



ESTUDO COMPARATIVO DA AMOSTRAGEM DE MESOZOOPLÂNCTON EM UMA REGIÃO DE RESSURGÊNCIA DE QUEBRA DE PLATAFORMA CONTINENTAL EM FRENTE A SALVADOR, BAHIA, BRASIL

Keisy Aline RODRIGUES^{1*}; Christiane Sampaio de SOUZA¹; Janini PEREIRA²; Ralf SCHWAMBORN³; Sigrid NEUMANN-LEITÃO³; Paulo de Oliveira MAFALDA JUNIOR¹

¹Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Laboratório de Plâncton, Campus de Ondina, Travessa Barão de Jeremoabo, S/N, 40170-280, Salvador, BA, Brasil. E-mail: keisyaline@hotmail.com, chsampaio@ig.com.br, paulomafaldajr@ufba.br

*Autor correspondente

²Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física, Departamento de Física da Terra e do Meio Ambiente, Campus de Ondina, Travessa Barão de Jeremoabo, S/N, 40170-280, Salvador, BA, Brasil. Email: janinipereira@ufba.br

³Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, Av. Arquitetura S/N, 50740-550, Recife, PE, Brasil. Email: rs@ufpe.br, sigrid@terra.com.br

RESUMO. O presente estudo objetiva verificar se redes cônicas, de tamanho de malha diferentes, têm a mesma eficiência para amostragem de mesozooplâncton em uma plataforma continental tropical estreita, com predomínio de água tropical ($T > 20^{\circ}\text{C}$ e $S > 36,4$ ups), típica das camadas superficiais da corrente do Brasil. A área de estudo também tem influência da circulação da Baía de Todos os Santos, com formação de água costeira ($T > 26^{\circ}\text{C}$ e $S < 36,0$ ups). Comparando-se as densidades totais de mesozooplâncton das diferentes malhas, obteve-se diferenças significativas (Teste de Friedmann, $p < 0,05$), entre as redes de 200 μm (1185 org/ m^3) e 500 μm (62 org/ m^3), e entre as de 300 μm (2442 org/ m^3) e 500 μm (Teste de Friedmann, $p < 0,05$), devido a menor eficiência de captura da rede de 500 μm . Não foi encontrada diferença significativa entre as redes de 200 μm e 300 μm (Teste de Friedmann, $p > 0,05$), sendo ambas indicadas para amostragem da densidade total de mesozooplâncton, em um ambiente nerítico tropical.

Palavras-Chave: Corrente do Brasil, amostragem, rede de plâncton, plataforma continental, composição de zooplâncton.

ABSTRACT. This study aims to verify if conical nets, with different mesh sizes, present the same sampling efficiency for the mesozooplankton, in a tropical area of special oceanographic interest. The target community occurs on a very narrow continental platform, where tropical water ($T > 20^{\circ}\text{C}$ e $S > 36,4$ ups) predominates, typical of the superficial layers of the Brazil current. However, the study area also has influences from the circulation of the Todos os Santos Bay, with formation of coastal water ($T > 26^{\circ}\text{C}$ e $S < 36,0$ ups). Comparing the total densities of mesozooplankton, captured by the different collection networks, there were significant differences between the 200 μm (1185 org/ m^3) and 500 μm (62 org/ m^3) networks (Friedmann Test, $p < 0.05$), and between the 300 μm (2442 org/ m^3) and 500 μm networks (Friedmann Test, $p < 0.05$), due to the lower capture efficiency of the 500 μm network. No significant difference was found between the 200 μm and 300 μm networks (Friedmann Teste, $p > 0.05$), both of which are indicated for sampling of total mesozooplankton density in a tropical neritic environment.

Keywords: Brazil current, sampling, plankton net, continental shelf, zooplankton composition.

INTRODUÇÃO

Os organismos planctônicos se encontram à deriva na água e suas habilidades de locomoção podem ser insuficientes para impedir o seu transporte por correntes (Harris *et al.*, 2000) e incluem bactérias, archeas, protistas heterotróficos e autotróficos, além de metazoários invertebrados e vertebrados como peixes (Castro e Huber, 2012). O tamanho corporal é usado como principal traço da estruturação da comunidade zooplânctônica (Barton *et al.*, 2013) e uma das classificações utilizadas foi proposta por Castro e Huber (2012), sendo definida de acordo com tamanho corporal selecionado por rede de coleta, denominando como micropoplâncton, organismos de tamanhos entre 20 e 200 μm ; mesopoplâncton, de 0,2 a 20 mm e macropoplâncton, de 2 a 20 cm.

