, 3 e 4 , nas quais apresentaram concentrações similares em todos os estratos (Figura 15). Em contraste, nas #5 e 6 embora as concentrações normalizadas pelo COT foram menores do que nas demais estações, os MUFA foram a classe mais abundante. Cabe ressaltar que a #1 apresentou maiores concentrações dos PUFA do que as demais.

Em novembro, os SCSFA foram a classe de ácidos graxos mais abundante em todos os estratos das #1, 2 e 3, enquanto que nas #4 e 6 os SCFA e os MUFA apresentaram concentrações semelhantes (Figura 16). A exceção foi a #5 na qual os PUFA foram muito abundantes em todos os horizontes da coluna de sedimento com concentrações normalizadas pelo COT maiores às apresentadas pelos outros marcadores lipídicos. Por sua vez, a #1 apresentou uma concentração relativamente alta dos PUFA apenas no estrato superficial (Figura 16).

Os resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) com os dados dos ácidos graxos mostraram, no primeiro caso, quando foram consideradas todas as estações da coleta de abril, que os dois primeiros fatores explicaram 88,8 % da variância total dos dados. O PC1 explicou 68,7 % da variância e apresentou correlação negativa significativa ("loadings" < -0,3) com os $C_{16}$MUFA, SCSFA, 16:1ω7, 18:1ω9, $C_{18}$MUFA e os BAFA e correlação positiva com os LCSFA, no entanto, tal correlação foi pequena (Figura 17). Por sua vez, o PC2 explicou 20,0 % da variância e apresentou maior correlação positiva significativa ("loadings" > 0,4) com os LCSFA que são marcadores terrestres e de material mais refratário, e apresentou correlação negativa significativa ("loadings" < -0,2) com os 22:6ω3, a Σ20:1 e 22:1 e com os $C_{22}$PUFA, marcadores de dinoflagelados e de zooplâncton (Figura 17).

No segundo caso, no qual foram consideradas todas as estações da coleta de novembro, os dois primeiros eixos explicaram 95,1 % da variância total dos dados. O PC1 explicou 79,0 % da variância e apresentou correlação positiva significativa maior ("loadings" > 0,3) com os PUFA, $C_{18}$PUFA, $C_{20}$PUFA, $C_{22}$PUFA que são indicadores

de fito e zooplâncton e de matéria orgânica produzida recentemente, e também com a Σ18:2ω6 e 18:3ω3 indicador de matéria orgânica de origem terrestre, o 20:5ω3 indicador da presença de diatomáceas e a Σ20:1 e 22:1 que é um marcador de zooplâncton (Figura 18). Além disso, o PC1 esteve negativamente correlacionado com os SCSFA e o 18:1ω9, mas os valores foram baixos. Por outro lado, o PC2 explicou 16,1 % da variância dos dados e apresentou maior correlação negativa significativa ("loadings" < -0,3) com o 18:1ω9, 16:1ω7, $C_{16}$MUFA, $C_{18}$MUFA marcadores de algas e zooplâncton e com os SCSFA. O PC2 apresentou correlação positiva; porém baixa ("loadings" > 0,1) com o 22:6ω3 marcador de dinoflagelados, com a Σ20:1 e 22:1e os $C_{20}$PUFA indicadores de zooplâncton e com os LCSFA (Figura 18).

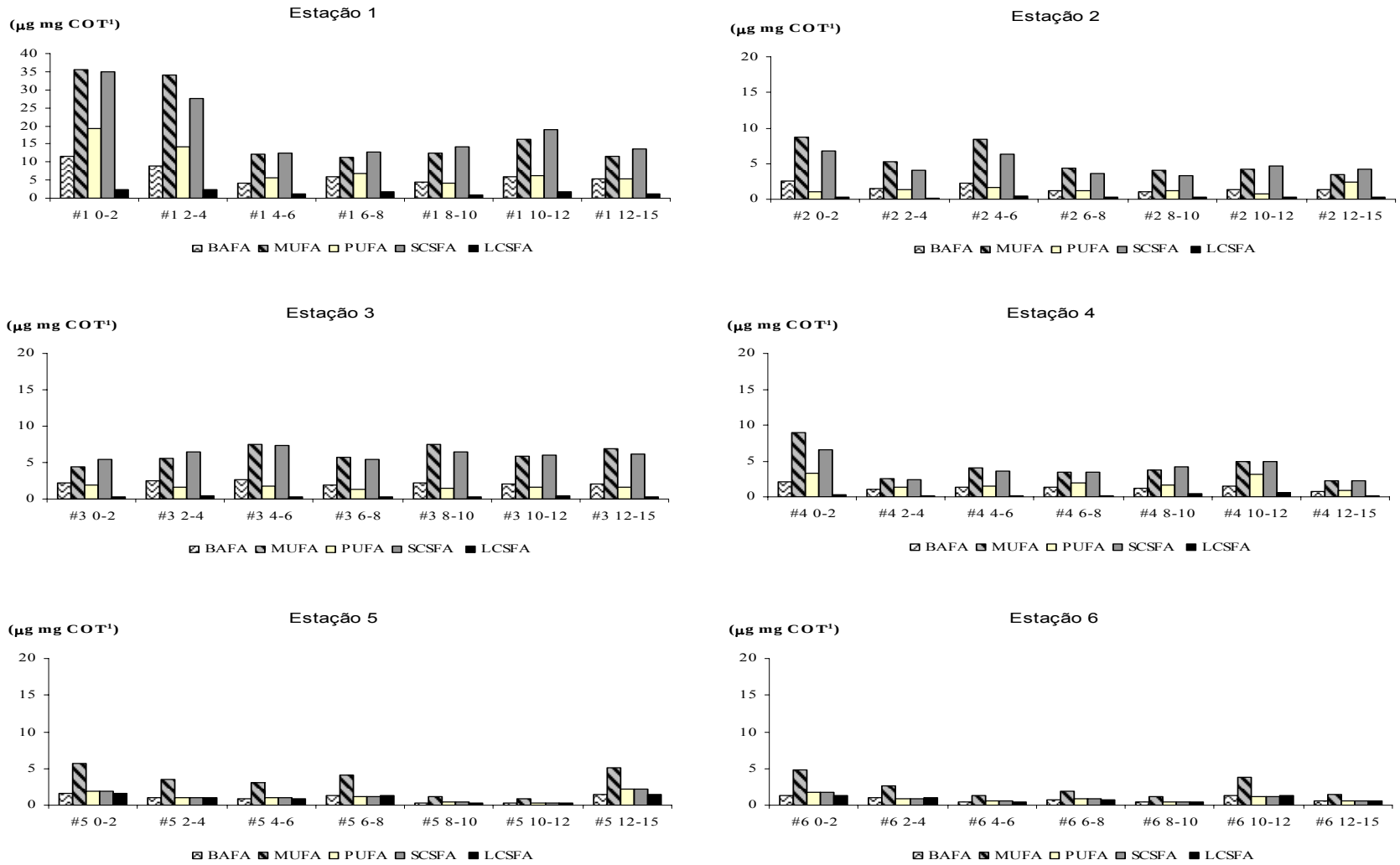



Figura 15. Concentrações normalizadas pelo COT de alguns marcadores lipídicos nas 6 estações de coleta e nos 7 horizontes de sedimento para a campanha de abril. BAFA = Ag indicadores de bactérias, MUFA = Ag monoinsaturados, PUFA = Ag poliinsaturados, SCSFA = Ag saturados de cadeia par curta ($C_{12}$-$C_{18}$), LCSFA = Ag saturados de cadeia par longa ($C_{20}$-$C_{24}$).

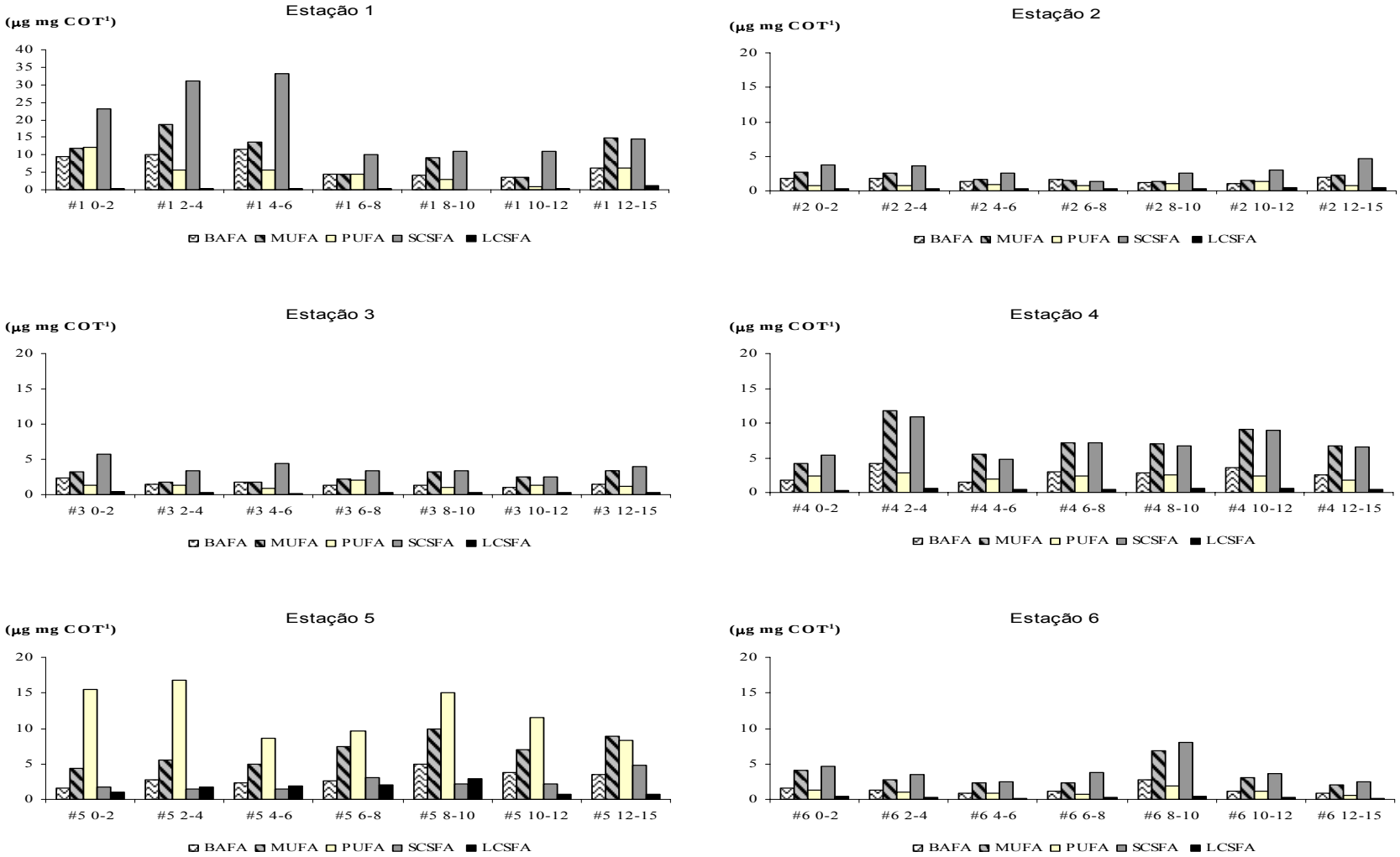



Figura 16. Concentrações normalizadas pelo COT de alguns marcadores lipídicos nas 6 estações de coleta e nos 7 horizontes de sedimento para a campanha de novembro. BAFA = Ag indicadores de bactérias, MUFA = Ag monoinsaturados, PUFA = Ag poliinsaturados, SCSFA = Ag saturados de cadeia par curta ($C_{12}$-$C_{18}$), LCSFA = Ag saturados de cadeia par longa ($C_{20}$-$C_{24}$).

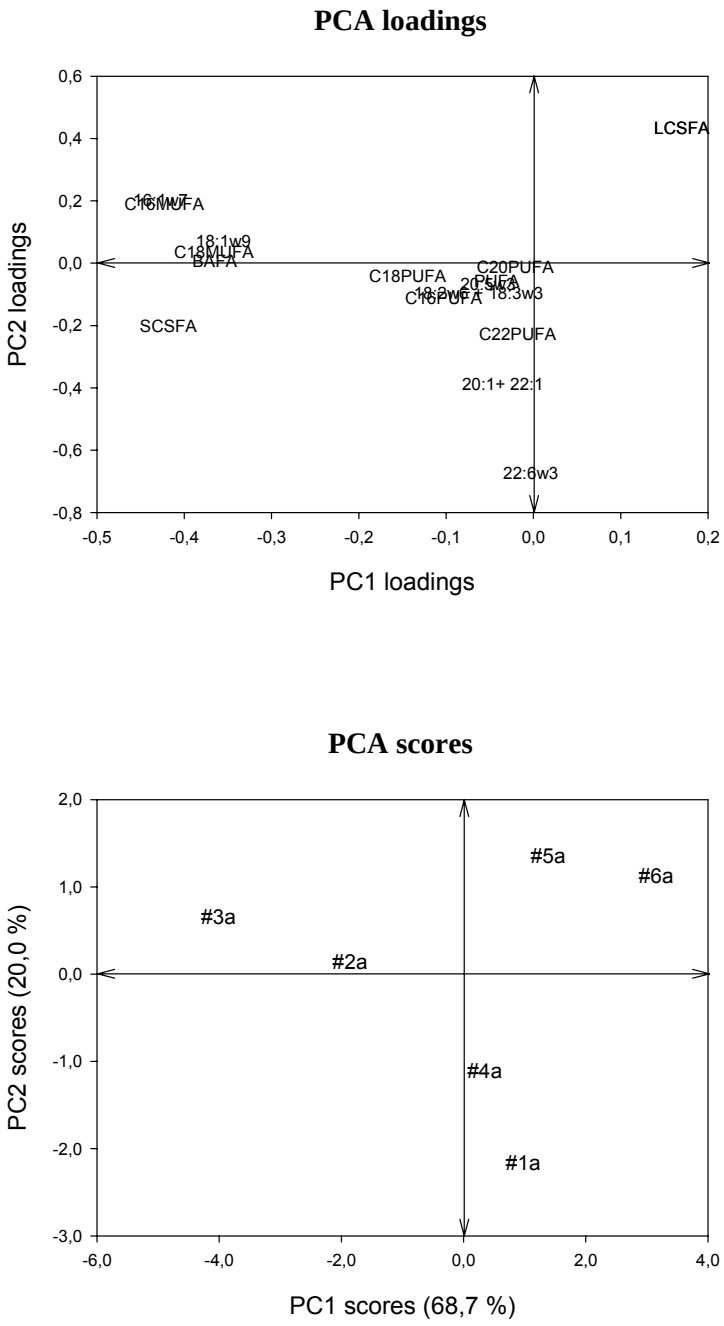



Figura 17. Gráficos dos coeficientes de correlação de cada variável ("loadings") e dos "scores" das amostras para os dois primeiros componentes identificados na Análise de Componentes Principais realizada com os marcadores lipídicos para abril. Mesmas abreviações da tabela 10.

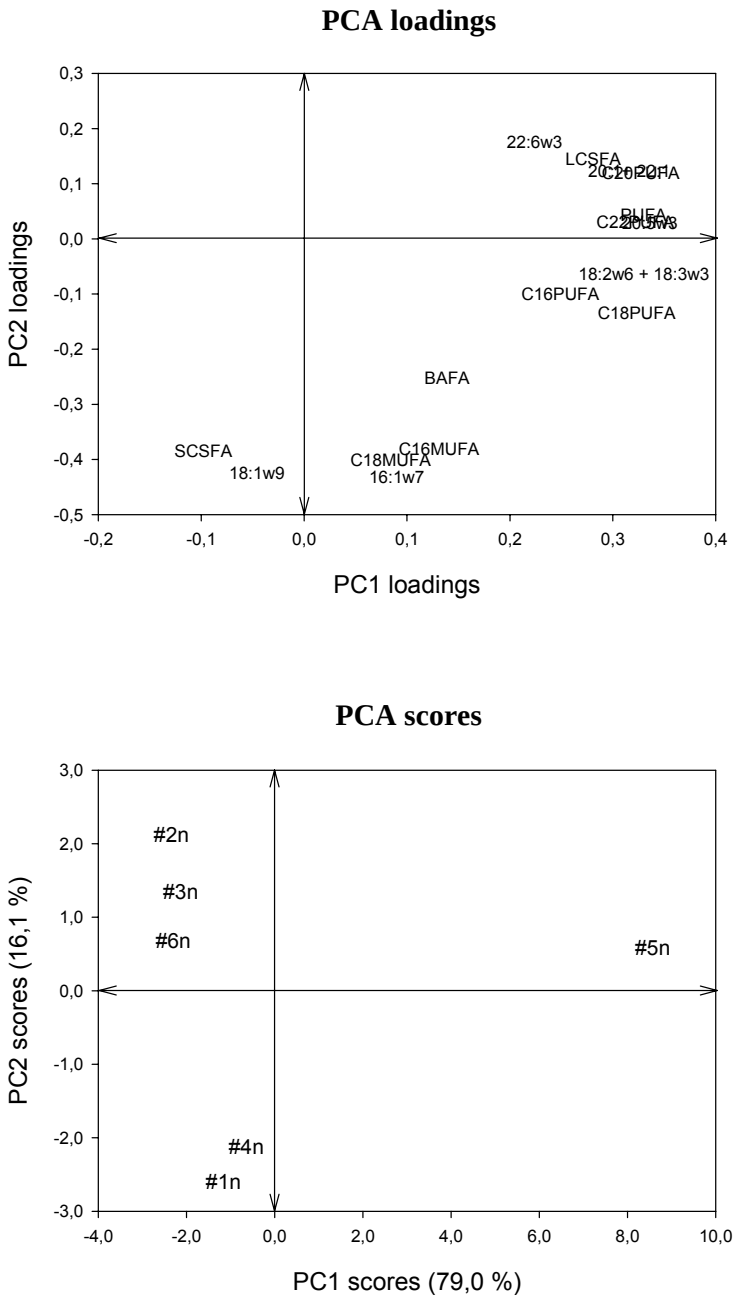



Figura 18. Gráficos dos coeficientes de correlação de cada variável ("loadings") e dos "scores" das amostras para os dois primeiros componentes identificados na Análise de Componentes Principais realizada com os marcadores lipídicos para novembro. Mesmas abreviações da tabela 10.

## 6.4. Resultados bióticos

### *6.4.1. Clorofila a e feopigmentos*

Em abril, as estações mais rasas (#1, 2, 3 e 4) apresentaram maiores concentrações médias de clorofila *a* do que as estações mais profundas (#5 e 6), variando entre 3,53 (#6) e 11,97 $\mu g.g^{-1}$ de sedimento seco (ss) (#2) (Tabela 14). Foram detectadas diferenças significativas unicamente entre as estações 2, 5 e 6, com maiores concentrações na primeira ($H = 23,246$ ; $p < 0,05$). As concentrações médias por estação dos feopigmentos estiveram entre 3,14 (#1) e 17,22 $\mu g.g^{-1}$ de ss (#2), tendo sido registrados valores significativamente menores ($H = 28,667$; $p < 0,05$) na estação 1 (Tabela 14).

Em novembro, a clorofila *a* apresentou valores médios entre 1,97 (#6) e 9,88 $\mu g.g^{-1}$ de ss (#3), sendo que a estação 1 e a 2 mostraram valores menores aos registrados na coleta anterior (Tabela 14). Nas #3 e 4 foram detectadas concentrações de clorofila *a* significativamente maiores às observadas nas restantes estações ($H = 28,110$; $p < 0,05$). Em relação aos feopigmentos, os valores médios variaram entre 9,24 (#1) e 27,26 $\mu g.g^{-1}$ de ss (#2), e unicamente a #1 apresentou valores significativamente menores aos das outras estações ($H = 27,240$; $p < 0,05$).

Verticalmente, para a coleta de abril observou-se uma tendência à diminuição das concentrações de clorofila *a* ao longo da coluna de sedimento, exceto na #2, na qual foram observados dois máximos de concentração. O primeiro, no estrato de 4-6 cm e o segundo, menor ao anterior no estrato de 10-12 cm (Figura 19). Nas estações 1, 2, 5 e 6 não houve diferenças significativas na concentração de clorofila *a* entre os sete horizontes de sedimento. Já nas estações 3 e 4, os dois primeiros estratos da coluna sedimentar apresentaram valores significativamente maiores do que os dois estratos mais profundos ($F = 7,558$; $p < 0,05$ e $F = 10,382$; $p < 0,05$, respectivamente). Também foi observada uma tendência à diminuição das concentrações de feopigmentos no interior da coluna sedimentar (Figura 19).

Para a coleta de novembro, não se detectaram diferenças significativas na concentração de clorofila *a* entre os estratos da coluna de sedimento ($F = 2,433$; $p > 0,05$ e $F = 1,362$; $p > 0,05$, respectivamente) nas estações 3 e 6. Porém, formam observadas concentrações significativamente maiores nos dois primeiros estratos das #1, 2 e 4 e na superfície do sedimento da #5 (Figura 19). O mesmo padrão foi observado

Tabela 14. Concentração de clorofila *a* e feopigmentos nos diferentes horizontes da coluna sedimentar para as coletas de abril e novembro. Valores médios por estação em negrito.

| **Abril** | Clor *a* (μg.g$^{-1}$ss) | | Feopig (μg.g$^{-1}$ss) | | **Novembro** | Clor *a* (μg.g$^{-1}$ss) | | Feopig (μg.g$^{-1}$ss) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Med | Desv | Med | Desv | | Med | Desv | Med | Desv |
| **#1 0-2** | 14,76 | 7,73 | 2,04 | 1,88 | **#1 0-2** | 4,00 | 0,70 | 10,44 | 2,85 |
| **#1 2-4** | 8,96 | 6,03 | 4,22 | 3,80 | **#1 2-4** | 3,19 | 0,41 | 10,64 | 3,72 |
| **#1 4-6** | 5,29 | 3,37 | 2,82 | 0,54 | **#1 4-6** | 4,03 | 1,53 | 12,14 | 2,86 |
| **#1 6-8** | 6,25 | 5,86 | 3,09 | 1,22 | **#1 6-8** | 2,71 | 0,59 | 11,42 | 1,16 |
| **#1 8-10** | 3,33 | 0,94 | 2,62 | 1,17 | **#1 8-10** | 1,60 | 0,59 | 6,66 | 3,30 |
| **#1 10-12** | 2,98 | 0,56 | 3,16 | 0,76 | **#1 10-12** | 1,43 | 0,66 | 7,85 | 0,88 |
| **#1 12-15** | 3,92 | 1,69 | 4,01 | 0,52 | **#1 12-15** | 1,14 | 0,47 | 5,51 | 0,70 |
| | **6,50** | **3,74** | **3,14** | **1,42** | | **2,59** | **0,71** | **9,24** | **2,21** |
| **#2 0-2** | 15,87 | 11,64 | 8,59 | 5,08 | **#2 0-2** | 16,50 | 2,88 | 34,57 | 1,35 |
| **#2 2-4** | 7,55 | 9,54 | 10,39 | 10,73 | **#2 2-4** | 10,40 | 2,69 | 33,14 | 5,42 |
| **#2 4-6** | 16,23 | 10,80 | 5,46 | 6,75 | **#2 4-6** | 5,46 | 0,78 | 27,34 | 3,05 |
| **#2 6-8** | 7,88 | 5,81 | 10,64 | 3,81 | **#2 6-8** | 6,05 | 0,60 | 24,05 | 4,19 |
| **#2 8-10** | 12,35 | 11,21 | 10,97 | 7,78 | **#2 8-10** | 4,84 | 0,98 | 25,27 | 3,75 |
| **#2 10-12** | 13,50 | 6,39 | 10,81 | 3,42 | **#2 10-12** | 3,79 | 0,80 | 24,87 | 3,01 |
| **#2 12-15** | 10,38 | 8,12 | 11,90 | 4,79 | **#2 12-15** | 4,00 | 0,89 | 21,56 | 3,13 |
| | **11,97** | **9,07** | **9,82** | **6,05** | | **7,29** | **1,37** | **27,26** | **3,41** |
| **#3 0-2** | 10,31 | 1,53 | 18,86 | 2,27 | **#3 0-2** | 13,44 | 1,93 | 30,22 | 8,18 |
| **#3 2-4** | 9,64 | 0,53 | 20,99 | 3,35 | **#3 2-4** | 12,60 | 0,87 | 26,71 | 4,53 |
| **#3 4-6** | 8,08 | 0,82 | 19,86 | 2,02 | **#3 4-6** | 12,97 | 3,33 | 23,58 | 7,19 |
| **#3 6-8** | 7,63 | 2,33 | 20,94 | 4,82 | **#3 6-8** | 10,03 | 5,80 | 21,33 | 5,06 |
| **#3 8-10** | 6,96 | 1,52 | 15,04 | 3,38 | **#3 8-10** | 8,11 | 4,70 | 19,43 | 6,60 |
| **#3 10-12** | 6,64 | 0,49 | 12,62 | 2,10 | **#3 10-12** | 6,38 | 3,96 | 14,71 | 4,12 |
| **#3 12-15** | 4,21 | 0,24 | 12,22 | 2,22 | **#3 12-15** | 5,64 | 1,93 | 16,14 | 4,66 |
| | **7,64** | **1,07** | **17,22** | **2,88** | | **9,88** | **3,22** | **21,73** | **5,76** |
| **#4 0-2** | 8,34 | 1,45 | 18,40 | 2,01 | **#4 0-2** | 13,19 | 2,51 | 28,67 | 4,99 |
| **#4 2-4** | 7,09 | 0,63 | 20,37 | 1,78 | **#4 2-4** | 11,27 | 1,72 | 29,65 | 7,59 |
| **#4 4-6** | 6,51 | 1,18 | 14,13 | 1,84 | **#4 4-6** | 7,21 | 1,89 | 16,08 | 3,50 |
| **#4 6-8** | 5,31 | 1,39 | 14,55 | 1,41 | **#4 6-8** | 5,61 | 0,96 | 17,86 | 2,31 |
| **#4 8-10** | 3,40 | 1,00 | 12,66 | 3,15 | **#4 8-10** | 5,71 | 2,41 | 15,58 | 2,47 |
| **#4 10-12** | 3,34 | 1,39 | 8,83 | 2,12 | **#4 10-12** | 4,58 | 1,05 | 15,97 | 1,91 |
| **#4 12-15** | 2,96 | 0,54 | 8,86 | 1,04 | **#4 12-15** | 4,10 | 0,59 | 17,59 | 3,27 |
| | **5,28** | **1,08** | **13,97** | **1,91** | | **7,38** | **1,59** | **20,20** | **3,72** |
| **#5 0-2** | 6,00 | 1,39 | 17,48 | 0,83 | **#5 0-2** | 9,30 | 1,69 | 40,23 | 4,21 |
| **#5 2-4** | 4,17 | 1,22 | 11,53 | 2,60 | **#5 2-4** | 3,77 | 0,12 | 26,73 | 1,05 |
| **#5 4-6** | 3,50 | 1,02 | 12,74 | 3,88 | **#5 4-6** | 2,04 | 0,14 | 22,26 | 2,31 |
| **#5 6-8** | 3,84 | 0,97 | 11,31 | 2,03 | **#5 6-8** | 2,74 | 0,21 | 21,81 | 4,45 |
| **#5 8-10** | 3,34 | 0,54 | 10,09 | 1,74 | **#5 8-10** | 2,84 | 0,48 | 16,41 | 3,72 |
| **#5 10-12** | 2,89 | 0,64 | 9,69 | 4,07 | **#5 10-12** | 1,46 | 0,45 | 15,93 | 1,37 |
| **#5 12-15** | 2,98 | 0,70 | 10,70 | 0,76 | **#5 12-15** | 1,75 | 0,27 | 15,69 | 0,96 |
| | **3,82** | **0,93** | **11,93** | **2,27** | | **3,41** | **0,48** | **22,72** | **2,58** |
| **#6 0-2** | 4,44 | 0,68 | 21,71 | 6,31 | **#6 0-2** | 2,22 | 0,14 | 15,40 | 1,83 |
| **#6 2-4** | 3,06 | 0,19 | 15,62 | 2,17 | **#6 2-4** | 2,03 | 0,32 | 16,63 | 4,85 |
| **#6 4-6** | 3,95 | 0,48 | 15,65 | 4,16 | **#6 4-6** | 2,29 | 0,18 | 17,35 | 2,01 |
| **#6 6-8** | 2,77 | 1,00 | 16,28 | 3,77 | **#6 6-8** | 1,87 | 0,26 | 15,42 | 2,49 |
| **#6 8-10** | 2,84 | 0,79 | 15,79 | 2,45 | **#6 8-10** | 2,06 | 0,77 | 13,63 | 1,41 |
| **#6 10-12** | 3,63 | 1,14 | 14,00 | 5,51 | **#6 10-12** | 1,85 | 0,51 | 13,43 | 1,58 |
| **#6 12-15** | 4,05 | 1,66 | 13,96 | 4,70 | **#6 12-15** | 1,50 | 0,10 | 11,97 | 2,37 |
| | **3,53** | **0,85** | **16,14** | **4,15** | | **1,97** | **0,33** | **14,83** | **2,36** |

Med = média, Desv = desvio padrão

para os feopigmentos. Além disso, as concentrações de feopigmentos nos diferentes estratos da coluna sedimentar foram maiores do que as observadas em relação à coleta anterior, exceto para a estação 6. Neste período, também foi observada uma tendência à diminuição dos pigmentos fotossintéticos no interior da coluna de sedimento (Figura 19).

*6.4.2. Composição faunística - Meiofauna*

Em abril, foi registrado um total de 54762 indivíduos da meiofauna; enquanto que em novembro, verificou-se um total de 31260 indivíduos (sem extrapolar para indivíduos 10 $cm^{-2}$). O grupo taxonômico dominante em todas as estações foi Nematoda, seguido pelos Copepoda Harpacticoida (incluindo os Nauplii), e Polychaeta. Dentre os outros grupos, os mais abundantes foram Oligochaeta, Kynorhyncha e Bivalvia; porém, em conjunto, estes representaram uma pequena porção da comunidade meiobentônica.

Para verificar a existência de diferenças na abundância da meiofauna entre as estações de coleta aplicou-se a análise paramétrica ANOVA, de um critério, com os dados de abundância previamente transformados em log (x + 1). De acordo com os resultados obtidos para a coleta de abril, os valores médios de abundância de Nematoda por estação variaram entre 343 (#1) e 4197 indivíduos (#4), sendo que este grupo apresentou uma abundância significativamente menor ($F = 9,863$; $p < 0,05$) na #1 do que nas restantes (Figura 20). Não houve diferenças significativas na abundância de Copepoda + Nauplii e de Polychaeta entre as seis estações. Copepoda apresentou valores médios que variaram entre 15 (#1) e 88 indivíduos (#4), enquanto que Polychaeta mostrou valores entre 3 (#1) e 27 indivíduos (#4) (Figura 20). Já para os outros grupos os valores médios de abundância variaram entre 2 (#1) e 16 indivíduos (#3), e abundâncias significativamente maiores ( $F = 3,980$; $p < 0,05$) foram detectadas nas estações 3, 4 e 5 (Figura 20). No que diz respeito à meiofauna total, os valores estiveram entre 364 (#1) e 4327 indivíduos (#4), sendo que as maiores abundâncias médias neste período corresponderam às estações 2, 3 e 4 ($F = 11,885$; $p < 0,05$).

Para a coleta de novembro, tanto Nematoda quanto Copepoda + Nauplii, apresentaram abundâncias significativamente menores nas #1 e 6 quando comparadas com o resto das estações ($F = 7,586$; $p < 0,05$ e $F = 4,820$; $p < 0,05$, respectivamente). Os valores médios por estação da abundância de Nematoda variaram entre 413 (#6) e

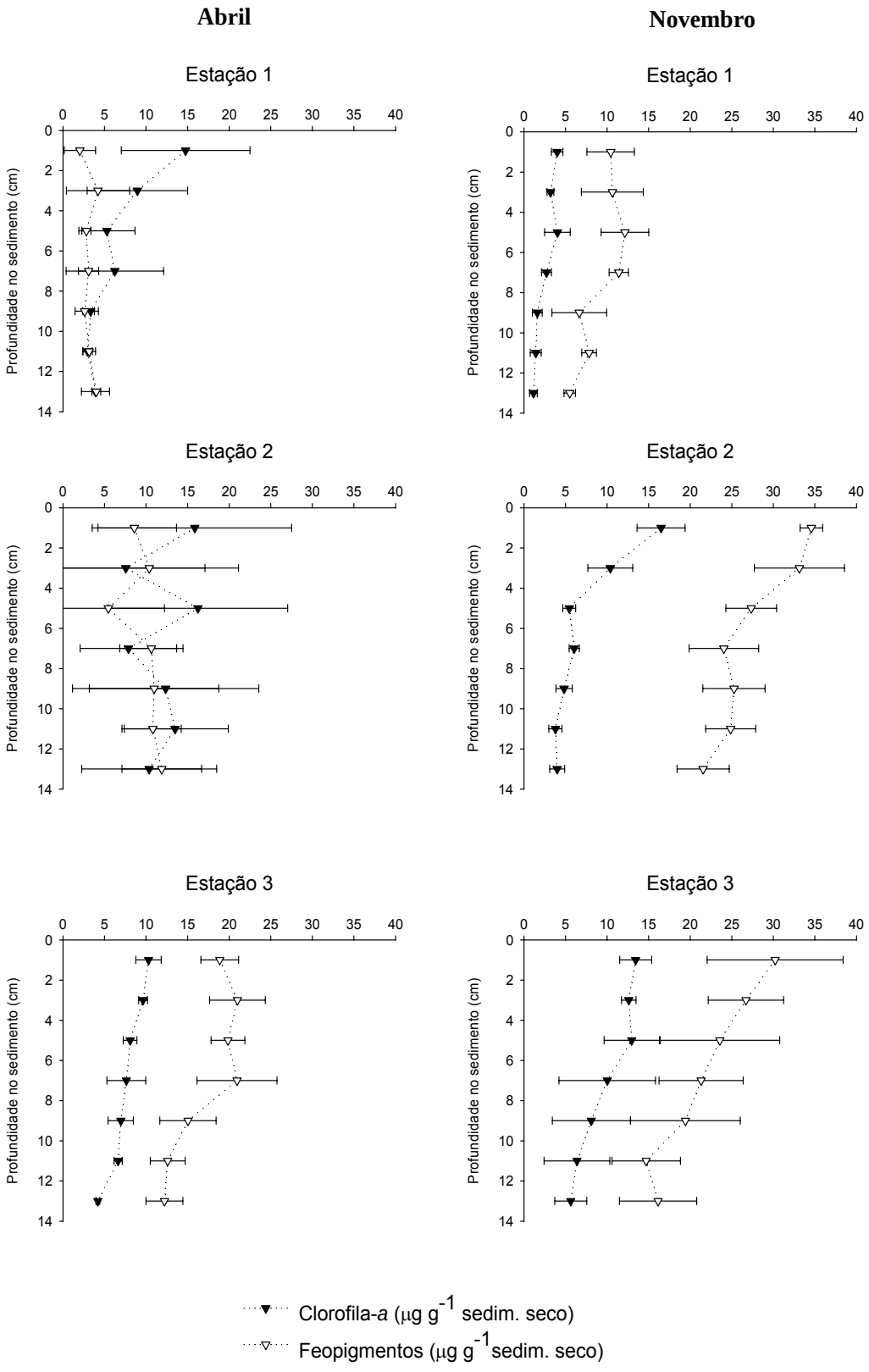



Figura 19. Distribuição vertical dos pigmentos fotossintéticos na coluna sedimentar para as duas coletas.

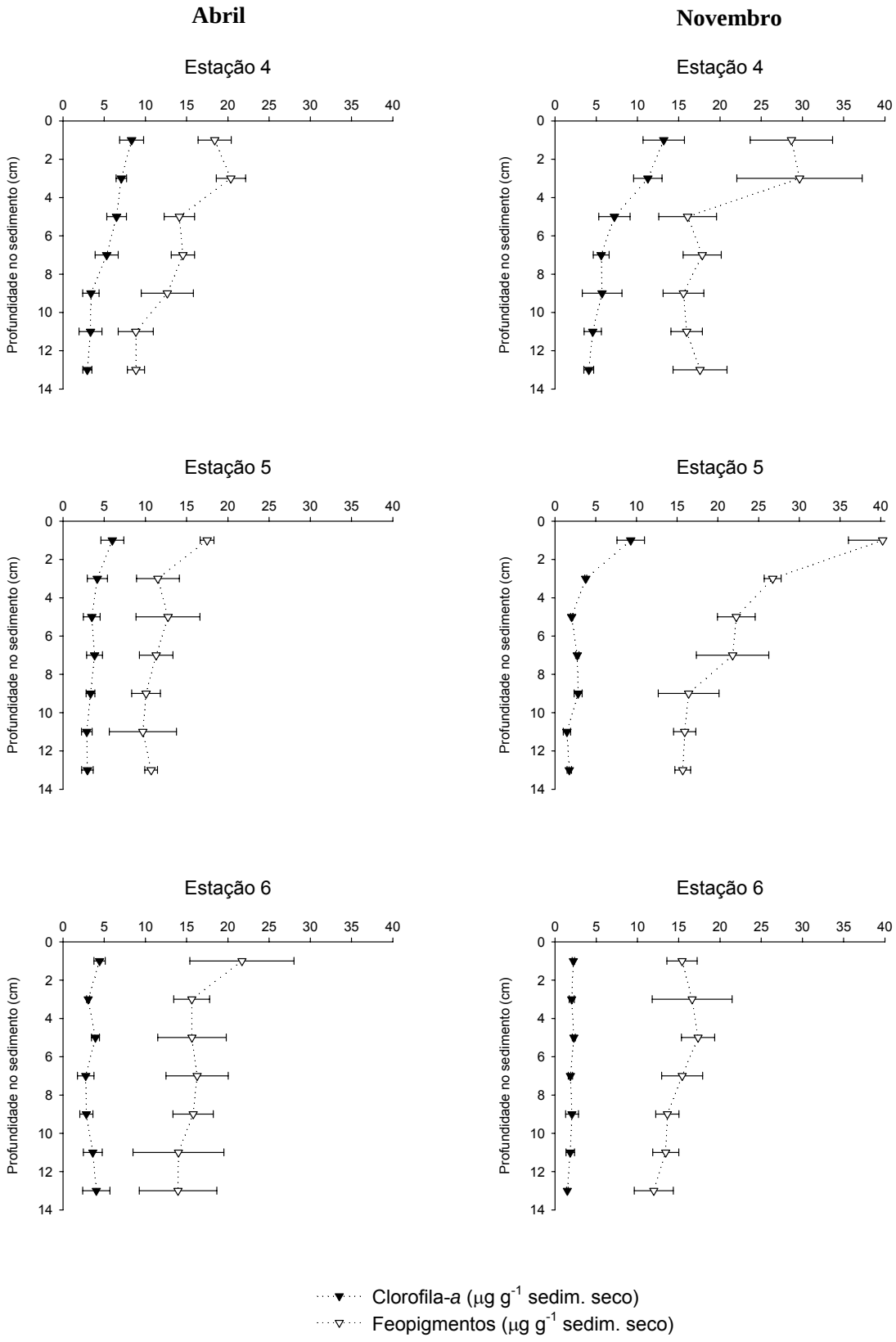



Figura 19. Continuação.

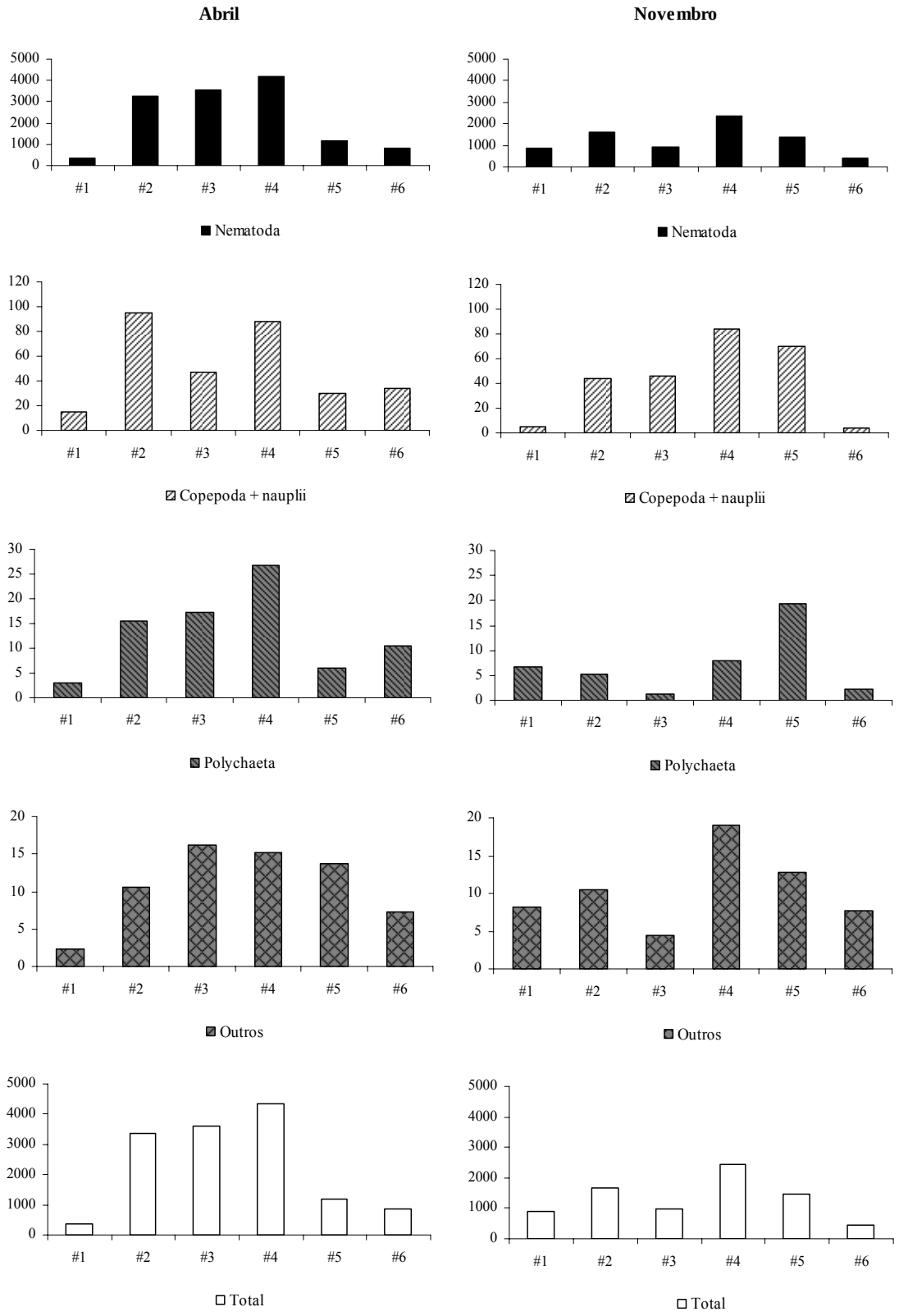



Figura 20. Abundância média por estação de coleta dos diferentes grupos da meiofauna e da meiofauna total para ambos os períodos estudados.

2344 indivíduos (#4), enquanto que para os Copepoda + Nauplii variaram entre 4 (#6) e 84 indivíduos (#4) (Figura 20). Polychaeta foi mais abundante na #5 ($F = 4,356$; $p < 0,05$), enquanto que para os outros grupos da meiofauna não se detectaram diferenças significativas entre as seis estações de coleta. Os valores médios de abundância para Polychaeta variaram entre 1 (#3) e 19 indivíduos (#5), e para os outros grupos da meiofauna entre 5 (#3) e 19 indivíduos (#4) (Figura 20). Neste período, abundâncias médias significativamente maiores da meiofauna total foram registradas nas estações 2, 4 e 5 ($F = 9,018$; $p < 0,05$), sendo que os valores variaram de 427 (#6) até 2455 indivíduos (#4) (Figura 20).

Em relação à distribuição vertical da meiofauna, foi observado para a coleta de abril que a densidade média de Nematoda nos diferentes horizontes da coluna sedimentar variou entre 3 (#1 10-12 cm) e 4390 ind. 10 $cm^{-2}$ (#4 4-6 cm) e a de Copepoda + Nauplii entre 0 (em várias das estações) e 219 ind. 10 $cm^{-2}$ (#2 0-2 cm). Em ambos os casos os maiores valores foram registrados nas estações 2, 3 e 4. Polychaeta e os outros grupos da meiofauna estiveram presentes em menores densidades na estação 1 (Tabela 15).

Já em novembro, a densidade média de Nematoda variou entre 0 (#1 12-15 cm) e 2772 ind. 10 $cm^{-2}$ (#4 2-4 cm); para Copepoda + Nauplii variou de 0 (também em várias das estações) até 177 ind. 10 $cm^{-2}$ (#4 0-2 cm) com maiores valores nas estações 2, 3, 4 e 5. Neste período, tanto para Polychaeta quanto para os outros grupos a densidade média foi menor nas estações 3 e 6 (Tabela 16).

De modo geral, a densidade de todos os grupos tendeu a decrescer nas camadas inferiores da coluna sedimentar e a maioria dos organismos concentrou-se nos primeiros 6 cm de sedimento, em ambos os períodos de coleta. Nematoda apresentou uma ampla distribuição vertical, estando presente em quase todos os estratos e tendo sido registrados aumentos de densidade nas #2, 3 e 4 em abril, e nas #2, 3, 4 e 5 em novembro. No entanto, os outros grupos apresentaram uma distribuição vertical mais restrita.

