

2.8.2.4. COMUNIDADES PLANCTÔNICAS

2.8.2.4.1. Introdução

O Programa de Controle e Monitoramento das Condições do Meio Biótico, desenvolvido no âmbito do Licenciamento Ambiental do Terminal da Brasil Terminal Portuário (BTP), inclui o Subprograma de Monitoramento da Biota Aquática, que abrange o Subprograma de Monitoramento das Comunidades Planctônicas, objeto do presente item do relatório.

As atividades de monitoramento foram orientadas pelos Pareceres Técnicos 136/2010 – COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA (Agosto/2010), 02001.004504/2015-17 COPAH/IBAMA (novembro/2015) e 02001.003191/2016-52 COPAH/IBAMA (agosto/2016) e pelo Plano Básico Ambiental (PBA) (BTP, 2010).

As atividades do subprograma foram iniciadas em dezembro/2010, que refere-se ao período anterior ao início da dragagem na área da BTP (pré-dragagem), permitindo estabelecer um cenário de referência das comunidades planctônicas antes do início da implantação do empreendimento.

As campanhas seguintes, a partir de janeiro/2011 até outubro/2013, referem-se ao período de instalação, quando se deu início às dragagens. A Licença de Operação (LO) do Terminal Portuário da BTP foi emitida em julho/2013, de forma que as coletas efetuadas a partir de novembro/2013 correspondem à fase de operação do terminal, sendo realizado, até janeiro/2015, um total de 50 campanhas mensais.

Em novembro/2015, o IBAMA atribuiu parecer favorável a alteração na periodicidade das campanhas, de mensal para trimestral, por meio do Parecer Técnico 02001.004504/2015-17 COPAH/IBAMA, e emitiu a Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico nº 661/2015. No mês seguinte, foi realizada a campanha 51. Deste modo, considerando o conjunto de campanhas realizadas desde o início deste monitoramento (dezembro/2010) até dezembro/2016 foram efetuadas 55 campanhas de amostragem. O presente documento apresenta os resultados consolidados das campanhas trimestrais executadas nos meses de dezembro/2015 (campanha 51), março/2016 (campanha 52), junho/2016 (campanha 53), setembro/2016 (campanha 54) e dezembro/2016 (campanha 55), bem como a análise consolidada das campanhas realizadas até o momento.

O papel ecológico das comunidades planctônicas é de grande importância para a cadeia trófica do estuário e manutenção da vida marinha. Essas comunidades podem ser subdivididas nos seguintes componentes principais – o fitoplâncton e o zooplâncton, incluindo o ictioplâncton.

A comunidade fitoplanctônica reúne organismos microscópicos que vivem nas camadas superficiais das águas, deslocando-se com a correnteza. Fazem parte dessa comunidade as algas e as cianobactérias (ODUM, 1983).

A predominância de determinados grupos do fitoplâncton é resultado da dinâmica de interações entre as características fisiológicas dos organismos e dos fatores abióticos, tais como a radiação subaquática e a disponibilidade de nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio). Tais fatores exercem influência na produtividade dos organismos fitoplanctônicos, com reflexos na composição e na abundância de seres zooplanctônicos e bentônicos.

Dependendo das características dos estuários, o fitoplâncton pode ser exportado em grande quantidade para águas costeiras, contribuindo assim para o aumento da produção primária na faixa litorânea, conforme observado por Moser (2002) no sistema estuarino de Santos.

Outros trabalhos evidenciam que as concentrações acentuadas de nutrientes no canal do estuário de Santos é um dos fatores relevantes que favorece a produção primária (CETESB, 1978; GIANESELLA-GALVÃO, 1978; TOMMASI, 1979, 1982; PEREIRA, 1985; BRAGA *et al.*, 1997; MOSER, 2002; GIANESELLA *et al.*, 2000; FRAZÃO, 2001; MOSER, 2002; ANCONA, 2007). No entanto, a redução de luz no ambiente aquático, devido à carga de material em suspensão e à estratificação da coluna d'água, foi relatado como um dos principais aspectos limitantes da

produtividade do fitoplâncton nas regiões internas dos canais de Santos e de São Vicente (ANCONA, 2007; MOSER, 2002).

Os organismos zooplancctônicos são seres microscópicos que vivem em diferentes profundidades da coluna d'água, deslocando-se com a correnteza. São compostos por centenas de espécies de copépodes, cladóceros, quetognatos, entre outros.

Muitos desses organismos passam seu ciclo de vida completo no plâncton (holoplâncton ou euplâncton), a exemplo de alguns copépodes e cladóceros, enquanto que outros, como os ovos e/ou as fases larvais de moluscos, caranguejos e camarões, compõem temporariamente o plâncton, constituindo o meroplâncton (REIMCHE, 2008).

A atividade alimentar destes animais contribui para a ciclagem de nutrientes inorgânicos. Além disso, os organismos zooplancctônicos constituem os principais itens da dieta de muitos exemplares estuarinos, incluindo uma série de espécies de peixes (TURNER, 1984). Estudos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb (1978) indicam Copepoda como grupo dominante no estuário de Santos, além de relatarem a importante participação de Appendicularia, de Gastropoda, de larvas de Polychaeta, de Cirripedia, de Cladocera e de Decapoda.

O ictioplâncton é o constituinte do zooplâncton representado por ovos e larvas de peixes. Tal distinção se dá por conta da expressiva presença desses estágios nas amostras de plâncton, já que a grande maioria dos teleósteos marinhos tem suas fases iniciais do ciclo de vida nesse compartimento ecológico (NIKOLSKY, 1963; AHLSTROM & MOSER, 1981). O ictioplâncton estuarino pode originar-se dentro do estuário ou em ambientes marinhos e de água-doce (HAEDRICH, 1983; DANDO, 1984; DEEGAN & THOMPSON, 1985; DE LAFONTAINE, 1990; WHITFIELD, 1998).

Os levantamentos quali-quantitativos são fundamentais no entendimento do papel do ictioplâncton na cadeia alimentar pelágica, indicando também locais e épocas de desova de peixes, além de elucidar os padrões de recrutamento de indivíduos jovens à população dos adultos. Esses dados permitem realizar estimativas do potencial pesqueiro de uma dada região, otimizando os níveis de exploração de espécies comercialmente importantes (HEMPEL & WEIKERT, 1972; HEMPEL, 1973, 1974; LARKIN, 1978; ALDERDICE, 1985).

Sendo assim, os estudos sobre a distribuição do ictioplâncton são fundamentais para o conhecimento da sua bioecologia, eventualmente auxiliando na taxonomia dos adultos (SMITH & THACKER, 2001). Além disso, os dados podem ser aplicados na detecção de áreas de concentração de adultos por meio da quantidade de ovos e larvas em determinadas regiões, com usos em estudos populacionais e na prática da piscicultura, entre outros (CIECHOMSKI, 1981).

2.8.2.4.2. Objetivo

O Subprograma de Monitoramento da Biota Aquática tem como objetivo geral monitorar os efeitos da implantação e/ou operação do terminal da BTP sobre os organismos planctônicos, no que se refere à ampliação ou eliminação de habitats, afugentamento, composição específica, riqueza, abundância e demais índices ecológicos.

2.8.2.4.3. Meta

Cumprir 100% das atividades previstas em cronograma específico levando em consideração as especificações contidas no Plano Básico Ambiental (PBA), a legislação ambiental e as condicionantes das licenças ambientais ou justificar caso haja alteração decorrente do processo de licenciamento do Terminal.

2.8.2.4.4. Indicador

O indicador para avaliação do atendimento à meta do subprograma é a quantidade de atividades previstas realizadas.

2.8.2.4.5. Metodologia

A rede de amostragem definida no PBAe na Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico nº 661/2015, emitida pelo Ibama em novembro/2015, compreendia um total de 11 pontos, três dos quais se situam na ADA (P01 a P03) e seis na AID do empreendimento, incluindo os pontos P04 a P09, um ponto considerado teste (PTeste) e um ponto controle (PControle).

Contudo, em agosto/2016, o Ibama atribuiu parecer favorável a alteração desta malha amostral, por meio do documento PAR. 02001.003191/2016-52 COPAH/IBAMA, quando foi definida a exclusão de três pontos da malha amostral: P08, Teste e PControle.

Deste modo, nas campanhas realizadas nos dias 27 de setembro (campanha 54) e em 08 de dezembro/2016 (campanha 55), no inverno e na primavera, respectivamente, a malha amostral da comunidade planctônica englobou oito pontos de amostragem, sendo três na ADA (P01 a P03) e cinco na AID (P04 a P07 e P09).

Nas demais amostragens efetuadas, incluindo as campanhas 51, 52 e 53 realizadas respectivamente em 16 de dezembro/2015, na primavera, em 18 de março/2016, no verão, e em 29 de junho/2016, no inverno, a malha amostral foi composta pelos 11 pontos inicialmente previstos no PBA.

A cada campanha, todos os pontos são monitorados durante as marés vazante e enchente (quadratura), a fim de avaliar a influência do ciclo de marés sobre as comunidades aquáticas. Nesse sentido, também é realizada a amostragem de parâmetros da qualidade da água e medições locais, cuja avaliação auxilia a análise da dinâmica das comunidades planctônicas amostradas na área de influência do empreendimento, permitindo identificar eventuais interferências da dinâmica de operação da BTP sobre o ecossistema aquático em estudo. Na Tabela 2.8.2.4.5-1 e na Figura 2.8.2.4.5-1 consta a localização dos pontos que compõem a malha amostral.

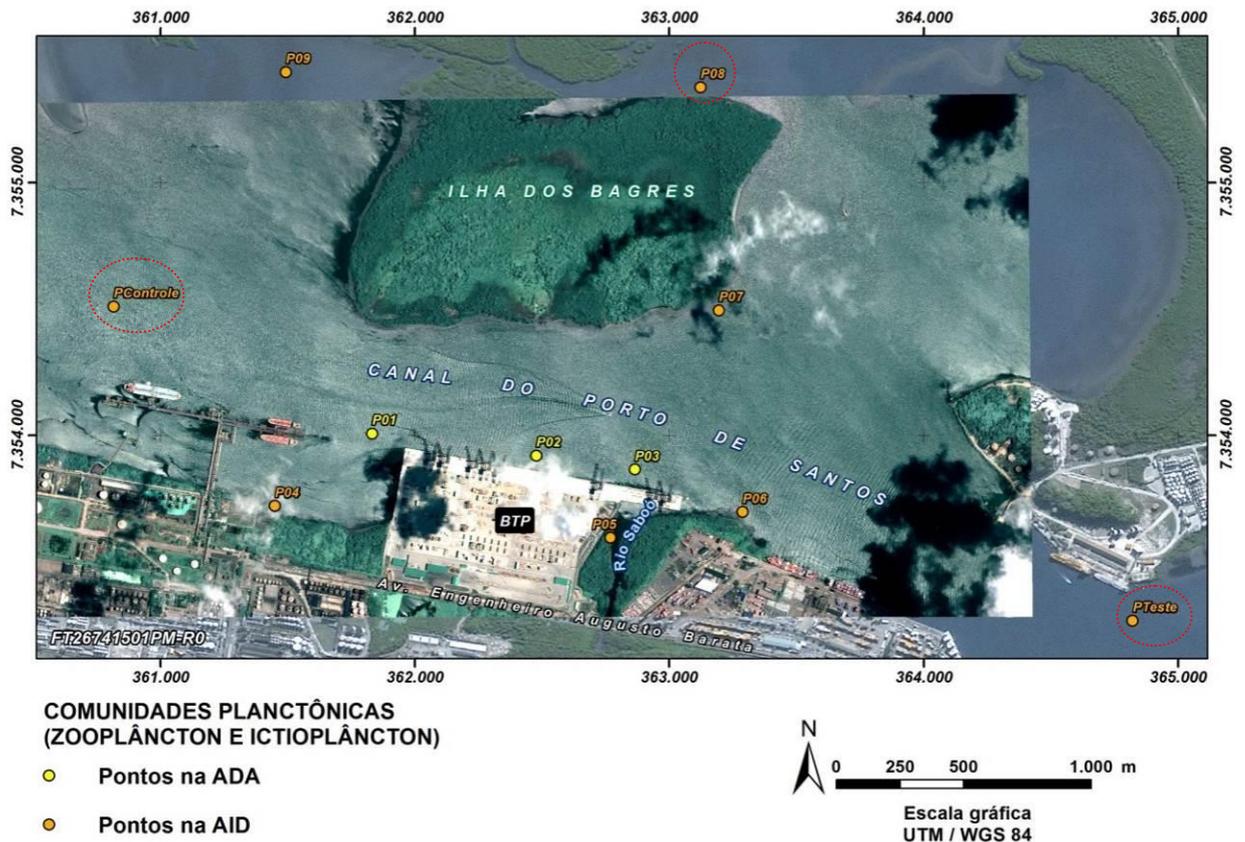
Tabela 2.8.2.4.5-1 - Pontos de coleta no âmbito do Monitoramento das Comunidades Planctônicas, Santos, São Paulo. Datum SAD 69, Zona 23K.

Pontos		Localização		Coordenadas UTM	
				Norte	Leste
P01	Enchente	Canal do Porto de Santos	ADA	7.354.068	361.889
	Vazante			7.354.045	361.800
P02	Enchente	Canal do Porto de Santos	ADA	7.353.932	362.502
	Vazante			7.353.954	362.417
P03	Enchente	Canal do Porto de Santos	ADA	7.353.880	362.800
	Vazante			7.353.877	362.858
P04	Enchente	Canal do Porto de Santos	AID	7.353.721	361.622
	Vazante			7.353.210	361.593
P05	Enchente	Rio Saboó	AID	7.353.711	362.806
	Vazante			7.353.723	362.806
P06	Enchente	Canal do Porto de Santos	AID	7.353.698	363.365
	Vazante			7.353.745	363.333
P07	Enchente	Canal do Porto de Santos	AID	7.354.418	363.190
	Vazante			7.354.426	363.224
P08*	Enchente	Largo de Santa Rita	AID	7.355.403	363.127
	Vazante			7.355.401	363.155
P09	Enchente	Largo do Caneú	AID	7.355.397	361.555
	Vazante			7.355.375	361.657
PControle*	Enchente	Canal do Porto de Santos	AID	7.354.507	360.770
	Vazante			7.354.599	360.730
PTeste*	Enchente	Canal do Porto de Santos	AID	7.353.307	364.921
	Vazante			7.353.276	364.943

Legenda: * Pontos excluídos da malha amostral a partir da campanha 54 (setembro/2016).

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-1 - Rede de Amostragem do Monitoramento das Comunidades Planctônicas nas áreas de influência da BTP, Santos, São Paulo.



Legenda: Os pontos circulado em vermelho tracejado foram excluídos da malha amostral a partir da campanha 54 (setembro/2016).

Fonte: CPEA (2017)

Na sequência, é apresentado o registro fotográfico da rede de amostragem, compreendendo os pontos de coleta (Figuras 2.8.2.4.5-2 a 2.8.2.4.5-23).

Figura 2.8.2.4.5-2 - Ponto P01, localizado no Canal do Porto de Santos, na ADA do Terminal portuário da BTP.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-3 - Ponto P01, localizado no Canal do Porto de Santos, na ADA do Terminal portuário da BTP.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-4 - Ponto P02, situado em frente à porção norte da BTP, na ADA.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-5 - Ponto P02, situado em frente à porção norte da BTP, na ADA.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-6 - Ponto P03, localizado próximo ao píer de atracação do Terminal da BTP, na ADA.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-7 - Ponto P03, localizado próximo ao píer de atracação do Terminal da BTP, na ADA.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-8 - Ponto P04, inserido na AID, localizado na face oeste da BTP.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-9 - Ponto P04, inserido na AID, localizado na face oeste da BTP.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-10 - Ponto P05, posicionado na foz do rio Saboó, na AID do empreendimento.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-11 - Ponto P05, posicionado na foz do rio Saboó, na AID do empreendimento.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-12 - Ponto P06, localizado na AID, próximo à foz do rio Saboó, a nordeste da BTP.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-13 - Ponto P06, localizado na AID, próximo à foz do rio Saboó, a nordeste da BTP.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-14 - Ponto P07, situado nas imediações do largo de Santa Rita, a sudeste da ilha dos Bagres, na AID do empreendimento.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-15 - Ponto P07, situado nas imediações do largo de Santa Rita, a sudeste da ilha dos Bagres, na AID do empreendimento.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-16 - Ponto P08, localizado no largo de Santa Rita, na AID do empreendimento.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-17 - Ponto P08, localizado no largo de Santa Rita, na AID do empreendimento.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-18 - Ponto P09, localizado no largo do Caneú, a noroeste da ilha dos Bagres, na AID do empreendimento.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-19 - Ponto P09, localizado no largo do Caneú, a noroeste da ilha dos Bagres, na AID do empreendimento.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-20 - Ponto PControle, ponto mais a montante estabelecido na AID da BTP, próximo ao Terminal Petroquímico de Santos (Alemoa).



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-21 - Ponto PControle, ponto mais a montante estabelecido na AID da BTP, próximo ao Terminal Petroquímico de Santos (Alemoa).



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-22 - Ponto PTeste, situado no Canal do Porto de Santos, corresponde ao ponto mais a jusante estabelecido na AID do empreendimento.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-23 - Ponto PTeste, situado no Canal do Porto de Santos, corresponde ao ponto mais a jusante estabelecido na AID do empreendimento.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Procedimento de Coleta e Preservação da Amostra

Os procedimentos adotados para as coletas e as análises da comunidade planctônica, nas cinco campanhas realizadas, são baseados nos protocolos previstos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), seguindo os mesmos moldes também das 50 amostragens anteriores deste subprograma de monitoramento.

As coletas e as análises das comunidades planctônicas são realizadas pelo laboratório Econsult Estudos Ambientais, o qual é acreditado segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO, conforme exigências estabelecidas pelas Resoluções SMA 100/2013 e SMA 94/2015. Para o acesso aos pontos é utilizada embarcação com motor de popa.

Em cada ponto, são tomadas amostras qualitativas e quantitativas do fitoplâncton, nas marés vazante e enchente. A amostra qualitativa é obtida por meio de arrasto horizontal na subsuperfície, utilizando rede de 20 μm de abertura de malha e com 29,2 cm de diâmetro, posteriormente preservadas em solução de formol a 4%, neutralizada com bicarbonato de sódio. As amostras quantitativas também são obtidas a partir de coleta na subsuperfície, utilizando frascos de polipropileno de 250 mL, com a adição de gotas de lugol para a preservação.

Amostras para análises quali-quantitativas do zooplâncton são obtidas com rede de 200 μm de abertura de malha, com 40,5 cm de diâmetro, a partir de arrastos horizontais subsuperficiais, durante 3 minutos. O volume filtrado é estimado utilizando-se um fluxômetro acoplado na boca da rede. Para preservação é acrescentada solução de formol a 4%, neutralizada com bicarbonato de sódio.

Para as coletas de amostras quali-quantitativas do ictioplâncton é utilizada uma rede cônica-cilíndrica de 55 cm de diâmetro interno e 2 m de comprimento, com 300 μm de abertura de malha. Um fluxômetro calibrado é acoplado à boca da rede para quantificar o volume de água filtrado.

Cada arrasto é realizado horizontalmente na camada subsuperficial da coluna de água, com duração de 3 minutos, à velocidade aproximada de 2 nós. As amostras são acondicionadas em frascos plásticos de 1.000 mL, com auxílio de um concentrador, e fixadas em água do mar e solução de formaldeído a 4% neutralizada com tetraborato de sódio.

Os trabalhos de campo incluem também análises locais com uso de aparelhos de medição direta para aferição das seguintes variáveis: temperatura da água, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, potencial redox e salinidade (sonda multiparâmetros – marca Horiba,

modelo U50). Adicionalmente, foi medida a temperatura do ar (termômetro), a profundidade (sonar portátil *Fish Finder*) e a transparência da água (disco de Secchi).

Os equipamentos utilizados em campo são devidamente calibrados em laboratório da Rede Brasileira de Calibração (RBC) e verificados com padrões rastreáveis de forma a garantir a precisão e exatidão dos dados de campo.

Em todas as campanhas, tomam-se também amostras de água, com auxílio da garrafa de *Van Dorn*, na subsuperfície, para determinação das variáveis: turbidez, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, amônia, sílica, ortofosfato, clorofila-*a* e séston (sólidos dissolvidos e suspensos totais). As amostras são transferidas para frascos específicos de acordo com cada tipo de análise, acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo e mantidas refrigeradas durante o transporte até o laboratório da empresa Eurofins/Anatech.

Nas Figuras 2.8.2.4.5-24 a 2.8.2.4.5-31 são ilustrados alguns dos procedimentos adotados em campo.

Figura 2.8.2.4.5-24 - Rede de 20 µm de abertura de malha utilizada para amostragem qualitativa do fitoplâncton.



Fonte: CPEA/ Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-25 - Acondicionamento da amostra qualitativa do fitoplâncton.



Fonte: CPEA/ Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-26 - Preservação da amostra do fitoplâncton.



Fonte: CPEA/ Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-27- Arrasto horizontal com rede de 200 µm e fluxômetro, durante a coleta do zooplâncton.



Fonte: CPEA/ Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-28 - Coleta quali-quantitativa do zooplâncton.



Fonte: CPEA/ Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-29 - Rede utilizada na amostragem do ictioplâncton.



Fonte: CPEA/ Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-30 - Disco de Secchi utilizado para aferir a transparência



Fonte: CPEA/ Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-31 - Sonda multiparâmetros utilizadas nas medições locais.



Fonte: CPEA/ Econsult (2017).

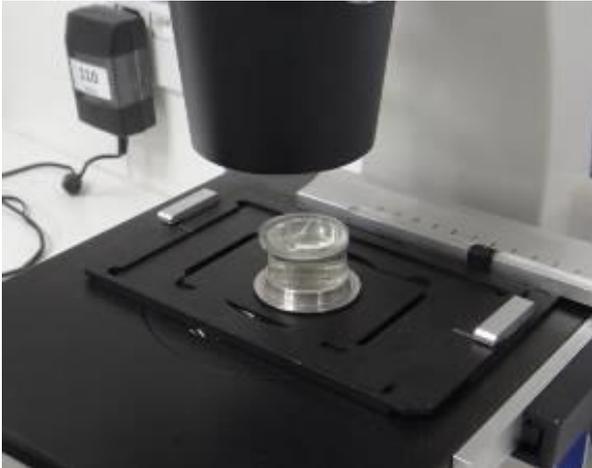
Análise em Laboratório

Em laboratório, a identificação taxonômica do fitoplâncton é baseada em bibliografia específica para cada grupo de algas e de cianobactérias, sempre que possível ao nível de espécie, a partir da análise populacional, utilizando-se microscópio invertido (marca Zeiss).

A quantificação do fitoplâncton segue o método de sedimentação em câmaras descrito por Utermöhl (1958). O tempo de sedimentação varia de acordo com a concentração de material na amostra e o volume analisado, adotando-se o procedimento de quantificação por campos aleatórios ou câmara inteira, com microscópio invertido (Figuras 2.8.2.4.5-32 e 2.8.2.4.5-33). O limite de contagem é estabelecido pela enumeração de 100 indivíduos do táxon mais abundante. Na análise qualitativa, avalia-se, no mínimo, uma lâmina de cada amostra, até atingir 10 campos sem ocorrência de táxons adicionais (SANT'ANNA *et al.*, 2006). Cada célula, individualmente, é considerada como um organismo e os resultados são expressos em organismos por mililitro (org./mL).

Vale salientar que os organismos coletados na amostra quantitativa não observados na análise qualitativa também são incorporados à listagem de riqueza taxonômica do fitoplâncton.

Figura 2.8.2.4.5-32 - Destaque para a câmara de sedimentação de Utermöhl.



Fonte: CPEA/Econsult (2017)

Figura 2.8.2.4.5-33 - Contagem do fitoplâncton em microscópio invertido.



Fonte: CPEA/Econsult (2017)

Em laboratório, as amostras de zooplâncton são coradas com rosa de bengala 0,1%, para visualização dos organismos, e avaliadas por meio de subamostragem, conforme proposto pela Cetesb (2000). Os indivíduos são identificados com auxílio de microscópio óptico, sendo contados em placa de *Petri*, sob estereomicroscópio, sempre que possível ao nível de espécie, utilizando chaves de identificação (Figuras 2.8.2.4.5-34 e 2.8.2.4.5-35). A densidade numérica de zooplâncton é calculada levando-se em consideração o número de indivíduos presentes nas subamostras e o volume filtrado na rede, sendo expressa em organismos por metro cúbico (org./m^3).

Figura 2.8.2.4.5-34 – Preparo da amostra para identificação dos organismos zooplanctônicos.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.5-35 – Identificação dos organismos zooplanctônicos sob microscópio óptico.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Em laboratório, as amostras de ictioplâncton são triadas e analisadas sob microscópio óptico (Figura 2.8.2.4.5-36). O processo de identificação é baseado nas características morfológicas, tais como desenvolvimento sequencial de nadadeiras e raios, formato dos olhos, boca e órgãos internos, número de miômeros e raios, presença e localização de espinhos, entre outras (FAHAY, 1983; MOSER, 1996; NEIRA *et al.*, 1998; MENEZES *et al.*, 2003, RICHARDS, 2006). As larvas que não podem ser identificadas em nível de específico são classificadas como NI (não identificado), o que corresponde a exemplares danificados que perderam parte de suas estruturas. A densidade do ictioplâncton é obtida levando-se em consideração o número de indivíduos presentes na amostra e o volume filtrado na rede com resultados expressos em organismos por cem metros cúbicos (org./100m^3).

Figura 2.8.2.4.5-36 – Identificação do ictioplâncton em microscópio óptico



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Análise dos Dados

Os cálculos dos índices biológicos são realizados a partir das planilhas de dados brutos das comunidades planctônicas (fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton) apresentadas nos ANEXOS A, B e C (apresentados apenas em formato digital). A partir dessas informações, aplicaram-se os índices ecológicos abaixo mencionados, sendo descritas, no presente relatório, as respectivas operações realizadas e os *softwares* empregados, bem como os resultados obtidos. Dessa forma, não se justifica a apresentação de planilhas intermediárias como memória de cálculo.

Análise Qualitativa

Composição Taxonômica, Riqueza de Táxons e Riqueza Relativa

A composição taxonômica compreende a caracterização dos táxons presentes nas amostras. A riqueza de táxons é obtida pela contagem do número de táxons registrados em cada ponto. A riqueza relativa, expressa em porcentagem, representa a proporção do número de táxons de cada grupo em relação ao total inventariado. Na análise da riqueza, considerou-se cada espécie, morfoespécie e organismo que não puderam ser identificados ao nível específico como um táxon.

Distribuição Espacial e Frequência de Ocorrência

A leitura da distribuição espacial dos organismos na rede de amostragem foi realizada com base na presença ou na ausência de determinado táxon nos pontos de coleta.

A frequência de ocorrência foi calculada dividindo-se o número de registros de cada táxon pelo número total de amostras analisadas nas cinco campanhas.

Curva de Rarefação

A eficiência amostral foi avaliada por meio de curvas de rarefação de espécies e do estimador não-paramétrico Jackknife de 1ª ordem (COLWELL & CODDINGTON, 1994), elaborados a partir dos dados gerados pelo programa EstimateS, versão 9.1.0 (COLWELL, 2013), com 1.000 aleatorizações na ordem das amostras. Ambos os resultados (rarefação e Jackknife 1) foram apresentados no mesmo gráfico

Espécies Exóticas e Ameaçadas

Avaliou-se a presença de espécies exóticas nas áreas amostradas tendo como principal referência o Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil (MMA, 2009).

Adicionalmente, verificou-se ocorrência de táxons ameaçados, que correspondem a um indicador de sensibilidade ambiental, tendo como base a Portaria MMA nº 445/14, a qual elenca

as espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção, e o Decreto nº 60.133/14, que declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas de extinção no estado de São Paulo.

Cabe observar que, devido à elevada probabilidade de dispersão do plâncton, o endemismo é raro para as espécies dessa comunidade (LONGHURST & PAULY, 2007). Portanto, o enquadramento das espécies residentes, raras e endêmicas não é aplicado para o fitoplâncton, o zooplâncton e o ictioplâncton.

Análise Quantitativa

Densidade e Abundância Relativa

A densidade representa a quantidade de organismos presente nas amostras. A abundância relativa indica a proporção numérica de cada grupo ou táxon presente na amostra considerada, sendo indicados em porcentagem (%), obtida pela seguinte fórmula:

$$AR = \frac{n \cdot 100}{N}$$

Sendo:

AR = abundância relativa;

n = número total de organismos do grupo ou táxon;

N = número total de organismos na amostra.

Índices de Diversidade e Equitabilidade

O índice de diversidade de Shannon-Wiener relaciona o número de táxons e a distribuição da abundância entre os diferentes táxons de determinada amostra, sendo calculado pela seguinte fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^S pi \cdot \log_2 pi$$

Sendo:

H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener, em bit.ind.⁻¹;

S = número de espécies,

pi = proporção da espécie i, estimada pelo número de indivíduos coletados de cada táxon e o total de indivíduos coletados na amostra.

De acordo com a classificação proposta por Shannon (1963), valores acima de 4,0 indicam diversidade de espécies muito alta, entre 3,0 e 4,0 representam diversidade alta, entre 2,0 e 3,0 diversidade média, e abaixo de 2,0 apontam valores de diversidade baixa, correspondendo a sistemas aquáticos alterados.

O índice de equitabilidade se refere à distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo proporcional à diversidade e inversamente proporcional à dominância. A medida de equitabilidade compara a diversidade de Shannon-Wiener com a distribuição das espécies observadas. Este índice é obtido através da equação:

$$J = \frac{H'}{H' \text{ máximo}}$$

Sendo:

J = equitabilidade;

H' = índice de Shannon-Wiener;

H' máximo = diversidade máxima.

Riqueza de Margalef

Considera a riqueza de táxons e a proporção das populações no ecossistema, conforme fórmula:

$$R = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Na qual:

R = Riqueza de Margalef

S = número de táxons

N = número total de indivíduos da amostra

Índice de Similaridade

O grau de semelhança entre os pontos de coleta foi avaliado com base no índice de Distância de *Manhattan*. A matriz de similaridade foi comparada com uma matriz cofenética, visando aumentar a confiabilidade das conclusões extraídas da interpretação do dendrograma (KOPP *et al.*, 2007). Como critério de fidelidade, foram adotados valores iguais ou superiores a 0,70 (ROHLF, 1970). Os pontos P08, PTeste e PControle foram excluídos desta análise, pois não reuniam a série de dados completa, considerando que foram excluídos da malha amostral a partir de setembro/2016.

Estatística descritiva básica

A descrição do comportamento do índice de diversidade das comunidades planctônicas, tendo como base os resultados das 55 campanhas, foi realizada mediante cálculo de estatística descritiva básica, utilizando-se medidas de tendência central e de dispersão: mediana, mínimo, máximo. Foram apresentados gráficos do tipo box-plot para esta análise.

Cabe observar que os dados de qualidade da água das últimas cinco campanhas também foram abordados quanto à tendência central (média) e dispersão (erro padrão).

Análise de Variância (ANOVA)

Para caracterizar as variações temporais e espaciais ocorridas na estrutura das comunidades planctônicas (fitoplâncton e zooplâncton) foi aplicada a Análise de Variância (ANOVA) bifatorial (Campanhas e Áreas de influência). Essa análise foi baseada no índice de diversidade, uma vez que esse indicador incorpora tanto a riqueza de táxons quanto a densidade de organismos de cada ponto, permitindo identificar alterações nas comunidades avaliadas, nas diferentes etapas e áreas de influência do empreendimento.

Cale salientar que foram utilizados os resultados obtidos nos pontos P01, P02, P03 (ADA) e P04, P06, P07 e P09 (AID), que compõem a malha amostral atual do monitoramento das comunidades planctônicas. O ponto P05 foi excluído desta análise, pois não possui a série de dados completa, visto que não foram realizadas amostragens no rio Saboó entre julho e dezembro/2011, devido às dificuldades de acesso ao curso d'água. Observa-se também que essa avaliação não foi realizada para o ictioplâncton, uma vez que esses organismos não foram avaliados em termos de densidade na maioria das campanhas. Os cálculos foram realizados no programa PAST - Paleontological Statistics, versão 2.03 (HAMMER, 2010).

2.8.2.4.6. Resultados

Conforme citado, as atividades realizadas entre os meses de dezembro/2015 a dezembro/2016 incluíram as análises da qualidade da água e das comunidades planctônicas (fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton). A seguir constam os resultados obtidos, com foco principalmente no período mencionado, sendo efetuadas ainda comparações em relação às 50 campanhas anteriores deste subprograma de monitoramento (dezembro/2010 a janeiro/2015). Cabe destacar que as amostras de macroinvertebrados bentônicos coletadas no período de dezembro/2015 a dezembro/2016 foram depositadas no Laboratório Central de Biologia da

Universidade Santa Cecília, cujas declarações de recebimento são apresentadas no Anexo D, entretanto, cabe destacar que foi emitida pela instituição uma carta de recusa (apresentada no Anexo D do item 2.8.2.2. Comunidade Bentônica de Substrato Inconsolidado) uma vez que o espaço disponível em acervo é reduzido e não há variabilidade de organismos que justifique o recebimento frequente. Contudo, estamos buscando anuência com outras instituições, sem interesse até o momento.

Ressalta-se que a declaração de responsabilidade técnica sobre os dados apresentados nos relatórios relativos à Autorização de Coleta, Captura e Transporte de Material Biológico é apresentada no Anexo B do item 2.8.2.1. Ictiofauna e Fauna Acompanhante.

2.8.2.4.6.1. Dados abióticos

Os impactos sobre os ambientes aquáticos podem ser avaliados pelo uso de indicadores biológicos e pela realização de análises físicas e químicas das águas. Nessa perspectiva, são apresentados, a seguir, os dados abióticos registrados na AID e ADA da BTP, relativos aos meses de dezembro/2015 a dezembro/2016. Os principais parâmetros foram ilustrados em gráficos, tendo como base as médias e os respectivos erros padrão, obtidos a partir destas campanhas. No ANEXO E (apresentado apenas em formato digital) consta a planilha contendo os dados brutos utilizados para a elaboração dos gráficos citados e no ANEXO F encontram-se os relatórios de ensaio das análises em laboratório, apresentado apenas em formato digital.

A temperatura da água desempenha um papel principal de controle no meio aquático, interferindo em diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos, como a concentração de oxigênio dissolvido, por exemplo. A temperatura da água se manteve mais elevada nos meses de março/2016 (verão) e de dezembro/2016 (primavera), com média de 27°C e de 26°C, respectivamente, com diminuição no inverno (junho/2016 e setembro/2016), com média de 19°C e de 21°C, respectivamente.

Dentre os pontos e campanhas, a temperatura mínima foi de 18,5°C (PTeste, vazante), no inverno (junho/2016) e a máxima de 29,6°C (P07, enchente), no verão (março/2016). Essa variação deve-se fundamentalmente ao horário de coleta e às condições predominantes do tempo, como a ocorrência de chuvas no período que antecede à amostragem. Cabe indicar que não foi registrada a ocorrência de chuvas no período de 24 horas antecedentes a maioria das amostragens, exceto em dezembro/2015 e setembro/2016.

A temperatura é um fator que exerce influência no crescimento celular do fitoplâncton, pois com a elevação de temperatura algumas microalgas apresentam uma aceleração na taxa de crescimento, porém temperaturas muito elevadas podem desnaturar ou desativar proteínas causando o efeito inverso (VIANNA & SANQUETIA, 2012). Nesse sentido, vale apontar que houve aumento expressivo na densidade do fitoplâncton na campanha de dezembro de 2016 em relação às amostragens anteriores, conforme será detalhado no item 2.8.2.4.6.2, condição que pode ter sido favorecida, entre outros fatores, pelo aumento observado na temperatura da água, neste período.

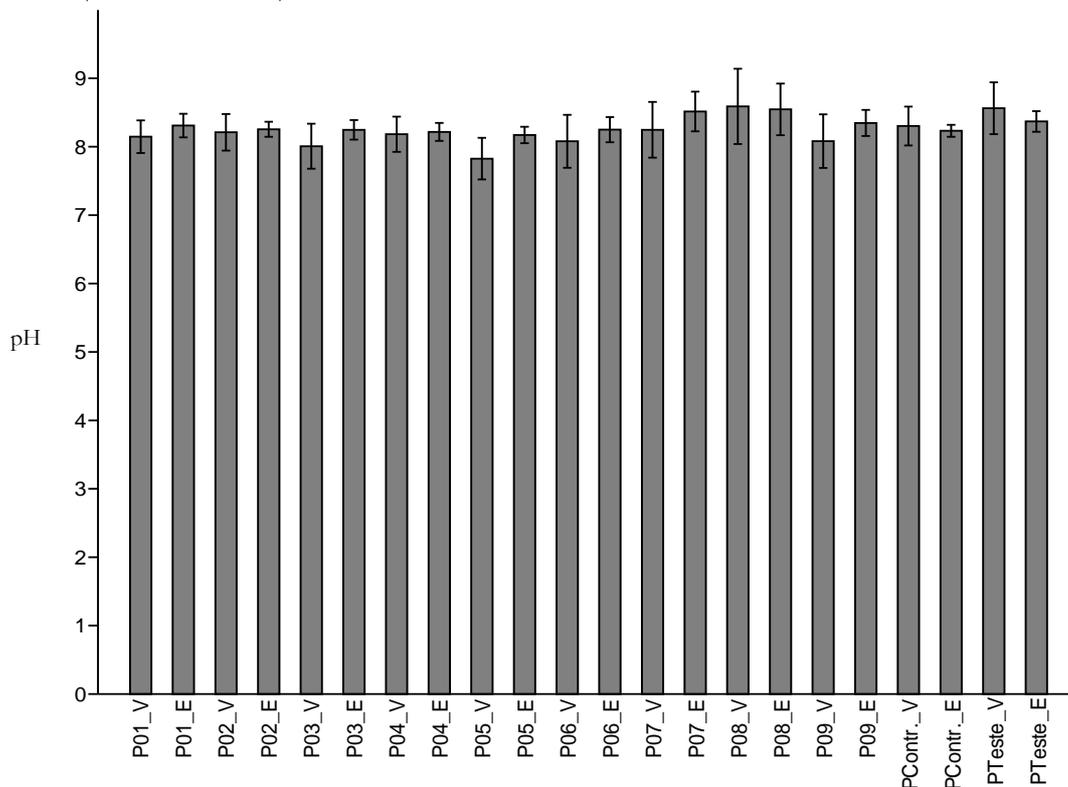
A profundidade máxima no Canal do Porto de Santos foi de 16,5 m no ponto situado na ADA do empreendimento (P02, enchente), na campanha de setembro/2016, enquanto que no rio Saboó (P05) a profundidade mais elevada foi de 3,6 m (dezembro/2016, vazante); no largo de Santa Rita (P08) foi de 1,3 m (junho/2016, enchente) e no largo do Caneú (P09) foi de 1,6 m (março/2016, enchente). A transparência foi reduzida na maioria das campanhas, com máximos de 2,1 m, no Canal do Porto de Santos (P01, vazante, junho/2016); 1,6 m no rio Saboó (enchente, dezembro/2016); 1,1 m no largo de Santa Rita (vazante, junho/2016) e 0,8 m no largo do Caneú (vazante e enchente, setembro/2016), conforme ANEXO E.

O pH exerce influência nos ecossistemas aquáticos naturais diretamente sobre os aspectos fisiológicos dos organismos ou, indiretamente, contribuindo para a precipitação dos elementos químicos e na toxicidade de compostos diversos. No presente monitoramento, os valores médios

dessa variável foram similares entre os pontos de amostragem, indicando pH predominantemente alcalino, em torno de 8, conforme Figura 2.8.2.4.6.1-1.

Os valores de pH oscilaram entre as campanhas e os pontos, com mínimo de 6,91 (P05 e P06, vazante), na primavera (dezembro/2016), e máximo de 9,69 (P08, vazante), no verão (março/2016). Na maioria das amostragens anteriores, desenvolvidas na AID e ADA da BTP, entre dezembro/2010 a janeiro/2015, o pH também se manteve predominantemente alcalino.

Figura 2.8.2.4.6.1-1 - Valores médios e erros padrão do pH, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) assume grande relevância nos corpos d'água, pois esse gás está diretamente relacionado com a presença de organismos aeróbios. O valor médio e a variação desse parâmetro podem influenciar a composição específica de um dado local, em decorrência das tolerâncias dos organismos aos tipos de ambientes que se estabelecem mediante o comportamento desse parâmetro. A redução da concentração de oxigênio no ambiente aquático ocorre em geral pelos processos biológicos de decomposição da matéria orgânica, cujo excesso pode gerar ambientes anaeróbios.

Do ponto de vista ecológico, se detectaram concentrações reduzidas de oxigênio dissolvido (< 5 mg/L), em dezembro/2015, em junho/2016 e em setembro/2016, na maioria dos pontos monitorados, sobretudo no rio Saboó, com 2,85 mg/L (vazante, dezembro/2015).

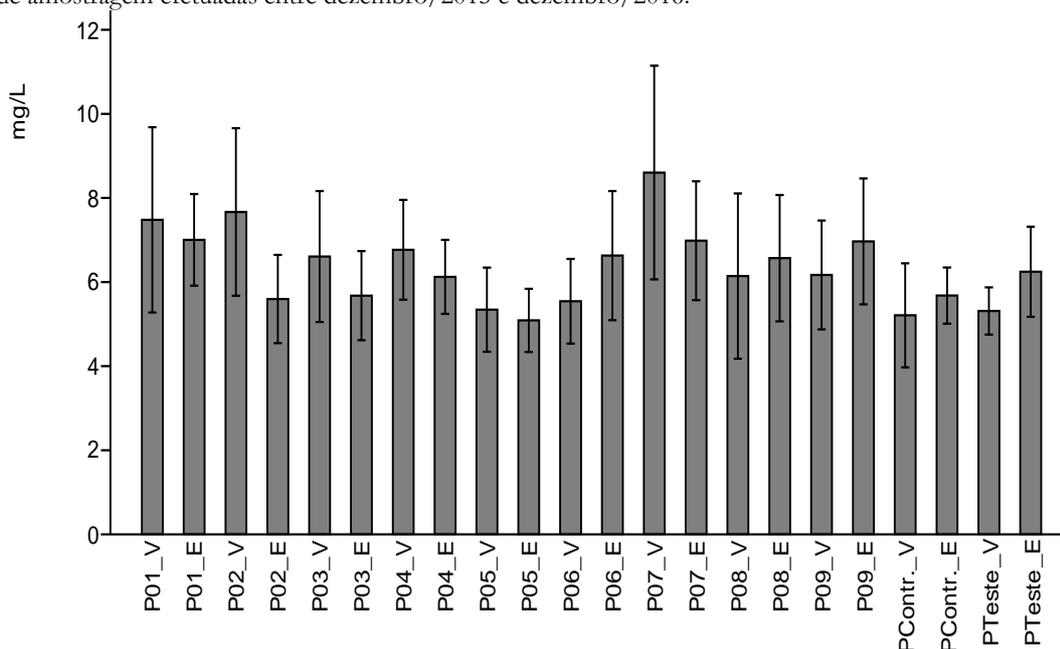
Em contraste, as medições efetuadas em março/2016 e, principalmente, em dezembro de 2016 demonstram elevados teores de oxigênio dissolvido (> 5 mg/L), observando-se tendência à supersaturação em dezembro/2016 nos pontos P01 (vazante), P02 (vazante), P03 (vazante), P04 (vazante), P06 (enchente), P07 (vazante) e P09 (enchente). Esse resultado possivelmente ocorreu devido ao incremento na densidade do fitoplâncton, nesta campanha, condição que durante o dia, devido à fotossíntese, propicia aumento nas taxas de oxigênio dissolvido.