Nos estudos de comunidades zooplânctônicas há contradição sobre qual malha utilizar, pois de acordo com o objetivo e área de estudo, a abertura das malhas pode subestimar ou superestimar determinados táxons, pois em abertura menor pode ocorrer a obstrução da tela, enquanto em malhas maiores, os organismos podem atravessar através dos poros (i.e. Makabe *et al.*, 2012; Nogueira Junior *et al.*, 2015; Tosetto *et al.*, 2019).

A plataforma continental em frente a Salvador, Bahia, tem influência da região de formação da corrente do Brasil (CB) com transporte de água tropical (AT) (Castro e Miranda, 1998), formada devido à intensa radiação e evaporação, associado a baixa precipitação, cujo deslocamento acontece junto ao fluxo da CB em direção ao sul até 36 a 38°S (Emilson, 1961). As características da AT são típicas de plataforma continental do Nordeste, com águas oligotróficas e baixa concentração de nutrientes (Conceição *et al.*, 2017; Mafalda Jr. *et al.*, 2017; Tenenbaum *et al.*, 2007) e abaixo dela, encontra-se a água central do Atlântico Sul (ACAS) (Castro e Miranda, 1998).

As regiões oceânicas de ressurgência são caracterizadas por águas mais frias e ricas em nutrientes, que são advectadas até a superfície por um fluxo vertical positivo. Este processo pode ser desenvolvido apenas parcialmente em subsuperfície e formar uma ressurgência de quebra de plataforma (Campos *et al.*, 2000). A área de estudo tem episódios de ressurgência de quebra de plataforma, estudados por Thévenin *et al.* (2019), Aguiar *et al.* (2018) e Santos (2014) cujo processo ocorre em 13°S, na região de formação da CB.

Com base na importância do tamanho corporal para o estudo dessas comunidades, o presente trabalho visa comparar três redes de coleta, com malhas de 200 μm , 300 μm e 500 μm , para compreender e avaliar qual a melhor malha para estimar a densidade de mesozooplâncton total marinho em regiões tropicais oligotróficas com influência de ressurgência de quebra de plataforma. As hipóteses nulas consideraram que as 3 redes possuem a mesma eficiência de captura tanto para densidade de mesozooplâncton (org/m^3), como para a abundância relativa percentual média de 29 grandes grupos. Estes resultados também consideraram a estrutura

oceanográfica na área de estudo, visando melhor compreender a variabilidade espacial da densidade de mesozooplâncton.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A região amostrada da plataforma continental de Salvador tem como coordenadas 13°01'00"S e 13°08'54"S e 38°29'52"W e 38°29'44"W e é considerada a mais estreita da costa brasileira com largura de até 8 km (Knoppers *et al.*, 1999). A região tem um período seco (de baixa pluviosidade, associado a fenômenos de intensificação da Alta Subtropical do Atlântico Sul e presença de vórtices ciclônicos em altos níveis da troposfera) e um período chuvoso (de elevada pluviosidade, associado a anomalias da temperatura da superfície do mar, influência de ventos alísios de leste e presença de uma Zona de Convergência Intertropical ZCIT) (Ferreira e Silva Mello, 2005; Lessa *et al.*, 2009).

A Corrente Sul Equatorial (CSE) se bifurca em torno de 15°S na média anual, formando a Corrente do Brasil (CB) que segue para o sul e a Subcorrente Norte do Brasil / Corrente Norte do Brasil (SNB/ CNB) seguem para o norte (Pereira *et al.*, 2014).

A pequena extensão da plataforma garante a predominância do padrão oligotrófico, pois com a influência dos ventos alísios, há um acúmulo de AT na direção do litoral norte. Assim, com a elevada temperatura das águas superficiais, forma-se uma termoclina permanente que impede movimentos de ressurgência de nutrientes, reduzindo, assim, a produção primária. Essas condições fazem com que este trecho da plataforma brasileira seja o mais pobre em plâncton (Conceição *et al.*, 2017; Mafalda Jr. *et al.*, 2017). Porém, recentemente foi descrito um processo esporádico de ressurgência de quebra de plataforma que ocorre entre o final da primavera, verão e o início do outono, causando anomalias negativas de temperatura na camada superficial (Thévenin *et al.*, 2019).