A meiofauna total mostrou um padrão de distribuição vertical com uma tendência à diminuição da densidade nos estratos mais profundos da coluna de sedimento. Não obstante, a #2 apresentou picos subsuperficiais nos estratos de 2-4 e de 4-6 cm em ambos os períodos estudados (Figura 21). Além disso, a estação 3 apresentou uma diminuição da densidade nos dois primeiros horizontes da coluna sedimentar, um aumento pronunciado no estrato de 4-6 cm e posteriormente decresceu com a

Tabela 15. Densidade média (média das três réplicas) dos grupos da meiofauna e da meiofauna total nas seis estações para a coleta de abril. Resultados em (ind. 10 $cm^{-2}$)

| | Nematoda | | Copepoda + nauplii | | Polychaeta | | Outros | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. |
| **#1 0-2** | 310 | 117 | 33 | 8 | 2 | 3 | 4 | 1 | 350 | 119 |
| **#1 2-4** | 259 | 218 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 261 | 218 |
| **#1 4-6** | 125 | 177 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 127 | 177 |
| **#1 6-8** | 72 | 50 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 74 | 51 |
| **#1 8-10** | 9 | 5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 11 | 6 |
| **#1 10-12** | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| **#1 12-15** | 22 | 21 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 23 | 20 |
| | | | | | | | | | | |
| **#2 0-2** | 861 | 173 | 219 | 114 | 26 | 4 | 17 | 16 | 1122 | 223 |
| **#2 2-4** | 2291 | 871 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2299 | 869 |
| **#2 4-6** | 2295 | 699 | 1 | 1 | 5 | 5 | 3 | 1 | 2304 | 704 |
| **#2 6-8** | 1321 | 315 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1322 | 315 |
| **#2 8-10** | 648 | 206 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 649 | 206 |
| **#2 10-12** | 104 | 91 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 106 | 90 |
| **#2 12-15** | 20 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 22 | 11 |
| | | | | | | | | | | |
| **#3 0-2** | 699 | 872 | 92 | 50 | 16 | 7 | 3 | 3 | 810 | 914 |
| **#3 2-4** | 979 | 391 | 9 | 9 | 6 | 10 | 4 | 1 | 999 | 383 |
| **#3 4-6** | 3224 | 2564 | 1 | 1 | 0 | 0 | 9 | 8 | 3234 | 2570 |
| **#3 6-8** | 1683 | 1076 | 3 | 2 | 2 | 2 | 8 | 6 | 1696 | 1086 |
| **#3 8-10** | 1178 | 300 | 2 | 2 | 13 | 21 | 11 | 10 | 1204 | 329 |
| **#3 10-12** | 235 | 65 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 239 | 62 |
| **#3 12-15** | 216 | 113 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 221 | 114 |
| | | | | | | | | | | |
| **#4 0-2** | 130 | 33 | 193 | 189 | 12 | 3 | 5 | 8 | 339 | 211 |
| **#4 2-4** | 2839 | 732 | 8 | 7 | 15 | 10 | 5 | 5 | 2867 | 742 |
| **#4 4-6** | 4390 | 425 | 2 | 3 | 29 | 11 | 1 | 1 | 4422 | 424 |
| **#4 6-8** | 2011 | 346 | 1 | 2 | 4 | 4 | 15 | 7 | 2031 | 341 |
| **#4 8-10** | 215 | 128 | 0 | 0 | 3 | 5 | 5 | 4 | 222 | 130 |
| **#4 10-12** | 144 | 157 | 1 | 2 | 0 | 0 | 4 | 4 | 149 | 159 |
| **#4 12-15** | 64 | 62 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 67 | 62 |
| | | | | | | | | | | |
| **#5 0-2** | 720 | 293 | 46 | 42 | 7 | 5 | 7 | 5 | 779 | 345 |
| **#5 2-4** | 837 | 408 | 18 | 19 | 4 | 4 | 4 | 4 | 863 | 426 |
| **#5 4-6** | 428 | 224 | 3 | 5 | 2 | 2 | 9 | 5 | 441 | 225 |
| **#5 6-8** | 239 | 32 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 242 | 31 |
| **#5 8-10** | 165 | 153 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 168 | 153 |
| **#5 10-12** | 160 | 137 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 8 | 166 | 145 |
| **#5 12-15** | 106 | 65 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 | 111 | 68 |
| | | | | | | | | | | |
| **#6 0-2** | 950 | 83 | 65 | 92 | 15 | 7 | 10 | 8 | 1040 | 136 |
| **#6 2-4** | 572 | 477 | 13 | 12 | 6 | 7 | 3 | 3 | 594 | 479 |
| **#6 4-6** | 232 | 239 | 0 | 0 | 3 | 5 | 2 | 3 | 237 | 239 |
| **#6 6-8** | 76 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 77 | 45 |
| **#6 8-10** | 23 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 25 | 8 |
| **#6 10-12** | 20 | 9 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 22 | 10 |
| **#6 12-15** | 12 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 6 |

Tabela 16. Densidade média (média das três réplicas) dos grupos da meiofauna e da meiofauna total nas seis estações para a coleta de novembro. Resultados em (ind. 10 $cm^{-2}$)

| | Nematoda | | Copepoda + nauplii | | Polychaeta | | Outros | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. |
| #1 0-2 | 981 | 139 | 9 | 11 | 11 | 4 | 11 | 6 | 1012 | 147 |
| #1 2-4 | 937 | 313 | 4 | 5 | 5 | 3 | 8 | 9 | 953 | 322 |
| #1 4-6 | 105 | 39 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 106 | 40 |
| #1 6-8 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| #1 8-10 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| #1 10-12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| #1 12-15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | |
| #2 0-2 | 642 | 355 | 102 | 101 | 8 | 4 | 21 | 29 | 773 | 267 |
| #2 2-4 | 2317 | 1250 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2322 | 1248 |
| #2 4-6 | 642 | 489 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 644 | 490 |
| #2 6-8 | 55 | 15 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 56 | 16 |
| #2 8-10 | 29 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 11 |
| #2 10-12 | 8 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 9 |
| #2 12-15 | 12 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 5 |
| | | | | | | | | | | |
| #3 0-2 | 573 | 596 | 104 | 33 | 1 | 1 | 6 | 1 | 684 | 568 |
| #3 2-4 | 878 | 551 | 4 | 7 | 1 | 1 | 2 | 3 | 885 | 548 |
| #3 4-6 | 459 | 321 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 460 | 320 |
| #3 6-8 | 83 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 84 | 44 |
| #3 8-10 | 102 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 103 | 49 |
| #3 10-12 | 37 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 | 11 |
| #3 12-15 | 20 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 19 |
| | | | | | | | | | | |
| #4 0-2 | 451 | 277 | 177 | 130 | 6 | 5 | 22 | 10 | 656 | 163 |
| #4 2-4 | 2772 | 753 | 11 | 9 | 9 | 4 | 8 | 2 | 2799 | 752 |
| #4 4-6 | 1528 | 1262 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1532 | 1263 |
| #4 6-8 | 405 | 140 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 407 | 138 |
| #4 8-10 | 202 | 68 | 0 | 0 | 3 | 5 | 1 | 2 | 206 | 63 |
| #4 10-12 | 88 | 54 | 4 | 6 | 0 | 0 | 6 | 8 | 97 | 57 |
| #4 12-15 | 23 | 10 | 2 | 4 | 1 | 1 | 4 | 5 | 30 | 11 |
| | | | | | | | | | | |
| #5 0-2 | 1593 | 312 | 137 | 52 | 25 | 12 | 11 | 7 | 1765 | 376 |
| #5 2-4 | 436 | 162 | 15 | 11 | 12 | 5 | 7 | 3 | 470 | 145 |
| #5 4-6 | 397 | 101 | 6 | 3 | 5 | 4 | 8 | 4 | 416 | 97 |
| #5 6-8 | 471 | 115 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 475 | 113 |
| #5 8-10 | 219 | 105 | 5 | 8 | 1 | 1 | 2 | 1 | 227 | 96 |
| #5 10-12 | 71 | 20 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 72 | 21 |
| #5 12-15 | 21 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 22 | 7 |
| | | | | | | | | | | |
| #6 0-2 | 867 | 430 | 8 | 5 | 5 | 6 | 16 | 8 | 896 | 444 |
| #6 2-4 | 54 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 54 | 18 |
| #6 4-6 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 3 |
| #6 6-8 | 15 | 19 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 16 | 18 |
| #6 8-10 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| #6 10-12 | 13 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 15 | 12 |
| #6 12-15 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |

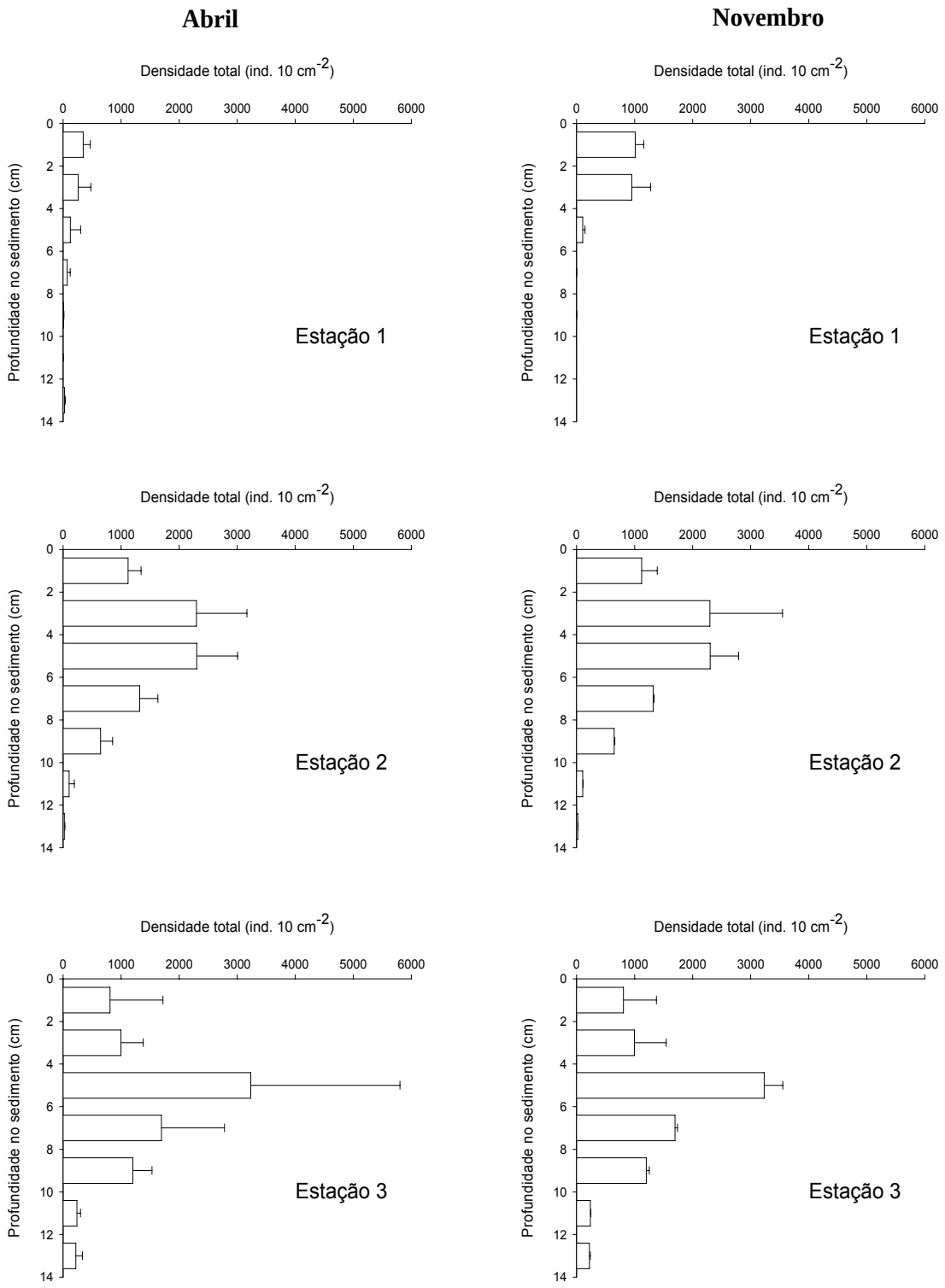



Figura 21. Densidade média da meiofauna total nos diferentes horizontes de sedimento nas seis estações para as duas coletas.

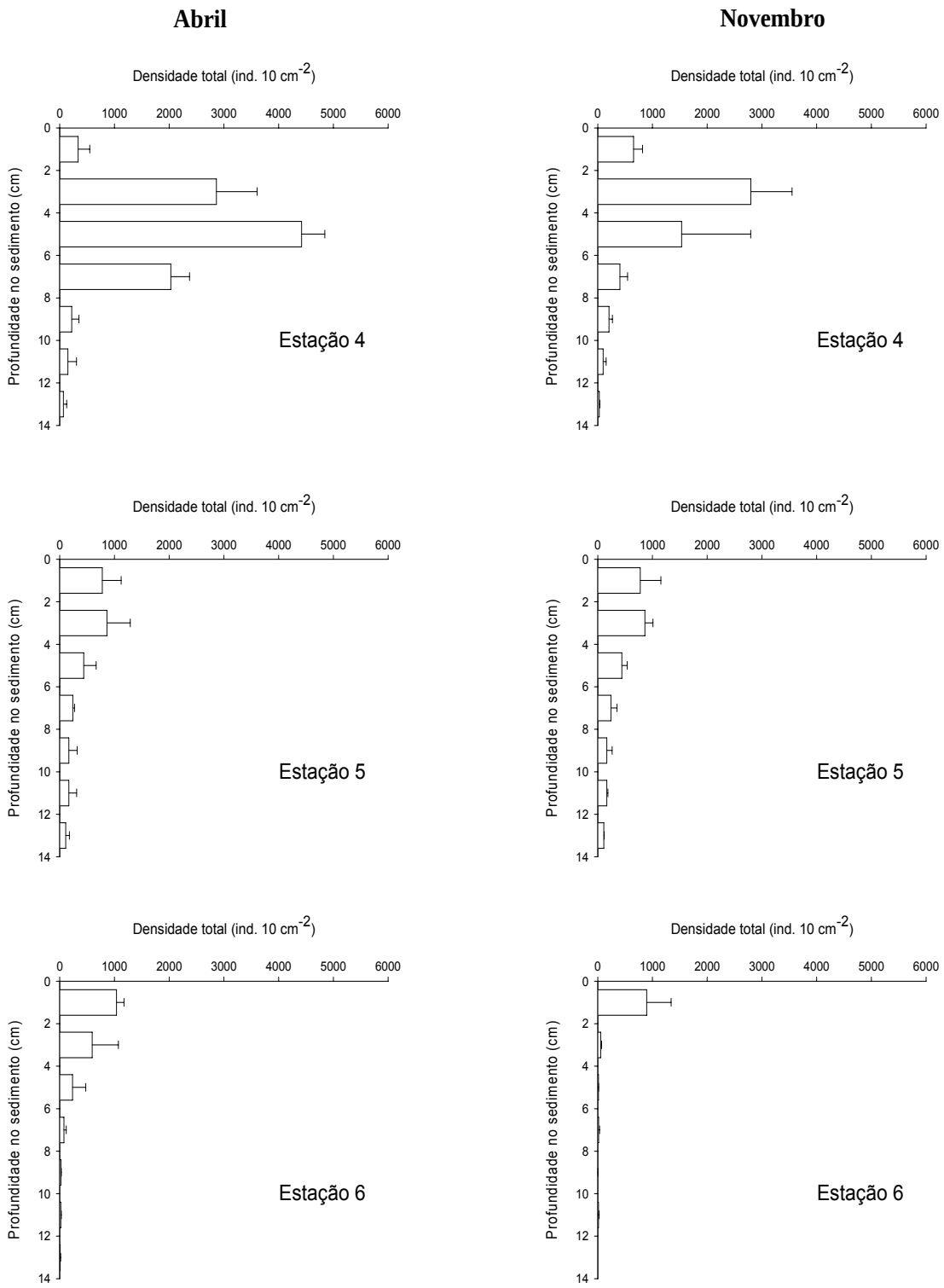



Figura 21. Continuação.

profundidade no interior do substrato. Por sua vez, a estação 4 mostrou dois picos de densidade nos estratos de 2-4 e de 4-6 cm, enquanto que na #5 a distribuição vertical da meiofauna foi similar em ambas as coletas (Figura 21). Ainda, tanto na #1 quanto na #6 a distribuição vertical da meiofauna foi mais restrita do que nos outros locais.

*6.4.3. Composição faunística - Macrofauna*

Em abril registrou-se um total de 852 indivíduos da macrofauna betônica e em novembro um total de 600 indivíduos (sem extrapolar para indivíduos $m^{-2}$). Polychaeta foi dominante em todas as estações e em ambas as campanhas.

Para verificar a existência de diferenças na abundância da macrofauna entre as estações de coleta, aplicou-se a análise paramétrica ANOVA de um critério com os dados de abundância previamente transformados em raiz quadrada ($\sqrt{}$). Na campanha correspondente ao mês de abril, a abundância média por estação para os Polychaeta variou entre 1602 (#5) e 4329 indivíduos (#3), enquanto que para os Mollusca variou entre 65 (#4 e 6) e 108 indivíduos (#2 e 3) (Figura 22). Não foram detectadas diferenças significativas na abundância de Polychaeta entre as seis estações para a coleta de abril ($F = 1,709$; $p > 0,05$); porém, a #1 apresentou maiores valores para Mollusca do que as demais estações ($F = 5,569$; $p < 0,05$). Também não houve diferenças significativas na abundância de Crustacea entre as estações, mas cabe ressaltar, que organismos deste grupo estiveram ausentes na #2 e apresentaram o maior valor médio na #5, este igual a 195 indivíduos (Figura 22). Os demais grupos taxonômicos foram significativamente mais abundantes na #4 ($F = 3,537$; $p < 0,05$) com valores médios entre 108 (#5) e 519 indivíduos (#4) (Figura 22). Para a macrofauna total os valores médios de abundância variaram entre 2229 (#5) e 4632 indivíduos (#3) e não foram detectadas diferenças significativas entre os seis locais estudados.

Em novembro, não foram detectadas diferenças significativas tanto para Polychaeta quanto para Mollusca entre as seis estações de coleta. Os valores médios de abundância por estação variaram entre 1147 (#1) e 2294 indivíduos (#4), e entre 22 (#2 e 6) e 195 indivíduos (#5), para Polychaeta e Mollusca, respectivamente (Figura 22). Para Crustacea as abundâncias variaram de 0, novamente na #2, até 1558 indivíduos na #5, e foram significativamente maiores ($F = 7,061$; $p < 0,05$) na #5 do que nas restantes (Figura 22). Neste período, não houve diferenças significativas em relação à abundância dos outros grupos taxonômicos entre as seis estações ($F = 1,467$; $p > 0,05$), tendo os valores médios variado entre 65 (#6) e 194 indivíduos (#4) . Para a macrofauna total as

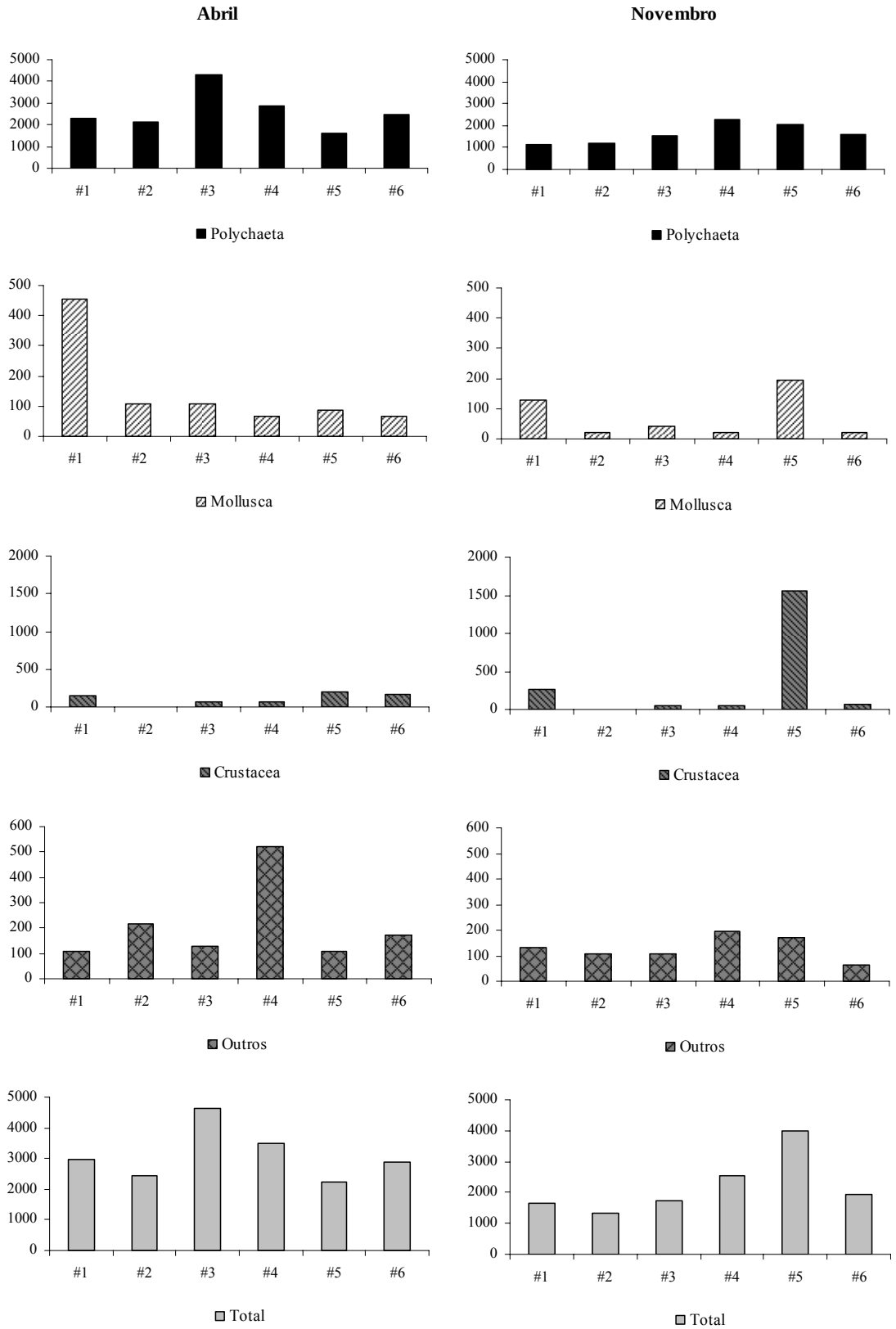



Figura 22. Abundância média por estação de coleta dos diferentes grupos da macrofauna e da macrofauna total para ambos os períodos estudados.

abundâncias médias por estação variaram entre 1320 (#2) e 3982 indivíduos (#5) e também não foram detectadas diferenças significativas entre as seis estações de coleta (Figura 22).

No que diz respeito à distribuição vertical, na coleta de abril a densidade média de Polychaeta nos diferentes estratos de sedimento variou entre 0 e 3151 ind. $m^{-2}$ (#3 2-4 cm), sendo que os maiores valores foram registrados nas estações 3, 4 e 6 (Tabela 17). Mollusca apresentou densidades médias entre 0 e 212 ind. $m^{-2}$ (#1 0-2 cm) e os maiores valores corresponderam à #1. Crustacea e os outros grupos estiveram presentes em densidades que variaram de 0 até 182 ind. $m^{-2}$ (#1 e #6 0-2 cm) e de 0 até 242 ind. $m^{-2}$ (#4 4-6 cm), respectivamente. Os primeiros apresentaram maiores densidades na #5 e os segundos na #4 (Tabela 17). Em abril, a densidade da macrofauna total variou entre 61 (#6 10-12 cm) e 3182 ind. $m^{-2}$ (#3 2-4 cm), tendo sido registrados os maiores valores no estrato de 2-4 cm das estações 3 e 4, e no estrato superficial da estação 6 (Tabela 17).

Na coleta de novembro, as densidades médias de Polychaeta variaram entre 0 e 1091 ind. $m^{-2}$ (#4 4-6 cm), sendo em geral, menores daquelas observadas na coleta anterior (Tabela 18). Mollusca esteve presente em menores densidades do que em abril, as quais variaram entre 0 e 152 ind. $m^{-2}$ (#5 0-2 cm). Neste período, a densidade média de Crustacea oscilou entre 0 e 848 ind. $m^{-2}$ (#5 0-2 cm). Tanto para Mollusca quanto para Crustacea os maiores valores foram registrados na #5 (Tabela 18). Já para os outros grupos taxonômicos as densidades variaram entre 0 e 121 ind. $m^{-2}$ (#4 2-4 cm). Em novembro a densidade da macrofauna total apresentou valores entre 0 (#1 12-15 cm e #6 8-10 e 12-15 cm) e 1752 ind. $m^{-2}$ (#5 2-4 cm). Em geral, os números foram menores em relação àqueles registrados na coleta anterior, exceto para a #5 (Tabela 18).

A densidade de todos os grupos da macrofauna tendeu a decrescer nas camadas inferiores da coluna sedimentar; porém, tal decréscimo não foi tão marcado quanto o observado para a meiofauna. Polychaeta foi dominante em todos os horizontes de sedimento e apresentou uma distribuição vertical mais ampla, tendo ocorrido nos estratos mais profundos da coluna sedimentar em quase todas as estações, nos dois períodos estudados (Figura 23). Tanto na #1 quanto na #2 Polychaeta apresentou perfis verticais bastante variáveis tendo sido observada uma oscilação dos valores de densidade nos diferentes estratos da coluna de sedimento. Por sua vez, a #3 apresentou um pico subsuperficial (2-4 cm) para a densidade deste grupo nas duas coletas e uma diminuição dos valores com a profundidade no interior do substrato (Figura 23). Além

Tabela 17. Densidade média (média das cinco réplicas) dos grupos da macrofauna, e da macrofauna total nas seis estações para a coleta de abril. Resultados em (ind. $m^{-2}$)

| | Polychaeta | | Mollusca | | Crustacea | | Outros | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. |
| #1 0-2 | 576 | 377 | 212 | 173 | 182 | 198 | 61 | 83 | 1030 | 610 |
| #1 2-4 | 697 | 573 | 30 | 68 | 30 | 68 | 0 | 0 | 758 | 643 |
| #1 4-6 | 545 | 275 | 91 | 203 | 0 | 0 | 61 | 83 | 697 | 314 |
| #1 6-8 | 515 | 295 | 61 | 136 | 0 | 0 | 30 | 68 | 606 | 321 |
| #1 8-10 | 333 | 249 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 333 | 249 |
| #1 10-12 | 394 | 230 | 182 | 249 | 0 | 0 | 0 | 0 | 576 | 392 |
| #1 12-15 | 121 | 198 | 61 | 136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 182 | 198 |
| | | | | | | | | | | |
| #2 0-2 | 909 | 864 | 61 | 136 | 0 | 0 | 152 | 107 | 1121 | 1090 |
| #2 2-4 | 455 | 152 | 30 | 68 | 0 | 0 | 61 | 83 | 545 | 230 |
| #2 4-6 | 636 | 392 | 30 | 68 | 0 | 0 | 30 | 68 | 697 | 380 |
| #2 6-8 | 212 | 83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 | 242 | 136 |
| #2 8-10 | 485 | 540 | 30 | 68 | 0 | 0 | 30 | 68 | 545 | 486 |
| #2 10-12 | 152 | 186 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 152 | 186 |
| #2 12-15 | 91 | 203 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 | 203 |
| | | | | | | | | | | |
| #3 0-2 | 909 | 557 | 91 | 136 | 61 | 83 | 30 | 68 | 1091 | 600 |
| #3 2-4 | 3151 | 664 | 30 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3182 | 678 |
| #3 4-6 | 879 | 619 | 30 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 909 | 606 |
| #3 6-8 | 485 | 291 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 83 | 545 | 349 |
| #3 8-10 | 455 | 339 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 | 485 | 362 |
| #3 10-12 | 121 | 127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 121 | 127 |
| #3 12-15 | 61 | 83 | 0 | 0 | 30 | 68 | 61 | 136 | 152 | 214 |
| | | | | | | | | | | |
| #4 0-2 | 576 | 362 | 61 | 83 | 30 | 68 | 30 | 68 | 697 | 275 |
| #4 2-4 | 1636 | 619 | 0 | 0 | 61 | 83 | 212 | 332 | 1909 | 887 |
| #4 4-6 | 667 | 365 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 203 | 909 | 514 |
| #4 6-8 | 424 | 166 | 30 | 68 | 0 | 0 | 91 | 136 | 545 | 136 |
| #4 8-10 | 333 | 198 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 | 364 | 230 |
| #4 10-12 | 212 | 230 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 83 | 273 | 271 |
| #4 12-15 | 152 | 262 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 136 | 212 | 395 |
| | | | | | | | | | | |
| #5 0-2 | 848 | 409 | 61 | 136 | 91 | 136 | 30 | 68 | 1030 | 460 |
| #5 2-4 | 545 | 573 | 0 | 0 | 61 | 136 | 30 | 68 | 606 | 615 |
| #5 4-6 | 455 | 455 | 0 | 0 | 30 | 68 | 30 | 68 | 788 | 768 |
| #5 6-8 | 121 | 127 | 0 | 0 | 30 | 68 | 61 | 136 | 242 | 230 |
| #5 8-10 | 30 | 68 | 0 | 0 | 30 | 68 | 0 | 0 | 121 | 127 |
| #5 10-12 | 152 | 152 | 61 | 83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 121 | 166 |
| #5 12-15 | 91 | 83 | 0 | 0 | 30 | 68 | 0 | 0 | 212 | 173 |
| | | | | | | | | | | |
| #6 0-2 | 1606 | 314 | 61 | 83 | 182 | 249 | 152 | 214 | 2000 | 420 |
| #6 2-4 | 636 | 518 | 0 | 0 | 30 | 68 | 0 | 0 | 667 | 531 |
| #6 4-6 | 515 | 332 | 30 | 68 | 30 | 68 | 61 | 83 | 636 | 392 |
| #6 6-8 | 212 | 83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 | 242 | 83 |
| #6 8-10 | 242 | 275 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 275 |
| #6 10-12 | 61 | 83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 83 |
| #6 12-15 | 212 | 230 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 212 | 230 |

Tabela 18. Densidade média (média das cinco réplicas) dos grupos da macrofauna, e da macrofauna total nas seis estações para a coleta de novembro. Resultados em (ind. $m^{-2}$)

| | Polychaeta | | Mollusca | | Crustacea | | Outros | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. | Med. | Desv. |
| #1 0-2 | 485 | 249 | 91 | 83 | 273 | 225 | 30 | 68 | 879 | 392 |
| #1 2-4 | 394 | 395 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 83 | 455 | 455 |
| #1 4-6 | 364 | 173 | 61 | 83 | 30 | 68 | 91 | 203 | 545 | 254 |
| #1 6-8 | 182 | 198 | 30 | 68 | 61 | 136 | 0 | 0 | 273 | 291 |
| #1 8-10 | 91 | 136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 | 136 |
| #1 10-12 | 91 | 136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 | 136 |
| #1 12-15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | |
| #2 0-2 | 273 | 198 | 0 | 0 | 0 | 0 | 121 | 127 | 394 | 295 |
| #2 2-4 | 394 | 314 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 | 424 | 377 |
| #2 4-6 | 394 | 230 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 394 | 230 |
| #2 6-8 | 212 | 254 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 212 | 254 |
| #2 8-10 | 152 | 107 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 152 | 107 |
| #2 10-12 | 212 | 173 | 30 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 203 |
| #2 12-15 | 30 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 |
| | | | | | | | | | | |
| #3 0-2 | 91 | 83 | 30 | 68 | 30 | 68 | 61 | 136 | 212 | 173 |
| #3 2-4 | 788 | 362 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 | 818 | 409 |
| #3 4-6 | 515 | 509 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 515 | 509 |
| #3 6-8 | 364 | 423 | 30 | 68 | 0 | 0 | 30 | 68 | 424 | 420 |
| #3 8-10 | 242 | 136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 136 |
| #3 10-12 | 91 | 136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 | 121 | 127 |
| #3 12-15 | 61 | 83 | 0 | 0 | 30 | 68 | 0 | 0 | 91 | 136 |
| | | | | | | | | | | |
| #4 0-2 | 424 | 249 | 0 | 0 | 61 | 136 | 61 | 83 | 545 | 365 |
| #4 2-4 | 636 | 127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 121 | 127 | 758 | 107 |
| #4 4-6 | 1091 | 698 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 | 1121 | 715 |
| #4 6-8 | 515 | 380 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 | 545 | 436 |
| #4 8-10 | 273 | 249 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 273 | 249 |
| #4 10-12 | 152 | 152 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 | 182 | 127 |
| #4 12-15 | 121 | 198 | 30 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 152 | 262 |
| | | | | | | | | | | |
| #5 0-2 | 545 | 230 | 152 | 152 | 848 | 747 | 91 | 83 | 1636 | 655 |
| #5 2-4 | 1000 | 531 | 121 | 127 | 606 | 386 | 30 | 68 | 1757 | 820 |
| #5 4-6 | 576 | 407 | 0 | 0 | 545 | 462 | 61 | 136 | 1182 | 655 |
| #5 6-8 | 394 | 203 | 0 | 0 | 121 | 127 | 61 | 83 | 576 | 225 |
| #5 8-10 | 242 | 173 | 0 | 0 | 61 | 83 | 0 | 0 | 303 | 240 |
| #5 10-12 | 30 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 |
| #5 12-15 | 91 | 136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 | 136 |
| | | | | | | | | | | |
| #6 0-2 | 1030 | 271 | 0 | 0 | 30 | 68 | 30 | 68 | 1091 | 249 |
| #6 2-4 | 636 | 198 | 30 | 68 | 0 | 0 | 61 | 136 | 727 | 68 |
| #6 4-6 | 394 | 314 | 0 | 0 | 61 | 83 | 0 | 0 | 515 | 423 |
| #6 6-8 | 121 | 127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 314 |
| #6 8-10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| #6 10-12 | 30 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 68 |
| #6 12-15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

disso, na #4 os Polychaeta mostraram um aumento na sua densidade no estrato de 2-4 cm para a coleta de abril, e nos estratos de 2-4 e 4-6 cm para a coleta de novembro (Figura 23). Em contraste, na #5 em abril e na #6 em ambas as coletas a densidade deste grupo foi maior no estrato superficial e decresceu nos horizontes mais profundos da coluna de sedimento. Cabe ressaltar que em novembro a #5 apresentou um aumento na densidade de Polychaeta no estrato de 2-4 cm, a qual depois tendeu a diminuir com a profundidade dentro da coluna sedimentar (Figura 23).

Mollusca e Crustacea apresentaram maiores densidades nas #1 e 5, tendo sido observados valores particularmente altos para o primeiro grupo na #5, em novembro. Nessas duas estações, tanto Crustacea quanto Mollusca apresentaram uma distribuição vertical mais profunda no interior do substrato; porém, nas demais estações sua distribuição vertical foi mais restrita aos primeiros estratos da coluna de sedimento (Figura 23). Os outros grupos da macrofauna exibiram maiores densidade e uma distribuição mais profunda no interior do sedimento na estação 4, em abril (Figura 23).

No que diz respeito à distribuição vertical da macrofauna total, esta apresentou o mesmo padrão observado para o grupo Polychaeta e que foi descrito anteriormente. Basicamente foi bastante heterogênea, com aumentos de densidade em diferentes estratos da coluna de sedimento para quase todas as estações, mas mostrando uma tendência geral a diminuir com a profundidade no interior do substrato.

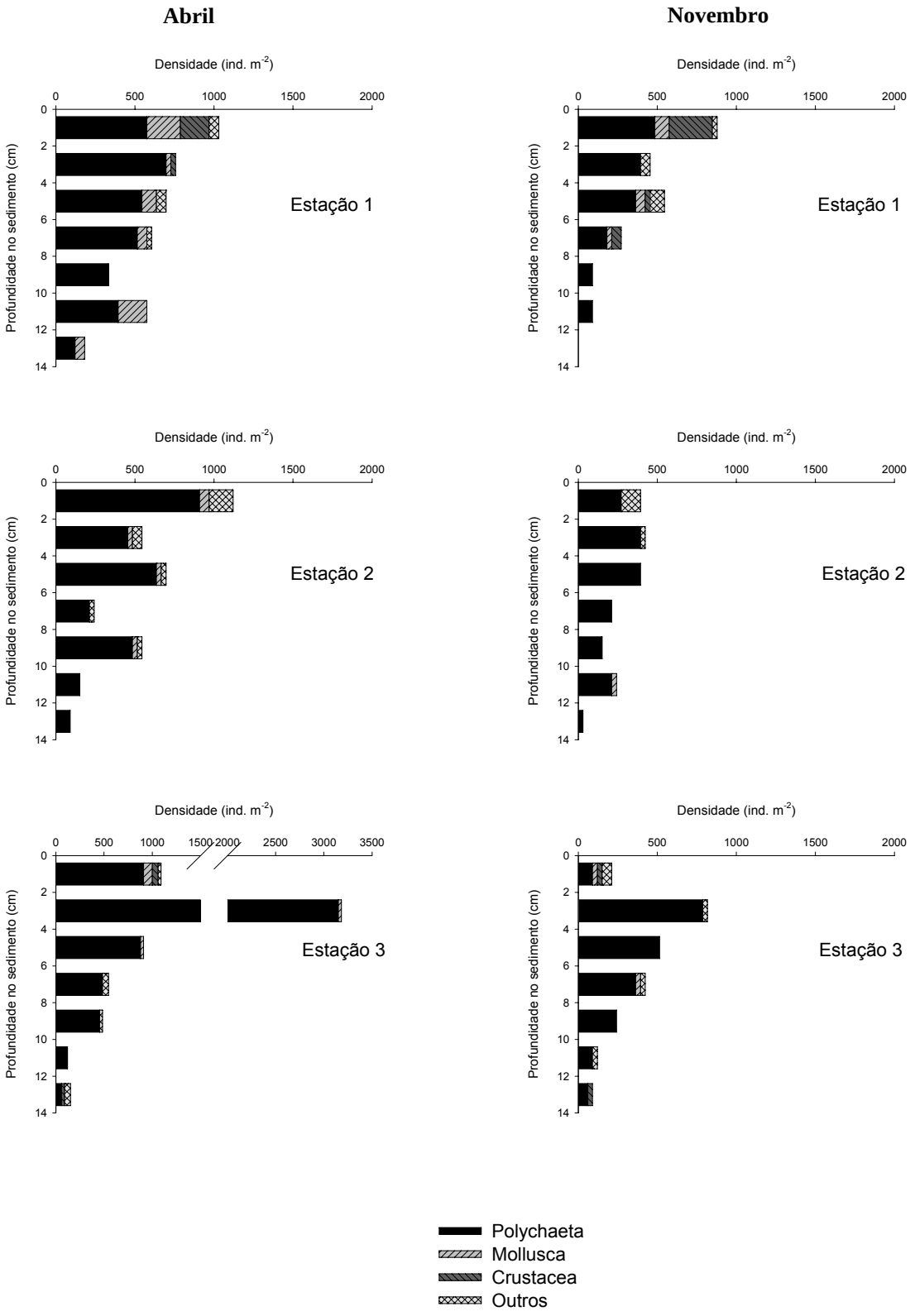



Figura 23. Densidade média dos grupos da macrofauna nos sete horizontes da coluna sedimentar para as seis estações em ambos os períodos estudados.

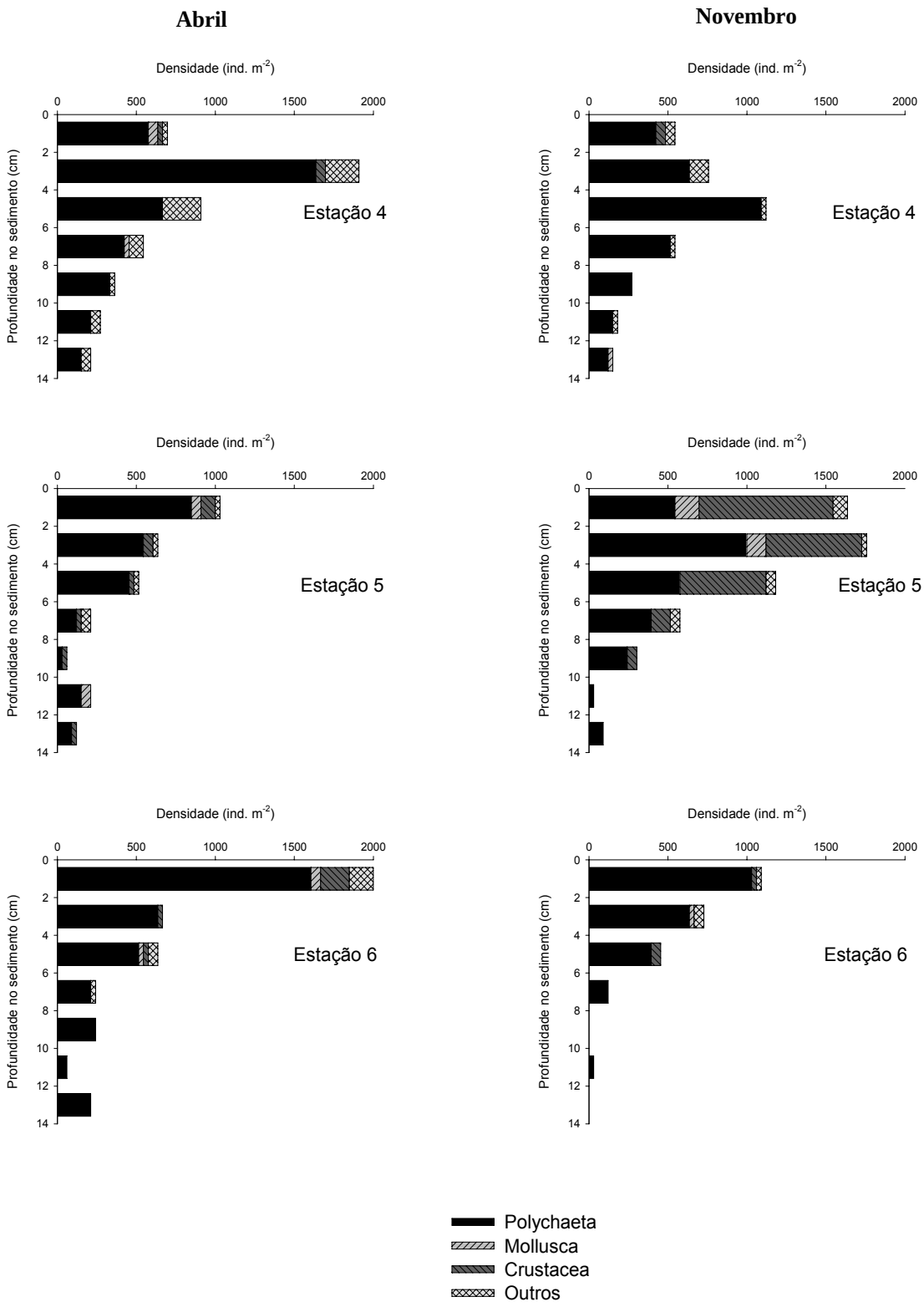



Figura 23. Continuação.

*6.4.4. Descritores da comunidade da macrofauna bentônica*

Para a estimativa dos descritores das comunidades da fauna bentônica, utilizaram-se somente aqueles organismos que foram identificados até o nível específico ou até o nível de gênero, mas sabendo que se tratava de uma única espécie.

Em abril, o maior número de espécies foi registrado nas estações 1, 4 e 6, as quais apresentaram em média para toda a coluna sedimentar amostrada 10, 9 e 9 espécies diferentes, respectivamente (Tabela 19). A diversidade variou de 0,50 (#2 10-12 cm) até 2,65 (#1 0-2 cm), tendo correspondido os maiores valores médios também às #1, 4 e 6, e os menores às #2 e 3. Por sua vez, a equitatividade apresentou o maior valor médio na estação 1 e o menor na estação 3 (Tabela 19).

Em novembro, o maior valor médio para o número de espécies foi encontrado também na estação 5 e o menor nas estações 2 e 3. A diversidade variou de 0,64 (#1 8-10 e 10-12 cm; #5 12-15 cm) até 2,61 (#1 0-2 cm). Os maiores valores médios foram registrados nas #1, 4, 5 e 6, enquanto os menores nas #2 e 3 (Tabela 19). Neste período, a equitatividade também apresentou o maior valor médio na estação 1 e menor na estação 3.

Em geral, tanto a diversidade quanto o número de espécies foram maiores nos estratos superficiais da coluna de sedimento e tenderam a diminuir nos estratos mais profundos para ambas as coletas.

*6.4.5. Biomassa da macrofauna bentônica*

Com o intuito de verificar a existência de diferenças na biomassa da macrofauna entre as estações de coleta, aplicou-se a análise de variância não paramétrica Kruskal-Wallis.

Na primeira coleta (abril), a biomassa da macrofauna variou entre 12,42 e 1011,40 mg $m^{-2}$ com valores significativamente menores ($H = 23,536$; $p < 0,05$) nas estações 2 e 3 do que nas demais (Figura 24). Crustacea representou aproximadamente 90 % da biomassa total na #1, enquanto que na #2 Polychaeta chegou a 60 % do total (Figura 25). Já na #3, Polychaeta e Mollusca contribuíram com a mesma porcentagem (45 %) para a biomassa da macrofauna. Além disso, na #4 os outros grupos, principalmente Oligochaeta e Sipuncula, representaram mais de 80 % do total da fauna. Ainda, Sipuncula alcançou mais de 75 % da biomassa total na #5. Igualmente ao observado na estação 1, Crustacea foi o grupo com maior contribuição para a biomassa total da estação 6, com 50 % (Figura 25).

Tabela 19. Descritores da comunidade da macrofauna bentônica nos sete estratos de sedimentos para as seis estações em ambas as coletas. Valores médios por estação em negrito.

| | Abril | | | Novembro | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | H´($log_e$) | J´ | S | H´($log_e$) | J´ |
| **#1 0-2** | 17 | 2,65 | 0,93 | 16 | 2,61 | 0,94 |
| **#1 2-4** | 9 | 1,82 | 0,83 | 10 | 2,21 | 0,96 |
| **#1 4-6** | 10 | 2,04 | 0,89 | 10 | 2,17 | 0,94 |
| **#1 6-8** | 10 | 2,13 | 0,92 | 7 | 1,89 | 0,97 |
| **#1 8-10** | 6 | 1,70 | 0,95 | 2 | 0,64 | 0,92 |
| **#1 10-12** | 9 | 2,06 | 0,94 | 2 | 0,64 | 0,92 |
| **#1 12-15** | 6 | 1,79 | 1,00 | 0 | – | – |
| | **10** | **2,03** | **0,92** | **7** | **1,69** | **0,94** |
| **#2 0-2** | 10 | 2,15 | 0,93 | 5 | 1,46 | 0,91 |
| **#2 2-4** | 14 | 2,55 | 0,97 | 5 | 1,22 | 0,76 |
| **#2 4-6** | 6 | 1,10 | 0,61 | 4 | 0,80 | 0,57 |
| **#2 6-8** | 3 | 0,90 | 0,82 | 3 | 0,96 | 0,87 |
| **#2 8-10** | 7 | 1,52 | 0,78 | 3 | 1,06 | 0,96 |
| **#2 10-12** | 2 | 0,50 | 0,72 | 5 | 1,49 | 0,93 |
| **#2 12-15** | 2 | 0,64 | 0,92 | 1 | – | – |
| | **6** | **1,34** | **0,82** | **4** | **1,16** | **0,83** |
| **#3 0-2** | 10 | 1,51 | 0,65 | 5 | 1,55 | 0,96 |
| **#3 2-4** | 7 | 0,54 | 0,28 | 5 | 0,87 | 0,54 |
| **#3 4-6** | 4 | 0,95 | 0,69 | 5 | 0,87 | 0,54 |
| **#3 6-8** | 9 | 1,87 | 0,85 | 6 | 1,35 | 0,76 |
| **#3 8-10** | 6 | 1,30 | 0,72 | 3 | 0,97 | 0,89 |
| **#3 10-12** | 3 | 1,04 | 0,95 | 3 | 1,04 | 0,95 |
| **#3 12-15** | 5 | 1,61 | 1,00 | 3 | 1,10 | 1,00 |
| | **6** | **1,26** | **0,73** | **4** | **1,11** | **0,81** |
| **#4 0-2** | 11 | 2,14 | 0,89 | 12 | 2,32 | 0,93 |
| **#4 2-4** | 13 | 2,10 | 0,82 | 8 | 1,62 | 0,78 |
| **#4 4-6** | 10 | 2,03 | 0,88 | 8 | 1,06 | 0,51 |
| **#4 6-8** | 8 | 1,85 | 0,89 | 6 | 1,50 | 0,84 |
| **#4 8-10** | 9 | 2,10 | 0,95 | 5 | 1,30 | 0,81 |
| **#4 10-12** | 6 | 1,58 | 0,88 | 6 | 1,79 | 1,00 |
| **#4 12-15** | 5 | 1,55 | 0,96 | 4 | 1,33 | 0,96 |
| | **9** | **1,91** | **0,90** | **7** | **1,56** | **0,83** |
| **#5 0-2** | 13 | 2,31 | 0,90 | 12 | 1,78 | 0,72 |
| **#5 2-4** | 11 | 2,18 | 0,91 | 16 | 2,03 | 0,73 |
| **#5 4-6** | 9 | 1,87 | 0,85 | 11 | 1,93 | 0,80 |
| **#5 6-8** | 6 | 1,75 | 0,98 | 12 | 2,29 | 0,92 |
| **#5 8-10** | 2 | 0,69 | 1,00 | 8 | 1,97 | 0,95 |
| **#5 10-12** | 7 | 1,95 | 1,00 | 1 | – | – |
| **#5 12-15** | 3 | 1,04 | 0,95 | 2 | 0,64 | 0,92 |
| | **7** | **1,68** | **0,94** | **9** | **1,77** | **0,84** |
| **#6 0-2** | 16 | 1,95 | 0,70 | 13 | 2,05 | 0,80 |
| **#6 2-4** | 12 | 2,08 | 0,84 | 13 | 2,10 | 0,82 |
| **#6 4-6** | 15 | 2,65 | 0,98 | 9 | 2,03 | 0,92 |
| **#6 6-8** | 8 | 2,08 | 1,00 | 3 | 1,04 | 0,95 |
| **#6 8-10** | 5 | 1,56 | 0,97 | 0 | – | – |
| **#6 10-12** | 2 | 0,69 | 1,00 | 1 | – | – |
| **#6 12-15** | 3 | 0,96 | 0,87 | 0 | – | – |
| | **9** | **1,71** | **0,91** | **6** | **1,81** | **0,87** |

S = número de espécies, H´($log_e$) = diversidade, J´ = equitatividade.

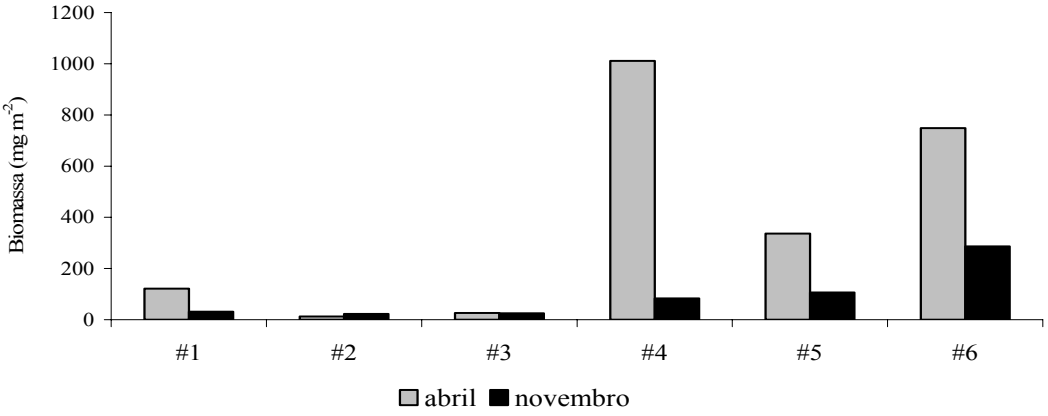



Figura 24. Biomassa média por estação de coleta da macrofauna nos dois períodos.

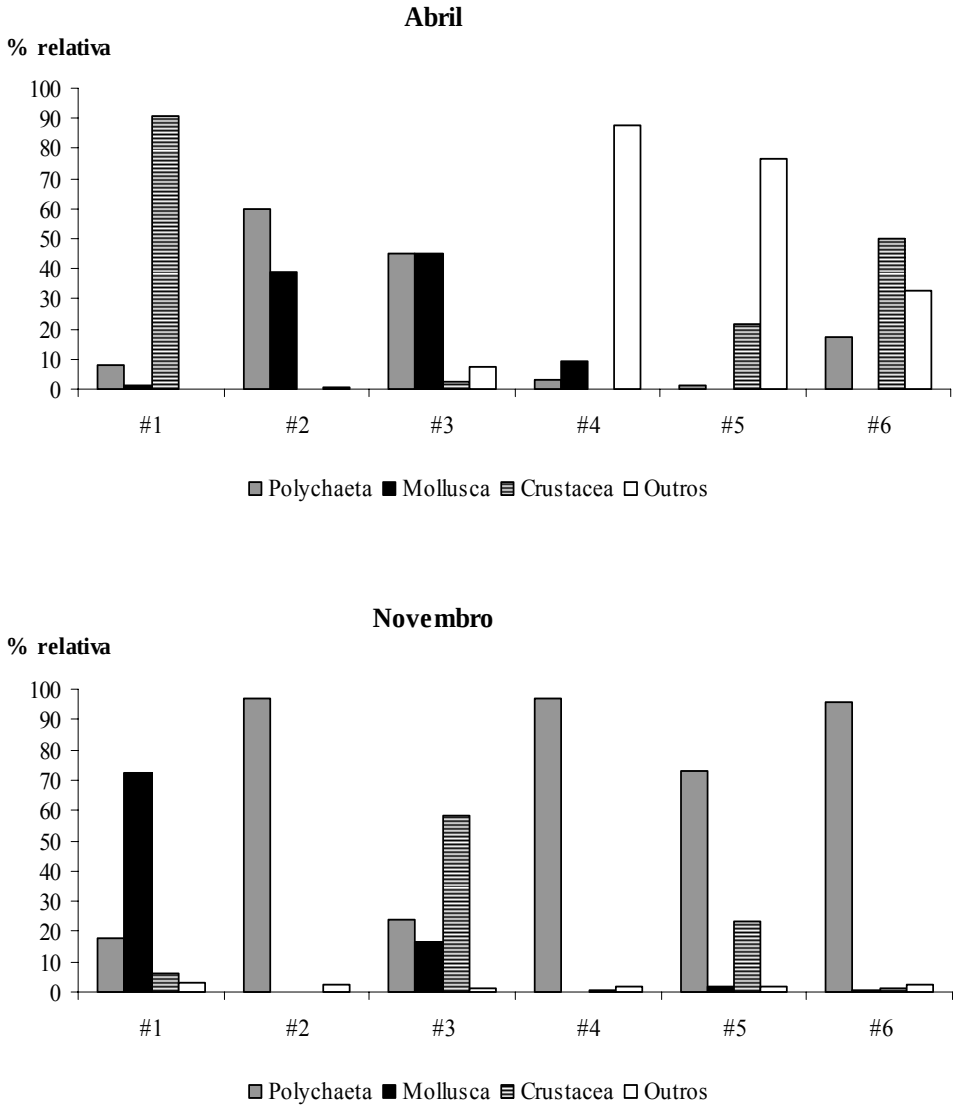



Figura 25. Contribuição relativa dos diferentes grupos da macrofauna à biomassa total em cada uma das seis estações e nos dois períodos estudados.