Os resultados médios indicam que, no cômputo das cinco campanhas em análise, as menores concentrações foram relacionadas ao rio Saboó, com 5,09 mg/L (P05, enchente), enquanto que

os maiores níveis de oxigênio dissolvido estiveram associados ao Canal do Porto de Santos (P07, vazante), com média de 8,61 mg/L (Figura 2.8.2.4.6.1-2).

De modo geral, em várias das 50 campanhas anteriores, foram registrados déficits de oxigênio dissolvido no rio Saboó, o que sugere que esse curso d'água atua no aporte de matéria orgânica na área de estudo, o que favorece a ocorrência de processos biológicos de decomposição nesse rio e nas proximidades de sua desembocadura.

Figura 2.8.2.4.6.1-2 - Valores médios e erros padrão da concentração de oxigênio dissolvido, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



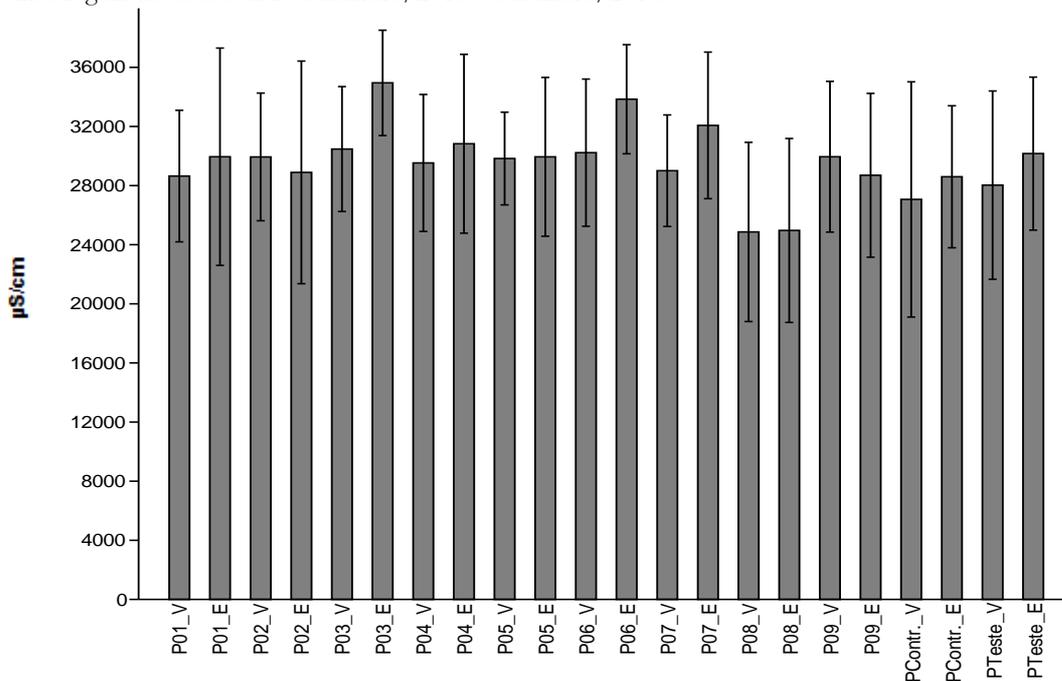
Fonte: CPEA/Econsult (2017).

A condutividade é a expressão numérica da capacidade do meio aquático de conduzir corrente elétrica em função da concentração dos íons presentes, tais como cloretos, sendo influenciada pela temperatura e também pelo pH.

Nos pontos amostrados, a condutividade elétrica foi elevada nas cinco campanhas em foco, em decorrência dos efeitos da intrusão da cunha salina, sobretudo na campanha de setembro/2016, quando se registrou o valor máximo de 46.113 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P03, enchente). A média da condutividade, considerando as coletas entre dezembro/2015 e dezembro/2016, oscilou entre 24.867 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no largo de Santa Rita (P08), e 34.955 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P03, enchente), no Canal do Porto de Santos (Figura 2.8.2.4.6.1-3).

Comparando-se os resultados com as amostragens pretéritas na AID e ADA, desenvolvidas entre dezembro/2010 e janeiro/2015, observou-se que a variação registrada nas cinco últimas campanhas foi compatível com o padrão histórico de condutividade, com obtenção de valor máximo nas medições subsuperficiais de 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, (PTeste, maio/2011).

Figura 2.8.2.4.6.1-3 - Valores médios e erros padrão da condutividade elétrica, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

A salinidade acompanha tendência similar da condutividade elétrica, em razão da relação direta que há entre estas variáveis. Desta forma, a salinidade foi mais elevada na campanha de setembro/2016, atingindo máximo de 30‰, no ponto P03 (enchente). Ressalta-se que, durante as cinco campanhas em análise, os resultados de salinidade na superfície se mantiveram entre $\geq 5\%$ e $\leq 30\%$, em todos os pontos, o que configura ambiente tipicamente salobro.

O nitrogênio participa da formação de proteínas no metabolismo dos seres vivos, podendo ser encontrado no meio aquático nas formas orgânica (microrganismos, detritos orgânicos) e inorgânica, especialmente como compostos amoniacais, nitrato e nitrito. Os processos de decomposição biológica levam à amonificação do nitrogênio presente nos compostos orgânicos. Em ambientes bem oxigenados, os produtos amoniacais são rapidamente convertidos em nitritos, que são extremamente instáveis no ambiente e, em seguida, em nitratos, elementos conservativos facilmente assimilados pelos organismos autótrofos (algas, cianobactérias e vegetais em geral).

Na AID e ADA foram computadas concentrações reduzidas de nitrito, com valores inferiores ao limite de quantificação do método analítico ($< 0,015$ mg/L), na maioria das amostras obtidas no decorrer das últimas cinco campanhas efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016. Os resultados quantificáveis corresponderam a 0,155 e a 0,082 mg/L na campanha 51 (dezembro/2015), aferidos na maré enchente dos pontos P05 e P09, respectivamente, e a 0,027 mg/L na campanha 52 (março/2016), observado no ponto P05, na vazante.

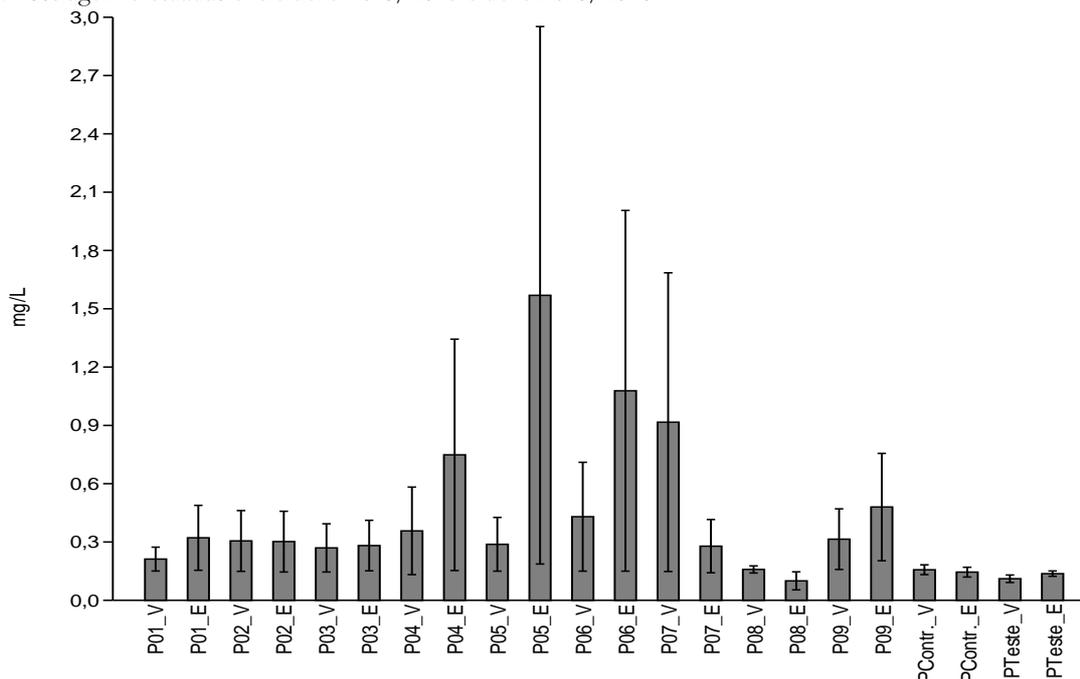
Por meio dos dados pretéritos do monitoramento, é possível observar que os teores de nitrito também permaneceram abaixo do limite de quantificação do método analítico em várias campanhas conduzidas a partir do período de pré-dragagem (dezembro/2010). Constatou-se ainda um aumento desse composto em algumas coletas, atingindo valor máximo de 0,89 mg/L, em setembro/2011.

Os níveis de nitrato foram reduzidos ($\leq 0,4$ mg/L), na maioria dos pontos, no decorrer das campanhas realizadas entre dezembro/2015 e setembro/2016. Contudo, em dezembro/2016, as concentrações desta variável foram elevadas, em todos os pontos da malha amostral, com mínimo de 0,455 mg/L (P01, vazante) e pico de 7,10 mg/L (P05, enchente).

Os resultados integrados das cinco campanhas apontam nível mais elevado de nitrato no rio Saboó (P05, enchente), com média de 1,57 mg/L. Em decorrência do amplo aumento desta

variável na campanha 55, observou-se elevado erro padrão na avaliação dos valores médios, sobretudo no rio Saboó (Figura 2.8.2.4.6.1-4). De modo geral, os resultados obtidos em dezembro/2016 superam os valores notados na maioria das coletas anteriores deste subprograma de monitoramento.

Figura 2.8.2.4.6.1-4 - Valores médios e erro padrão da concentração de nitrato, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.

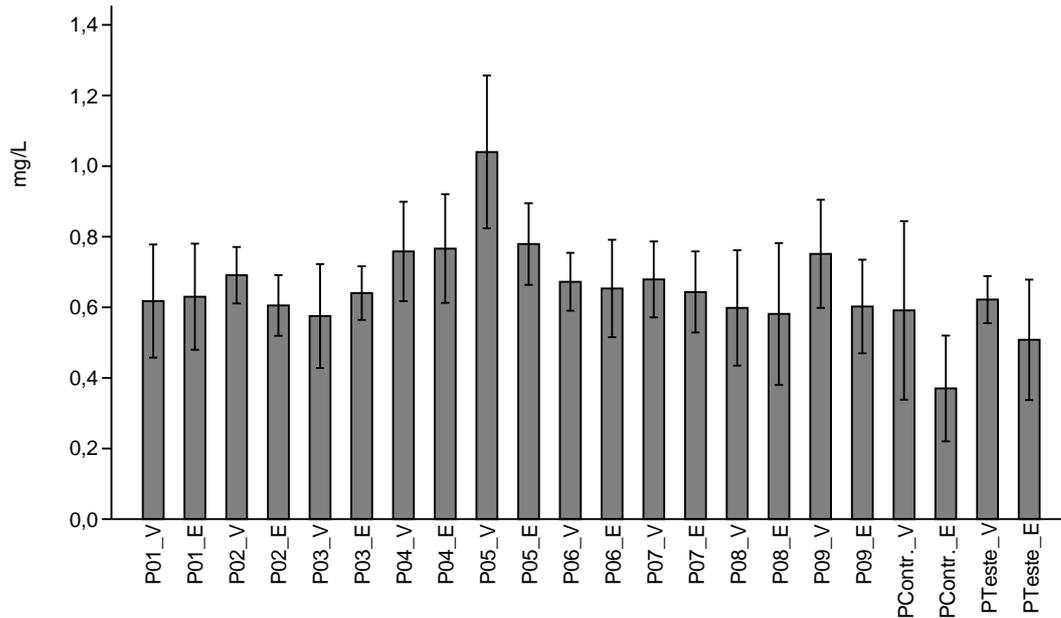


Fonte: CPEA/Econsult (2017).

De forma similar as concentrações de nitrogênio amoniacal permaneceram elevadas, na maioria dos pontos, ao longo das cinco campanhas, com mínimo de 0,06 mg/L, no Canal do Porto de Santos (P01, vazante, dezembro/2015) e máximo de 1,69 mg/L, no rio Saboó (P05, vazante, dezembro/2016), o que reflete o aporte de efluentes no sistema estuarino. Dentre as campanhas, notam-se teores mais acentuados de compostos amoniacais nos meses de junho e de setembro/2016 (inverno). Vale indicar que em dezembro/2016, apesar da diminuição deste nutriente em todos os locais amostrados, em relação às campanhas 53 e 54, os níveis de nitrogênio amoniacal ainda permaneceram elevados, obtendo-se mínimo de 0,439 mg/L (P01, enchente) e máximo de 0,814 mg/L (P09, vazante).

Considerando a média das cinco campanhas, o rio Saboó, sobretudo na vazante, destaca-se como local que apresenta maior conteúdo desse composto, com diminuição nos pontos P03 (vazante), PControle (enchente) e PTeste (enchente), situados no Canal do Porto de Santos, conforme mostra a Figura 2.8.2.4.6.1-5. Nas campanhas pretéritas deste subprograma (dezembro/2010 a janeiro/2015), também é evidenciado maior conteúdo de compostos nitrogenados no rio Saboó, sendo encontrada elevada variabilidade para esse parâmetro nos demais pontos.

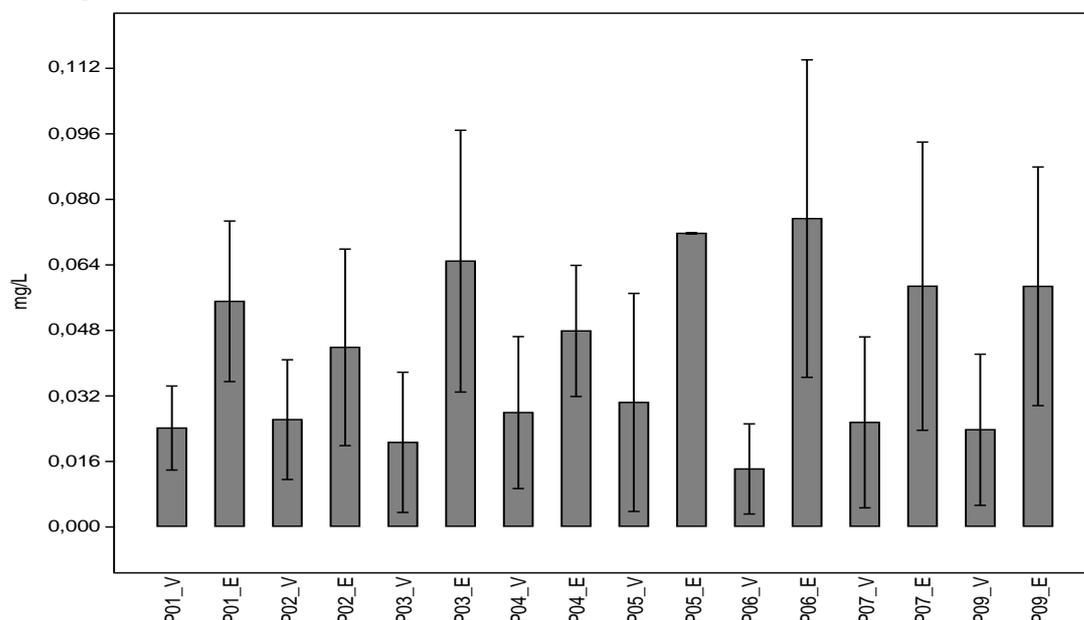
Figura 2.8.2.4.6.1-5 - Valores médios e erro padrão da concentração de nitrogênio amoniacal, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

As concentrações de amônia (NH_3) foram avaliadas exclusivamente nas duas últimas amostragens (setembro/2016 e dezembro/2016). Os resultados foram mais elevados na campanha 54 (setembro/2016), na maioria dos pontos, sobretudo no rio Saboó (P05, enchente), com 0,072 mg/L. Na amostragem subsequente, o valor máximo de amônia foi de 0,114 mg/L, no Canal do Porto de Santos (enchente). Tendo como referência os valores médios desta variável, notam-se nos pontos P05 e P06 (enchente) níveis mais elevados de amônia, com 0,07 mg/L e 0,08 mg/L, respectivamente, conforme mostra a Figura 2.8.2.4.6.1-6.

Figura 2.8.2.4.6.1-6 - Valores médios e erros padrão da concentração de amônia, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre setembro/2016 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

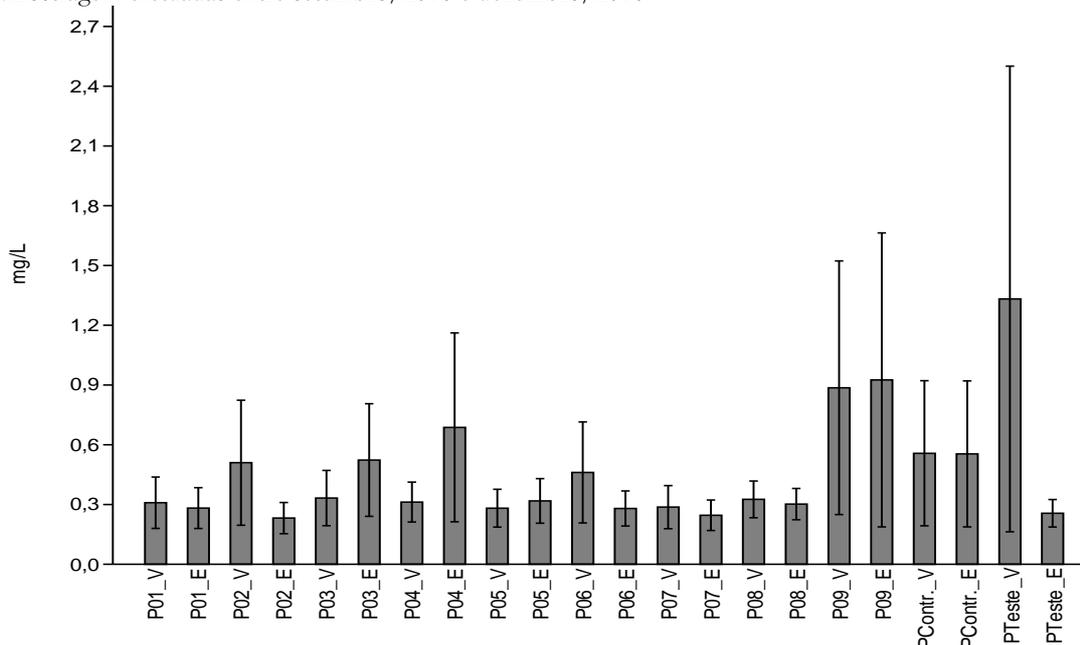
Na água, o nutriente fósforo encontra-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são biodisponíveis e, uma vez assimilados, são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados. Em comparação com outros componentes estruturais dos seres vivos, o fósforo é o menos abundante e, em geral, o principal fator limitante à produtividade primária nos sistemas hídricos.

Os níveis mais acentuados de ortofosfato no sistema estuarino monitorado foram detectados em junho/2016 (inverno), período em que houve variação entre 0,305 mg/L (PTeste, enchente) e 3,87 mg/L (P09, enchente). Em contraste, os menores estiveram relacionados à campanha de dezembro/2016 (primavera), quando todos os resultados permaneceram inferiores ao limite de quantificação do método analítico (< 0,010 mg/L).

Comparando-se os valores médios das últimas campanhas, verificou-se que, dentre os pontos analisados, o teor de ortofosfato foi mais pronunciado no largo do Caneú (P09), com média de 0,93 mg/L (enchente), e no Canal do Porto de Santos, no ponto PTeste (1,33 mg/L, vazante), enquanto que a menor concentração esteve associada ao ponto P02 (0,23 mg/L, enchente), conforme Figura 2.8.2.4.6.1-7. Esse resultado indica contribuição difusa e pontual por fontes diversas, como fluxo de esgotos domésticos e industriais, das quais se destaca na região o parque industrial de Cubatão (CETESB, 2016).

Comparando os resultados com as campanhas anteriores realizadas na AID e ADA da BTP, o teor máximo de fosfato foi de 9,5 mg/L, no ponto PControle (julho/2013) e 4,4 mg/L no ponto P04 (abril/2014), ambos situados no Canal do Porto de Santos.

Figura 2.8.2.4.6.1-7 - Valores médios e erros padrão da concentração de ortofosfato, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre setembro/2016 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Elevadas cargas de nutrientes em corpos hídricos, originários de efluentes domésticos e industriais, podem acarretar em aumento da biomassa fitoplanctônica (TOMMASI, 1982). As variações na concentração dessa comunidade podem ser aferidas pelos teores de clorofila-*a*, pigmento comum a todos os seres autótrofos, responsável pela assimilação da energia luminosa no processo fotossintético.

Os níveis de clorofila-*a* foram baixos, permanecendo inferiores ao limite de quantificação do método (1,5 µg/L) em todos os pontos, nas cinco campanhas em análise. Contudo, vale destacar que na campanha 55 (dezembro/2016) registraram-se densidades elevadas do fitoplâncton, nos pontos monitorados, conforme será abordado no item 2.8.2.4.6.2.

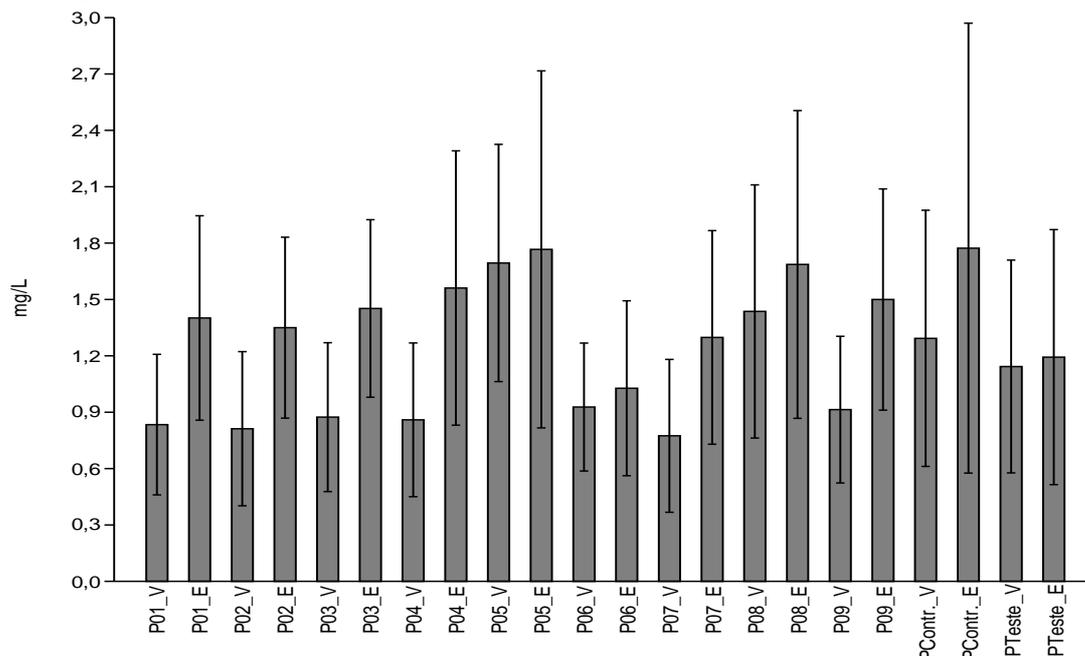
Nas 50 campanhas precedentes, foram detectados picos de clorofila-*a* principalmente nos meses de verão (entre as campanhas 1 e 3, entre as campanhas 25 e 27, e entre as campanhas 37 e 39, por exemplo), refletindo as altas densidades de fitoplâncton verificadas nesses períodos, associadas a maior intensidade luminosa e ao incremento no teor de nutrientes, que geralmente ocorre nesta época do ano.

Além do nitrogênio e fósforo, a sílica possui fundamental importância no metabolismo aquático, sendo utilizada pelos produtores primários, especialmente pelas diatomáceas para a produção de sua carapaça. A presença desse composto em sistemas hídricos pode estar sob três formas principais: solúvel, sílica coloidal e sílica particulada.

Durante as campanhas desenvolvidas entre dezembro/2015 e dezembro/2016, o maior valor de sílica foi equivalente a 5,36 mg/L (P05, enchente, dezembro/2015) e o menor correspondeu a 0,152 mg/L (P07, enchente, dezembro/2016). Essa variável não foi quantificada em nenhum ponto na amostragem realizada em março/2016. A análise dos valores médios indica variações entre os pontos e marés, ocorrendo as maiores concentrações durante a enchente, na maioria dos pontos, sobretudo no rio Saboó (P05) e no Canal do Porto de Santos (PContrôle), conforme Figura 2.8.2.4.6.1-8.

Considerando as coletas anteriores desenvolvidas na AID e ADA da BTP, entre dezembro/2010 e janeiro/2015, verificou-se que o valor máximo de sílica foi de 16,6 mg/L, no ponto P08 (vazante), em janeiro/2012. De forma geral, os teores mais acentuados deste constituinte, na maioria das campanhas, estiveram associados ao rio Saboó (P05) e aos pontos situados nos largos de Santa Rita (P08) e do Caneú (P09).

Figura 2.8.2.4.6.1-8 - Valores médios e erros padrão da concentração de sílica, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

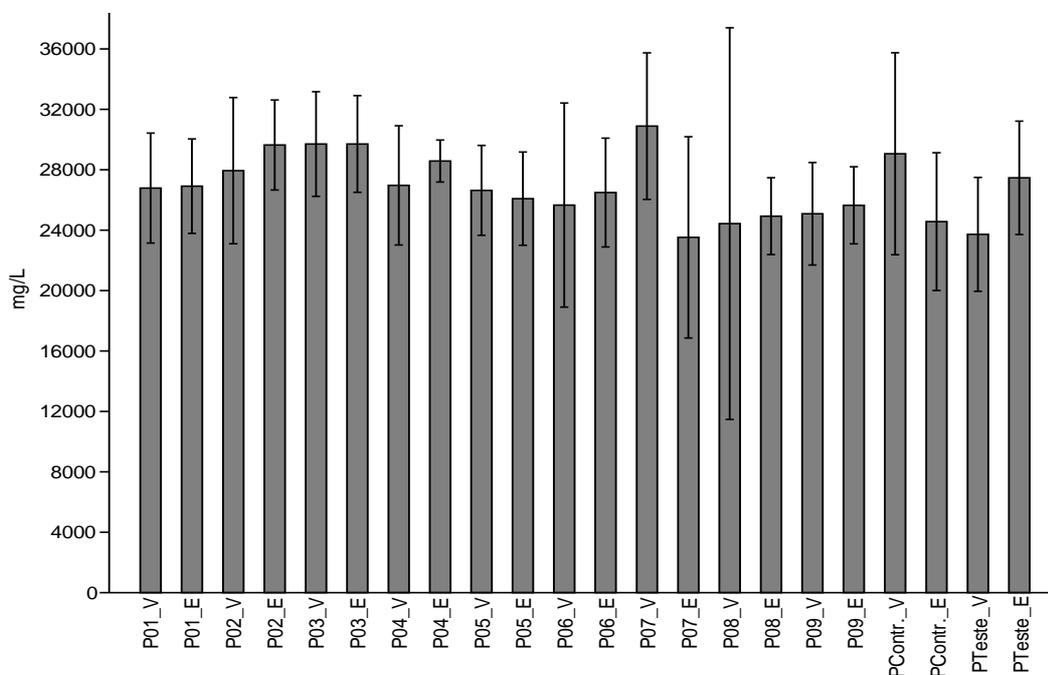
Nas águas naturais, os sólidos ocorrem em diversas formas. Denominam-se sólidos totais a soma das parcelas dissolvida e em suspensão presentes em determinada amostra. Os sólidos dissolvidos são constituídos por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, entre outros, refletindo no resultado de parâmetros como salinidade, condutividade e pH. As águas salinas e salobras apresentam naturalmente maior conteúdo de sais, e conseqüentemente, concentrações de sólidos dissolvidos mais elevadas.

Na AID e ADA da BTP, os níveis de sólidos dissolvidos analisados em laboratório oscilaram entre 13.747 mg/L (P04, vazante, dezembro/2015) e 44.178mg/L (P08, vazante, junho/2016). Dentre as cinco coletas, os maiores teores de sólidos dissolvidos estiveram associados às campanhas 53 (junho/2016) e 54 (setembro/2016), realizadas no inverno.

Os valores médios mantiveram-se compreendidos na faixa entre 23.529 mg/L e 30.895 mg/L, no ponto P07, na enchente e na vazante, respectivamente (Figura 2.8.2.4.6.1-9).

Os dados históricos das 50 campanhas evidenciam que, após o início das dragagens da BTP (janeiro/2011), ocorreu um aumento no teor de sólidos, que podem estar relacionados ao processo de dragagem, entre outros fatores. Cabe ressaltar que a região do estuário de Santos é receptora de efluentes domésticos e industriais, além de ser palco das atividades portuárias (CETESB, 2016), que também podem contribuir para o aumento dessa variável. Nesse sentido, conclui-se que existe uma grande variabilidade no teor de sólidos dissolvidos, apesar desses valores não terem ultrapassado os 55.000 mg/L na maioria das campanhas, a exceção de um pico abrupto de 330.890 mg/L no ponto PTeste na maré vazante de novembro/2014.

Figura 2.8.2.4.6.1-9 - Valores médios e erros padrão da concentração de sólidos dissolvidos totais, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Cabe observar que, nas cinco últimas campanhas (dezembro/2015 a dezembro/2016), os níveis de sólidos em suspensão foram inferiores ao limite de quantificação do método analítico (< 5 mg/L).

Os níveis de turbidez estão associados à presença de partículas em suspensão na água, tais como silte, argila e microrganismos. O aumento de turbidez promove alterações na zona eufótica, diminuindo a penetração de luz na coluna d'água, o que afeta diretamente a produtividade primária do fitoplâncton, com reflexos indiretos sobre o zooplâncton. Estudos conduzidos por Ancona (2007) e Moser (2002) relatam a pouca disponibilidade de luz decorrente da carga de material em suspensão como um dos principais fatores limitantes da produtividade do fitoplâncton nas regiões internas dos canais de Santos e de São Vicente.

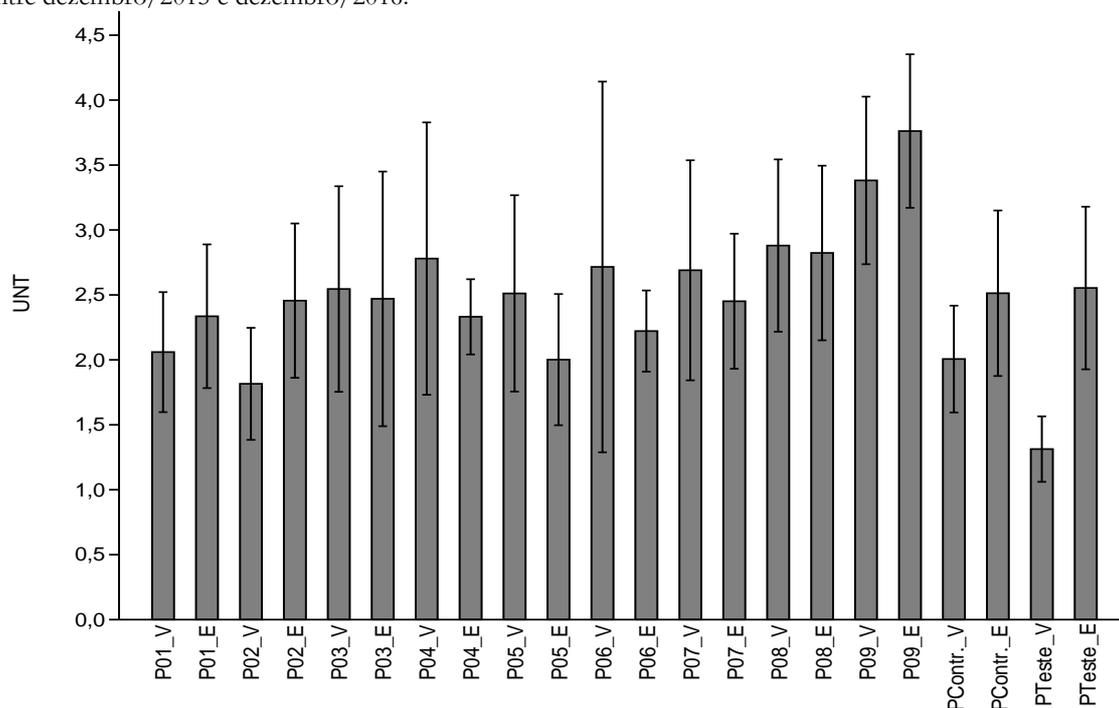
No período compreendido entre dezembro/2015 e dezembro/2016, a turbidez se manteve abaixo do limite de quantificação do método analítico (<0,9 UNT), em dezembro/2015 (P01, enchente), em março/2016 (P03, vazante e enchente, P05, P07 e PTeste, vazante) e em

dezembro/2016 (P02 vazante e enchente, P03 vazante). O valor mais elevado (8,39 UNT) foi registrado no Canal do Porto de Santos (P06, vazante), em setembro/2016.

Os resultados médios de turbidez indicam pouca variação para esse parâmetro entre os pontos de amostragem e marés, com maiores níveis associados ao largo do Caneú (P09), enquanto que os menores são relacionados ao Canal do Porto de Santos (PTeste), conforme indicado na Figura 2.8.2.4.6.1-10.

Nas coletas anteriores, os valores mais expressivos de turbidez foram obtidos em amostragens efetuadas durante a etapa de dragagem, ocorridos de janeiro/2011 até outubro/2013.

Figura 2.8.2.4.6.1-10 - Valores médios e erros padrão da turbidez, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.

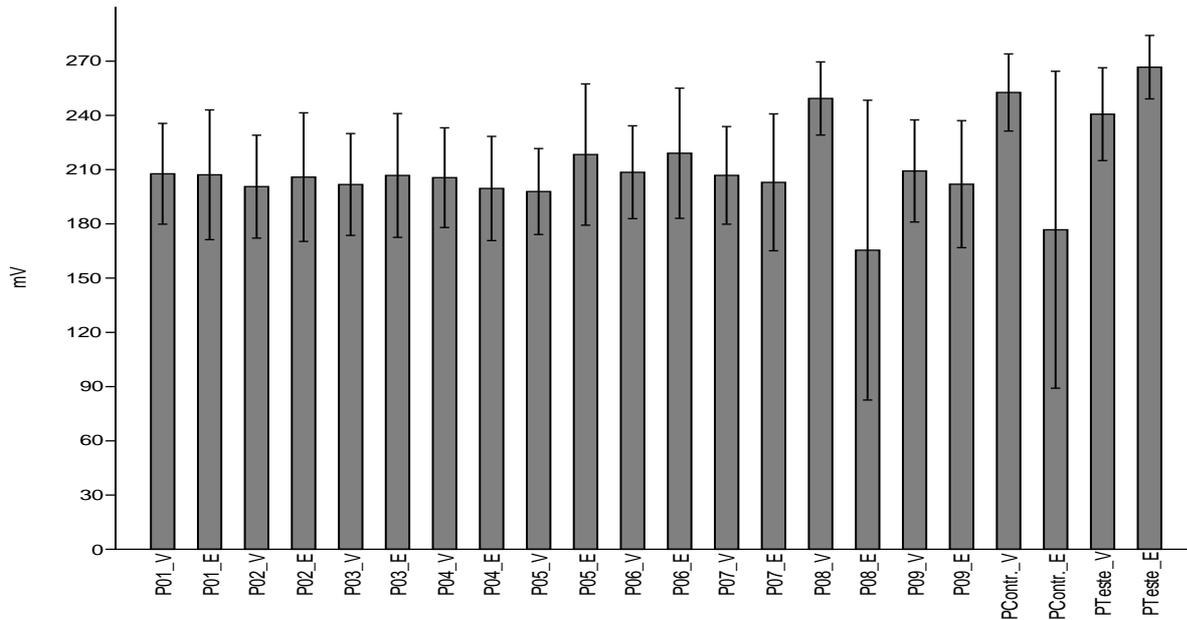


Fonte: CPEA/Econsult (2017).

O potencial de oxirredução ou potencial redox (ORP – Oxidation Reduction Potential) é a tendência de uma espécie química adquirir elétrons e, desse modo, ser reduzida. Esse parâmetro quantifica a existência de oxidantes ou agentes redutores no meio líquido. Ambientes com potencial redox elevado são favoráveis à manutenção de microorganismos estritamente aeróbios, enquanto valores negativos indicam ambiente propício ao desenvolvimento de organismos facultativos ou anaeróbios.

Nas cinco campanhas em análise, os valores de potencial redox variaram entre 2,2 mV (PControle, enchente, março/2016) e 302 mV (P05 e P06, enchente, junho/2016). A média mais elevada (267 mV) foi verificada no ponto PTeste (enchente), enquanto que o menor valor médio (165 mV) foi registrado no ponto P08 (enchente), conforme Figura 2.8.2.4.6.1-11 e Tabela 2.8.2.4.6.1-1.

Figura 2.8.2.4.6.1-11 - Valores médios e erros padrão de potencial redox, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Tabela 2.8.2.4.6.1-1 - Média \pm erro padrão dos dados abióticos ilustrados, referentes às campanhas de amostragem efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.

Pontos		pH		Oxigênio Dissolvid		Condutivida de ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		Nitrato (mg/L)		Nitrogênio		Amônia (mg/L)**		Ortofosfato (mg/L)		Sílica (mg/L)		Sólidos Dissolvidos		Turbidez (UNT)		Potencial Redox	
		\bar{x}	$\sigma\bar{x}$	\bar{x}	$\sigma\bar{x}$	\bar{x}	$\sigma\bar{x}$	\bar{x}	$\sigma\bar{x}$	\bar{x}	$\sigma\bar{x}$	\bar{x}	$\sigma\bar{x}$	\bar{x}	$\sigma\bar{x}$	\bar{x}	$\sigma\bar{x}$	\bar{x}	$\sigma\bar{x}$	\bar{x}	$\sigma\bar{x}$	\bar{x}	$\sigma\bar{x}$
P01	V	8,15	0,24	7,48	2,2	28.647	4.452	0,21	0,06	0,62	0,16	0,02	0,01	0,31	0,13	0,83	0,37	26.788	3.640	2,06	0,46	208	28
	E	8,31	0,17	7	1,09	29.955	7.352	0,32	0,17	0,63	0,15	0,05	0,02	0,28	0,1	1,4	0,54	26.914	3.127	2,34	0,55	207	36
P02	V	8,21	0,27	7,67	1,99	29.941	4.321	0,31	0,16	0,69	0,08	0,03	0,01	0,51	0,31	0,81	0,41	27.946	4.840	1,82	0,43	201	28
	E	8,26	0,11	5,6	1,05	28.897	7.535	0,3	0,16	0,61	0,09	0,04	0,02	0,23	0,08	1,35	0,48	29.642	2.978	2,46	0,59	206	36
P03	V	8,01	0,33	6,61	1,56	30.477	4.225	0,27	0,12	0,58	0,15	0,02	0,02	0,33	0,14	0,87	0,4	29.708	3.462	2,55	0,79	202	28
	E	8,25	0,14	5,68	1,06	34.955	3.562	0,28	0,13	0,64	0,08	0,06	0,03	0,52	0,28	1,45	0,47	29.713	3.200	2,47	0,98	207	34
P04	V	8,18	0,26	6,77	1,19	29.537	4.635	0,36	0,23	0,76	0,14	0,03	0,02	0,31	0,1	0,86	0,41	26.967	3.946	2,78	1,05	206	28
	E	8,22	0,13	6,12	0,88	30.833	6.052	0,75	0,6	0,77	0,15	0,05	0,02	0,69	0,47	1,56	0,73	28.581	1.391	2,33	0,29	200	29
P05	V	7,83	0,3	5,35	1	29.835	3.137	0,29	0,14	1,04	0,22	0,03	0,03	0,28	0,1	1,69	0,63	26.637	2.977	2,51	0,76	198	24
	E	8,17	0,12	5,09	0,75	29.949	5.372	1,57	1,38	0,78	0,12	0,07	0	0,32	0,11	1,77	0,95	26.089	3.089	2	0,5	218	39
P06	V	8,08	0,39	5,55	1,01	30.230	4.978	0,43	0,28	0,67	0,08	0,01	0,01	0,46	0,25	0,93	0,34	25.666	6.759	2,72	1,43	209	26
	E	8,25	0,18	6,63	1,53	33.849	3.690	1,08	0,93	0,65	0,14	0,08	0,04	0,28	0,09	1,03	0,47	26.495	3.604	2,22	0,31	219	36
P07	V	8,25	0,41	8,61	2,54	29.011	3.772	0,92	0,77	0,68	0,11	0,03	0,02	0,29	0,11	0,77	0,41	30.895	4.849	2,69	0,85	207	27
	E	8,52	0,29	6,98	1,41	32.076	4.962	0,28	0,14	0,64	0,11	0,06	0,04	0,25	0,08	1,3	0,57	23.529	6.663	2,45	0,52	203	38
P08*	V	8,59	0,55	6,14	1,96	24.867	6.061	0,16	0,02	0,6	0,16	-	-	0,33	0,09	1,44	0,67	24.438	12.966	2,88	0,66	249	20
	E	8,55	0,38	6,57	1,5	24.967	6.221	0,1	0,05	0,58	0,2	-	-	0,3	0,08	1,69	0,82	24.932	2.544	2,82	0,67	165	83
P09	V	8,08	0,39	6,17	1,3	29.956	5.101	0,31	0,16	0,75	0,15	0,02	0,02	0,89	0,64	0,91	0,39	25.088	3.394	3,38	0,64	209	28
	E	8,35	0,19	6,97	1,5	28.701	5.545	0,48	0,28	0,6	0,13	0,06	0,03	0,93	0,74	1,5	0,59	25.652	2.553	3,76	0,59	202	35
Pcontrole*	V	8,3	0,28	5,21	1,24	27.067	7.955	0,16	0,03	0,59	0,25	-	-	0,56	0,36	1,29	0,68	29.061	6.687	2,01	0,41	253	21
	E	8,23	0,09	5,68	0,67	28.600	4.801	0,15	0,03	0,37	0,15	-	-	0,55	0,37	1,77	1,2	24.568	4.560	2,51	0,64	177	88
PTteste*	V	8,56	0,38	5,31	0,56	28.033	6.370	0,11	0,02	0,62	0,07	-	-	1,33	1,17	1,14	0,57	23.728	3.769	1,31	0,25	241	26
	E	8,37	0,15	6,25	1,07	30.167	5.174	0,14	0,01	0,51	0,17	-	-	0,26	0,07	1,19	0,68	27.468	3.753	2,55	0,63	267	18

Legenda: \bar{x} – Média. $\sigma\bar{x}$ – Erro Padrão. * Pontos P08, PTteste e PControle foram excluídos da malha amostral a partir da campanha de setembro/2016, deste modo as médias destes pontos se referem aos valores do período de dezembro/2015 a junho/2016. **O parâmetro amônia foi avaliado nas campanhas de setembro e de dezembro/2016, de forma que as médias apresentadas se referem aos dados destas duas campanhas.