Na região de estudo, o ponto BA2 (Fig. 1) está localizado acima do emissário submarino que pertence ao Sistema de Descarte Oceânico do Rio Vermelho (ODSRV), construído no final dos anos 1970, e que despeja no ambiente marinho o esgoto da cidade de Salvador, com altas concentrações de sólidos e nutrientes. Esta descarga altera propriedades físico-químicas da água, causando impacto nas praias costeiras adjacentes (Roth *et al.*, 2016).

AMOSTRAGEM

As coletas de mesozoplâncton foram realizadas no contexto do projeto INCT Ambientes Marinhos Tropicais (INCT), em quatro campanhas oceanográficas realizadas no outono: Campanha 1 (05 de junho de 2013), Campanha 2 (27 de maio de 2014), Campanha 3 (07 de abril de 2016) e Campanha 4 (06 de junho de 2016), todas realizadas no período da manhã. Em cada ponto foram medidos dados ambientais com o equipamento Castway CTD (Conductivity, Temperature and Depth) até a profundidade máxima do local. A Fig. 1 representa os pontos de amostragem na plataforma continental de Salvador. Apenas na Campanha 1 a amostragem até o ponto BA 4 foi realizada na profundidade de 50 m.

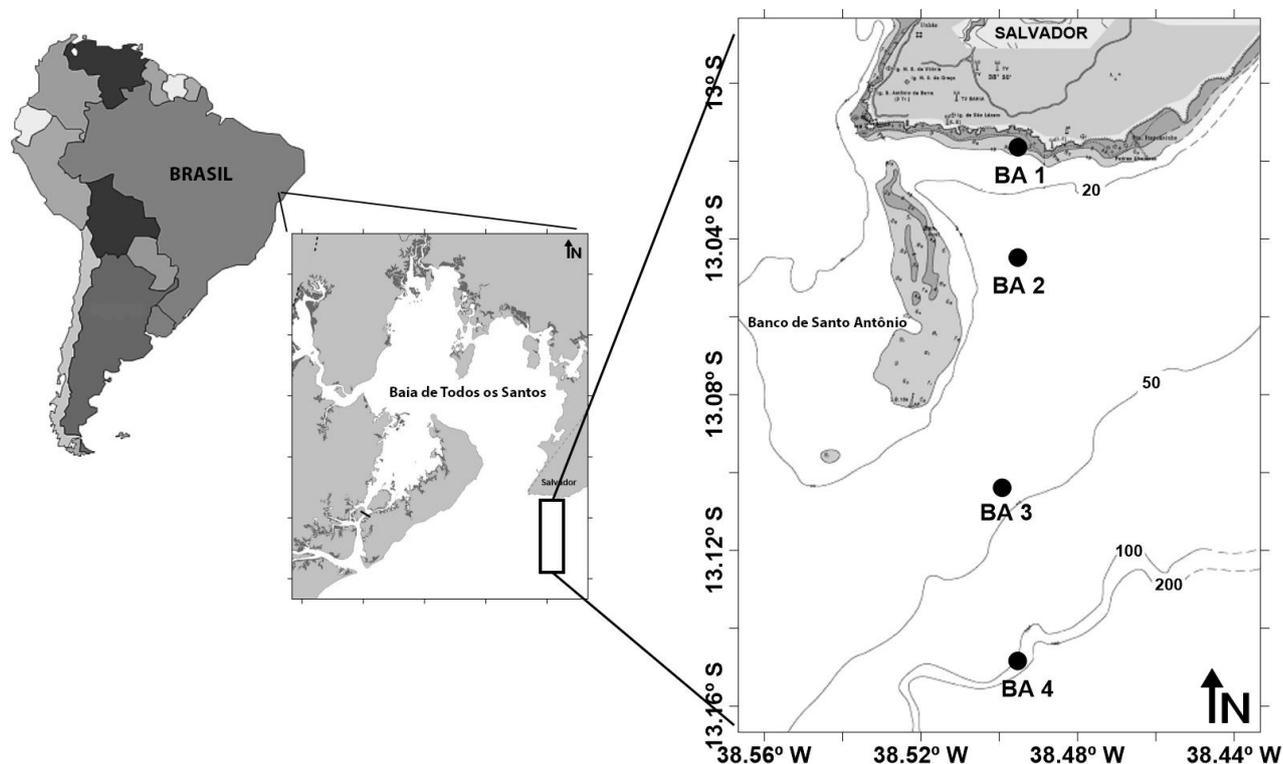


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem realizadas no período de junho de 2013 a junho de 2016 na plataforma continental de Salvador, Bahia.