Na segunda coleta (novembro), a biomassa da macrofauna total foi menor do que na primeira coleta com valores que variaram entre 22,13 e 286,45 $mg.m^{-2}$ e não foram detectadas diferenças significativas entre as estações ($H = 7,842$; $p > 0,05$) (Figura 24). O grupo dos Polychaeta foi o que teve maior contribuição para a biomassa total nas estações 2, 4, 5 e 6, nas quais representaram entre 73 e 97 % (Figura 25). Na #1 os Mollusca tiveram a maior contribuição com quase 73 %, enquanto que na #3 os Crustacea contribuíram com mais de 58 % para a biomassa total da macrofauna.

### *6.4.6. Estrutura trófica e potencial de bioturbação dos organismos da macrofauna bentônica*

Em geral, os cinco grupos tróficos estiveram presentes nas seis estações e nos dois períodos de coleta, tendo sido os organismos depositívoros, tanto de superfície quanto de subsuperfície os melhor representados em termos de abundância relativa (Figura 26). Para a coleta de abril, observou-se nas # 3 e 4 o predomínio de organismos depositívoros de subsuperfície (DSS), enquanto que nas demais estações os depositívoros de superfície (DS) foram mais abundantes, seguidos dos carnívoros (C) e dos DSS. A #1 foi a única que apresentou uma abundância de organismos suspensívoros (SUS) significativamente maior ($H = 13,964$; $p < 0,05$) à observada nas outras estações (Figura 26).

Para a coleta de novembro, foi observado o predomínio dos organismos DS na maioria das estações. Nesse período, o padrão de distribuição dos grupos tróficos da macrofauna foi diferente, já que na #1 os SUS junto com os DS dominaram em termos de abundância relativa (Figura 26). Na #2 os organismos DS novamente foram os mais abundantes, porém, em contraste com a coleta anterior, os DS dominaram na #3. Ainda, a diferença do encontrado no período anterior, o predomínio dos DS foi observado na #4 comparativamente aos outros grupos, enquanto que na #5 os DSS foram significativamente mais abundantes ($H = 12,010$; $p < 0,05$) do que nos demais locais estudados (Figura 26). Finalmente, na #6 os C dominaram e os DS estiveram presentes em menor proporção do que em abril (Figura 26).

Em relação às categorias de bioturbação, na coleta de abril “diffusive mixing” (DIFF) foi a que apresentou maior abundância relativa seguida da categoria “surface deposition” (SURF) nas #3, 4 e 6 (Figura 27). Para a #2 observou-se a dominância da categoria SURF. Já nas #1 e 5 as três categorias de bioturbação DIFF, SURF e

"conveyor belt transport" (CONV), apresentaram abundâncias relativas similares (Figura 27).

Em novembro, foi verificada, uma maior abundância da categoria SURF nas #1, 2, 3 e 4, enquanto que nas #5 e 6 a categoria dominante foi a DIFF (Figura 27). Cabe ressaltar que na #1 a categoria "reverse conveyor belt transport" (REVER) mostrou uma maior abundância relativa do que em abril, enquanto que a categoria CONV decresceu (Figura 27).

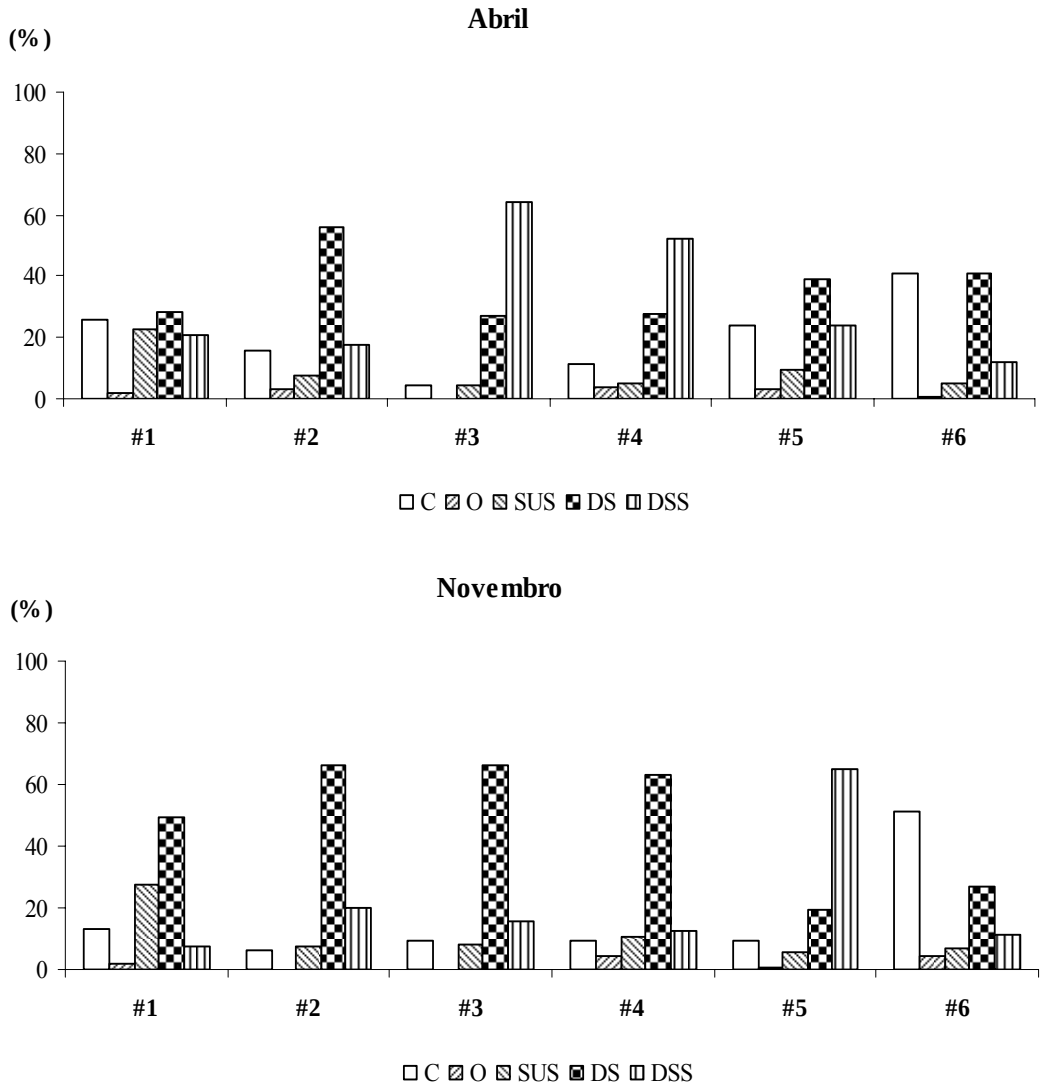



Figura 26. Abundância relativa dos grupos tróficos da macrofauna em cada estação para os dois períodos de coleta. C = carnívoros, O = onívoros, SUS = suspensívoros, DS = depositívoros de superfície, DSS = suspensívoros de subsuperfície

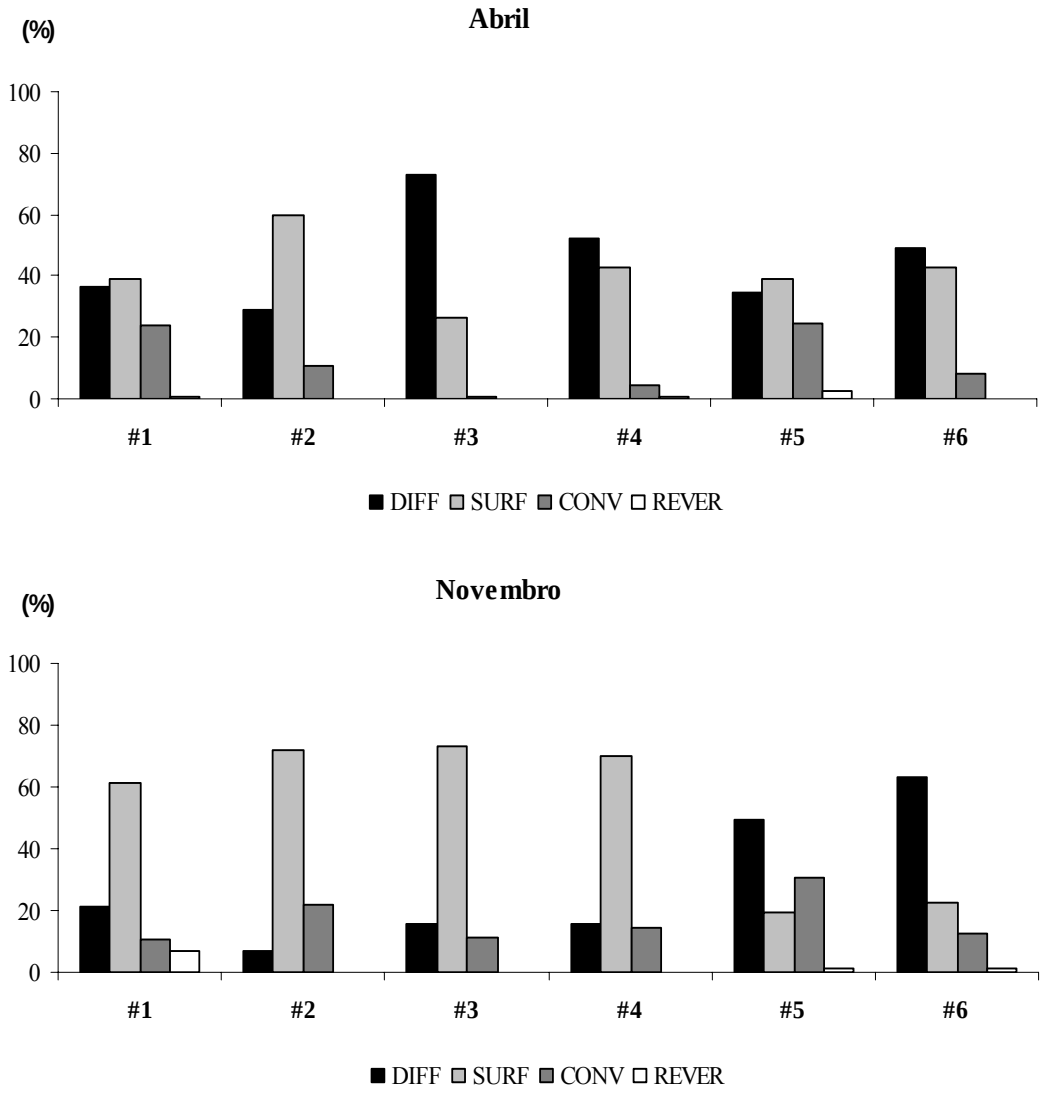



Figura 27. Abundância relativa das categorias de bioturbação nas seis estações nos dois períodos de coleta. DIFF = diffusive mixing, SURF = surface deposition, CONV = conveyor belt transport, REVER = reverse conveyor belt transport

## 6.5. Resultados das análises multivariadas

### *6.5.1. Análise de Correlação Múltipla*

Segundo os resultados desta análise, empregada para verificar o grau de relacionamento entre as variáveis abióticas e algumas bióticas, em abril foi verificada a existência de uma correlação positiva significativa entre o diâmetro médio (DM), porcentagens de carbono orgânico total, nitrogênio total e enxofre (COT, N, S), razão C:S, concentrações de carboidratos, proteínas, carbono biopolimérico e ácidos graxos saturados de cadeia longa e feopigmentos (CHO, PRT, CBP, LCSFA, Feo), e negativa com as razões PRT/CHO, LPD/CHO e também com o índice alimentar (IA) (Tabela 20a).

Os três constituintes elementares da matéria orgânica estiveram positivamente correlacionados entre eles e com a concentração de PRT, e negativamente com a razão LPD/CHO e o IA. Além disso, o COT e o S apresentaram correlação positiva com a razão C:S, os CHO, e o CBP, e negativa com PRT/CHO. O teor de enxofre também esteve positivamente correlacionado com a concentração dos lipídios (LPD) no sedimento (Tabela 20a).

Além disso, as três classes de biopolímeros orgânicos e o CBP também apresentaram correlação positiva significativa entre si, sendo que tanto os CHO e LPD, quanto o CBP mostraram correlação negativa com as razões PRT/CHO e LPD/CHO e positiva com a concentração de ácidos graxos totais, bacterianos, saturados, monoinsaturados, saturados de cadeia curta e clorofila *a* (TFA, BAFA, SFA, ΣMUFA, SCSFA e Clor *a*). Os LPD também estiveram positivamente correlacionados com o conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados (ΣPUFA), e os CHO, PRT e o CBP com os feopigmentos (Tabela 20a). O índice alimentar mostrou correlação positiva significativa com as concentrações de ΣPUFA, clorofila *a* e feopigmentos.

Dentre os biomarcadores lipídicos considerados, todos menos os LCSFA estiveram positivamente correlacionados entre eles e com a clorofila *a* (Tabela 20a).

Por outro lado, a abundância da meiofauna apresentou correlação positiva significativa com as três classes de biolpolímeros orgânicos, CBP, BAFA, ΣMUFA, SCSFA e com os Feo, e negativa com as razões PRT/CHO e LPD/CHO (Tabela 20a).

A abundância dos organismos da macrofauna esteve positivamente correlacionada com o conteúdo de ácidos graxos derivados de bactérias (BAFA) e de Feo, assim como, com a abundância da meiofauna. Além disso, tanto a abundância

quanto a diversidade (H´) da macrofauna apresentaram correlação negativa significativa com o teor de nitrogênio total (N), enquanto que a biomassa (Biomacro) mostrou correlação positiva também com os Feo e com a abundância da meiofauna, porém, esteve correlacionada negativamente com os TFA, BAFA, SFA e ΣMUFA (Tabela 20a).

Em novembro, também foi verificada correlação positiva significativa do DM com os constituintes elementares da matéria orgânica, biopolímeros orgânicos, CBP, pigmentos fotossintéticos e a abundância da meiofauna, e negativa com a razão LPD/CHO e a diversidade da macrofauna bentônica (Tabela 20b).

Por sua vez, o COT apresentou correlação positiva significativa com o N, S, a razão C:S, os biopolímeros orgânicos, CBP, clorofila *a* e feopigmentos e a meiofauna, e negativa com o IA, LPD/CHO e a diversidade da macrofauna. Já o teor de nitrogênio total, esteve positivamente correlacionado com as três classes de biopolímeros orgânicos, CBP, concentração de ácidos graxos monoinsaturados (ΣMUFA), Clor *a* e com a abundância do meiobentos. A porcentagem de enxofre apresentou correlação positiva significativa com a concentração dos CHO, PRT, CBP e feopigmentos no sedimento, e negativa com a razão LPD/CHO, IA, abundância e diversidade do macrobentos (Tabela 20b).

Além disso, a razão C:N esteve correlacionada negativamente com os pigmentos fotossintéticos, enquanto que a razão C:S apresentou correlação positiva com os CHO, LPD, PRT/CHO, a concentração de ácidos graxos totais, poliinsaturados e saturados de cadeia longa, feopigmentos (TFA, ΣPUFA, LCSFA e Feo) e também com a abundância da macrofauna e meiofauna, e correlação negativa com o IA.

As três classes de biopolímeros orgânicos estiveram positivamente correlacionadas entre si. Os CHO mostraram correlação positiva significativa com a Clor *a* e negativa com as razões LPD/CHO, PRT/CHO, TFA e ΣPUFA. Os LPD, as PRT e o CBP estiveram positivamente correlacionados com a concentração de clorofila e feopigmentos e com a abundância da meiofauna. Por sua vez, as PRT apresentaram correlação negativa com os ácidos graxos saturados totais e de cadeia curta (SCSFA) e o CBP com as razões LPD/CHO, PRT/CHO e com os TFA. A razão LPD/CHO esteve positivamente correlacionada com a razão PRT/CHO e a diversidade da macrofauna. Ambas as razões apresentaram correlação positiva com os ácidos graxos saturados de cadeia longa e os TFA. Já o IA mostrou correlação positiva significativa com a Clor *a* e

a diversidade da macrofauna e negativa com as concentrações de ΣPUFA, LCSFA e feopigmentos (Tabela 20b).

Dentre os biomarcadores lipídicos considerados, a maioria apresentou correlação positiva significativa entre si. Os TFA e os LCSFA estiveram positivamente correlacionados com a abundância do macrobentos, os ΣMUFA com a abundância do meiobentos, e os ΣPUFA tanto com a concentração de feopigmentos quanto com a abundância da macrofauna. Além disso, os SCSFA apresentaram correlação negativa com os LCSFA.

No que se refere à meiofauna, esta apresentou correlação positiva significativa com as concentrações de clorofila e feopigmentos e a macrofauna com a concentração de Clor *a* e a abundância da meiofauna (Tabela 20b).

Finalmente, a diversidade e a biomassa da macrofauna bentônica estiveram positivamente correlacionadas entre si.

No que diz respeito aos grupos tróficos, em abril os carnívoros (C) apresentaram correlação negativa significativa com as concentrações de COT, N e LPD e positiva com a razão PRT/CHO e com a abundância dos organismos depositívoros de superfície (DS) (Tabela 21).

Os suspensívoros (SUS) estiveram positivamente correlacionados com as razões C:N, LPD/CHO e com o índice alimentar (IA) e negativamente com o diâmetro médio (phi) das partículas de sedimento, os teores de COT, N e S, a razão C:S e as concentrações de PRT, CHO, CBP e feopigmentos (Feo).

Os organismos DS mostraram correlação positiva significativa com a concentração de clorofila *a* (Clor *a*) e os depositívoros de subsuperfície (DSS) mostraram correlação positiva com os BAFA e a concentração de feopigmentos. Tanto os DS quanto os DSS estiveram positivamente correlacionados com a abundância da meiofauna bentônica (Tabela 21).

Em novembro, os carnívoros mostraram correlação negativa com o teor de enxofre (S) e positiva com a razão C:S. Os onívoros (O) também estiveram negativamente correlacionados com o S e positivamente com a abundância dos DS (Tabela 21). Por sua vez, os suspensívoros apresentaram correlação negativa significativa com as seguintes variáveis, o diâmetro médio (DM), COT, N, S, C:N e PRT.

Tabela 20. Matriz de correlação múltipla entre algumas das variáveis biogeoquímicas e biológicas consideradas. Coeficientes de Correlação de Pearson significativos (p < 0,05) em negrito.

**a) Abril**

| | DM (phi) | COT (%) | N (%) | S (%) | C:N | C:S | CHO | LPD | PRT | CBP | LPD/CHO | PRT/CHO | IA | TFA | BAFA | SFA | ΣMUFA | ΣPUFA | SCSFA | LCSFA | Clor *a* | Feo | Meio | Macro | H´ | Biomacro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DM (phi) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COT (%) | **0.76** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N (%) | **0.62** | **0.66** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S (%) | **0.77** | **0.97** | **0.62** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C:N | -0.17 | -0.08 | 0.05 | -0.25 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C:S | **0.53** | **0.61** | -0.11 | **0.64** | -0.27 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CHO | **0.62** | **0.64** | 0.22 | **0.65** | -0.13 | **0.71** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LPD | 0.15 | 0.29 | 0.23 | **0.37** | -0.20 | 0.17 | **0.39** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRT | **0.65** | **0.61** | **0.44** | **0.67** | -0.30 | **0.47** | **0.49** | **0.33** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CBP | **0.63** | **0.67** | 0.27 | **0.70** | -0.17 | **0.70** | **0.98** | **0.52** | **0.58** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LPD/CHO | **-0.74** | **-0.74** | **-0.38** | **-0.78** | 0.18 | **-0.72** | **-0.86** | **-0.32** | **-0.70** | **-0.88** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRT/CHO | **-0.28** | **-0.43** | -0.01 | **-0.43** | 0.01 | **-0.57** | **-0.82** | **-0.40** | -0.13 | **-0.79** | **0.67** | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| IA | **-0.61** | **-0.70** | **-0.69** | **-0.72** | 0.14 | -0.28 | -0.15 | -0.11 | **-0.51** | -0.20 | **0.46** | -0.04 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| TFA | -0.01 | 0.13 | 0.03 | 0.16 | -0.09 | 0.11 | **0.40** | **0.76** | 0.03 | **0.46** | -0.18 | **-0.47** | 0.18 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| BAFA | 0.04 | 0.19 | 0.07 | 0.22 | -0.10 | 0.13 | **0.43** | **0.73** | 0.08 | **0.49** | -0.23 | **-0.46** | 0.10 | **0.96** | 1 | | | | | | | | | | | |
| SFA | 0.03 | 0.15 | 0.02 | 0.19 | -0.12 | 0.14 | **0.42** | **0.69** | 0.05 | **0.47** | -0.20 | **-0.46** | 0.15 | **0.95** | **0.98** | 1 | | | | | | | | | | |
| ΣMUFA | 0.13 | 0.23 | 0.11 | 0.27 | -0.14 | 0.17 | **0.50** | **0.72** | 0.20 | **0.56** | -0.29 | **-0.48** | 0.12 | **0.94** | **0.93** | **0.93** | 1 | | | | | | | | | |
| ΣPUFA | -0.27 | -0.14 | -0.18 | -0.14 | -0.11 | -0.04 | 0.18 | **0.37** | -0.11 | 0.20 | 0.01 | **-0.32** | **0.44** | **0.62** | **0.58** | **0.61** | **0.60** | 1 | | | | | | | | |
| SCSFA | -0.13 | 0.09 | 0.08 | 0.12 | -0.05 | -0.06 | **0.32** | **0.73** | -0.01 | **0.37** | -0.11 | **-0.41** | 0.17 | **0.92** | **0.93** | **0.91** | **0.88** | **0.62** | 1 | | | | | | | |
| LCSFA | **0.42** | 0.14 | -0.05 | 0.15 | -0.12 | **0.42** | 0.17 | -0.28 | 0.17 | 0.13 | -0.20 | 0.02 | -0.12 | -0.22 | -0.19 | -0.09 | -0.14 | -0.20 | **-0.49** | 1 | | | | | | |
| Clor *a* | 0.05 | 0.10 | 0.14 | 0.08 | -0.07 | -0.07 | **0.34** | **0.40** | 0.16 | **0.37** | -0.12 | -0.30 | **0.31** | **0.66** | **0.66** | **0.64** | **0.68** | **0.52** | **0.70** | **-0.31** | 1 | | | | | |
| Feo | **0.47** | **0.44** | 0.21 | **0.51** | **-0.33** | **0.53** | **0.38** | 0.21 | **0.53** | **0.42** | **-0.63** | -0.19 | **-0.48** | 0.10 | 0.15 | 0.08 | 0.08 | -0.04 | 0.01 | 0.17 | -0.09 | 1 | | | | |
| Meio | 0.09 | 0.19 | 0.07 | 0.22 | -0.11 | 0.19 | **0.37** | **0.44** | **0.33** | **0.42** | **-0.35** | **-0.31** | -0.03 | 0.31 | **0.37** | 0.26 | **0.36** | 0.17 | **0.34** | -0.26 | 0.30 | **0.36** | 1 | | | |
| Macro | -0.08 | -0.07 | **-0.32** | -0.02 | -0.16 | 0.23 | 0.10 | 0.04 | 0.06 | 0.10 | -0.11 | -0.12 | 0.18 | 0.26 | **0.34** | 0.28 | 0.20 | 0.22 | 0.25 | -0.05 | 0.30 | **0.41** | **0.39** | 1 | | |
| H´ | -0.24 | -0.23 | **-0.50** | -0.26 | 0.09 | 0.12 | -0.22 | -0.16 | 0.00 | -0.22 | 0.26 | 0.23 | 0.28 | -0.14 | -0.15 | -0.15 | -0.08 | 0.06 | -0.17 | 0.04 | -0.07 | -0.08 | 0.12 | 0.15 | 1 | |
| Biomacro | -0.06 | -0.08 | -0.17 | -0.03 | -0.13 | 0.08 | -0.10 | -0.20 | 0.21 | -0.09 | -0.16 | 0.01 | -0.07 | **-0.33** | **-0.32** | **-0.35** | **-0.30** | -0.24 | -0.33 | 0.02 | -0.22 | 0.30 | **0.36** | **0.36** | 0.09 | 1 |

**b) Novembro**

| | DM (phi) | COT (%) | N (%) | S (%) | C:N | C:S | CHO | LPD | PRT | CBP | LPD/CHO | PRT/CHO | IA | TFA | BAFA | SFA | ΣMUFA | ΣPUFA | SCSFA | LCSFA | Clor *a* | Feo | Meio | Macro | H´ | Biomacro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DM (phi) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COT (%) | **0.84** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N (%) | **0.66** | **0.75** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S (%) | **0.47** | **0.54** | 0.11 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C:N | -0.05 | -0.11 | 0.04 | -0.10 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C:S | **0.34** | **0.47** | 0.23 | -0.21 | -0.21 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CHO | **0.69** | **0.65** | **0.68** | **0.40** | -0.07 | 0.04 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LPD | **0.57** | **0.55** | **0.51** | 0.16 | -0.25 | **0.35** | **0.55** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRT | **0.77** | **0.78** | **0.46** | **0.42** | -0.19 | **0.57** | **0.55** | **0.63** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CBP | **0.76** | **0.72** | **0.69** | **0.42** | -0.12 | 0.16 | **0.98** | **0.67** | **0.68** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LPD/CHO | **-0.37** | **-0.27** | -0.27 | **-0.33** | -0.11 | 0.16 | **-0.48** | -0.05 | -0.14 | **-0.43** | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRT/CHO | -0.16 | -0.04 | -0.16 | -0.17 | -0.07 | **0.32** | **-0.37** | 0.02 | 0.12 | **-0.29** | **0.94** | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| IA | -0.18 | **-0.43** | -0.03 | **-0.38** | 0.08 | **-0.41** | 0.24 | 0.10 | -0.25 | 0.17 | -0.12 | **-0.27** | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| TFA | -0.15 | 0.01 | -0.04 | -0.20 | -0.12 | **0.40** | **-0.30** | -0.09 | -0.10 | **-0.27** | **0.28** | **0.28** | **-0.32** | 1 | | | | | | | | | | | | |
| BAFA | -0.08 | 0.04 | -0.03 | 0.04 | -0.21 | 0.09 | -0.14 | 0.08 | -0.15 | -0.12 | 0.08 | 0.02 | -0.26 | **0.74** | 1 | | | | | | | | | | | |
| SFA | -0.12 | -0.07 | 0.05 | -0.01 | -0.13 | -0.19 | -0.04 | 0.08 | **-0.30** | -0.05 | 0.01 | -0.08 | -0.01 | **0.42** | **0.79** | 1 | | | | | | | | | | |
| ΣMUFA | -0.01 | 0.13 | **0.28** | -0.24 | -0.11 | 0.24 | -0.04 | 0.13 | -0.09 | -0.03 | 0.09 | 0.08 | -0.14 | **0.69** | **0.72** | **0.67** | 1 | | | | | | | | | |
| ΣPUFA | -0.07 | 0.04 | -0.07 | -0.23 | -0.10 | **0.55** | **-0.29** | -0.12 | 0.06 | -0.25 | 0.22 | 0.26 | **-0.29** | **0.83** | **0.39** | -0.05 | **0.35** | 1 | | | | | | | | |
| SCSFA | -0.10 | -0.08 | 0.03 | 0.05 | -0.16 | -0.26 | -0.01 | 0.09 | **-0.29** | -0.03 | -0.06 | -0.16 | 0.00 | 0.21 | **0.66** | **0.95** | **0.53** | -0.26 | 1 | | | | | | | |
| LCSFA | 0.00 | 0.15 | 0.04 | -0.14 | -0.02 | **0.50** | -0.18 | 0.01 | 0.13 | -0.13 | **0.40** | **0.46** | **-0.27** | **0.70** | **0.34** | -0.06 | **0.35** | **0.79** | **-0.31** | 1 | | | | | | |
| Clor *a* | **0.49** | **0.32** | **0.51** | -0.17 | **-0.28** | 0.24 | **0.44** | **0.68** | **0.37** | **0.51** | -0.08 | -0.08 | **0.33** | -0.14 | 0.00 | 0.12 | 0.18 | -0.17 | 0.16 | -0.14 | 1 | | | | | |
| Feo | **0.50** | **0.51** | 0.05 | **0.37** | **-0.30** | **0.61** | 0.20 | **0.48** | **0.71** | **0.33** | 0.05 | 0.22 | **-0.37** | 0.12 | 0.06 | -0.24 | -0.19 | **0.29** | -0.21 | 0.25 | 0.25 | 1 | | | | |
| Meio | **0.31** | **0.28** | **0.39** | -0.15 | -0.30 | **0.37** | 0.28 | **0.46** | **0.34** | **0.34** | -0.05 | -0.01 | -0.01 | 0.16 | 0.21 | 0.20 | **0.42** | 0.09 | 0.23 | 0.04 | **0.51** | **0.30** | 1 | | | |
| Macro | **-0.03** | -0.13 | -0.03 | **-0.52** | -0.16 | **0.52** | -0.06 | 0.07 | 0.08 | -0.03 | 0.10 | 0.09 | 0.21 | **0.29** | -0.02 | -0.05 | 0.12 | **0.43** | -0.11 | **0.29** | **0.29** | 0.18 | **0.46** | 1 | | |
| H´ | **-0.32** | **-0.38** | -0.17 | **-0.62** | -0.10 | 0.18 | -0.15 | -0.03 | -0.24 | -0.16 | **0.38** | 0.26 | **0.37** | 0.11 | 0.04 | 0.09 | 0.09 | 0.14 | 0.06 | 0.15 | 0.17 | -0.07 | 0.24 | **0.60** | 1 | |
| Biomacro | -0.17 | -0.13 | -0.16 | -0.23 | 0.29 | 0.19 | -0.13 | -0.28 | -0.05 | -0.15 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | -0.06 | -0.17 | -0.18 | -0.08 | -0.03 | -0.13 | -0.02 | -0.25 | 0.01 | -0.06 | 0.14 | **0.29** | 1 |

Tabela 21. Resultados da análise de correlação entre os grupos tróficos e as categorias de bioturbação da macrofauna bentônica. São apresentados os Coeficientes de Correlação de Pearson significativos ($p < 0,05$).

| **Abril** | | **Novembro** | |
|---|---|---|---|
| *Carnívoros* | | *Carnívoros* | |
| COT | r = -0.320 | S | r = -0.402 |
| N | r = -0.415 | C:S | r = 0.335 |
| LPD | r = -0.341 | | |
| PRT/CHO | r = 0.328 | | |
| DS | r = 0.506 | | |
| *Onívoros* | | *Onívoros* | |
| | | S | r = -0.324 |
| | | DS | r = 0.363 |
| *Suspensívoros* | | *Suspensívoros* | |
| DM | r = -0.595 | DM | r = -0.350 |
| COT | r = -0.463 | COT | r = -0.536 |
| N | r = -0.479 | N | r = -0.444 |
| S | r = -0.547 | S | r = -0.325 |
| C:N | r = 0.484 | C:N | r = -0.350 |
| C:S | r = -0.312 | PRT | r = -0.427 |
| CHO | r = -0.355 | | |
| PRT | r = -0.426 | | |
| CBP | r = -0.399 | | |
| LPD/CHO | r = 0.456 | | |
| IA | r = 0.509 | | |
| Feo | r = -0.429 | | |
| *Depositívoros de superfície* | | *Depositívoros de superfície* | |
| Clor *a* | r = 0.304 | S | r = -0.392 |
| Meio | r = 0.456 | C:N | r = -0.474 |
| | | Clor *a* | r = 0.428 |
| | | Meio | r = 0.647 |
| *Depositívoros de subsuperfície* | | *Depositívoros de subsuperfície* | |
| BAFA | r = 0.357 | S | r = -0.375 |
| Feo | r = 0.390 | C:S | r = 0.629 |
| Meio | r = 0.337 | TFA | r = 0.517 |
| | | ΣPUFA | r = 0.756 |
| | | Feo | r = 0.436 |
| *"Diffusive mixing"* | | *"Diffusive mixing"* | |
| BAFA | r = 0.366 | S | r = -0.485 |
| Feo | r = 0.462 | C:S | r = 0.636 |
| | | TFA | r = 0.322 |
| | | ΣPUFA | r = 0.552 |
| | | Feo | r = 0.324 |
| | | Meio | r = 0.316 |
| *"Surface deposition"* | | *"Surface deposition"* | |
| Meio | r = 0.524 | S | r = -0.368 |
| | | C:N | r = -0.495 |
| | | CHO | r = 0.349 |
| | | IA | r = 0.307 |
| | | Clor *a* | r = 0.480 |
| | | Meio | r = 0.646 |
| *"Conveyor belt transport"* | | *"Conveyor belt transport"* | |
| N | r = -0.328 | S | r = -0.409 |
| S | r = -0.332 | C:S | r = 0.588 |
| LPD | r = -0.352 | TFA | r = 0.507 |
| LPD/CHO | r = 0.336 | ΣPUFA | r = 0.651 |
| IA | r = 0.401 | Feo | r = -0.367 |
| Feo | r = -0.349 | | |
| *"Reverse conveyor belt transport"* | | *"Reverse conveyor belt transport"* | |
| | | DM | r = -0.514 |
| | | COT | r = -0.435 |
| | | N | r = -0.380 |
| | | C:N | r = -0.465 |
| | | PRT | r = -0.416 |
| | | BAFA | r = 0.329 |

Os organismos DS tiveram correlação positiva com a clorofila *a* e a meiofauna, e negativa com o teor de enxofre e a razão C:N. Além disso, os DSS apresentaram correlação negativa significativa com o S, e positiva com a razão C:S, os TFA, ΣPUFA e os feopigmentos (Tabela 21).

Na coleta de abril, das quatro categorias de bioturbacão os "diffusive mixing" (DIFF) estiveram positivamente correlacionados com os BAFA e os feopigmentos, e os "surface deposition" (SURF) com a abundância do meiobentos (Tabela 21).

Por outro lado, os "conveyor belt transport" (CONV) mostraram correlação negativa significativa com o N, S, LPD e os feopigmentos, e positiva com a razão LPD/CHO e o IA.

Já na coleta de novembro, os DIFF estiveram negativamente correlacionados com o S, epositivamente com C:S, TFA, ΣPUFA, os feopigmentos e a meiofauna. Além disso, os SURF mostraram correlação negativa com teor de S, a razão C:N e positiva com a concentração de CHO, clorofila *a*, com o IA e a abundância da meiofauna (Tabela 21).

Por sua vez, os CONV que também estiveram negativamente correlacionados com o S, apresentaram correlação positiva com as seguintes variáveis C:S, TFA, ΣPUFA e Feo. Por último, os "reverse conveyor belt transport" (REVER) tiveram correlação negativa significativa com o diâmetro médio das partículas de sedimento (DM), COT, N, C:N e as PRT e positiva unicamente com os BAFA (Tabela 21).

### *6.5.2. Composição específica das comunidades da macrofauna bentônica*

As abundâncias das espécies da macrofauna em cada estação para ambas as coletas são apresentadas no Anexo III. Os resultados da análise de ordenação mostraram a separação das estações de coleta em dois grandes grupos com base na abundância das espécies. O Grupo I foi formado pelas estações 2, 3 e 4 e o Grupo II pelas estações 1, 5 e 6, de ambos os períodos estudados (Figura 28). O diagrama de ordenação apresentou um valor de stress de 0,13 indicando uma boa ordenação das estações em duas dimensões (Clarke & Warwick, 1994).

Os resultados da ANOSIM mostraram a existência de diferenças significativas entre os grupos I e II com um valor de R Global = 0,578 e um nível de significância de 0,2 %. Nesta análise foram realizadas 462 permutações, tendo sido observado somente um R simulado maior ou igual ao R Global.

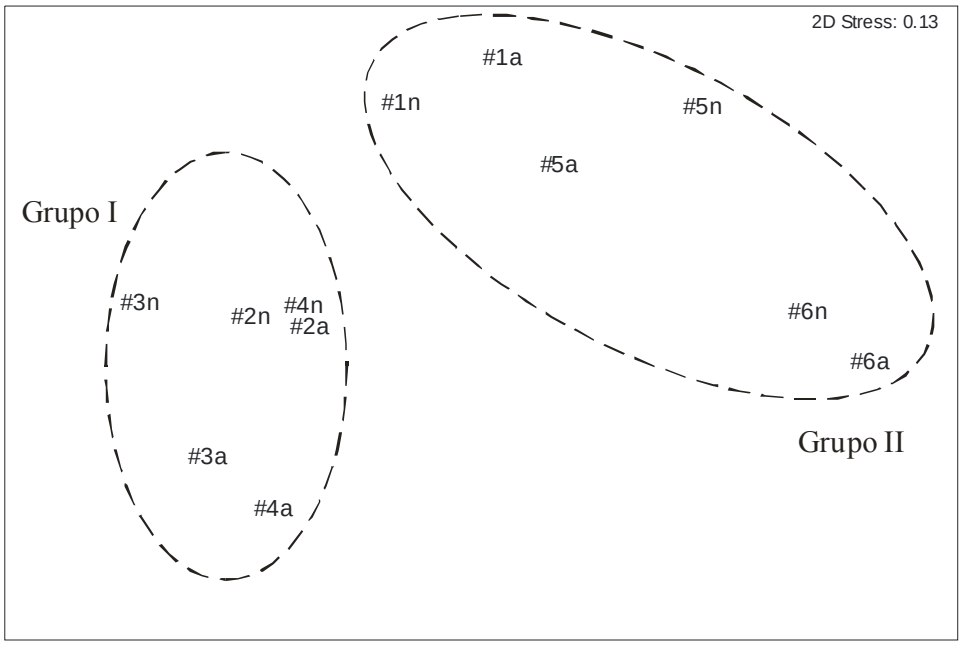



Figura 28. Análise de ordenação (MDS) das seis estações em função da abundância das espécies da macrofauna bentônica nos dois períodos.

Segundo os resultados da SIMPER a dissimilaridade média entre o Grupo I e o Grupo II foi maior de 70 % (Tabela 22). As espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade entre os grupos foram os Polychaeta *Cossura* sp., *Sternaspis capillata* e *Aricidea (A.) simplex*, os quais apresentaram maior abundância média no Grupo I do que no II, e também *Mediomastus capensis*, *Kinbergonuphis orensanzi*, *Cirrophorus americanus*, *Notomastus lobatus* junto com o Tanaidacea *Saltipedes paulensis*, que apresentaram maior abundância média no Grupo II, estando inclusive alguns deles ausentes no Grupo I (Tabela 22).

Os resultados da BIO-ENV mostraram que as variáveis que melhor explicaram o padrão de distribuição das espécies da macrofauna entre as estações de coleta foram o teor de enxofre, a concentração de lipídios e clorofila *a* e LCSFA no sedimento e a abundância da meiofauna, com um coeficiente de correlação de Spearman $\rho w = 0{,}474$. Os valores médios destas variáveis para cada grupo são apresentados na Tabela 23.

Tabela 22. Resultados da análise SIMPER, as espécies que mais contribuiram para as diferenças entre os grupos aparecem em negrito.

| *Grupos I e II* Dissimilaridade média = 72.79 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Espécies | Grupo II Abund. média | Grupo I Abund. média | Diss. média | Contrib. % | Cum. % |
| ***Cossura* sp.** | 12 | 73 | 5,84 | 8,02 | 8,02 |
| ***Sternaspis capillata*** | 2 | 43 | 3,71 | 5,09 | 13,11 |
| ***Mediomastus capensis*** | 43 | 31 | 2,35 | 3,23 | 16,34 |
| ***Kinbergonuphis orensanzi*** | 22 | 0 | 2,15 | 2,96 | 19,3 |
| ***Saltipedes paulensis*** | 21 | 0 | 1,85 | 2,55 | 21,85 |
| ***Aricidea (A.) simplex*** | 13 | 24 | 1,65 | 2,27 | 24,11 |
| ***Cirrophorus americanus*** | 17 | 2 | 1,53 | 2,11 | 26,22 |
| ***Notomastus lobatus*** | 16 | 0 | 1,52 | 2,08 | 28,3 |
| *Lumbrineris tetraura* | 14 | 12 | 1,44 | 1,98 | 30,28 |
| *Paraprionospio pinnata* | 16 | 4 | 1,34 | 1,84 | 32,12 |
| *Levinsenia gracilis* | 14 | 0 | 1,3 | 1,78 | 33,9 |
| *Ophiodromus* sp. | 15 | 2 | 1,27 | 1,74 | 35,64 |
| *Parandalia americana* | 13 | 0 | 1,25 | 1,72 | 37,36 |
| *Magelona papillicornis* | 16 | 11 | 1,25 | 1,72 | 39,09 |
| *Spiophanes missionensis* | 11 | 4 | 1,24 | 1,71 | 40,79 |
| *Cirrophorus branchiatus* | 13 | 4 | 1,19 | 1,64 | 42,43 |
| *Sthenelais limicola* | 7 | 13 | 1,17 | 1,61 | 44,04 |
| Cephalocarida | 12 | 0 | 1,12 | 1,54 | 45,58 |
| *Magelona variolamellata* | 15 | 7 | 1,03 | 1,41 | 46,99 |
| *Timarete* sp. | 11 | 2 | 1 | 1,38 | 48,37 |
| *Neanthes bruaca* | 14 | 14 | 0,99 | 1,36 | 49,73 |
| *Prionospio dayi* | 8 | 7 | 0,96 | 1,32 | 51,05 |
| *Corbula caribaea* | 6 | 6 | 0,93 | 1,27 | 52,32 |
| *Ceratocephale oculata* | 0 | 11 | 0,91 | 1,24 | 53,57 |
| *Scolelepsis squamata* | 5 | 8 | 0,89 | 1,22 | 54,79 |
| *Gyptis capensis* | 2 | 10 | 0,86 | 1,18 | 55,97 |
| *Sigambra grubii* | 24 | 15 | 0,86 | 1,18 | 57,15 |
| *Ampelisca paria* | 9 | 0 | 0,86 | 1,18 | 58,33 |
| *Macoma brevifrons* | 5 | 5 | 0,81 | 1,11 | 59,44 |
| *Amphipholis* sp. | 9 | 3 | 0,8 | 1,1 | 60,54 |
| *Lumbrineris januarii* | 8 | 2 | 0,78 | 1,08 | 61,62 |
| *Politolana eximia* | 9 | 0 | 0,77 | 1,06 | 62,68 |
| *Pinnixa sayana* | 7 | 6 | 0,77 | 1,05 | 63,73 |
| *Kinbergonuphis difficilis* | 8 | 0 | 0,75 | 1,04 | 64,77 |
| *Fimbriosthenelais mariani* | 0 | 9 | 0,75 | 1,03 | 65,8 |
| *Laonice branchiata* | 0 | 7 | 0,73 | 1 | 66,8 |
| *Ninöe brasiliensis* | 7 | 5 | 0,71 | 0,98 | 67,78 |
| *Cabira incerta* | 5 | 5 | 0,68 | 0,93 | 68,72 |
| *Ctena pectinella* | 7 | 0 | 0,67 | 0,93 | 69,64 |
| *Glycinde multidens* | 6 | 4 | 0,66 | 0,91 | 70,55 |
| *Goniada littorea* | 6 | 4 | 0,66 | 0,9 | 71,45 |
| *Corbula contracta* | 7 | 2 | 0,66 | 0,9 | 72,36 |
| *Magelona posterolongata* | 4 | 7 | 0,63 | 0,87 | 73,22 |

Tabela 23. Valores médios para cada grupo de estações das variáveis que melhor explicaram o padrão de distribuição das espécies da macrofauna bentônica.

| | Grupo I | Grupo II |
|---|---|---|
| Meio (ind. 10 $cm^{-2}$) | 908 | 289 |
| Clor *a* ($\mu g\ g^{-1}$) | 8,24 | 3,64 |
| S (%) | 0,28 | 0,21 |
| LPD ($mg\ g^{-1}$) | 2,02 | 1,47 |
| LCSFA ($mg\ g^{-1}$) | 6,12 | 12,25 |

*6.5.3. Distribuição vertical e horizontal das espécies mais abundantes da macrofauna bentônica*

Dentre as espécies com maior contribuição para as diferenças entre os grupos da macrofauna bentônica, o Polychaeta *Cossura* sp. foi a espécie mais abundante em ambos os períodos de coleta nas estações 2, 3 e 4, locais onde apresentou máximos subsuperficiais de abundância (Figuras 29 e 30). *Sternaspis capillata* esteve presente nestas estações em abril e mostrou uma abundância particularmente alta na #3 no estrato de 2-4 cm. Já *Mediomastus capensis* apresentou maiores abundâncias nas estações 1e 5 em abril e na estação 5 em novembro, com um pico de abundância no estrato de 2-4 cm (Figuras 29 e 30).

Por outro lado, *Kinbergonuphis orensanzi* esteve presente exclusivamente na #6, nos dois períodos, sendo que a sua abundância foi maior no primeiro horizonte de sedimento e tendeu a diminuir no interior da coluna sedimentar (Figura 29 e 30). O Tanaidacea *Saltipedes paulensis*, que foi registrado somente na estação 5 em ambos os períodos, apresentou maiores abundâncias na coleta de novembro nos três primeiros horizontes de sedimento (Figura 29 e 30).

Em abril o Polychaeta *Aricidea (A.) simplex* apresentou maior abundância nos estratos de 2-4 e 4-6 cm nas estações 3 e 4, enquanto que em novembro, as maiores abundâncias corresponderam ao estrato superficial das # 2, 4 e 6. Em ambas as coletas *Cirrophorus americanus* e *Notomastus lobatus* ocorreram em maiores abundâncias nas estações 5 e 6 em novembro e na #6 em abril (Figura 29), locais onde apresentaram vários picos de abundância, inclusive nos estratos mais profundos (Figura 30).

Dentre as espécies mais abundantes da macrofauna bentônica, porém com menor contribuição para a diferenças entre os dois grupos de estações, o Polychaeta *Lumbrineris tetraura* ocorreu nas estações 2, 4 e 5 e nas estações 1, 4 e 5 em abril e

novembro, respectivamente (Figura 29), tendo apresentado uma maior abundância nos dois primeiros estratos da #5 nos dois períodos (Figura 30).

Além disso, *Magelona papillicornis* foi mais abundante na #1 em novembro, principalmente nos estratos mais profundos da coluna sedimentar, enquanto que *Spiophanes missionensis* mostrou uma elevada abundância na coleta de abril na #6, no estrato de 0-2 cm (Figuras 29 e 30). Por sua vez, *Magelona variolamellata* e *Timarete* sp. foram mais abundantes na #1.

No que diz respeito aos Crustacea, estes ocorreram quase que exclusivamente nas estações do Grupo II. O Amphipoda *Globosolembos* sp. esteve presente em maior abundância na #1 e *Ampelisca paria* ocorreu nas #1 e 6 (Figura 29), porém unicamente no primeiro horizonte da coluna sedimentar (Figura 30). Além disso, o Brachyura *Pinnixa sayana* foi registrado em maior abundância nas #4 e 6 nos estratos de 2-4 e de 4-6 cm (Figuras 29 e 30).

Os Mollusca também foram mais abundantes nas estações do Grupo II, principalmente na #1, onde os bivalves *Corbula caribaea* e *Macoma brevifrons* apresentaram picos de abundância nos estratos de 4-6 e 10-12 cm, e nos estratos de 0-2, 6-8 e 12-15 cm, respectivamente (Figuras 29 e 30).

Finalmente, dos outros grupos destaca-se o Sipuncula *Aspidosiphon* sp., que esteve presente em todas as estações em ambas as coletas mas apresentou uma maior abundância na #2 em abril (Figura 29).