Fonte: CPEA/Econsult (2017)

A Cetesb realiza o monitoramento da qualidade da água e dos sedimentos em três pontos de coleta situado no Canal do Porto de Santos, dentre os quais um situa-se nas imediações do terminal da BTP. Na avaliação dos resultados, foi empregado o Índice de Qualidade de Águas Costeiras (IQAC), que considera a ocorrência de não conformidades de parâmetros selecionados em relação aos padrões das legislações vigentes (Resoluções Conama nº 357/2005 e nº 274/2000). De acordo com o IQAC, as águas são classificadas em cinco categorias: Ótima, Boa, Regular, Ruim e Péssima.

No Canal do Porto de Santos, os resultados do IQAC, referentes a duas amostragens realizadas em 2015, revelam qualidade Ruim. Constatou-se que os parâmetros não conformes foram oxigênio dissolvido, fósforo total e nitrogênio amoniacal (CETESB, 2016), condição que também foi observada na AID e ADA da BTP.

2.8.2.4.6.2. Fitoplâncton

No conjunto das cinco campanhas de amostragem, executadas entre dezembro/2015 a dezembro/2016, foi inventariado um total de 279 táxons, distribuídos em 18 classes: Coscinodiscophyceae (83), Dinophyceae (44), Bacillariophyceae (40), Cyanophyceae (25), Chlorophyceae (33), Fragilariophyceae (15), Zygnemaphyceae (9), Euglenophyceae (8), Chrysophyceae (3), Cryptophyceae (3), Eibriophyceae (3), Dictyochophyceae (3), Prasinophyceae (2), Xanthophyceae (2), Chlamydophyceae (2), Prymnesiophyceae (1), Trebouxiophyceae (1), Noctiluciphyceae (1); além de fitoflagelados (1).

Nas campanhas em foco, a maior riqueza (159 táxons) foi registrada na campanha de setembro/2016 (inverno), diminuindo para 97 táxons, em dezembro/2016 (primavera).

Reproduzindo um padrão comum no estuário de Santos, o fitoplâncton, em termos qualitativos, foi predominantemente composto por diatomáceas, distribuídas nas classes Coscinodiscophyceae (coscinodiscofíceas), Bacillariophyceae (bacilariofíceas) e Fragilariophyceae (fragilariofíceas), as quais reuniram um total de 138 táxons, compondo 49,5% do total de táxons identificados. De acordo com Riley (1967) e Smayda (1983), as diatomáceas destacam-se como os principais organismos que colonizam o ambiente estuarino, compondo, em geral, a maior percentagem de algas presentes nesse tipo de sistema.

No estuário, a dinâmica destas algas é condicionada pelo regime de marés, ocorrendo contribuição de espécies marinhas, alóctones, que entram nesse sistema com o fluxo da enchente. No entanto, o fator dominante está associado ao processo da ressuspensão de sedimentos, que contribui com a componente bêntica para a composição e densidade de algas na coluna de água (COUTINHO, 2003).

O conteúdo celular das diatomáceas é envolvido por uma carapaça de sílica, que confere a esses organismos densidade geralmente superior à da água, propiciando elevadas taxas de sedimentação no leito dos corpos hídricos e sobre a vegetação submersa. A ressuspensão de diatomáceas para a superfície acontece, em geral, devido à turbulência das águas ou à mobilização de sedimentos que pode ocorrer, por exemplo, em função de instalação de obras hidráulicas ou durante os processos de dragagem, que usualmente ocorrem na região do canal do Porto de Santos.

Estudos conduzidos por Patrick (1967) indicam também a característica de eurihalinidade das diatomáceas, as quais são capazes de suportar faixas consideráveis de variação de salinidade. As pesquisas realizadas por Coutinho (2003 *op. cit.*) revelam que, no estuário, ao longo de todo ano, ocorre o predomínio de espécies oportunistas, pertencentes, sobretudo, à classe Bacillariophyceae, que são algas bastante adaptadas à turbulência, às variações bruscas de intensidade luminosa e de turbidez.

Dentre as diatomáceas, os gêneros mais especiosos na AID e ADA foram as coscinodiscofíceas *Chaetoceros* (18), *Coscinodiscus* (7) e *Thalassiosira* (6); a bacilariofícea *Nitzschia* (7); e a fragilariofícea *Thalassionema* (3). Espécies destes gêneros foram anteriormente identificadas no

estuário de Santos e relatadas no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da BTP (2008) ou nas campanhas anteriores deste monitoramento (BTP & PROBIOTA, 2014; BTP & CPEA, 2015).

Os dinoflagelados (classe *Dynophyceae*) constituíram o segundo grupo com maior representatividade taxonômica no ambiente analisado (15,8%). Esses organismos são encontrados principalmente em ambientes marinhos oceânicos, mas têm sido registrados em várias regiões estuarinas do Brasil (SASSI & WATANABE, 1980; OLIVEIRA, 1983; FEITOSA, 1988; SANTANA, 2004), sendo transportados pelas correntes de marés. Algumas espécies de dinoflagelados são relatadas na literatura como potenciais produtores de toxinas.

Na rede de amostragem, verificou-se maior riqueza dos gêneros *Ceratium* (10), *Protoberidinium* (8) e *Prorocentrum* (7), os quais também se destacaram na maioria das campanhas pretéritas deste subprograma de monitoramento.

As clorófitas (*Chlorophyceae*) compuseram 11,8% do total de táxons do fitoplâncton, com presença de táxons dos gêneros *Actinastrum*, *Ankistrodesmus*, *Coelastrum*, *Chlorella*, *Closteriopsis*, *Crucigenia*, *Desmodesmus*, *Dictyosphaerium*, *Elakatothrix*, *Eutetramorus*, *Kirchneriella*, *Monactinus*, *Monoraphidium*, *Oocystis*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Stauridium* e *Tetraëdron*, dentre os quais *Monoraphidium*, *Coelastrum*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium* e *Pediastrum* se destacaram em amostragens anteriores deste subprograma pela maior riqueza de espécies.

O grupo das clorófitas reúne algas cosmopolitas e comportam imensa variedade morfológica. No geral, essas algas crescem em ambientes de amplo espectro de salinidade e de eutrofização, mas a maioria delas é típica de água doce, podendo ter hábitos planctônicos e bentônicos. Os fatores ambientais limitantes para o desenvolvimento das clorófitas são a intensidade de luz subaquática, a estabilidade da coluna d'água, as perdas por sedimentação e o auto sombreamento das algas.

De acordo com Coutinho (2003), a dominância de clorófitas oportunistas no estuário se baseia na sua rápida capacidade de absorção de nutrientes, compreendendo também taxas de reprodução elevada. O surgimento de clorófitas ocorre normalmente em períodos onde a disponibilidade de nutrientes no sistema aquático é mais elevada, permitindo sua proliferação.

As cianobactérias (classe *Cyanophyceae*) contribuíram com 9% do total de táxons durante as cinco campanhas avaliadas no presente relatório. Esses organismos são procarióticos, unicelulares, filamentosos ou coloniais, estando muitas espécies envolvidas em mucilagem, estratégia que favorece sua permanência na superfície da água para obtenção de luz. No período de referência, foram reportados táxons dos gêneros *Anabaenopsis*, *Aphanocapsa*, *Aphanizomenon*, *Chroococcus*, *Coelomoron*, *Cylindrospermopsis*, *Geitlerinema*, *Komvophoron*, *Leptolyngbia*, *Lyngbya*, *Merismopedia*, *Oscillatoria*, *Planktolyngbya*, *Planktothrix*, *Phormidium*, *Pseudanabaena*, *Spirulina*, *Trichodesmium* e *Woronichinia*.

Além de tolerarem elevadas temperaturas e maior incidência de radiação ultravioleta, as cianobactérias podem utilizar várias formas de nitrogênio disponíveis no sistema aquático, como nitrato e amônia, ou gás nitrogênio presentes na atmosfera, característica exclusiva de algumas espécies desse grupo, que confere maior possibilidade para seu desenvolvimento (WHITTON, 1992). De acordo com Coutinho (2003), muitas espécies de cianobactérias presentes no estuário asseguram sua sobrevivência também devido ao armazenamento de nutrientes.

Os demais grupos taxonômicos identificados na AID e ADA da BTP, incluindo *Zygnemaphyceae*, *Euglenophyceae*, *Chrysophyceae*, *Cryptophyceae*, *Ebriophyceae*, *Dictyochophyceae*, *Prasinophyceae*, *Xanthophyceae*, *Chlamydomphyceae*, *Prymnesiophyceae*, *Trebouxiophyceae* e *Noctiluciphyceae*, além dos fitoflagelados, assumiram menor relevância na composição taxonômica do fitoplâncton. Individualmente, a contribuição desses táxons variou entre 0,35% e 3,2% da riqueza.

Dentre esses, destaca-se a presença da classe *Noctiluciphyceae*, que compreende o gênero *Noctiluca*, representado por organismos bioluminescentes. Esse táxon foi verificado apenas nas amostras qualitativas da campanha 53 (junho/2016), período em que o fenômeno da bioluminescência pode ser visualizado em praias da Baixada Santista.

Das classes listadas, Dictyochophyceae integram o grupo dos silicoflagelados, sendo verificada a presença das espécies do gênero *Dictyocha*, exemplares exclusivamente marinhos e planctônicos, comumente encontrados em ambientes oligotróficos (CHRETIÉNNOT-DINNET & SOURNIA, 1990).

Apesar da menor participação na riqueza taxonômica do ambiente estuarino, as classes mencionadas participam da diversidade do fitoplâncton, na AID e ADA da BTP, merecendo maior destaque o grupo dos fitoflagelados, uma vez que esse se sobressaiu na análise quantitativa, conforme será abordado no próximo subitem. Este grupo reúne organismos de grande diversificação morfológica e fisiológica, o que confere maior competitividade nos ambientes que habitam, especialmente em sistemas dotados de maior disponibilidade de nutrientes orgânicos e minerais, como é o caso do estuário de Santos (BERGESCH & ODEBRECHT, 2001).

Considerando todas as 55 campanhas realizadas na AID e ADA da BTP, desde dezembro/2010 a dezembro/2016, foi registrada a presença de um elevado número de espécies e morfoespécies do fitoplâncton, com um total de 888 táxons. Dessa forma, o número de táxons presentes nas últimas cinco campanhas (279 táxons), objeto de análise neste relatório, corresponde a 31% do contabilizado em todo o período de monitoramento.

Conforme exposto no decorrer deste item, a composição taxonômica do fitoplâncton na AID e ADA da BTP, nas campanhas desenvolvidas entre dezembro/2015 a dezembro/2016, se manteve similar aos resultados pretéritos obtidos neste programa de monitoramento (dezembro/2010 a janeiro/2015), principalmente em relação ao predomínio de diatomáceas (BTP & PROBIOTA, 2014; BTP & CPEA, 2015; 2016), como ilustram as Figuras 2.8.2.4.6.2-1 e 2.8.2.4.6.2-2, a seguir.

Considerando todas as amostragens, as diatomáceas Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae e Fragilariophyceae representaram 47% da composição taxonômica da região em estudo (Figura 2.8.2.4.6.2-2), resultado similar ao encontrado nas cinco últimas amostragens (49,5%).

Figura 2.8.2.4.6.2-1 - Riqueza relativa do fitoplâncton entre dezembro/2015 e dezembro/2016.

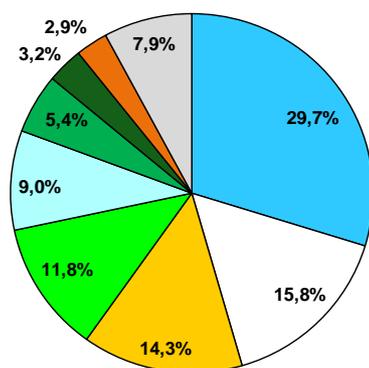
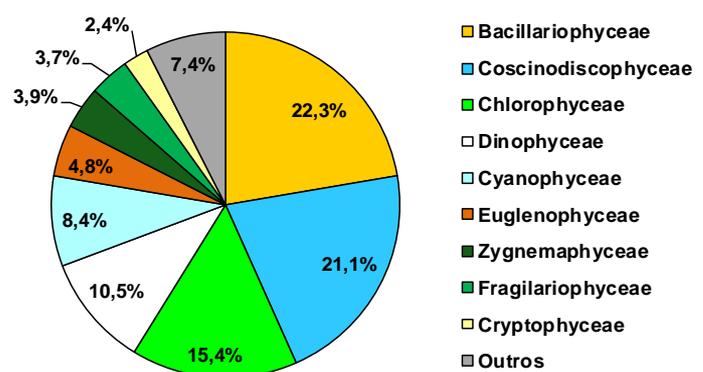


Figura 2.8.2.4.6.2-2 - Riqueza relativa do fitoplâncton entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Legenda: Outros correspondem às classes Cryptophyceae, Prasinophyceae, Xanthophyceae, Prymnesiophyceae, Chlamydomonadophyceae, Chrysophyceae, Trebouxiophyceae, Noctilucae, Dictyochophyceae, além de fitoflagelados (dezembro/2015 e dezembro/2016 e dezembro/2010 e dezembro/2016), Ebriophyceae (dezembro/2015 e dezembro/2016), Raphidophyceae, Coccolithophyceae e Nephrophyceae (dezembro/2010 e dezembro/2016).

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

A análise da frequência de ocorrência dos táxons fitoplânctônicos foi baseada na presença desses organismos nas 55 campanhas de amostragem, considerando-se o cômputo de todos os pontos de coleta. Nesse sentido, destaca-se principalmente a diatomácea *Thalassionema nitzschoides*

(fragilariofícea), por ocorrer nas cinco últimas campanhas e na totalidade das 50 coletas anteriores do presente monitoramento (BTP & PROBIOTA, 2014; BTP & CPEA, 2015).

Thalassionema nitzschioides é uma espécie marinha tipicamente nerítica, com ocorrência comum na costa brasileira (FRANÇA *et al.* 1980; LEÃO *et al.* 2008), o que explica sua presença em todas as amostragens deste levantamento.

As bacilariofíceas *Cylindrotheca closterium*, *Navicula* spp., *Entomoneis* spp., *Nitzschia* spp., *Surirella* spp.; a fragilariofícea *Thalassionema nitzschioides*; as coscinodiscofíceas *Actinopterychus senarius*, *Coscinodiscus granii*, *Paralia sulcata*, e *Thalassiosira* spp.; bem como os fitoflagelados, também apresentaram elevada frequência, nas cinco últimas campanhas, bem como nas amostragens pretéritas, ocorrendo em mais de 90% das campanhas. Esses resultados atestam que os grupos das diatomáceas e dos fitoflagelados são altamente representativos na área de influência do terminal da BTP, o que também é observado em termos quantitativos, conforme abordado nos tópicos seguintes.

Na Tabela 2.8.2.4.6.2-1 é apresentada a listagem de táxons fitoplanctônicos inventariados durante as campanhas de dezembro/2015 e dezembro/2016. Destaca-se a coscinodiscofícea *Coscinodiscus wailesii* que é listada como exótica invasora no Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil (MMA, 2009). Essa diatomácea, identificada inicialmente na América do Norte, foi relatada pela primeira vez no Brasil na década de 80 e, desde então, tem sido detectada em uma vasta área da costa brasileira e demais regiões do globo (MMA, 2009).

Coscinodiscus wailesii é considerada eurihalina e euritérmica, possuindo capacidade de tolerar meios com elevadas concentrações de metais pesados. De acordo com o MMA (2009), o transporte de células via água de lastro de navios e/ou maricultura é provavelmente facilitado devido à sua capacidade de formar células de resistência.

Tabela 2.8.2.4.6.2-1 – Lista de ocorrência das espécies da comunidade fitoplanctônica entre as campanhas de dezembro/15 e dezembro/16.

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
Cyanophyceae							
<i>Anabaenopsis</i> spp.	x					1	20
<i>Aphanocapsa</i> spp.	x			x	x	3	60
<i>Aphanizomenon</i> spp.		x				1	20
<i>Chroococcus turgidus</i>			x			1	20
<i>Chroococcus</i> spp.		x		x		2	40
<i>Coelomoron</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Coelosphaerium</i> spp.		x				1	20
Cyanophyceae N.I.	x		x			2	40
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	x					1	20
<i>Geitlerinema</i> spp.	x	x	x	x		4	80
<i>Geitlerinema splendidum</i>		x				1	20
<i>Komvophoron</i> spp.	x		x			2	40
<i>Leptolyngbia</i> sp.					x	1	20
<i>Lyngbya</i> spp.				x		1	20
<i>Merismopedia</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Oscillatoria</i> spp.	x		x	x		3	60
<i>Planktothrix agardhii</i>		x				1	20
<i>Planktothrix</i> spp.	x	x	x			3	60
<i>Planktolyngbya contorta</i>				x		1	20

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
Phormidiaceae N.I.			x			1	20
<i>Phormidium</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Pseudanabaena</i> spp.	x	x	x			3	60
<i>Spirulina</i> spp.	x					1	20
<i>Trichodesmium</i> spp.					x	1	20
<i>Woronichinia</i> spp.		x				1	20
Chlorophyceae							
<i>Actinastrum</i> spp.		x		x		2	40
<i>Actinastrum hantzschii</i>			x			1	20
<i>Ankistrodesmus bibraianus</i>	x					1	20
<i>Coelastrum microporum</i>	x	x	x			3	60
<i>Coelastrum reticulatum</i>	x					1	20
<i>Coelastrum pulchrum</i>	x					1	20
<i>Chlorella vulgaris</i>		x				1	20
<i>Closteriopsis</i> spp.	x	x				2	40
<i>Crucigenia tetrapedia</i>		x				1	20
<i>Desmodesmus armatus</i>	x	x				2	40
<i>Desmodesmus denticulatus</i>		x				1	20
<i>Desmodesmus maximus</i>		x				1	20
<i>Desmodesmus</i> spp.	x	x	x			3	60
<i>Dictyosphaerium</i> spp.	x				x	2	40
<i>Elakatothrix</i> sp.		x				1	20
<i>Eutetramorus</i> sp.		x				1	20
<i>Kirchneriella lunaris</i>			x			1	20
<i>Monactinus simplex</i>	x	x	x	x		4	80
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	x			x		2	40
<i>Monoraphidium contortum</i>	x	x	x			3	60
<i>Monoraphidium irregulare</i>				x	x	2	40
<i>Monoraphidium griffithii</i>	x	x	x			3	60
<i>Oocystis borgei</i>		x				1	20
<i>Oocystis</i> spp.		x				1	20
<i>Pediastrum</i> sp.			x			1	20
<i>Pediastrum</i> spp.				x		1	20
<i>Pediastrum duplex</i>	x	x	x			3	60
<i>Pediastrum simplex</i>	x	x				2	40
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	x	x	x			3	60
<i>Scenedesmus bernardii</i>	x	x	x			3	60
<i>Scenedesmus</i> spp.		x	x	x		3	60
<i>Stauridium tetras</i>		x				1	20
<i>Tetraëdron</i> spp.				x		1	20
Zygnemaphyceae							
<i>Cosmarium</i> spp.		x			x	2	40

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
<i>Closterium</i> sp.				x		1	20
<i>Pseudostaurastrum</i> spp.	x					1	20
<i>Staurastrum</i> spp.	x	x	x		x	4	80
<i>Staurastrum anatum</i>				x		1	20
<i>Staurastrum inversenii</i>		x	x			2	40
<i>Staurastrum rotula</i>	x					1	20
<i>Staurastrum tetracerum</i>				x		1	20
<i>Staurodesmus</i> spp.		x				1	20
Chlamydomonadales							
<i>Chlamydomonas</i> spp.	x	x	x			3	60
<i>Carteria</i> spp.	x	x				2	40
Euglenophyceae							
<i>Euglena</i> spp.	x	x	x	x		4	80
Euglenophyceae N.I.		x				1	20
<i>Eutreptia</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Eutreptiella</i> spp.	x					1	20
<i>Phacus longicauda</i>		x				1	20
<i>Trachelomonas armata</i>	x					1	20
<i>Trachelomonas volvocina</i>		x				1	20
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	x					1	20
Bacillariophyceae							
<i>Achnanthis</i> spp.	x					1	20
<i>Amphora</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Bacillaria paxillifera</i>	x		x	x	x	4	80
<i>Campylodiscus</i> sp.				x		1	20
<i>Caloneis</i> spp.			x			1	20
<i>Cocconeis</i> spp.			x	x	x	3	60
<i>Cymatosira</i> spp.	x		x	x		3	60
<i>Cymatosira lorenziana</i>				x	x	2	40
<i>Cylindrotheca closterium</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Cymbella</i> spp.	x					1	20
<i>Pinnularia</i> spp.				x	x	2	40
<i>Diploneis</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Encyonema</i> spp.	x	x	x	x		4	80
<i>Entomoneis</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Frustulia</i> sp.				x		1	20
<i>Gyrosigma balticum</i>	x	x	x	x		4	80
<i>Gyrosigma fasciola</i>				x		1	20
<i>Gyrosigma</i> spp.			x	x	x	3	60
<i>Haslea</i> spp.			x	x		2	40
<i>Haslea wawrikan</i>				x	x	2	40
<i>Lyrella</i> sp.				x		1	20

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
<i>Meuniera membranacea</i>				x		1	20
<i>Meuniera</i> spp.	x					1	20
<i>Navicula</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
Naviculaceae N.I.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Nitzschia constricta</i>		x	x	x	x	4	80
<i>Nitzschia lorenziana</i>			x	x	x	3	60
<i>Nitzschia lorenziana</i> var. <i>subtilis</i>				x		1	20
<i>Nitzschia longissima</i>			x		x	2	40
<i>Nitzschia reversa</i>	x		x			2	40
<i>Nitzschia sigma</i>	x	x	x			3	60
<i>Nitzschia</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Petrodictyon gemma</i>	x	x	x	x		4	80
<i>Pinnularia</i> spp.	x	x	x			3	60
<i>Pleurosigma</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	x		x	x	x	4	80
<i>Seminavis</i> spp.	x					1	20
<i>Surirella</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Stauroneis</i> spp.	x		x		x	3	60
<i>Tryblionella</i> spp.	x					1	20
Fragilariophyceae							
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	x		x	x	x	4	80
<i>Delphineis</i> spp.				x		1	20
<i>Delphineis</i> sp.			x		x	2	40
<i>Fragilaria</i> spp.	x			x	x	3	60
<i>Fragilariopsis doliolus</i>			x	x		2	40
<i>Licmophora</i> sp.			x			1	20
<i>Lioloma pacificum</i>				x		1	20
<i>Rhaphoneis</i> spp.			x	x		2	40
<i>Synedra</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Tabellaria fenestrata</i>			x			1	20
<i>Tabellaria</i> spp.			x			1	20
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	x		x	x	x	4	80
<i>Thalassionema</i> spp.			x	x		2	40
<i>Thalassionema nitzschiioides</i>	x	x	x	x	x	5	100
Thalassionemataceae N.I.	x	x	x	x	x	5	100
Coscinodiscophyceae							
<i>Actinopterychus senarius</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Actinopterychus</i> spp.					x	1	20
<i>Actinopterychus splendens</i>			x			1	20
<i>Aulacoseira ambigua</i>	x			x		2	40
<i>Aulacoseira granulata</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Aulacoseira</i> spp.	x					1	20

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>			x			1	20
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>				x		1	20
<i>Bellerochea</i> spp.	x					1	20
<i>Biddulphia</i> spp.				x		1	20
<i>Biddulphia tuomeyi</i>				x		1	20
<i>Cerataulina</i> spp.	x					1	20
<i>Cerataulina pelagica</i>				x		1	20
<i>Chaetoceros atlanticus</i>	x					1	20
<i>Chaetoceros aequatorialis</i>				x		1	20
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>conconvicornis</i>				x		1	20
<i>Chaetoceros coarctatus</i>			x			1	20
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	x		x	x	x	4	80
<i>Chaetoceros costatus</i>					x	1	20
<i>Chaetoceros decipiens</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Chaetoceros debilis</i>					x	1	20
<i>Chaetoceros brevis</i>				x		1	20
<i>Chaetoceros affinis</i>				x	x	2	40
<i>Chaetoceros didymus</i>			x	x		2	40
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>				x	x	2	40
<i>Chaetoceros socialis</i>		x		x		2	40
<i>Chaetoceros danicus</i>				x		1	20
<i>Chaetoceros debilis</i>				x		1	20
<i>Chaetoceros subtilis</i>	x			x	x	3	60
<i>Chaetoceros peruvianus</i>				x		1	20
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Corethron</i> spp.	x		x			2	40
<i>Coscinodiscus</i> cf. <i>astheromphalus</i>			x			1	20
<i>Coscinodiscus granii</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Coscinodiscus gigas</i>			x			1	20
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	x		x			2	40
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	x		x	x		3	60
<i>Coscinodiscus nailesii</i> ***			x	x		2	40
<i>Coscinodiscus</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Cyclotella litoralis</i>			x	x	x	3	60
<i>Cyclotella</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Cyclotella striata</i>	x		x			2	40
<i>Cyclotella stylorum</i>	x		x	x	x	4	80
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>				x	x	2	40
<i>Detonula pumila</i>				x		1	20
<i>Ditylum brightwellii</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Eucampia zodiacus</i>				x		1	20
<i>Guinardia</i> spp.	x	x				2	40

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
<i>Guinardia delicatula</i>	x	x		x	x	4	80
<i>Guinardia flaccida</i>	x	x		x		3	60
<i>Guinardia striata</i>	x				x	2	40
<i>Helicotheca tamesis</i>	x		x		x	3	60
<i>Hemiaulus bauckii</i>				x	x	2	40
<i>Hemiaulus membranaceus</i>				x		1	20
<i>Hemiaulus sinensis</i>	x			x	x	3	60
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>				x		1	20
<i>Hemidiscus</i> spp.			x			1	20
<i>Leptocylindrus minimus</i>	x		x	x	x	4	80
<i>Leptocylindrus danicus</i>			x	x	x	3	60
<i>Lithodesmium undulatum</i>	x		x	x	x	4	80
<i>Lauderia</i> spp.	x					1	20
<i>Melosira</i> spp.	x		x	x	x	4	80
<i>Odontella aurita</i>			x	x	x	3	60
<i>Odontella mobiliensis</i>	x		x	x	x	4	80
<i>Odontella sinensis</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Odontella</i> spp.	x	x	x	x		4	80
<i>Paralia sulcata</i>	x		x	x	x	4	80
<i>Podosira stelligera</i>				x	x	2	40
<i>Rhizosolenia bebetata</i>				x		1	20
<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>imbricata</i>	x					1	20
<i>Rhizosolenia pungens</i>	x		x	x		3	60
<i>Rhizosolenia setigera</i>			x	x		2	40
<i>Rhizosolenia styliformis</i>				x		1	20
<i>Rhizosolenia robusta</i>			x	x		2	40
<i>Skeletonema</i> spp.	x	x	x	x		4	80
<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Thalassiosira eccentrica</i>		x				1	20
<i>Thalassiosira punctigera</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Thalassiosira pseudonana</i>			x		x	2	40
<i>Thalassiosira</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Thalassiosira decipiens</i>				x		1	20
<i>Thalassiosira rotula</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Triceratium favus</i>			x	x		2	40
Cryptophyceae							
Cryptophyceae N.I.	x	x	x	x		4	80
<i>Cryptomonas</i> spp.	x	x				2	40
<i>Rhodomonas</i> spp.				x		1	20
Chrysophyceae							
<i>Chromulina elegans</i>	x					1	20

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
<i>Chromulina</i> spp.		x				1	20
<i>Dinobryon</i> spp.	x					1	20
Dinophyceae							
<i>Alexandrium</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Ceratium</i> sp.			x			1	20
<i>Ceratium horridum</i>			x			1	20
<i>Ceratium lineatum</i>			x			1	20
<i>Ceratium furca</i>	x		x	x		3	60
<i>Ceratium trichoceros</i>			x			1	20
<i>Ceratium fusus</i>	x		x			2	40
<i>Ceratium gibberum</i>			x			1	20
<i>Ceratium teres</i>				x		1	20
<i>Ceratium tripos</i>			x			1	20
<i>Ceratium hircus</i>	x		x	x	x	4	80
Dinophyceae (cisto) N.I.				x	x	2	40
Dinophyceae N.I.		x	x			2	40
<i>Dinophysis acuminata</i>			x	x		2	40
<i>Dinophysis caudata</i>				x		1	20
<i>Dinophysis rotundata</i>				x	x	2	40
<i>Gonyaulax</i> sp.			x			1	20
<i>Gonyaulax</i> spp.				x	x	2	40
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Gyrodinium</i> spp.	x				x	2	40
<i>Heterocapsa</i> spp.	x		x	x		3	60
<i>Octactis octonaria</i>			x			1	20
<i>Oxytoxum scolopax</i>				x		1	20
<i>Oxytoxum</i> sp.			x			1	20
<i>Peridinium</i> spp.	x	x				2	40
<i>Peridinium steinii</i>	x					1	20
<i>Prorocentrum balticum</i>			x	x	x	3	60
<i>Prorocentrum compressum</i>			x	x	x	3	60
<i>Prorocentrum micans</i>			x	x	x	3	60
<i>Prorocentrum minimum</i>		x	x	x		3	60
<i>Prorocentrum</i> cf. <i>minimum</i>	x					1	20
<i>Prorocentrum scutellum</i>			x	x	x	3	60
<i>Prorocentrum</i> spp.		x	x	x		3	60
<i>Protoperidinium bipes</i>			x	x	x	3	60
<i>Protoperidinium depressum</i>				x		1	20
<i>Protoperidinium leonis</i>			x	x	x	3	60
<i>Protopteridium pentagonum</i>				x		1	20
<i>Protoperidinium</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Protoperidinium parviverter</i>					x	1	20

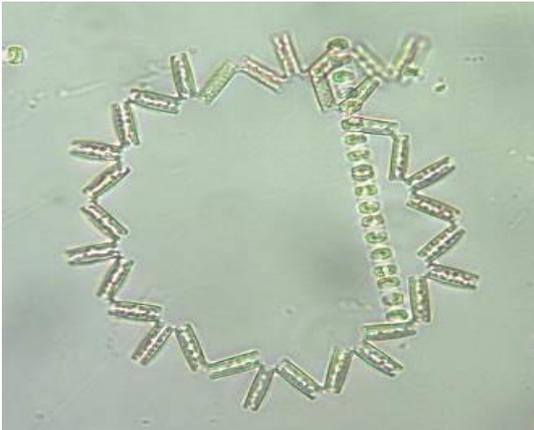
Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
<i>Protoperidinium simulum</i>				x	x	2	40
<i>Protoperidinium steinii</i>	x		x	x	x	4	80
<i>Scrippsiella</i> spp.	x	x				2	40
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Scrippsiella spinifera</i>				x	x	2	40
Fitoflagelados							
Fitoflagelado N.I.	x	x	x	x	x	5	100
Prasinophyceae							
<i>Pyramimonas</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Tetraselmis</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
Prymnesiophyceae							
Prymnesiophyceae N.I.			x			1	20
Xanthophyceae							
<i>Isthmochloron</i> spp.	x	x		x		3	60
<i>Isthmochloron lobulatum</i>		x				1	20
Trebouxiophyceae							
<i>Acanthosphaera zachariasii</i>			x			1	20
Noctiluciphyceae							
<i>Noctiluca</i> spp.			x			1	20
Ebriophyceae							
<i>Ebria tripartita</i>				x		1	20
<i>Ebria</i> spp.			x	x		2	40
<i>Hermesinum</i> spp.				x		1	20
Dictyochophyceae							
<i>Dictyocha</i> spp.		x	x			2	40
<i>Dictyocha fibula</i>			x	x		2	40
<i>Dictyocha octonaria</i>			x	x		2	40
Total de Táxons	132	101	148	159	97		

Legenda: * Frequência de ocorrência considerando somente as cinco últimas campanhas. ** Os resultados das campanhas de dezembro/10 a junho/14 foram apresentados no relatório consolidado de 2014 (BTP & PROBIOTA, 2014), e os de julho/14 a janeiro/15 constam no relatório consolidado de 2015 (BTP & CPEA, 2015). *** Espécie exótica.

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Nas Figuras 2.8.2.4.6.2-3 a 2.8.2.4.6.2-8 são ilustrados alguns dos táxons que mais se sobressaíram em termos de frequência de ocorrência nas campanhas desenvolvidas na AID e ADA da BTP.

Figura 2.8.2.4.6.2-3 - Fragilariophyceae *Thalassionema mitschiioides*



Fonte: CPEA/Econsult (2017)

Figura 2.8.2.4.6.2-4 - Bacillariophyceae *Cylindrotheca closterium*



Fonte: CPEA/Econsult (2017)

Figura 2.8.2.4.6.2-5 - Bacillariophyceae *Navicula* spp.



Fonte: CPEA/Econsult (2017)

Figura 2.8.2.4.6.2-6 - Coscinodiscophyceae *Actinocyclus senarius*



Fonte: CPEA/Econsult (2017)

Figura 2.8.2.4.6.2-7 - Coscinodiscophyceae *Thalassiosira* spp



Fonte: CPEA/Econsult (2017)

Figura 2.8.2.4.6.2-8 - Fitoflagelado

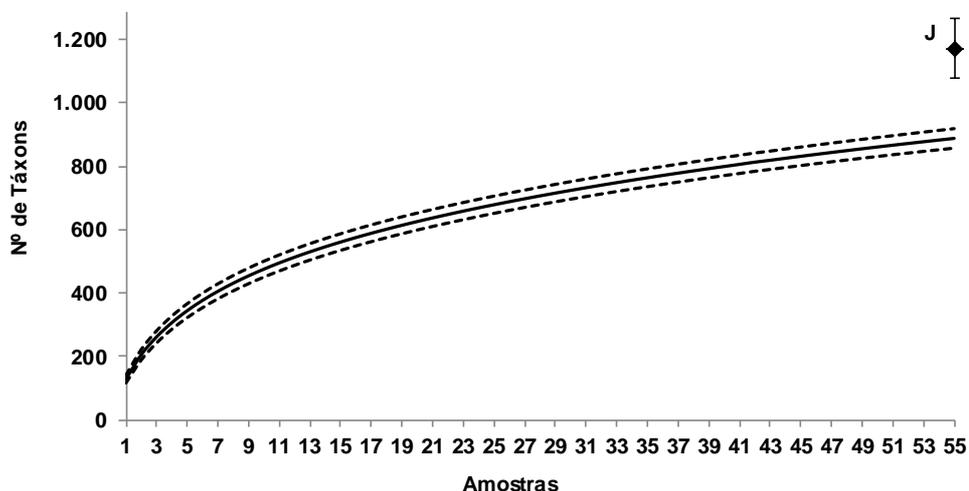


Fonte: CPEA/Econsult (2017)

A análise da curva de rarefação de espécies foi realizada com base nos dados obtidos ao longo do conjunto de campanhas realizadas na AID e ADA da BTP, desde dezembro/2010 a dezembro/2016, visando avaliar o esforço amostral de todo o período de monitoramento.

De acordo com a Figura 2.8.2.4.6.2-9, a curva de rarefação do fitoplâncton apresentou tendência crescente nas oito primeiras campanhas (amostras), quando se computou cerca de 50% do total de táxons registrados. Após este período, o acréscimo na riqueza da comunidade fitoplanctônica passa a ser menos intenso, porém, ainda contínuo, abrangendo na campanha 44 cerca de 90% do total dos táxons identificados. O número de táxons amostrados (888) ao longo das 55 campanhas corresponde a aproximadamente 76% do total estimado pelo índice Jackknife 1ª ordem (1.171 táxons), evidenciando um elevado esforço amostral. Essa análise indica que a metodologia proposta é eficiente para a caracterização do fitoplâncton, atendendo as metas e os objetivos do programa.

Figura 2.8.2.4.6.2-9 - Curva de rarefação de táxons e estimador Jackknife (J) de 1ª ordem, considerando as campanhas entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Legenda: A linha contínua representa a curva obtida pelo valor médio das 1.000 randomizações das campanhas e as linhas pontilhadas, assim como as barras no estimador, representam o intervalo de confiança de 95%.

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

ANÁLISE TEMPORAL

A seguir apresenta-se uma avaliação da comunidade fitoplanctônica, considerando os pontos da ADA e da AID do terminal da BTP, o que permite traçar uma dinâmica do comportamento destes organismos no período compreendido entre dezembro/2015 e dezembro/2016. Os relatórios de ensaio do fitoplâncton das campanhas ocorridas nesse período constam no ANEXO G.

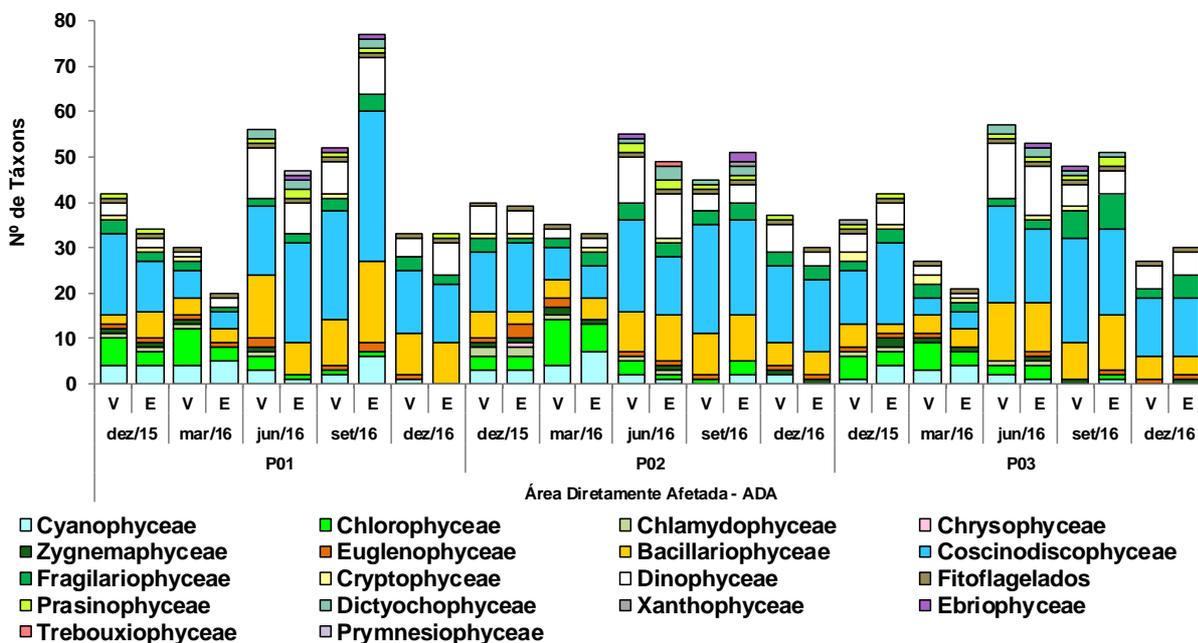
Nas últimas cinco campanhas, observou-se ampla variação na riqueza entre os três pontos monitorados na ADA (P01, P02 e P03), situados no Canal do Porto de Santos. Na campanha 51 (dezembro/2015), os valores oscilaram de 34 a 42 táxons; na campanha 52 (março/2016) de 20 a 35 táxons; na campanha 53 (junho/2016) de 47 a 57 táxons; na campanha 54 (setembro/2016) de 45 a 77 táxons e na campanha 55 (dezembro/2016) de 27 a 37 táxons.

Neste período, o menor valor de riqueza (20 táxons) foi obtido no ponto P01 (enchente, março/2016) e o máximo de 77 táxons neste mesmo ponto (enchente), em setembro/2016. Os maiores valores de riqueza estiveram associados ao inverno (junho/2016 e setembro/2016), em todos os pontos, ocorrendo diminuição em dezembro de 2016 (primavera). A riqueza apresentou pequena variação entre os dados de enchente e de vazante de um mesmo ponto, não sendo observado um padrão de aumento ou redução que englobasse todos os pontos e campanhas, conforme indica a Figura 2.8.2.4.6.2-10.

Em termos gerais, as diatomáceas responderam pelas maiores contribuições de táxons para a comunidade fitoplanctônica em todas as campanhas, com destaque para as classes Coscinodiscophyceae (coscinodiscofíceas) e Bacillariophyceae (bacilariofíceas). Conforme citado, essas algas destacam-se como os principais organismos que colonizam o ambiente estuarino em análise. As Dinophyceae, Chlorophyceae e Cyanophyceae foram secundariamente importantes na riqueza do fitoplâncton, na ADA.

Em relação às 50 campanhas anteriores, os pontos da ADA apresentaram diferentes valores de riqueza, variando de números elevados, como 70 táxons em abril/2013 (P01), a resultados mais reduzidos, como 17 táxons em novembro e dezembro/2011 (P02). Neste período, na maioria das campanhas, também houve maior participação das diatomáceas na composição algal.

Figura 2.8.2.4.6.2-10 - Riqueza do fitoplâncton na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Na ADA, a densidade numérica da comunidade fitoplanctônica também variou principalmente de acordo com a campanha de amostragem, o que indica influência da sazonalidade.

Diferente do observado para a riqueza, a menor densidade de algas e cianobactérias esteve associada ao inverno (setembro/2016), quando a densidade variou entre 138 org./mL (P01, enchente) e 658 org./mL (P03, enchente).

Em contraste, o maior número de organismos fitoplanctônicos foi computado em março/2016, no verão, e em dezembro/2016, na primavera, período de transição para o verão.

Em março/2016, a densidade máxima foi de 51.120 org./mL (P02, vazante), enquanto que em dezembro/2016 houve substancial aumento na densidade do fitoplâncton, em todos os pontos, com pico de 73.312 org./mL (P02, vazante).