Foram realizados arrastos horizontais de superfície, com cinco minutos de duração, empregando redes cônicas, com malhas 200 μ m, 300 μ m e 500 μ m, dotadas de fluxômetro da marca Hydrobios para estimativa do volume de água filtrada. As amostras coletadas foram armazenadas individualmente, em frascos de 500 mL, em uma solução de formalina salino a 4% e conduzidas ao laboratório para análise. Os dados de precipitação para o período de janeiro/2013 até dezembro/2016 foram obtidos da página web do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação de Ondina em Salvador.

ANÁLISE DOS DADOS

Para a geração de perfis de temperatura e salinidade foi utilizado o programa Ocean Data View (Schlitzer, 2017), e para caracterizar as massas de água foi feito um Diagrama TS (temperatura e salinidade), com o uso do programa Matlab e o pacote seawater. Os índices termohalinos usados para a classificação das massas de água obtidas a partir do diagrama TS foram: Água Costeira (AC), com temperatura acima de 26°C e salinidade inferior a 36 ups (Dominguez, 2003), AT com temperatura maior que 20°C e salinidade superiores a 36 ups (Emilson, 1961) e ACAS com temperaturas entre 6 e 20°C e salinidade entre 34,6 e 36 ups (Miranda, 1985). Os valores de densidade foram deduzidos de 1000 kg.m⁻³, de modo que não possui unidade de medida e é representado pelo parâmetro σ_T . Para testar se a pluviosidade mensal observada nos anos de 2013 e 2016 foi aquela esperada para o período, foi empregado o Teste de Qui-quadrado (teste de aderência para proporções esperadas desiguais).

As amostras fixadas tiveram seu volume de zooplâncton sedimentado estimado e foram padronizadas em amostras de 100 mL, dos quais, após homogeneização, foi retirada uma alíquota de 10 mL, ou de 20 mL, quando o volume anterior não era representativo (Suthers *et al.*, 2009). As amostras foram analisadas através de um microscópio estereoscópico da marca NIKON NI-30, para determinar a composição da comunidade, ao nível de grandes grupos (Boltovoskoy, 2005). A distribuição espacial da densidade dos organismos nas três redes de captura foi representada por mapas confeccionados com o uso do programa Surfer for Windows da Golden Software Inc. (Keekler, 1995). Os dados de densidade zooplânctônica foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, para avaliar se tinham distribuição normal. Após verificar a ausência de normalidade, e da dependência dos dados (pois as redes foram arrastadas simultaneamente), foi aplicado o teste não paramétrico de Friedmann (Teste de Fr), empregando como hipótese nula a ausência de diferenças na eficiência de captura de mesozooplâncton, entre as redes de 200, 300 e 500 μm , com o índice de densidade (org/m³), e com o índice de abundância relativa percentual para os 29 principais grandes grupos identificados utilizando o programa Biostat versão 5.3. Neste caso o critério de inclusão de um determinado grande grupo, para a realização do Teste de Friedmann, foi uma abundância relativa percentual média, superior a 0,01% em, pelo menos, uma das redes de captura, obtida a partir das abundâncias relativas percentuais, registradas em cada um dos 4 pontos de coleta de cada uma das 4 campanhas, formando assim, uma matriz de dados com 16 linhas e 3 colunas (redes de 200, 300 e 500 μm).

RESULTADOS

PLUVIOSIDADE

A pluviosidade mensal total registrada durante o período da amostragem (janeiro/2013 a dezembro/2016) indicou que o volume de chuvas observado não foi o esperado em relação à média dos últimos 16 anos (janeiro de 1997 a dezembro de 2012), desviando-se do padrão esperado (Teste de Qui-quadrado, $p < 0,0001$).