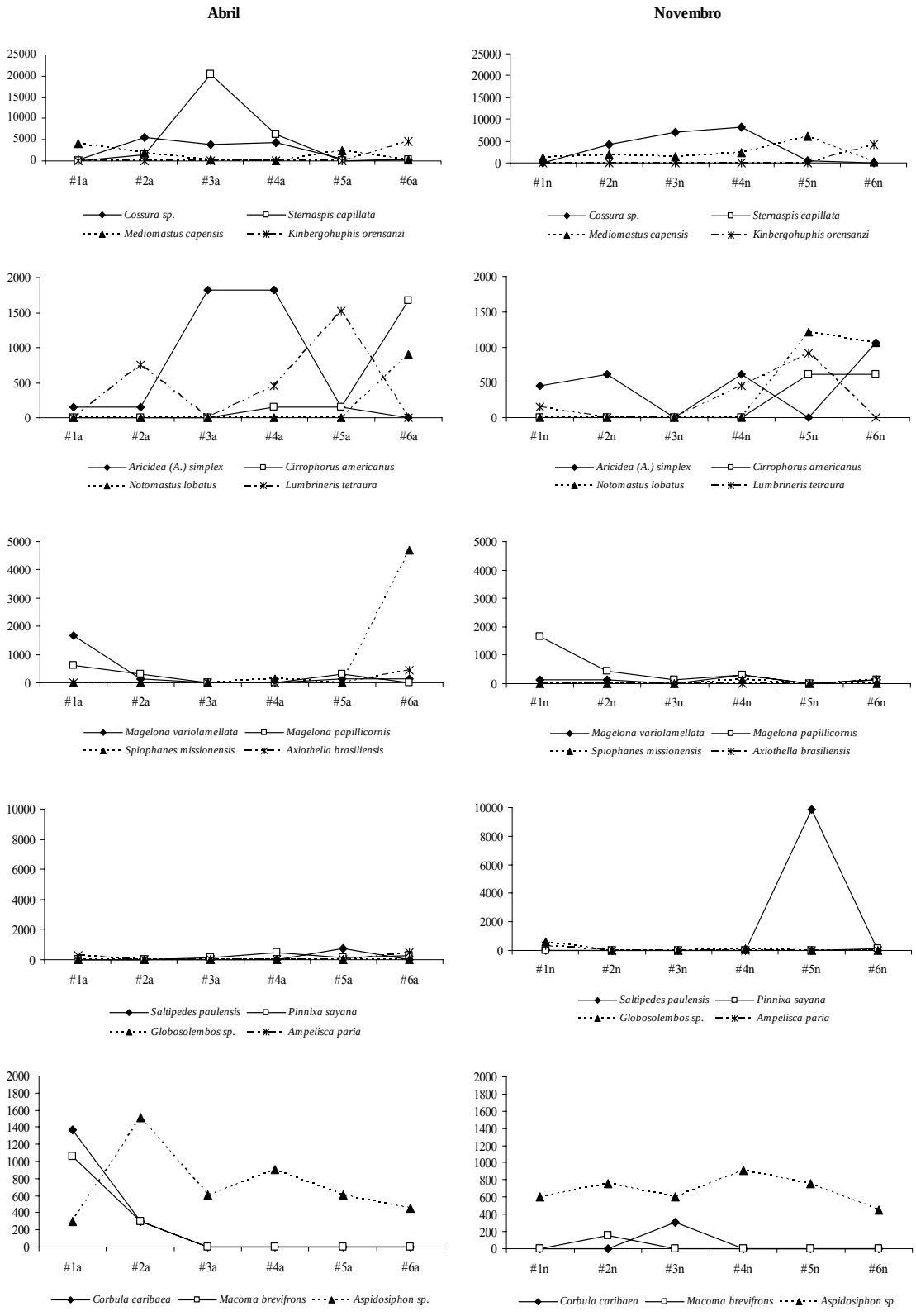



Figura 29. Abundância total (ind. $m^{-2}$) de algumas das espécies mais numerosas dos grupos da macrofauna bentônica nas seis estações, para ambos os períodos estudados.

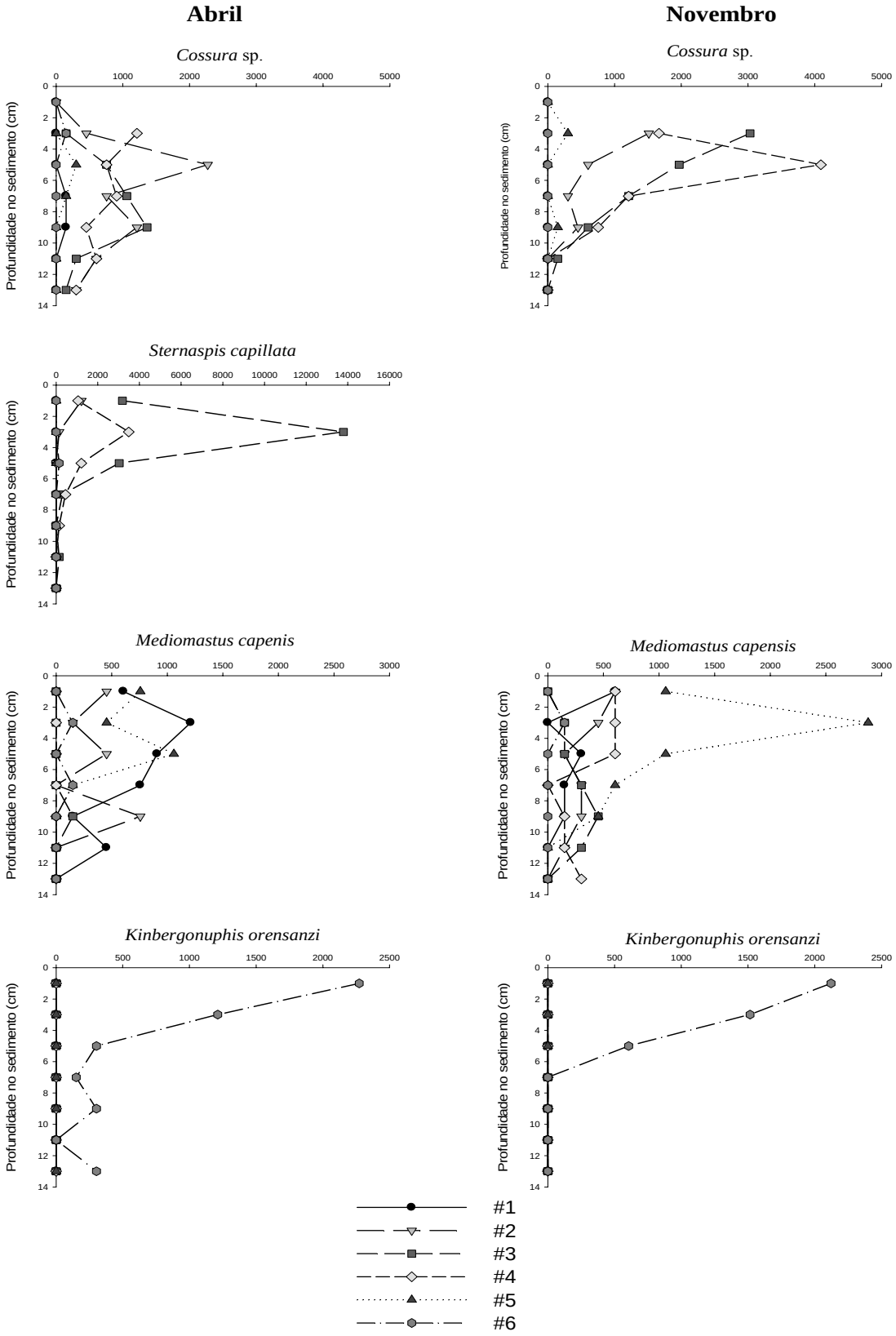



Figura 30. Distribuição vertical de algumas das espécies mais abundantes dos grupos da macrofauna bentônica nas seis estações, para ambos os períodos estudados.

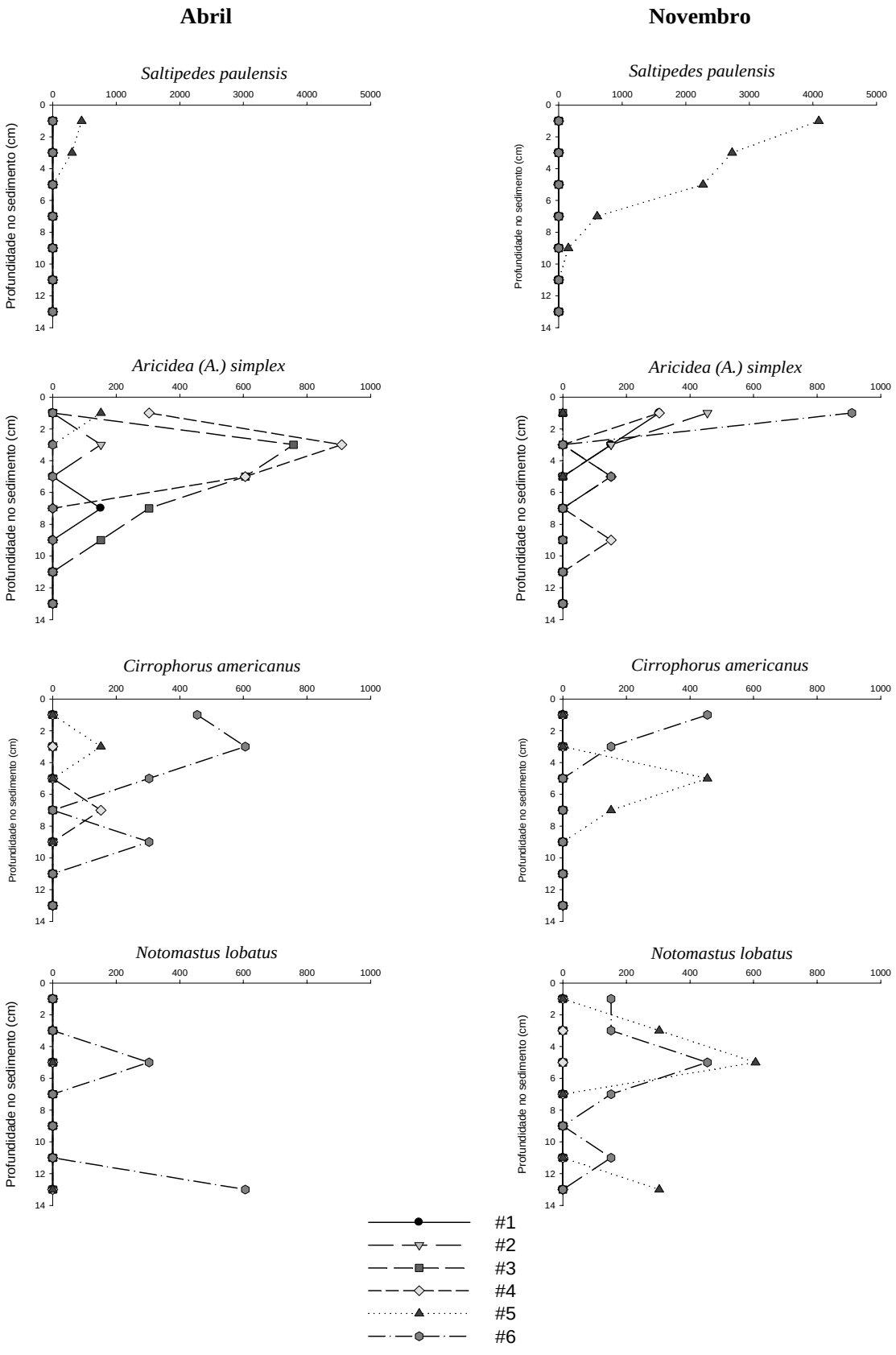



Figura 30. Continuação.

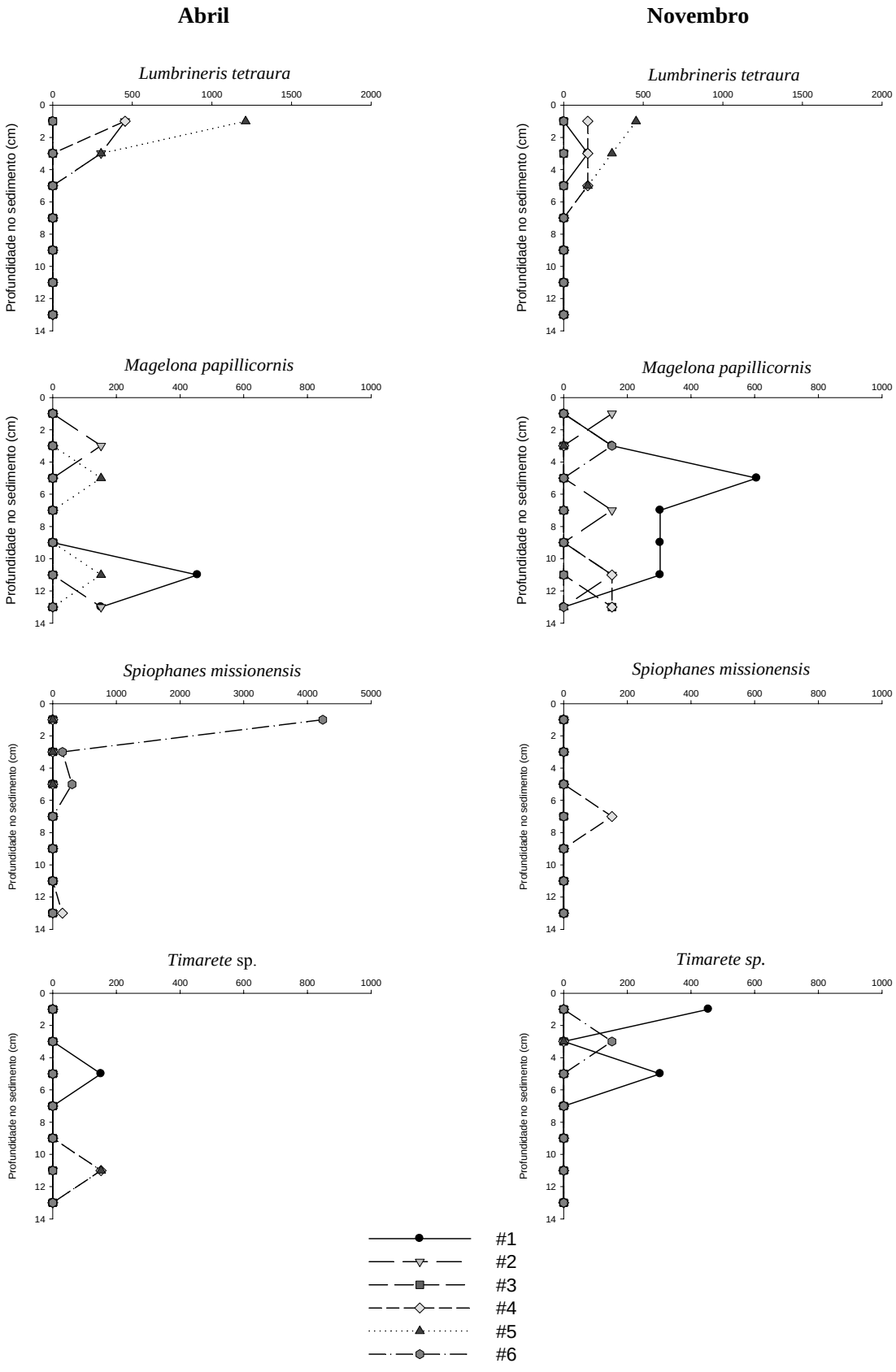



Figura 30. Continuação.

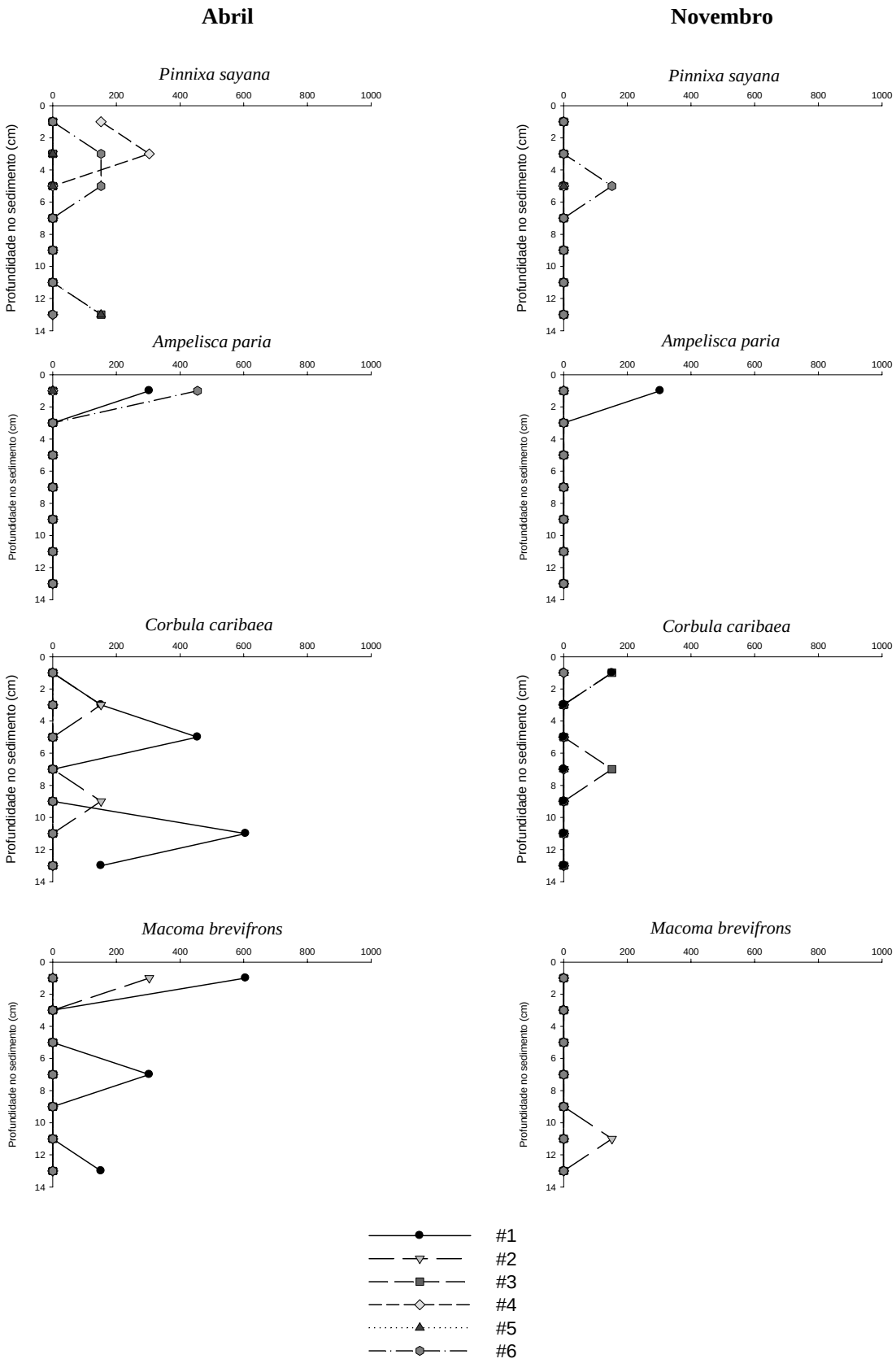



Figura 30. Continuação.

*6.5.4. Características biogeoquímicas e biológicas das estações de coleta nos dois períodos considerados*

Com o intuito de identificar algum padrão significativo de ordenação das amostras em função das suas características biogeoquímicas e biológicas aplicou-se a Análise de Componentes Principais (PCA). Posteriormente, para observar mais claramente as relações variáveis-amostras, foram construídos os gráficos dos "loadings" que são os coeficientes de correlação entre cada variável e cada componente principal, e dos "scores" que representam a influência relativa de cada componente sobre a amostra.

Para a coleta de abril, os dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais explicaram 67,4 % da variância total dos dados, tendo correspondido 42,0 % ao primeiro eixo e 25,4 % ao segundo (Tabela 24a).

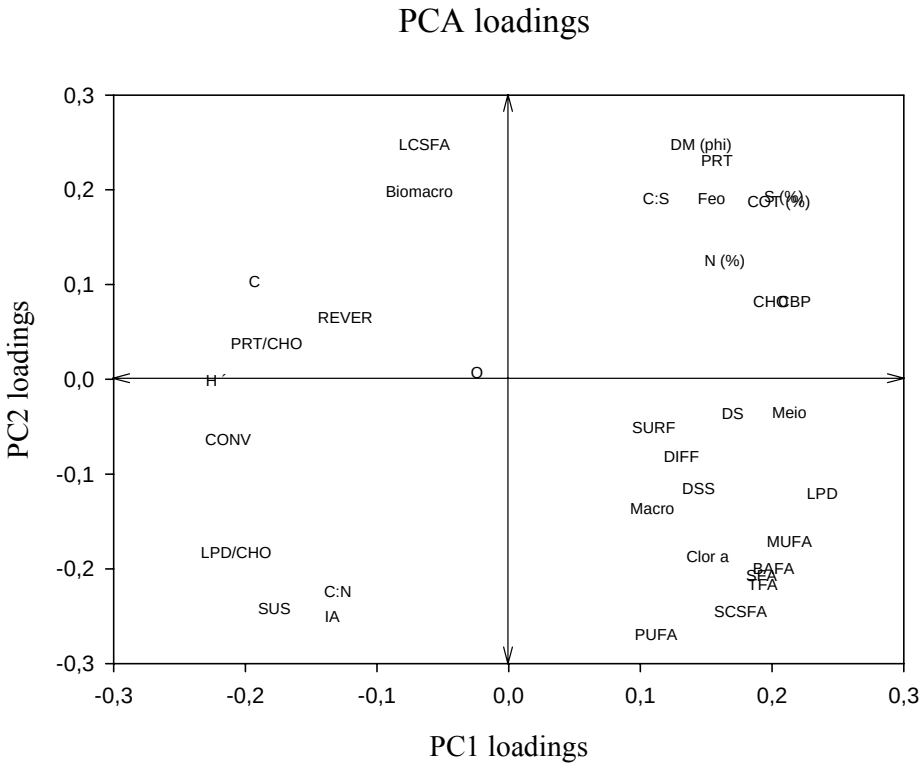
O PC1 apresentou maior correlação positiva (loadings ≥ 0,2) com os teores de carbono orgânico total e enxofre (COT e S), a concentração de carboidratos, lipídios totais, carbono biopolimérico, ácidos graxos de origem bacteriana e os monoinsaturados (CHO, LPD, CBP, BAFA e ΣMUFA) e a abundância da meiofauna (Figura 31). Entretanto, o mesmo apresentou maior correlação negativa (loadings < -0,2) com a razão LPD/CHO, a diversidade da macrofauna (H´) e a abundância de organismos da categoria de bioturbação "conveyor belt transport" (CONV).

Além disso, o primeiro eixo teve correlação positiva significativa com o teor de nitrogênio total (N), razão C:S, concentração de proteínas, ácidos graxos totais, saturados, poliinsaturados, saturados de cadeia curta, clorofila a e feopigmentos (PRT, TFA, SFA, ΣPUFA, SCSFA, Clor *a* e Feo). Também, com a abundância de organismos depositívoros de superfície e de subsuperfície (DS e DSS), e das categorias de bioturbação "diffusive mixing" e "surface deposition" (DIFF e SURF, respectivamente). Este eixo apresentou correlação negativa significativa também com a razão C:N, PRT/CHO, o índice alimentar (IA) e as abundâncias de organismos carnívoros, suspensívoros ou filtradores (C e SUS), e das categorias de bioturbação "conveyor belt transport" e "reverse conveyor belt transport" (CONV e REVER).

O PC2 apresentou maior correlação positiva (loadings ≥ 0,2) com o diâmetro médio (DM), a concentração de proteínas e de ácidos graxos saturados de cadeia longa (PRT e LCSFA) (Figura 31). Este componente apresentou maior correlação negativa (loadings < -0,2) com a razão C:N, o índice alimentar (IA), a concentração de ácidos graxos totais, derivados de bactérias, saturados, poliinsaturados, saturados de cadeia

Tabela 24. Resultados da Análise de Componentes Principais. Coeficientes de correlação das variáveis com os dois primeiros eixos em negrito.

| **a) Abril** | | | **b) Novembro** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Eixo 1 | Eixo 2 | | Eixo 1 | Eixo 2 |
| Autovalores | 14,7 | 8,9 | Autovalores | 14,3 | 9,9 |
| Porcentagem | 42,0 | 25,4 | Porcentagem | 40,9 | 28,3 |
| % Acumulada | 42,0 | 67,4 | % Acumulada | 40,9 | 69,1 |
| PCA variable loadings | | | PCA variable loadings | | |
| | Eixo 1 | Eixo 2 | | Eixo 1 | Eixo 2 |
| DM (phi) | **0,146** | **0,249** | DM (phi) | **0,218** | **-0,157** |
| COT (%) | **0,205** | **0,188** | COT (%) | **0,179** | **-0,222** |
| N (%) | **0,163** | **0,129** | N (%) | **0,194** | **-0,208** |
| S (%) | **0,212** | **0,186** | S (%) | **0,208** | 0,071 |
| C:N | **-0,130** | **-0,224** | C:N | -0,093 | 0,028 |
| C:S | **0,113** | **0,192** | C:S | -0,076 | **-0,274** |
| CHO | **0,200** | 0,083 | CHO | **0,244** | -0,047 |
| LPD | **0,237** | **-0,121** | LPD | **0,186** | **-0,121** |
| PRT | **0,159** | **0,229** | PRT | **0,177** | **-0,222** |
| CBP | **0,217** | 0,082 | CBP | **0,247** | -0,085 |
| LPD/CHO | **-0,208** | **-0,181** | LPD/CHO | **-0,219** | **-0,104** |
| PRT/CHO | **-0,185** | 0,035 | PRT/CHO | **-0,178** | **-0,211** |
| IA | **-0,134** | **-0,250** | IA | **0,230** | 0,089 |
| TFA | **0,193** | **-0,217** | TFA | **-0,215** | **-0,141** |
| BAFA | **0,201** | **-0,201** | BAFA | **-0,192** | 0,025 |
| SFA | **0,191** | **-0,207** | SFA | **-0,132** | **0,252** |
| ΣMUFA | **0,213** | -0,172 | ΣMUFA | **-0,238** | -0,064 |
| ΣPUFA | **0,111** | **-0,270** | ΣPUFA | **-0,176** | **-0,213** |
| SCSFA | **0,176** | **-0,246** | SCSFA | -0,056 | **0,303** |
| LCSFA | -0,064 | **0,250** | LCSFA | **-0,134** | **-0,259** |
| Clor a | **0,151** | **-0,187** | Clor a | **0,181** | -0,057 |
| Feo | **0,154** | **0,191** | Feo | **0,145** | **-0,242** |
| Meio | **0,213** | -0,037 | Meio | 0,012 | -0,084 |
| Macro | **0,108** | **-0,136** | Macro | **-0,189** | **-0,214** |
| H ´ | **-0,222** | -0,004 | H ´ | **-0,226** | 0,018 |
| Biomacro | -0,068 | **0,197** | Biomacro | -0,064 | -0,045 |
| C | **-0,193** | **0,103** | C | -0,082 | 0,010 |
| O | -0,024 | 0,006 | O | -0,088 | 0,079 |
| SUS | **-0,178** | **-0,242** | SUS | **-0,154** | **0,229** |
| DS | **0,169** | -0,037 | DS | 0,011 | 0,081 |
| DSS | **0,143** | **-0,116** | DSS | **-0,154** | **-0,242** |
| DIFF | **0,131** | -0,081 | DIFF | **-0,183** | **-0,196** |
| SURF | **0,109** | -0,053 | SURF | 0,036 | 0,057 |
| CONV | **-0,212** | -0,062 | CONV | **-0,150** | **-0,247** |
| REVER | **-0,123** | 0,065 | REVER | **-0,180** | **0,171** |



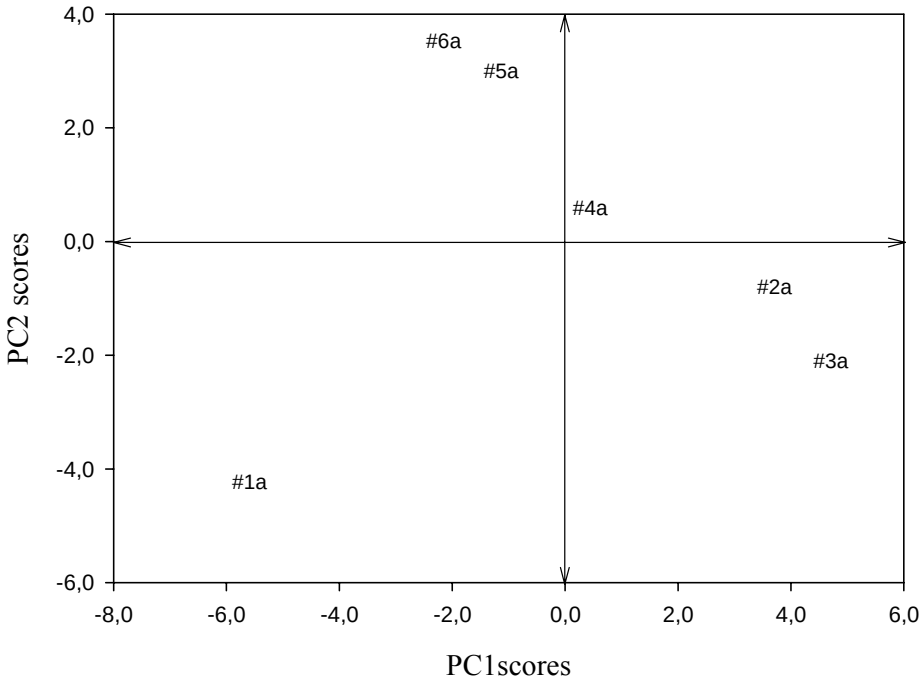




Figura 31. Análise de Componentes Principais com algumas das variáveis biogeoquímicas e biológicas consideradas para a campanha de abril.

curta (TFA, BAFA, SFA, ΣPUFA, SCSFA) e com a abundância de organismos suspensívoros ou filtradores (SUS).

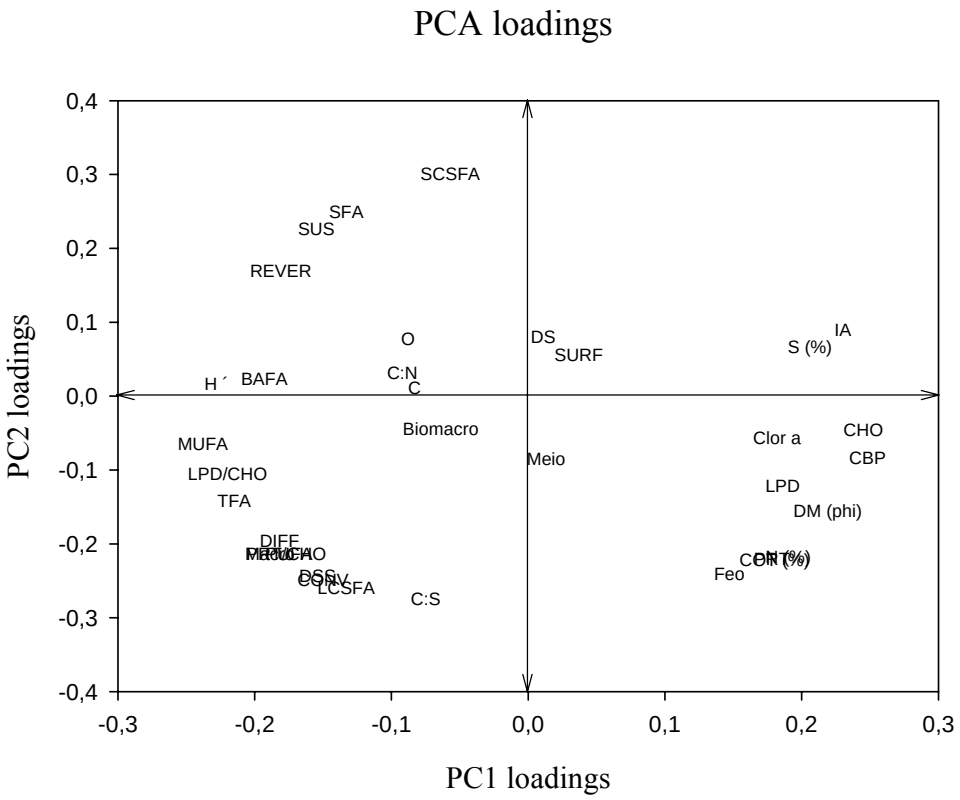
Ainda, o PC2 mostrou correlação positiva significativa com os teores de carbono orgânico total, nitrogênio e enxofre totais (COT, N e S), a razão C:S, concentração de feopigmentos, biomassa da macrofauna bentônica e com a abundância dos carnívoros (Feo, Biomacro e C), e negativa com a razão LPD/CHO, concentração de clorofila *a* (Clor *a*), abundância da macrofauna, dos organismos suspensívoros ou filtradores e dos depositívoros de subsuperfície (Macro, SUS e DSS).

Em novembro, a porcentagem de explicação acumulada dos dois primeiros eixos foi de 69,1 %, sendo que o primeiro explicou 40,9 % da variância total dos dados, enquanto o segundo explicou 28,3 % (Tabela 24b).

As variáveis que apresentaram maior correlação positiva (loadings ≥ 0,2) com o PC1 foram o diâmetro médio (DM), o teor de enxofre, as concentrações de carboidratos e do carbono biopolimérico e o índice alimentar (S, CHO, CBP e IA) (Figura 32). Já as variáveis que apresentaram maior correlação negativa (loadings < -0,2) com este eixo foram a razão LPD/CHO, as concentrações de ácidos graxos totais e moninsaturados, e a diversidade da macrofauna (TFA, ΣMUFA e H´).

Este eixo também esteve positivamente correlacionado com as porcentagens de carbono orgânico total e nitrogênio total (COT e N), a concentração de lipídios, proteínas, clorofila *a* e feopigmentos (LPD, PRT, Clor *a* e Feo), e negativamente com a razão PRT/CHO, os marcadores lipídicos, exceto os ácidos graxos saturados de cadeia curta (SCSFA), abundância e diversidade da macrofauna, abundância dos organismos suspensívoros ou filtradores, assim como, dos organismos de três das quatro categorias de bioturbação (DIFF, CONV e REVER).

Por sua vez, o PC2 apresentou maior correlação positiva (loadings > 0,2) com a concentração de ácidos graxos saturados, saturados de cadeia curta e com a abundância de organismos suspensívoros ou filtradores (SFA, SCSFA e SUS). Este eixo teve maior correlação negativa (loadings < -0,2) com os teores de carbono orgânico total e nitrogênio total (COT e N), razão C:S, concentração de proteínas, ácidos graxos poliinsaturados, saturados de cadeia longa e feopigmentos (PRT, ΣPUFA, LCSFA Feo). Também, com a razão PRT/CHO, abundância da macrofauna e dos organismos depositívoros de subsuperfície e da categoria “conveyor belt transport” (Macro, DSS e CONV) (Figura 32).



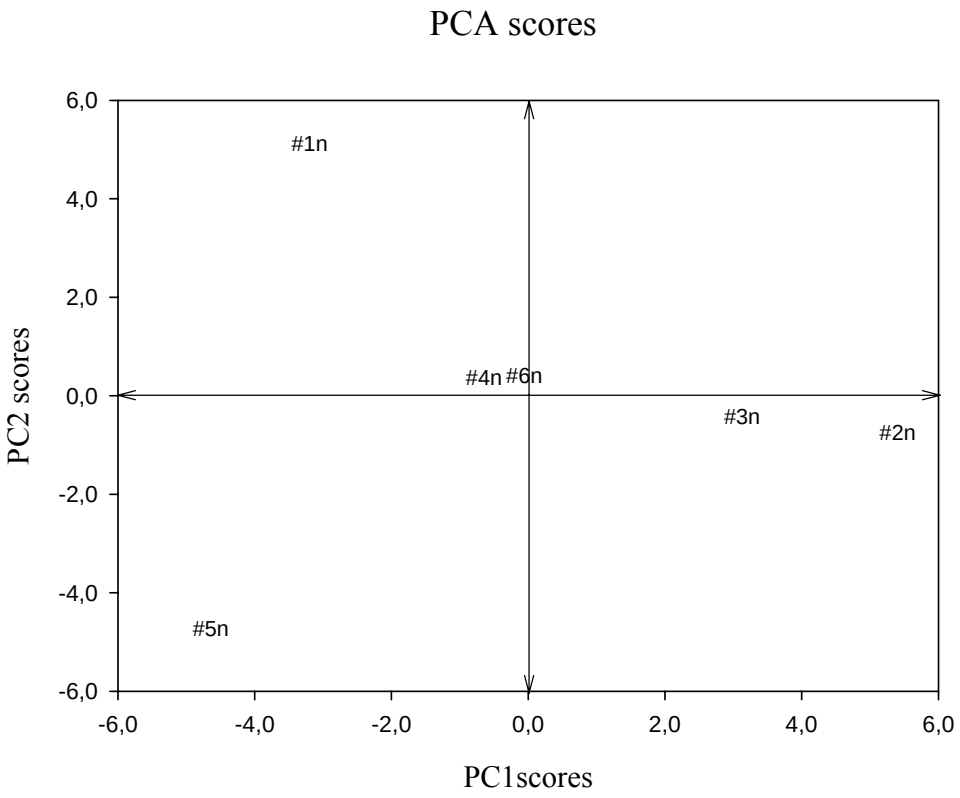




Figura 32. Análise de Componentes Principais com algumas das variáveis biogeoquímicas e biológicas consideradas para a campanha de novembro.

Ainda, este eixo esteve positivamente correlacionado com a abundância dos organismos da categoria de bioturbação “reverse conveyor belt transport” (REVER), e apresentou correlação negativa significativa com o diâmetro médio (DM), concentração de lipídios e ácidos graxos totais (LPD e TFA), razão LPD/CHO e também com a abundância dos organismos das categorias DIFF e REVER (Figura 32).

Verticalmente, observou-se que a distribuição da meiofauna e da macrofauna no interior da coluna de sedimento foi muito similar e que acompanhou em geral a distribuição dos pigmentos fotossintéticos, dos ΣPUFA e dos BAFA.

Em abril, a #1 apresentou uma tendência à diminuição gradual destas quatro variáveis com a profundidade no interior do substrato, enquanto que na #5 os perfis foram mais oscilantes e apresentaram um pequeno aumento no último horizonte de sedimento (Figura 33). Na #6 também foi observado um decréscimo da densidade da meiofauna com a profundidade na coluna sedimentar, porém para a macrofauna, a concentração dos pigmentos fotossintéticos, ΣPUFA e dos BAFA tal decréscimo ocorreu até aproximadamente os 10 cm. A seguir, houve um aumento da concentração dos ΣPUFA e dos BAFA no estrato de 10-12 cm e depois uma diminuição, enquanto que a densidade da macrofauna mostrou o padrão oposto. Já os pigmentos fotossintéticos permaneceram relativamente estáveis. Em contraste, nas #2, 3 e 4 os perfis verticais destas quatro variáveis foram mais heterogêneos com a ocorrência de aumentos em vários estratos da coluna sedimentar (Figura 33).

Em novembro, na #1 foi observado um perfil vertical mais heterogêneo. Embora tanto a densidade da meiofauna quanto da macrofauna, e os pigmentos fotossintéticos diminuíram com a profundidade na coluna de sedimento, os ΣPUFA aumentaram no último estrato. Já os BAFA apresentaram maior variabilidade (Figura 34). Na #6 o padrão de distribuição dos ΣPUFA e dos BAFA foi igual ao observado no período anterior com um aumento no estrato de 10-12 cm, enquanto que as demais variáveis diminuíram gradualmente no interior da coluna sedimentar. Por outro lado, na #5 observou-se um aumento da concentração dos ΣPUFA e dos BAFA no horizonte de 8-10 cm, porém, em geral todas as variáveis tenderam a decrescer com a profundidade dentro do substrato. Finalmente, as #2, 3 e 4 também mostraram maior variabilidade na distribuição vertical da fauna, dos pigmentos fotossintéticos, e dos biomarcadores lipídicos (Figura 34).

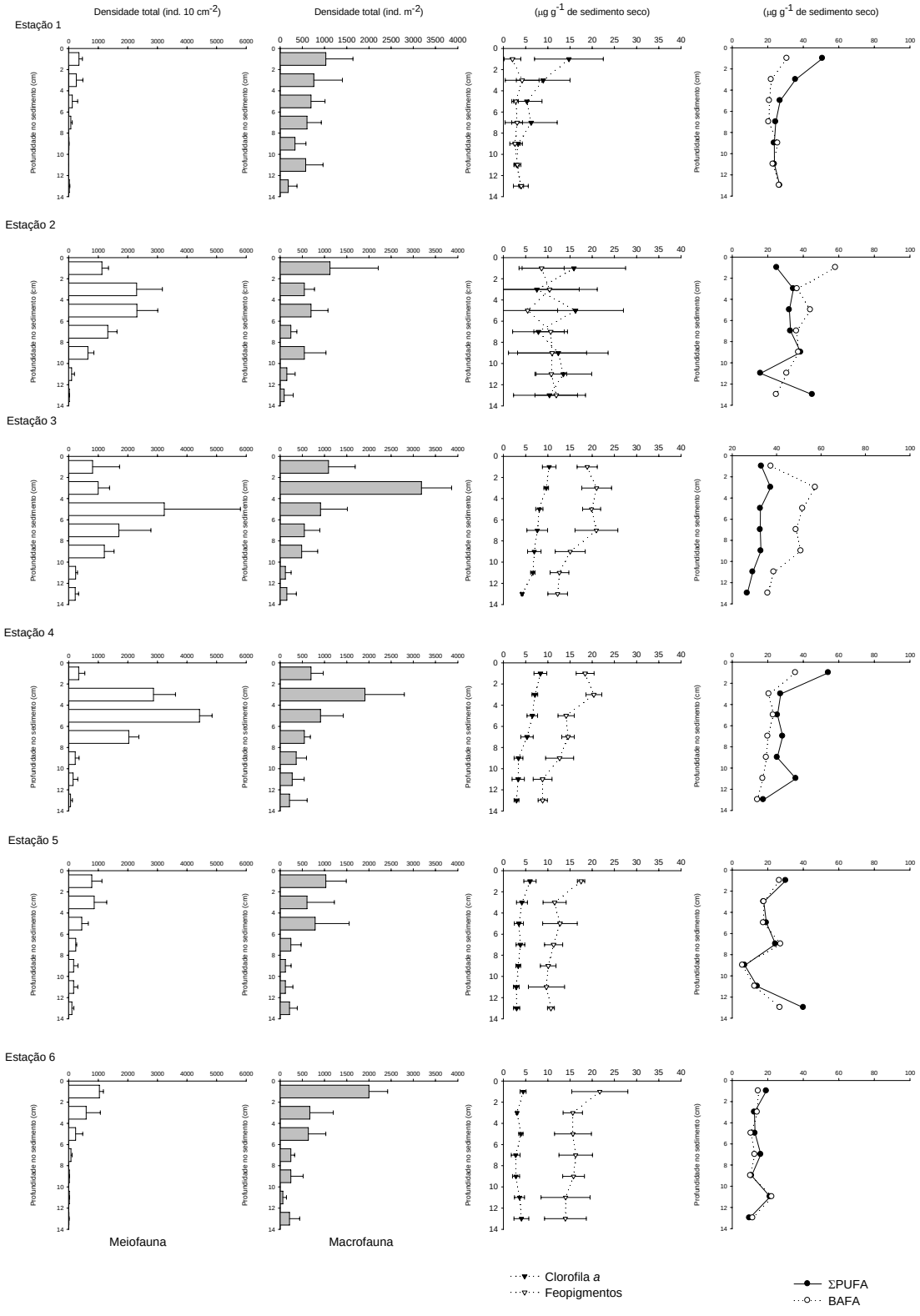



Figura 33. Distribuição vertical da meiofauna, macrofauna, pigmentos fotossintéticos, ácidos graxos poliinsaturados e indicadores de bactérias (ΣPUFA e BAFA) nas seis estações para a coleta de abril.

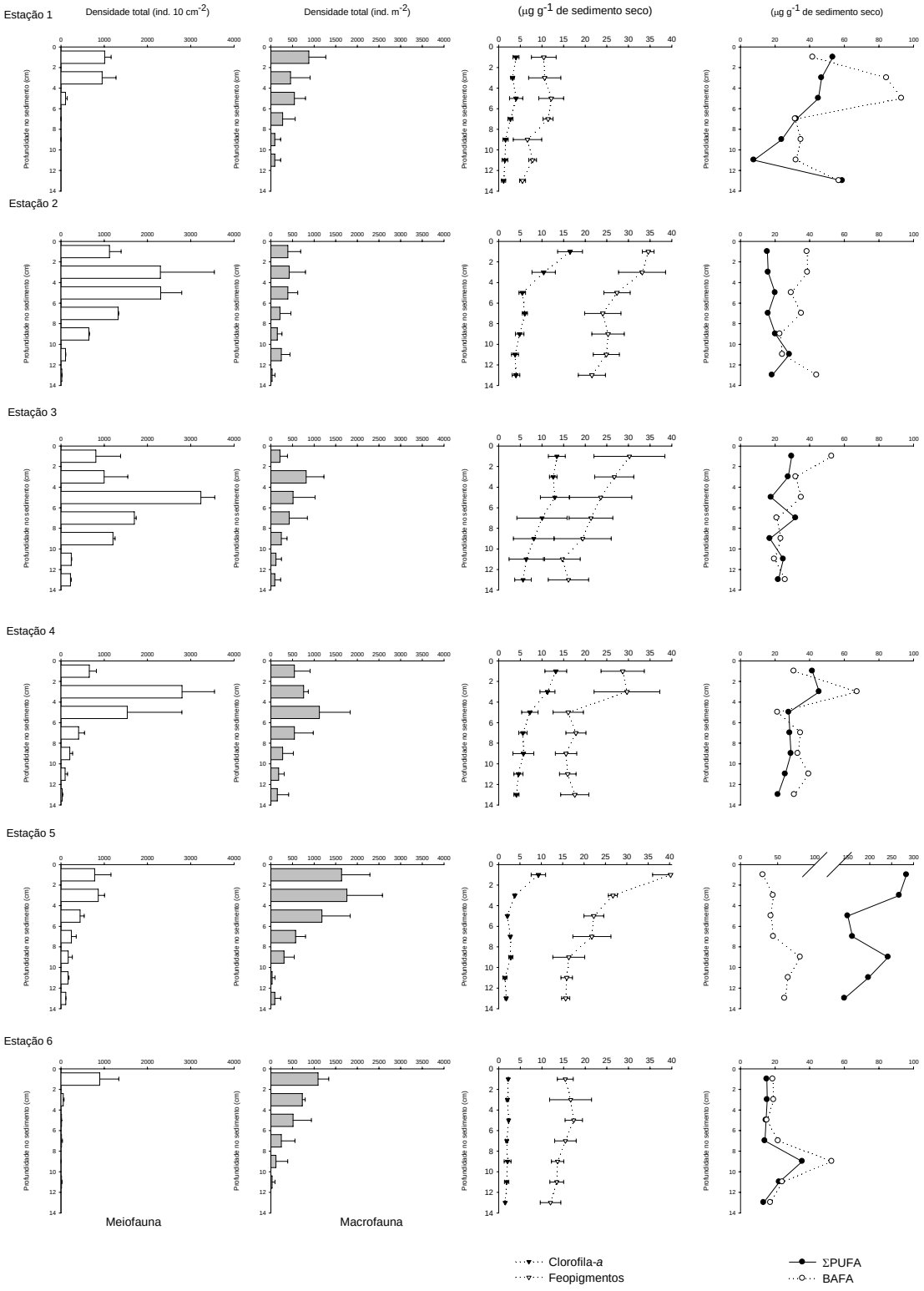



Figura 34. Distribuição vertical da meiofauna, macrofauna, pigmentos fotssintéticos, ácidos graxos poliinsaturados e indicadores de bactérias (ΣPUFA e BAFA) nas seis estações para a coleta de novembro.

## 7. DISCUSSÃO

*7.1. Características ambientais - coluna de água*

As características termohalinas da água do mar na região do Canal de São Sebastião (CSS) estão determinadas pela mistura em proporções variáveis da Água Costeira (AC), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), pelo padrão de correntes geradas principalmente pelo vento e as condições climatológicas prevalecentes na região (Aidar *et al*., 1993; Castro Filho *et al*., 1987; Castro Filho, 1990). Os valores de temperatura e salinidade da água de superfície e fundo registrados no presente estudo, assim como os perfis verticais destas variáveis, indicaram a presença das três massas de água que ocorrem na região do CSS, com o predomínio da AC (>20 °C e 32,2-35,4) nas camadas superficiais e a presença da ACAS (<20 °C e 36,4) nas camadas mais profundas das #4, 5 e 6 em abril, e das #5 e 6 em novembro.

As massas de água superficiais possuem características termohalinas estreitamente relacionadas com a radiação solar, temperatura do ar e com a pluviosidade de uma determinada região. Embora em regiões subtropicais as variações sazonais sejam pouco marcadas, os valores máximos de radiação solar correspondem aos meses de verão e os mínimos aos meses de inverno (Aidar *et al*., 1993). Os maiores índices pluviométricos são registrados nos meses de verão, de dezembro a março. Porém, precipitações intensas podem ocorrer devido às mudanças nas condições meteorológicas associadas à passagem de frentes frias que acontece durante o ano todo (Mahiques, 1995). A maior temperatura da água de superfície em todas as estações na coleta de abril, comparativamente à coleta de novembro, seria conseqüência do aquecimento da superfície do mar devido à maior incidência da luz solar durante o verão. Os dados pluviométricos mostraram que 2004 foi um ano com altos valores de precipitação no verão, mas também em abril, julho e novembro Este fato poderia explicar a semelhança nos valores de salinidade da água de superfície entre os dois períodos de coleta.