Em regiões estuarinas, os padrões de variabilidade sazonal, espacial e temporal do fitoplâncton são influenciados por diversos fatores físicos, químicos e biológicos, tais como luminosidade, temperatura, salinidade, descarga de nutrientes, regime pluviométrico, fluxo de água doce e pressão de herbivoria, dentre outros (LACERDA, 2004).

Conforme citado, detectou-se um aumento na concentração de nitrato em dezembro de 2016, em relação às quatro coletas anteriores (dezembro/2015 e setembro/2016), refletindo possivelmente o aporte de nutrientes no sistema estuarino de Santos, fator que associado ao aumento na temperatura da água e luminosidade, neste período, possivelmente favoreceu o

incremento na densidade do fitoplâncton, no Canal do Porto de Santos, na ADA, condição que se repetiu também na AID, conforme detalhado a seguir.

Cabe observar que o aumento na densidade fitoplanctônica em março/2016 e em dezembro/2016 não guarda correspondência direta com a concentração de clorofila-*a* na rede de amostragem, a qual foi detectada em níveis abaixo do limite de quantificação do método analítico, em todas as cinco campanhas em análise.

Nas campanhas de dezembro/2015 e de setembro/2016, verificou-se maior abundância de fitoflagelados, na maioria dos pontos. No Canal do Porto de Santos, na ADA, a maior densidade de fitoflagelados foi de 12.782 org./mL (P03, enchente), na campanha de dezembro/2015 (primavera), compondo 74% de abundância relativa.

Segundo Rosa (2012), a dominância de fitoflagelados pode estar relacionado à sua alta razão superfície/volume, baixa taxa de sedimentação e estratégia de vida r-estrategista. Os fitoflagelados integram o nanofitoplâncton, cujas dimensões se situam na faixa entre 2,0 e 20 µm. Esses organismos se adaptam rapidamente às mudanças ambientais e constituem um componente comumente encontrado em águas costeiras e estuarinas.

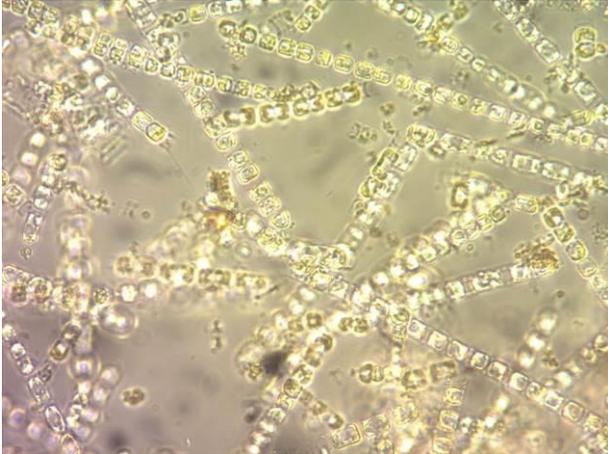
O predomínio de fitoflagelados no estuário de Santos já foi reportado por Moser (2002) e Ancona (2007). Além da presença de espécies marinhas alóctones, que entram no estuário com o fluxo de enchente, o processo de ressuspensão de sedimentos contribui também com a componente bêntica, sobretudo aumentando a densidade de diatomáceas.

Nas coletas realizadas em março/2016, junho/2016 e em dezembro/2016, as diatomáceas foram os exemplares que mais contribuíram na densidade. As diatomáceas *Coscinodiscophyceae* foram as responsáveis pelo aumento expressivo de densidade, sobretudo em dezembro/2016, na totalidade dos pontos na ADA, resultado atribuído à floração da espécie *Skeletonema cf. costatum*. Neste período, a maior densidade desta espécie foi de 58.418 org./mL (P01, vazante), equivalente a 85% de abundância relativa.

De acordo com Riley (1967), essa espécie pode ser considerada cosmopolita, caracterizando-se como uma das mais comuns em diversos estuários brasileiros. Trata-se de uma alga formadora de florações, porém não produtora de toxinas. Kutner (1972) *apud* Parizzi *et al.* (2013) relacionam a alta abundância dessa espécie em estuários a períodos de maior precipitação.

Registros de florações de algas desta espécie ($> 10^6$ cel./L) no sistema estuarino de Santos foram relatados por Moser *et al.* (2002). Os autores concluíram que essa espécie é capaz de utilizar e estocar nitrato em condições de baixas intensidades luminosas, competindo com outras microalgas. A dominância de *S. costatum* foi relacionada ao fato desta espécie ser tipicamente oportunista e de regiões costeiras, que apresenta uma resposta rápida de crescimento quando há o aumento dos teores de nutrientes dissolvidos, de modo que são favorecidas pela habilidade competitiva e pela maior eficiência na utilização de recursos em ambientes instáveis. Esses autores observaram ainda alternância na dominância desta diatomácea com os fitoflagelados, padrão notado também nos pontos na ADA da BTP, nas campanhas em foco. Na Figura 2.8.2.4.6.2-11 são ilustradas as algas *Skeletonema cf. costatum*.

Figura 2.8.2.4.6.2-11 – Diatomáceas *Skeletonema cf. costatum*.

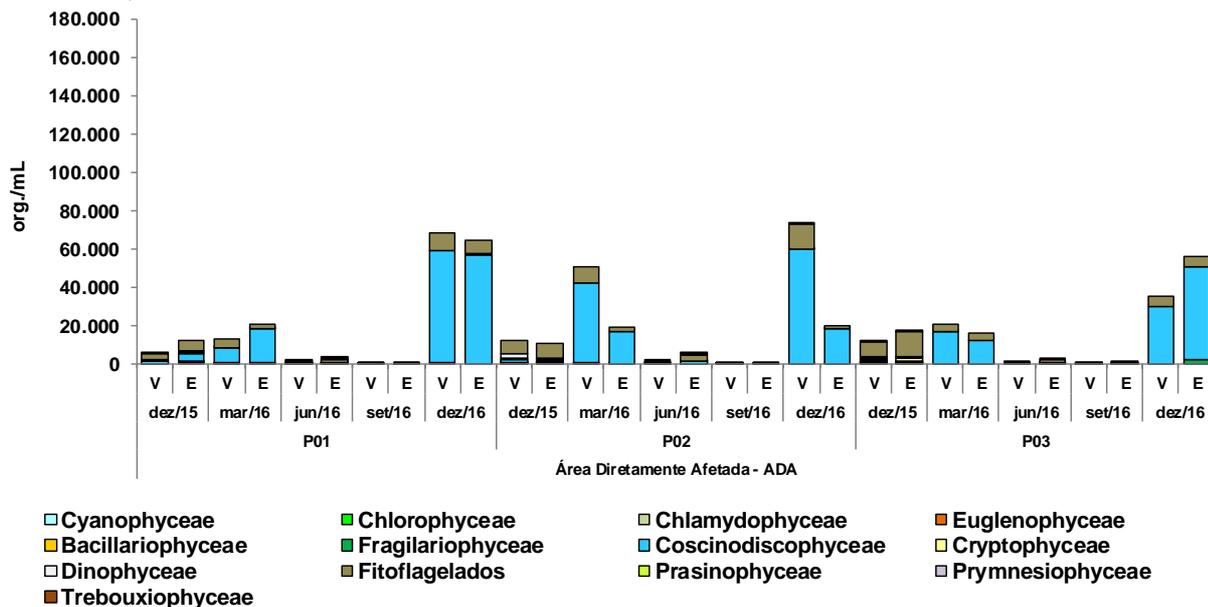


Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Em relação às campanhas anteriores, destaca-se que os fitoflagelados e as diatomáceas Coscinodiscophyceae também foram os grupos predominantemente mais expressivos em termos numéricos na ADA. Nesse período (dezembro/2010 a janeiro/2015), as maiores concentrações do fitoplâncton estiveram associadas aos meses de verão, com registro de valores elevados, a exemplo das densidades obtidas em fevereiro/2013 (50.350 org./mL).

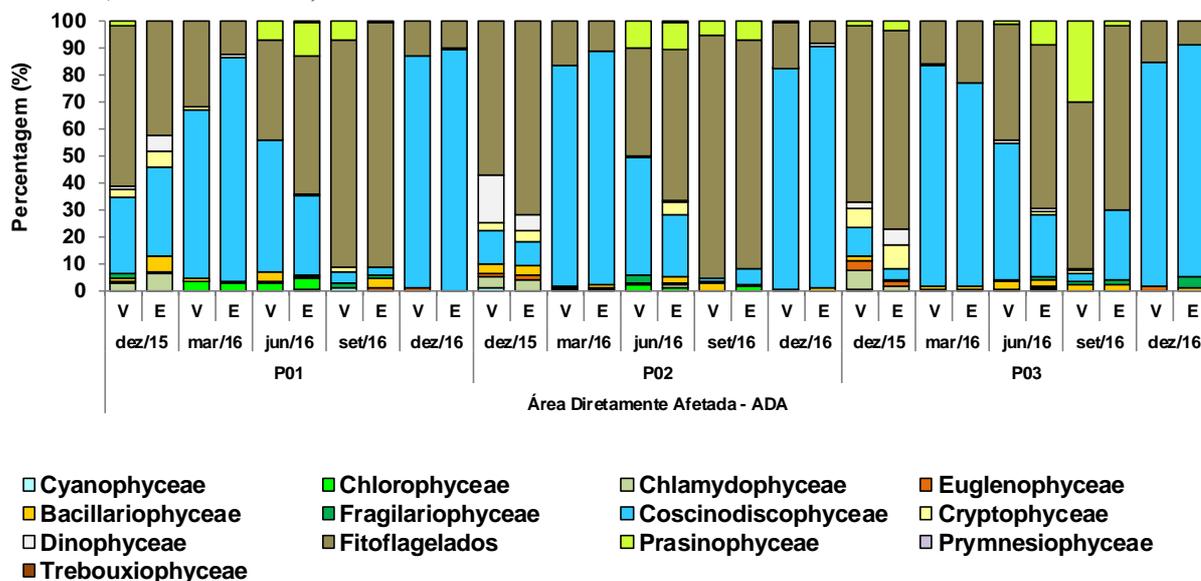
Nas Figuras 2.8.2.4.6.2-12 e 2.8.2.4.6.2-13 são ilustrados os resultados de densidade e de abundância relativa do fitoplâncton, na ADA da BTP, nas cinco últimas campanhas.

Figura 2.8.2.4.6.2-12 - Densidade do fitoplâncton por campanha na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.2-13 - Abundância relativa do fitoplâncton por campanha na ADA, entre Dezembro/2015 e Dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Na AID, assim como observado na ADA, as maiores riquezas do fitoplâncton se relacionam às campanhas realizadas em junho e em setembro/2016 (inverno), quando foram computados os valores máximos de riqueza, nos pontos P04 (vazante, com 60 táxons, em junho/2016 e 50 táxons, em setembro/2016) e P07 (enchente, com 50 táxons, em setembro/2016), ambos situados no Canal do Porto de Santos.

Em contraste, a riqueza decaiu na maioria dos pontos na AID, nas campanhas realizadas em março/2016 (verão) e em dezembro/2016 (primavera), com registro de mínimos de 19 táxons (P06, vazante, março/2016).

De modo geral, a variação na riqueza na AID foi similar aos dados da ADA, porém na AID se detectaram valores de riqueza média (38 táxons) ligeiramente inferiores à ADA (41 táxons), considerando as cinco campanhas em foco.

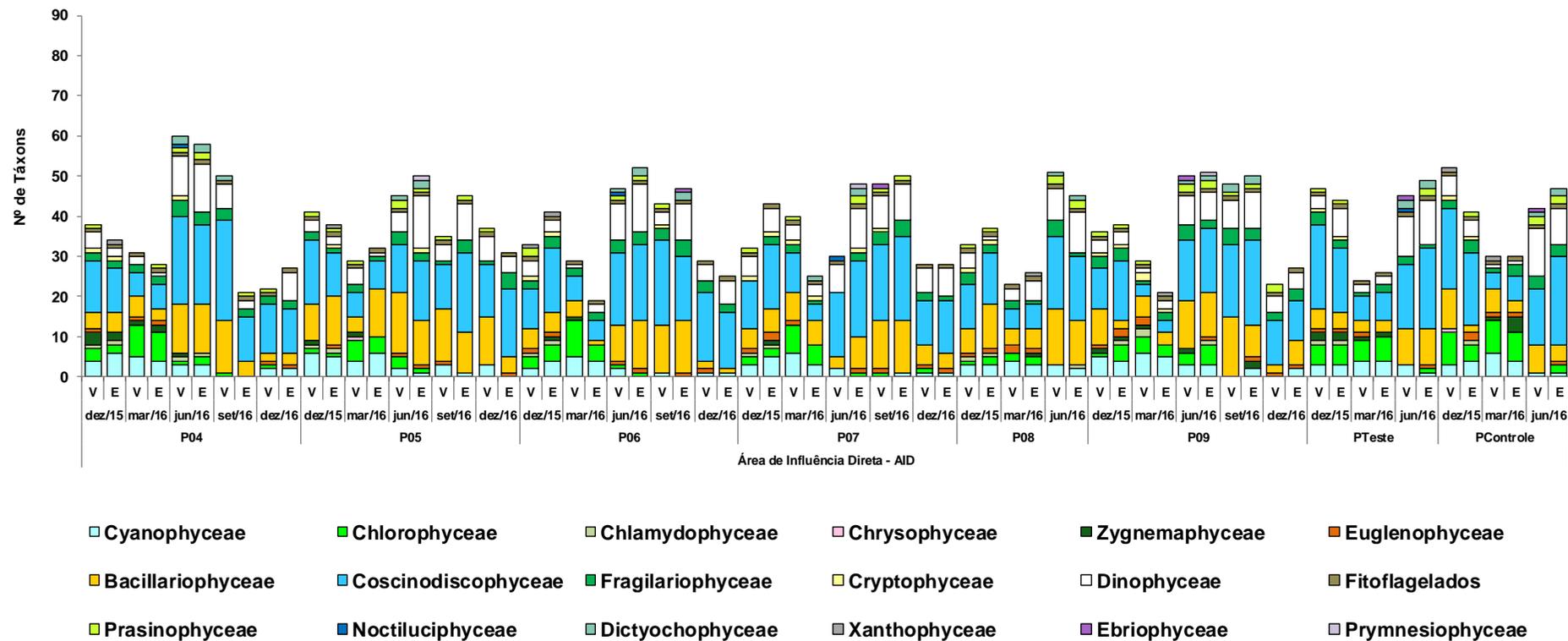
De forma geral, em cada campanha de amostragem, detectou-se baixa oscilação nos dados qualitativos entre os pontos da AID localizados no Canal do Porto de Santos (P04, P06, P07, PControle e PTeste), na foz do rio Saboó (P05), nos largos do Caneú (P09) e de Santa Rita (P08). Conforme citado, os pontos P08, PControle e PTeste foram excluídos da malha amostral a partir da campanha 54 (setembro/2016).

Seguindo padrão similar ao da ADA, na AID houve baixa variação na riqueza entre a vazante e a enchente de um mesmo ponto, o que denota certa homogeneidade do fitoplâncton nestas marés, resultado que também foi observado em campanhas anteriores deste monitoramento (Figura 2.8.2.4.6.2-14).

No período de dezembro/2015 a dezembro/2016, o grupo das diatomáceas, principalmente Coscinodiscophyceae e Bacillariophyceae, foi predominante em termos qualitativos, em ambas as marés, seguidas por Dinophyceae.

Nas amostragens pretéritas desenvolvidas entre dezembro/2010 e janeiro/2015 obteve-se o maior valor de riqueza do fitoplâncton (86 táxons) no largo do Caneú (P09), em abril/2012. De forma geral, constatou-se predomínio qualitativo das diatomáceas, havendo pontualmente maior relevância de outras classes, como Cyanophyceae e Chlorophyceae.

Figura 2.8.2.4.6.2-14 - Riqueza do fitoplâncton por campanha na AID, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Na análise quantitativa, considerando-se as últimas cinco campanhas na AID, detectaram-se densidades mais elevadas nas campanhas realizadas em março/2016, no verão, e, sobretudo, em dezembro/2016, na primavera, na estação de transição para o verão, em relação às demais amostragens em foco. Esse padrão corresponde ao encontrado na ADA, corroborando a influência sazonal sobre a densidade do fitoplâncton na região estuarina avaliada.

O maior valor, equivalente a 166.499 org./mL, foi obtido no largo do Caneú (P09, enchente), na campanha de dezembro/2016, enquanto que o menor resultado, correspondente a 100 org./mL foi obtido na foz do rio Saboó (P05, enchente), em setembro/2016.

De modo geral, nos ambientes monitorados na AID, na maioria das campanhas em análise, verificou-se maior densidade do fitoplâncton associada aos largos de Santa Rita (P08) e do Caneú (P09), enquanto que a menor tendeu a ser registrada no rio Saboó (P05).

A densidade do fitoplâncton oscilou também entre as marés, porém não se observou um padrão de variação que englobasse todos os pontos.

Dentre os organismos mais numerosos, destacam-se os fitoflagelados, nas campanhas de dezembro/2015, de junho/2016 e de setembro/2016, na maioria dos pontos. Esse grupo atingiu densidade máxima de 22.965 org./mL (enchente, P09, dezembro/2016), com 14% de abundância relativa.

No verão (março/2016) e na primavera (dezembro/2016), as diatomáceas, sobretudo as Coscinodiscophyceae, tiveram maior participação na densidade, sendo que esse grupo foi responsável pelo aumento expressivo do fitoplâncton em dezembro/2016, quando se verificou floração da diatomácea *Skeletonema cf. costatum*, reproduzindo a mesma condição verificada na ADA.

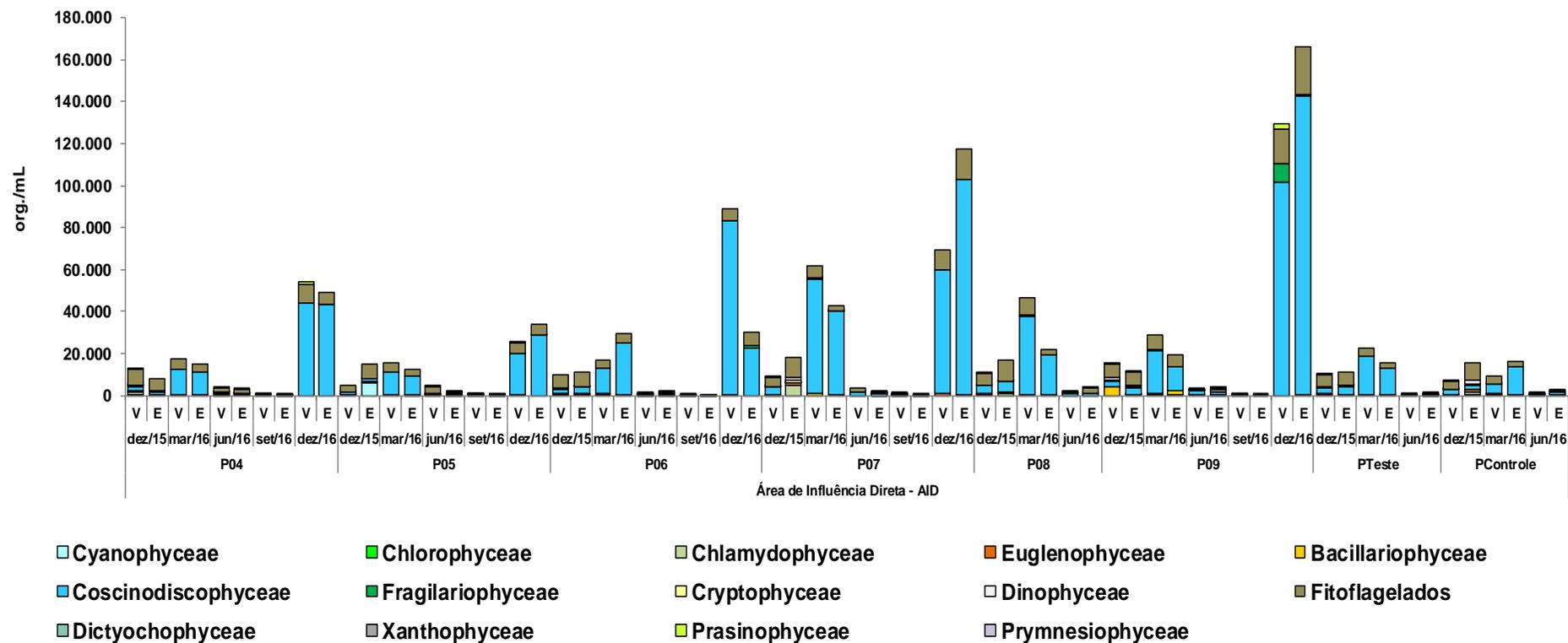
A densidade desta espécie atingiu picos de 102.430 org./mL (P07, enchente) e 141.812 org./mL (P09, enchente), em dezembro/2016, o que corresponde a 87 e 85% da abundância relativa de toda a comunidade fitoplanctônica. Conforme citado, nesta coleta, detectaram-se elevadas concentrações de nitrato, o que corrobora o aporte de nutrientes no sistema estuarino de Santos, o que possivelmente favoreceu o incremento na densidade, sobretudo de *S.cf. costatum*.

Conforme mencionado, as Coscinodiscophyceae e os fitoflagelados constituem, em geral, a maior percentagem de organismos fitoplanctônicos em sistemas estuarinos, sendo a espécie *S. costatum* uma das mais comuns em estuários brasileiros.

Na maioria das 50 campanhas anteriores, esses grupos também foram reportados como mais abundantes na AID, com exceção de algumas amostragens, como as executadas em dezembro/2010 e janeiro/2011, quando prevaleceu a classe Prymnesiophyceae no ponto P05, um dos grupos considerados dominantes na plataforma continental brasileira (OLIVEIRA, 2005; RIZZI, 2010); além de dezembro/2010, janeiro e fevereiro/2011, quando as classes mais abundantes foram Prymnesiophyceae, Dinophyceae e Bacillariophyceae no ponto P09. Nesse período, a menor densidade foi equivalente a 28 org./mL, durante a maré enchente, em novembro/11, no ponto PTeste, alcançando 89.064 org./mL em fevereiro/2013, no ponto P06.

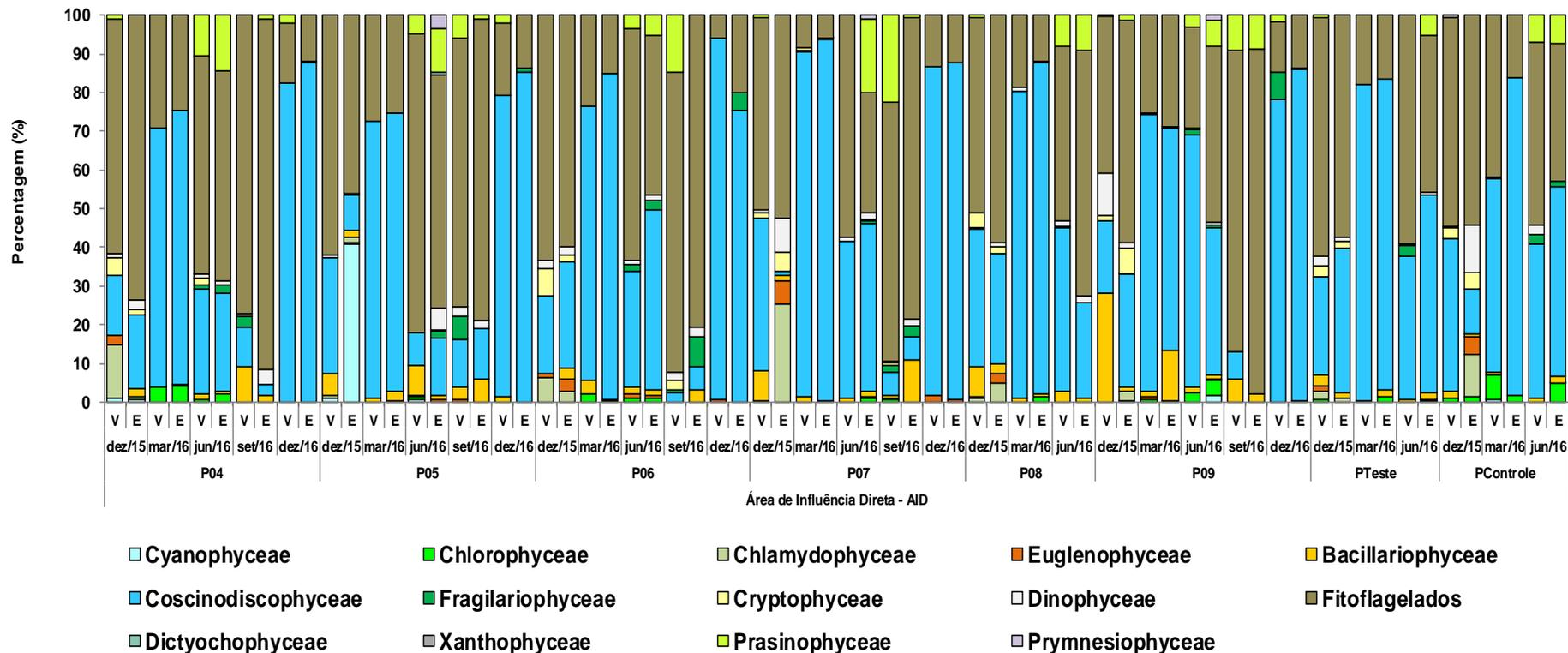
Nas Figuras 2.8.2.4.6.2-15 e 2.8.2.4.6.2-16 são ilustrados os resultados de densidade e de abundância relativa do fitoplâncton, na AID da BTP, nas cinco últimas campanhas.

Figura 2.8.2.4.6.2-15 - Densidade do fitoplâncton por campanha na AID, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.2-16 - Abundância relativa do fitoplâncton por campanha na AID, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Os resultados do índice de diversidade de Shannon, nas campanhas de dezembro/2015 a dezembro/2016, foram distintos principalmente de acordo com a campanha de amostragem, sendo encontrada pequena variação entre a comunidade fitoplânctônica na AID e ADA da BTP.

De modo geral, foi computada baixa diversidade ($< 2 \text{ bits.ind}^{-1}$) do fitoplâncton, na maioria dos pontos, no decorrer das cinco campanhas em foco, com mínimo de $0,38 \text{ bits.ind}^{-1}$ (P06, enchente, dezembro/2016). Valores de diversidade média, entre 2 e 3 bits.ind^{-1} , foram obtidos pontualmente nas campanhas de dezembro/2015 (primavera) e de junho/2016 (inverno), quando se registrou o máximo de $2,53 \text{ bits.ind}^{-1}$ (P01, enchente, dezembro/2015).

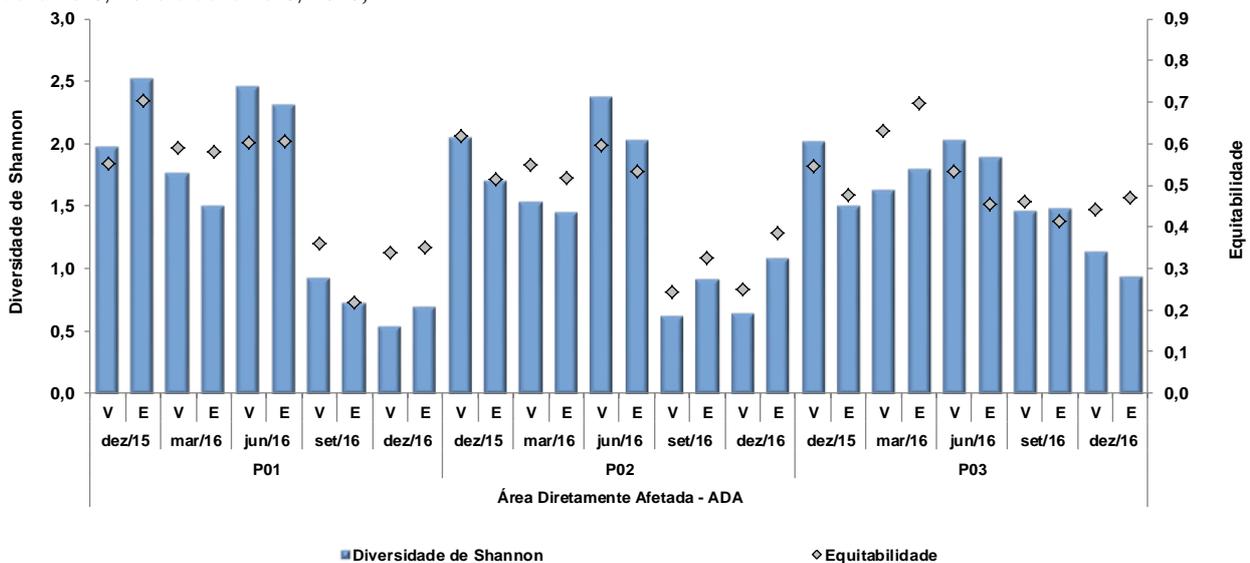
A reduzida diversidade observada no Canal do Porto de Santos, no rio Saboó e nos largos, tanto na ADA como na AID, se devem à elevada abundância de fitoflagelados e da coccinodiscofícea *Skeletonema cf. costatum*, sobretudo em dezembro/2016. Nesta última campanha, houve uma diminuição na diversidade do fitoplâncton em relação aos dados registrados nas quatro coletas anteriores, na maioria dos pontos, em função principalmente do predomínio de *S.cf. costatum*.

Na rede de amostragem, a comunidade fitoplânctônica está passível a influência das condições hidrodinâmicas, das dragagens de manutenção do Porto de Santos e das atividades de operação do terminal da BTP, sobretudo nas áreas próximas do terminal. No entanto, há outros empreendimentos portuários estabelecidos no estuário, além da ocorrência de demais interferências antrópicas, que podem afetar a diversidade do fitoplâncton.

Comparando os resultados de diversidade das cinco últimas campanhas com os dados das 50 campanhas pretéritas deste monitoramento, nota-se que o padrão de baixa diversidade é recorrente nas áreas de influência da BTP. No período compreendido entre dezembro/2010 a janeiro/2015, a diversidade variou entre $0,34 \text{ bits.ind}^{-1}$, no ponto P05 (rio Saboó), em março/2013, e $3,9 \text{ bits.ind}^{-1}$, no ponto P03 (Canal do Porto de Santos), em outubro/2011.

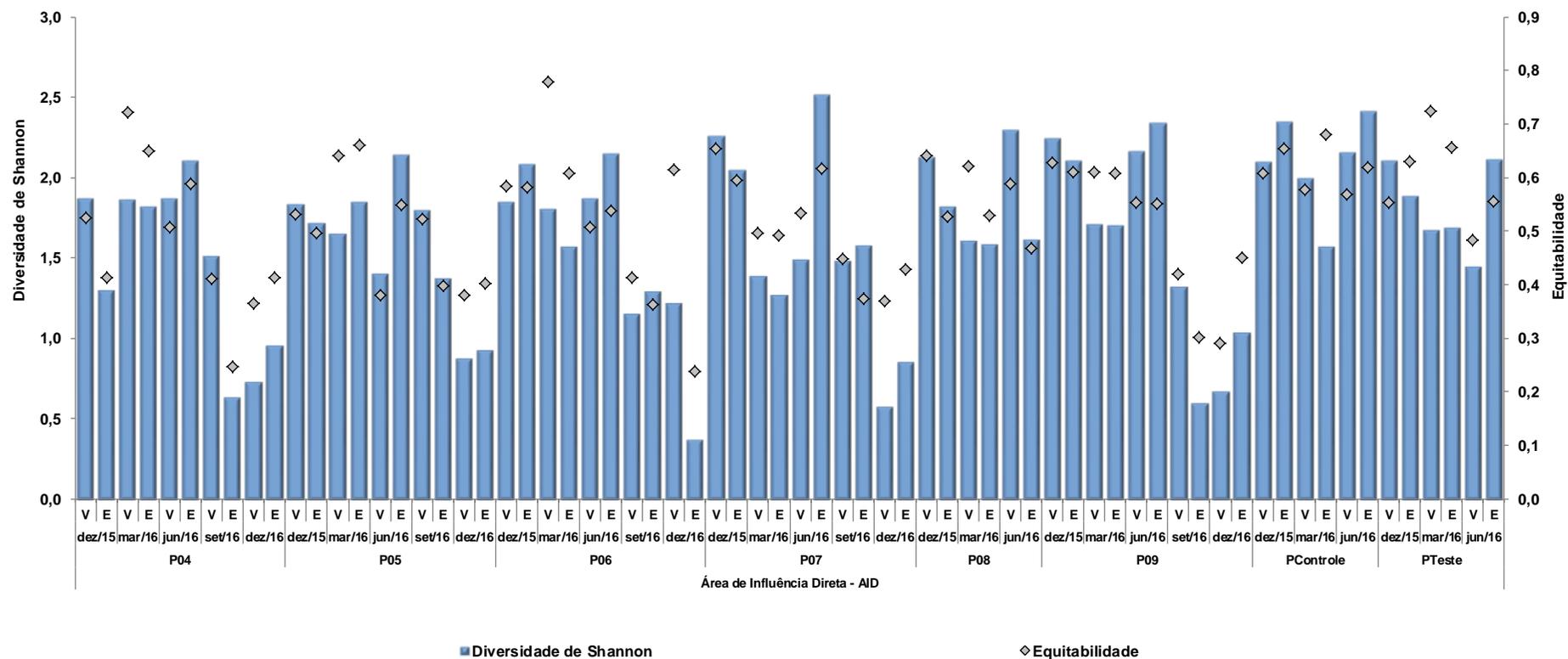
Na AID e ADA, a equitabilidade acompanhou a tendência do índice de diversidade, sendo detectados baixos valores ($< 0,6$), na maioria dos pontos, nas cinco campanhas, com resultado mínimo aferido no Canal do Porto de Santos (P01, enchente), em setembro/2016 (0,22), e máximo de 0,78, neste mesmo canal (P06, vazante, março/2016), em dezembro/2016. Nas Figuras 2.8.2.4.6.2.-17 e 2.8.2.4.6.2.-18 constam os resultados de diversidade e de equitabilidade, na AID e ADA da BTP.

Figura 2.8.2.4.6.2-17 - Índices de Diversidade de Shannon e de Equitabilidade do fitoplâncton, na ADA da BTP, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

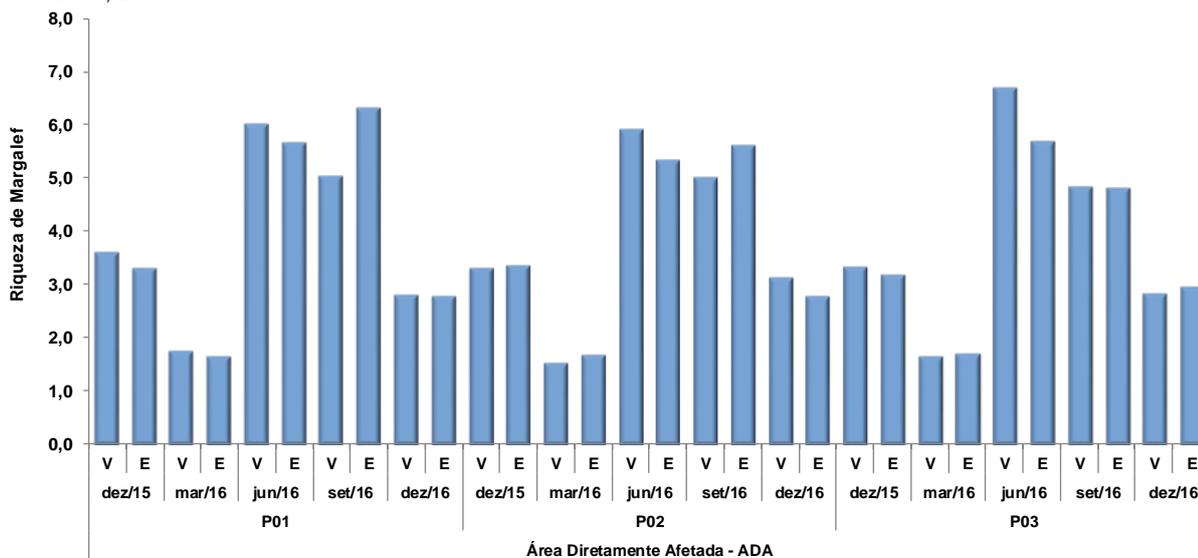
Figura 2.8.2.4.6.2-18 - Índices de Diversidade de *Shannon* e de Equitabilidade do fitoplâncton, na AID da BTP, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

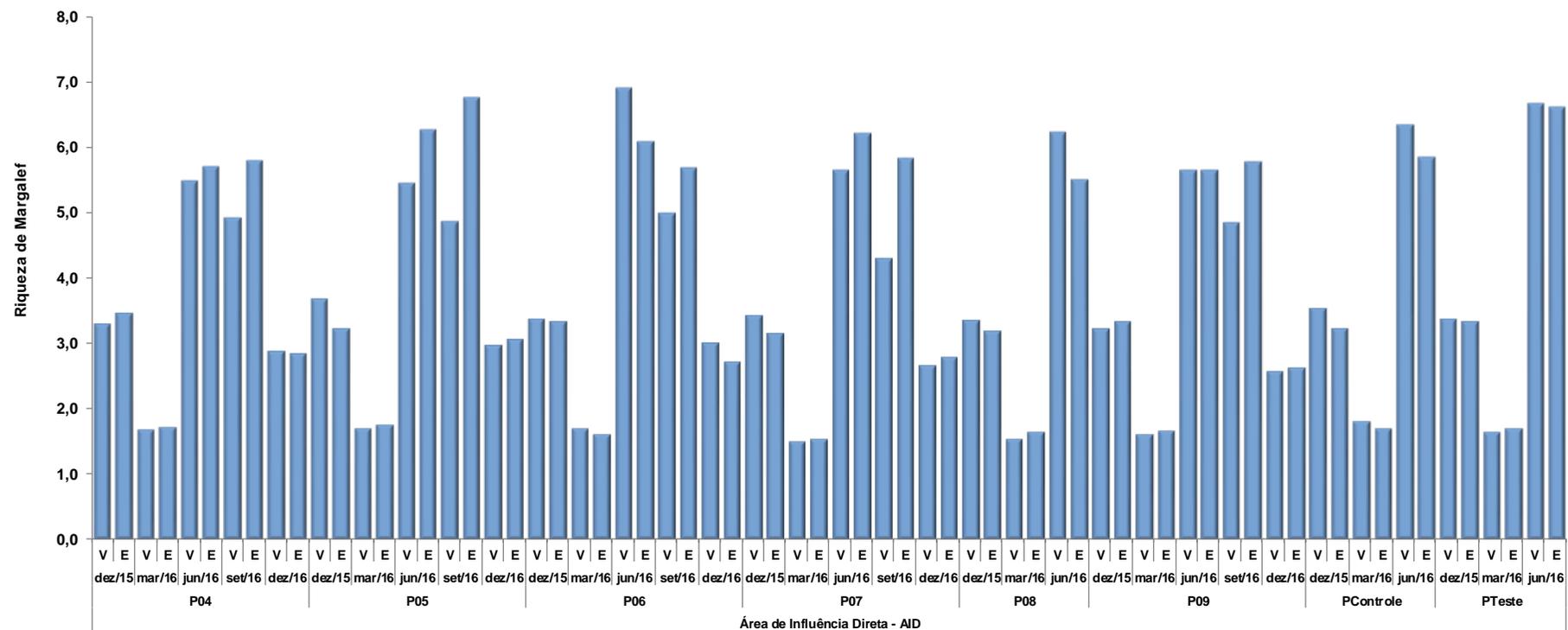
Os resultados do índice de riqueza de *Margalef*, nos pontos na ADA, variaram entre 1,53 (P02, vazante, em março/2016) e 6,7 (P03, vazante, em junho/2016), conforme Figura 2.8.2.4.6.2-19. Na AID, os valores oscilaram de forma semelhante ao padrão reportado na ADA, entre 1,51 (P07, vazante, março/2016) e 6,9 (P06, vazante, junho/2016), conforme Figura 2.8.2.4.6.2-20. Em todos os pontos, notaram-se valores mais elevados desse índice no inverno (junho e setembro/2016). Nas 53 campanhas anteriores, os resultados variaram de 1,5 (PTeste), em junho/2011, a 21,6 (P05), em maio/2012.

Figura 2.8.2.4.6.2-19 - Índice de Riqueza de *Margalef* do fitoplâncton, na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.2-20 - Índice de Riqueza de *Margalef* do fitoplâncton, na AID, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

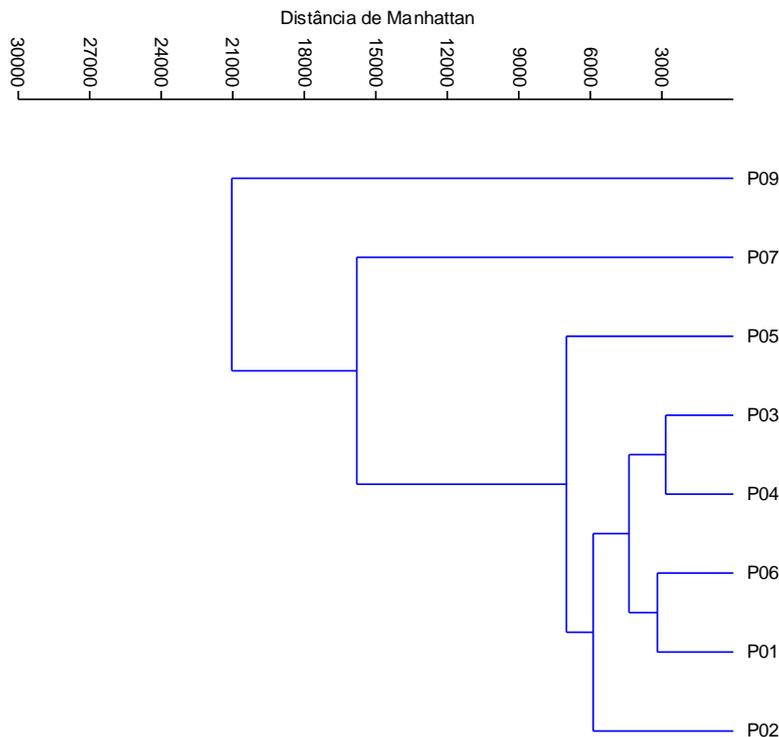
Na análise de agrupamento, utilizando o índice de distância de *Manhattan* e considerando os resultados de densidade do fitoplâncton integrados das cinco campanhas de amostragem, observou-se elevado nível de semelhança entre os pontos monitorados no Canal do Porto de Santos, situados na ADA (P01, P02 e P03), e os pontos P04 e P06, na AID.

Os resultados deste indicador evidenciaram que a comunidade fitoplanctônica não se distingue de acordo com as áreas de influência do empreendimento, o que sugere que as atividades desenvolvidas pela BTP, tais como o fluxo constante de embarcações na ADA, não tem interferido de forma relevante para o estabelecimento do fitoplâncton. Vale salientar, porém, que essa comunidade está sujeita a outras interferências antrópicas no estuário de Santos, conforme citado.