No que diz respeito à estratificação da coluna de água, os perfis de temperatura e salinidade para ambas as coletas indicaram uma maior homogeneidade vertical nas estações mais rasas (1, 2 e 3) do que nas mais profundas (4, 5 e 6), o que é esperado em função de uma maior mistura promovida pelo vento nas colunas de água mais curtas. No entanto, a #1 apresentou em novembro menor salinidade na água de superfície, possivelmente em decorrência do aporte de água doce através da Foz do Rio Juqueriquerê. Na coleta de abril, os dados mostraram uma termoclina sazonal bem marcada entre 10 e 20 m nas #4, 5 e 6, sugerindo a ocorrência de condições

oceanográficas de final de verão, ainda com a presença da ACAS nessas estações (Castro Filho *et al*., 1987). Já em novembro, os dados apontaram uma maior homogeneidade da temperatura na coluna de água, exceto nas camadas mais profundas das #5 e 6, nas quais a diminuição da temperatura e a maior salinidade sugerem a ocorrência de condições oceanográficas de primavera com a penetração da ACAS junto ao fundo (Pires-Vanin & Matsuura, 1993). Cabe ressaltar que a estrutura termohalina apresentada nestas duas estações, para ambos os períodos, é bem diferente daquela observada por Gaeta *et al*. (1990) em três pontos localizados no CSS durante o final do outono e em ausência da ACAS, já que os mesmos apresentaram perfis verticais de temperatura e salinidade muito mais homogêneos.

As concentrações de oxigênio dissolvido na água de superfície e fundo registrados neste estudo são similares às registradas anteriormente para a área (Gianesella *et al*., 1999), tendo sido detectados os menores valores na água de fundo das estações 4, 5 e 6 em abril, quando estas apresentaram uma termoclina sazonal bem marcada. Tais valores podem estar relacionados tanto à presença da termoclina, que impede a mistura da água de fundo com aquela das camadas superficiais mais oxigenadas, quanto ao consumo de oxigênio promovido pela regeneração de nutrientes após a entrada da ACAS, oxidação da matéria orgânica em processo de sedimentação e respiração da biota presente (Aidar *et al*., 1993; Braga & Müller, 1998).

### *7.2. Características ambientais – sedimentos, topografia do fundo e taxa de sedimentação*

Para os seis pontos de coleta amostrados na região do CSS observou-se o predomínio de sedimentos de origem litoclástica com menos de 30 % de carbonato biodetrítico (Larssoneur *et al*., 1982) e a dominância das frações finas (silte e argila) indicando condições de baixa energia hidrodinâmica. Os depósitos sedimentares na região do CSS apresentam uma origem ligada, à contribuição continental pequena associada à drenagem incipiente na área, ao retrabalhamento de material preexistente pela circulação atual, ao aporte de material em suspensão proveniente de locais adjacentes e também, a eventos regressivos e transgressivos que ocorreram na área (Furtado, 1995; Barcellos & Furtado, 1999). Estes autores afirmam que sedimentos de origem bioclástica apresentam maiores concentrações apenas em sítios específicos, associados à presença de linhas de costa pretéritas ou à proximidade de costões rochosos.

As características dos depósitos sedimentares variam em função da origem e transporte do material, das peculiaridades do ambiente de deposição e do retrabalhamento que os sedimentos podem sofrer depois de serem depositados. A distribuição granulométrica dos sedimentos está associada às condições hidrodinâmicas próximas ao fundo. Em geral, existe uma tendência à deposição de sedimentos mais finos, como silte e argila, em áreas com menor energia hidrodinâmica e de sedimentos mais grossos como as areias em áreas que apresentam maior energia (Suguio, 1973). Para as #2, 3 e 4 o predomínio das frações finas deve-se ao fato de que o lado continental do CSS é uma área de deposição de sedimentos pelíticos e de acúmulo de matéria orgânica em decorrência da menor profundidade e velocidade das correntes nesse setor (Barcellos & Furtado, 2006). Além disso, na entrada norte do CSS junto ao continente, nas proximidades da #2, existe uma tendência à deposição das frações finas devido à ocorrência de um giro anti-horário que gera um fluxo atenuado (Furtado *et al*., 1998).

Segundo esses autores, o lado insular do CSS apresenta tendência à erosão e um fluxo mais intenso de correntes. Contudo, a #5 por estar localizada do outro lado da Ponta das Canas e ficar assim resguardada da incidência direta desses fluxos mais intensos, também apresentou principalmente sedimentos pelíticos. Os sedimentos pelíticos encontrados na #6 provavelmente estão relacionados ao fato desse local estar situado na Baía de Castelhanos, onde a circulação é mais calma e a movimentação junto ao fundo menos intensa, já que a Ilha de São Sebastião atua como uma barreira à ação hidrodinâmica proveniente do sul e sudoeste diminuindo a circulação local (Soares, 1994; Barcellos & Furtado, 1999).

A #1 encontra-se na Enseada de Caraguatatuba protegida da incidência direta das ondas de S e SW e também apresentou dominância de sedimentos finos. Porém, esta estação possui uma maior contribuição de areias e uma menor contribuição de argilas quando comparada às demais. De acordo com Souza (1990) a baixa hidrodinâmica associada aos fluxos de maré não tem competência para remobilizar e transportar os sedimentos mais grossos trazidos pelo Rio Juqueriquerê, os quais se depositam nas proximidades da desembocadura, enquanto que as frações mais finas e o material em suspensão são transportados para fora da planície de maré.

Segundo Mahiques (1995) entre março e novembro a freqüência e intensidade dos sistemas de frentes frias se intensificam, modificando o padrão de ondas incidente sobre a costa e promovendo a ressuspensão do material depositado. O aumento na

contribuição de areias observado na #5 para a coleta de novembro poderia estar relacionado a dois fatores. Primeiro, ao transporte de material em suspensão carregado pela AC em direção à plataforma externa, por ocasião do ingresso da ACAS na área; em segundo, à ressuspensão das frações finas e à exposição e retrabalhamento de sedimentos mais grossos preexistentes, em conseqüência do aumento da movimentação de água junto ao fundo, após a passagem de uma frente fria que ocorreu antes da coleta.

Em concordância com o observado em trabalhos anteriores os valores dos desvios padrão, tanto nos estratos superficiais quanto no interior da coluna de sedimento, indicaram um baixo grau de seleção nas seis estações amostradas na região do CSS, visualizado através da ocorrência de diferentes classes granulométricas e da alta heterogeneidade na distribuição dos sedimentos. Essa heterogeneidade está associada à alternância do fluxo de correntes, à circulação geral da área e à topografia irregular do fundo do CSS, sendo que várias das feições sedimentares presentes foram originadas durante eventos regressivos e transgressivos que ocorreram na área (Furtado *et al*., 1998). Outros fatores determinantes dessa heterogeneidade podem ser a erosão e o transporte de sedimentos durante a passagem de frentes frias e o aporte de sedimentos através da drenagem continental, a qual, embora seja incipiente na área, pode contribuir com quantidades expressivas de material terrígeno durante o período de maior pluviosidade (Mahiques, 1995).

O conhecimento da geomorfologia do fundo como complemento da análise granulométrica dos sedimentos permite uma melhor caracterização do ambiente bentônico, já que o tipo de substrato e a sua estabilidade é reflexo dos processos físicos presentes e passados que acontecem nas proximidades do fundo e um dos fatores mais importantes na determinação da estrutura das comunidades bentônicas (Kostylev *et al*., 2001; Post *et al*., 2006).

Os registros do sonar de varredura lateral evidenciaram uma topografia e uma textura superficial mais irregular, com alternância de pontos de maior e menor reflexão nas estações 1, 2 e 5, sugerindo a ocorrência de frações finas e grossas simultaneamente. Este padrão acústico é esperado em função da heterogeneidade sedimentar típica da região do CSS (Furtado *et al*., 1998), e provavelmente esteja relacionado à variações na intensidade das correntes que atuam junto ao fundo e na contribuição local de sedimentos, assim como à variações na descarga do Rio Juqueriquerê na #1. Por outro lado, nas estações 3, 4 e 6 o menor número de áreas de maior reflexão nas imagens de sonar indica uma textura superficial e um relevo mais suave, associados a áreas de baixa

energia hidrodinâmica e deposição de pelitos na porção central do CSS e na Baía de Castelhanos, respectivamente.

De modo geral, as diferenças acústicas observadas entre as estações estão em concordância com os resultados das análises granulométricas e com as características sedimentológicas da área; porém, deve-se ressaltar que os registros de sonar e as análises granulométricas foram realizados não concomitantemente, podendo ter acontecido variações nos processos físicos junto ao fundo e alterações nos padrões sedimentares.

Uma recente aplicação do mapeamento do fundo marinho consiste em utilizar a informação geológica e oceanográfica para realizar uma caracterização mais detalhada dos habitats bentônicos, especialmente em áreas com carência ou ausência de informações ecológicas (Freeman & Rogers, 2003). Isto é necessário porque a estrutura e composição das comunidades de organismos bentônicos não estão controladas simplesmente pelas propriedades granulométricas dos sedimentos (tamanho dos grãos), e sim por uma complexa relação de fatores físicos, químicos e biológicos associados a elas.

Alguns trabalhos têm demonstrado que a diversidade tende a ser maior em sedimentos mais heterogêneos devido à maior complexidade e disponibilidade de micro-habitats associada às características do substrato (Snelgrove & Butman, 1994), e também em ambientes submetidos a distúrbios com freqüência e intensidade intermediárias (Petraitis & Latham, 1999). Segundo Gallucci & Netto (2004), embora tanto a macrofauna quanto a meiofauna possuam a capacidade de migrar dentro da coluna de sedimento, o menor tamanho dos organismos do meiobentos faz com que a probabilidade de serem erodidos do substrato e levados embora pela turbulência seja maior. Tais fatores podem estar relacionados ao fato de que a #1 tenha apresentado maior diversidade da macrofauna e menor abundância da meiofauna do que as demais em abril, quando os registros do sonar de varredura lateral foram obtidos e mostraram uma alta heterogeneidade sedimentar e um relevo de fundo mais rugoso nesta estação.

Por outro lado, em ambientes de baixa energia com deposição de sedimentos finos, acumulação de matéria orgânica e alta demanda de oxigênio, a diversidade tende a ser menor, e mais ainda, se esses ambientes estão impactados por atividades humanas (Pearson & Rosenberg, 1978). Também é comum encontrar em ambientes organicamente enriquecidos altas densidades de organismos da meiofauna, principalmente de Nematoda (Venturini *et al*., 2004). Nesse extremo encontra-se a #3,

localizada na porção central do CSS, próxima ao porto, local de menor hidrodinâmica e topografia suave, afetado pela introdução de hidrocarbonetos derivados do petróleo (Albuquerque, 2005) e que apresentou em abril, a menor diversidade da macrofauna junto com uma alta abundância da meiofauna, especialmente de Nematoda.

Os outros pontos de coleta estudados na região do CSS parecem não apresentar uma relação tão direta entre as características do substrato e a fauna bentônica. Porém, como foi mencionado anteriormente, a relação entre os parâmetros sedimentológicos e os habitats bentônicos é complexa e, portanto, outros fatores devem ser considerados para compreender melhor as interações entre eles. De qualquer forma, estes resultados demonstram a influência da topografia do fundo e dos processos sedimentares sobre a estrutura e distribuição dos habitats bentônicos, e ressaltam a importância de se complementar os estudos ecológicos com estudos geomorfológicos.

O conteúdo de carbonato nos sedimentos marinhos é um produto do ambiente de deposição, enquanto que os sedimentos não carbonáticos normalmente possuem uma origem terrestre associada a rochas preexistentes (Paropkari *et al*., 1991). Estudos cronológicos têm demonstrado que o carbonato de cálcio precipita a uma taxa praticamente constante no fundo marinho e que a sua distribuição diferenciada em regiões distintas deve-se ao efeito de "diluição", decorrente do aporte e deposição em quantidades variáveis de sedimentos terrígenos (Fukue *et al*., 1996). Portanto, o conteúdo de carbonato de cálcio apresenta uma relação inversa com o material não carbonático e pode ser utilizado para estimar a taxa de sedimentação deste último, como foi feito no presente trabalho.

Os resultados mostraram uma taxa de sedimentação significativamente menor na #1 do que nas restantes, que provavelmente está associada à alternância de fluxos de alta e baixa energia hidrodinâmica nesse local, como foi corroborado pela topografia mais irregular do fundo. Porém, estes resultados devem ser olhados com cautela porque as taxas de sedimentação obtidas são comparativamente altas às estimadas, por exemplo, em testemunhos rasos do Estuário de Cananéia-Iguape utilizando-se métodos radiométricos (Saito *et al*., 2001). Portanto, os resultados obtidos no presente trabalho foram utilizados apenas para comparação entre as seis estações estudadas. Embora se tenha mostrado compatível com dados obtidos através de radionuclídeos naturais ($^{210}$Pb) e antropogênicos ($^{137}$Cs), a Técnica do Conteúdo de Carbonato de Cálcio proporciona uma estimativa grosseira da taxa de sedimentação (Figueira *et al*., 2007).

Ainda, as taxas de sedimentação estimadas por Figueira *et al.* (2007) através do teor de carbonato foram entre 1,3 e 1,8 vezes maiores às obtidas por métodos radiométricos, e assim é relevante expor que, considerando essas diferenças, os valores obtidos por Saito *et al.* (2001) são mais próximos aos estimados no presente trabalho.

É importante ressaltar, que a Técnica do Conteúdo de Carbonato de Cálcio tem sido principalmente utilizada em áreas mais profundas da plataforma continental e em testemunhos extensos que refletem longos intervalos de tempo, e com condições de sedimentação diferentes das encontradas em áreas costeiras rasas. Algumas das limitações dessa técnica podem estar relacionadas ao fato de que para aplicá-la é necessário assumir que a taxa de precipitação do carbonato de cálcio é constante durante o período de deposição considerado, o qual pode não acontecer devido às variações naturais na produtividade do sistema (Figueira *et al*., 2007). Em áreas costeiras a produtividade varia e o faz em escalas de tempo muito menores das consideradas em estudos cronológicos, sendo que aumentos na produtividade primária geralmente se refletem no fundo através do aumento dos teores de carbonato de cálcio e carbono orgânico nos sedimentos (Baumann *et al*., 1993).

Além disso, em regiões profundas os depósitos calcáreos estão predominantemente constituídos por esqueletos de cocolitoforídeos e foraminíferos (Fukue *et al*., 1996), mas em áreas costeiras existem outras fontes importantes de carbonato de cálcio como as conchas de moluscos que podem ser transportadas lateralmente até um determinado local, o que pode provocar variações nos teores de carbonato das amostras de sedimento.

Ainda, os organismos da infauna concentram-se nos primeiros centímetros da coluna sedimentar e possuem a capacidade de modificar as características do substrato através da bioturbação, o que pode alterar o registro sedimentar. Segundo Flach & Heip (1996), em ambientes com baixa taxa de sedimentação, o intenso retrabalhamento dos sedimentos pelos organismos depositívoros durante a alimentação possui grande importância e deve ser considerado quando se trata de entender os ciclos geoquímicos e interpretar o registro geológico representado pelos sedimentos. Deste modo, deve-se tomar cuidado na hora de interpretar os resultados obtidos por meio desta técnica, sem dados complementares derivados de outros métodos.

*7.3. Distribuição, composição bioquímica, origem e qualidade da matéria orgânica*

*7.3.1. Matéria orgânica particulada total, constituintes elementares (C, N e S) e razões C:N e C:S*

A matéria orgânica particulada total (MOT) apresentou nos locais estudados valores similares aos registrados recentemente por Mendes (2007) para o CSS e aos encontrados em outras áreas costeiras com influência antropogênica (Burone *et al*., 2003; Muniz *et al*., 2002), assim como, uma distribuição associada às características granulométricas e hidrodinâmicas da área.

Os maiores valores ocorreram nas estações 2, 3, 4, 5, e 6, as quais apresentaram sedimentos constituídos predominantemente por silte e argila, enquanto que os menores valores ocorreram na estação 1 associados à maior energia hidrodinâmica, menor taxa de sedimentação e à maior contribuição de areias. O mesmo padrão de distribuição foi observado para os constituintes elementares da matéria orgânica (COT, N e S) que apresentaram correlação positiva significativa entre si e com o diâmetro médio das partículas de sedimento, em ambos os períodos estudados.

Esses resultados são esperados dado que em locais de baixa energia com tendência à deposição de sedimentos pelíticos existe também uma tendência à acumulação de matéria orgânica no fundo. O mecanismo responsável por isso é a adsorção dos compostos orgânicos à superfície dos minerais argilosos e sua incorporação em geomacromoléculas através da condensação, e como resultado tem-se a concentração, sedimentação e a proteção dos compostos orgânicos da degradação microbiana (Collins *et al*., 1995).

A distribuição da matéria orgânica particulada (MOP) nos sedimentos marinhos é complexa. A MOP precipita a partir da coluna de água na forma de partículas de diferentes tamanhos e está relacionada às condições hidrodinâmicas e à composição granulométrica dos sedimentos. As diferenças na quantidade e composição da matéria orgânica presente no fundo marinho dependem de fatores tais como: a proporção relativa de matéria orgânica de origem terrestre (alóctone) e de origem marinha (autóctone); o aporte de matéria orgânica derivada de fontes antropogênicas; a taxa de acumulação e preservação da matéria orgânica no ambiente de deposição; as modificações diagenéticas que sofre tanto na coluna de água quanto nos sedimentos (Stein, 1991).

Cabe ressaltar que altos valores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N) e enxofre total (S) como os registrados nas #2, 3, 4 e 5 foram previamente

detectados na região do CSS (Barcellos & Furtado, 2006). Estes estariam relacionados à introdução e dispersão de hidrocarbonetos e esgotos municipais por meio das atividades desenvolvidas no Porto de São Sebastião e no terminal petrolífero da PETROBRÁS (DTCS), e através dos despejos dos emissários submarinos do Araçá, da Praia das Cigarras e de Ilhabela que exercem uma clara influencia na porção central e norte do CSS (Medeiros & Bícego, 2004). Além disso, nessas estações e na #6, localizada na Baía de Castelhanos (local de urbanização incipiente), os altos valores de COT, N e S também estariam relacionados ao aporte continental de matéria orgânica e ao aumento da produtividade primária associado à intrusão da ACAS nos meses de primavera-verão (Barcellos & Furtado, 2006).

Em função da complexidade na distribuição e composição da matéria orgânica, uma grande variedade de traçadores (biomarcadores, isótopos estáveis de C e N, razões entre constituintes orgânicos, etc.) tem sido utilizada simultaneamente visando aprimorar a quantificação e caracterização do material orgânico presente nos sedimentos marinhos.

A razão C:N pode ser empregada para avaliar o tipo e a procedência da matéria orgânica, já que diferentes organismos produzem matéria orgânica com conteúdos de carbono orgânico total e nitrogênio total diferentes (Stein, 1991). Em geral, as plantas superiores possuem tecidos ricos em carbono (C:N 20-500) devido ao alto conteúdo de macromoléculas não nitrogenadas como a lignina, taninos e celulose, quando comparadas ao plâncton mais rico em proteínas (C:N ~ 7) ou às bactérias (C:N ~ 4) (Hedges *et al*., 1997). Segundo Saito *et al*. (1989), razões C:N maiores que 20 indicam a origem terrestre da matéria orgânica, valores entre 5 e 7 indicam a origem pelágica e bacteriana, e valores entre 8 e 12 indicam contribuição mista ou seja, tanto marinha quanto continental.

Para as seis estações estudadas na região do CSS em ambos os períodos a razão, C:N variou entre 6,9 e 16,1 nos estratos da coluna sedimentar com valores médios por estação entre 9,69 e 11,34 sugerindo uma origem mista da matéria orgânica presente nos sedimentos, com contribuição marinha e continental variáveis. Tal variabilidade é típica de zonas costeiras sendo que resultados similares foram previamente descritos para a região do CSS e relacionados às variações no aporte de matéria orgânica de origem marinha associadas ao avanço e retração da ACAS, assim como às variações no aporte de matéria orgânica de origem terrestre em função da pluviosidade (Barcellos & Furtado, 2006).

Quando se utiliza a razão C:N deve-se considerar que em sedimentos pobres em carbono orgânico a quantidade de nitrogênio inorgânico, fixado na forma de amônia aos minerais argilosos, pode representar uma porção importante do nitrogênio total, resultando em baixas razões C:N (Stein, 1991). Porém, de acordo com os gráficos da % COT versus % N, os quais mostraram valores negativos de nitrogênio total quando a porcentagem de COT é zero e à correlação positiva significativa entre estes dois constituintes da matéria orgânica, pode-se assumir que o nitrogênio presente nas amostras analisadas no CSS, possui uma origem fundamentalmente orgânica (Hedges *et al*., 1998).

Também, se deve considerar que durante e após a sedimentação a matéria orgânica sofre alterações que podem modificar a sua composição afetando os valores da razão C:N. Na maioria das estações menores valores da razão C:N foram registrados na superfície do sedimento, indicando a presença de matéria orgânica mais lábil com maior contribuição marinha, comparativamente aos estratos mais profundos. O aumento ou a diminuição da razão C:N no interior da coluna de sedimento e a ocorrência de perfis verticais mais irregulares como os observados em abril, têm sido atribuídos à introdução de nitrogênio pela atividade bacteriana, o qual é rapidamente metabolizado produzindo tais oscilações (Thornton & McManus, 1994). Além disso, a degradação anaeróbica da matéria orgânica e a preservação seletiva da fração mais refratária de origem terrestre que se torna dominante no transcurso da degradação, resultam em pequenos aumentos da razão C:N com a profundidade no interior do sedimento (Andrews *et al*., 1998), como foi observado para ambos os períodos.

A quantidade e a natureza da matéria orgânica depositada no fundo do mar têm grande influência nos processos sedimentares já que no decorrer da sua decomposição as condições de óxido-redução são alteradas. Uma correlação positiva significativa entre os teores de carbono orgânico total e enxofre total é esperada porque quando a taxa de sedimentação da matéria orgânica é alta e a demanda de oxigênio aumenta, se produz nos sedimentos uma tendência à formação de condições redutoras e de $H_2S$ (Paropkari *et al*., 1991). Segundo Leventhal (1983), a razão C:S pode ajudar a distinguir entre um ambiente oxidante e um ambiente anóxico, já que valores da razão C:S $\leq$ 2,8 são indicativos da tendência dos sedimentos a apresentar condições anóxicas. A maioria das estações exibiu valores superiores a 2,8, o que sugere a presença de condições aeróbicas no fundo; porém, todas apresentaram uma diminuição da razão C:S no interior da coluna sedimentar indicando o consumo gradual de oxigênio, principalmente nos

estratos mais profundos. Além disso, a #1, em ambos os períodos, apresentou menores valores do que as restantes estações, vários dos quais situados abaixo de 2,8 e, por conseguinte, indicou uma maior tendência à anoxia.

No entanto, quando se utiliza a razão C:S deve-se considerar que mesmo em sedimentos depositados sob condições oxidantes ocorre a diminuição seqüencial dos diferentes aceptores de elétrons no interior da coluna de sedimento: $O_2$ (condições óxicas), $NO_3^-$, $Mn^{4+}$ e $Fe^{3+}$ (condições subóxicas), $SO_4^{2-}$ e metanogênese (condições anóxicas), em função tanto da sua disponibilidade quanto da energia liberada no processo oxidativo, e que tal diminuição eventualmente resulta no desenvolvimento de um ambiente redutor (Kristensen, 2000). Sob condições redutoras, quando o íon $SO_4^{2-}$ é o agente oxidante dominante e a degradação da matéria orgânica libera $H_2S$, este reage com os óxidos de ferro para formar pirita ($FeS_2$), um mineral que se acumula nos sedimentos marinhos e pode alterar os valores da razão C:S (Morse & Berner, 1995). É possível que a formação de pirita explique o fato da #1 ter exibido valores menores de 2,8 para a razão C:S, apesar de ser o local com sedimentos mais arenosos e maior porosidade, o que promoveria uma maior circulação da água intersticial e oxigenação do substrato.

Embora na maioria das estações a razão C:S apresentou valores maiores que 2,8, uma relação inversa entre os teores de COT e S com a profundidade no interior da coluna de sedimento, como foi observada nas #2 e 3 em abril e nas # 3, 4 e 5 em novembro sugere a degradação da matéria orgânica por bactérias redutoras de $SO_4^{2-}$ com a conseqüente geração de $H_2S$, o que pode levar ao desenvolvimento de um ambiente redutor (Paropkari *et al*., 1991).

*7.3.2. Biopolímeros orgânicos e estado trófico do sistema*

A quantidade e qualidade da matéria orgânica particulada presente nos sedimentos varia temporal e espacialmente em resposta a fatores físicos e biológicos, e unicamente uma fração dela está realmente disponível para os consumidores bentônicos. As três classes de biopolímeros orgânicos (proteínas, lipídios e carboidratos), podem ser utilizadas para avaliar o grau de degradação da matéria orgânica, o seu valor nutricional e o estado trófico do ambiente bentônico (Dell´Anno *et al*., 2002).

A eutrofização é um dos impactos mais comuns em áreas costeiras urbanizadas, e segundo Nixon (1995), o conceito de eutrofização de um ecossistema marinho pode ser definido com base no aporte e acumulação de carbono orgânico total (COT) nos

sedimentos, o que está diretamente relacionado à carga de nutrientes e à produtividade do sistema. Os sedimentos em ambientes eutrofizados tendem a acumular grandes quantidades de COT o que causa modificações na composição bioquímica da matéria orgânica. Porém, devido à natureza mais conservativa do COT, mudanças no estado trófico do sistema em estudo são mais evidentes e podem ser mais bem descritas em termos das variações na composição bioquímica da matéria orgânica (Tselepides, 2000).

Em geral, as seis estações estudadas na região do CSS apresentaram concentrações de proteínas (PRT), lipídios (LPD), carboidratos (CHO) e do carbono biopolimérico (CBP) comparáveis às reportadas em ambientes eutróficos e inclusive em áreas com enriquecimento orgânico (Vezzulli & Fabiano, 2006), sugerindo que os sedimentos destes locais exibem características típicas de sistemas eutróficos.

De acordo com a classificação proposta por Dell´Anno *et al*. (2002) três condições tróficas diferentes podem ser definidas em função da concentração de proteínas e carboidratos: hipertrófica (PRT > 4 mg $g^{-1}$; CHO > 7 mg $g^{-1}$; PRT/CHO > 1), eutrófica (PRT = 1,5 - 4 mg $g^{-1}$; CHO = 5 – 7 mg $g^{-1}$; PRT/CHO > 1) e meso-oligotrófica (PRT < 1,5 mg $g^{-1}$; CHO < 5 mg $g^{-1}$; PRT/CHO < 1).

As #1 e 6 em ambas as coletas junto com as #4 e 5 em novembro, apresentaram características meso-oligotróficas considerando pelo menos dois destes três parâmetros, enquanto que as #2 e 3, em ambos os períodos, e as #4 e 5 em abril apresentaram por um lado, concentrações de PRT indicativas de condições eutróficas, concentrações de CHO indicativas de condições eutróficas ou hipertróficas, e por outro lado, razões PRT/CHO < 1 sugerindo condições meso-oligotróficas. Porém, os baixos valores da razão PRT/CHO observados principalmente na coleta de abril, foram conseqüência das altas concentrações de carboidratos registradas nesse período. Cabe ressaltar que altas concentrações de CHO, similares às encontradas no presente trabalho, têm sido observadas em zonas portuárias e em áreas impactadas por atividades humanas e industriais (Dell´Anno *et al*., 2002, Perretti, 2006), e que o aumento da ocupação turística, do tráfego de embarcações e do despejo de esgotos durante o verão (CETESB, 2000), podem ser responsáveis por tais valores.

Além disso, o predomínio dos CHO que resulta em razões PRT/CHO < 1 é típico de ambientes com elevada carga de detritos (Danovaro, 1996). Segundo Vezzulli & Fabiano (2006), os ambientes oligotróficos caracterizam-se pela rápida utilização do nitrogênio orgânico que resulta em valores da razão PRT/CHO < 1 junto com baixas concentrações de proteínas e CBP. Embora em quase todos os casos efetivamente a

razão PRT/CHO apresentasse valores menores que 1, somente a #1 mostrou baixas concentrações de PRT (< 1,5 mg $g^{-1}$) e menores concentrações de CBP, o que corrobora o seu caráter oligotrófico.

Em contraste, em ambientes eutróficos a taxa de acumulação de nitrogênio é alta, o que resulta em valores da razão PRT/CHO > 1 junto com altas concentrações de proteínas e CBP (Vezzulli & Fabiano, 2006). Ainda, outras combinações tais como PRT/CHO < 1 e alta concentração de CBP têm sido observadas em sedimentos com alta carga de restos orgânicos em estado parcial de degradação (Danovaro, 1996). Portanto, com exceção das #1 e 6, as demais estações da região do CSS apresentaram uma composição bioquímica da matéria orgânica particulada indicativa da ocorrência de eutrofização e de um importante aporte de detritos orgânicos para os sedimentos.

Em estudos prévios, tanto o CSS quanto a plataforma continental interna de São Sebastião foram classificados como ambientes oligo-mesotróficos, com base na concentração de nutrientes dissolvidos na água e na composição e biomassa da comunidade planctônica (Gianesella-Galvão *et al*., 1997; Gianesella *et al*., 1999). Desta forma, a maioria dos locais estudados apresenta condições tróficas contrastantes entre o ambiente pelágico e o bentônico, com uma coluna de água oligo-mestrófica e sedimentos eutróficos. Padrões similares têm sido observados em ambientes que atuam como armadilhas de detritos orgânicos, e têm sido relacionados à variações no regime hidrodinâmico, que promovem a ressuspensão dos sedimentos e das partículas orgânicas e o seu transporte lateral (Pusceddu *et al*., 2003). Isto de fato acontece no CSS devido à intensidade da circulação induzida pelo vento, com correntes superficiais que apresentam velocidades médias entre 0,5 e 1 m $s^{-1}$ (Fontes, 1995) e ao aumento do fluxo hidrodinâmico junto ao fundo durante a passagem de frentes frias, que pode ter competência para ressuspender as partículas previamente depositadas (Mahiques, 1995). Inclusive, estudos sobre a dispersão de manchas de petróleo na área têm demonstrado que, em função da intensidade das correntes superficiais, a elevação das concentrações de hidrocarbonetos na água é temporária, mas existe uma acumulação destes compostos nos sedimentos, preferencialmente na porção central e norte do CSS (Zanardi *et al*., 1999).

As proteínas representam a principal fonte de nitrogênio e são remobilizadas mais rapidamente pelos consumidores do que os carboidratos, sendo que razões PRT/CHO < 1 podem indicar também a presença de detritos orgânicos envelhecidos e parcialmente degradados (Pusceddu *et al*., 2000). Aumentos na concentração de

proteínas no interior do sedimento como foram observados no presente estudo podem ser conseqüência da atividade bacteriana. As bactérias heterotróficas utilizam a matéria orgânica para suprir os seus requerimentos metabólicos e ao mesmo tempo produzem biomassa bacteriana, a qual representa um recurso alimentar rico em proteínas e de alta qualidade (Fabiano *et al*., 1995). Considerando que as proteínas apresentaram correlação positiva com os feopigmentos em ambos os períodos, pode se inferir o aumento do valor nutricional dos detritos pela ação bacteriana. Além disso, a correlação positiva entre a concentração de proteínas e o teor de nitrogênio total em ambos os períodos apóia a origem essencialmente orgânica do nitrogênio.

As comunidades de microalgas bentônicas são importantes produtores primários em áreas costeiras rasas onde a zona eufótica pode se estender até a interface água-sedimento. De acordo com Welker *et al*. (2002), as diatomáceas bentônicas produzem grandes quantidades de carboidratos extracelulares tanto de baixo peso molecular (colóides) quanto de alto peso molecular (substâncias poliméricas extracelulares, EPS). A fração polimérica (EPS) é produzida mesmo na ausência de luz e constitui um filme que permite a migração das células no interior do sedimento (Staats *et al*., 2000).

A correlação positiva entre os carboidratos e a clorofila *a* em ambos os períodos de coleta sugere que a atividade metabólica do microfitobentos pode ser responsável pelas altas concentrações de CHO observadas. Além disso, uma correlação positiva entre a concentração dos CHO e a biomassa do microfitobentos estimada como clorofila *a* tem sido observada anteriormente, indicando que a comunidade de microalgas contribui quantitativamente e qualitativamente para a matéria orgânica lábil (Fabiano & Danovaro, 1994; Underwood *et al*., 1995). Ainda, a EPS, embora demore mais para ser degradada pelos microorganismos, também representa uma fonte importante de carbono orgânico para a fauna associada ao fundo (Van Duyl *et al*., 1999).

Por outro lado, a correlação positiva significativa entre os CHO e os feopigmentos em abril também pode estar relacionada ao envelhecimento e degradação de células mortas tanto do fitoplâncton quanto do microfitobentos. Já os perfis irregulares da concentração de CHO, com máximos subsuperficiais maiores aos observados para os outros biopolímeros, poderiam ser explicados pela presença de microalgas nas camadas inferiores da coluna de sedimento em decorrência tanto da bioturbação quanto da migração ativa, como foi observado em outros estudos (De Jonge & van Beusekom, 1992; Underwood *et al*., 1995).

O conteúdo de lipídios tem sido associado à fração lábil da matéria orgânica sedimentar e, junto com a razão LPD/CHO, utilizado para descrever o seu valor energético como fonte de alimento (Isla *et al*., 2006). As concentrações de LPD no presente estudo são maiores às registradas em ambientes oligotróficos (Pusceddu *et al*., 1999) e semelhantes às observadas em ambientes que recebem aportes episódicos de matéria orgânica derivada da produção primária planctônica e bentônica (Isla *et al*., 2006).

As pelotas fecais produzidas pelo zooplâncton durante o grazing e os agregados de algas representam importantes carregadores de LPD para o sedimento (Budge & Parrish, 1998). Segundo Gaeta *et al*. (1990), durante o período de outono-inverno, incrementos significativos da concentração de nutrientes dissolvidos na água de fundo, da biomassa do fitoplâncton e da abundância do zooplâncton na região do CSS podem estar associados à ressuspensão e reciclagem de nutrientes após a entrada de uma frente fria. Além disso, durante o período de primavera-verão com o ingresso da ACAS em direção à costa, o contato dessa massa de água com os sedimentos e com a zona eufótica promove a regeneração de nutrientes, diminuição do oxigênio dissolvido e aumento da produtividade primária (Braga & Muller, 1998). Portanto, pode se inferir que parte dos LPD presentes nos sedimentos dos locais estudados seja derivada da produção primária e secundária na coluna de água.

A concentração de lipídios é considerada um dos melhores descritores da abundância e biomassa da meiofauna presente no sedimento devido ao alto conteúdo lipídico dos seus tecidos (Grémare *et al*., 1997; Cartes *et al*., 2002). O fato da concentração de LPD ter apresentado correlação positiva significativa com a concentração de clorofila *a* e com a densidade da meiofauna, em ambos os períodos estudados, sugere que pelo menos uma parte deles esteja relacionada tanto com a presença da meiofauna em si, quanto com a pressão de “grazing” exercida por ela sobre o microfitobentos.

Contudo, as concentrações de LPD nos locais estudados na região do CSS são comparáveis às detectadas em áreas costeiras poluídas (Dell´Anno *et al*., 2002), e portanto, também podem estar relacionadas à introdução de hidrocarbonetos derivados do petróleo na área. Cabe ressaltar que os valores mais elevados da razão LPD/CHO na #1 em abril e na #4 em novembro indicam o maior valor energético da matéria orgânica como fonte de alimento para a fauna bentônica nesses locais.

Usualmente a fração biopolímérica do carbono (CBP) representa em torno de 70 % do COT (Danovaro *et al*., 1993; Albertelli *et al*., 1999). Os baixos valores do índice alimentar obtidos no presente trabalho (em geral menores de 40 %) indicam que uma fração importante do carbono orgânico nas estações estudadas está presente na forma geopolimérica, ou seja, fazendo parte do material mais refratário e não diretamente disponível para os consumidores bentônicos (Danovaro & Fabiano, 1997). Porém, valores semelhantes aos observados no presente estudo têm sido registrados em áreas altamente produtivas, dominadas por eventos sazonais e episódicos de ressurgência, tal como a costa central do Chile (Neira *et al*., 2001). Assim sendo, provavelmente os maiores valores do IA em abril estejam associados ao aumento da produtividade primária e ao acúmulo desses detritos orgânicos no fundo durante o verão.

*7.3.3. Biomarcadores lipídicos*

Em áreas costeiras a matéria orgânica sedimentar deriva principalmente da produção primária e secundária do próprio ecossistema, do aporte de material terrestre e da produção bacteriana nos sedimentos. A importância relativa destas fontes está determinada por fatores locais tais como o clima, aporte de nutrientes, condições hidrodinâmicas e inclusive pela ação humana, sendo que mudanças em qualquer um destes fatores vão se refletir na composição dos ácidos graxos presentes nos sedimentos (Pinturier-Geiss *et al*., 2002).

As concentrações de ácidos graxos totais (TFA) registradas nos sedimentos dos locais estudados na região do CSS são semelhantes às observadas em ambientes costeiros eutróficos, com influência de atividades antropogênicas e que possuem um fluxo intenso de material orgânico para o fundo (Colombo *et al*., 1997; Zimmerman & Canuel, 2000; Yoshinaga, 2006). Com exceção da #5 em novembro, os ácidos graxos saturados (SFA) constituíram a classe predominante na maioria das estações em ambos os períodos de coleta seguidos dos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e dos poliinsaturados (PUFA), o que é esperado em função da velocidade de degradação dos ácidos graxos ser proporcional ao seu grau de insaturação (Sun & Wakeham, 1994).

Porém, as diferenças na reatividade também dependem da origem dos ácidos graxos. Os PUFA são os principais componentes do fitoplâncton, estão associados à matéria orgânica lábil e, portanto, são rapidamente eliminados durante a degradação na coluna de água e nos sedimentos (Budge & Parrish, 1998), o que pode explicar a menor concentração destes compostos nas amostras analisadas.

Durante a diagênese recente, os ácidos graxos são preferencialmente degradados em relação ao carbono orgânico total (COT), sendo que as concentrações normalizadas pelo carbono orgânico total (TFA/COT) refletem o seu grau de degradação antes da deposição ou nos sedimentos (Zimmerman & Canuel, 2001). Os valores obtidos no presente estudo mostraram que a #1, em ambas as coletas, e a #5, em novembro, apresentaram maior concentração dos PUFA do que as demais estações e, portanto, maior quantidade de matéria orgânica lábil.

Apesar de que a comparação entre locais distintos é difícil devido às diferenças na quantidade e na idade da matéria orgânica depositada no fundo e ao regime de deposição, de acordo com Camacho-Ibar *et al*. (2003) a profundidade determina, ao menos parcialmente, o grau de degradação da matéria orgânica antes desta se depositar no fundo. Tal fato foi observado nas estações da região do CSS, onde a #1, a mais rasa, apresentou as maiores concentrações de TFA/COT, enquanto que a #6, a mais profunda, apresentou os menores valores. Embora na #1 os teores de matéria orgânica particulada (MOP) sejam menores, o local parece ser rico em ácidos graxos, proporcionalmente ao conteúdo de COT dos sedimentos e, portanto, parece ter uma MOP em estado menos avançado de degradação e de relativamente alta qualidade.

Outro fator que afeta a concentração dos TFA é o seu aporte, o que pode estar associado a aumentos na produtividade primária na coluna de água adjacente e/ou nos sedimentos (Zimmerman & Canuel, 2001). Desta forma, as maiores concentrações de TFA registradas em novembro, na #5 poderiam ser explicadas pelo estímulo da produção primária como conseqüência do ingresso da ACAS rica em nutrientes nesse período. As elevadas concentrações de PUFA registradas nessa estação confirmaram a importância do aporte de ácidos graxos derivados de algas para o “pool” de matéria orgânica. Além disso, a correlação positiva significativa entre a concentração de clorofila *a* e quase todas as classes de ácidos graxos em abril sugere uma contribuição derivada da produção primária planctônica e/ou bentônica também nesse período para os seis locais estudados.

No que diz respeito aos ácidos graxos saturados, os de cadeia curta ($C_{12}$-$C_{18}$) (SCSFA) foram comparativamente mais abundantes em relação aos de cadeia longa ($C_{20}$-$C_{24}$) (LCSFA), sugerindo-lhes uma origem principalmente marinha e uma contribuição terrestre pouco significativa em todas as estações (Niggeman & Schubert, 2006). Em geral, o predomínio dos ácidos graxos de cadeia curta sobre os de cadeia longa tem sido atribuído ao domínio do material orgânico planctônico sobre o terrestre

(Canuel, 2001). Embora os LCSFA sejam normalmente associados com fontes terrestres, existem evidências de outras fontes, já que podem estar presentes nas diatomáceas em baixas concentrações (Volkman *et al*., 1989).

De modo geral, o predomínio dos ácidos graxos saturados reflete sua preservação seletiva durante a diagênese recente. Cabe ressaltar que o ácido palmítico, ou 16:0, que foi o predominante em quase todas as estações, é ubíquo no meio marinho e está presente nas plantas superiores e nos efluentes de esgotos domésticos (Quemeneur & Marty, 1994). Já o ácido behénico, ou 22:0, que dominou na #5 em novembro, é típico de plantas superiores; porém elevadas concentrações deste composto no meio marinho podem ser decorrentes da degradação dos $C_{22}$MUFA e $C_{22}$PUFA presentes no plâncton (Budge *et al*., 2001). Portanto, a sua presença nesse local pode estar relacionada à acumulação tanto de material biogênico de origem continental, derivado de plantas terrestres quanto de origem marinha, derivado da produção primária e secundária na coluna de água.

A pequena contribuição terrestre foi corroborada pelo fato de que na maioria das estações e dos estratos de sedimento a Σ18:2ω6 e 18:3ω3 foi menor do que 2,5 %, indicando uma baixa contribuição de matéria orgânica derivada de plantas superiores, as quais se caracterizam por possuir grandes quantidades desses compostos (Budge & Parrish, 1998). O aporte continental no litoral norte do Estado de São Paulo depende intensamente do regime de pluviosidade, que é maior durante a primavera-verão. Neste período ocorre a intrusão da ACAS em direção à costa, que provoca o deslocamento da água costeira (AC) com alta carga de material em suspensão de origem terrestre para a porção externa da plataforma continental (Mahiques *et al*., 1998). A exportação de material continental neste período, que coincide com o aumento da produtividade primária, poderia explicar a contribuição pouco significativa de ácidos graxos de origem terrestre observada nos locais estudados.

No entanto, a maior contribuição terrestre observada nos sedimentos superficiais da #1 em abril (Σ18:2ω6 e 18:3ω3 = 5,71 %) pode estar relacionada ao acúmulo de material alóctone introduzido através do Rio Juqueriquerê durante o verão, ou à ressuspensão de material antigo previamente depositado. Em ambientes costeiros rasos, com maior velocidade das correntes próximas ao fundo, a turbulência e a ressuspensão são processos dominantes que podem acarretar a “diluição” da matéria orgânica lábil como conseqüência da remobilizacão de matéria orgânica refratária já presente (Boon & Duineveld, 1996). Contudo, como foi mencionado anteriormente, as frações mais finas

e o material em suspensão são transportados para fora da planície de maré (Souza, 1990), o que pode acarretar na exportação de parte do material que ingressa através do rio e, portanto, em uma contribuição terrestre pouco significativa.

Além disso, os perfis verticais relativamente homogêneos dos ácidos graxos de origem terrestre (Σ18:2ω6 e 18:3ω3) sugerem que estes compostos mais refratários são enterrados na coluna de sedimento sem sofrer grandes alterações. Entretanto, outras duas fontes podem ser responsáveis pela presença desses dois compostos na região do CSS, já que o 18:3ω3 tem sido detectado em alguns gêneros do fitoplâncton marinho, exceto nas diatomáceas, e o 18:2ω6 tem sido encontrado em áreas próximas a locais de despejo de efluentes domésticos (Quemeneur & Marty, 1994).

Dentre os ácidos graxos monoinsaturados os $C_{16}$MUFA e os $C_{18}$MUFA, que foram os mais abundantes no presente estudo, são comumente encontrados em algas, bactérias e no zooplâncton (Lee *et al*., 1971; Volkman *et al*., 1989), mas também podem estar presentes na fauna bentônica (Farrington *et al*., 1973). A correlação positiva dos MUFA com a concentração de clorofila *a* e os ácidos graxos indicadores de bactérias (BAFA) em abril, e com a abundância da meiofauna em ambos os períodos sugere que tais compostos sejam derivados tanto do material proveniente da coluna de água quanto das bactérias, microalgas e da fauna residente no fundo.

O fato do ácido palmitoléico, ou 16:1ω7, ter sido o ácido graxo monoinsaturado mais abundante na maioria das estações em ambos os períodos de coleta estaria refletindo uma elevada abundância do fitoplâncton, especialmente de diatomáceas e de cianobactérias (Carrie *et al*., 1998). Além disso, os valores da razão 16:1/16:0 > 1,6 na #5 em novembro indicaram um alto fluxo de diatomáceas para os sedimentos nesse local. O ácido oléico, ou 18:1ω9, que foi o segundo mais abundante dentre os ácidos graxos monoinsaturados, tem sido utilizado como indicador da presença de dinoflagelados na comunidade de produtores primários, assim como da ocorrência de zooplâncton, e altas concentrações desse ácido graxo têm sido encontradas em áreas impactadas por efluentes domésticos e com tendência à acumulação de sedimentos finos (Mudge *et al*., 1998).

Cabe ressaltar que ambos os compostos apresentaram perfis verticais similares o que provavelmente esteja relacionado a uma origem planctônica comum e a sua incorporação simultânea nos sedimentos. Na região do CSS os fitoflagelados são o grupo dominante do fitoplâncton, seguido pelas diatomáceas, e as suas abundâncias

relativas podem variar em função da concentração de nutrientes e da intensidade de luz, enquanto que os dinoflagelados são menos abundantes (Gaeta *et al*., 1990). Além disso, no verão, devido ao aumento da concentração de nitrato pela intrusão da ACAS, são as diatomáceas que respondem pelas elevadas taxas de produção primária e a maior biomassa fitoplanctônica (Gaeta *et al*., 1995). No entanto, as altas concentrações do 18:1ω9 registradas na coleta de abril, principalmente nas estações 2, 3, 5 e na #4, onde superou inclusive a concentração do 16:1ω7, provavelmente estejam relacionadas ao aumento no despejo de esgotos domésticos durante o verão através dos emissários submarinos do Araçá, da Praia das Cigarras e de Ilhabela, e à deposição desse material na porção central e norte do CSS, assim como ao aporte significativo de zooplâncton procedente da coluna de água.

Os ácidos graxos monoinsaturados de cadeia longa, particularmente (Σ20:1 e 22:1), são utilizados como indicadores de zooplâncton herbívoro, especialmente de Copepoda, porque estão presentes nas ceras do exoesqueleto desses organismos (Albers *et al*., 1996). Além disso, altas concentrações de tais compostos são geralmente detectadas em regiões com alta produtividade primária e são indicativas do acoplamento bento-pelágico, já que esses compostos são transportados para o fundo pela sedimentação das pelotas fecais do zooplâncton (Mudge *et al*., 1998). Estudos prévios desenvolvidos na região do CSS têm verificado que a comunidade do zooplâncton encontra se dominada pelos Copepoda Calanoida e que as espécies dominantes são principalmente herbívoras (Gaeta *et al*., 1990; Gianesella *et al*., 1997). A #5 na coleta de novembro apresentou os valores máximos para esses ácidos graxos, provavelmente devido ao aumento da abundância do zooplâncton decorrente do "bloom" de fitoplâncton detectado nesse período, e que posteriormente viu-se refletido no fundo pela composição dos ácidos graxos presentes no sedimento.

Do mesmo modo que os MUFA, os ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) também podem ser encontrados no zooplâncton, nas bactérias e na fauna bentônica, sendo que a sua presença nos sedimentos indica uma importante preservação da insaturação e uma alta labilidade da matéria orgânica depositada no fundo (Volkman *et al*., 1989). Tanto as macroalgas, quanto o microfitobentos possuem proporções apreciáveis dos $C_{18}$PUFA, $C_{20}$PUFA e $C_{22}$PUFA (Phillips, 1984). Em geral os PUFA são muito abundantes no plâncton produzido recentemente, mas a maioria desses

compostos é perdida antes das partículas atingirem o fundo (Niggeman & Schubert, 2006).

A correlação positiva significativa entre os PUFA e a concentração de clorofila *a* no sedimento na coleta de abril sugere o aporte de matéria orgânica produzida recentemente, derivada da produtividade primária planctônica e/ou bentônica. Além disso, o fato de que as estações mais rasas (#1, 2, 3 e 4) apresentaram maiores concentrações de PUFA e também maiores teores de clorofila *a* comparativamente às estações mais profundas (#5 e 6), estaria relacionado ao menor tempo de permanência e degradação das partículas orgânicas na coluna de água e também à maior penetração da luz nos primeiros locais.

Ainda, a elevada concentração dos PUFA nos sedimentos da #5, em novembro, parece ser decorrente do elevado aporte de matéria orgânica fresca derivada do plâncton nesse local, em conseqüência do avanço da ACAS. Cabe ressaltar que resultados similares com um elevado aporte de matéria orgânica lábil derivada da produção de diatomáceas e zooplâncton durante os meses de primavera e verão foram reportados previamente como associados ao afloramento da ACAS nas águas superficiais da região de Cabo Frio (Yoshinaga, 2006).

Dentre os ácidos graxos poliinsaturados os $C_{18}$PUFA e os $C_{22}$PUFA foram os mais abundantes na maioria das estações, indicando a presença de algas e zooplâncton (Zimmerman & Canuel, 2001). Segundo Colombo *et al*. (1997), as diatomáceas tendem a apresentar maiores quantidades de $C_{16}$PUFA e do 20:5ω3 (EPA), enquanto que os dinoflagelados possuem maiores quantidades de $C_{18}$PUFA e do 22:6ω3 (DHA). Os resultados do presente estudo indicam o predomínio dos dinoflagelados em todas as estações para ambos os períodos. O predomínio de dinoflagelados poderia ser explicado pela sucessão do fitoplâncton, já que geralmente o “bloom” de diatomáceas ocorre antes, no começo da primavera-verão, enquanto os dinoflagelados geralmente se tornam mais abundantes à medida que a estratificação aumenta (Boon *et al*., 1998). Porém, o 22:6ω3 também está presente na fauna marinha (Sargent, 1976) e considerando que o fluxo de material orgânico da coluna de água para os sedimentos seria esporádico, os organismos bentônicos podem representar uma fonte importante deste ácido graxo.

Entretanto, a #5 em novembro, apresentou uma contribuição de $C_{16}$PUFA e do 20:5ω3 (EPA) maior do que as estações restantes, indicando também um fluxo de diatomáceas para o sedimento. Além disso, as elevadas concentrações dos $C_{20}$PUFA na

#5 na coleta de novembro corroboraram a deposição de quantidades significativas tanto de algas quanto de zooplâncton nesse local (Lee *et al*., 1971; Volkman *et al*., 1989).

Outra fonte de PUFA para a região do CSS poderiam ser os restos de *Sargassum* sp., os quais contribuem com $C_{20}$PUFA tais como os 20:2 e 20:3 (Khotimchenko, 1991) e são abundantes nos costões rochosos do litoral norte do Estado de São Paulo (Corbisier *et al*., 2006). No entanto, considerando que esses compostos estiveram presentes em concentrações muito baixas, essa fonte seria pouco importante quando comparada à planctônica e à bentônica.

Segundo Canuel & Martens (1993), a degradação microbiana exerce um efeito significativo sobre a composição da matéria orgânica nos sedimentos costeiros, alterando diagenéticamente os seus componentes lipídicos em escalas de tempo curtas. As bactérias possuem uma composição de ácidos graxos diferente do resto dos organismos marinhos, com elevadas proporções de ácidos graxos ramificados de cadeia ímpar ($C_{13}$-$C_{21}$) e com pelo menos uma insaturação. A presença e composição das comunidades bacterianas está indicada pelas ocorrências de ácidos graxos ramificados (*iso* e *anteiso*) e do 18:1ω7 (Volkman *et al*., 1980; Rajendran *et al*., 1992). Estes compostos são derivados tanto do bacterioplâncton depositado a partir da coluna de água quanto da biomassa produzida *in situ* pelas bactérias presentes no sedimento.

Altas concentrações de ácidos graxos indicadores de bactérias (BAFA) no sedimento como as registradas no presente estudo têm sido observadas após o aumento da produtividade primária na coluna de água e à deposição desse material no fundo (Carrie *et al*., 1998), em regiões que recebem a descarga de efluentes domésticos (Mudge *et al*., 1998) e em áreas com elevadas concentrações de hidrocarbonetos fósseis (Pinturier-Geiss *et al*., 2002). Em abril, a correlação positiva significativa entre os BAFA, PUFA e a concentração de clorofila *a*, assim como as maiores concentrações dos BAFA detectadas nas estações 2 e 3, indicam a degradação da matéria orgânica fresca pela ação bacteriana. Porém, considerando que na região central e norte do CSS existe um acúmulo de sedimentos finos, material orgânico derivado de esgotos e do petróleo (Zanardi *et al*., 1999), os maiores valores dos BAFA nesses locais, devem estar também relacionados à degradação bacteriana das partículas orgânicas depositadas no fundo, em função das atividades antropogênicas desenvolvidas na área.

De acordo com Boon & Duineveld (1996), os feopigmentos também são suscetíveis à ação microbiana tendo sido observada uma correlação positiva entre a concentração dos ácidos graxos indicadores de bactérias e a proporção de material

degradado. Geralmente, no transcurso da decomposição dos detritos orgânicos os PUFA de cadeia longa, ricos em energia, são rapidamente utilizados e transformados em compostos de cadeia curta, ramificados e saturados, típicos dos microorganismos envolvidos na decomposição (Shultz & Quinn, 1973). Na coleta de novembro, embora os BAFA não apresentassem correlação significativa com os pigmentos fotossintéticos, estiveram positivamente correlacionados com todas as classes de ácidos graxos, inclusive os PUFA, os quais mostraram correlação positiva com a concentração de feopigmentos. Este fato provavelmente esteja relacionado ao enriquecimento inicial dos detritos pela ação bacteriana com a conseqüente liberação dos compostos mais lábeis que no decorrer da degradação são rapidamente eliminados.

Em geral as bactérias desempenham duas funções na reciclagem da matéria orgânica, uma como consumidoras do material dissolvido e particulado e outra como produtoras de matéria orgânica nova (Deming & Baross, 1993). Segundo Ding & Sun (2005), o entendimento da eficiência relativa da degradação aeróbica vs. a anaeróbica ainda é controverso, embora exista um consenso em que a taxa de degradação sob diferentes condições redox depende da composição química e da labilidade da matéria orgânica, e que a presença de animais (“grazers” de bactérias) em ambientes óxicos, mais do que a presença do próprio oxigênio, seria responsável pela aceleração dos processos de degradação. Além disso, os protozoários e alguns organismos da meiofauna, como os Nematoda têm o potencial de atuar como importantes intermediários na cadeia alimentar detrítica, pois consomem bactérias, sintetizam PUFA e ao mesmo tempo representam uma importante fonte de alimento para os invertebrados maiores (Phillips, 1984).

O fato dos BAFA terem apresentado correlação positiva significativa com a abundância da meiofauna e da macrofauna em abril, assim como o fato dos MUFA e dos PUFA terem apresentado correlação positiva significativa com a meiofauna e a macrofauna, respectivamente, em novembro, poderia estar relacionado com as interações entre os diferentes componentes bentônicos e a influência que tais interações exercem sobre a degradação de detritos orgânicos com diferente grau de maturidade. Já na #5 em novembro os maiores valores dos BAFA parecem estar associados à deposição de matéria orgânica lábil, em decorrência do aumento da produtividade primária.

Por outro lado, as menores concentrações de ácidos graxos indicadores de bactérias que foram registradas na #6 para ambos os períodos estudados, sugerem que a

o material orgânico que atinge o fundo além de estar presente em menor quantidade é mais refratário devido a sua degradação preferencial na coluna de água e, portanto, capaz de sustentar uma menor biomassa bacteriana.

As bactérias marinhas produzem níveis elevados de ácidos graxos saturados e monoinsaturados de cadeia ímpar quando cultivadas no petróleo, e as bactérias redutoras de $SO_4^{2-}$ são capazes de metabolizar os hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos (Wilkes *et al*., 2000). Dentre os ácidos graxos indicadores de bactérias detectados neste trabalho os mais abundantes foram o 15:0, o 17:1 e o 18:1ω7, que podem ser encontrados tanto em bactérias aeróbicas quanto anaeróbicas (Pinturier-Geiss *et al*., 2002). Como foi mencionado anteriormente, as estações da região central e norte do CSS recebem um aporte importante de hidrocarbonetos petrogênicos (Albuquerque, 2005) e pequenos aumentos nos valores da razão C:N com a profundidade no interior da coluna sedimentar, os quais foram observados nas duas coletas, podem estar associados à degradação anaeróbica da matéria orgânica (Andrew *et al*., 1998). Levando isto em consideração, é possível que ambos os processos, tanto a degradação aeróbica quanto a anaeróbica, aconteçam nos sedimentos dos locais acima mencionados e que parte da comunidade microbiana esteja constituída por bactérias sulfato-redutoras e seja sustentada por matéria orgânica procedente de fontes antropogênicas.

No entanto, a similaridade entre os perfis verticais e a correlação positiva significativa entre os BAFA e os PUFA em ambos os períodos estudados sugere uma resposta rápida da comunidade bacteriana ao aporte de matéria orgânica lábil, e indica a importância das bactérias no aumento do valor nutricional dos detritos. Além disso, os perfis verticais dos BAFA, PUFA, da meiofauna e da macrofauna, assim como a correlação positiva entre estas variáveis sugerem que as oscilações na concentração dos BAFA e dos PUFA nos estratos da coluna de sedimento, possivelmente estejam associadas tanto ao consumo quanto ao rápido enterramento desse material lábil e de alto valor nutricional ocasionado pela atividade da fauna bentônica.

A maior contribuição de matéria orgânica mais refratária nas estações 5 e 6 para a coleta de abril, como indicado pelos resultados da Análise de Componentes Principais (maior concentração dos LCSFA), poderia estar associada à drenagem continental mais elevada do verão, assim como à maior degradação dos detritos orgânicos na coluna de água em função da maior profundidade desses locais. Em contraste, nas #1 e #4 a maior concentração dos $C_{22}$PUFA, 22:6ω3 e da Σ20:1 e 22:1 indicam um aporte importante de matéria orgânica lábil a partir da coluna de água para essas estações, derivado das algas

e do zooplâncton, e provavelmente também da fauna bentônica. As estações 2 e 3 apresentaram também matéria orgânica lábil e derivada da produção primária planctônica e/ou bentônica e de bactérias; porém em estado mais avançado de degradação como indicado pelo predomínio dos MUFA e dos SCSFA.

Em novembro, os resultados da Análise de Componentes Principais indicam para as estações 1, 2, 3, 4 e 6 a presença de matéria orgânica mais refratária comparativamente à encontrada na #5. A relativamente alta contribuição de matéria orgânica lábil derivada do plâncton na #5 indicada pela maior concentração de todos os PUFA seria decorrente do aumento da concentração de nutrientes e da produtividade primária na coluna de água pelo avanço da ACAS como foi mencionado anteriormente. Além disso, a maior concentração dos $C_{22}$PUFA, 22:6ω3 e da Σ20:1 e 22:1 sugerem a deposição de material autóctone procedente da coluna de água nesse local. Por sua vez, as maiores concentrações de 16:1ω7, 18:1ω9, MUFA, BAFA e SCSFA nas estações 1 e 4 sugerem a ocorrência de matéria orgânica autóctone derivada dos produtores primários planctônicos e bentônicos, do zooplâncton, e também da produção bacteriana, parcialmente degradada. Ainda, a elevada concentração do 18:1ω9 na #4 poderia estar relacionada à introdução de esgotos domésticos nesse local.

### *7.4. Comunidades bentônicas: relações com a quantidade e qualidade da matéria orgânica particulada e influência dos fatores abióticos*

#### *7.4.1. Microfitobentos*

Os pigmentos fotossintéticos presentes no sedimento podem ter diferentes origens: podem derivar do fitoplâncton, das pelotas fecais do zooplâncton ou do material continental que se deposita no fundo, e em ambientes costeiros e rasos uma grande parte deriva do microfitobentos. As concentrações de fitopigmentos no sedimento refletem a quantidade de matéria orgânica produzida pela fotossíntese e, portanto, o conteúdo de clorofila *a* pode ser utilizado como descritor do estado trófico e da produtividade do sistema, especialmente em ambientes costeiros rasos (Lucas *et al*., 2000).

As concentrações de clorofila *a* e feopigmentos detectadas nos sedimentos dos seis locais estudados na região do CSS são similares às registradas em ambientes eutrofizados e impactados por atividades urbanas e industriais (Dell´Anno *et al*., 2002; Muniz *et al*., 2002) e que atuam como armadilhas de detritos orgânicos (Pusceddu *et al*.,

2003). Porém, como foi mencionado anteriormente, com base na concentração de nutrientes e na estrutura da comunidade planctônica a região do CSS foi classificada como oligo-mesotrófica com concentrações de clorofila *a* na coluna de água entre 0,16 e 6,42 mg $m^{-3}$ (Gianesella-Galvão *et al*., 1997; Gianesella *et al*., 1999).

Os sedimentos integram os aportes presentes e passados de material orgânico procedente do próprio sistema ou de ambientes adjacentes, sendo um reflexo do que acontece na coluna de água (Graf, 1989). Sobretudo nos ambientes marinhos rasos os compartimentos pelágico e bentônico estão estreitamente acoplados, mas os resultados dos pigmentos fotossintéticos bentônicos obtidos no presente trabalho indicam que este compartimento apresenta condições de maior eutrofização do que a coluna de água, provavelmente em decorrência da introdução de esgotos domésticos e petróleo. Segundo Dachs *et al*. (1997), os "blooms" de algas podem ter um papel importante na acumulação de hidrocarbonetos petrogênicos e carregá-los para o fundo. Assim sendo, os aumentos esporádicos da produtividade primária na região do CSS poderiam contribuir para a acumulação nos sedimentos do petróleo introduzido na área.

Além disso, o fato de todas as estações, exceto a #1 em abril, terem apresentado concentrações de feopigmentos maiores às de clorofila *a* indica uma grande proporção de detritos no material derivado da produção primária, o qual segundo Dell´Anno *et al*. (2002), pode ser o resultado do aumento da produtividade e da sedimentação de partículas orgânicas a partir da coluna de água devido a um intenso impacto antropogênico.

Ainda, de acordo com Danovaro *et al*. (2000), elevadas concentrações de feopigmentos como as observadas no presente estudo sugerem um forte acoplamento entre os processos que acontecem na coluna de água e o fundo, assim como um importante aporte de fitodetritos. Também, esses autores afirmam que altas concentrações de clorofila *a*, semelhantes às registradas neste trabalho, estariam indicando a ocorrência de altas densidades do microfitobentos, típicas de áreas eutróficas com elevada carga de nutrientes onde a quantidade do alimento não é um fator limitante.

O fator limitante mais importante da produção primária bentônica em ambientes costeiros rasos é a disponibilidade de luz na superfície do sedimento, a qual varia em função tanto da profundidade quanto das propriedades óticas da água. Embora a disponibilidade de luz seja elevada nestes ambientes, a transparência da água é geralmente diminuída pela maior concentração de material em suspensão e de

fitoplâncton, atenuando a capacidade fotossintética das microalgas bentônicas (Blasutto *et al*., 2005). As menores concentrações de clorofila *a* registradas nas #5 e 6 possivelmente estejam relacionadas à maior profundidade desses locais e a menor incidência da luz no fundo, comparativamente às estações mais rasas.

Outro fator determinante da biomassa do microfitobentos neste tipo de ambiente é a ressuspensão do sedimento e das partículas orgânicas associadas a ele, as quais uma vez remobilizadas são submetidas a altas taxas de respiração microbiana (Wainright & Hopkinson, 1997). Também, segundo Gallucci & Netto (2004) a deposição de sedimento após a passagem de uma frente fria pode contribuir para a redução do microfitobentos. As menores concentrações de clorofila *a* observadas em novembro para as #1 e 2 poderiam ser o resultado da ressuspensão do sedimento e das microalgas bentônicas pela passagem de uma frente fria que aconteceu antes da coleta e da sua conseqüente degradação. Tais resultados indicam a importância das condições hidrodinâmicas junto ao fundo no controle da comunidade do microfitobentos e da qualidade da matéria orgânica sedimentar, e ainda sugerem que uma fração ativa das microalgas bentônicas persiste sob um regime turbulento.

O fato de que os maiores teores de clorofila *a* corresponderam à #2 (abril) e às #3 e 4 (novembro) e estiveram associados a elevados teores de COT e ao predomínio de sedimentos finos, podem ser o resultado do transporte lateral de material em suspensão pelas correntes geradas pelo vento que são muito intensas na região (Fontes, 1995) e da posterior deposição desse material nos locais de menor energia hidrodinâmica. As correlações positivas significativas entre o diâmetro médio e a concentração de clorofila *a* em abril, e entre as concentrações de clorofila *a* e feopigmentos em novembro corroboraram esses resultados. Outros estudos têm demonstrado a relação entre a concentração de pigmentos fotossintéticos, o tipo de sedimento e o teor de carbono orgânico, e detectado maiores valores de clorofila *a* em sedimentos pelíticos com altos teores de carbono orgânico (Burford *et al*., 1994; Boon *et al*., 1998).

Embora na #5 em novembro tenha ocorrido um aumento da produtividade primária em função do aumento da concentração de nutrientes pela intrusão da ACAS, o maior teor de feopigmentos sugere uma baixa biomassa do fitoplâncton e do microfitobentos nesse local e a rápida degradação dos detritos na coluna de água e/ou nos sedimentos. Devido à ausência de materiais estruturais complexos como a lignina, os restos orgânicos derivados dos produtores primários são rapidamente assimilados e remineralizados pelas bactérias e pela fauna (Rudnick, 1989). Resultados semelhantes

têm sido encontrados em outras áreas e atribuídos à produção local, e à maior velocidade e variabilidade dos processos na coluna de água em contraste com os sedimentos, os quais representam um registro "promédio" do que ocorre ao longo do tempo (Boon *et al*., 1998).

Por outro lado, a degradação dos pigmentos fotossintéticos é outro fator determinante da sua concentração nos sedimentos e em geral a taxa de degradação é maior na camada limite bentônica devido à maior mistura e contato do material orgânico com as bactérias do sedimento e com o oxigênio da água intersticial e da coluna de água adjacente (Boon & Duineveld, 1998). A diminuição da concentração de pigmentos fotossintéticos no interior da coluna sedimentar em ambas as coletas, e a correlação positiva dos ácidos graxos indicadores de bactérias (BAFA) com a concentração de clorofila *a* em abril sugerem que os pigmentos fotossintéticos estejam sendo remineralizados no interior da coluna de sedimento.

Porém, o aumento da concentração de clorofila *a* com a profundidade no interior do substrato em algumas estações poderia estar relacionado ao rápido enterramento do material orgânico lábil pela fauna bentônica. Também, poderia ser explicado pela distribuição heterogênea das microalgas bentônicas no sedimento, e a deposição em manchas da matéria orgânica no fundo (Plante *et al*., 1986).

*7.4.2. Meiofauna*

A meiofauna constitui um componente fundamental das associações marinhas heterotróficas influenciando a transferência de matéria e energia através do ecossistema (Li *et al*., 1997). As densidades da meiofauna total registradas nos locais estudados na região do CSS são similares às observadas em áreas com predomínio de sedimentos finos, que são da ordem de $10^3$ ind. 10 $cm^2$ (Coull, 1988) e que recebem aportes esporádicos de nutrientes (Tenore *et al*., 1978).

O fato dos Nematoda terem constituído o grupo taxonômico dominante em todas as estações para ambos os períodos de coleta é esperado já que geralmente eles dominam as comunidades do meiobentos representando mais de 50 % da meiofauna total. Usualmente os Copepoda Harpacticoida são subdominantes em termos de abundância (Kotwicki *et al*., 2005), como foi observado no presente trabalho. Cabe ressaltar que resultados semelhantes foram obtidos para a região de Ubatuba também localizada na plataforma continental interna do litoral norte do Estado de São Paulo (Corbisier, 1993, Quintana, 2004).

Para se entender o papel da meiofauna nas teias tróficas bentônicas é necessário estabelecer os potenciais fatores que determinam a sua abundância e distribuição. Esses fatores incluem a temperatura e a salinidade da água de fundo, o tamanho das partículas de sedimento e outros fatores que co-variam com ele, tais como velocidade das correntes junto ao fundo, conteúdo orgânico, disponibilidade de oxigênio e porosidade do sedimento (Heip *et al*., 1985). Além disso, fatores antropogênicos como a poluição e distúrbios físicos podem influenciar a distribuição da meiofauna no sedimento (Gheskiere *et al*., 2005).

As maiores abundâncias da meiofauna total e dos Nematoda, que compreendem mais de 90 % da fauna, nas estações 2, 3, 4 e 5 podem estar relacionadas à deposição de sedimentos finos e à acumulação de matéria orgânica e petróleo nesses locais, já que em ambientes impactados por contaminação orgânica é comum encontrar-se altas densidades de organismos da meiofauna, especialmente de Nematoda (Essink & Keidel, 1998; Venturini *et al*., 2004). A correlação positiva significativa entre a densidade da meiofauna o diâmetro médio das partículas de sedimento e o teor de COT em novembro, corroboraram esses resultados. Já os Copepoda são geralmente mais sensíveis à poluição em relação aos Nematoda, tendo sido observada uma diminuição na sua abundância e diversidade relativas com níveis crescentes de poluição (Warwick *et al*., 1988), o que também poderia explicar a menor abundância do grupo na região do CSS.

Os efeitos dos distúrbios físicos vão depender da sua natureza, intensidade e freqüência, sendo a estabilidade do sedimento um fator que tem influência crucial na estrutura e composição das comunidades bentônicas (Schratzberger & Warwick, 1998). A menor densidade da meiofauna na #1 em abril e nas demais estações em novembro poderia ser explicada pela ressuspensão do sedimento e dos organismos em decorrência de uma maior turbulência junto ao fundo, porém associada a eventos diferentes. A granulometria dos sedimentos reflete seu grau de exposição à ação de ondas e correntes; assim sendo, sítios protegidos tendem a possuir principalmente sedimentos lamosos e sítios expostos, areias grossas. Os organismos bentônicos menores estão submetidos aos mesmos processos de erosão, suspensão e transporte que atuam sobre as partículas de sedimento (Palmer & Gust, 1985). Como foi mencionado anteriormente, a #1 é um local com maior energia hidrodinâmica e possui uma maior contribuição de areias do que as demais. Tal contribuição estaria relacionada a variações na intensidade do fluxo e na descarga do Rio Juqueriquerê, maior durante o verão, período de maior pluviosidade.

Entretanto, a menor abundância da meiofauna nas demais estações em novembro seria decorrente da passagem de uma frente fria antes da coleta.

Ainda, a distribuição mais ampla da meiofauna no interior da coluna de sedimento nas #2, 3 e 4 poderia ser explicada pelo menor estresse físico sobre os organismos devido a uma maior estabilidade do substrato nesse locais de baixa energia, localizados no lado continental do CSS (Furtado *et al*., 1998).

A disponibilidade do alimento é um dos fatores mais importantes na determinação dos padrões de distribuição, ciclos sazonais e metabolismo das comunidades bentônicas; porém, as interações entre o conteúdo e/ou a origem da matéria orgânica e a fauna são complexas (Danovaro, 1996). A correlação positiva significativa entre a densidade da meiofauna, a fração biopolimérica do carbono (CBP) e os pigmentos fotossintéticos sugerem que estes organismos estão influenciados não só pela quantidade senão também pela qualidade da matéria orgânica presente no sedimento. As maiores abundâncias médias da meiofauna total nas # 2, 3, 4 e 5 poderiam estar relacionadas à maior disponibilidade e qualidade do alimento nesses locais, como indicado pelos maiores valores do CBP.

Segundo Neira *et al*. (2001), tanto a concentração de oxigênio dissolvido na água de fundo quanto a qualidade da matéria orgânica sedimentar são fatores limitantes para a meiofauna. Geralmente concentrações de oxigênio dissolvido < 2 $ml.l^{-1}$ correspondem a condições de hypoxia e são consideradas potencialmente prejudiciais para a fauna bentônica (Diaz & Rosenberg, 1995). Portanto, dado que a água de fundo em todas as estações e em ambos os períodos apresentou valores maiores que esse, a qualidade da matéria orgânica parece ser um fator com importante influencia sobre as comunidades do meiobentos na região do CSS.

Na coleta de abril, a correlação positiva significativa entre a densidade da meiofauna e a concentração dos BAFA sugere uma resposta da meiofauna à produção bacteriana, e a correlação positiva dos BAFA com a concentração dos CHO estaria indicando que as bactérias podem representar a ligação entre os fitodetritos e os consumidores bentônicos. Resultados similares têm sido associados ao fato de que os organismos depositívoros do meiobentos (principalmente os Nematoda) teriam uma preferência em se alimentar das bactérias, já que eles incorporariam mais nitrogênio dos microorganismos presentes nos fitodetritos do que dos detritos se mesmos (Findlay & Tenore, 1982).

Ainda, em ambientes costeiros com elevada carga de detritos, o material orgânico morto e mais refratário está presente em quantidades suficientes para manter altas taxas de degradação bacteriana durante meses na ausência de aportes de material fresco, representando uma fonte de carbono muito importante para as comunidades bentônicas (Rudnick, 1989). Em abril, a correlação positiva significativa dos BAFA e dos feopigmentos com a abundância da meiofauna sugere que os organismos estejam se alimentando de fitodetritos parcialmente degradados pela ação bacteriana e provavelmente das próprias bactérias. Entretanto, em novembro a correlação positiva significativa entre a concentração de clorofila *a* e feopigmentos, e a abundância do meiobentos estaria indicando que esses organismos se alimentam tanto de material orgânico fresco e lábil, quanto do material envelhecido e parcialmente degradado.

Devido a seus ciclos de vida curtos de 1 a 3 meses (Warwick *et al*., 1988) e às altas taxas de recrutamento, a meiofauna responde rapidamente às variações nas condições ambientais e na disponibilidade do alimento (Danovaro *et al*., 2000). A meiofauna em geral, e os Nematoda em particular, desempenham um papel fundamental na reciclagem da matéria orgânica e são componentes essenciais das teias tróficas marinhas atuando como nexo com os níveis tróficos superiores (Castel, 1992). A correlação positiva significativa entre a densidade da meiofauna e da macrofauna em ambos os períodos poderia estar relacionada à utilização do meiobentos como item alimentar por parte dos organismos do macrobentos.

Embora seja difícil definir a posição exata da meiofauna na teia trófica, alguns autores acreditam que ela pode competir diretamente com a macrofauna pelos mesmos recursos alimentares, mas ao mesmo tempo os organismos depositívoros podem ingerir organismos da meiofauna durante a alimentação e, portanto, atuar como predadores (Higgins & Thiel, 1988). Na coleta de novembro a correlação positiva significativa da densidade da meiofauna e da macrofauna com a concentração de clorofila *a* estaria indicando que estes organismos também respondem ao aporte de matéria orgânica produzida recentemente.

Porém, na #5 em particular, a qual recebeu um aporte de matéria orgânica lábil procedente da coluna de água, a densidade da macrofauna foi maior do que a da meiofauna, provavelmente, em função tanto da competição pelo alimento quanto da pressão de predação da primeira sobre a segunda.

Além disso, a existência de uma correlação positiva entre a biomassa da macrofauna e a densidade da meiofauna, e negativa entre a biomassa da macrofauna e

os TFA, SFA, BAFA e ΣMUFA para a coleta de abril, sugere que a macrofauna esteja se alimentando diretamente de restos orgânicos e microorganismos, mas também que os organismos do meiobentos estejam atuando como elo de ligação entre os detritos orgânicos parcialmente degradados e os consumidores maiores.

Um dos fatores mais importantes no controle da distribuição vertical dos organismos do meiobentos é o teor de oxigênio nos sedimentos e a ocorrência de $H_2S$, sendo que eles tendem a permanecer principalmente sob condições de elevada oxigenação (Coull, 1988; Hendelberg & Jensen, 1993). Nos seis locais estudados, a meiofauna apresentou maiores densidades nos primeiros 6 cm da coluna sedimentar, mas os Nematoda estiveram presentes em todos os estratos, enquanto que os Copepoda se concentraram principalmente na superfície. Segundo Moodley *et al*. (2000), essa distribuição apresentada pelo grupo Copepoda é resultado da maior sensibilidade dos Harpacticoida à diminuição do teor de oxigênio.

Apesar de que no presente trabalho não foi medida a concentração de oxigênio na água intersticial nem o potencial de óxido-redução, a correlação positiva entre a densidade da meiofauna e a razão C:S observada em novembro sugere o favorecimento destes organismos sob condições óxicas. Além disso, a ocorrência de aumentos na densidade em estratos subsuperficiais da coluna de sedimento nas #2, 3 e 4, que apresentaram uma maior profundidade da camada de descontinuidade do potencial redox (RPD) apóia esse fato.

Entretanto, a atividade de alimentação também pode afetar a distribuição vertical da meiofauna já que ela pode migrar no interior da coluna de sedimento e se localizar a diferentes profundidades. Segundo Steyaert *et al*. (2003), a competição inter-específica resulta na segregação vertical dos nichos permitindo a coexistência de espécies com requerimentos nutricionais e comportamento alimentar similares no mesmo local. Portanto, os picos de densidade nas #2, 3 e 4 poderiam estar associados à disponibilidade de alimento, como indicado pelo aumento da concentração de pigmentos fotossintéticos nas camadas subsuperficiais nessas estações, e também à partição dos recursos e do espaço como estratégia para reduzir a competição.

### *7.4.3. Macrofauna*

A macrofauna é outro componente importante dos sistemas bentônicos já que também desempenha um papel fundamental na decomposição dos detritos orgânicos, na reciclagem dos nutrientes e nos fluxos de energia para os níveis tróficos superiores

(Hyland *et al*., 2005). As densidades da macrofauna total registradas no presente estudo são semelhantes às observadas em áreas costeiras com enriquecimento orgânico (Muniz *et al*., 2005), que recebem aportes sazonais de matéria orgânica procedente da coluna de água (Albertelli *et al*., 1999), e às registradas previamente na região do CSS (Pires-Vanin, 1993; Arasaki, 1997; Arasaki *et al*., 2004).

Os fatores que controlam a estrutura das comunidades da macrofauna bentônica são variados e específicos de cada local. Dentre eles pode-se citar os fatores bióticos, como a predação e a competição, e os fatores abióticos, como a profundidade, taxa de sedimentação, estabilidade do sedimento, concentração de oxigênio dissolvido, características granulométricas dos sedimentos e conteúdo orgânico destes (Fresi *et al*., 1983; Thompson & Lowe, 2004).

A matéria orgânica presente no sedimento é uma importante fonte de alimento para a fauna bentônica; porém, em excesso, pode levar à redução da riqueza de espécies, abundância e biomassa, em decorrência da diminuição do oxigênio e do aparecimento de compostos tóxicos ($NH_4^+$ e $H_2S$) derivados da degradação desse material (Pearson & Rosenberg, 1978; Diaz & Rosenberg, 1995, Gray *et al*., 2002). Além disso, o aumento do conteúdo orgânico no fundo pode estar acompanhado do aumento da concentração de contaminantes químicos como petróleo e metais pesados, que co-variam com outros fatores abióticos do sedimento tais como a granulometria. Portanto, os organismos bentônicos estão submetidos a múltiplos fatores que atuam simultaneamente (Thompson & Lowe, 2004). A correlação negativa entre a diversidade da macrofauna e o teor de nitrogênio em abril, e entre a diversidade e o diâmetro médio das partículas de sedimento, o teor de COT e S em novembro, indicam a influência concomitante desses fatores e sugerem a presença de produtos tóxicos.

O fato das #2 e 3 terem apresentado menor número de espécies e diversidade em ambas as coletas, e menor biomassa da macrofauna em abril, pode estar relacionado ao despejo de esgotos domésticos, introdução de hidrocarbonetos derivados do petróleo e à acumulação do material orgânico nesses locais, associada à deposição de sedimentos pelíticos (Albuquerque, 2005). De acordo com Landrum & Robbins (1990) elevadas proporções de sedimentos finos provêm uma maior superfície de adsorção (em função da sua maior relação superfície/volume) para a matéria orgânica e os contaminantes orgânicos, promovendo o seu acúmulo no fundo.

Segundo o modelo clássico de Pearson & Rosenberg (1978), em um ambiente que passa de níveis baixos a moderados de carbono orgânico total (COT) a riqueza de

espécies atinge o seu valor máximo devido ao aumento da disponibilidade de alimento, à baixa incidência das perturbações ambientais, e a co-existência de espécies com níveis de tolerância e estratégias de recrutamento variadas. À medida que a concentração de COT aumenta para níveis intermediários, a riqueza de espécies sofre uma diminuição gradual em decorrência da eliminação daquelas espécies mais sensíveis. Porém, a abundância pode aumentar pela presença de espécies oportunistas, de tamanho pequeno, tempo de vida curto, amadurecimento prematuro e tamanho populacional variável, capazes de proliferar sob condições de estresse crescente e competição reduzida (Warwick *et al*., 1990). Finalmente, sob níveis elevados de COT as perturbações ambientais associadas a ele podem superar os limites de tolerância fisiológica da maioria das espécies e resultar na diminuição da riqueza específica, da abundância e dos outros descritores das comunidades bentônicas. Em um trabalho recente comparando várias regiões de três continentes, Hyland *et al*. (2005) estabeleceram que o risco de um ambiente apresentar uma redução da riqueza de espécies decorrente do enriquecimento orgânico é baixo a concentrações de COT < 10 mg $g^{-1}$, alto a concentrações de COT > 35 mg $g^{-1}$, e intermediário a concentrações de COT entre esses valores.

As concentrações de COT registradas no presente estudo podem ser consideradas intermediárias, exceto na #1, onde podem ser consideradas baixas. Além disso, o número de espécies da macrofauna, a diversidade e equitatividade nos seis locais do CSS são maiores aos reportados para áreas altamente impactadas por metais pesados (Mucha *et al*., 2004), que sofrem contaminação crônica por petróleo (Muniz *et al*., 2005; Venturini *et al*., 2004) e o despejo de grandes quantidades de esgotos domésticos sem tratamento (Smith & Shackley, 2005), mesmo considerando as diferentes áreas dos amostradores utilizados em cada caso.

Ainda, algumas espécies de Polychaeta consideradas oportunistas como os Capitellidae *Mediomastus capensis* e *Notomastus lobatus*, o Cossuridae *Cossura* sp., o Spionidae *Spiophanes missionensis*, e os Lumbrineridae *Lumbrineris tetraura* e *Lumbrineris januarii* estiveram presentes em altas abundâncias, o que é típico de condições de perturbação ambiental intermediárias (Pearson & Rosenberg, 1978; Salen-Picard *et al*., 2003). Cabe ressaltar que estes resultados são diferentes dos reportados previamente por Muniz & Pires (2000), já que estes autores não encontraram altas abundâncias de espécies oportunistas nas associações de Polychaeta do CSS. No entanto, são semelhantes aos encontrados em outras áreas do litoral brasileiro afetadas por atividades humanas (Lana, 1986; Muniz, 2003)

Por outro lado, a maior diversidade e número de espécies na #1 em abril, possivelmente estejam relacionadas ao menor teor de COT e à maior contribuição de areias nesse local, já que sedimentos mais arenosos possuem maior porosidade e permeabilidade o que permite uma maior circulação da água através dos espaços intersticiais e uma menor acumulação de material orgânico e dos contaminantes associados a ele (Wang *et al*., 2001).

O estabelecimento e a permanência das populações bentônicas estão principalmente determinados pelos requerimentos fisiológicos dos organismos e pela habilidade deles de utilizar os recursos alimentares disponíveis. Desta forma, a quantidade e o valor nutricional da matéria orgânica sedimentar têm um papel fundamental na determinação da abundância, biomassa, distribuição vertical e estrutura funcional das comunidades da macrofauna (Roth & Wilson, 1998). A relação entre a fauna bentônica e a matéria orgânica particulada presente no sedimento é bilateral, já que uma vez que ela se deposita no fundo os organismos influenciam o seu destino através da nutrição e da bioturbação, mas ao mesmo tempo os invertebrados bentônicos dependem substancialmente da quantidade e da natureza da matéria orgânica particulada disponível como principal fonte de alimento (Marsh & Tenore, 1990).

Em geral, nos seis locais estudados na região do CSS os organismos depositívoros foram os mais abundantes, o que é esperado em ambientes que sofrem eutrofização e possuem uma alta carga de detritos orgânicos, já que a medida que o enriquecimento orgânico aumenta a comunidade tende a ser dominada pelos depositívoros (Pearson & Rosenberg, 1978; Beukema, 1991). Porém, a ocorrência dos cinco grupos tróficos na maioria das estações indica um sistema bentônico com uma estrutura funcional relativamente equilibrada e complexa, submetido à contaminação orgânica e estresse hidrodinâmico intermediários (Dauwe *et al*., 1998). Além disso, uma alta diversidade trófica pode ser atribuída a uma alta variabilidade do alimento em termos de quantidade, qualidade e origem (Wieking & Kröncke, 2005).

Igualmente ao observado por Muniz & Pires (1999), os onívoros estiveram pobremente representados na região do CSS. Já a maior abundância dos suspensívoros (SUS) na #1 provavelmente esteja associada à menor taxa de sedimentação nesse local em função do maior fluxo hidrodinâmico junto ao fundo. De acordo com Shaffner *et al*. (1987) a deposição de grandes quantidades de matéria orgânica particulada pode obstruir as estruturas de alimentação destes organismos, além de promover a diminuição do oxigênio no interior do sedimento. As correlações negativas entre os SUS e o

diâmetro médio das partículas de sedimento, os teores de COT, N, S, a razão C:S e a concentração de CHO, PRT, CBP e feopigmentos poderiam ser explicadas pelo fato de que tais organismos dependem da quantidade e qualidade das partículas suspensas na coluna de água para suprir os seus requerimentos alimentares. Possivelmente, as condições hidrodinâmicas na #1 sejam propicias para manter uma alta disponibilidade de partículas orgânicas em suspensão para a alimentação dos SUS sem criar condições de estresse como uma grande instabilidade do substrato.

Por outro lado, a alta abundância relativa dos carnívoros (C) nas estações 1 e 5 em abril, e na #6 em ambos os períodos, poderia estar relacionada com a qualidade da matéria orgânica presente nos sedimentos, e também, com a disponibilidade do alimento, ou seja, dos organismos que representam presas potenciais para os predadores. Segundo Muniz & Pires (1999) sedimentos arenosos são mais favoráveis para os carnívoros devido à proliferação e movimentação das presas nos espaços intersticiais maiores.

Além disso, o aumento da abundância de organismos predadores pode ser o resultado da limitação pelo nitrogênio em ambientes com grandes proporções de material orgânico refratário, já que se alimentar diretamente dos tecidos vivos pode maximizar a obtenção de aminoácidos essenciais a partir das presas (Phillips, 1984). A correlação negativa da abundância dos carnívoros com o teor de nitrogênio e positiva com a abundância dos depositívoros de superfície sugere a ocorrência deste tipo de interação.

Ainda, considerando a maior contribuição de areias na #1, que este local recebe maiores quantidades de material terrestre de menor valor nutricional através da drenagem continental durante o verão, e que as #5 e 6 por serem mais profundas recebem material em estado mais avançado de degradação, o desenvolvimento de invertebrados bentônicos carnívoros seria favorecido nesses locais.

O predomínio de organismos depositívoros nas #2, 3 e 4 pode estar associado ao acúmulo de sedimentos finos e matéria orgânica no lado continental do CSS como foi reportado em estudos prévios (Muniz & Pires, 2000; Arasaki *et al*. 2004). No entanto, a maior abundância dos organismos depositívoros de superfície (DS) na #2 em ambas as coletas e nas #1, 3 e 4 em novembro pode estar relacionada ao aporte de matéria orgânica lábil e à predação sobre a meiofauna, como sugerido pela correlação negativa com a razão C:N e pela correlação positiva entre a concentração de clorofila *a*, a densidade do meiobentos, e a abundância dos DS. Segundo Josefson *et al*. (2002) os

organismos DS se alimentam preferencialmente de material orgânico fresco, enquanto os DSS utilizam recursos alimentares mais antigos e com maior grau de maturidade. Além disso, esses autores observaram que uma porção desse material fresco ingerido e assimilado pelos DS seria transferida para os níveis tróficos seguintes através da predação dos organismos carnívoros sobre os DS.

Alguns trabalhos têm verificado que o aumento da deposição de material orgânico fresco estimula em um primeiro momento o desenvolvimento de organismos suspensívoros e depositívoros de superfície; porém, após períodos prolongados de sedimentação e à medida que esse material vai sendo degradado os depositívoros de subsuperfície (DSS) são beneficiados (Dauwe *et al*., 1998; Wieking & Kröncke, 2005). Portanto, a maior abundância relativa dos DSS na #5 em novembro seria conseqüência da maior sedimentação de detritos a partir da coluna de água em decorrência do aumento da produtividade primária pela intrusão da ACAS. Além disso, nas #3 e 4 na coleta de abril, a maior abundância dos DSS pode ser resultado da maior produtividade primária e do despejo de esgotos durante o verão, e da acumulação desse material orgânico nos sedimentos ao longo do tempo.

Ainda, a correlação positiva significativa entre a abundância dos DSS, os ΣPUFA, BAFA e os feopigmentos estaria indicando a resposta desses organismos ao aporte de matéria orgânica lábil que é rapidamente remineralizada, tanto na coluna de água quanto nos sedimentos. Também, a correlação positiva entre os DSS os BAFA e a densidade da meiofauna sugere a interelação entre os três componentes bentônicos. O acúmulo de compostos refratários permite o desenvolvimento dos DSS porque estes organismos geralmente estão adaptados a fontes de alimento relativamente pobres com baixa qualidade energética e superam tal restrição através de diversos mecanismos, tais como a ingestão seletiva de partículas ricas em compostos orgânicos, o aumento da taxa de processamento do sedimento e utilização das bactérias e/ou da meiofauna como recursos alimentares (Lopez & Levinton, 1987; Albertelli *et al*., 1999).

Embora a estrutura das comunidades do macrobentos esteja influenciada pela quantidade, valor nutricional e distribuição vertical da matéria orgânica presente nos sedimentos, a fauna por médio da bioturbação afeta o deslocamento, fracionamento, distribuição e disponibilidade do alimento para a comunidade inteira. A maior abundância relativa da categoria “surface deposition” (SURF) na #2 em ambos os períodos e nas #1, 3 e 4 em novembro, foi conseqüência do predomínio dos DS, e na #1, também da contribuição dos SUS. A alta abundância da categoria SURF nos locais

estudados na região do CSS pode estar relacionada ao conteúdo orgânico dos sedimentos, e provavelmente, resulte em taxas de bioturbação relativamente baixas devido ao efeito desses organismos estar restrito aos primeiros centímetros da coluna sedimentar (Waldbusser *et al*., 2004). A ausência de bioturbação tem sido frequentemente observada em sedimentos com grande enriquecimento orgânico e associados à presença de massas de água anóxicas, como conseqüência do deslocamento da camada de óxido-redução para a superfície do sedimento, da simplificação da estrutura específica e funcional da comunidade afetada, da redução do tamanho dos organismos bentônicos, e eventualmente, da extinção da fauna local (Pearson & Rosenberg, 1978; Henrichs & Farrington, 1984).

Em contraste, a maior abundância relativa dos organismos da categoria "diffusive mixing" (DIFF) nas #3 e 4 em abril, e na #5 em novembro, foi decorrente do domínio de organismos DSS, enquanto que na #6, para ambas as coletas, isso foi resultado do predomínio dos carnívoros. Esta categoria de bioturbação está associada com organismos DSS móveis, cavadores e predadores de vida livre, o que provavelmente, resulte em taxas de bioturbação relativamente altas, principalmente, nos locais com predomínio dos DSS. Segundo Dauwe *et al*. (1998), os DSS afetariam uma porção maior da coluna de sedimento já que tais organismos habitam a profundidades maiores dentro do substrato.

A correlação negativa dos DIFF com o teor de enxofre e positiva com a razão C:S pode estar associada à maior irrigação e oxigenação dos sedimentos por parte destes organismos. Além disso, a correlação positiva dos DIFF com os ΣPUFA em novembro sugere que parte da matéria orgânica lábil esteja sendo deslocada para os estratos mais profundos da coluna de sedimento. Josefson *et al*. (2002) têm observado que após a ocorrência de um "bloom" de fitoplâncton na primavera, os detritos frescos são enterrados no sedimento por um certo período de tempo antes de serem remineralizados e incorporados na biomassa da fauna.

Ainda, a correlação positiva dos organismos SURF com a concentração dos carboidratos (CHO) e clorofila *a*, e com o índice alimentar (IA), assim como a correlação positiva dos DIFF com os feopigmentos estariam relacionadas à utilização de recursos alimentares diferentes por parte destes organismos como foi mencionado anteriormente. De acordo com Dauwe *et al*. (1998) devido a que o material orgânico de alta qualidade tende a ser degradado e desaparecer antes de atingir grandes profundidades, a bioturbação, mesmo sendo intensa, pode não resultar em aumentos da

concentração desse material nos estratos mais profundos da coluna de sedimento e, portanto, favorecer a presença de organismos da categoria SURF. Porém, quando a qualidade do material orgânico presente nos sedimentos é intermediária o custo energético e os benefícios do seu deslocamento para profundidades maiores no interior do substrato (como a diminuição da predação), favorecem a presença e atividade dos organismos da categoria DIFF.

Os organismos da categoria "conveyor belt transport" (CONV) exercem um efeito profundo nas propriedades dos sedimentos e nos processos de transporte. Eles se alimentam a profundidades variadas no interior do substrato e depositam as fezes na superfície do sedimento, o que resulta na transferência seletiva de partículas orgânicas enterradas para a superfície, mas ao mesmo tempo isto acelera a taxa de enterramento e retrabalhamento do sedimento e das partículas associadas a ele através da queda dos grãos durante a atividade cavadora e da circulação da água intersticial (Robbins, 1986). Assim, a correlação negativa dos CONV com a concentração de feopigmentos, lipídios totais, e com os teores de nitrogênio e enxofre poderia estar relacionada tanto ao transporte das partículas orgânicas para a superfície dos sedimentos quanto ao aumento da taxa de degradação dos detritos orgânicos e dos produtos tóxicos derivados dela ($NH_4^+$ e $H_2S$) em decorrência da intensa atividade bioturbadora desses organismos.

Além disso, a correlação positiva dos CONV com os ΣPUFA e o índice alimentar sugere o enterramento de matéria orgânica lábil no interior do substrato. Acredita-se que os organismos desta categoria teriam um papel fundamental na estruturação das comunidades onde se encontram, por um lado promovendo a irrigação e "arando" o sedimento, o que estimula a atividade microbiana, e por outro lado pela redistribuição da matéria orgânica no interior da coluna sedimentar, influenciando desta maneira a distribuição vertical de outros organismos DSS e inclusive dos Nematoda (Levin *et al*., 1997).

Os principais representantes desta categoria na região do CSS foram os Capitellidae *Mediomastus capensis,* muito abundante em quase todas as estações, e *Notomastus lobatus* na #6, os Maldanidae *Axiothella brasiliensis* e *Clymenella dalesi* na # 5 e 6, e os Orbiniidae do gênero *Scoloplos* na #5. Cabe ressaltar que todos estes poliquetas, exceto *M. capensis*, têm sido registrados em estudos prévios desenvolvidos no CSS (Muniz & Pires, 2000; Arasaki *et al*., 2004). Porém, *M. capensis* tem sido encontrado em altas abundâncias em locais que apresentam contaminação orgânica na região de Ubatuba (Muniz, 2003). Além disso, Muniz & Pires (1999) sugeriram que *N.*

*lobatus*, *A. brasiliensis* e *C. dalesi* se distribuem em profundidades maiores no interior do substrato devido ao seu hábito alimentar, corroborando que a atividade desses organismos estende-se até as camadas mais profundas da coluna de sedimento.

A categoria "reverse conveyor belt transport" (REVER) não foi muito abundante em nenhuma das seis estações da região do CSS e esteve representada pelos Cirratulidae *Tharyx* sp. e *Timarete* sp., os quais são organismos DS discretamente móveis e comumente encontrados em áreas poluídas (Fauchald & Jumars, 1979). A correlação positiva significativa dos REVER com os BAFA, possivelmente esteja relacionada ao estímulo da atividade bacteriana pela deposição de pelotas fecais durante a alimentação desses organismos que causa a transferência de material orgânico para profundidades maiores no interior do substrato. Segundo Soetaert *et al*. (1996) eles podem ser responsáveis pelos aumentos observados nos perfis verticais dos traçadores sedimentares no interior do substrato. No entanto, devido a sua baixa abundância não parecem exercer muita influência nos locais estudados na região do CSS.

Os perfis de distribuição vertical do macrobentos obtidos no presente estudo são semelhantes aos observados para outros ambientes e áreas geográficas, com a maioria dos organismos concentrados nos primeiros centímetros da coluna sedimentar e uma tendência à diminuição das densidades com a profundidade no interior do substrato (Hayashi, 1991; Flach & Heip, 1996; Dauwe *et al*., 1998; Gambi & Bussotti, 1999). Dentre os vários taxa os Polychaeta além de serem os mais abundantes apresentaram uma distribuição em maiores profundidades, principalmente em relação aos Crustacea, que estiveram restritos às camadas mais superficiais. Tal padrão foi relatado previamente e está associado à tendência dos Polychaeta em cavar até profundidades maiores em relação aos Crustacea (Shirayama & Horikoshi, 1982).

Embora as respostas possam ser diferentes para espécies que pertencem ao mesmo gênero, altas densidades de *Cossura* sp. e *Mediomastus* sp. têm sido observadas em ambientes poluídos ou após a ocorrência de um "bloom" de fitoplâncton (Pearson & Rosenberg, 1978; Blake, 1993). Dentre os Polychaeta registrados no presente trabalho a dominância de *Cossura* sp. nas #2, 3 e 4 em ambos os períodos de coleta parece estar associada ao maior conteúdo orgânico dos sedimentos nesses locais. *Cossura* sp. é DS, discretamente móvel e constrói tubos não permanentes. Segundo Lamont & Gage (2000) algumas espécies da família Cossuridae seriam capazes de aumentar a superfície respiratória das brânquias perante baixos teores de oxigênio por diferenciação fenotípica, o que pode favorecer seu desenvolvimento em áreas com enriquecimento

orgânico. Já o Capitellidae *Mediomastus capensis* esteve presente em quase todas as estações exceto na #6; entretanto, ele foi dominante nas #1 e 5 e subdominante nas #2, 3 e 4.

Ambas são espécies consideradas oportunistas que possuem a capacidade de crescer e se reproduzir rapidamente para explorar aportes esporádicos de matéria orgânica (Salen-Picard *et al*., 2003). Provavelmente, os máximos de abundância no interior da coluna sedimentar de *Cossura* sp. na #4 e de *Mediomastus capensis* na #5 em novembro estejam associados ao aumento do fluxo de detritos para o fundo após à passagem da frente fria e da intrusão da ACAS. No entanto, *Mediomastus capensis* é DSS, móvel e pertence à categoria de bioturbacão CONV, podendo se beneficiar do menor conteúdo orgânico e da presença de material mais refratário nas #1 e 5, locais onde foi dominante.