O índice de distância de *Manhattan* apontou o largo do Caneú (P09) como ambiente mais distinto dentre os locais monitorados, em relação à comunidade fitoplanctônica.

Cabe ressaltar que os pontos P08, PTeste e PControle foram excluídos desta análise, pois foram suprimidos da malha amostral, a partir da campanha 54 (setembro/2016), conforme citado.

Figura 2.8.2.4.6.2-21 - Índice de Distância de Manhattan do fitoplâncton, considerando as campanhas entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



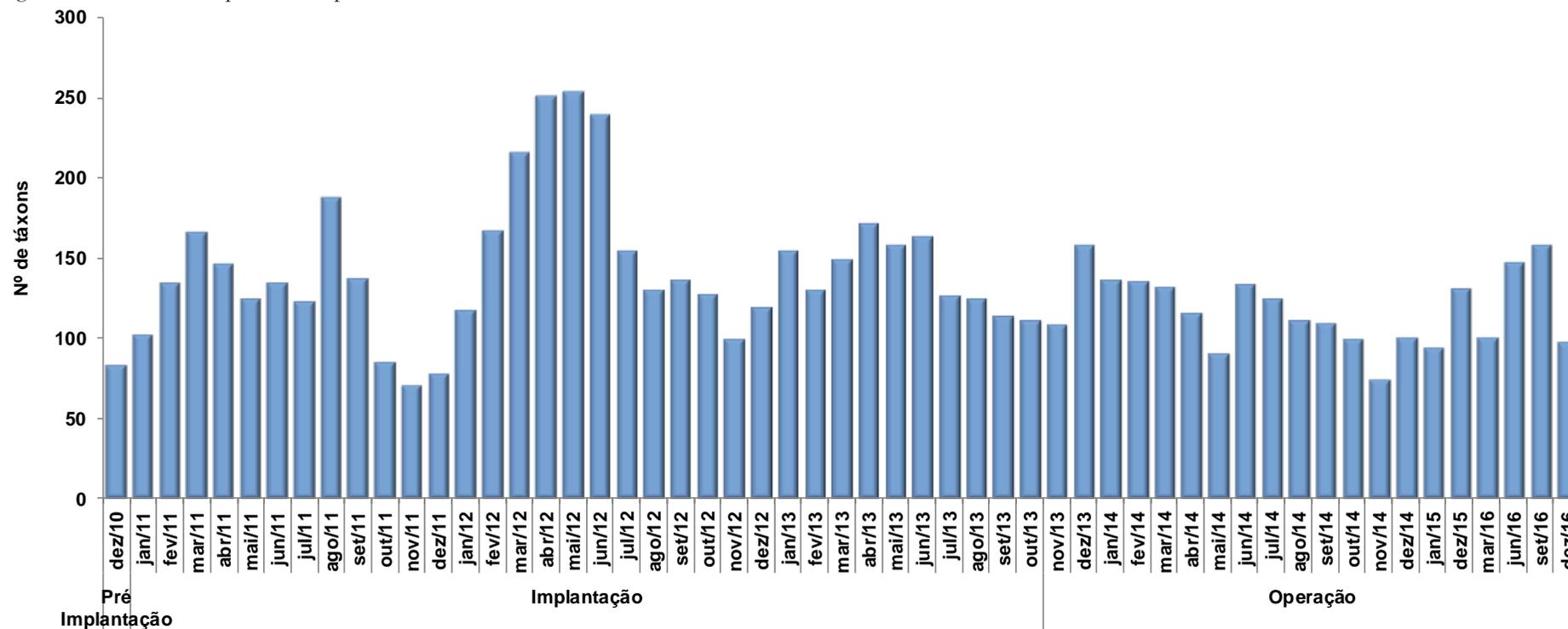
Coefficiente cofenético: 0,9537.

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Na Figura 2.8.2.4.6.2-22 são ilustrados os valores de riqueza do fitoplâncton por campanha, considerando todo o período de monitoramento (dezembro/2010 a dezembro/2016).

A menor riqueza do fitoplâncton foi registrada em novembro/2011 (71 táxons) e o maior valor (254 táxons), em maio/2012, ambos computados na etapa de implantação do empreendimento. De modo geral, no decorrer das 55 campanhas, detectou-se uma tendência de aumento na riqueza do fitoplâncton nos meses de verão.

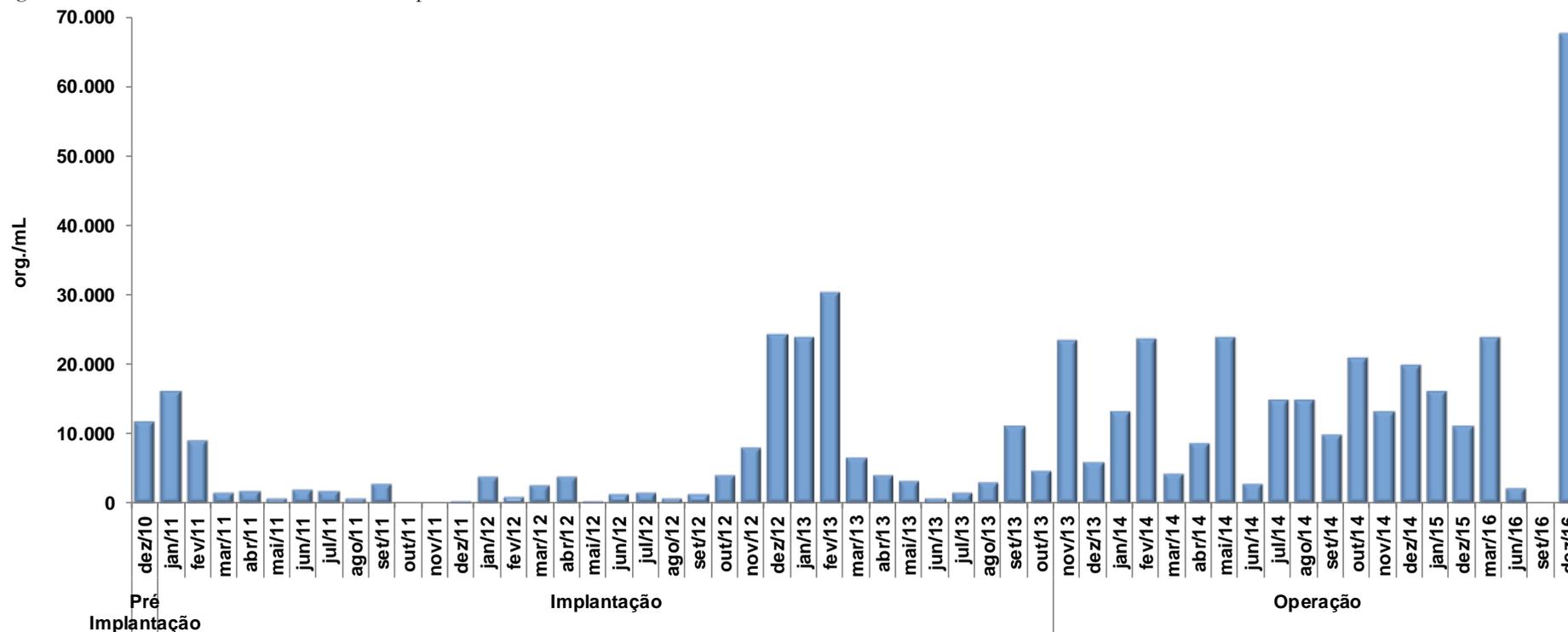
Figura 2.8.2.4.6.2-22 – Riqueza do fitoplâncton entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

A média da densidade do fitoplâncton, obtida para as 55 campanhas, é ilustrada na Figura 2.8.2.4.6.2-23. Houve variação da densidade ao longo do período monitorado, com mínimo de 228 org./mL (novembro/2011) e máximo de 67.634 org./mL (dezembro/2016). Conforme citado, na última campanha realizada (dezembro/2016), houve registro de floração da diatomácea *Skeletonema cf. costatum*. Assim como observado em relação à riqueza, os maiores valores médios de densidade estão associados aos meses de verão, quando é maior a intensidade luminosa, o que favorece uma maior abundância do fitoplâncton, o mesmo ocorre com o ictioplâncton e ictiofauna, com maiores abundâncias nos meses de primavera e verão. Comparando-se as densidades do fitoplâncton nas etapas do empreendimento, nota-se que os menores valores foram obtidos na fase de instalação, quando as atividades de dragagem tendem a intensificar a instabilidade na coluna d'água, apesar de serem verificadas altas riquezas fitoplanctônicas nesse mesmo período.

Figura 2.8.2.4.6.2-23 – Densidade média do fitoplâncton entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Os resultados da análise integrada da comunidade fitoplanctônica, considerando os dados do índice de diversidade desde o levantamento realizado na fase de pré-implantação do terminal da BTP (dezembro/2010), até a última campanha do presente monitoramento (dezembro/2016), indicam que há diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) na assembleia fitoplanctônica entre campanhas, enquanto a variação espacial não é relevante, conforme exposto na Tabela 2.8.2.4.6.2-2.

Tabela 2.8.2.4.6.2-2 - Análise de Variância, considerando a diversidade do fitoplâncton em função das campanhas de amostragem, entre dezembro/2010 e dezembro/2016.

Fonte de variação	gl	SQ	QM	F	p
Campanhas	54	115,60	2,14	18,06	$p < 0,01$
Áreas de Influência	1	0,05	0,05	0,41	0,52
Campanhas x Áreas de Influência	54	8,04	0,15	1,26	0,12
Erro	275	32,60	0,12		
Total	384	156,30			

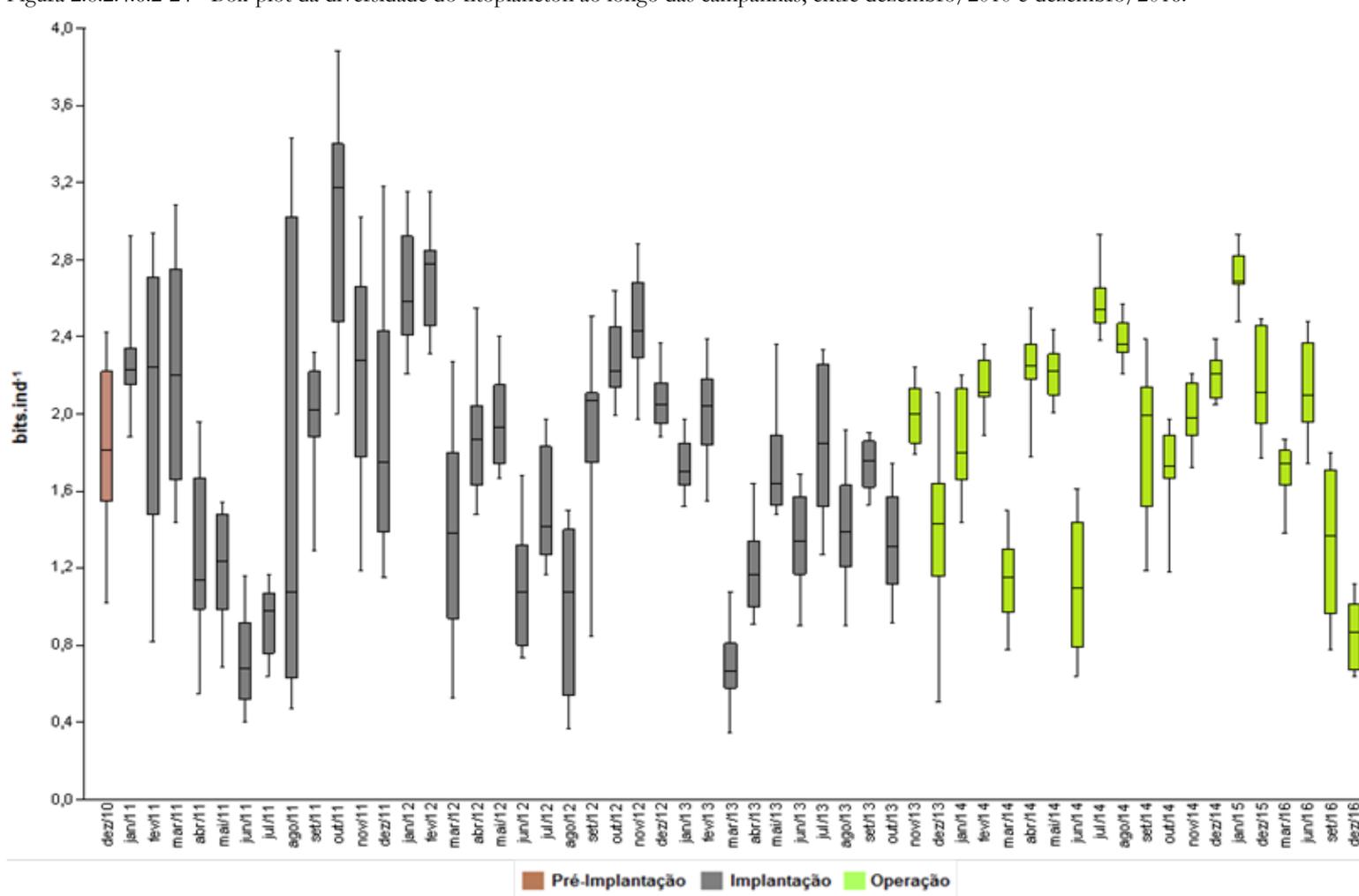
Legenda: gl = graus de liberdade, SQ = soma de quadrados, QM = quadrado médio, F= estatística F, p= probabilidade.

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Nas Figuras 2.8.2.4.6.2-24 e 2.8.2.4.6.2-25 é possível observar o padrão citado, havendo maior variação para o índice de diversidade entre as diferentes campanhas, enquanto que os resultados são relativamente similares entre os pontos de amostragem.

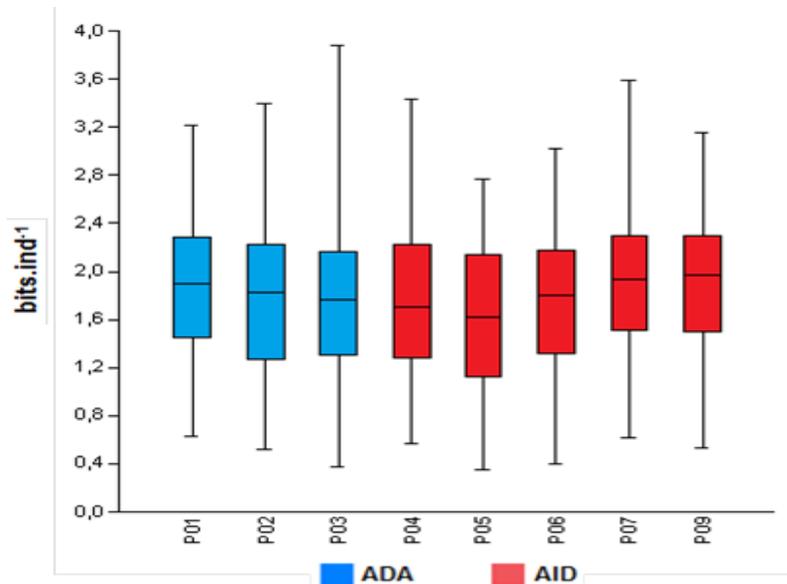
Notam-se menores valores de diversidade do fitoplâncton na fase de implantação, o que possivelmente reflete o efeito das dragagens de aprofundamento realizadas nesta etapa, atividade que tende a elevar o nível de turbidez da água e reduzir a zona eufótica, podendo interferir ainda com outras variáveis da qualidade da água. Na última campanha, realizada em dezembro/2016, na fase de operação, os resultados de diversidade também tenderam a ser mais reduzidos, uma vez que houve dominância da coscinodiscofícea *Skeletonema cf. costatum*. Contudo, como há baixa variação entre as áreas de influência, os resultados sugerem ausência de efeitos localizados sobre o fitoplâncton em relação à dinâmica atual da BTP.

Figura 2.8.2.4.6.2-24 - Box-plot da diversidade do fitoplâncton ao longo das campanhas, entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.2-25 - Box-plot da diversidade do fitoplâncton nos pontos de amostragem, considerando as campanhas entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

2.8.2.4.6.3. Zooplâncton

Na avaliação qualitativa do zooplâncton, considerando as cinco últimas campanhas, realizadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016, foi registrado na área de influência da BTP um total de 69 táxons, pertencentes aos seguintes grupos taxonômicos: Filo Arthropoda – subfilo Chelicerata (1), subfilo Crustacea - classe Maxillopoda – subclasse Copepoda – ordem Calanoida (14), ordem Cyclopoida (6), ordem Harpacticoida (6), ordem Poecilostomatoida (6), ordem Siphonostomatoida (1), subclasse Thecostraca - infraclasse Cirripedia (2), classe Malacostraca – ordem Decapoda (7), ordem Amphipoda (2), ordem Isopoda (1), ordem Mysida (1), ordem Tanaidacea (1), classe Branchiopoda – ordem Diplostraca - subordem Cladocera (3), classe Ostracoda (1); filo Chordata – subfilo Tunicata – classe Appendicularia – ordem Copelata (2), classe Ascidiacea (1), subfilo Vertebrata (2); filo Chaetognatha – classe Sagittoidea – ordem Aphragmophora (2); filo Annelida – classe Polychaeta (2); filo Mollusca – classe Bivalvia (1), classe Gastropoda (1); filo Cnidaria – classe Hydrozoa (1); filo Echinodermata (1); filo Bryozoa (1); filo Ciliophora (1); filo Rotifera (1); filo Foraminifera (1).

A comunidade zooplânctônica, no período mencionado, foi composta predominantemente por crustáceos copépodes (subclasse Copepoda), em especial das ordens Calanoida (20,3%), Harpacticoida (8,7%), Poecilostomatoida (8,7%) e Cyclopoida (7,0%), surgindo com menor importância a ordem Siphonostomatoida (1,4%). Dessa forma, os copépodes contribuíram, em conjunto, com 47,8% do total de táxons, nos pontos monitorados na AID e ADA da BTP, nas cinco campanhas em foco.

O predomínio de copépodes reproduz um padrão típico dos estuários, nos quais esses organismos constituem um dos grupos mais diversos do zooplâncton. Os copépodes representam o principal componente do holoplâncton, devido à capacidade que algumas espécies possuem de tolerar estresses ambientais e utilizar detritos orgânicos como fonte de energia. Esses organismos constituem também um importante elo na cadeia alimentar, atuando na transferência de energia e matéria orgânica entre os produtores primários e animais de níveis tróficos superiores, como invertebrados carnívoros e peixes planctívoros.

Na AID e ADA da BTP, a ordem Calanoida (calanóides), que se destacou em termos de riqueza específica dentre os copépodes, compreende organismos essencialmente filtradores que

ingerem pequenas partículas vegetais e animais. Esse grupo reuniu integrantes das famílias Acartiidae, Centropagidae, Eucalanidae, Paracalanidae, Pontellidae, Pseudodiaptomidae e Temoridae, com presença de espécies típicas de estuário como *Acartia tonsa* e *Paracalanus quasimodo*, as quais foram detectadas em todos os pontos e campanhas em análise.

Exemplares de *Acartia tonsa* são classificados por Montú (1980) como eurihalinos e euritêrmicos, pois podem tolerar variações expressivas de salinidade (0 a 38‰) e de temperatura (0 a 40°C), sendo considerados relevantes e abundantes em diversas regiões estuarinas. O copépode *Paracalanus quasimodo* também é considerada uma espécie eurihalina (BOLTOVSKOY, 1999).

As ordens Harpacticoida e Poecilostomatoida reuniram, na AID e ADA, seis táxons cada. A primeira ordem englobou espécies das famílias Clytemnestridae, Ectinosomatidae e Euterpinidae e a segunda integrou espécies das famílias Corycaidae, Ergasilidae e Oncaeidae.

A ordem Harpacticoida é bentônica e coloniza as camadas superficiais dos sedimentos, alimentando-se de microrganismos e detritos. Poecilostomatoida apresenta distribuição em diversos habitats, incluindo ambientes dulcícolas e salinos, e a maior parte de seus exemplares é ectoparasita de peixes e invertebrados.

Os ciclopoídes (Cyclopoida) são preferencialmente carnívoros e, na rede de amostragem, compreenderam quatro táxons, Cyclopoida N.I., copepoditos, e integrantes das famílias Cyclopidae (*Thermocyclops* sp.) e Oithonidae (*Oithona* spp., *Oithona oswaldocruzi* e *Oithona plumifera*). Conforme citado, foram verificados também copépodes da ordem Siphonostomatoida, com apenas um táxon.

A classe Maxillopoda foi representada ainda pela subclasse Thecostraca, tendo sido inventariados náuplios e cípris da infraclasse Cirripedia. Essas fases são componentes do meroplâncton, enquanto os adultos de Cirripedia são bentônicos e sésseis.

Ressalta-se também a participação dos crustáceos da classe Malacostraca na composição da matriz zooplânctônica no estuário de Santos, que englobaram 17,4% do total de táxons inventariado. Essa classe reuniu cinco ordens: Decapoda, Amphipoda, Isopoda, Mysida e Tanaidacea.

Os decápodes (ordem Decapoda) tiveram maior riqueza dentre os Malacostraca, com 7 táxons, o que reproduz um resultado similar ao obtido nas 50 campanhas anteriores deste subprograma de monitoramento, realizado na AID e ADA da BTP.

Esses organismos, assim como outros crustáceos, se deslocam ao final do verão para desovar em águas mais profundas e passam por um ciclo de desenvolvimento através de fases larvais livres natantes típicas. Essas fases compõem o meroplâncton, como zoea de Brachyura, amostrada nas campanhas em análise.

De acordo com Sastry (1983), os Decapoda apresentam um notável sucesso, que se reflete tanto em relação ao número de espécies viventes, quanto em termos de colonização de diferentes habitats, o que resulta em diversidade de padrões de ciclos de vida e estratégias reprodutivas.

Nos pontos monitorados na AID e ADA observou-se também a ocorrência de crustáceos Branchiopoda da ordem Cladocera (3 táxons), componentes das famílias Bosminidae, Daphniidae e Sididae. Segundo Pennak (1978), os cladóceros geralmente se sobressaem em sistemas aquáticos oligotróficos, onde o fitoplâncton é composto por partículas de menor tamanho, adequadas para filtração, e onde não há praticamente variações bruscas de oxigênio, que são mais bem toleradas por copépodes.

Os crustáceos foram representados também por exemplares da classe Ostracoda e, além do subfilos Crustacea, os artrópodes foram representados ainda pelo subfilos Chelicerata, com um táxon (subclasse Acari).

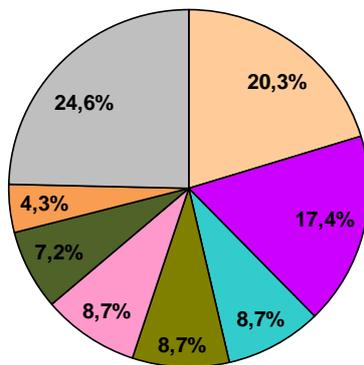
O filo Chordata contribuiu com 7,2% da riqueza do zooplâncton nos pontos monitorados na AID e ADA da BTP. Os exemplares desse grupo foram distribuídos entre o subfilos Tunicata também conhecido como Urochordata, com táxons da família Oikopleuridae e da classe Ascidiacea, e o subfilos Vertebrata, com ovos e larvas de peixes.

Os exemplares da família Oikopleuridae (gênero *Oikopleura*), registrados na malha amostral, são herbívoros e se alimentam de pico e nanoplâncton, reunindo espécies tipicamente marinhas. A abundância deste grupo é fortemente influenciada pela descarga de águas continentais, que introduz uma grande quantidade de nutrientes nos estuários (CAPITANIO & ESNAL, 1998). Táxons de Ascidiacea também conhecidas popularmente como seringas-do-mar, tem representantes sésseis, coloniais ou solitários, ocorrendo em rochas, conchas, substratos artificiais ou mesmo sedimentos. Suas larvas compõem o meroplâncton, assim como os ovos e larvas dos peixes.

Os filos Chaetognatha, Annelida, Mollusca, Cnidaria, Echinodermata, Bryozoa, Ciliophora, Rotifera e Foraminifera foram menos relevantes na composição do zooplâncton nos pontos amostrados na AID e ADA da BTP, nas cinco últimas campanhas, com apenas um ou dois táxons, cada, correspondendo a riqueza inferior a 3%.

A seguir, nas Figuras 2.8.2.4.6.3-1 e 2.8.2.4.6.3-2, consta um comparativo da composição taxonômica do zooplâncton, levando em conta os dados coletados no período de dezembro/2015 a dezembro/2016 e os dados integrados das campanhas desenvolvidas desde dezembro/2010 a dezembro/2016. Os relatórios de ensaio do zooplâncton, considerando as campanhas entre dezembro de 2015 a dezembro de 2016, constam no ANEXO H (apresentado apenas em formato digital).

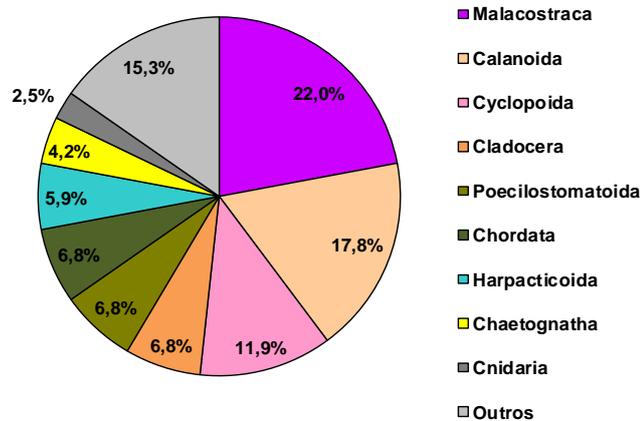
Figura 2.8.2.4.6.3-1 - Riqueza relativa do zooplâncton, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Legenda: Outros correspondem aos filos Chaetognatha, Cnidaria, Rotifera, Mollusca, Foraminifera, Ciliophora, Bryozoa e Echinodermata, às classes Cirripedia, Ostracoda, Polychaeta, Arachnida e à ordem Siphonostomatoida.

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.3-2 - Riqueza relativa do zooplâncton, entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Legenda: Outros correspondem aos filos Rotifera, Porifera, Ciliophora, Foraminifera Mollusca, Echinodermata, Nematoda e Bryozoa, às classes Polychaeta, Arachnida Cirripedia, Ostracoda e à ordem Siphonostomatoida.

Nas 50 campanhas prévias deste programa de monitoramento, registrou-se o total de 99 táxons do zooplâncton. Considerando a integração dos resultados, desde a primeira até a campanha 55, detectou-se na área de influência da BTP um total de 118 táxons.

A partir dos resultados é possível constatar que a composição da comunidade zooplânctônica amostrada no período de dezembro/2015 e dezembro/2016, na AID e ADA da BTP, apresenta-se relativamente semelhante ao padrão observado ao longo das 50 campanhas prévias, nas quais também houve predomínio qualitativo de crustáceos copépodes, sobretudo da ordem Calanoida e da classe Malacostraca.

Dentre os organismos inventariados, destacaram-se pela sua presença constante na AID e ADA da BTP os copépodes *Acartia tonsa* e *Paracalanus quasimodo*, que, conforme citado anteriormente, foram observados desde a campanha pré-dragagem e durante todas as coletas realizadas nas etapas de instalação e de operação do empreendimento (100% de frequência nas campanhas).

As espécies *Acartia tonsa* e *Paracalanus quasimodo* são onívoras e neríticas, sendo ambas comuns no estuário de Santos, conforme atestam também os levantamentos realizados para os Estudos de Impacto Ambiental - EIA da Carbocloro (DTA, 2006) e da Brasil Terminal Portuário – BTP (BTP & MKR, 2008 b).

Os náuplios de Calanoida, os copépodes *Temora turbinata*, os ciclopóides *Oithona oswaldocruzi*, os hidrozoários (classe Hydrozoa), além dos exemplares meroplantônicos zoea de Brachyura, larvas de peixes, larvas de Polychaeta e os náuplios e cípris de Cirripedia, também foram relevantes em termos de frequência de ocorrência por estarem presentes na maioria das 50 coletas anteriores, incluindo as cinco últimas amostragens (>85% de frequência nas campanhas).

De acordo com o Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil (MMA, 2009), do conjunto de espécies inventariadas entre dezembro/2010 e dezembro/2016, apenas *Temora turbinata* é considerada exótica, sendo observada de forma recorrente na costa brasileira, apresentando indícios de aumento populacional ao longo do tempo, porém não apresenta impactos ecológicos ou socioeconômicos aparentes (Tabela 2.8.2.4.6.3-1). A origem de *T. turbinata* é desconhecida e sua introdução no Brasil ocorreu provavelmente por deslastre de navios (MMA, 2009). Esta espécie foi registrada na AID e ADA da BTP a partir da quarta campanha (março/2011) e foi inventariada também na maioria das amostragens em análise, com exceção de dezembro/2016.

Ressalta-se que não foi definido nenhum nível de ameaça às espécies identificadas na área de influência da BTP, de acordo com a Portaria MMA nº 445/14 e o Decreto nº 60.133/14, que versam sobre as espécies da fauna ameaçadas em âmbito nacional e estadual, respectivamente.

Tabela 2.8.2.4.6.3-1: Frequência de ocorrência da comunidade zooplancônica no Âmbito do Monitoramento das Comunidades Planctônicas, Santos, São Paulo, entre as campanhas de dezembro/15 a dezembro/16.

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
Filo Arthropoda							
Subfilo Chelicerata							
Classe Arachnida							
Subclasse Acari	x					1	20
Subfilo Crustacea							
Classe Cirripedia							
Náuplio	x	x	x	x	x	5	100
Cípris	x	x	x	x	x	5	100
Classe Ostracoda	x	x				2	40
Classe Branchiopoda							
Ordem Cladocera							
<u>Família Bosminidae</u>							
<i>Bosmina</i> spp.		x				1	20
<u>Família Daphniidae</u>							
<i>Daphnia gessneri</i>		x				1	20
Infraordem Ctenopoda							
<u>Família Sididae</u>							

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
<i>Penilia avisrostris</i>			x	x		2	40
Classe Copepoda							
Ordem Calanoida							
Náuplios	x	x	x	x	x	5	100
Copepoditos	x	x	x	x	x	5	100
<u>Família Acartiidae</u>							
<i>Acartia tonsa</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Acartia liljeborgi</i>	x	x	x	x	x	5	100
<u>Família Centropagidae</u>							
<i>Centropages furcatus</i>			x			1	20
<u>Família Eucalanidae</u>							
<i>Eucalanus pileatus</i>		x	x			2	40
<i>Eucalanus</i> spp.			x			1	20
<u>Família Paracalanidae</u>							
<i>Paracalanus quasimodo</i>	x	x	x	x	x	5	100
<u>Família Pontellidae</u>							
<i>Calanopia americana</i>		x	x			2	40
<i>Labidocera fluviatilis</i>			x	x	x	3	60
<u>Família Pseudodiaptomidae</u>							
<i>Pseudodiaptomus acutus</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Pseudodiaptomus</i> spp.			x			1	20
<u>Família Temoridae</u>							
<i>Temora turbinata</i> ***	x	x	x	x		4	80
<i>Temora stylifera</i>			x	x		2	40
Ordem Cyclopoida							
Cyclopoida N.I.	x	x	x	x	x	5	100
Copepoditos	x	x				2	40
<u>Família Cyclopidae</u>							
<i>Thermocyclops</i> sp.	x					1	20
<u>Família Oithoniidae</u>							
<i>Oithona</i> spp.	x	x	x	x	x	5	100
<i>Oithona osvaldocruzii</i>	x	x	x	x	x	5	100
<i>Oithona plumifera</i>			x			1	20
Ordem Harpacticoida							
Copepoditos	x					1	20
Náuplio	x					1	20
Não identificado	x	x	x	x		4	80
<u>Família Clytemnestridae</u>							
<i>Clytemnestra</i> sp.	x		x	x		3	60
<u>Família Ectinosomatidae</u>							
<i>Microsetella</i> spp.	x	x	x	x		4	80
<u>Família Euterpinidae</u>							

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
<i>Enterpina acutifrons</i>	x	x	x	x	x	5	100
Ordem Poecilostomatoida							
<u>Família Ergasilidae</u>							
<i>Ergasilus</i> sp.	x					1	20
<i>Ergasilus</i> spp.		x		x		2	40
<u>Família Corycaeidae</u>							
<i>Corycaeus</i> spp.				x		1	20
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	x	x	x	x		4	80
<u>Família Oncaeidae</u>							
<i>Oncaea</i> sp.	x					1	20
<i>Oncaea</i> spp.		x	x	x		3	60
Ordem Siphonostomatoida	x	x	x	x	x	5	100
Classe Malacostraca							
Ordem Decapoda							
Subordem Pleocyemata							
Não identificado				x		1	20
Infraordem Anomura							
<u>Família Porcellanidae</u>							
Larva	x	x	x			3	60
Infraordem Brachyura							
Zoea	x	x	x	x	x	5	100
Megalopa (Larva)	x	x		x		3	60
Infraordem Caridea							
<u>Família Alpheidae</u>	x					1	20
<u>Família Palaemonidae</u>							
<i>Kemponia</i> sp.	x					1	20
Não identificado	x	x	x	x	x	5	100
Ordem Amphipoda							
<u>Família Caprellidae</u>		x	x	x	x	4	80
Subordem Gammaridea	x	x		x	x	4	80
Ordem Isopoda	x	x				2	40
Ordem Mysida							
<u>Família Mysidae</u>				x		1	20
Ordem Tanaidacea		x				1	20
Filo Mollusca							
Classe Bivalvia							
Véliger (Larvas)	x					1	20
Classe Gastropoda							
Larvas	x					1	20
Filo Cnidaria							
Classe Hydrozoa							
Não identificado	x	x	x	x	x	5	100

Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	* Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
Filo Foraminifera		x				1	20
Filo Ciliophora							
Classe Oligotrichea							
Ordem Choreotrichida							
Subordem Tintinnina		x				1	20
Filo Annelida							
Classe Polychaeta							
Não identificado			x	x	x	3	60
Larvas	x	x	x	x	x	5	100
Filo Chaetognatha							
Classe Sagittoidea							
Ordem Aphragmophora							
Família Sagittidae							
<i>Parasagitta</i> spp.		x	x	x	x	4	80
<i>Parasagitta friderici</i>	x		x	x	x	4	80
Filo Chordata							
Subfilo Urochordata							
Classe Appendicularia							
Ordem Copelata							
Família Oikopleuridae							
<i>Oikopleura</i> spp.		x	x	x	x	4	80
<i>Oikopleura dioica</i>	x	x	x	x	x	5	100
Classe Ascidiacea							
Larva		x	x	x	x	4	80
Subfilo Vertebrata							
Larvas de peixe	x	x	x	x	x	5	100
Ovos de peixe	x	x		x	x	4	80
Filo Rotifera							
Classe Bdelloidea							
Não identificado	x					1	20
Filo Echinodermata							
Larvas			x	x		2	40
Filo BRYOZOA							
Larva (Cifonauta)				x		1	20
Total de táxons	43	43	42	43	28		

Legenda: * Frequência de ocorrência considerando somente as cinco últimas campanhas. ** Os resultados das campanhas de dezembro/10 a junho/14 foram apresentados no relatório consolidado de 2014 (BTP & PROBIOTA, 2014), e os de julho/14 a janeiro/15 foram representados no relatório consolidado de 2015 (BTP & CPEA, 2015).

*** Espécie exótica

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Nas Figuras 2.8.2.4.6.3-3 a 2.8.2.4.6.3-8 constam os exemplares da comunidade zooplanctônica que mais se sobressaíram em termos de frequência de ocorrência nas coletas deste subprograma.

Figura 2.8.2.4.6.3-3 - Copepoda *Acartia tonsa*.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.3-4 - Copepoda *Paracalanus quasimodo*.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.3-5 - Copepoda *Oithona oswaldocruzi*



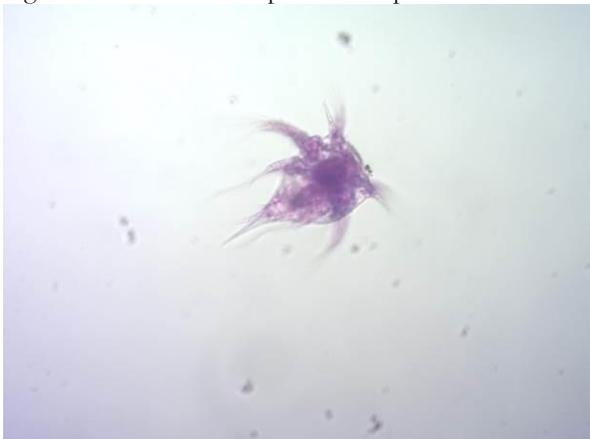
Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.3-6 - Copepoda *Temora turbinata*



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.3-7 - Náuplio de Cirripedia



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.3-8 - Cipris de Cirripedia



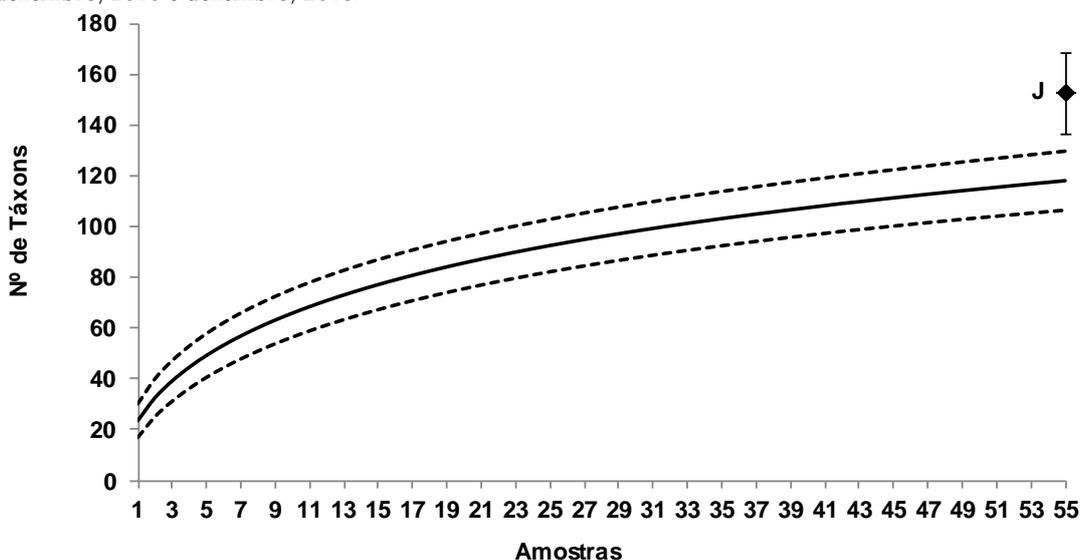
Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Nota: A tonalidade avermelhada dos organismos deve-se ao uso de corante para facilitar a identificação.

Conforme ilustra a Figura 2.8.2.4.6.3-9, a curva de rarefação de espécies apresenta uma tendência crescente, sobretudo nas 20 primeiras campanhas, atingindo aproximadamente 73% do total de táxons presentes no decorrer de todas as 55 campanhas de monitoramento. Após este período, o acréscimo na riqueza do zooplâncton passa a ser menos intenso, porém, ainda contínuo.

O número de táxons amostrados (118) ao longo das 55 campanhas corresponde à aproximadamente 77% do total estimado pelo índice Jackknife 1ª ordem (152 táxons). Esse resultado indica que uma elevada quantidade de espécies do zooplâncton foi caracterizada no decorrer deste programa de monitoramento. Nesse sentido, entende-se que a metodologia proposta é eficiente para a caracterização do zooplâncton, atendendo as metas e os objetivos do programa.

Figura 2.8.2.4.6.3-9 - Curva de rarefação de táxons do zooplâncton e estimador Jackknife (J) de 1ª ordem, entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Legenda: A linha contínua representa a curva obtida pelo valor médio das 1.000 randomizações das campanhas e as linhas pontilhadas, assim como as barras no estimador, representam o intervalo de confiança de 95%.
Fonte: CPEA/Econsult (2017).

ANÁLISE TEMPORAL

A seguir apresenta-se uma avaliação dos resultados qualitativos e quantitativos do zooplâncton, na ADA e na AID do terminal da BTP, o que permite traçar uma dinâmica do comportamento destes organismos no período de dezembro/2015 a dezembro/2016.

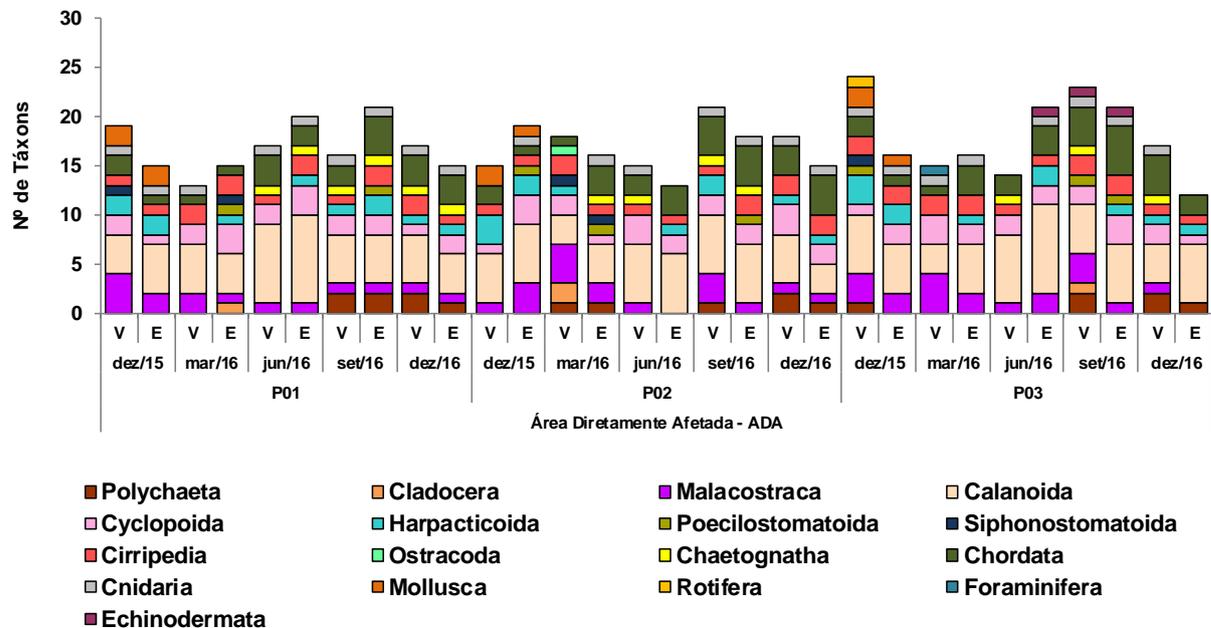
Na ADA (P01, P02 e P03), a riqueza mínima do zooplâncton, de 12 táxons, foi verificada no ponto P03, na enchente, em dezembro/2016. O maior valor, de 24 táxons, foi observado no ponto P02, na vazante, em dezembro/2015. Nota-se que os resultados aferidos nas cinco últimas amostragens se assemelham com os dados das 50 coletas prévias, nas quais a oscilação dos valores de riqueza foi de sete táxons (P02 e P03, março/2014) a 23 táxons (P01 e P03, julho/2014).

De forma geral, observou-se baixa variação no número de táxons entre as amostras de enchente e vazante, não sendo detectado um padrão de incremento ou de redução do zooplâncton em uma determinada maré que englobasse todos os pontos.

De maneira similar, a avaliação temporal indica pouca variação entre as campanhas em análise, sendo detectado número de táxons ligeiramente maior em dezembro/2015, no final da primavera, início do verão, em relação à coleta subsequente. Contudo, em dezembro/2016, verificou-se uma ligeira diminuição da riqueza, quando comparado com os dados obtidos em setembro desse ano.

Conforme ilustrado na Figura 2.8.2.4.6.3-10, nas cinco últimas coletas, os crustáceos, sobretudo copépodes da ordem Calanoida, tiveram maior participação na composição qualitativa do zooplâncton na maioria dos pontos na ADA, padrão similar ao obtido nas amostragens anteriores deste programa.

Figura 2.8.2.4.6.3-10 - Riqueza do zooplâncton por campanha na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Na ADA, a densidade mínima nas cinco campanhas em análise foi de 43 org./m³, resultado obtido em dezembro/2015, no ponto P02 (vazante). O valor mais elevado, de 11.389 org./m³, foi verificado no ponto P01, em março/2016, na maré vazante.

Ao contrário do constatado na avaliação da riqueza, a análise quantitativa indica um menor número de organismos do zooplâncton em dezembro/2015, sendo os valores mais elevados observados em março/2016, junho/2016 e dezembro/2016. A densidade dessa comunidade oscilou também entre as marés, porém não se observou um padrão de variação para todos os pontos.

De forma geral, os integrantes do holoplâncton se sobressaíram pela predominância numérica na rede de amostragem, sobretudo devido à contribuição dos copépodes. De acordo com Tundisi (1970), as espécies de Copepoda são frequentemente citadas como dominantes na maioria dos estuários, destacando-se em levantamentos anteriores no sistema estuarino de Santos (FRF, 2008) e na área de estudo da BTP (BTP & PROBIOTA, 2014; BTP & CPEA, 2015; 2016).

Dentre os copépodes, os Calanoida corresponderam ao grupo com maior contribuição na densidade das amostras avaliadas, apresentando até 97% da abundância relativa do zooplâncton (P03, enchente, dezembro/2016). Destacou-se também a participação dos crustáceos Cirripedia e, secundariamente, dos Cyclopoida e dos Chordata.

Os copepoditos de Calanoida foram os responsáveis pelas maiores densidades obtidas, atingindo 6.012 org./m³ no ponto P02, na enchente, em dezembro/2016. *Oithona oswaldocruzi* registrou a maior densidade entre os ciclopóides, (987 org./m³ no ponto P02, na enchente, em setembro/2016), enquanto os cordados mais numerosos foram *Oikopleura dioica*, com 1.930 org./m³ no ponto P01 (vazante, dezembro/2016). Dentre os Cirripedia, a fase de náuplio, que compõe o meroplâncton, foi detectada em maior densidade, com até 4.984 org./m³, no ponto P01, vazante, em março/2016.

De forma geral, esses táxons são comuns no estuário de Santos e também se sobressaíram pela abundância na ADA da BTP em campanhas pretéritas deste programa de monitoramento (CPEA & BTP, 2015).

Na Figura 2.8.2.4.6.3-11 constam os resultados de densidade do zooplâncton na ADA, sendo os percentuais de abundância relativa dos grupos que compõe essa comunidade expressos na Figura 2.8.2.4.6.3-12.

Figura 2.8.2.4.6.3-11 - Densidade do zooplâncton por campanha na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.

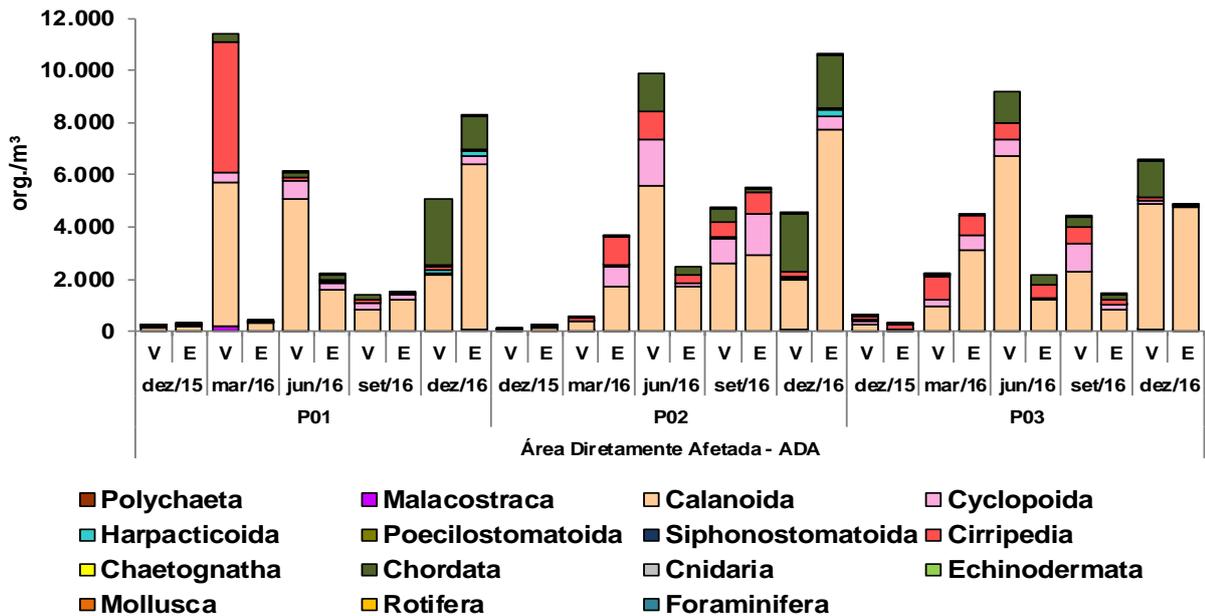
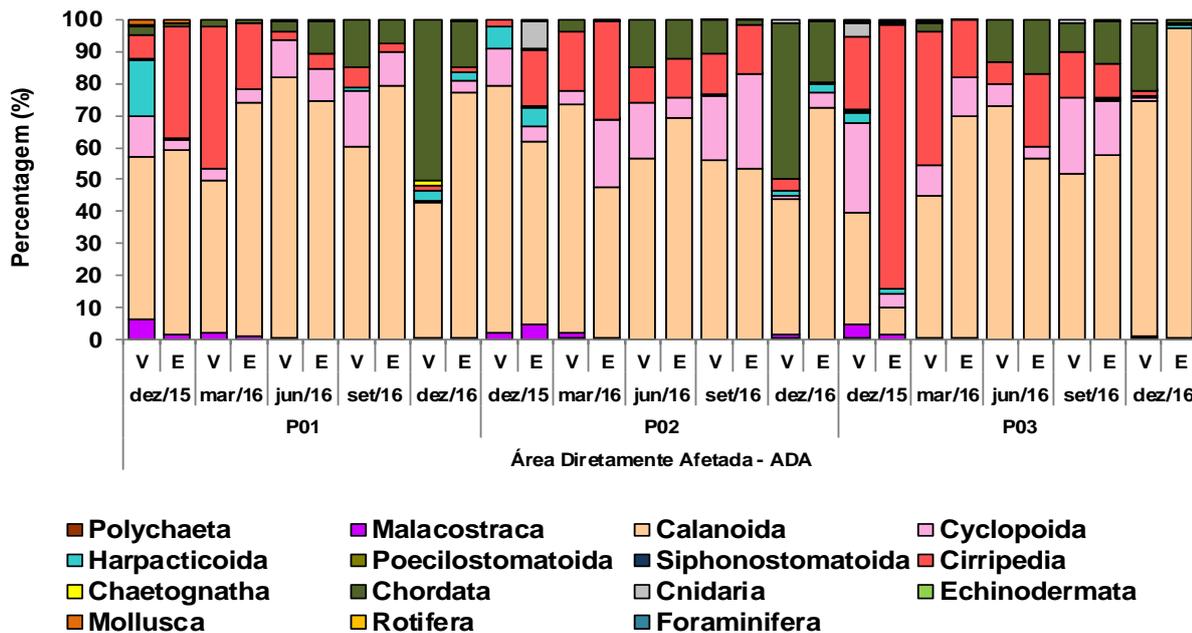


Figura 2.8.2.4.6.3-12 - Abundância relativa do zooplâncton por campanha na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



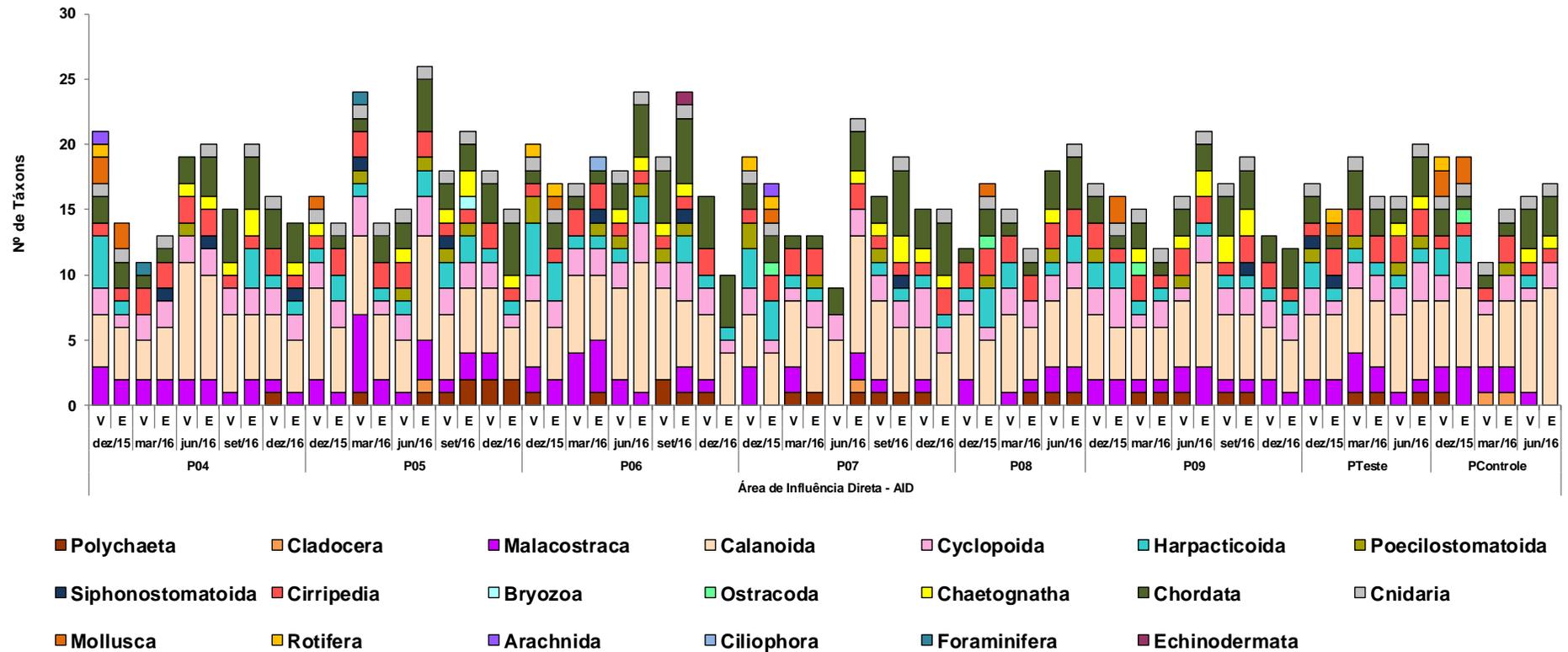
Nos pontos da AID situados no Canal do Porto de Santos, a riqueza do zooplâncton variou entre 9 táxons no ponto P07 (vazante), em junho/2016, e 24 táxons no ponto P06, em junho/2016 e setembro/2016 (enchente). Nesse ambiente, assim como verificado na ADA, detectou-se predomínio qualitativo de crustáceos, sobretudo da ordem Calanoida, e de cordados.

No rio Saboó (P05), a riqueza do zooplâncton oscilou de um mínimo de 14 táxons, em dezembro/2015 e março/2016, a um máximo de 26 táxons em junho/2016, ambos observados na maré enchente, não sendo observada diferenciação relevante em termos de composição taxonômica nesse rio quando comparado aos dados registrados no Canal do Porto de Santos.

De forma similar, nos largos de Santa Rita (P08, amostrado até junho/2016) e do Caneú (P09), a riqueza se manteve no mesmo patamar dos demais pontos monitorados, variando de 12 táxons (dezembro/2015, na vazante, e março/2016, na enchente, em P08; março/2016 e dezembro/2016, na enchente, em P09), a 21 táxons (enchente, junho/2016).

Conforme citado para a ADA, nos locais amostrados na AID nota-se pequena oscilação nos valores de riqueza entre as marés de vazante e de enchente, sendo detectada tendência de maior número de táxons em dezembro/2015, junho/2016 e setembro/2016, quando comparado março/2016 e dezembro/2016 (Figura 2.8.2.4.6.3-13).

Figura 2.8.2.4.6.3-13 - Riqueza do zooplâncton por campanha na AID, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Nos pontos do Canal do Porto de Santos que compõe a malha amostral da AID, a maior densidade do zooplâncton foi equivalente a 14.734 org./m³, detectada no P07 (junho/2016), enquanto que o menor valor, correspondente a 240 org./m³, foi computado no ponto PControle, em dezembro/2015, ambos na maré vazante.

No rio Saboó (P05), o número de organismos zooplantônicos foi relativamente mais elevado em dezembro/2016, com máximo de 5.421 org./m³ na enchente, sendo o menor valor, de 565 org./m³, obtido na vazante, em março/2016.

Nos largos (P08 e P09), os resultados de densidade foram similares aos verificados nos demais ambientes, com exceção do pico de 31.814 org./m³, observado no largo do Caneú (P09, vazante, junho/2016), que representou o maior valor de densidade de toda a malha amostral.

De acordo com o exposto, na AID as densidades mais elevadas ocorreram em junho/2016 e também em dezembro/2016, na maioria dos pontos. No geral, os copépodes, sobretudo da ordem Calanoida, corresponderam ao grupo com maior abundância, correspondendo a mais de 30% dos organismos coletados na maioria das amostras. Dessa forma, em termos numéricos, a composição da comunidade zooplantônica foi relativamente similar entre as áreas que compõe a AID, assemelhando-se também ao observado para a ADA.

Dentre os Calanoida, os náuplios registraram as maiores densidades, com até de 12.214 org./m³ no ponto P07 (vazante, junho/2016). Os ciclopóides, os cordados e os cirripédios corresponderam aos grupos secundariamente relevantes na avaliação quantitativa, principalmente devido à contribuição de *Oithona oswaldocruzi* (Cyclopoida), que atingiu 7.126 org./m³, de *Oikopleura* spp. (Chordata), com 4.963 org./m³, e de náuplios de Cirripedia, com 8.272 org./m³, todos obtidos no largo do Caneú, na vazante, em junho/2016.

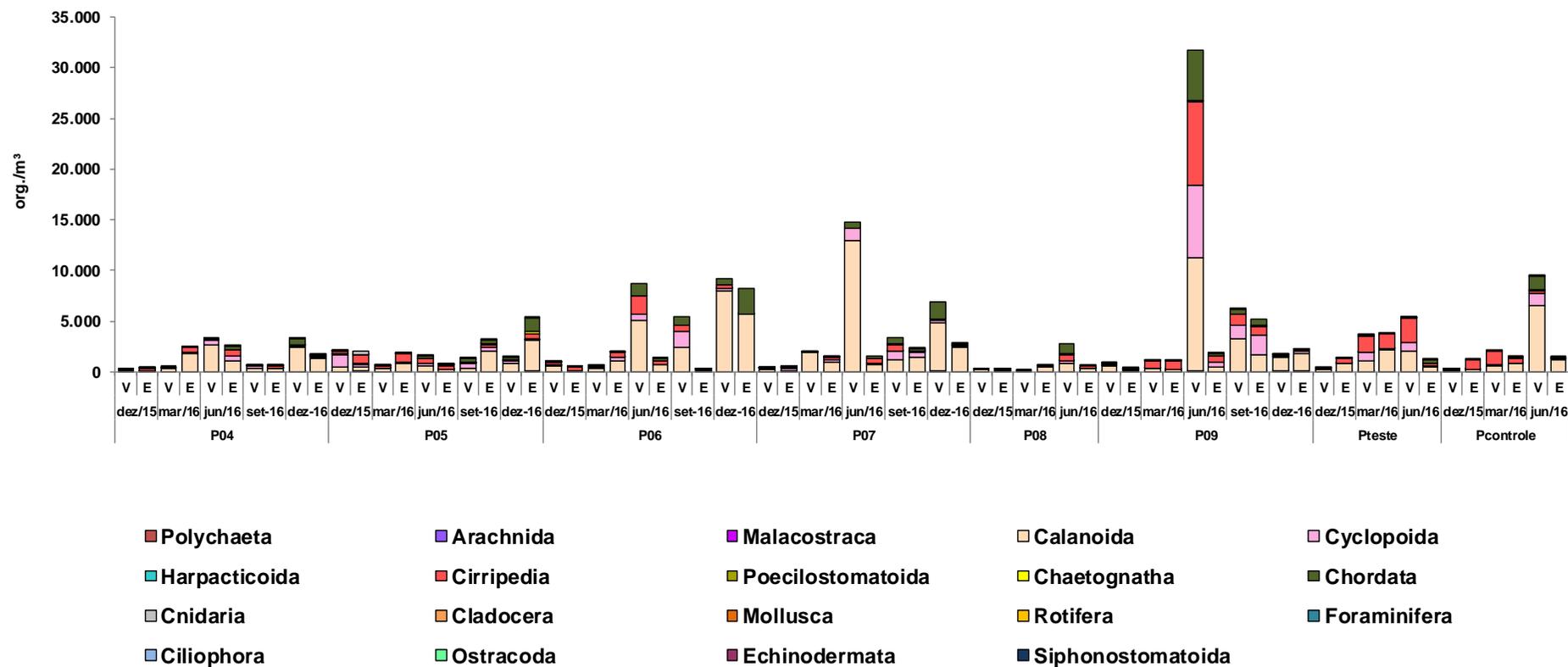
Nas 50 coletas anteriores, compreendendo o período de dezembro/2010 a janeiro/2015, verificou-se elevada variabilidade na densidade do zooplâncton em um mesmo ponto, estando os maiores picos associados à amostragem realizada em novembro/2013, na primavera, quando foram computados 239.316 org./m³ (P08), 212.533 org./m³ (P06) e 114.665 org./m³ (PTeste).

Essa variabilidade pode estar relacionada às condições hidrográficas, influenciadas pela descarga de rios, pela variação de marés e os processos de mistura, dentre outros fatores (KENNISH, 1990). As correntes podem deslocar populações zooplantônicas, alterando assim a densidade no corpo principal do estuário. Esses organismos também podem responder aos fatores ambientais, adotando estratégias de manutenção em áreas adequadas ao seu desenvolvimento ou deslocando-se na coluna d'água (ESK'TNAZT-SANT'ANNA & TUNDISI, 1996).

Contudo, nota-se que a composição do zooplâncton foi relativamente semelhante nas 50 coletas anteriores, sendo citados os exemplares de Copepoda, de Cirripedia e de Chordata como os grupos mais relevantes em termos numéricos (CPEA & BTP, 2015).

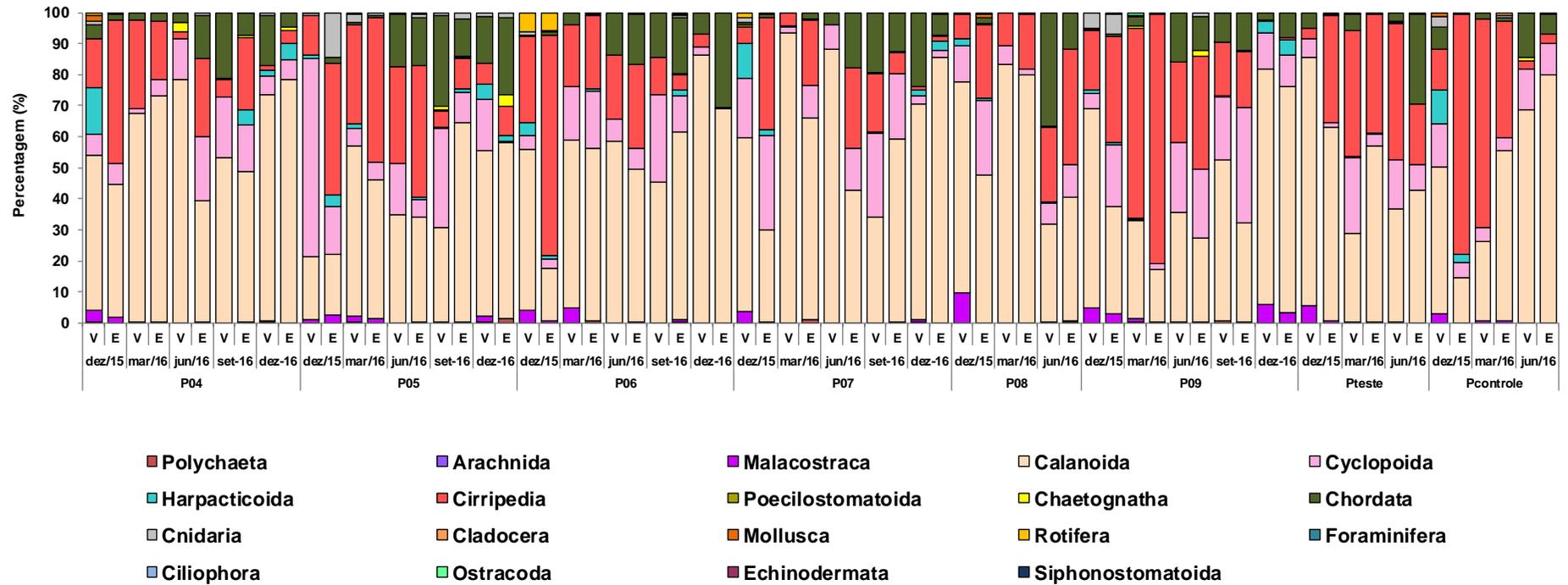
Na Figura 2.8.2.4.6.3-14 constam os valores de densidade da comunidade zooplantônica na AID e, na Figura 2.8.2.4.6.3-15, são apresentados os percentuais de abundância relativa dos grupos amostrados nas cinco últimas campanhas.

Figura 2.8.2.4.6.3-14 - Densidade numérica do zooplâncton por campanha na AID, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.3 - 15 - Abundância relativa do zooplâncton por campanha na AID, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

A diversidade da comunidade zooplânctônica, levando em conta os dados das cinco últimas coletas (dezembro/2015 a dezembro/2016), foi mais elevada no ponto P04, localizado no Canal do Porto de Santos, na AID, em dezembro/2015 (vazante), com 3,38 bits.ind⁻¹. Nessa amostra, assim como em demais obtidas nesse canal, incluindo locais da ADA, a diversidade foi considerada alta segundo a classificação proposta por Shannon (1963).

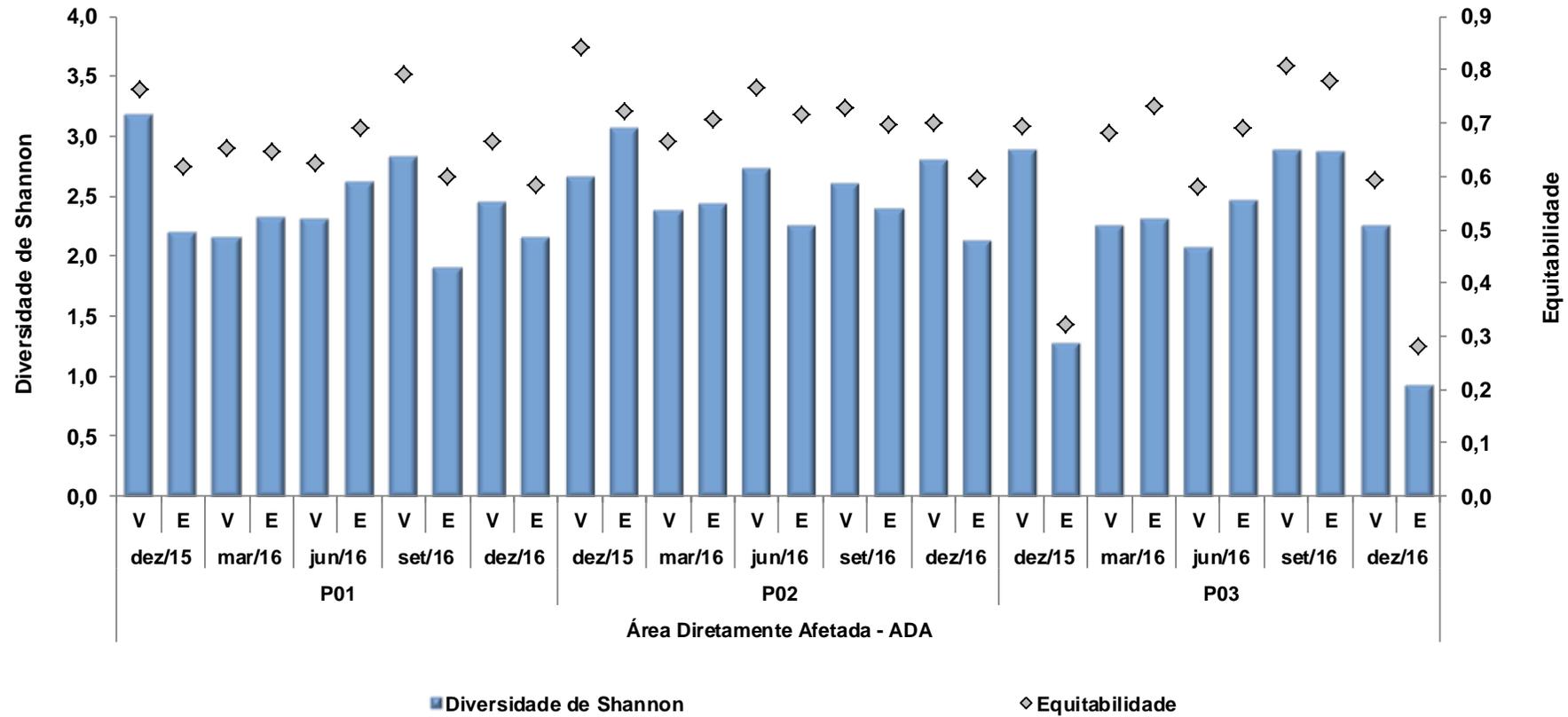
O menor resultado, de 0,93 bits.ind⁻¹, equivalente à diversidade baixa, foi identificado no ponto P03, na ADA (enchente), em dezembro/2016. Contudo, na maioria dos pontos, em ambas as áreas de influência, esse indicador variou entre 2 e 3 bits.ind⁻¹, caracterizando diversidade média no decorrer das campanhas.

Nesse sentido, esse índice manteve-se em um patamar similar na AID e na ADA e também entre os períodos avaliados, resultado que sugere que as atividades desenvolvidas pela BTP, tais como o fluxo constante de embarcações na ADA, não tem interferido de forma relevante para o estabelecimento do zooplâncton. Vale salientar, porém, que essa comunidade está sujeita a outras interferências antrópicas no estuário de Santos, tais como as dragagens de manutenção realizadas constantemente no canal do Porto de Santos e a operação de outros terminais portuários, dentre outros fatores.

A equitabilidade seguiu o padrão apresentado para o índice de diversidade, com menor resultado, de 0,28, verificado no ponto P03, na ADA (enchente, dezembro/2016). Na maior parte dos pontos e campanhas, esse indicador foi igual ou superior a 0,5, indicando boa distribuição dos táxons nas amostras (Figuras 2.8.2.4.6.3-16 e 2.8.2.4.6.3-17).

Os menores valores de diversidade e de equitabilidade no ponto P03, em dezembro/2016 (enchente), deve-se à maior dominância de crustáceos Calanoida, os quais, conforme citado anteriormente, corresponderam a 97% dos organismos capturados nessa amostra.

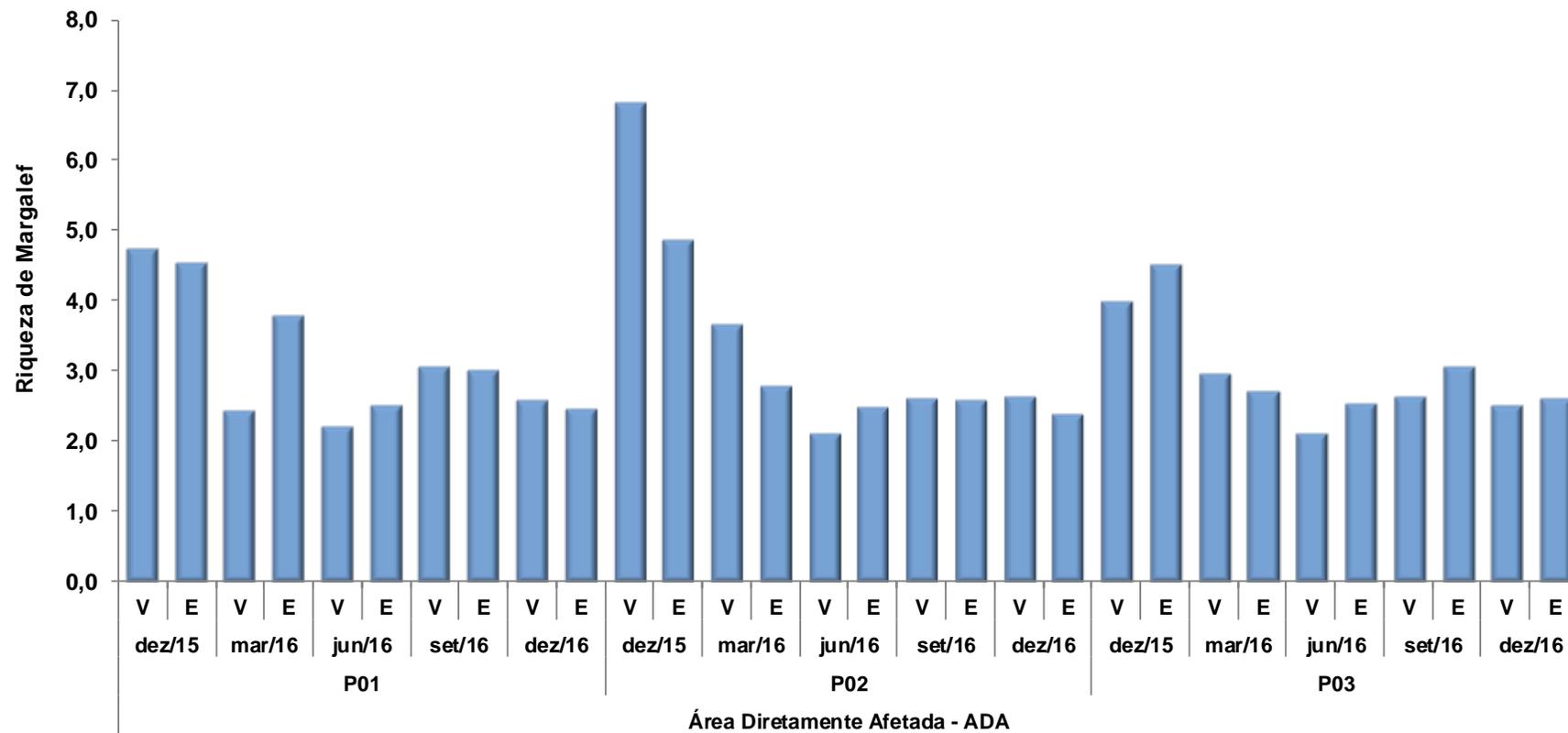
Figura 2.8.2.4.6.3-16 - Índices de diversidade e equitabilidade do zooplâncton na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

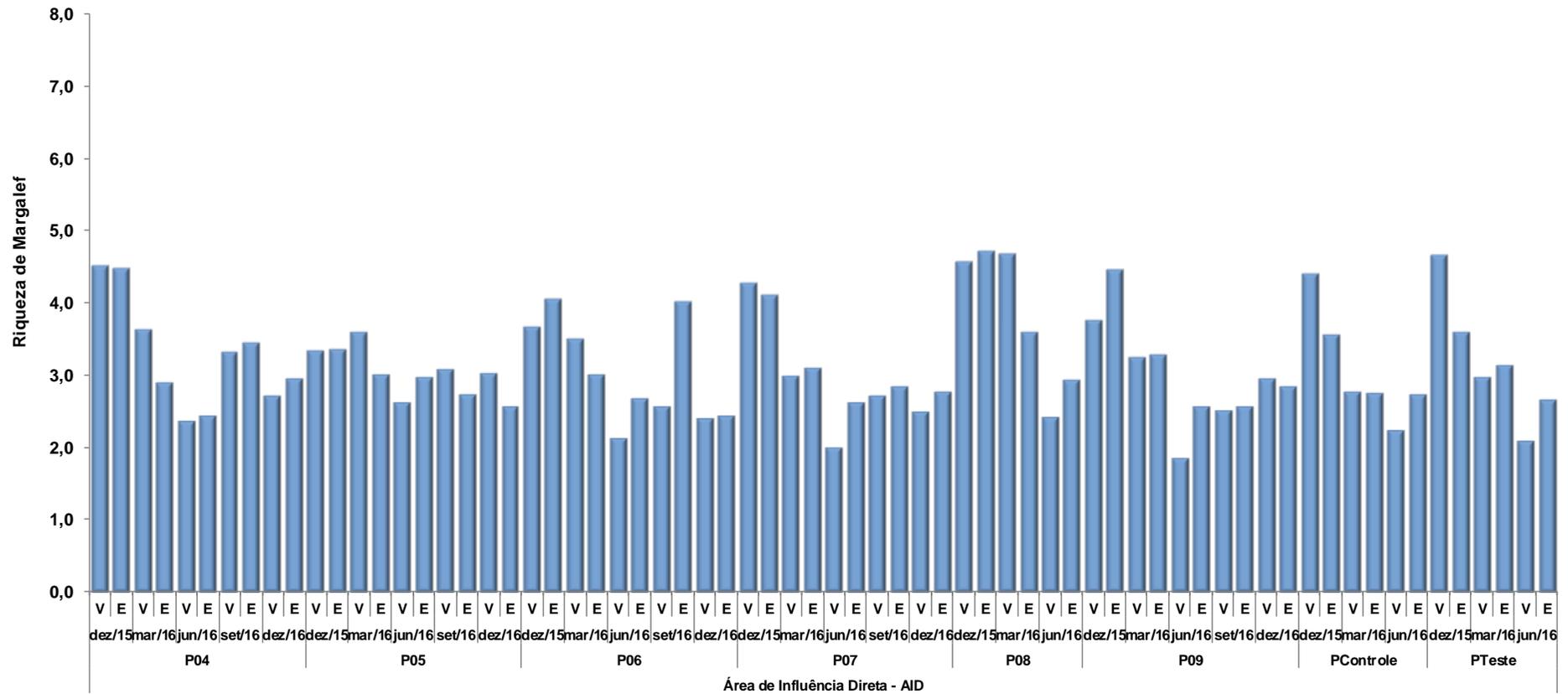
A riqueza de Margalef, que relaciona o número de espécies com o número total de indivíduos, apresentou resultados próximos ou superiores a 2,0 em todos os pontos avaliados entre dezembro/2015 e dezembro/2016, atingindo o máximo de 6,819 (P02, vazante, dezembro/2015). Assim como os demais índices, a riqueza de Margalef não evidenciou variação relevante entre as marés ou campanhas que englobasse todos os pontos (Figuras 2.8.2.4.6.3 – 18 e 2.8.2.4.6.3 - 19).

Figura 2.8.2.4.6.3-18 – Índices de Riqueza de Margalef do zooplâncton na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.3-19 – Índices de Riqueza de Margalef do zooplâncton na AID, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



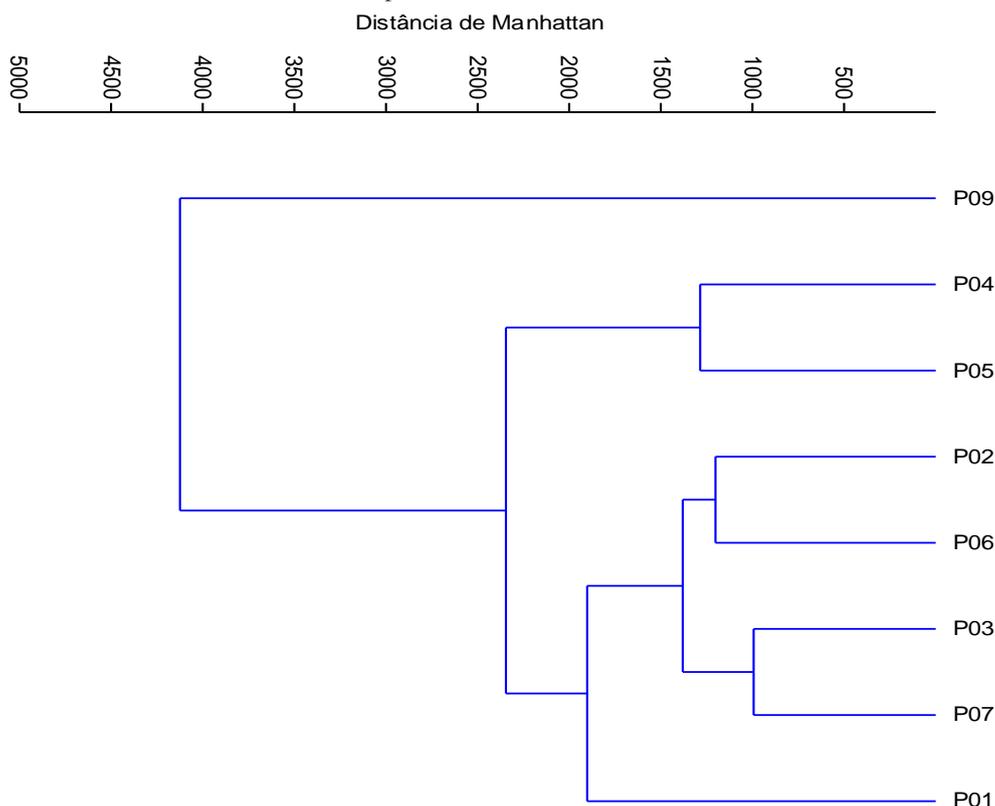
Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Com base nos resultados da distância de *Manhattan*, englobando os dados de vazante e de enchente das cinco últimas campanhas, verificou-se a formação de dois *clusters* principais, conforme apresentado na Figura 2.8.2.4.6.3-20.

O primeiro grupo reuniu os pontos P05 e P04, situados na AID, respectivamente no rio Soboó e no Canal do Porto de Santos, enquanto o segundo *cluster* agrupou os demais locais amostrados, incluindo pontos da AID e da ADA, com exceção do largo do Caneú (P09), considerado o mais distinto da malha amostral, resultado semelhante ao reportado para o fitoplâncton.

De forma geral, essa análise corroborou os padrões expostos na avaliação qualitativa e quantitativa do zooplâncton, não sendo identificada diferenciação entre os pontos inseridos na AID e na ADA.

Figura 2.8.2.4.6.3-20 - Índice de *Manhattan* do zooplâncton entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



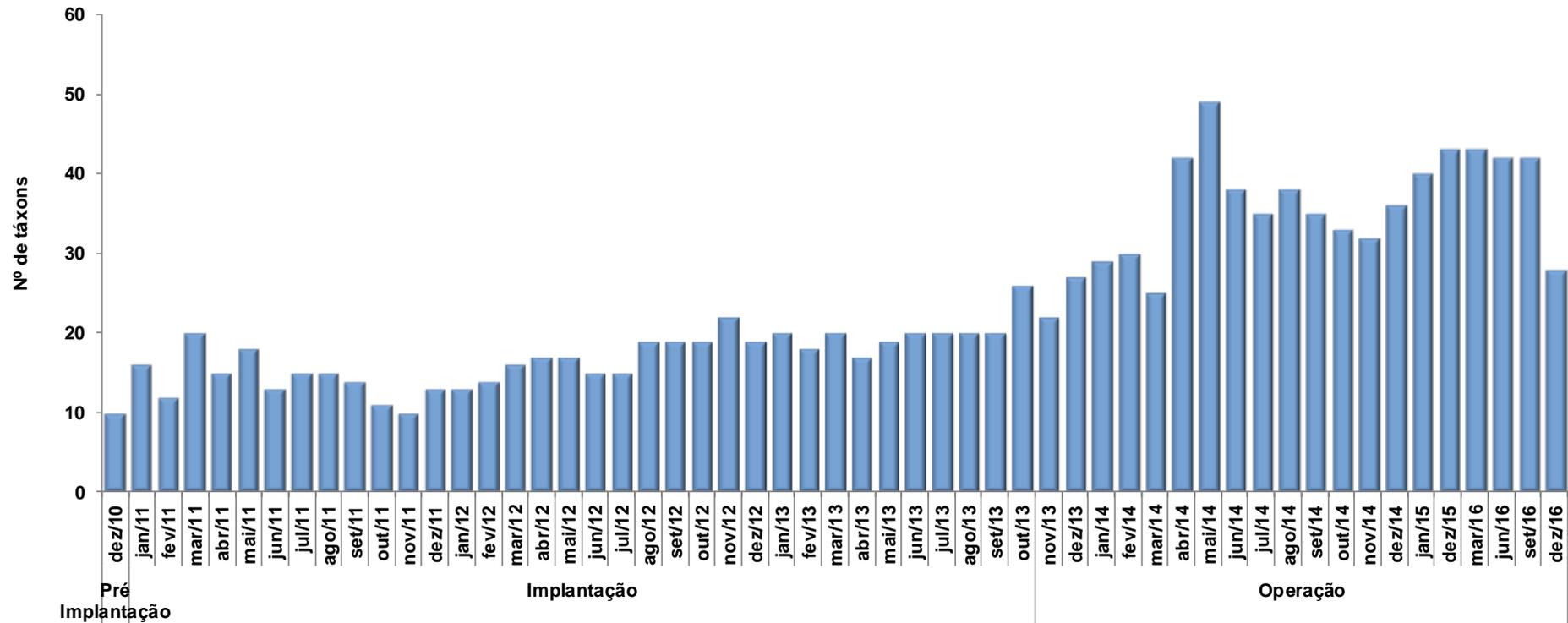
Coefficiente cofenético = 0,9321

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Na Figura 2.8.2.4.6.3-21 são ilustrados os valores de riqueza do zooplâncton por campanha, considerando todo o período de monitoramento (dezembro/2010 a dezembro/2016).