O fato de *Sternaspis capillata* ter ocorrido em grandes densidades unicamente nas #3 e 4 na coleta de abril poderia ser explicado pela sucessão de espécies na comunidade bentônica durante um período prolongado de aporte de material orgânico para o fundo. Os Polychaeta da família Sternaspidae são DSS móveis, de crescimento lento e tempo de vida maior que um ano, respondem tardiamente ao fluxo de detritos e os utilizam durante mais tempo (Salen-Picard *et al*., 2003). Segundo estes autores os detritos seriam aproveitados primeiro pelos organismos DS menores, como *Cossura* sp., depois pelos DSS menores, como *Mediomastus* sp., e posteriormente pelos organismos DSS maiores e com capacidade cavadora superior, como *Sternaspis* sp. *Sternaspis capillata* foi descrita pela primeira vez para a costa atlântica da América do Sul por Nonato (1966), a mesma foi responsável pela alta abundância relativa dos DIFF nas #3 e 4 na coleta de abril.

O Onuphidae *Kinbergonuphis orensanzi* dominou na #6 em ambas as coletas. Esta é uma espécie carnívora discretamente móvel que constrói longos tubos recobertos por uma fina camada de sedimento (Fauchald, 1982) e da categoria DIFF. A mesma foi previamente registrada na plataforma de São Sebastião em profundidades maiores de 30 m e em presença da ACAS (Pires-Vanin, 1993), o que poderia explicar a sua ocorrência unicamente nessa estação, que é a mais profunda dentre as estudadas. Porém, recentemente Mendes (2007) encontrou altas abundâncias desta espécie durante o verão, em locais próximos ao DTCS da PETROBRÁS, fato que não tinha sido verificado em trabalhos prévios (Muniz & Pires,1999; Arasaki *et al*., 2004). Esta espécie também tem sido registrada em outras áreas de plataforma altamente produtivas da costa oeste do

Atlântico Sul, como o estuário do Río de la Plata (Fauchald, 1982). Portanto, é possível que sob condições de alta produtividade e quantidade de alimento sua abundância seja favorecida pelo aumento na disponibilidade de presas.

O fato do Paraonidae *Aricidea (A). simplex* ter apresentado abundâncias relativamente altas nas #3 e 4 em ambas as coletas, com um máximo de densidade no estrato de 2-4 cm, e na #6 em novembro, com uma maior densidade no estrato superficial, pode estar associado à distribuição vertical mais restrita desta espécie DS, como foi observado por Muniz & Pires (1999). Além disso, pode estar relacionado também com a repartição do espaço e dos recursos alimentares entre grupos funcionais diferentes, o que permitiria a sua co-existência no mesmo local. Na #6 o DSS *N. lobatus* também foi muito abundante, entretanto a espécie apresentou uma distribuição vertical mais ampla, e com picos de densidade no último estrato. Segundo Paiva (1993) *N. lobatus* se alimenta abaixo da superfície do sedimento ingerindo as partículas sedimentares e digerindo a matéria orgânica e os microorganismos associados. Portanto, a segregação do nicho resultaria na diminuição da competição entre as duas espécies.

Ainda, outras duas espécies de Paraonidae *Cirrophorus americanus* e *Cirrophorus branchiatus*, que foram muito abundantes nas #5 e 6 em ambas as campanhas têm sido previamente registradas no CSS associadas a sedimentos lamosos contendo elevado teor de matéria orgânica (Arasaki *et al*., 2004), e na plataforma interna de Ubatuba, associadas tanto à ACAS quanto à AC (Pires-Vanin, 1993).

Dentre os Magelonidae, *Magelona papillicornis* foi dominante na #1, mas outras espécies, como *Magelona variolamellata* e *Magelona posterolongata*, estiveram presentes em todas as estações, possivelmente em decorrência da capacidade destes organismos discretamente móveis, em alternar seu hábito alimentar entre DS e SUS, em função das condições ambientais prevalecentes. Um dos atributos mais comuns da macrofauna que habita a interface água-sedimento é a adaptação facultativa de mudar de SUS para DS, em resposta às mudanças no fluxo das correntes junto ao fundo e na taxa de deposição que frequentemente acontece na camada limite bentônica (Snelgrove & Butman, 1994).

Cabe ressaltar que o fato de tanto os Crustacea quanto os Mollusca apresentarem uma distribuição vertical mais ampla nas #1 e 5 foi conseqüência da ocorrência de algumas poucas espécies, tais como o Tanaidacea *Saltipedes paulensis*, os Amphipoda *Globosolembos* sp., *Cerapus* sp., *Corophium* sp., e *Ampelisca paria*, e dos Bivalves *Corbula caribaea* e *Macoma brevifrons*. *C. caribaea* é predominantemente SUS,

enquanto as espécies de *Macoma* são predominantemente DS; entretanto, ambas possuem a capacidade de mudar o seu comportamento alimentar de acordo com as variações na intensidade das correntes, o transporte de sedimento e a disponibilidade de alimento em suspensão (Levinton, 1991; Arruda *et al*., 2003). Além disso, *Macoma constricta*, espécie encontrada em praias arenosas da região do CSS, tem sido observada a profundidades maiores dentro do substrato, inclusive sob condições anóxicas, e tal distribuição tem sido atribuída à presença de sifões longos através dos quais a circulação da água leva o suprimento de oxigênio (Arruda *et al*., 2003).

A grande ocorrência e abundância dos Amphipoda na #1 podem estar relacionadas com o menor conteúdo orgânico nos sedimentos nesse local, já que quando as condições ambientais são menos estressantes a densidade das espécies deste grupo tende a aumentar (Smith & Shacley, 2005). Dentre eles, *Corophium* sp. e *Globosolembos* sp. são tubícolas consideradas SUS predominantemente, mas com a plasticidade de mudar seu hábito alimentar para DS (Shillaker & Moore, 1987). Além disso, algumas espécies de *Corophium* são capazes de remover os microorganismos associados aos detritos de maneira muito eficiente e também de digerir carboidratos estruturais e até quitina (Sturat *et al*., 1985), o que poderia explicar sua maior abundância na #1, que recebe um maior aporte terrestre. Por sua vez, as espécies de *Ampelisca* (*Ampelisca paria* no presente trabalho) são organismos característicos de ambientes marinhos rasos com predomínio de areia fina e lama, em geral tubícolas, e que se alimentam capturando as partículas em suspensão e/ou rastejando a superfície do sedimento para coletar com as antenas as partículas orgânicas depositadas (Mills, 1971). Já o Tanaidacea *Saltipedes paulensis* é DSS e cavador de galerias cujo período de recrutamento é na primavera-verão (K.C. dos Santos, comun. pess.). O acoplamento do período reprodutivo ao aporte de material orgânico fresco procedente da coluna de água poderia explicar a alta abundância deste organismo apenas na #5 em novembro.

Resumindo, o fato das #2, 3 e 4 terem apresentado para a coleta de abril maiores densidades da meiofauna, e da macrofauna pode estar associada à maior disponibilidade de alimento nesses locais, como indicado pelas altas concentrações de CHO, LPD e CBP e visualizado na Análise de Componentes Principais. Porém, a menor diversidade e biomassa da macrofauna bentônica seriam decorrentes do maior enriquecimento orgânico e da dominância de espécies oportunistas de tamanho pequeno. Além disso, as estações mais rasas (#1, 2 e 3) apresentaram matéria orgânica mais lábil e de maior qualidade do que as estações mais profundas (#4, 5 e 6), como apontado pelos altos

teores de clorofila *a* e ΣPUFA, e também pela menor concentração dos LCSFA e feopigmentos. Isto provavelmente seja conseqüência da menor incidência da luz no fundo, o que limita a produção primária bentônica, e da maior degradação do material orgânico antes de se depositar nos sedimentos nos locais mais profundos. Por sua vez, a maior abundância de organismos depositívoros nas #2 e 3 e dos carnívoros nas #5 e 6 seria decorrente das diferenças na qualidade do alimento entre essas estações. Nos locais mais profundos e que possuem matéria orgânica mais refratária, os organismos carnívoros que se alimentam de tecidos vivos seriam favorecidos. Ainda, a maior abundância dos suspensívoros na #1 estaria associada à maior energia hidrodinâmica do local, que promove a manutenção de partículas orgânicas de alta qualidade no material em suspensão.

Em novembro, embora as #2 e 3 tenham apresentado alta disponibilidade e qualidade do alimento, como indicado pelas maiores concentrações clorofila *a*, CHO, LPD e CBP, a menor diversidade observada para a macrofauna bentônica seria conseqüência do maior conteúdo orgânico e do teor de enxofre nos sedimentos, como apontado nos resultados da Análise de Componentes Principais. Em contraste, a maior diversidade da macrofauna nas #1 e 5 estaria relacionada à presença de alimento proveniente de fontes variadas e em diferentes estados de degradação, sendo relativamente mais lábil na #5, como indicado pelas elevadas concentrações dos ΣPUFA e mais refratário na #1, como indicado pela maior concentração dos SCSFA. Além disso, na #5 a maior densidade da macrofauna e abundância de organismos depositívoros de subsuperfície estariam associadas ao aporte de uma grande quantidade de detritos orgânicos lábeis provenientes da coluna de água, em função do aumento da produtividade primária pela intrusão da ACAS. O fato da #1 ter apresentado novamente maior abundância de organismos suspensívoros seria decorrência do maior hidrodinamismo. Finalmente, neste período, as #4 e 6 apresentaram características intermediárias em relação à quantidade e qualidade da matéria orgânica presente nos sedimentos que se refletiram na estrutura das comunidades bentônicas.

## 8. CONCLUSÕES

-A distribuição dos sedimentos, matéria orgânica total, COT, N e S estão diretamente relacionadas às características topográficas e hidrodinâmicas de cada local, sendo possível afirmar, baseado nas concentrações de COT que todas as estações, exceto a #1, apresentam condições intermediárias de enriquecimento orgânico que podem representar um risco para as associações bentônicas provocando a diminuição da abundância, biomassa e riqueza de espécies.

-Os valores das razões C:N e C:S evidenciam uma origem mista da matéria orgânica com contribuição marinha e continental variáveis em cada ponto de coleta, e uma tendência à ocorrência de condições anóxicas ou subóxicas no interior da coluna sedimentar em algumas estações.

-Em função da concentração de biopolímeros orgânicos, CBP e da razão PRT/CHO e também da concentração de pigmentos fotossintéticos, é possível afirmar que, com exceção das #1 e 6, as demais estações da região do CSS possuem uma composição bioquímica da matéria orgânica particulada que indica a ocorrência de eutrofização e de um aporte importante de detritos orgânicos para os sedimentos.

-Levando em consideração informações existentes sobre as características da coluna de água e a produtividade primária fitoplanctônica na região do CSS pode-se afirmar que a maioria dos locais estudados apresenta condições tróficas contrastantes entre o ambiente pelágico e o bentônico, com uma coluna de água oligo-mesotrófica e sedimentos eutróficos, típico de ambientes que atuam como armadilhas de detritos orgânicos.

-A composição dos ácidos graxos presentes no sedimento evidencia que a matéria orgânica particulada nos seis locais estudados na região do CSS possui uma origem principalmente autóctone, e que está constituída por uma combinação de material derivado do plâncton vivo ou detrítico, das microalgas bentônicas, da produção bacteriana e da fauna associada ao sedimento, havendo uma contribuição terrestre relativamente pequena.

-O aumento da concentração dos TFA nas seis estações de coleta, em novembro, demonstra o intenso fluxo de detritos da coluna de água para o fundo nesse período e também o ingresso de matéria orgânica produzida recentemente, destacando-se a estação 5, na qual as maiores concentrações dos PUFA comprovam um aporte significativo de matéria orgânica lábil de alta qualidade, em decorrência do aumento da

produtividade primária na coluna de água associado à intrusão da ACAS. Existe pois, um fluxo pelágico-bentônico pontual e temporalmente importante para a comunidade de fundo.

-Em relação aos BAFA pode-se concluir que nos sedimentos das estações estudadas na região do CSS ocorre degradação tanto aeróbica quanto a anaeróbica da matéria orgânica particulada presente nos sedimentos.

-A comunidade bacteriana nos seis locais estudados exerce um papel importante na teia trófica bentônica, elevando o valor nutricional do material orgânico sedimentar, através da sua degradação e da liberação dos compostos mais lábeis, como os PUFA. Essa comunidade está em parte sustentada pela matéria orgânica procedente de fontes antropogênicas (hidrocarbonetos e esgotos) e pela decomposição de restos de organismos procedentes de diferentes fontes.

-Os teores de pigmentos fotossintéticos nos pontos de coleta estão determinados pela profundidade local, características sedimentológicas, fluxo de correntes junto ao fundo, pela ressuspensão de sedimento e das microalgas bentônicas durante a passagem de frentes frias na área, e também pelos aumentos esporádicos da produtividade primária na coluna de água.

-As elevadas concentrações de feopigmentos demonstram um forte acoplamento entre os processos que acontecem na coluna de água e o fundo, assim como um importante aporte de fitodetritos, enquanto que as altas concentrações de clorofila *a* comprovam a ocorrência de altas densidades do microfitobentos, típicas de áreas eutróficas com elevada carga de nutrientes, onde a quantidade do alimento não é um fator limitante.

-As diferenças estruturais nas associações bentônicas dos seis locais estudados estão determinadas pelas características granulométricas, o conteúdo orgânico dos sedimentos, os aportes esporádicos de matéria orgânica lábil e as interações entre as bactérias, o microfitobentos, a meiofauna e a macrofauna.

- O fato dos Nematoda terem apresentado maiores densidades nas estações 2, 3, 4 e 5 é conseqüência da deposição de sedimentos finos e da acumulação de matéria orgânica com qualidade variada produzida no próprio sistema e introduzida pelas atividades antropogênicas.

-Considerando a densidade, o número de espécies, diversidade e equitatividade da macrofauna bentônica, assim como a ocorrência de espécies oportunistas, é possível

afirmar que os seis locais estudados da região do CSS estão submetidos a condições intermediárias de perturbação ambiental.

-Embora cada estação possua uma estrutura funcional diferenciada, a grande diversidade trófica demonstra a complexidade do sistema bentônico nos locais estudados em decorrência da alta variabilidade do alimento em termos de quantidade e qualidade.

-Os padrões de distribuição vertical da meiofauna e da macrofauna foram semelhantes e estão determinados pelo acúmulo e pelo enterramento no interior da coluna sedimentar de detritos orgânicos com diferente valor nutricional e estado de degradação variável.

-Nos locais estudados na região do CSS a quantidade do alimento não é um fator limitante; porém a variação na sua qualidade em função de aportes esporádicos de matéria orgânica lábil, derivada da produção primária planctônica e bentônica, é um fator com importante influência na estruturação das comunidades bentônicas.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O entendimento das respostas biogeoquímicas a variações nas condições ambientais em sedimentos recentes é essencial para uma interpretação realística dos processos biogeoquímicos em sedimentos relíctos. Quantificar o armazenamento e os fluxos de matéria e energia nos ecossistemas marinhos é imprescindível para conseguir entender os processos ecológicos e predizer o funcionamento do ecossistema frente a perturbações naturais e antropogênicas. Além disso, é cada dia mais evidente que as comunidades bentônicas têm um papel fundamental nos processos trofodinâmicos e

metabólicos dos ambientes marinhos com importantes conseqüências para o ciclo global do carbono, e que as respostas dos ambientes bentônicos às variações das condições ambientais, desde mudanças climáticas até eventos de poluição, podem ser mais bem compreendidas considerando o sistema como um todo.

Portanto, a ampliação de estudos oceanográficos que apontem conhecer e entender as interseções e interações entre a ecologia e a biogeoquímica tanto na coluna de água quanto nos sedimentos dos ambientes marinhos é crucial, e nesse contexto, seria importante desenvolver pelo menos alguns dos seguintes aspectos em trabalhos futuros que não foram considerados no presente estudo:

- Determinar a concentração de nutrientes dissolvidos na coluna de água, estimar a biomassa fitoplanctônica e a produtividade primária do compartimento pelágico.

-Analisar a composição bioquímica do material em suspensão e do material que sedimenta, coletando-o com armadilhas de sedimento, para conseguir avaliar as diferenças quantitativas e qualitativas entre o material orgânico particulado produzido na coluna de água e o que atinge o fundo.

-Estudar as comunidades microbianas presentes nos sedimentos através da contagem de bactérias, sequenciamento (rDNA16S) e estimativa da biomassa bacteriana por meio do ATP, para quantificar a importância desse componente bentônico nos fluxo de matéria e energia do sistema.

-Determinar e quantificar a composição de aminoácidos e açúcares, a nível molecular, da matéria orgânica particulada presente nos sedimentos, visando discernir e quantificar de maneira mais refinada qual fração está biodisponível e é efetivamente utilizada pelos organismos bentônicos.

-Expandir a análise de biomarcadores lipídicos para outras classes, como hidrocarbonetos e esteróides, e também utilizar isótopos estáveis de carbono e nitrogênio para conseguir avaliar melhor as diferentes fontes de matéria orgânica, traçar os caminhos que ela segue dentro do sistema, e assim, aprimorar a compreensão acerca do grau de acoplamento entre os diferentes compartimentos.

-Analisar a estrutura funcional e quantificar a biomassa das comunidades da meiofauna bentônica visando entender melhor o seu papel na teia trófica do sistema em estudo.

-Complementar os estudos *in situ* com experimentos de laboratório para medir a taxa de bioturbação, o consumo de oxigênio e estudar os hábitos alimentares de espécies

e comunidades de organismos diferentes para conhecer e compreender melhor os efeitos que os organismos exercem sobre o destino da matéria orgânica nos sedimentos.

-Desenvolver estudos em diferentes escalas temporais (mensal, sazonal, anual, interanual) visando conhecer e entender as variações na qualidade e disponibilidade do alimento nessas escalas de tempo, e também as respostas dos diferentes componentes bentônicos em função das suas taxas de crescimento, reprodução e ciclos de vida distintos.

Entretanto, considerando que o proposto acima representa um grande volume de trabalho, como um primeiro passo seria interessante desenvolver um estudo similar em escala sazonal, analisar os biopolímeros orgânicos no material em suspensão, os aminoácidos presentes no sedimento, e quantificar a biomassa das comunidades bacterianas, assim como, da meiofauna bentônica.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aidar E, Gaeta SA, Gianesella-Galvão SMF, Kutner MBB, Teixeira C. 1993. Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-*a* e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. Publção esp Inst oceanogr S Paulo 10: 9-43.

Albers CS, Kattner G, Hagen, W. 1996. The composition of wax esters, triacylglycerols and phospholipids in Arctic and Antarctic copepods: evidence of energetic adaptations. Mar Chem 55: 347-358.

Albertelli G, Covazzi-Harriague A, Danovaro R, Fabiano M, Fraschetti S, Pusceddu A. 1999. Differential responses of bacteria, meiofauna and macrofauna in a shelf area (Ligurian Sea, NW Mediterranean): role of food availability. J Sea Res 42: 11-26.

Albuquerque DMS. 2005. Avaliação da contaminação por petróleo no Canal de São Sebastião, São Paulo: Marcadores Bioquímicos e Metabólitos de Compostos Aromáticos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 132p.

Andrews JE, Greenway AM, Dennis PF. 1998. Combined carbon isotope and C/N ratios as indicators of source and fate of organic matter in a poorly flushed, tropical estuary: Hunts bay, Kingston Harbour, Jamaica. Estuar Coast Shelf Sci 46: 743-756.

Arasaki E. 1997. Distribuição e estrutura da macrofauna bêntica no Canal de São Sebastião, São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 143p.

Arasaki E, Muniz P, Pires-Vanin AMS. 2004. A functional analysis of the benthic macrofauna of the São Sebastião Channel (Southeastern Brazil). PSZN Mar Ecol 25: 249-263.

Arruda EP, Domaneschi O, Amaral ACZ. 2003. Mollusc feeding guilds on sandy beaches in São Paulo State, Brazil. Mar Biol 143: 691-701.

Barcellos RL, Furtado VV. 1999. Processo Sedimentar atual e a Distribuição de Carbono e Nitrogênio Orgânicos no Canal de São Sebastião (SP) e Plataforma Continental adjacente. Rev bras oceanogr 47: 207-221.

Barcellos RL. 2000. Processo sedimentar atual e a distribuição da matéria orgânica sedimentar (C, N e S) no Canal de São Sebastião (SP) e plataforma continental

adjacente. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 187p.

Barcellos RL, Furtado VV. 2006. Organic Matter Contents and Modern Sedimentation at São Sebastião Channel, São Paulo State, South-Eastern Brazil. J Coast Res, Special Issue 39: 1073-1077.

Bauman KH, Lackschewitz KS, Erlenkeuser H, Henrich R, Júnger B. 1993. Late Quaternary calcium carbonate sedimentation and terrigenous input along the east Greenland continental margin. Mar Geol 114: 13-36.

Beukema JJ. 1991. Changes in composition of bottom fauna of a tidal-flat area during a period of eutrophication. Mar Biol 111: 293-301.

Blake JA. 1993. Life history analysis of five dominant infaunal polychaete species from the continental slope off North Carolina. J Mar Biol Ass UK 73: 123-141.

Blasutto O, Cibic T, De Vittor C, Umani SF. 2005. Microphytobenthic primary production and sedimentary carbohydrates along salinity gradients in the lagoons of Grado and Marano (Northern Adriatic Sea). Hydrobiologia 550: 47-55.

Blum P. 1997. Physical properties handbook: a guide to the shipboard measurements of physical properties of the deep sea cores. Technical Note 26, ODP, College Station, TX.

Boon AR, Duineveld GCA. 1996. Phytopigments and fatty acids as molecular markers of the quality of near-bottom particulate organic matter in the North Sea. J Sea Res 35: 279-291.

Boon AR, Duineveld GCA, Berghuis EM, van der Weele JA. 1998. Relationships between benthic activity and the annual phytopigment cycle in near-bottom water and sediments in the southern North Sea. Estuar Coast Shelf Sci 46: 1-13.

Boudreau BP. 1994. Is burial velocity a master parameter for bioturbation? Geochim Cosmochim Acta 58: 1243-1249.

Braga ES, Müller TJ. 1998. Observation of regeneration of nitrate, phosphate and silicate during upwelling off Ubatuba, Brazil, 23°S. Cont. Shelf Res 18: 915-922.

Brusca RC, Brusca GJ. 1990. Invertebrates. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, USA; 922p.

Budge SM, Parrish CC. 1998. Lipid biogeochemistry of plankton, settling matter and sediments in Trinity Bay, Newfoundland. II. Fatty acids.Org Geochem 29: 1547-1559.

Budge SM, Parrish CC, Mckenzie CH, 2001. Fatty acid composition of phytoplankton, settling particulate matter and sediments at a sheltered bivalve aquaculture site. Mar Chem 76: 285-303.

Burford MA, Long BG, Rothlisberg PC. 1994. Sedimentary pigments and organic carbon in relation to microalgal and benthic faunal abundance in the Gulf of Carpentaria. Mar Ecol Prog Ser 103: 111-117.

Burone L, Muniz P, Pires-Vanin AM, Rodrigues M. 2003. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern-Brazil). An Acad Bras Cienc 75: 77-90.

Byers SC, Mills EL, Stewart PL. 1978. A comparison of methods to determining organic carbon in marine sediments, with suggestion for a standard method. Hydrobiologia 58: 37-43.

Canuel EA, Martens CS. 1993. Seasonal variations in the sources and alteration of organic matter associated with recently deposited sediments. Org Geochem 20: 563-577.

Canuel EA. 2001. Relations between river flow, primary production and fatty acid composition of particulate organic matter in San Francisco and Chesapeake Bays: a multivariate approach. Org Geochem 32: 563-583.

Carrie RH, Mitchell L, Black KD. 1998. Fatty acids in surface sediment at the Hebridean shelf edge, west of Scotland. Org Geochem 29: 1583-1593.

Cartes JE, Grémare A, Maynou F, Villora-Moreno S, Dinet A. 2002. Bathymetric changes in the distributions of particulates organic matter and associated fauna along a deep-sea transect down the Catalan sea slope (Northwestern Mediterranean). Prog Oceanogr 53: 29-56.

Castel J. 1992. The meiofauna of coastal lagoon ecosystems and their importance in the food web. Vie Milieu 42: 125-135.

Castro Filho BM, Miranda LB, Myao SY. 1987. Condições hidrográficas na Plataforma Continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais em média escala. Bolm Inst oceanogr S Paulo 35: 135-151.

Castro Filho BM. 1990. Wind driven currents in the Channel of São Sebastião: winter 1979. Bolm Inst oceanogr S Paulo 38: 111-132.

CETESB. 2000. Relatório de balneabilidade das praias paulistas. CETESB, São Paulo; 192p. (http://www.cetesb.sp.gov.br).

Christie WW, 1989. Gas chromatography and lipids. A practical guide. The Oily Press, Scotland; 307p.

Cividanes S, Incera M, López, J. 2002. Temporal variability in the biochemical composition of sedimentary organic matter in an intertidal flat of the Galician coast (NW Spain). Oceanol Acta 25: 1-12.

Clarke KR, Green RH. 1988. Statistical design and analysis for a `biological effects´ study. Mar Ecol Prog Ser 46: 213-226.

Clarke KR, Ainsworth M. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. Mar Ecol Prog Ser 92: 205-219.

Clarke KR, Warwick RM. 1994. Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth; 144p.

Clifton RJ, Watson PG, Davey JT, Frickers PE. 1995. Astudy of Processess Affecting the Uptake of Contaminants by Intertidal Sediments, Using the Radioactive Tracers: $^{7}$Be, $^{137}$Cs and Unsupported $^{210}$Pb. Estuar Coast Shelf Sci 41: 459-474.

Cloern JE. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. Mar Ecol Prog Ser 210: 223-253.

Collins MJ, Bishop AN, Farrimond P. 1995. Sorption by mineral surfaces: Rebirth of the classical condensation pathway for kerogen formation? Geochim Cosmochim Acta 59: 2387-2391.

Colombo JC, Silverberg N, Gearing JN. 1997. Lipid biogeochemistry in the Laurentian Trough-II. Chenges in composition of fatty acids and aliphatic hydrocarbons during early diagenesis. Org Geochem 25: 211-225.

Corbisier TN. 1993. Meiofauna da plataforma continental interna do litoral norte de São Paulo-verão/89. Publção esp Inst oceanogr S Paulo 10: 123-135.

Corbisier TN. 2006. Trofodinâmica do ecossistema bentônico da plataforma continental da costa sudeste do Brasil: uso de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 110p.

Corbisier TN, Soares LSH, Petti MAV, Muto EY, Silva MHC, McClelland J, Valiela I, 2006. Use of isotopic signatures to assess the food web in a tropical shallow marine ecosystem of Southeastern Brazil. Aquat Ecol 40: 381-390.

Coull BC. 1988. Ecology of the marine meiofuana. In: Higgins RP, Thiel H (Eds.), Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press., Washington, DC, pp. 18-38.

Cowie GL, Hedges JI, Calverts SE. 1992. Sources and relative activities of amino acids, neutral sugars and lignin in a intermittently anoxic marine environment. Geochim Cosmochim Acta 56: 1963-1978.

Cowie GL, Hedges JI, 1994. Biochemical indicators of diagenic alteration in natural organic matter mixtures. Nature 369: 304-307.

Dachs J, Bayona JM, Raoux C, Albaigés J. 1997. Spatial distribution, vertical profiles and budget of polycyclic aromatic hydrocarbons in western Mediterranean. Env Sci Technol 31: 682-688.

Danovaro R, Fabiano M, Della Croce N. 1993. Labile organic matter and microbial biomasses in deep-sea sediments (Eastern Mediterranean Sea). Deep-Sea Res 40: 953-965.

Danovaro, R. 1996. Detritus-bacteria-meiofauna interactions in a seagrass bed (*Posidonia oceanica*) of the NW Mediterranean. Mar Biol 127: 1-13.

Danovaro R, Fabiano M. 1997. Seasonal Changes in Quality and Quantity of Food Avilable for Benthic Suspension-feeders in the Golfo Marconi (North-western Mediterranean). Estuar Coast Shelf Sci 44: 723-736.

Danovaro R, Gambi C, Manini E, Fabiano M. 2000. Meiofauna response to a dynamic river plume front. Mar Biol 137: 359-370.

Dauwe B, Middelburg JJ. 1998. Amino acids and hexosamines as indicators of organic matter degradation state in North Sea sediments. Limnol Oceanogr 43: 782-798.

Dauwe B, Herman PMJ, Heip CHR. 1998. Community structure and bioturbation potential of macrofauna at four North Sea stations with contrasting food supply. Mar Ecol Prog Ser 173: 67-83.

Dauwe B, Middelburg JJ, Van Rijswijk P, Sinke J, Herman PMJ, Heip CHR. 1999. Enzimatically hydrolysable amino acids in North Sea sediments and their possible implication for sediment nutritional values. J Mar Res 57: 109-134.

De Jonge VN, van Beusekom JEE. 1992. Contribution of resuspended microphytobenthos to total phytoplankton in the Ems Estuary and its possible role for grazers. Neth J Sea Res 30: 91-105.

de Juan S, Thrush SF, Demestre M. 2007. Functional changes as indicators of trawling disturbance on a benthic community located in a fishing ground (NW Mediterranean Sea). Mar Ecol Prog Ser 334: 117-129.

Dell´Anno A, Fabiano M, Mei ML, Danovaro R. 2000. Enzymatically hydrolysed protein and carbohydrate pools in deep-sea sediments: estimates of the potentially bioavailable fraction and methodological considerations. Mar Ecol Prog Ser 196: 15-23.

Dell´Anno A, Mei ML, Pusceddu A, Danovaro R. 2002. Assessing the trophic state and eutrophication of coastal marine systems: a new approach based on the biochemical composition of sediment organic matter. Mar Pollut Bull 44: 611-622.

Deming JW, Baross JA. 1993. The early diagenesis of organic matter: bacterial activity. In: Engel MH, Macko SA (Eds.), Organic Geochemistry: Principles and Applications. Plenum, New York, pp. 119-144.

Diaz RJ, Rosenberg R. 1995. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 33: 245-303.

Ding H, Sun M-Y. 2005. Biochemical degradation of algal fatty acids in oxic and anoxic sediment-seawater interface systems: effects of structural association and relative roles of aerobic and anaerobic bacteria. Mar Chem 93: 1-19.

Duineveld GCA, Lavaleye MSS, Berghuis EM, Wilde PAWJ, Weele J, Kok A, Batten SD, Leeuw JW. 1997. Patterns of benthic fauna and benthic respiration on the Celtic continental margin in relation to the distribution of phytodetritus. Int Rev Ges Hydrobiol 83: 395-424.

Duleba W, Mahiques MM. 1996. Characteristics of the Organic Matter of the Quaternary Sediments of Flamengo Bay, Ubatuba, São Paulo. An Acad Bras Cienc 68(3): 465-477.

Essink K, Keidel H. 1998. Changes in estuarine nematode communities following a decrease of organic pollution. Aquat Ecol 32: 195-202.

Fabiano M, Danovaro R. 1994. Composition of organic matter in sediments facing a river estuary (Tyrrhenian Sea): relationships with bacteria and microphytobenthic biomass. Hydrobiologia 277: 71-84.

Fabiano M, Danovaro R, Fraschetti S. 1995. A three-year time series of elemental and biochemical of organic matter in subtidal sandy sediments of the Ligurian Sea (Northwestern Mediterranean). Cont Shelf Res 15: 1453-1469.

Farrington JW, Quinn JG, Davis WR. 1973. Fatty acid composition of *Nephtys incisa* and *Yoldia limatula*. J Fish Res Bd Can 30: 181-185.

Fauchald K, Jumars PA. 1979. The diet of worms: A study of polychaete feeding guilds. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 17: 193-284.

Fauchald K. 1982. Revision of *Onuphis*, *Nothria* and *Paradiopatra* (Polychaeta: Onuphidae) Based upon type material. Smithsonian contributions to zoology n° 356. Smithsonian Institution Press, Washington, 109p.

Fichez R. 1991. Composition and fate of organic matter in submarine cave sediments; implications for the biogeochemical cycle of organic carbon. Oceanol Acta 14: 369-377.

Figueira RCL, Tessler MG, Mahiques MM, Fukumoto MM. 2007. Is there a technique for the determination of sedimentation rates based on calcium carbonate content? A comparative study on the Southeastern Brazilian shelf. Soils Found 47: 649-656.

Findlay S, Tenore KR. 1982. Nitrogen source for a detritivore: detritus substrate versus associated microbes. Science 218: 371-373.

Flach E, Heip C. 1996. Vertical distribution of macrozoobenthos within the sediment of the continental slope of the Goban Spur area (NE Atlantic). Mar Ecol Prog Ser 141: 55-66.

Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J Biol Chem 226: 497-509.

Folk RL, Ward WC. 1957. Brazos River bar: a study of the significance of grain size parameters. J Sedim Petrol 27: 3-26.

Fontes RFC. 1995. As Correntes no Canal de São Sebastião. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 159p.

Freeman SM, Rogers SI. 2003. A new analytical approach to the characterisation of macro-epibenthic habitats: linking species to the environment. Estuar Coast Shelf Sci 56: 749-764.

Fresi E, Gambi CM, Focardi S, Bargagli R, Baldi F, Falliaci L. 1983. Benthic community and sediment types: A structural analysis. Mar Ecol 4: 101-121.

Fukue M, Nakamura T, Kato Y, Naoe K. 1996. Correlations among carbonate content, accumulation rate and topography of seabed. Soils Found 36: 51-60.

Fukue M, Nakamura T, Kato Y, Yamasaki S. 1999. Degree of pollution for marine sediments. Eng Geol 53: 131-137.

Furtado VV. 1995. Sedimentação Quaternária no Canal de São Sebastião. Publção esp Inst oceanogr S Paulo 11: 27-35.

Furtado VV, Bonetti Filho J, Rodrigues M, Barcellos LR. 1998. Aspectos da sedimentação no Canal de São Sebastião. Relat téc inst oceanogr S Paulo 43: 15-31.

Gaeta SA, Abe DS, Susini SM, Lopes RM, Metzler PM. 1990. Produtividade primária, plâncton e covariáveis ambientais no Canal de São Sebastião durante o outono. Rev Brasil Biol 50: 963-974.

Gaeta SA, Teixeira C, Abe DS, Lpoes RM, Susini SM. 1995. Size-fractionation of primary production and phytoplankton biomass on inshore waters of the Ubatuba region, Brazil. Publção esp Inst oceanogr S Paulo 11: 153-162.

Galéron J, Sibuet M, Mahaut ML, Dinet A. 2000. Variation in structure and biomass of the benthic communities at three contrasting sites in tropical Northeast Atlantic. Mar Ecol Prog Ser 197: 121-137.

Gallucci F, Netto SA. 2004. Effects of the passage of cold fronts over a coastal site: an ecosystem approach. Mar Ecol Prog Ser 281: 79-92.

Gambi MC, Bussotti S. 1999. Composition, abundance and stratification of soft-bottom macrobenthos from selected areas of the Ross Sea shelf (Antartica). Pola Biol 21: 347-354.

Gaston GR. 1987. Benthic Polychaeta of the Middle Atlantic Bight: feeding and distribution. Mar Ecol Prog Ser 36: 251-262.

Gaston GR, Brown SS, Rakocinski CF, Heard RW, Summers JK. 1995. Trophic structure of macrobenthic communities in the Calcasieu estuary, Louisiana. Estuaries 11: 201-211.

Gaudêncio MJ, Cabral HN. 2007. Trophic structure of macrobenthos in the Tagus estuary and adjacent coastal shelf. Hydrobiologia 587: 241-251.

Gerchacov SM, Hatcher PG. 1972. Improved technique for analysis of carbohydrates in the sediment. Limnol Oceanogr 17: 938-943.

Gheskiere T, Vincx M, Urban-Malinga B, Rossano C, Scapini F, Degraer S. 2005. Nematodes from wave-dominated sandy beaches: diversity, zonation patterns and testing of the iso-community concept. Estuar Coast Shelf Sci 62:365-375.

Gianesella-Galvão SMF, Aidar E, Vega-Pérez LA, Saldanha-Corrêa FMP. 1997. Distribuição do plâncton na região costeira de São Sebastião. Relat téc inst oceanogr S Paulo 41: 5-14.

Gianesella SMF, Kutner MBB, Saldanha-Corrêa FMP, Pompeu M. 1999. Assessment of plankton community and environmental conditions in São Sebastião Channel prior to the construction of a produced water outfall. Rev bras oceanogr 47: 29-46.

Grasshoff K, Ehrhardt M, Kremling K. 1983. Methods of seawater analysis. Second edition. Verlag Chemie, Weinheim; 419p.

Graf G. 1989. Pelagic-benthic coupling in a deep-sea benthic community. Nature 341: 437-439.

Granberg ME. 2004. Role of sediment organic matter quality and benthic organisms for the fate of organic contaminants in marine systems. Department of Marine Ecology, Göteborg University, Sweden; 161p.

Grant KM, Dickens GR. 2002. Coupled productivity and carbon isotope records in the southwest Pacific ocean during the late Miocene-early Pliocene biogenic bloom. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol 187: 61-82.

Gray JS, Wu RS, Or YY. 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. Mar Ecol Prog Ser 238: 249-279.

Grémare A, Amouroux JM, Charles F, Dinet A, Riaux-Gobin C, Baudart J, Medernach L, Bodiua JY, Vétion G, Colomines JC, Albert P. 1997. Temporal changes in the biochemical composition and nutritional value of the particulate organic matter available to surface deposit-feeders: a two year study. Mar Ecol Prog Ser 150: 195-206.

Gross MG. 1971. Carbon determination. In: Carver RE. (Ed.), Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley-Interscience, New York, pp: 573-596.

Hartree EF. 1972. Determination of proteins: a modification of the Lowry method that give a linear photometric response. Anal Biochem 48: 422-427.

Hayashi I. 1991. Vertical distribution of macrobenthic organisms in the sediment of Wakasa Bay, Sea of Japan. Ophelia 5: 555-564.

Hedges JI, Clark WA, Cowie GL. 1988. Organic matter sources to the water column and surficial sediments of a marine bay. Limnol Oceanogr 33: 1116-1136.

Hedges JI, Keil RG, Benner R. 1997. What happens to terrestrial organic matter in the ocean? Org Geochem 27: 195-212.

Heip C, Vincx M, Vranken G. 1985. The ecology of marine nematodes. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 23: 399-489.

Hendelberg M, Jensen J. 1993. Vertical distribution of the nematode fauna in a coastal sediment influenced by seasonal hypoxia in the bottom water. Ophelia 37: 83-94.

Henrichs SM, Farrington JW. 1984. Peru upwelling region sediments near 15° S. 1. Remineralization and accumulation of organic matter Limnol Oceanogr 29: 1-19.

Henrichs SM. 1992. Early diagenesis of organic matter in marine sediments: progress and perplexity. Mar Chem 39: 119-149.

Higgins RP, Thiel H. 1988. Introduction to the Study of Meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington; pp1-411.

Hyland J, Balthis L, Karakassis I, Magni P, Petrov A, Shine J, Vestergaard O, Warwick R. 2005. Organic carbon content of sediments as an indicator of stress in the marine benthos. Mar Ecol Prog Ser 295: 91-103.

Isla E, Rossi S, Palanques A, Gili J-M, Gerdes D, Arntz W. 2006. Biochemical composition of marine sediment from the eastern Weddell Sea (Antarctica): high nutritive value in a high benthic-biomass environment. J Mar Syst 60: 255-267.

Josefson AB, Forbes TL; Rosenberg R. Fate of phytodetritus in marine sediments: functional importance of macrofaunal community. Mar Ecol Prog Ser 230: 71-85.

Kawakami S. 1999. Coprostanol como indicador químico de contaminação por esgoto urbano em algumas regiões do litoral de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 71p.

Khotimchenko SV. 1991. Fatty acid composition of 7 *Sargassum* species. Phytochem 30: 2639-2641.

Killops S, Killops V. 2005. Introduction to Organic Geochemistry. 2nd edition. Blackwell Science Ltd, Oxford; 393p.

Kostylev VE, Todd BJ, Fader GBJ, Courtney RC, Cameron GDM, Pickrill RA. 2001. Benthic habitat mapping on the Scotian Shelf based on multibeam bathymetry, surficial geology and sea floor photographs. Mar Ecol Prog Ser 219: 121-137.

Kotwicki L, De Troch M, Urban-Malinga B, Gheskiere T, Wesawski JM. 2005. Horizontal and vertical distribution of meiofauna on sandy beaches of the North Sea (The Netherlands, Belgium, France). Helgol Mar Res 59: 255-264.

Kristensen E. 2000. Organic matter diagenesis at the oxic/anoxic interface in coastal marine sediments, with emphasis on the role of burrowing animals. Hydrobiologia 426: 1-24.

Lamont PA, Gage JD. 2000. Morphological responses of macrobenthic polychaetes to low oxygen on the Oman continental slope, NW Arabian Sea. Deep Sea Res II 47: 9-24.

Lana PC. 1986. Macrofauna bêntica de fundos sublitorais não consolidados da Baía de Paranaguá (Paraná). Nerítica 1: 79-89.

Landrum PF, Robbins JA. 1990. Bioavailability of sediment-associated contaminants to benthic invertbrates. In: Baudo R, Giesy JP, Munatu H (Eds.), Sediments: chemistry and toxicity of in-place pollutants. Lewis Publishers, Ann Arbor, MI, pp: 237-263.

Larssoneur C, Bouysse P, Aufret JP. 1982. The superficial sediments of the English Channel and its western approaches. Sedimentology 29: 851-864.

Lee RF, Hirota J, Barnett AM. 1971. Distribution and importance of wax esters in marine copepods and other zooplankton. Deep-Sea Res 18: 1147-1165.

Leventhal JS. 1983. An interpretation of carbon and sulfur relationships in Black Sea sediments as indicators of environments of deposition. Geochim Cosmochim Acta 47: 133-137.

Levin L, Blair N, DeMaster D, Plaia G, Fornes W, Martin C, Thomas C. 1997. Rapid subduction of organic matter by maldanid polychaetes on the North Carolina slope. J Mar Res 55: 595-611.

Levinton JS. 1991. Variable feeding behaviour in three species of Macoma (Bivalvia: Tellinacea) as response to water flow and sediment transport. Mar Biol 110: 375-383.

Li J, Vincx M, Herman PMJ. 1997. Carbon flows through meiobenthic nematodes in the Westerschelde estuary. Fundam Appl Nematol 20: 487-494

Lin J, Hines AH. 1994. Effects of suspended food availability on the feeding mode and burial depth of the baltic clam, *Macoma baltica*. Oikos 69: 28-36.

Lopez GR, Levinton JS. 1987. Ecology of deposit-feeding animals in marine sediments. Q Rev Biol 62: 235-260.

Lorenzen CJ. 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations. Limnol Oceanogr 12: 343-346.

Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J Biol Chem 193: 265-275.

Lucas CH, Widdows J, Brinsley MD, Salkeld PN, Herman PMJ. 2000. Benthic-pelagic exchange of microalgae at a tidal flat.1. Pigment analysis. Mar Ecol Prog Ser 196: 59-73.

MacIntyre HL, Geider RJ, Miller DC. 1996. Microphytobenthos: the ecological role of the "secret garden" of unvegetated, shallow-water marine habitats. I. Distribution, abundance and primary production. Estuaries 19: 186-201.

Mahiques MM. 1995. Dinâmica sedimentar atual nas enseadas da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Bolm Inst oceanogr S Paulo 43: 111-122.

Mahiques MM, Tessler MG, Furtado VV. 1998. Characterization of Energy Gradient in Enclosed Bays of Ubatuba Region, South-eastern Brazil. Estuar Coast Shelf Sci 47: 431-446.

Mahiques MM, Mishima Y, Rodrigues M. 1999. Characteristics of the Sedimentary Organic Matter on the Inner and Middle Continental Shelf between Guanabara Bay and São Francisco do Sul, Southeastern Brazilian Margin. Cont Shelf Res 19: 775-798.

Mancinelli G, Fazi S, Rossi L. 1998. Sediment structural properties mediating dominant feeding types patterns in soft-bottom macrobenthos of the Northern Adriatic Sea. Hydrobiologia 367: 211-222.

Margalef R. 1968. Perspectives in ecological theory. University of Chicago Press, Chicago, Illinois; 111p.

Marsh AG, Tenore KR. 1990. The role of nutrition in regulating the population dynamics of opportunistic surface deposit feeders in a mesohaline community. Limnol Oceanogr 35: 710-724.

Medeiros PM, Bícego MC. 2004. Investigation of natural and anthropogenic hydrocarbon inputs in sediments using geochemical markers. II. Sao Sebastiao, SP-Brazil. Mar Pollut Bull 49: 892-899.

Mendes FM. 2007. Estrutura da comunidade macrozoobentônica na região de influência do Terminal Almirante Barroso (TEBAR) no Canal de São Sebastião (SP, Brasil). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 75p.

Mills EL. 1971. Deep-sea Amphipoda from the western north Atlantic Ocean. The family Ampeliscidae. Limnol Oceanogr 16: 357-386.

Miranda LB, Katsuragawa M. 1991. Estrutura térmica na região sudeste do Brasil (outubro/novembro de 1988). Publção esp Inst oceanogr S Paulo 8: 1-14.

Moodley L, Chen G, Heip C, Vincx M (2000). Vertical distribution of meiofauna in sediments from contrasting sites in the Adriatic Sea: clues to the role of abiotic versus biotic control. Ophelia 53: 203-212.

Morse JW, Berner RA. 1995. What determines sedimentary C/S ratios? Geochim Cosmochim Acta 59: 1073-1077.

Mucha AP, Vasconcelos MTSD, Bordalo AA. 2004. Vertical distribution of the macrobenthic community and its relationships to trace metals and natural sediment characteristics in the lower Douro estuary, Portugal. Estuar Coast Shelf Sci 59: 663-673.

Mudge SM, East JA, Bebianno MJ, Barriera LA. 1998. Fatty acids in the Ria Formosa Lagoon, Portugal. Org Geochem 29: 963-977.

Muniz P, Pires AMS. 1999. Trophic structure of polychaetes in the São Sebastião Channel (southeastern Brazil). Mar Biol 134: 517-528.

Muniz P, Pires AMS. 2000. Polychaete associations in a subtropical environment (São Sebastião, Brazil): a structural analysis. P S Z N Mar Ecol 21: 145-160.

Muniz P, Venturini N, Martínez A. 2002. Physico-chemical characteristics and pollutants of the benthic environment in the Montevideo coastal zone, Uruguay. Mar Pollut Bull 44: 956-976.

Muniz P. 2003. Comunidades macrobênticas como indicadoras da qualidade ambiental de ecossistemas costeiros rasos: Estudo de caso-Enseada de Ubatuba (SP-Brasil). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 204p.

Muniz P, Venturini N, Pires-Vanin AMS, Tommasi LR, Borja A. 2005. Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic commnunities, in the South America Atlantic region. Mar Pollut Bull 50: 624-637.

Neira C, Sellanes J, Soto A, Gutiérrez D, Gallardo V. 2001. Meiofauna and sedimentary organic matter off Central Chile: response to changes caused by the 1997-1998 El Niño. Oceanol Acta 24: 313-328.

Niggemann J, Schubert CJ. 2006. Fatty acid biogeochemistry of sediments from the Chilean coastal upwelling region: Sources and diagenetic changes. Org Geochem 37: 626-647.

Nixon SW. 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. Ophelia 41: 199:219.

Nonato E. 1966. *Sternaspis capillata* sp. n. (Annelida, Polychaeta). Bolm Inst oceanogr S Paulo 15: 79-83.

OPISS. 1999. 7° Relatório do projeto Oceanografia da Plataforma Interna de São Sebastião (OPISS). FAPESP, São Paulo.

Paiva PC. 1993. Trophic structure of a shelf polychaete taxocenosis in southern Brazil. Cah Biol mar 35: 39-55.

Palmer MA, Gust G. 1985. Dispersal of meiofauna in a turbulent tidal creek. J Mar Res 43: 179-210.

Paropkari AL, Iyer SD, Chauhan OS, Prakash Babu C. 1991. Depositional environments inferred from variations of calcium carbonate, organic carbon, and sulfide sulfur: a core from southeastern Arabian Sea. Geo-Mar Lett 11: 96-102.

Parrish CC, Abrajano TA, Budge SM, Helleur RJ, Hudson ED, Pulchan R, Ramos C. 2000. Lipid and phenolic biomarkers in marine ecosystems: analysis and applications. In: Wangersky PJ (Ed.), The Handbook of Environmental Chemistry 5D: Marine Chemistry. Springer-Verlag, Berlin, pp: 193-223.

Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 16: 229-311.

Perretti AR. 2006. Estudo biogeoquímico das águas de fundo e da matéria orgânica sedimentar com ênfase às proteínas e carboidratos totais em dois sistemas estuarinos do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 106p.

Petraitis PS, Latham RE. 1999. The importance of scale in testing the origins of alternative community states. Ecology 80: 429-442.

Phillips NW. 1984. Role of different microbes and substrates as potential suppliers of specific, essential nutrients to marine detritivores. Bull Mar Sci 35:283-298.

Pielou EC. 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. Wiley-Interscience, New York; 286p.

Pinturier-Geiss L, Méjanelle L, Dale B, Karlsen DA. 2002. Lipids as indicators of eutrophication in marine coastal sediments. J Microbiol Methods 48: 239-257.

Pires-Vanin AMS, Matsuura Y. 1993. Estrutura e função do ecossistema de plataforma continental da região de Ubatuba, Estado de São Paulo: uma introdução. Publção esp Inst oceanogr S Paulo 10: 1-8.

Pires-Vanin AMS. 1993. A macrofauna bêntica da plataforma continental ao largo de Ubatuba, Sao Paulo, Brasil. Publção esp Inst oceanogr S Paulo 10: 137-158.

Plante R, Plante-Cuny MR, Reys JP. 1986. Photosynthetic pigments of sandy sediments on the North Mediterranean coast: their spatial distribution and its effects on sampling strategies. Mar Ecol Prog Ser 34: 133-141.

Post AL. Wassenberg TJ, Passlow V. 2006. Physical surrogates for macrofaunal distributions and abundance in a tropical gulf. Mar Freshwater Res 57: 469-483.