Os dados demonstram que os menores valores de riqueza do zooplâncton estiveram associados às etapas de pré-implantação (dezembro/2010) e implantação do empreendimento (janeiro/2011 a outubro/2013), quando se registrou variação entre 10 e 23 táxons, nos meses de dezembro/2010 e de outubro/2013, respectivamente. Nas amostragens conduzidas na fase de operação do empreendimento (novembro/2013 a dezembro/2016), detectou-se aumento na riqueza dessa comunidade, na maioria das campanhas, atingindo máximo de 49 táxons, em maio/14. Essas variações, ao longo das 55 campanhas efetuadas, podem estar relacionadas a diversos fatores ambientais, podendo refletir ainda a maior instabilidade nos padrões físico-químicos que tende a ocorrer na coluna d'água durante o processo de dragagem realizado na fase de implantação da BTP.

Figura 2.8.2.4.6.3-21 – Riqueza do zooplâncton entre dezembro/2010 e dezembro/2016.

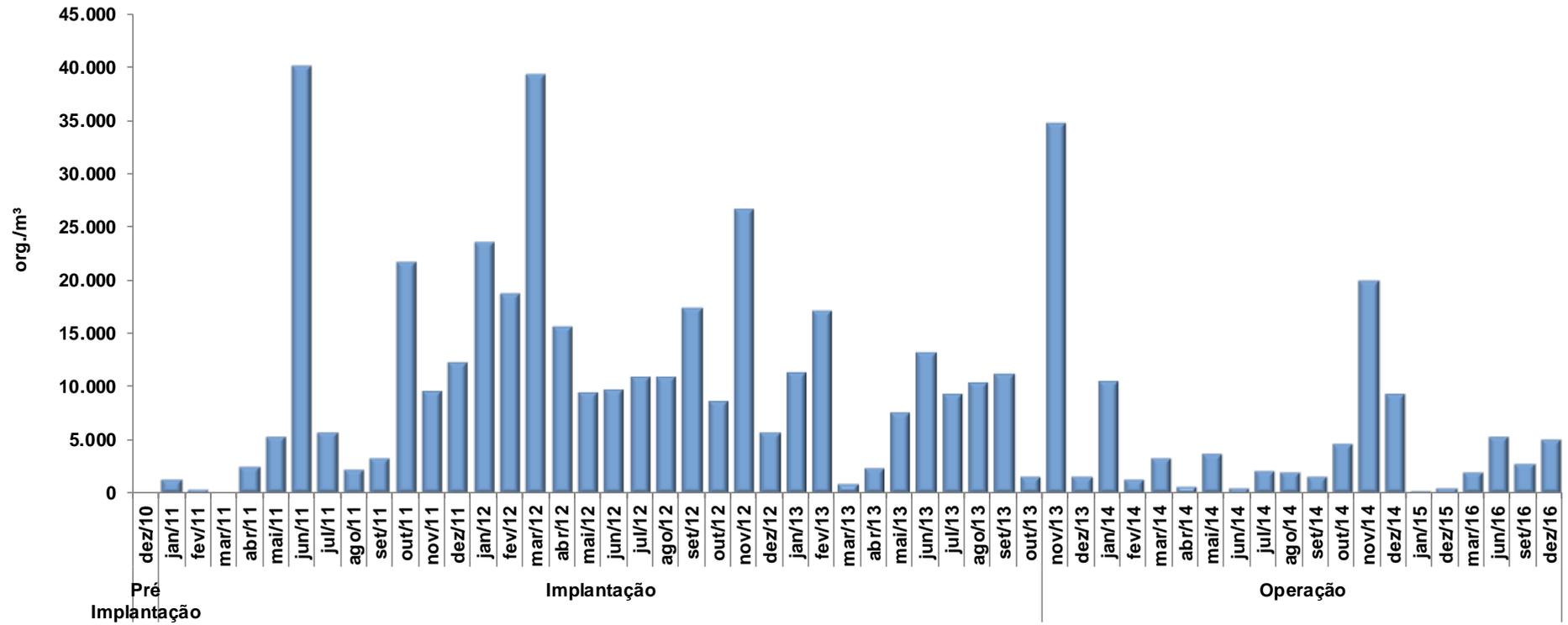


Fonte: CPEA/Econsult (2017).

A média da densidade do zooplâncton, obtida para as 55 campanhas, é ilustrada na Figura 2.8.2.4.6.3-22. Observa-se que, durante o monitoramento, houve ampla variação na densidade desta comunidade nas áreas de influência da BTP, o que é uma condição típica de estuário, considerando que esse ecossistema aquático é influenciado por uma ampla variedade de fatores ambientais, tais como influência do ciclo de marés, aporte de exemplares marinhos e continentais, bem como fatores climatológicos, dentre outros (CABRAL, 2009).

A densidade média variou entre um mínimo de 307 org./m³ (dezembro/2010) a 40.143 org./m³ (junho/2011). O pico de zooplâncton verificado em junho/2011 deve-se à elevada abundância do copépode calanóide *Acartia tonsa*, exemplar que se destacou como dominante em várias campanhas realizadas na área de influência da BTP, bem como aos náuplios de Cirripedia. Conforme citado, *A. tonsa* predomina em ambientes estuarinos, pois suporta ampla oscilação nos níveis de salinidade. Os náuplios de Cirripedia são onívoros e geralmente se alimentam de organismos nanoplânctônicos (BOLTOVSKOY, 1981); quando adultos tornam-se organismos incrustantes e ocorrem usualmente em estruturas portuárias, podendo ser deslocados entre regiões marinhas distintas nos cascos de navios.

Figura 2.8.2.4.6.3-22 – Densidade média do zooplâncton entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

A análise integrada das campanhas realizadas entre dezembro/2010 e dezembro/2016, baseada no índice de diversidade da comunidade zooplanctônica, indica um padrão de variação similar ao observado na análise da comunidade fitoplanctônica, havendo diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as campanhas (Tabela 2.8.2.4.6.3-2).

Tabela 2.8.2.4.6.3-2 - Análise de Variância da diversidade do zooplâncton em função das campanhas de amostragem, entre dezembro/2010 e dezembro/2016.

Fonte de variação	gl	SQ	QM	F	p
Campanhas	54	111,40	2,06	12,38	$p < 0,01$
Áreas de Influência	1	0,16	0,16	0,97	0,33
Campanha x Áreas de Influência	54	11,62	0,22	1,29	0,10
Erro	275	45,80	0,17		
Total	384	168,90			

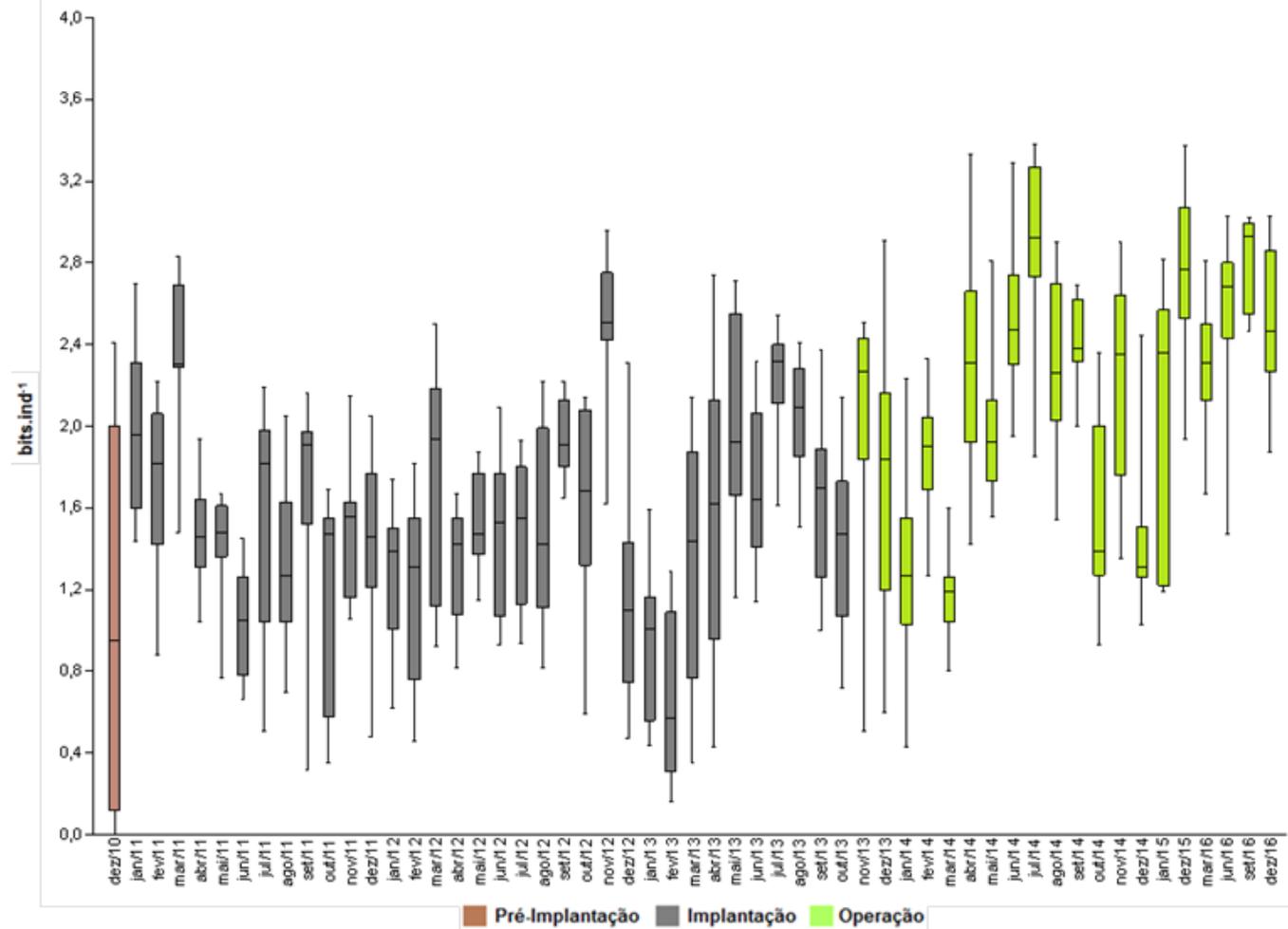
Legenda: gl = graus de liberdade, SQ = soma de quadrados, QM = quadrado médio, F= estatística F, p= probabilidade.

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Conforme ilustrado na Figura 2.8.2.4.6.3-23, os valores de diversidade do zooplâncton tenderam a ser menores nas campanhas relativas às fases de pré-implantação e implantação, com aumento na fase de operação do empreendimento. Entretanto, há variação entre as campanhas, a exemplo pico em novembro/2012, seguido de queda em dezembro/2012, sendo ambas as amostragens referentes à fase de implantação do terminal da BTP.

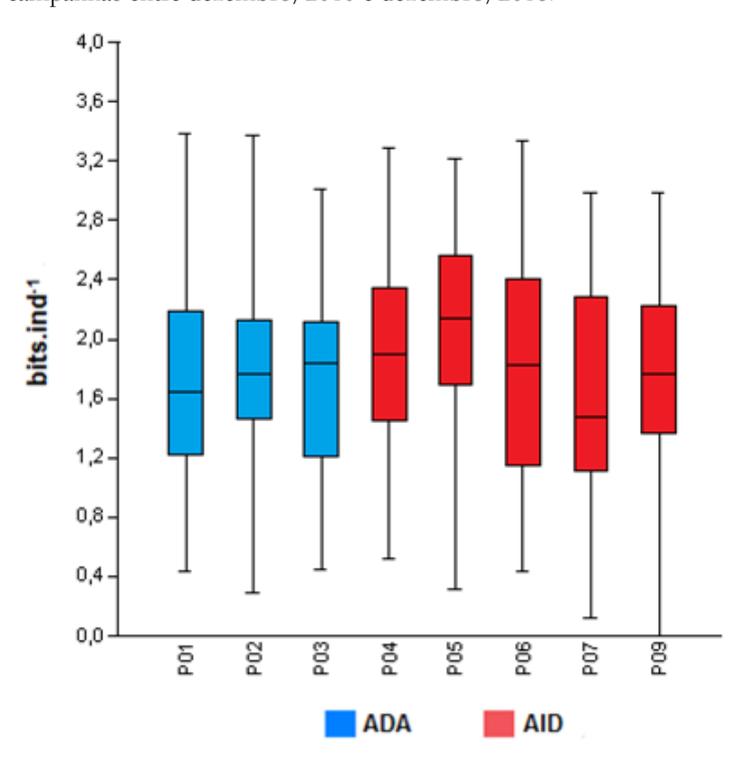
Na abordagem espacial, apresentada na Figura 2.8.2.4.6.3-24, considerando todas as campanhas de monitoramento, os valores de diversidade foram mais variáveis na AID da BTP, entretanto sem distinção evidente entre AID e ADA.

Figura 2.8.2.4.6.3-23 - Box-plot da diversidade do zooplâncton ao longo das campanhas, entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.3-24 - Box-plot da diversidade do zooplâncton nos pontos de amostragem, considerando as campanhas entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

2.8.2.4.6.4. Ictioplâncton

Na avaliação qualitativa do ictioplâncton, considerando as cinco campanhas realizadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016, foi inventariado um total de 9 táxons. Cabe destacar que ao longo do período do monitoramento (dezembro/2010 a dezembro/2016) foram registrados 18 táxons de ictioplâncton. As larvas capturadas são integrantes das ordens Beloniformes, Clupeiformes, Perciformes e Tetraodontiformes. Na AID e ADA da BTP, foram ainda registrados ovos da ordem Clupeiformes e não identificados.

As larvas de Beloniformes amostradas são pertencentes à família Hemiramphidae, sendo observadas na rede amostral apenas na campanha realizada em dezembro/2015. Presentes em águas doces e marinhas, os exemplares dessa família tem hábito alimentar onívoro e habitam preferencialmente o ambiente pelágico (NIZISNKI *et al.*, 2002).

Os Clupeiformes, cujas larvas estiveram presentes nas campanhas de dezembro/2015 e em março/2016, destacam-se como um dos grupos do ictioplâncton mais diversos em águas estuarinas (ZACARDI *et al.*, 2016). Na AID e ADA da BTP, foram representados por exemplares não identificados e pela família Engraulidae, que é considerada uma das mais importantes na região costeira, devido ao seu valor comercial e abundância.

Os integrantes de Engraulidae são peixes pelágicos de hábito alimentar filtrador, que se agregam em grandes cardumes (NIZISNKI *et al.*, 2002; LOEB & FIGUEIREDO, 2014). Nas campanhas em análise, essa família foi representada também por ovos, que tiveram ocorrência na rede amostral nas campanhas de dezembro/2015, março/2016, setembro/2016 e dezembro/2016.

Perciformes, que corresponde a uma das ordens mais representativas em termos qualitativos e quantitativos em ambientes salobros e marinhos, estiveram representadas pelas famílias Blenniidae, Gobiidae e Gerreidae. Larvas dessa ordem foram capturadas em quase todas as últimas cinco campanhas, com exceção de setembro/2016.

As larvas de Tetraodontiformes foram notadas apenas nas campanhas realizadas em junho/2016 e setembro/2016. Essa ordem é frequentemente citada como integrante das assembleias demersais em estuários tropicais. Segundo Andrade (2009), dada à origem marinha de muitas espécies desta ordem, é esperada na porção mais externa do estuário uma diversidade maior de espécies, com redução nos setores mais internos desse ambiente, como é o caso do Canal do Porto de Santos.

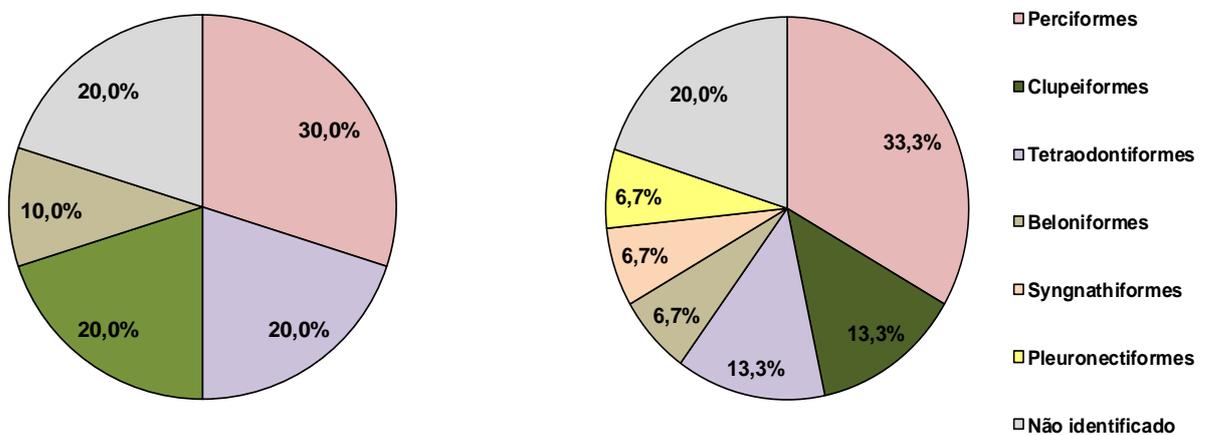
Observa-se também a ocorrência de larvas (dezembro/2015 e março/2016) e ovos não identificados (dezembro/2015, setembro/2016 e dezembro/2016), que contribuíram com a riqueza do ictioplâncton.

A seguir, nas Figuras 2.8.2.4.6.4-1 e 2.8.2.4.6.4-2, consta um comparativo da composição taxonômica do ictioplâncton, levando em conta os dados das cinco últimas coletas, efetuadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016, e os dados integrados das amostragens pretéritas desenvolvidas no período de julho/2014 a dezembro/2016. Os relatórios de ensaio do ictioplâncton constam no ANEXO I (apresentado apenas em formato digital).

Nota-se que, tanto nas cinco últimas coletas como nas anteriores, houve maior riqueza da ordem Perciformes. Os táxons detectados nas áreas de influência da BTP nas cinco últimas coletas haviam sido registrados anteriormente nas campanhas prévias deste subprograma de monitoramento. Portanto, considerando a integração dos resultados desde julho/2014 a dezembro/2016, verificou-se a presença de 14 táxons.

Figura 2.8.2.4.6.4-1 - Riqueza relativa do ictioplâncton (larvas) por ordem, considerando os resultados das campanhas desenvolvidas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.

Figura 2.8.2.4.6.4-2 - Riqueza relativa do ictioplâncton por ordem, considerando os resultados das campanhas desenvolvidas entre julho/2014 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Os resultados integrados das análises qualitativas do ictioplâncton evidenciaram pequena variação na riqueza de julho/2014 a janeiro/2015, com mínimo de seis táxons (agosto/2014) e máximo de 11 táxons, nas coletas realizadas em novembro/2014 e janeiro/2015 (BTP & CPEA, 2015). A partir de dezembro/2015 a dezembro/2016, verificou-se diminuição na riqueza dessa comunidade, com registro de oito, seis, dois, três e quatro táxons, respectivamente. Essas variações temporais na composição podem estar associadas aos picos de reprodução dos distintos grupos capturados.

Nas Figuras 2.8.2.4.6.4-3 a 2.8.2.4.6.4-6 são ilustrados alguns dos exemplares do ictioplâncton registrados na AID e ADA da BTP, nas campanhas realizadas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.

Figura 2.8.2.4.6.4-3 - Larvas da família Blenniidae.



Fonte: Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.4-4 - Larvas da família Gerreidae.



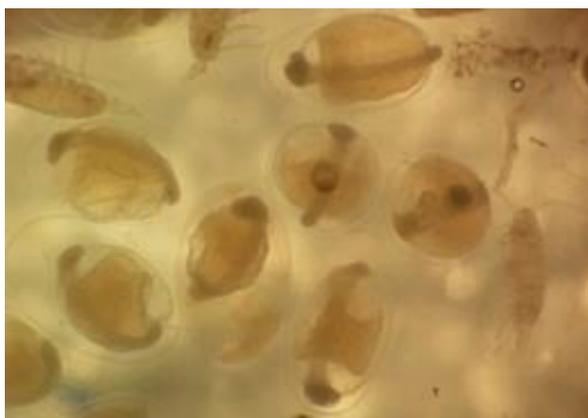
Fonte: Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.4-5 - Larva da ordem Tetraodontiformes.



Fonte: Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.4-6 - Ovos da família Engraulidae.



Fonte: Econsult (2017).

Na Tabela 2.8.2.4.6.4-1 consta a riqueza do ictioplâncton, a distribuição espacial e a frequência de ocorrência de todos os táxons inventariados ao longo das cinco últimas campanhas de monitoramento. Cabe indicar que, dentre os exemplares registrados nestas campanhas, as larvas da família Blenniidae e os ovos da família Engraulidae se destacaram em termos de frequência de ocorrência, o que sugere que esses exemplares utilizam a região do Canal do Porto de Santos, do rio Saboó e dos largos para a desova, em diferentes épocas do ano.

Observa-se que, devido às dificuldades no processo de identificação de ovos e larvas de peixes, não há como realizar a avaliação de exemplares exóticos e do status de ameaça do ictioplâncton na malha amostral, uma vez que correspondem a análises aplicadas ao nível taxonômico de espécie.

Tabela 2.8.2.4.6.4-1 - Riqueza de táxons do ictioplâncton, distribuição espacial e frequência de ocorrência, considerando os resultados das campanhas desenvolvidas entre dezembro/2015 e dezembro/2016.

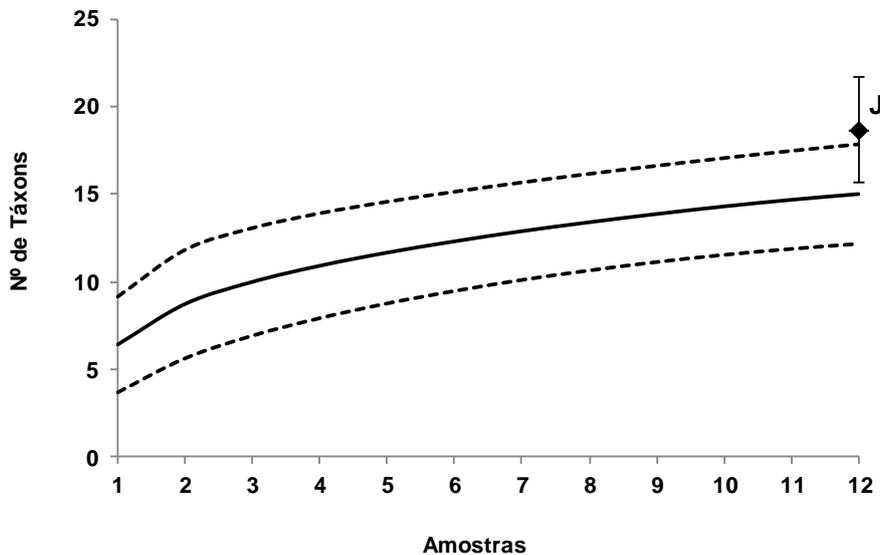
Composição Taxonômica	Campanhas					Frequência	Frequência de Ocorrência (%)
	dez/15	mar/16	jun/16	set/16	dez/16		
	51°C	52°C	53°C	54°C	55°C		
LARVAS							
Não identificadas (outras)	x	x				2	40
Ordem Beloniformes							
<u>Família Hemiramphidae</u>	x					1	20
Ordem Clupeiformes							
Não identificado	x	x				2	40
<u>Família Engraulidae*</u>	x					1	20
Ordem Perciformes							
<u>Família Blenniidae</u>	x	x	x		x	4	80
<u>Família Gobiidae</u>	x	x				2	40
<u>Família Gerreidae</u>		x			x	2	40
Ordem Tetraodontiformes							
Não identificado				x		1	20
<u>Família Tetraodontidae</u>			x			1	20
Total de Larvas	6	5	2	1	2		
OVOS							
Não identificados	x			x	x	3	60
Ordem Clupeiformes							
<u>Família Engraulidae*</u>	x	x		x	x	4	80
Total de Ovos	2	1	-	2	2		

Nota: Na avaliação conjunta da riqueza, ovos e larvas de Engraulidae foram considerados como um táxon.

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

A curva de rarefação do ictioplâncton, levando em conta as amostragens desde julho/2014 a dezembro/2016, mostrou-se ligeiramente crescente até a campanha sete, tendendo à estabilização nas últimas cinco coletas realizadas. O total de táxons amostrados, no conjunto das doze amostragens (15 táxons), correspondeu a aproximadamente 80% do total estimado pelo índice Jackknife 1ª ordem (19 táxons), conforme Figura 2.8.2.4.6.4-7. Dessa forma, assim como observado para as demais comunidades planctônicas avaliadas, considera-se que a metodologia proposta é eficiente para a caracterização do ictioplâncton, atendendo as metas e os objetivos do programa.

Figura 2.8.2.4.6.4-7 - Curva de rarefação de táxons por campanha e estimador Jackknife (J) de 1ª ordem, no âmbito do monitoramento ictioplâncton, Santos, São Paulo, entre julho/2014 e dezembro/2016.



Legenda: A linha contínua representa a curva obtida pelo valor médio das 1.000 randomizações das campanhas e as linhas pontilhadas, assim como as barras no estimador, representam o intervalo de confiança de 95%.

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

ANÁLISE TEMPORAL

A seguir, apresenta-se uma avaliação dos resultados qualitativos e quantitativos do ictioplâncton, na ADA e na AID do terminal da BTP, o que permite traçar uma dinâmica do comportamento destes organismos no período de dezembro/2015 a dezembro/2016.

Considerando as cinco últimas coletas, houve registro na ADA de integrantes das ordens Perciformes, com larvas das famílias Blenniidae e Gobiidae, bem como de ovos da família Engraulidae, além de larvas e ovos não identificados.

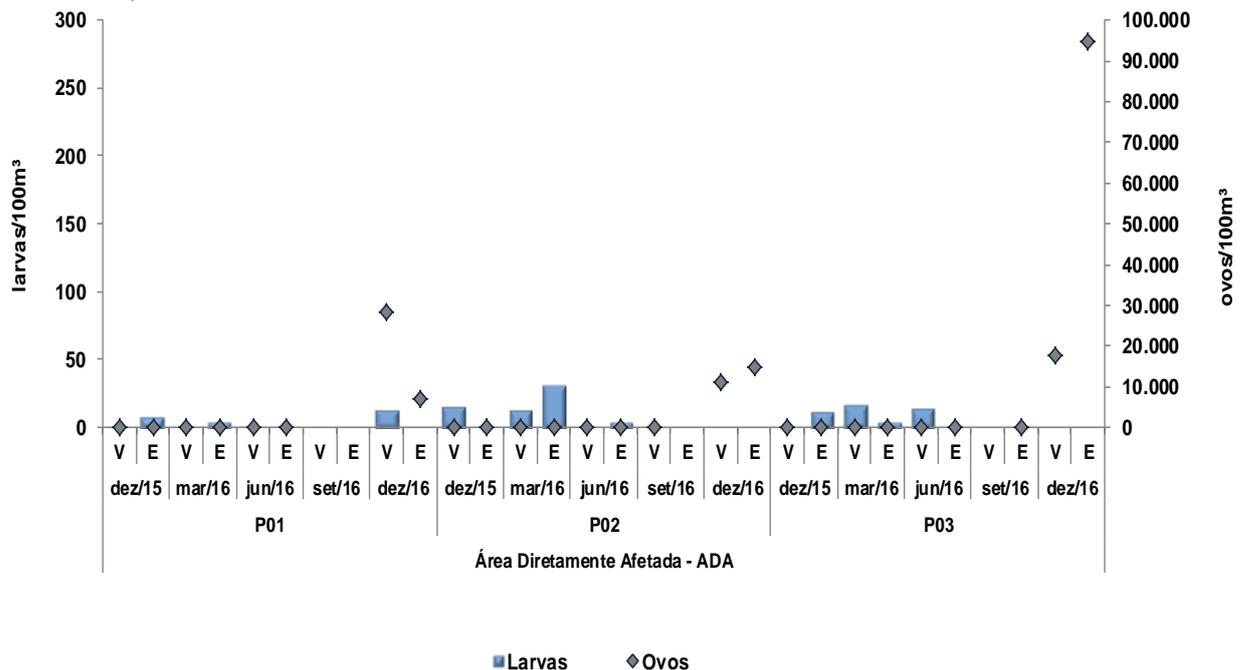
Na avaliação quantitativa, verificou-se ausência de larvas na maioria dos pontos da ADA, nas cinco coletas em foco, com máximo de 31 larvas/100m³, no ponto P02 (enchente, março/2016), com a presença apenas de larvas não identificadas.

De forma geral, houve uma maior contribuição de ovos na densidade do ictioplâncton em relação às larvas, sobretudo na campanha realizada em dezembro/2016, no período de transição entre primavera e verão, atingindo o máximo de 94.721 ovos/100m³ no ponto P03 (enchente).

A maior abundância de ovos em dezembro/2016 deve-se principalmente à contribuição da família Engraulidae. Os dados das campanhas pretéritas sugerem que os ovos desta família ocorrem no Canal do Porto de Santos durante todo o ano. Contudo, cabe indicar que estudos apontam que essa família tende a apresentar desova principalmente na primavera e verão (COSTA *et al.*, 2009). Além disso, algumas espécies desta família apresentam comportamento de formação de cardume (SOUZA-CONCEICAO *et al.*, 2005), o que favorece a amostragem de um maior número de exemplares.

Vale ressaltar que a densidade do ictioplâncton está associada ao período de desova da maioria das espécies de peixes, que geralmente ocorre nos meses de maior temperatura e índices pluviométricos elevados, como no verão (VAZZOLER, 1996). Na Figura 2.8.2.4.6.4-8 são ilustrados os resultados de densidade do ictioplâncton.

Figura 2.8.2.4.6.4-8 - Densidade do ictioplâncton por campanha na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016. V = vazante, E = enchente.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Nos pontos monitorados na AID, o ictioplâncton foi representado por larvas pertencentes às ordens Beloniformes, Clupeiformes, Perciformes e Tetraodontiformes e por ovos da ordem Clupeiformes, além de larvas e ovos não identificados.

Assim como os dados reportados na ADA, na AID detectou-se ausência de larvas em grande parte das amostras, sobretudo em junho/2016 e setembro/2016. A maior densidade desse componente do ictioplâncton foi verificada no ponto P04, no Canal do Porto de Santos, em dezembro/2016, na vazante, com 263 larvas/100m³, pertencentes à família Blenniidae (ordem Perciformes).

Na AID também foi reportado maior número de ovos em comparação com as larvas, sendo obtido o máximo de 35.456 ovos/100m³ na mesma amostra em que foi computada maior densidade de larvas (P04, vazante, dezembro/2016). A maioria dos ovos obtidos nessa amostra corresponde à família Engraulidae, o que evidencia atividade reprodutiva mais intensa dos exemplares desta família no período citado.

A baixa captura de larvas e de ovos de peixes em alguns pontos, sobretudo em junho/2016 e setembro/2016, pode estar relacionada ao rápido desenvolvimento embrionário de alguns exemplares de peixes, não podendo ser interpretada como ausência de desova na região. Em geral, a combinação de espécies com embriogênese rápida e com elevadas temperaturas no ambiente contribuem para que, logo após a desova, os ovos eclodam, diminuindo assim a probabilidade de captura (LAMAS, 1993).

As reduzidas densidades do ictioplâncton em alguns pontos podem estar associadas ainda às atividades antrópicas desenvolvidas na região do Canal do Porto de Santos, tais como as dragagens de manutenção do canal do Porto e o aporte de efluentes, fatores que tendem a criar condições instáveis para essa comunidade, como observado por Bezerra Jr. *et al.* (2011) em um estudo desenvolvido na região portuária de Suape. A estrutura e composição da comunidade ictioplânctônica ainda é afetada diretamente pelo padrão de distribuição e de desova dos peixes adultos, que também pode ser alterado pelas atividades antrópicas.

Vale salientar que nas amostragens anteriores deste subprograma de monitoramento, sobressaíram-se pela maior abundância as larvas não identificadas e os exemplares das famílias Blenniidae e Gobiidae, além de ovos não identificados e ovos pertencentes à família Engraulidae. Os valores de abundância de organismos nas campanhas prévias variaram de acordo com o período sazonal, atingindo picos no verão e na primavera, corroborando os resultados obtidos para as campanhas mais recentes.

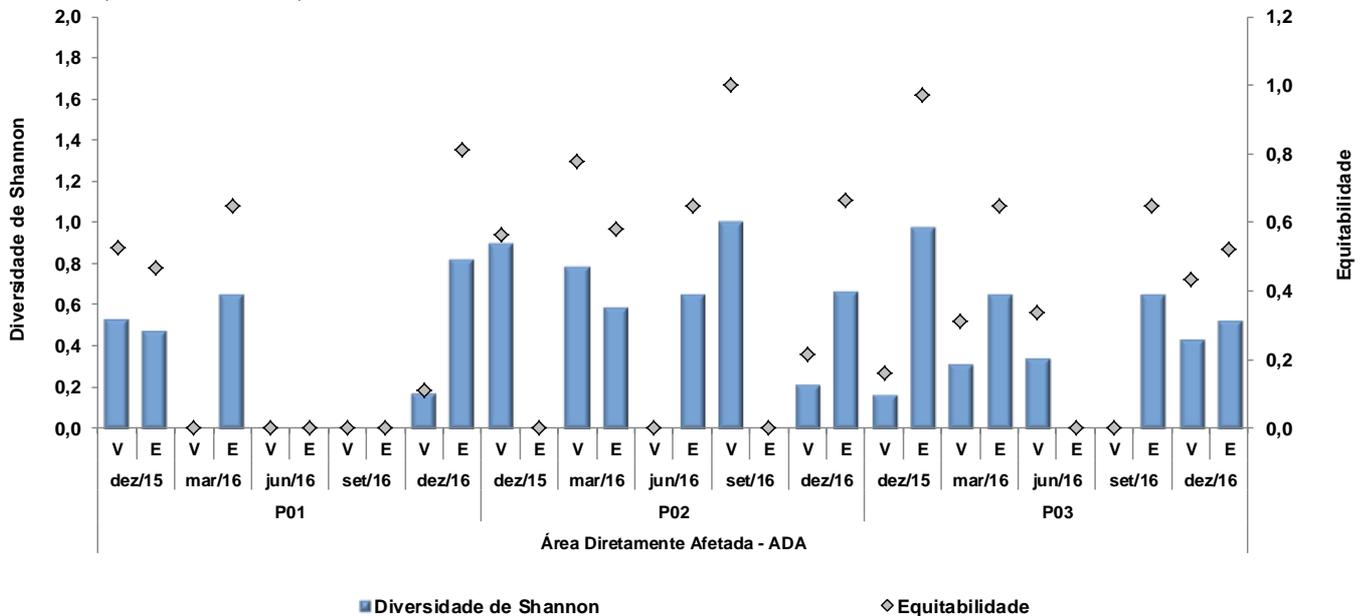
Na Figura 2.8.2.4.6.4-9 são ilustradas as densidades do ictioplâncton relativas às cinco últimas campanhas.

A análise dos resultados do índice de diversidade de Shannon na ADA, considerando a comunidade ictioplânctônica amostrada nas campanhas entre dezembro/2015 e dezembro/2016, apontou baixos valores para esse indicador em todos os pontos monitorados, com máximos de 1 bits. ind⁻¹ e 0,971 bits. ind⁻¹, obtidos nos pontos P02 (vazante), em setembro/2016, e P03 (enchente), em dezembro/2015. Na AID, o valor máximo, de 1,571 bits. ind⁻¹, foi verificado em dezembro/2015, no ponto P07 na vazante.

De forma geral, os reduzidos valores de diversidade refletem a baixa captura de larvas e ovos em algumas campanhas. O maior número de organismos coletados período de desovas de algumas espécies de peixes, que usualmente ocorre entre a primavera e o verão, conforme citado, tendem a promover um aumento na diversidade do ictioplâncton.

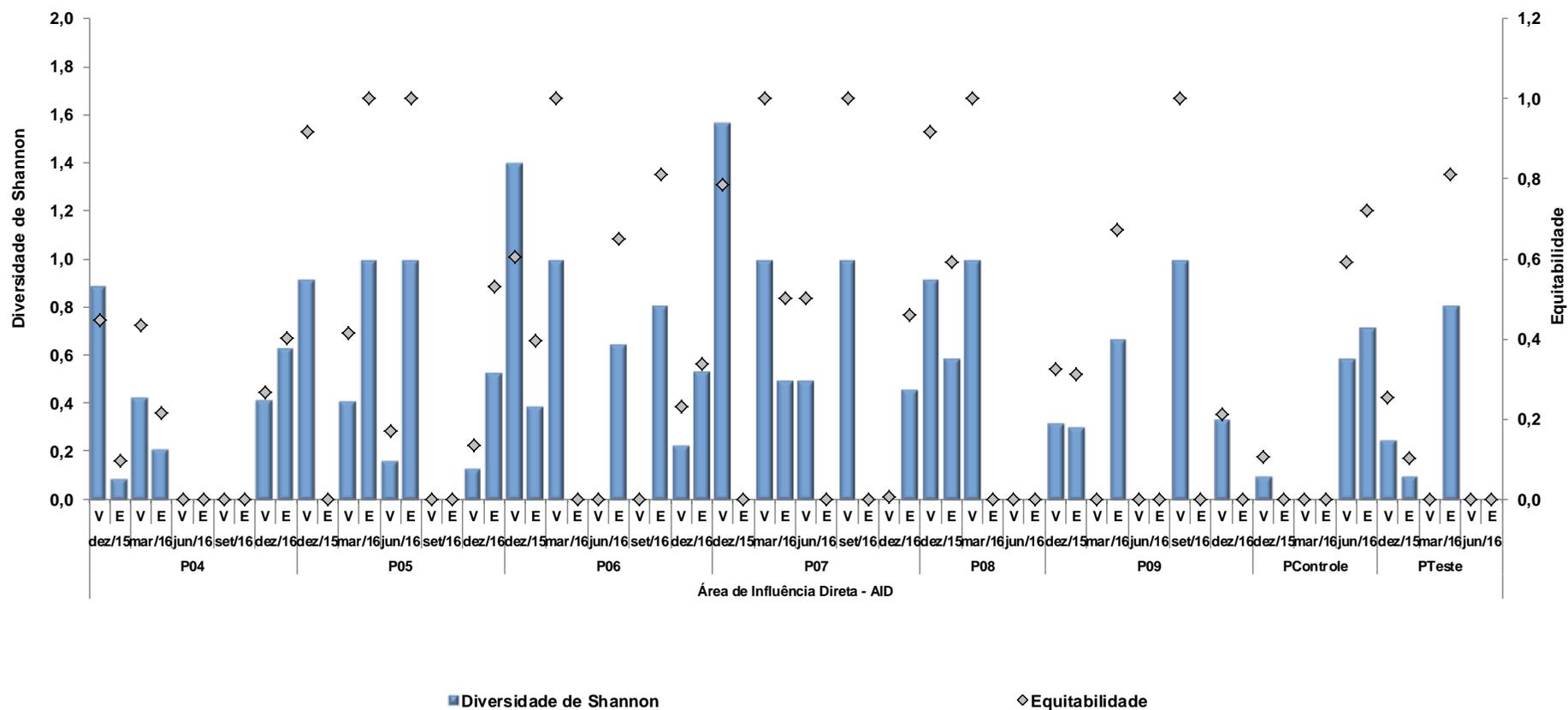
O índice de equitabilidade acompanhou a mesma tendência observada em relação à diversidade, com registro de valores relativamente baixos (<0,5), na maioria dos pontos, nas cinco campanhas em análise (Figuras 2.8.2.4.6.4-10 2.8.2.4.6.4-11).

Figura 2.8.2.4.6.4-10 - Índices de diversidade de Shannon e equitabilidade do ictioplâncton na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

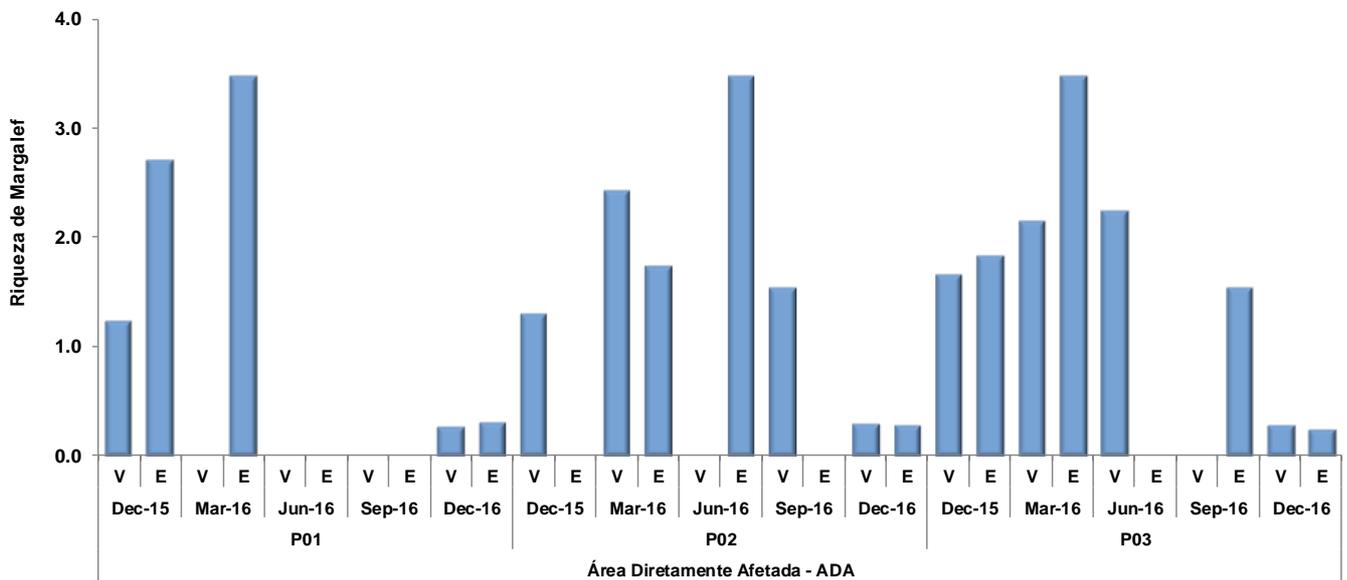
Figura 2.8.2.4.6.4-11 - Índices de diversidade de Shannon e equitabilidade do ictioplâncton na AID, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

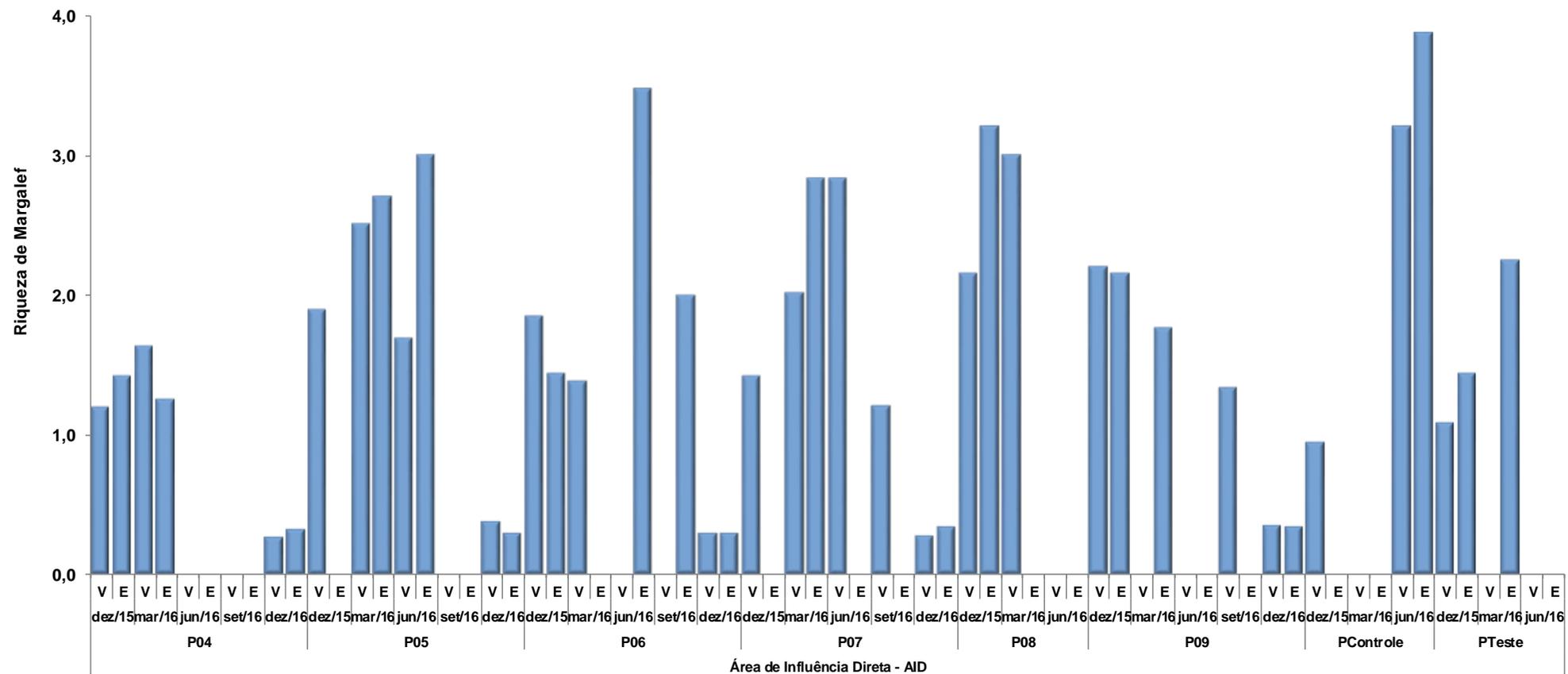
O índice de riqueza de Margalef (Figuras 2.8.2.4.6.4-12 e 2.8.2.4.6.4-13), que é uma medida da biodiversidade com base na distribuição numérica dos indivíduos e na riqueza, variou entre os pontos e campanhas. Nas amostras em que foram coletados ovos e larvas de peixes, esse índice oscilou de 0,24 (P03, na enchente, em dezembro/2016), a 3,87 (PControle, enchente, em junho/2016). Vale indicar que não houve um padrão de aumento ou diminuição deste indicador na vazante ou na enchente que englobasse a maioria dos pontos, assim como verificado em relação à diversidade e à equitabilidade.

Figura 2.8.2.4.6.4-12 - Índice de Riqueza de Margalef do ictioplâncton na ADA, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

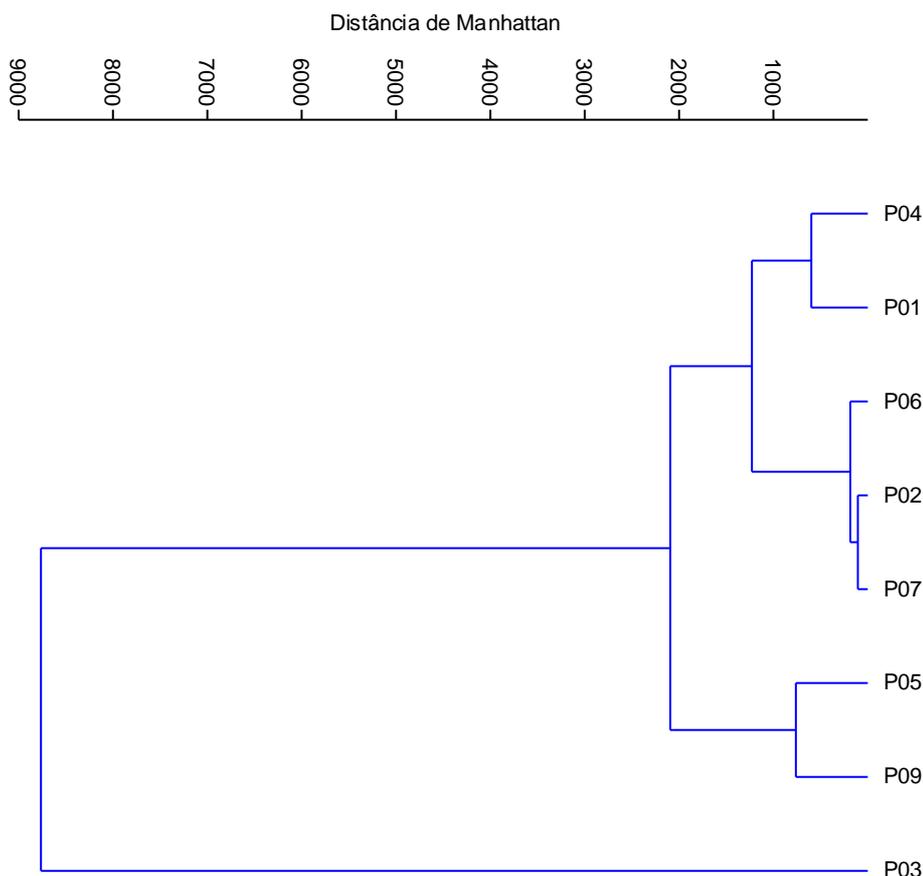
Figura 2.8.2.4.6.4-13 - Índice de Riqueza de Margalef do ictioplâncton, entre dezembro/2015 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

A avaliação do índice de *Manhattan*, considerando o cômputo dos resultados das cinco últimas campanhas de amostragem, e das amostras de vazante e enchente, demonstrou o agrupamento dos pontos em três *clusters* principais, com junção dos pontos P04 e P01; P06, P02 e P07; P05 e P09, enquanto o ponto P03 foi considerado o mais distinto da malha amostral (Figura 2.8.2.4.6.4-14). De acordo com essa análise, não se identificou variação relevante entre a comunidade ictioplanctônica da AID e da ADA.

Figura 2.8.2.4.6.4-14 - Índice de *Manhattan*, com base nos resultados do ictioplancton obtidos entre dezembro/2015 e dezembro/2016.

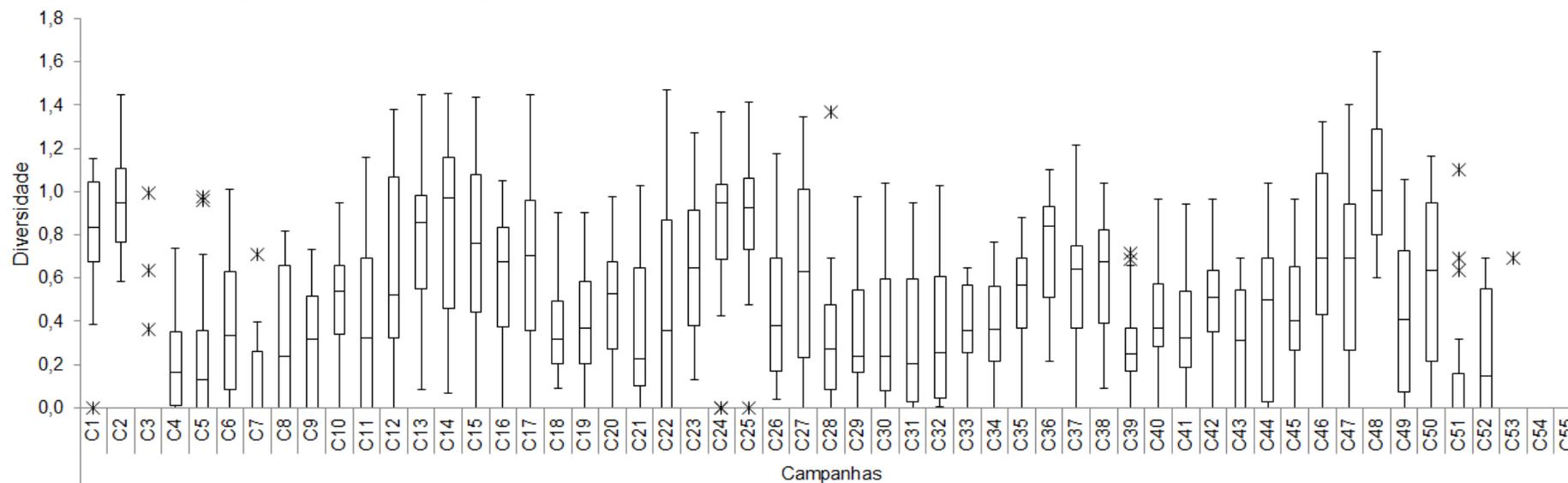


Coefficiente cofenético: 0,9766.

Fonte: CPEA/Econsult (2017).

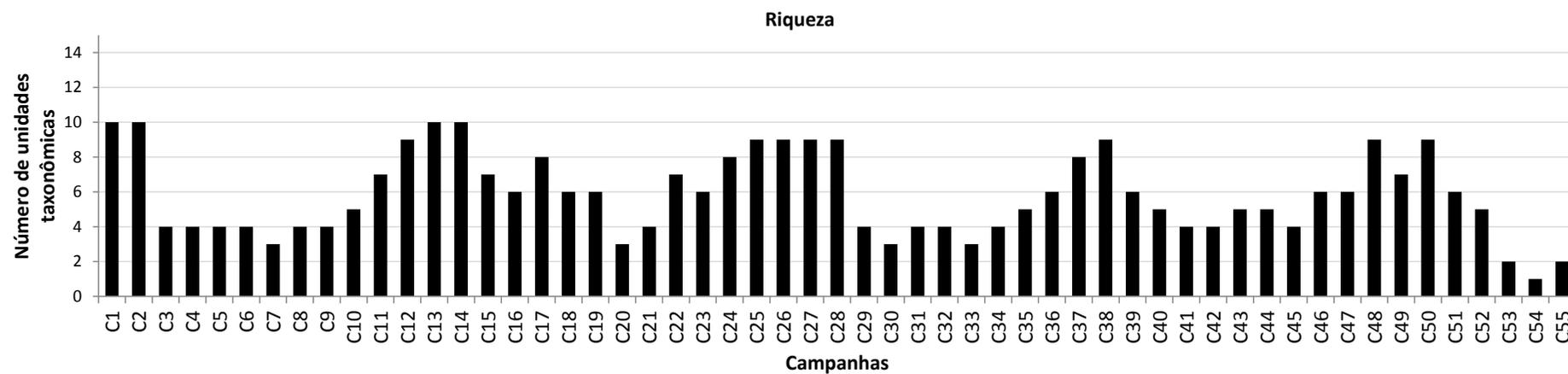
Na Figura 2.8.2.4.6.4-15 são ilustrados os valores de médios de diversidade a cada campanha de amostragem ao longo do monitoramento. Observa-se um aparente comportamento cíclico nos dados, com maiores diversidades registradas durante as campanhas de verão (entre novembro e fevereiro). No verão do início de 2014, com o início da operação, foram registrados valores menores de diversidade em relação aos demais períodos, tendo sido registrados valores similares aos demais anos no início do ano seguinte, em 2015. É possível identificar, através da observação conjunta dos gráficos apresentados nas Figuras 2.8.4.6.4-15 e 2.8.4.6.4-16, a evidente influência da riqueza acumulada nas campanhas sobre os valores de diversidade, verificando-se o acoplamento desses parâmetros de avaliação da comunidade ao longo do tempo de monitoramento.

Figura 2.8.2.4.6.4-15 - Box-plot da diversidade do ictioplâncton ao longo das campanhas, entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

Figura 2.8.2.4.6.4-16 – Riqueza de larvas do ictioplâncton ao longo das campanhas, entre dezembro/2010 e dezembro/2016.



Fonte: CPEA/Econsult (2017).

2.8.2.4.7. Considerações finais

Nas cinco campanhas de amostragem, entre os meses de dezembro/2015 e de dezembro/2016, a avaliação qualitativa do fitoplâncton evidenciou um total de 279 táxons inventariados, incluindo espécies e morfoespécies distribuídas em 18 classes, além de fitoflagelados. Considerando o conjunto das 55 campanhas realizadas na AID e ADA da BTP, desde dezembro/2010 a dezembro/2016, foram registrados 888 táxons.

Nas cinco últimas coletas em foco, as diatomáceas, representadas pelas classes Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae e Fragilariophyceae, foram o grupo mais especioso na AID e na ADA da BTP, sobretudo pela contribuição dos gêneros *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Thalassiosira*, *Nitzschia* e *Thalassionema*. Esse resultado reproduz um padrão comum no estuário de Santos, detectado também nas campanhas prévias (dezembro/2010 a janeiro/2015) desenvolvidas nas áreas de influência do terminal e em demais estudos conduzidos em ambientes estuarinos brasileiros.

O segundo grupo com maior riqueza no ambiente analisado foi o das dinofíceas (Dinophyceae), com destaque dos gêneros *Ceratium*, *Protoperdinium* e *Prorocentrum*, os quais integram espécies comumente encontradas em ambientes marinhos oceânicos e em várias regiões estuarinas do Brasil.

Em termos gerais, nas últimas cinco amostragens (dezembro/2015 e dezembro/2016), os dados indicaram oscilação na composição do fitoplâncton entre os pontos de coleta e entre as marés vazante e enchente, havendo maior distinção nessa comunidade de acordo com a campanha (período sazonal). A avaliação temporal revelou que, na AID e ADA da BTP, os maiores valores de riqueza estiveram associados às campanhas de junho e de setembro/2016 (inverno), ocorrendo diminuição em dezembro/2016. Comparando-se os resultados obtidos de uma mesma campanha se observa reduzida variação entre a riqueza no canal de Piaçaguera, nos pontos da ADA em relação à AID.

Observa-se que a densidade da comunidade fitoplanctônica também variou principalmente de acordo com a campanha de amostragem, o que indica influência da sazonalidade. Diferente do observado para a riqueza, o período que apresentou maior densidade de organismos foi na primavera (dezembro/2016).

As diatomáceas Coscinodiscophyceae foram as responsáveis pelo aumento expressivo de densidade em dezembro de 2016, em todos os pontos na AID e na ADA, em função dos picos de densidade de *Skeletonema* cf. *costatum*, espécie considerada comum em diversos estuários brasileiros e formadora de florações, porém não produtora de toxinas (RILEY, 1967).

Esse incremento de densidade, sobretudo desta espécie, pode ter sido favorecido pelas concentrações elevadas de nitrato registradas nesta campanha, associadas ao aumento na temperatura da água e luminosidade, fatores propícios ao desenvolvimento de alguns grupos do fitoplâncton.

Dentre os organismos mais numerosos, se destacam também os fitoflagelados, nas campanhas de dezembro/2015, de junho/2016 e de setembro/2016, na maioria dos pontos. Segundo Rosa (2012), o predomínio de fitoflagelados, pode estar relacionado à sua alta razão superfície/volume, baixa taxa de sedimentação e estratégia de vida r-estrategista. O predomínio de fitoflagelados no estuário de Santos já foi reportado por Moser (2002) e Ancona (2007).

Em relação às campanhas anteriores (dezembro/2010 a janeiro/2015), destaca-se que os fitoflagelados e as diatomáceas Coscinodiscophyceae também foram os grupos predominantemente mais expressivos em termos numéricos na AID e ADA, com densidades mais elevadas nos meses de verão, padrão que está compatível com os dados das cinco últimas coletas.

Os resultados do índice de diversidade de Shannon foram baixos, na maioria dos pontos, nas cinco campanhas em foco, o que reflete a elevada abundância (dominância) de fitoflagelados e da coscinodiscofícea *Skeletonema* cf. *costatum*. A análise dos padrões de similaridade apontou semelhanças entre os pontos monitorados na AID e na ADA do empreendimento.

Em relação ao zooplâncton, nas cinco últimas amostragens (dezembro/2015 a dezembro/2016), foram registrados 69 táxons, dentre os quais os crustáceos foram os mais especiosos na AID e ADA da BTP. Nesse grupo, destacam-se principalmente os copépodes Calanoida e a classe Malacostraca, assim com o esperado para regiões estuarinas. De modo geral, a composição taxonômica nas cinco últimas campanhas reproduz um padrão similar ao reportado nas amostragens anteriores deste programa, iniciadas em dezembro/2010, sobretudo quanto ao predomínio de copépodes, seguido por crustáceos Malacostraca, que foi recorrente na AID e ADA da BTP. Considerando a integração dos resultados, desde a primeira até a campanha 55, detectou-se um total de 118 táxons.

Na maioria das amostras do zooplâncton foi obtida diversidade média, com baixa variação entre os pontos monitorados na ADA e na AID, o que também foi observado para os índices de equitabilidade e riqueza de Margalef. A avaliação dos padrões de semelhança corroborou que a composição e a abundância do zooplâncton na ADA são similares aos obtidos na AID, sendo detectada maior distinção apenas para o largo do Caneú (P09). Esse cenário sugere que as atividades desenvolvidas pela BTP, na ADA, não têm interferido de forma relevante para o estabelecimento do zooplâncton, assim como observado em relação ao fitoplâncton.

Nas amostragens do ictioplâncton, realizadas no período de dezembro/2015 a dezembro/2016, foram capturadas larvas integrantes das ordens Beloniformes, Clupeiformes, Perciformes e Tetraodontiformes e ovos da ordem Clupeiformes e não identificados.

Os resultados integrados do ictioplâncton evidenciaram reduzida variação em termos de riqueza, entre os pontos e campanhas. Nestas cinco últimas campanhas, verificou-se diminuição na riqueza do ictioplâncton, em relação à maioria das campanhas anteriores deste subprograma de monitoramento. Essas variações temporais na composição do ictioplâncton estão associadas principalmente aos picos de reprodução dos distintos grupos capturados.

No cômputo das cinco últimas coletas, foram registradas, no Canal do Porto de Santos, na ADA, larvas das famílias Blenniidae e Gobiidae (ordem Perciformes) e Engraulidae (ordem Clupeiformes) e ovos da família Engraulidae. Em termos quantitativos, verificou-se reduzida densidade de larvas na maioria dos pontos avaliados na ADA nas cinco coletas. Contudo, detectou-se elevada densidade de ovos, sobretudo na campanha realizada em dezembro/2016, na primavera, o que denota que o Canal do Porto de Santos, na ADA, atua como uma área de desova dos peixes. Os resultados quantitativos se assemelham ao reportado para a ADA, com registro de densidades reduzidas de larvas, na maioria das campanhas em foco, e aumento expressivo na densidade de ovos, em dezembro/2016, na maioria dos pontos, devido à elevada abundância da família Engraulidae, evidenciando atividade reprodutiva mais intensa dos exemplares desta família, na primavera, o que reproduz uma condição verificada também em campanhas anteriores deste subprograma de monitoramento.

Vale salientar que nas amostragens anteriores deste subprograma de monitoramento, sobressaíram-se pela maior abundância as larvas não identificadas e os exemplares das famílias Blenniidae e Gobiidae, além de ovos não identificados e ovos pertencentes à família Engraulidae. Os valores de densidade de organismos nas campanhas prévias variaram de acordo com o período sazonal, atingindo picos no verão e na primavera, corroborando os resultados obtidos para as campanhas realizadas no período analisado e também ao observado para ictiofauna.

A análise dos resultados do índice de diversidade, considerando as campanhas entre dezembro/2015 e dezembro/2016, demonstrou baixos valores para esse indicador, o que reflete os resultados de riqueza e de abundância. Os resultados de similaridade evidenciaram que o ictioplâncton apresenta relativa homogeneidade entre os pontos da ADA em relação à AID.

Na avaliação dos resultados da qualidade da água, obtidos no período de dezembro/2015 a dezembro/2016, detectaram-se variações típicas de estuários nos parâmetros pH, salinidade, condutividade, sólidos dissolvidos totais e turbidez, os quais sofrem influência da dinâmica hidrológica deste tipo de ambiente, do ciclo de marés e das variações sazonais. No geral, detectou-se que os parâmetros avaliados permaneceram dentro da faixa de variação aferida em

campanhas pretéritas, com oscilações sazonais que se refletem na composição de espécies das comunidades planctônicas na AID e ADA da BTP.

Portanto, considerando o conjunto de campanhas realizadas no âmbito do monitoramento das comunidades planctônicas na AID e ADA da BTP e as atividades desenvolvidas para a realização do monitoramento, entende-se que foram atingidos os objetivos de Subprograma de Monitoramento das Comunidades Planctônicas no que diz respeito ao monitoramento dos efeitos da implantação e da operação do terminal da BTP sobre os exemplares fitoplanctônicos, zooplanctônicos e ictioplanctônicos. O atendimento aos objetivos do programa se deu por meio do cumprimento da meta estabelecida, que se referia à realização de 100% das atividades previstas, que incluíam a realização das amostragens na frequência e áreas de amostragem previstas, análise laboratorial das amostras tomadas, geração de relatórios técnico-analíticos para avaliação dos efeitos do empreendimento sobre a comunidade considerada nas fases de implantação e operação do mesmo.

Tendo em vista o contexto apresentado, avalia-se que os principais efeitos do empreendimento ao longo de suas diferentes fases foram acompanhados através dos indicadores medidos no processo de monitoramento, não sendo esperados novos impactos decorrentes da operação normal do empreendimento. Nesse sentido, é pertinente que se avalie a possibilidade de encerramento do programa, uma vez que o mesmo cumpriu os objetivos propostos conforme apresentado e discutido nesse relatório, tendo se estendido por três anos e meio após o início da operação da BTP. Contudo, enquanto não há definição acerca da descontinuidade do subprograma, solicitamos a exclusão imediata da necessidade de depósito de todo o material coletado em “instituição depositária”, mantendo-se tal necessidade apenas para espécimes enquadrados em alguma das categorias de ameaça a nível estadual, federal ou internacional, bem como para espécies inéditas na região de estudo, uma vez que há dificuldades para firmar e manter o vínculo com essas instituições receptoras de material biológico coletado seja em virtude de dificuldades de espaço para armazenamento, utilidade (didática/ científica), repetitividade de exemplares ou interesse ecológico, bem como que o subprograma seja readequado. Para tal sugere-se adequações no número de amostras tomadas a cada campanha - amostragem passaria a ser realizada em uma única maré, de enchente, levando em conta a maior contribuição de espécies marinhas alóctones que entram nesse sistema com o fluxo proveniente do ambiente marinho, o que influencia diretamente a estruturação das comunidades planctônicas.

Referências bibliográficas

AHLSTROM, E. H. & MOSER, H. G. 1981. Systematics and development of early life history stages of marine fishes: achievements during the past century, present status and suggestions for the future. *Rapp. p.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer*, 178: 541-546.

ALDERDICE, D. F. 1985. A pragmatic view of early life history studies of fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 114: 445-451.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. 2012. Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Rice, E.W. (Ed.); Baird, R.B. (Ed.); Eaton, A.D. (Ed.); Clesceri, L.S. (Ed.). 22nd Edition. Washington.

ANCONA, C. M. 2007. Aspectos da variação espacial e temporal da biomassa e produção fitoplanctônica e parâmetros correlatos no estuário e Baía de Santos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, 229 p.

- ANDRADE, A.C. 2009. Guildas de ocupação de Tetraodontiformes (Teleostei, Acanthopterygii) em um Complexo Estuarino Tropical. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos – UFSC. 124 p.
- BERGESCH, M. & ODEBRECHT, C. 2001. Characteristics and importance of planktonic flagellates in marine coastal and oceanic ecosystems. pp. 173-196. In: Faria, B.M.; Farjalla, V.F & Esteves, F.A. (eds). Aquatic Microbial Ecology in Brazil. Series Oecologia Brasiliensis, vol. IX. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brazil.
- BEZERRA-JÚNIOR, J. L.; DIAZ, X. G.; NEUMANN-LEITÃO, S. 2011. Diversidade de larvas de peixes das áreas internas e externas do porto de Suape (Pernambuco - Brazil). Tropical Oceanography, v.39, n.1, p.1-13.
- BOLTOVSKOY, D. 1999. South Atlantic Zooplankton. Leiden: Backhuys. 1706 p.
- BONECKER, A.C.T.; NAMIKI, C.A.P.; CASTRO, M.S.; CAMPOS P.N. Ordem Perciformes. In Catalogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2014, pp. 180- 265. Zoologia: guias e manuais de identificação series.
- BRAGA, E. S.; BONETTI-FILHO, J. & BONETTI, C. 1997. Eutrophication signals due to industrial wastes at Baixada Santista estuarine system. Sétimo COLACMAR, Santos, Brasil, vol. I, p. 106-107.
- BRASIL TERMINAL PORTUÁRIO - BTP; MKR CONSULTORIA, SERVIÇOS E TECNOLOGIA. 2008. Estudo de Impacto Ambiental – EIA do Brasil Terminal Portuário, Santos, São Paulo. Diagnóstico Ambiental. v 2. 286p.
- BRASIL TERMINAL PORTUÁRIOS - BTP; CPEA - CONSULTORIA, PLANEJAMENTO E ESTUDOS AMBIENTAIS. Relatório Técnico Anual do Subprograma de Monitoramento das Comunidades Planctônicas. Período de Referência: Julho de 2014 a Janeiro de 2015. Santos. São Paulo. 2015.
- BRASIL TERMINAL PORTUÁRIOS - BTP; PROBIOTA. 2014. Relatório Técnico Semestral do Subprograma de Monitoramento das Comunidades Planctônicas. Período de Referência Agosto de 2013 a Junho de 2014. Santos. São Paulo. CAPITANIO, F.; ESNAL, G. B., 1998. Vertical distribution of the maturity stages of *Oikopleura dioica* (Tunicata, Appendicularia) in the frontal system off Valdés Peninsula, Argentina. Bulletin of Marine Science, v. 63, p. 531-539.
- CIECHOMSKI, J. D. 1981. Ictioplâncton. In: Boltovskoy, D. (Ed.). Atlas Del zooplâncton Del Atlantico Sudoccidental p. 829-860. INIDEP.
- COLWELL, R. 2013. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.
- COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG, J. 2004. Interpolating, extrapolating and comparing incidence-based species accumulation curves. Ecology, 85: 2717–2727.
- COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philos. Trans. R. Soc. Lond., Ser. B: Biol. Sci. 345:101-118.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. 1978. Poluição nas águas do estuário e Baía de Santos. II Vol.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. 2000. Plano de controle ambiental do Porto de Santos: levantamento das fontes poluidoras.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. 2001. Sistema Estuarino de Santos e São Vicente. Relatório Técnico CETESB. São Paulo, 178 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. 2016. Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2015. São Paulo.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005.

COSTA, M.D.P.; SOUZA – CONCEIÇÃO, J.M.. 2009. Composição e abundância de ovos e larvas de peixes na baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 4(3): 372-382.

COUTINHO, M. T. P., 2003. Comunidade Fitoplanctónica do Estuário do Sado. Estrutura, Dinâmica e Aspectos Ecológicos. Dissertação para Investigador Auxiliar INIAP/IPIMAR, 328 p.

DANDO, P. R. 1984. Reproduction in estuarine fish. In: Potts, G. W. & Wotton, R. J. (eds). *Fish Reproduction* p.155-170. American Press.

De LAFONTAINE, Y. 1990. Distribution and abundance of ichthyoplankton in the Manicouagan River Estuary, a tributary of the lower St. Lawrence Estuary. *Estuaries*. V.13, p.43-50.

DEEGAN, L. A. & THOMPSON, B. A. 1985. The ecology of fish communities in the Mississippi River deltaic plain. In: Yáñez-Arancibia, A., (ed.). *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration* p.35-56. Editorial Universitaria, UNAM-PAUL-ICML, Mexico, D.F.

DIEGUES, A. C. S., 1986. *Ecosistemas Marinhos do Brasil*. Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo: 74 p

DTA Engenharia sL; Carbocloro. 2006. EIA Estudo de Impacto Ambiental e RIMA Relatório de Impacto Ambiental: Terminal marítimo de sal, Cubatão, São Paulo.

ESKINAZI-LEÇA, E.; PASSAVANTE, J.Z.O. & BARROS-FRANÇA, L.M. 1980. Composição do microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu (Pernambuco). *Boletim do Instituto Oceanográfico* 29: 163-167.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M; TUNDISI, J. G. 1996. Zooplâncton do estuário do Pina (Recife-Pernambuco-Brasil): composição e distribuição temporal. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 44(1):23-33.

- FAHAY, M. P. 1983. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean. Capes Hattera to the Southern Scotial Shelf. J. Northw. Atl. Fish Sci., v. 4.419 p.
- FEITOSA, F. A. N. 1988. Produção primária do fitoplâncton correlacionada com par correlacionada com parâmetros bióticos e abióticos na bacia do bacia do Pina, Brasil. Pernambuco, Brasil.
- FRAZÃO, L. R. 2001. Eutrofização por esgotos domésticos e sua relação com a ecologia e fisiologia do fitoplâncton marinho no litoral do Estado de São Paulo: Ubatuba, Praia Grande e Santos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, 152 p.
- FUNDAÇÃO RICARDO FRANCO - FRF. 2008. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Projeto de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos, Santos, SP. São Paulo, 2008.
- GIANESELLA, S. M. F.; SALDANHA-CORRÊA, F. M. P. & TEIXEIRA, C. 2000. Tidal effects on nutrients and phytoplankton distribution at Bertioiga Channel (SP).Aquat. Ecos. Health & Manag., 3: 533-544.
- GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F. 1978. Produção primária na Baía de Santos, Estado de São Paulo. Aspectos sobre a eficiência fotossintética num ambiente marinho poluído. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, 53 p.
- HAEDRICH, R. L. 1983. Estuarine fishes. In: Ketchum, B. H. (ed.). Estuaries and enclosed seas.Ecosystems of the world.Vol. 26. p. 183-207. Elseyies Publishing.
- HAMMER, O. 2010. PAST: Paleontological Statistics. Version 2.03.204 p.
- HEMPEL, G. & WEIKERT, H. 1972. The neuston the subtropical and boreal North-eastern Atlantic Ocean.Marine Biology, v.13, p. 70-88.
- HEMPEL, G. 1973. Early life history of marine fish: the eggs stage. Washington: Sea Grant Publication, 70p.
- HEMPEL, G. 1974. Summing-up of the symposium on the early life history of fish. In: Blaxter, J.H.S.(ed). The early life history of fish p. 755-759. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- KENNISH, M. J. 1990. Ecology of estuaries: biological aspects. Boca Raton, CRC Press. 494p.
- KOPP, M.M. , DE SOUZA, V.Q. , COIMBRA, J.L.M , LUZ, V.K. , MARINI, N. & OLIVEIRA, A.C. 2007. Melhoria da correlação cofenética pela exclusão de unidades experimentais na construção de dendogramas. Rev. Fac. Zoo. Vet. e Agr. 14(2):46-53
- PARIZZI, R.A.; SOUZA-CONCEIÇÃO, J.M.; LORENZI, L.; MIRA, G.A.D.F.; OORTMAN, M.S.; CONORATH, G.; BIEGER, E. Variação sazonal do fitoplâncton e parâmetros ambientais no Canal do Rio Palmital, Baía da Babitonga, Sul do Brasil. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 35 n. 2 dez. 2013, p. 43 041-053.
- LACERDA, S. R. 2008. Estudo das microalgas: um dos principais desafios para ações de monitoramento da água. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

- LAMAS, I.R. 1993. Análise de características reprodutivas de peixes brasileiros de água doce, com ênfase no local de desova. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, 72 p.
- LARKIN, P. A. 1978. Fisheries management –an essay for ecologists. *Ann. Ver. Ecol. Syst.*, 9: 57-73.
- LEAO, B.M; PASSAVANTE, J.Z.O; SILVA-CUNHA, M.G E SANTIAGO, M.F. 2008. Ecologia do microfítoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. *Acta Bot. Bras.* [online]. vol.22, n.3 [citado 2013-02-25], pp. 711-722.
- LONGHURST, A.R.; PAULY, D. *Ecologia dos Oceanos Tropicais*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega. S. A. 1010 p.
- MENEZES, N. A., BUCKUP, P. A., FIGUEIREDO, J. L. & MOURA, R. L. 2003. Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 160 p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. 2009. Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. Rubens M. Lopes/IO-USP [et al.] Editor. – Brasília: MMA/SBF. 440 p.; il. color. (Série Biodiversidade, 33).
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. 2014. Portaria n° 445 de 17 de dezembro de 2014: lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçados da Fauna Brasileira Ameaçados de Extinção. Diário Oficial da União n° 245.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. 2016. Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil (Série Biodiversidade, 39). Brasília: MMA, 2016. 791p.
- MONTÚ, A.M. 1980. Zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos I. Estrutura e variações temporais e especiais da comunidade. *Atlântica* 4:53-72.
- MOSER, G. A. O. 2002. Aspectos da eutrofização no Sistema Estuarino de Santos: distribuição espaço-temporal da biomassa e produtividade primária fitoplancônica e transporte instantâneo de sal, clorofila-a, material em suspensão e nutrientes. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 410 p.
- MOSER, G.A.O., GIANESELLA, S.M.F., CATTENA, C.O., DAVID, C.J., BARRERA-ALBA, J.J., SALDANHA-CORRÊA, F.M.P. & BRAGA, E.S. 2002. Influência das marés sobre o fitoplâncton no sistema estuarino de São Vicente e Santos. In *Anais II Congr. Bras. Pesq. Amb.* CR-Rom
- MOSER, H. G. 1996. The early stages of fishes in the California Current Region. *California Cooperative Ocean Fisheries Investigations (CALCOFI).ATLAS N° 33*. Allen Press, Inc., Lawrence, Kansas, USA. XII + 1505 p.
- NEIRA, F. J., MISKIEWICZ, A. G. & TRNSKI T. 1998. Larvae of temperate Australian fishes: laboratory guide for larval fish identification. University of Western Australia Press. 467p.
- NIKOLSKY, G. V. 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press, London. 353 p.

- NIZISNKI, M.S.; MUNROE, T.A. 2002. Order Clupeiformes, p. 601-1374, in Carpenter, K.E.(ed.), The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol 2: bony fishes(Acipenseridae to Grammatidae). FAO, Roma.
- ODUM, E. P. 1983. Ecologia. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 434 p.
- OLIVEIRA, F. R. 2005. Chironomidae (Diptera) em córregos de baixa ordem em áreas florestadas do Estado de São Paulo, Brasil. São Carlos.
- OLIVEIRA, R. J. M. 1983. Um levantamento quantitativo relativo do gênero, *Actinoptychus*, Ehr. (Chrysophyta, Bacillariophyceae) no estuário do Rio Iteberé, Paranaguá, Paraná, Brasil. Est. Biol. Est. Biol. Est. Biol. Est. Biol. Est. Biol., Curitiba, v. 8, p. 1-27.
- PATRICK, R. 1967. Diatoms communities in estuaries. In: LAUFF, G. H. (Ed.). Estuaries. W Estuaries. ashington: Am. Ass. Adv. Sci. 311-315.
- PENNAK, RW. 1978. Fresh-water invertebrates of the United States. New York: Ronald Press. 803 p.
- PEREIRA, N. 1985. Eutrofização do Sistema Estuarino e das Baías de Santos e São Vicente (Estado de São Paulo, Brasil). Dissertação de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 157 p.
- REIMCHE, G. B., MACHADO, S. L. de O., GOLOMBIESKI, J. I., BAUMART, J. S., BRAUM, N., MARCHESAN, E., ZANELLA, R. 2008. Persistência na água e influência de herbicidas utilizados na lavoura arrozeira sobre a comunidade zooplânctônica de Cladocera, Copepoda e Rotifera. *Ciência Rural*, 38(1): 7-13.
- RESGALLA, J. R. C.. 2001. Estudo de impacto ambiental sobre a comunidade do zooplâncton na enseada do Saco dos Limões, Baía-Sul da Ilha de Santa Catarina, Brasil. *Atlântica*, v. 23, p. 5-16.
- RICHARDS, W. J. 2006. Early Stages of Atlantic Fishes. An Identification Guide for the Western Central North Atlantic. CRC / Taylor & Francis. 2v. 2640 p.
- RILEY, G. A. 1967. The plankton of estuaries. In: Lauff, G. H. (ed.). Estuaries. p. 316-326. Am. Ass. Adv. Asc. Washington.
- RIZZI, J. 2010. Potencial biotecnológico dos polissacarídeos de microalgas marinhas. Dissertação (Pós-Graduação). Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba. 104 p.
- ROHLF, F. J. 1970. Adaptive hierarchical clustering schemes. *Syst. Zool.*, 19(1): 58-82.
- ROSA. E.B.. 2012. Análise Quantitativa E Qualitativa Do Fitoplâncton Em Zona Anóxica Da Lagoa Da Conceição Em Florianópolis - SC, Subárea A3. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Botânica.
- SANTANA, D. S. 2004. Composição florística e biomassa fitoplânctônica do estuário do rio Marapanim biomassa fitoplânctônica do estuário do rio Marapanim biomassa fitoplânctônica do estuário do rio Marapanim. Pará-Brasil.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; AGUJARO, L. F.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, L. R. & SOUZA, R. C. R. 2006. Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras. Rio de Janeiro. Interciência. Sociedade Brasileira de Ficologia, 60 p.

SASSI, R. & WATANABE, T. 1980. Estudos ecológicos básicos no estuário do Rio Paraíba do Norte, Paraíba, Brasil. Fitoplâncton e fatores hidrológicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2. Resumos Resumos Resumos Resumos Resumos... [S.l.:s.n.]. p. 305-313.

SASTRY, A.N. 1983. Ecological aspects of reproduction. p.179-270. In: F.J. Vernberg & W.B. Vernberg (Eds). The Biology of Crustacea. Environmental Adaptations. New York, Academic Press. 471p.

SHANNON, C. E. & WIENER, N. 1963. The Mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, London, 360 p.

SHANNON, C.E. & WEAVER, W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.

SMAYDA, T. J. 1983. The phytoplankton of estuaries. In: Ketchum, B. H. (ed.). Estuaries and Enclosed Seas. p. 65-101. Elsevier Scientific Publ. Amsterdam.

SMITH, D. G. & THACKER, C. E. 2001. Late-stage larvae of family Microdesmidae (Teleostei, Gobioidi) from Belize, with notes on systematic and biogeography in the western Atlantic. Bulletin of Marine Science, Estados Unidos, 67(3): 997-1012.

SOUZA-CONCEICAO, J.M.; RODRIGUES-RIBEIRO, M.; CASTRO-SILVA, M. A.. 2005. Dinâmica populacional, biologia reprodutiva e o ictioplâncton de *Cetengraulis edentulus* Cuvier (Pisces, Clupeiformes, Engraulidae) na enseada do Saco dos Limões, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Rev. Bras. Zool, vol.22, n.4, pp.953-961.

TOMMASI, L. R. 1979. Considerações ecológicas sobre o estuário de Santos. Tese de Livre Docência. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2. Vols.

TOMMASI, L. R. 1982. Hidrologia e poluição das praias, baías e estuários de Santos e São Vicente (SP). Atlântica, 5(2): 120-121.

TUNDISI, J. G. 1970. O plâncton estuarino. Contrações. Inst. Oceanogr., Univ. S. Paulo., série Ocean Biol. 19:1-22.

TURNER, J. T. 1984. Zooplankton feeding ecology: contents of fecal pellets of the copepods *Eucalanus pileatus* and *Paracalanus quasimado* from continental shelf waters of the Gulf of Mexico. Mar. Ecol. Prog. Ser., 15(1/2): 27-46.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitative phytoplankton: metodik. Internat. Vereinig. Theor. Ang. Limnol., 9: 1-38.

VAZZOLER, A. E. A. de M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM. 169 p.

VIANNA, S.C.; SANQUETTA, C.R.. 2012. Mudanças climáticas e o fitoplâncton marinho: uma revisão. Centro científico Conhecer. Enciclopédia Biosfera. 19 p.

WHITFIELD, A. K. 1998. Biology and ecology of fishes in Southern African Estuaries. Ichthyological Monographs of Smith Institute of Ichthyology v.2, 223 p.

WHITTON, B. A. 1992. Diversity, ecology and taxonomy of Cyanobacteria. In: MANN, N.G., CARR, N.G. Photosynthetic procaryotes. New York: Plenum PR.

WILLIAMS, J.T. 2008. Blenniidae. in Froese, R. and D. Pauly. Taxonomia e distribuição da família Blenniidae .41 Revista Brasileira de Zoociências 12 (1): 17-41. 2010 (Eds.). FishBase, www.fishbase.org, version (01/2008).

ZACARDI, D.M.; BITTENCOURT, S.C.S.; NAKAYAMA, L.. 2016. O ictioplâncton e sua relação com a variação diária e os ciclos de marés no estuário amazônico. Biota Amazônia Open Journal System. 9 p.

ANEXOS

Anexo A – Dados brutos - Fitoplâncton (Somente em meio digital).

Anexo B – Dados brutos - Zooplâncton (Somente em meio digital).

Anexo C – Dados brutos - Ictioplâncton (Somente em meio digital).

Anexo D – Declarações de depósito.

Anexo E – Dados brutos – Qualidade da Água (Somente em meio digital).

Anexo F – Relatórios de Ensaio Analítico - Água (Somente em meio digital).

Anexo G – Relatórios de Ensaio Analítico - Fitoplâncton (Somente em meio digital).

Anexo H – Relatórios de Ensaio Analítico - Zooplâncton (Somente em meio digital).

Anexo I – Relatórios de Ensaio Analítico - Ictioplâncton (Somente em meio digital).