Pusceddu A, Dell´Anno A, Fabiano M. 2000. Organic matter composition in coastal sediments at Terra Nova Bay (Ross Sea) during summer 1995. Pola Biol 23: 288-293.

Pusceddu A, Dell´Anno A, Danovaro R, Manini E, Sarà G, Fabiano M. 2003. Enzymatically hydrolyzable protein and carbohydrate sedimentary pools as indicators of the trophic state of detritus sink systems: a case study in a Mediterranean coastal lagoon. Estuaries 26: 641-650.

Quemeneur M, Marty Y. 1994. Fatty acids and sterols in domestic wastewaters. Water Res 28: 1217-1226.

Quintana CO. 2004. Impactos da bioturbacão na estrutura e distribuição vertical da infauna no sublitoral da Ilha Anchieta e Enseada do Flamengo (Ubatuba-SP). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 172p.

Rajendran N, Matsuda O, Imamura N, Urushigawa Y. 1992. Determination of microbial biomass and its community structure from the distribution of phospholipid ester-linked fatty acids in sediments of Hiroshima Bay and its adjacent bays. Estuar Coast Shelf Sci 34: 501-514.

Rhoads DC, Young DK. 1970. The influence of deposit feeding organisms on sediment stability and community structure. J Mar Res 28: 150-178.

Ricciardi A, Bourget E. 1998. Weight-to-weight conversion factors for marine benthic macroinvertebrates. Mar Ecol Prog Ser 163: 245-251.

Rice DL. 1982. The Detritus Nitrogen Problem: New Observations and Perspectives from Organic Geochemistry. Mar Ecol Prog Ser 9: 153-162.

Robbins JA. 1986. A model for particle-selective transport of tracers in sediments with conveyor belt deposit feeders. J Geophys Res 91: 8542-8558.

Roth S, Wilson JG. 1998. Functional analysis by trophic guilds of macrobenthic community structure in Dublin Bay, Ireland. J Exp Mar Biol Ecol 222: 195-217.

Rudnick DT. 1989. Time lags between the deposition and meiobenthic assimilation of phytodetritus. Mar Ecol Prog Ser 50: 231-240.

Saito Y, Nishimura A, Matsumoto E. 1989. Transgressive sand sheet covering the shelf and upper slope off Sendai, northeast Japan. Mar Geol 89: 245-258.

Saito RT, Figueira RCL, Tessler MG, Cunha IIL. 2001. Geochronology of sediments in the Cananéia-Iguape estuary and in the southern continental shelf of São Paulo State, Brazil. J Radioanal Nucl Chem 250: 109-115.

Salen-Picard C, Arlhac D, Alliot E. 2003. Responses of a Mediterranean soft bottom community to short-term (1993-1996) hydrological changes in the Rhone river. Mar Environ Res 55: 409-427.

Sargent JR. 1976. The structure, function and metabolism of lipids in marine organisms In: Malins DC, Sargent JR (Eds.), Biochemical and Biophysical Perspectives in Marine Biology, v 3, Academic Press, New York, pp. 149-212.

Schratzberger M, Warwick RM. 1998. Effects of physical disturbance on nematode communities in sand and mud: a microcosm experiment. Mar Biol 130: 643-650.

Shaffner LC, Díaz RJ, Olsen CR, Larsen IL. 1987. Faunal characteristics and sediment accumulation processes in the James River estuary, Virginia. Estuar Coast Shelf Sci 25: 211-226.

Shannon CE, Weaver W. 1963. The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois Press, Urbana; 117p.

Shillaker RO, Moore PG. 1987. The feeding habits of the amphipods *Lembos websteri* Bate and *Corophium bonnelli* Milne Edwards. J Exp Mar Biol Ecol 110: 93-112.

Shirayama Y, Horikoshi M. 1982. Vertical distribution of smaller macrobenthos and larger meiobenthos in the sediment profile in the deep-sea system of Suruga Bay (Central Japan). J oceanogr Soc Japan 38: 273-280.

Shultz DM, Quinn JG. 1973. Fatty acid composition of organic detritus from *Spartina alterniflora*. Estuar Coast Mar Sci 1: 177-190.

Silva JF. 1989. Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). Bolm Climatol Inst oceanogr S Paulo 6: 1-21.

Silveira ICA, Schmidt ACK, Campos EJD, Godoi SS, Ikeda Y. 2000. A corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. Rev Bras Oceanogr 48: 171-183.

Simonini R, Ansaloni I, Bonvicini Pagliai AM, Prevedelli D. 2004. Organic enrichment and structure of the macrozoobenthic community in the northern Adriatic Sea in na área facing Adige and Pó mouths. ICES J Mar Sci 61: 871-881.

Smith J, Shackley SE. 2005. Effects of the closure of a major sewage outfall on sublittoral, soft sediment benthic communities. Mar Pollut Bull 52: 645-658.

Snelgrove PVR, Butman CA. 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 32: 111-117.

Soares ID. 1994. Um modelo numérico de dispersão oceânica: aplicações ao Canal de São Sebastião e adjacências. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 126p.

Soetaert K, Herman PMJ, Middelburg JJ, Heip C, deStigter HS, van Weering TCE, Epping E, Helder W. 1996. Modeling $^{210}$Pb-derived mixing activity in ocean margin sediments: diffusive versus nonlocal mixing. J Mar Res 54: 1207-1227.

Souza CR de Gouveia. 1990. Considerações sobre os processos sedimentares quaternários e atuais na região de Caraguatatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 334p.

Staats N, Stal LJ, De Winder B, Mur LR. 2000. Oxygenic photosynthesis as driving process in exopolysaccharide production of benthic diatoms. Mar Ecol Prog Ser 193: 261-269.

Stein R. 1991. Accumulation of organic carbon in marine sediments. Results from Deep Sea Drilling Project/Ocean Drilling Program. In: Bhattacharji S, Friedman GM, Neugebauer HJ, Seilacher A. (Eds.), Lectures Notes in Earth Sciences. Springer-Verlag, Berlin; 34v. 217p.

Steyaert M, Vanaverbeke J, Vanreusel A, Barranguet C, Lucas C, Vincx M. 2003. The importance of fine-scale, vertical profiles in characterising nematode community structure. Estuar Coast Shelf Sci 58: 353-366.

Stuart V, Head EJH, Mann KH. 1985. Seasonal changes in the digestive enzyme levels of the amphipod *Corophium volutator* (Pallas) in relation to diet. J Exp Mar Biol Ecol 88: 243-256.

Suguio K. 1973. Introdução à sedimentologia. Edgard Blucher, São Paulo; 317p.

Sun MY, Wakeham SG, 1994. Molecular evidence for degradation and preservation of organic matter in the anoxic Black Sea basin. Geochim Cosmochim Acta 58: 3395-3406.

Sünback K. 1983. Microphytobenthos on sand in shallow brackish water, Öresund Sweeden. Primary production, chlorophyll a content and species composition (Diatoms) in relation to some ecological factors. Doctoral Thesis. Department of Systematic Botany, University of Lund, Sweeden. LUNDS/(NBBS-1006); 209p.

Tenore KR, Tietjen JH, Lee JJ. 1977. Effect of meiofauna in incorporation of aged eelgrass, *Zostera marina*, detritus by the polychaete *Nephtys incisa*. J Fish Res Bd Can 34: 563-567.

Tenore KR. 1983. Organic nitrogen and caloric content of detritus III. Effect on growth of a deposit feeding polychaete, *Capitella capitata*. Estuar Coast Shelf Sci 17: 733-742.

Thompson B, Lowe S. 2004. Assessment of macrobenthos response to sediment contamination in the San Francisco estuary, California, USA. Environ Toxicol Chem 23: 2178-2187.

Thornton SF, McManus J. 1994. Applications of organic carbon and nitrogen stable isotope and C/N ratios as source indicators of organic matter provenance in estuarine systems: evidence from the Tay Estuary, Scotland. Estuar Coast Shelf Sci 38: 219-233.

Tommasi LR. 1987. Poluição marinha no Brasil: Síntese do conhecimento. Publção esp Inst oceanogr S Paulo 5: 1-30.

Tselepides A, Polychronaki T, Marrale D, Akoumianaki I, Dell´Anno A, Pusceddu A, Danovaro R. 2000. Organic matter composition of the continental shelf and bathyal sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean). Prog Oceanogr 46: 311-344.

Underwood GJC, Paterson DM, Parkes RJ. 1995. The measurement of microbial carbohydrate exopolymers from intertidal sediments. Limnol Oceanogr 40: 1243-1253.

Valentin JL. 2000. Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Interciência, Rio de Janeiro; 117p.

Van Duyl FC, De Winder B, Kop AJ, Wollenzien U. 1999. Tidal coupling between carbohydrate concentrations and bacterial activities in diatom-inhabited intertidal mudflats. Mar Ecol Prog Ser 191: 19-32.

Venturini N, Muniz P, Rodríguez M. 2004. Macrobenthic subtidal communities in relation to sediment pollution: the phylum-level meta-analysis approach in a south-eastern coastal region of South America. Mar Biol 144: 119-126.

Vezzulli L, Fabiano M. 2006. Sediment biochemical and microbial variables for the evaluation of trophic status along the Italian and Albanian continental shelves. J Mar Biol Ass UK 86: 27-37.

Volkman JK, Johns RB, Gillan FT, Perry GJ. 1980. Microbial lipids of an intertidal sediment, I. Fatty acids and hydrocarbons. Geochim Cosmochim Acta 44: 1133-1143.

Volkman JK, Jeffrey SW, Nichols PD, Rogers GI, Garland CD. 1989. Fatty acid and lipid composition of 10 species of microalgae used in mariculture. J Exp Mar Biol Ecol 128: 219-240.

Wainright SC, Hopkinson CS. 1997. Effects of sediment resuspension on organic matter processing in coastal environments: A simulation model. J Mar Sys 11: 353-368.

Waldbusser GG, Marinelli RL, Whitlatch RB, Visscher PT. 2004. The effects of infaunal biodiversity on biogeochemistry of coastal marine sediments. Limnol Oceanogr 49: 1482-1492.

Wang, X.C., Zhang, Y.X., Chen, R.F., 2001. Distribution and partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different size fractions in sediments from Boston Harbor, United States. Mar Pollut Bull 11: 1139-1149.

Warwick RM, Carr MR, Clarke KR, Gee JM, Green RH. 1988. A mesocosm experiment on the effects of hydrocarbon and copper pollution on a sublittoral soft-sediment meiobenthic community. Mar Ecol Prog Ser 46: 181-191.

Warwick RM, Platt HM, Clarke KR, Agard J, Gobin J. 1990. Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. J Exp Mar Biol Ecol 138: 119-142.

Welker C, Sdrigotti E, Covelli S, Faganelli J. 2002. Microphytobenthos in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea): relationships with labile sedimentary organic matter and nutrients. Estuar Coast Shelf Sci 55: 259-273.

Westerhausen L, Pointer J, Eglinton G, Erlenkeuser H, Sarnthein M. 1993. Marine and terrigenous sources of organic matter in modern sediments of the equatorial East Atlantic: the d13C and molecular record. Deep Sea Res I 40: 1087-1121.

Wetzel MA, Leuchs H, Koop JHE. 2005. Preservation effects on wet weight, dry weight and ash-free dry weight biomass estimates of four common estuarine macro-invertebrates: no difference between ethanol and formalin. Helgol Mar Res 59: 206-213.

Wheatcroft RA, Jumars PA, Smith CR, Nowell ARM. 1990. A mechanistic view of particulate biodiffusion coefficients: step lenghts, rest periods and transport directions. J Mar Res 48: 177-207.

Wieking G, Kröncke I. 2003. Macrofauna communities of the Dogger Bank (central North Sea) in the late 1990s: spatial distribution, species composition and trophic structure. Helgol Mar Res 57: 34-46.

Wieking G, Kröncke I. 2005. Is benthic trophic structure affected by food quality? The Dogger Bank example. Mar Biol 146: 387-400.

Wilkes H, Boreham C, Harms G, Zengler K, Rabus R. 2000. Anaerobic degradation and carbon isotopic fractionation of alkylbenzenes in crude oil by sulphate-reducing bacteria. Org Geochem 31: 101-115.

Wilson WH. 1991. Competition and predation in marine soft-sediment communities. Ann Rev Ecol 21: 221-241.

Yoshinaga MY. 2006. Origem e composição da matéria orgânica e a dinâmica da comunidade microbiana em sedimentos superficiais de ecossistema marinhos da costa sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo; 133p.

Zanardi E, Bícego MC, Weber RR. 1999. Dissolved/dispersed petroleum aromatic hydrocarbons in the São Sebastião Channel, São Paulo, Brazil. Mar Pollut Bull 38: 410-413.

Zar JH. 1999. Biostatistical Analysis. 4th edition. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey; 663p.

Zimmerman AR, Canuel EA. 2000. A geochemical record of eutrophication and anoxia in Chesapeake Bay sediments: anthropogenic influence on organic matter composition. Mar Chem 69: 117-137.

Zimmerman AR, Canuel EA. 2001. Bulk organic matter and lipid biomarker composition of Chesapeake Bay surficial sediments as indicators of environmental processes. Estuar Coast Shelf Sci 53: 319-341.

**ANEXO I**

# PROTOCOLOS PARA ANÁLISE DE BIOPOLÍMEROS ORGÂNICOS EM SEDIMENTO MARINHO

# ANÁLISE DE PROTEÍNAS EM SEDIMENTO MARINHO

## (Lowry et al., 1951; Hartree, 1972)

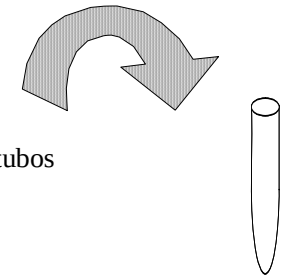
**AMOSTRA**

Homogeneizar a amostra em almofariz
Pesar 1g da amostra e adicionar
5 ml de NaOH 0,5N e colocar os
tubos em banho de água a 50 °C por 4 hs.
Centrifugar a 2500-3000 rpm durante 5 min. e
armazenar o sobrenadante a -20 °C.

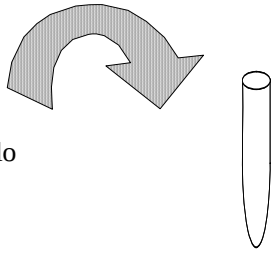
Adicionar 200-500 ul do sobrenadante em um tubo de ensaio e completar até 1 ml com água destilada.

**PADRÃO**

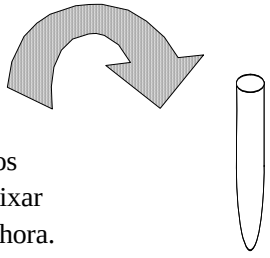
Preparar uma solução de 200 ug/ml de
Albumina de Soro Bovino.
Diluir a solução para as seguintes concentrações:
15, 30, 50, 100 e 200 ug/ml e adicionar 0,5 ml de
cada diluição em tubos de ensaio.
Completar até 1 ml com água destilada.



Adicionar 0,9 ml da solução A e colocar os tubos em banho de água a 50 °C durante 10 min. Deixar resfriar até temperatura ambiente.



Adicionar 0,1 ml da solução B e aguardar pelo menos 10 min.



Adicionar 3 ml da solução C e colocar os tubos em banho de água a 50°C durante 10 min. Deixar resfriar a temperatura ambiente durante meia hora.

As absorbâncias são lidas a 750 nm em cubetas de 1 cm contra água destilada.

Este método está baseado na habilidade dos aminoácidos tirosina e triptofano e de alguns complexos proteína-íon $Cu^{2+}$ de reduzirem o reagente de Folin-Ciocalteau (ácido fosfomolibdicofosfotungstico), resultando em um produto azul que pode ser lido colorimétricamente.

**Solução A:** 2 g Tartarato de Sódio e Potássio e 100 g $Na_2CO_3$ são dissolvidos em 500 ml de 1N NaOH e diluídos em água destilada até 1 litro.

**Solução B:** 2 g Tartarato de Sódio e Potássio e 1 g de $CuSO_45H_2O$ são dissolvidos em 90 ml de água destilada e 10 ml de 1N NaOH são adicionados.

**Solução C:** 1 vol de reagente de Folin-Ciocalteau é diluído em 10 vol de água destilada. Esta solução deve ser preparada diariamente.

**Obs:** No final do dia as cubetas devem ser lavadas com HCl 6 N para evitar a sua corrosão.

# ANÁLISE DE CARBOIDRATOS EM SEDIMENTO MARINHO

## (Dubois et al., 1956; Gerchakov & Hatcher, 1972)

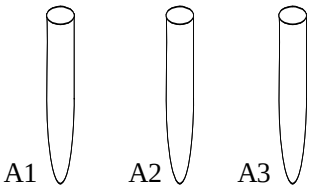
**AMOSTRA**

Homogeneizar a amostra em almofariz
Pesar 10 mg de amostra e adicionar em tubos de ensaio identificados
como A, B e C (ex: A1, A2 e A3)

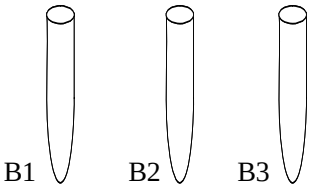
**PADRÃO**

Preparar uma solução de 100 ug/ml de Glicose
Diluir a solução para as seguintes concentrações:
15, 25, 50, 75 e 100 ug/ml e adicionar 1 ml de cada diluição em tubos de ensaio identificados
como A, B e C

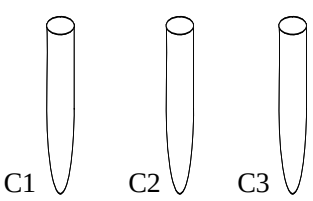
SÉRIE A
Adicionar 1 ml de solução de fenol
e ultrasonificar por 10 min.
Adicionar 5 ml de $H_2SO_4$ concentrado.




SÉRIE B
Adicionar 1 ml de água destilada
e ultrasonificar por 10 min.
Adicionar 5 ml de $H_2SO_4$ concentrado.




SÉRIE C
Adicionar 1 ml de solução de fenol
e ultrasonificar por 10 min.
Adicionar 5 ml de água destilada.




Aguardar 10 minutos, centrifugar a 2500-3000 rpm durante 10 minutos e transferir as soluções dos tubos para as cubetas utilizando pipetas Pasteur. As absorbâncias são lidas a 485 nm em cubetas de 1 cm. Ler A contra B, e ler C contra uma solução de (1 ml água destilada + 1 ml de fenol + 5 ml de água destilada).

Este método está baseado na habilidade dos açúcares simples, oligossacarídeos, polissacarídeos e os seus derivados, incluindo os metil éteres, de resultar em um produto amarelo-alaranjado, quando tratados com fenol e ácido sulfúrico concentrado, o qual pode ser lido colorimetricamente.

**Solução de fenol:** 25 g de fenol são dissolvidos em 400ml de água destilada e diluídos até 500 ml.

**Solução de $H_2SO_4$:** concentrado (95,5%), grau específico 1,84 (puro).

**Solução padrão de Glicose:** 10 mg de β-D(+)-glicose são dissolvidos em 80 ml de água destilada e diluídos até 100 ml para obter uma solução estoque de 100 µg/ml.

# ANÁLISE DE LIPÍDIOS EM SEDIMENTO MARINHO

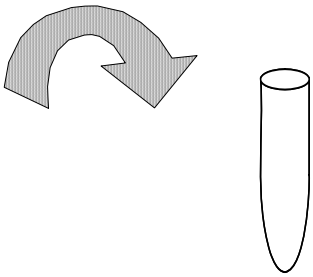
## (Folch et al., 1957 modificado)

**AMOSTRA**

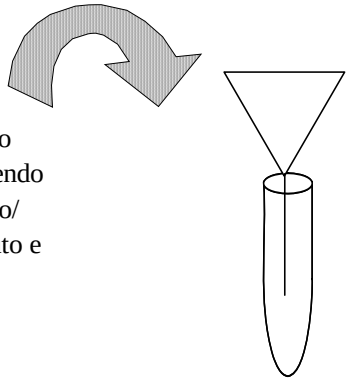
Homogeneizar a amostra em almofariz

Pesar 1g da amostra e colocar em um frasco de vidro.

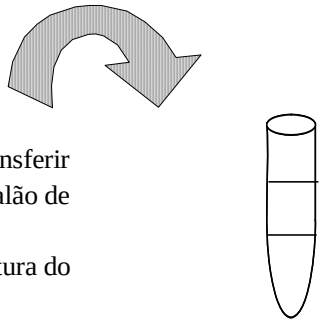
Adicionar 10 ml de clorofórmio/metanol (2:1, v/v) e sonicar durante 20 min.



Colocar no tubo de centrífuga 4 ml de solução salina de NaCl 0,73%.



Transferir a amostra através de um funil com filtro (Qualitativo N° 1) para o tubo de centrífuga contendo a solução salina. Lavar três vezes com clorofórmio/ metanol (2:1, v/v). Tampar, agitar durante 1 minuto e centrifugar a 2400 rpm durante 20 min.



Descartar a fase superior com pipeta Pasteur e transferir a fase inferior através de um funil com filtro ao balão de evaporação, lavando três vezes com clorofórmio. Evaporar em evaporador de rotação com temperatura do banho < 39 °C.

Pesar um tubo de ensaio, etiquetado e seco e transferir os lipídios do balão de evaporação para o tubo com um mínimo de clorofórmio, lavando três ou quatro vezes. Evaporar o solvente com $N_2$ colocando o tubo em banho de água a < 39 °C. Deixar o tubo no dessecador com $N_2$ durante 24 hs. e pesar. A diferença de peso será dada pelo conteúdo de lipídios totais da amostra.

**ANEXO II**

Listagem dos grupos e de todas as espécies da macrofauna bentônica encontradas, arranjadas filogeneticamente de acordo com Brusca & Brusca (1990).

**FILO NEMERTEA**

**FILO ANNELIDA**

**Classe Polychaeta**

**Família Polynoide**

*Eunoe papilosa* Amaral & Nonato, 1982

*Harmothoe aculeata* Andrews, 1891

*Harmothoe lunulata* (Delle Chiaje, 1841)

**Família Pholoididae**

*Pholoe minuta* (Fabricius, 1780)

**Família Sigalionidae**

*Sthenolepis grubei* (Treadwell, 1901)

*Stenelais articulata* Kinberg, 1855

*Stenelais limicola* (Ehlers, 1864)

*Fimbriosthenelais mariani* Lana, 1984

**Família Amphinomidae**

*Pseudeurythoe ambigua* (Monro, 1933)

**Família Phyllodocidae**

*Anaitides tamoya* (Nonato, 1981)

**Família Hesionidae**

*Gyptis capensis* Day, 1963

*Ophiodromus* sp.

**Família Pilargidae**

*Ancistrosyllis jonesi* Pettibone, 1966

*Cabira incerta* Webster, 1879

*Parandalia americana* Hartman, 1947

*Sigambra grubii* Müller, 1858

**Família Nereidae**

*Ceratocephale oculata* Banse, 1977

*Neanthes bruaca* (Lana & Sovierzoski, 1987)

*Neanthes succinea* (Frey & Leuckart, 1847)

**Família Goniadidae**

*Glycinde multidens* (Müller, 1858)

*Goniada littorea* Hartman, 1950

**Família Glyceridae**

*Glycera dibranchiata* Ehlers, 1868

*Glycera* sp.

**Família Onuphidae**

*Onuphis eremita oculata* Hartman, 1951

*Diopatra cuprea* (Bosc, 1802)

*Kinbergonuphis difficilis* (Fauchald, 1982)

*Kinbergonuphis orensanzi* (Fauchald, 1982)

*Paraonuphis* sp.

**Família Lumbrineridae**

*Ninoe brasiliensis* Kinberg, 1865

*Lumbrineris tetraura* (Schnarda, 1861)

*Lumbrineris januarii* (Grube, 1878)

**Família Orbiniidae**

*Nainereis setosa* (Verril, 1900)

*Scoloplos (Scoloplos) treadwelli* Eisig, 1914

*Scoloplos (Leodamas) rubra* (Webster, 1987)

*Leitoscoloplos kerguelensis* (Verril, 1873)

**Família Paraonidae**

*Aricidea (Acmira) simplex* Day, 1963

*Aricidea* sp.

*Cirrophorus americanus* Strelzov, 1973

*Cirrophorus branchiatus* Ehlers, 1908

*Levinsenia gracilis* (Tauber, 1879)

**Família Spionidae**

*Laonice branchiata* Nonato, Bolivar & Lana, 1986

*Laonice cirrata* (Sars, 1851)

*Paraprionospio pinnata* (Ehlers, 1901)

*Prionospio dayi* (Foster, 1969)

*Scolelepis squamata* (Müller, 1806)

*Spiophanes missionensis* Hartman, 1941

*Microspio pigmentata* (Reish, 1959)

**Família Magelonidae**

*Magelona variolamellata* (Bolivar & Lana, 1986)

*Magelona papillicornis* Müller, 1858

*Magelona posterolongata* Bolivar & Lana, 1986

**Família Cirratulidae**

*Timarete* sp.

*Tharyx* sp.

**Família Cossuridae**

*Cossura* sp.

**Família Opheliidae**

*Armandia maculata* (Webster, 1884)

*Ophelina* sp.

**Família Sternaspidae**

*Sternaspis capillata* Nonato, 1966

**Família Capitellidae**

*Mediomastus capensis* Day, 1961

*Notomastus lobatus* Hartman, 1947

*Notomastus hemipodus* Hartman, 1947

*Notomastus* sp.

**Família Maldanidae**

*Clymenella dalesi* Mangum, 1966

*Axiothella brasiliensis* (Kinberg, 1867)

**Família Ampharetidae**

*Isolda pulchella* Fritz Müller, 1858

**Classe Oligochaeta**

**FILO SIPUNCULA**

**Classe Phascolosomida**

**Família Aspidosiphonidae**

*Aspidosiphon* sp.

**Família Golfingiida**

Thysanocardia catharinae (Grube, 1868)

**FILO ARTHROPODA**

**Subfilo Crustacea**

**Classe Cephalocarida**

**Classe Malacostraca**

Superordem Eucarida

Ordem Decapoda

Infraordem Caridea

**Família Alpheidae**

*Alpheus floridanus* (Kingsley, 1878)

**Família Ogyrididae**

*Ogyrides occidentalis* (Ortmann, 1853)

**Família Sicyoniidae**

*Sicyonia dorsalis* (Kingsley, 1878)

Infraordem Thalassinidea

Infraordem Anomura

**Família Diogenidae**

*Dardanus venosus* (H. Milne Edwarda, 1848)

Infraordem Brachyura

**Família Goneplacide**

*Speocarcinus carolinensis* Stimpson, 1859

**Família Pinnotheridae**

*Pinnixa chaetopterana* Stimpson, 1860

*Pinnixa sayana* Stimpson, 1860

Superordem Peracarida

Ordem Tanaidacea

**Família Parapseudidae**

*Saltipedis paulensis* (Brum, 1971)

Ordem Isopoda

**Família Cirolanidae**

*Politolana eximia* Hansen, 1890

Ordem Amphipoda

**Família Ampeliscidae**

*Ampelisca paria* (Barnard & Agard, 1986)

**Família Corophiidae**

*Corophium* sp.

*Globosolembos sp.*

**Família Ischyroceridae**

*Cerapus* sp.

**FILO MOLLUSCA**

**Classe Gastropoda**

**Família Naticidae**

*Natica* sp.

**Família Cylichnidae**

*Acteocina* sp.

**Classe Bivalvia**

**Família Nuculidae**

*Nucula semiornata* Orbigny, 1846

**Família Lucinidae**

*Codakia costata* (Orbigny, 1842)

*Ctena pectinella* (C. B. Adams, 1852)

**Família Mactridae**

*Mulinia cleryana* (Orbigny, 1846)

**Família Solenidae**

*Solen tehuelchus* Orbigny, 1843

**Família Tellinidae**

*Tellina* sp. (jovens)

*Tellina versicolor* De Kay, 1843

*Macoma* sp. (jovens)

*Macoma tenta* (Say, 1834)

*Macoma brevifrons* (Say, 1843)

*Temnoconcha brasiliana* Dall, 1921

**Família Veneridae**

*Gouldia cerina* (C. B. Adams, 1845)

**Família Corbulidae**

*Corbula caribaea* Orbigny, 1842

*Corbula contracta* Say, 1822

*Corbula lyoni* Pilsbry, 1897

**Família Cuspidariidae**

*Cardiomya cleryana* (Orbigny, 1846)

**FILO ECHINODERMATA**

**Classe Ophiuroidea**

**Família Amphiuridae**

*Amphipholis* sp.

**Classe Holothuroidea**

**FILO HEMICHORDATA**

**Classe Enteropneusta**

**Família Spengelidae**

*Shizocardium* sp.

**ANEXO III**

Abundância (por $m^2$) das espécies da macrofauna bentônica nas seis estações de coleta em abril. As espécies mais abundantes aparecem em negrito.

| #1a | |
|---|---|
| ***Mediomastus capensis*** | **4091** |
| *Notomastus* sp. | 152 |
| *Timarete* sp. | 152 |
| *Cossura* sp. | 303 |
| *Glycinde multidens* | 303 |
| ***Goniada littorea*** | **606** |
| ***Ophiodromus* sp.** | **758** |
| ***Magelona papillicornis*** | **606** |
| *Magelona posterolongata* | 152 |
| ***Magelona variolamellata*** | **1667** |
| *Neanthes bruaca* | 455 |
| *Ophelina* sp. | 152 |
| *Leitoscoloplos kerguelensis* | 303 |
| *Aricidea (A.) simplex* | 152 |
| *Levinsenia gracilis* | 152 |
| ***Parandalia americana*** | **1667** |
| ***Sigambra grubii*** | **1515** |
| *Harmothöe aculeata* | 152 |
| ***Sthenelais limicola*** | **758** |
| ***Paraprionospio pinnata*** | **606** |
| *Prionospio dayi* | 303 |
| ***Corbula caribaea*** | **1364** |
| *Gouldia cerina* | 152 |
| ***Macoma brevifrons*** | **1061** |
| *Mulinia cleryana* | 152 |
| *Nucula semiornata* | 152 |
| *Solen tehuelchus* | 152 |
| *Natica* sp. | 152 |
| *Aspidosiphon* sp. | 303 |
| *Ampelisca paria* | 303 |
| Cephalocarida | 455 |
| Thalassinidea | 303 |
| *Amphipholis* sp. | 152 |
| Nemertea | 152 |

| #4a | |
|---|---|
| ***Isolda pulchella*** | **1061** |
| *Timarete* sp. | 152 |
| ***Cossura* sp.** | **4242** |
| *Goniada littorea* | 152 |
| ***Gyptis capensis*** | **606** |
| *Ceratocephale oculata* | 455 |
| *Lumbrineris tetraura* | 455 |
| *Ninöe brasiliensis* | 303 |
| *Magelona posterolongata* | 303 |
| ***Neanthes bruaca*** | **606** |
| ***Aricidea (A.) simplex*** | **1818** |
| *Cirrophorus americanus* | 152 |
| *Cirrophorus branchiatus* | 152 |
| *Sigambra grubii* | 303 |
| *Sthenelais limicola* | 152 |
| ***Scolelepsis squamata*** | **606** |
| ***Sternaspis capillata*** | **6364** |
| *Sthenolepis grubei* | 303 |
| ***Laonice branchiata*** | **1515** |
| *Prionospio dayi* | 152 |
| *Spiophanes missionensis* | 152 |
| *Cardiomya cleryana* | 303 |
| *Tellina versicolor* | 152 |
| ***Aspidosiphon* sp.** | **909** |
| *Thysanocardia catharinae* | 303 |
| *Pinnixa sayana* | 455 |

| #2a | |
|---|---|
| *Isolda pulchella* | 152 |
| ***Mediomastus capensis*** | **1818** |
| ***Cossura* sp.** | **5606** |
| *Glycinde multidens* | 152 |
| *Gyptis capensis* | 152 |
| ***Lumbrineris tetraura*** | **758** |
| *Magelona papillicornis* | 303 |
| *Magelona posterolongata* | 152 |
| *Magelona variolamellata* | 152 |
| ***Neanthes bruaca*** | **606** |
| *Aricidea (A.) simplex* | 152 |
| *Aricidea* sp. | 152 |
| *Cabira incerta* | 152 |
| *Fimbriosthenelais mariani* | 455 |
| ***Sthenelais limicola*** | **909** |
| *Paraprionospio pinnata* | 455 |
| ***Scolelepsis squamata*** | **606** |
| ***Sternaspis capillata*** | **1364** |
| *Corbula caribaea* | 303 |
| *Corbula contracta* | 152 |
| *Macoma brevifrons* | 303 |
| *Mulinia cleryana* | 0 |
| ***Aspidosiphon* sp.** | **1515** |

| #5a | |
|---|---|
| ***Mediomastus capensis*** | **2424** |
| *Tharyx* sp. | 152 |
| *Timarete* sp. | 152 |
| *Cossura* sp. | 455 |
| *Glycinde multidens* | 303 |
| ***Lumbrineris januarii*** | **606** |
| ***Lumbrineris tetraura*** | **1515** |
| *Clymenella dalesi* | 303 |
| *Magelona papillicornis* | 303 |
| *Magelona variolamellata* | 152 |
| *Neanthes bruaca* | 455 |
| *Scoloplos (L.) rubra* | 455 |
| *Scoloplos (S.) treadwelli* | 152 |
| *Aricidea (A.) simplex* | 152 |
| *Cirrophorus americanus* | 152 |
| ***Cirrophorus branchiatus*** | **1061** |
| ***Levinsenia gracilis*** | **1515** |
| *Sigambra grubii* | 303 |
| *Harmothöe aculeata* | 152 |
| *Paraprionospio pinnata* | 455 |
| *Corbula contracta* | 152 |
| *Codakia costata* | 152 |
| *Ctena pectinella* | 303 |
| ***Aspidosiphon* sp.** | **606** |
| *Pinnixa sayana* | 152 |
| *Politolana eximia* | 303 |
| ***Saltipedes paulensis*** | **758** |
| *Speocarcinus carolinensis* | 152 |

| #3a | |
|---|---|
| *Mediomastus capensis* | 152 |
| ***Cossura* sp.** | **3788** |
| *Glycera* sp. | 303 |
| *Ophiodromus* sp. | 152 |
| *Ceratocephale oculata* | 455 |
| *Neanthes bruaca* | 303 |
| ***Aricidea (A.) simplex*** | **1818** |
| *Cirrophorus branchiatus* | 152 |
| *Sigambra grubii* | 455 |
| *Harmothöe aculeata* | 152 |
| *Fimbriosthenelais mariani* | 152 |
| *Sthenelais limicola* | 152 |
| ***Sternaspis capillata*** | **20455** |
| ***Microspio pigmentata*** | **1061** |
| *Prionospio dayi* | 152 |
| *Codakia costata* | 152 |
| ***Macoma tenta*** | **606** |
| ***Aspidosiphon* sp.** | **606** |
| *Pinnixa sayana* | 152 |
| *Alpheus floridanus* | 303 |
| *Shizocardium* sp. | 152 |

| #6a | |
|---|---|
| *Pseudeurythoe ambigua* | 455 |
| *Mediomastus capensis* | 303 |
| ***Notomastus lobatus*** | **909** |
| *Cossura* sp. | 152 |
| *Ophiodromus* sp. | 152 |
| *Ninöe brasiliensis* | 152 |
| *Magelona variolamellata* | 152 |
| *Axiothella brasiliensis* | 455 |
| *Neanthes bruaca* | 152 |
| *Diopatra cuprea* | 152 |
| ***Kinbergonuphis difficilis*** | **909** |
| ***Kinbergohuphis orensanzi*** | **4545** |
| *Onuphis eremita oculata* | 152 |
| *Paraonuphis* sp. | 303 |
| ***Cirrophorus americanus*** | **1667** |
| *Cirrophorus branchiatus* | 303 |
| *Levinsenia gracilis* | 152 |
| *Sigambra grubii* | 303 |
| *Pholöe minuta* | 152 |
| *Eunöe papilosa* | 152 |
| *Anaitides tamoya* | 152 |
| *Ancistrosyllis jonesi* | 303 |
| *Cabira incerta* | 152 |
| *Sthenelais articulata* | 152 |
| *Paraprionospio pinnata* | 152 |
| *Sternaspis capillata* | 152 |
| ***Spiophanes missionensis*** | **4697** |
| *Corbula lyoni* | 152 |
| *Tellina* sp. | 303 |
| *Aspidosiphon* sp. | 455 |
| *Pinnixa sayana* | 303 |
| *Politolana eximia* | 455 |
| *Ampelisca paria* | 455 |
| Nemertea | 303 |

Abundância (por $m^2$) das espécies da macrofauna bentônica nas seis estações de coleta em novembro. As espécies mais abundantes aparecem em negrito.

| #1n | |
|---|---|
| ***Mediomastus capensis*** | **1212** |
| ***Timarete* sp.** | **758** |
| *Gyptis capensis* | 152 |
| ***Ophiodromus* sp.** | **606** |
| *Lumbrineris tetraura* | 152 |
| ***Magelona papillicornis*** | **1667** |
| *Magelona posterolongata* | 152 |
| *Magelona variolamellata* | 152 |
| *Neanthes bruaca* | 303 |
| *Aricidea (A.) simplex* | 455 |
| *Parandalia americana* | 455 |
| *Sigambra grubii* | 455 |
| *Sthenelais limicola* | 303 |
| ***Prionospio dayi*** | **909** |
| *Scolelepsis squamata* | 303 |
| *Corbula contracta* | 152 |
| *Macoma* sp. | 303 |
| *Mulinia* sp. | 152 |
| *Tellina versicolor* | 152 |
| *Temnoconcha brasiliana* | 152 |
| ***Aspidosiphon* sp.** | **606** |
| *Ampelisca paria* | 303 |
| *Cerapus* sp. | 455 |
| *Corophium* sp. | 303 |
| ***Globosolembos* sp.** | **606** |
| Cephalocarida | 152 |
| *Amphipholis* sp. | 303 |

| #4n | |
|---|---|
| ***Mediomastus capensis*** | **2424** |
| ***Cossura* sp.** | **8182** |
| *Glycinde multidens* | 152 |
| *Goniada littorea* | 152 |
| *Gyptis capensis* | 152 |
| *Lumbrineris tetraura* | 455 |
| *Ninöe brasiliensis* | 152 |
| *Magelona papillicornis* | 303 |
| *Magelona posterolongata* | 152 |
| *Magelona variolamellata* | 303 |
| *Ceratocephale oculata* | 455 |
| *Neanthes bruaca* | 303 |
| *Nainereis setosa* | 152 |
| ***Aricidea (A.) simplex*** | **606** |
| *Sigambra grubii* | 303 |
| ***Laonice branchiata*** | **758** |
| *Sthenelais limicola* | 152 |
| *Fimbriosthenelais mariani* | 303 |
| *Prionospio dayi* | 303 |
| *Spiophanes missionensis* | 152 |
| *Macoma tenta* | 152 |
| ***Aspidosiphon* sp.** | **909** |
| *Thysanocardia catharinae* | 152 |
| *Globosolembos* sp. | 152 |
| *Dardanus venous* | 152 |
| *Amphipholis* sp. | 303 |

| #2n | |
|---|---|
| ***Mediomastus capensis*** | **1970** |
| ***Cossura* sp.** | **4091** |
| *Glycera* sp. | 152 |
| *Gyptis capensis* | 152 |
| *Magelona papillicornis* | 455 |
| *Magelona variolamellata* | 152 |
| ***Aricidea (A.) simplex*** | **606** |
| *Cabira incerta* | 303 |
| *Sigambra grubii* | 152 |
| *Laonice branchiata* | 303 |
| *Macoma brevifrons* | 152 |
| ***Aspidosiphon* sp.** | **758** |

| #5n | |
|---|---|
| ***Mediomastus capensis*** | **6061** |
| ***Notomastus lobatus*** | **1212** |
| *Tharyx* sp. | 303 |
| *Cossura* sp. | 455 |
| *Goniada littorea* | 152 |
| *Ophiodromus* sp. | 152 |
| *Lumbrineris januarii* | 455 |
| ***Lumbrineris tetraura*** | **909** |
| *Ninöe brasiliensis* | 152 |
| *Neanthes bruaca* | 152 |
| *Ophelina* sp. | 152 |
| *Nainereis setosa* | 303 |
| *Scoloplos (S.) treadwelli* | 303 |
| ***Cirrophorus americanus*** | **606** |
| ***Cirrophorus branchiatus*** | **758** |
| *Levinsenia gracilis* | 455 |
| ***Sigambra grubii*** | **606** |
| *Laonice cirrata* | 455 |
| ***Paraprionospio pinnata*** | **606** |
| *Scolelepsis squamata* | 152 |
| *Corbula contracta* | 303 |
| ***Ctena pectinella*** | **758** |
| *Macoma* sp. | 152 |
| *Acteocina* sp. | 152 |
| ***Aspidosiphon* sp.** | **758** |
| *Politolana eximia* | 152 |
| ***Saltipedes paulensis*** | **9848** |
| *Ogyrides occidentalis* | 152 |
| **Cephalocarida** | **758** |
| *Amphipholis* sp. | 455 |

| #3n | |
|---|---|
| ***Mediomastus capensis*** | **1364** |
| ***Cossura* sp.** | **6970** |
| *Lumbrineris januarii* | 152 |
| *Magelona papillicornis* | 152 |
| *Armandia maculata* | 455 |
| ***Aricidea (A.) simplex*** | **606** |
| *Pholöe minuta* | 303 |
| *Sigambra grubii* | 455 |
| *Harmothöe aculeata* | 152 |
| *Sthenelais limicola* | 152 |
| *Corbula caribaea* | 303 |
| ***Aspidosiphon* sp.** | **606** |
| *Alpheus floridanus* | 152 |
| *Sicyonia dorsalis* | 152 |

| #6n | |
|---|---|
| *Mediomastus capensis* | 152 |
| ***Notomastus lobatus*** | **1061** |
| *Notomastus hemipodus* | 152 |
| *Timarete* sp. | 152 |
| *Glycera dibranchiata* | 152 |
| *Ophiodromus* sp. | 152 |
| *Ninöe brasiliensis* | 303 |
| *Axiothella brasiliensis* | 152 |
| *Magelona papillicornis* | 152 |
| *Magelona variolamellata* | 152 |
| ***Neanthes succinea*** | **606** |
| ***Cirrophorus americanus*** | **606** |
| ***Aricidea (A.) simplex*** | **1061** |
| *Cabira incerta* | 303 |
| *Parandalia americana* | 303 |
| *Sigambra grubii* | 455 |
| *Harmothöe lunulata* | 152 |
| *Kinbergonuphis difficilis* | 303 |
| ***Kinbergonuphis orensanzi*** | **4242** |
| *Onuphis eremita oculata* | 303 |
| *Paraprionospio pinnata* | 152 |
| *Corbula lyoni* | 152 |
| *Aspidosiphon* sp. | 455 |
| *Pinnixa chaetopterana* | 152 |
| *Pinnixa sayana* | 152 |
| Cephalocarida | 152 |

Classificação das espécies da macrofauna em grupos funcionais de alimentação, grupos tróficos e categorias de bioturbação.

| | GFA | GT | B | | GFA | GT | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nemertea | – | C | DIFF | *Magelona posterolongata* | DSDT | DS/SUS | SURF |
| *Eunoe papilosa* | CMJ | C | DIFF | *Timarete* sp. | DSDT | DS | REVER |
| *Harmothoe aculeata* | CMJ | C | DIFF | *Tharyx* sp. | DSDT | DS | REVER |
| *Harmothoe lunulata* | CMJ | C | DIFF | *Cossura* sp. | DSDT | DS | SURF |
| *Pholoe minuta* | CMJ | C | DIFF | *Armandia maculata* | DSSMX | DSS | DIFF |
| *Sthenolepis grubei* | CMJ | C | DIFF | *Ophelina* sp. | DSSMX | DSS | DIFF |
| *Stenelais articulata* | CMJ | C | DIFF | *Sternaspis capillata* | DSSMX | DSS | DIFF |
| *Stenelais limicola* | CMJ | C | DIFF | *Mediomastus capensis* | DSSMX | DSS | CONV |
| *Fimbriosthenelais mariani* | CMJ | C | DIFF | *Notomastus lobatus* | DSSMX | DSS | CONV |
| *Pseudeurythoe ambigua* | CMX | C | DIFF | *Notomastus hemipodus* | DSSMX | DSS | CONV |
| *Anaitides tamoya* | CMX | C | DIFF | *Notomastus* sp. | DSSMX | DSS | CONV |
| *Gyptis capensis* | CMJ | C | DIFF | *Clymenella dalesi* | DSSMX | DSS | CONV |
| *Ophiodromus* sp. | CMJ | C | DIFF | *Axiothella brasiliensis* | DSSMX | DSS | CONV |
| *Ancistrosyllis jonesi* | CMJ | C | DIFF | *Isolda pulchella* | DSST | DS | SURF |
| *Cabira incerta* | CMJ | C | DIFF | Oligochaeta | — | DSS | DIFF |
| *Parandalia americana* | CMJ | C | DIFF | *Aspidosiphon* sp. | — | ? | |
| *Sigambra grubii* | CMJ | C | DIFF | *Thysanocardia catharinae* | — | DS | SURF |
| *Ceratocephale oculata* | ODJ | O | DIFF | *Alpheus floridanus* | — | DSS | DIFF |
| *Neanthes bruaca* | ODJ | O | DIFF | *Ogyrides occidentalis* | — | DSS | DIFF |
| *Neanthes succinea* | ODJ | O | DIFF | *Sicyonia dorsalis* | — | DSS | DIFF |
| *Glycinde multidens* | CDJ | C | DIFF | *Dardanus venosus* | — | C/O | DIFF |
| *Goniada littorea* | CDJ | C | DIFF | *Speocarcinus carolinensis* | — | C | DIFF |
| *Glycera dibranchiata* | CDJ | C | DIFF | *Pinnixa chaetopterana* | — | C | DIFF |
| *Glycera* sp. | CDJ | C | DIFF | *Pinnixa sayana* | — | C | DIFF |
| *Onuphis eremita oculata* | CDJ | C | DIFF | *Saltipedis paulensis* | — | DSS | DIFF |
| *Diopatra cuprea* | CDJ | C | DIFF | *Politolana eximia* | — | C | DIFF |
| *Kinbergonuphis difficilis* | CDJ | C | DIFF | *Ampelisca paria* | — | DS/SUS | SURF |
| *Kinbergonuphis orensanzi* | CDJ | C | DIFF | *Corophium* sp. | — | DS/SUS | SURF |
| *Paraonuphis* sp. | CDJ | C | DIFF | *Globosolembos* sp. | — | DS/SUS | SURF |
| *Ninoe brasiliensis* | CMJ/DSMJ | C/DS | DIFF | *Cerapus* sp. | — | DS/SUS | SURF |
| *Lumbrineris tetraura* | CMJ | C | DIFF | *Natica* sp. | — | C | DIFF |
| *Lumbrineris januarii* | CMJ | C | DIFF | *Acteocina* sp. | — | ? | |
| *Nainereis setosa* | DSSMX | DSS | CONV | *Nucula semiornata* | — | DS | DIFF |
| *Scoloplos (Scoloplos) treadwelli* | DSSMX | DSS | CONV | *Codakia costata* | — | SUS | SURF |
| *Scoloplos (Leodamas) rubra* | DSSMX | DSS | CONV | *Ctena pectinella* | — | SUS | SURF |
| *Leitoscoloplos kerguelensis* | DSSMX | DSS | CONV | *Mulinia cleryana* | — | SUS | SURF |
| *Aricidea (Acmira) simplex* | DSMX | DS | SURF | *Solen tehuelchus* | — | SUS | SURF |
| *Aricidea* sp. | DSMX | DS | SURF | *Tellina* sp. | — | DS/SUS | SURF |
| *Cirrophorus americanus* | DSMX | DS | SURF | *Tellina versicolor* | — | DS/SUS | SURF |
| *Cirrophorus branchiatus* | DSMX | DS | SURF | *Macoma* sp. | — | DS/SUS | SURF |
| *Levinsenia gracilis* | DSMX | DS | SURF | *Macoma tenta* | — | DS/SUS | SURF |
| *Laonice branchiata* | DSDT | DS | SURF | *Macoma brevifrons* | — | DS/SUS | SURF |
| *Laonice cirrata* | DSDT | DS | SURF | *Temnoconcha brasiliana* | — | DS/SUS | SURF |
| *Paraprionospio pinnata* | DSDT | DS | SURF | *Gouldia cerina* | — | SUS | SURF |
| *Prionospio dayi* | DSDT | DS | SURF | *Corbula caribaea* | — | SUS | SURF |
| *Scolelepis squamata* | DSDT | DS | SURF | *Corbula contracta* | — | SUS | SURF |
| *Spiophanes missionensis* | DSDT | DS | SURF | *Corbula lyoni* | — | SUS | SURF |
| *Microspio pigmentata* | DSDT | DS | SURF | *Cardiomya cleryana* | — | C | DIFF |
| *Magelona variolamellata* | DSDT | DS/SUS | SURF | *Amphipholis* sp. | — | DS/SUS | SURF |
| *Magelona papillicornis* | DSDT | DS/SUS | SURF | *Shizocardium* sp. | — | DSS | DIFF |

GFA = grupo funcional de alimentação, GT = grupo trófico, B = categoria de bioturbação.

MJ = móvel com mandíbulas, MX = móvel com faringe saculiforme ou outras estruturas, DJ = discretamente móvel com mandíbulas,

DT = discretamente móvel com tentáculos, ST = séssil com tentáculos.

C = carnívoros, O = onívoros, SUS = suspensívoros ou filtradores, DS = depositívoros de superfície, DSS = depositívoros de subsuperfície.

DIFF = "diffusive mixing", SURF = "surface deposition", CONV = "conveyor belt transport", REVER = "reverse conveyor belt transport".