HIDROGRAFIA

O diagrama TS (Fig. 2) foi elaborado com os dados obtidos em todas as campanhas e permite observar que a coluna de água tem valores elevados de salinidade (acima de 36 ups) e temperatura (acima de 20°C). Estas características permitem classificar a massa de água como AT.

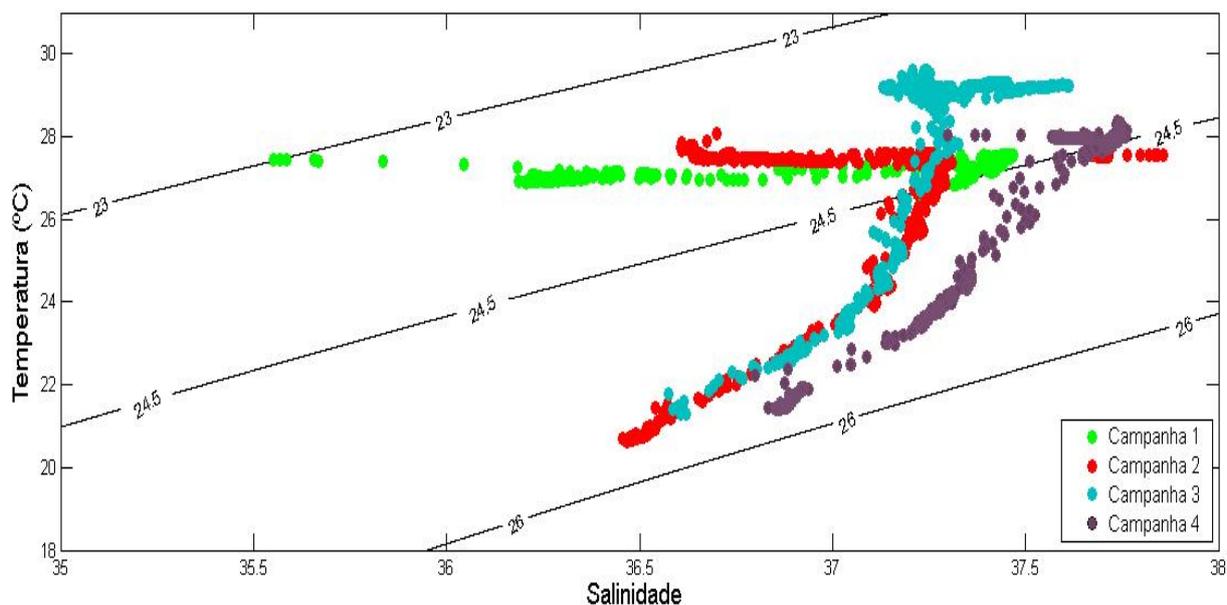


Figura 2. Diagrama TS, para as campanhas realizadas entre junho de 2013 a junho de 2016, ao longo da coluna de água, na plataforma continental de Salvador, Bahia.

Em apenas uma campanha (campanha 1) houve a presença de AC, com salinidade abaixo de 36 ups e temperaturas acima de 26°C. Observa-se também que entre as campanhas 2 e 4 houve uma diferença de salinidade, na qual, na campanha 2 apresentou menor salinidade (em torno de 36,5 ups) comparado com a campanha 4 com salinidades acima de 37,5 ups.

TEMPERATURA

A campanha 1 (Fig. 3a) representa uma coluna de água de 50 m, na qual em 20 m a água está 0,5°C mais aquecida do que em superfície. Na campanha 2 (Fig. 3b) em uma coluna de água de 100 m, o perfil tem uma variação entre 28°C e 20°C, além de uma elevação da isoterma de 20°C, que indica o processo de ressurgência de quebra de plataforma no período. Na campanha 3 (Fig. 3c) os maiores valores são de 30°C e acontecem até os 40 m. Abaixo desse limite, a intensa estratificação da coluna de água e o soerguimento da isoterma de 20°C em 100 m indicam a ressurgência de quebra de plataforma também neste período. Na campanha 4 (Fig. 3d) a temperatura varia entre 28°C na superfície e 21°C em 100 m. Comparando-se a temperatura dos primeiros 50 m com a campanha 1, nota-se que nesta campanha (4) as temperaturas estão mais altas em junho de 2016 do que em junho de 2013 (cerca de 1°C acima).

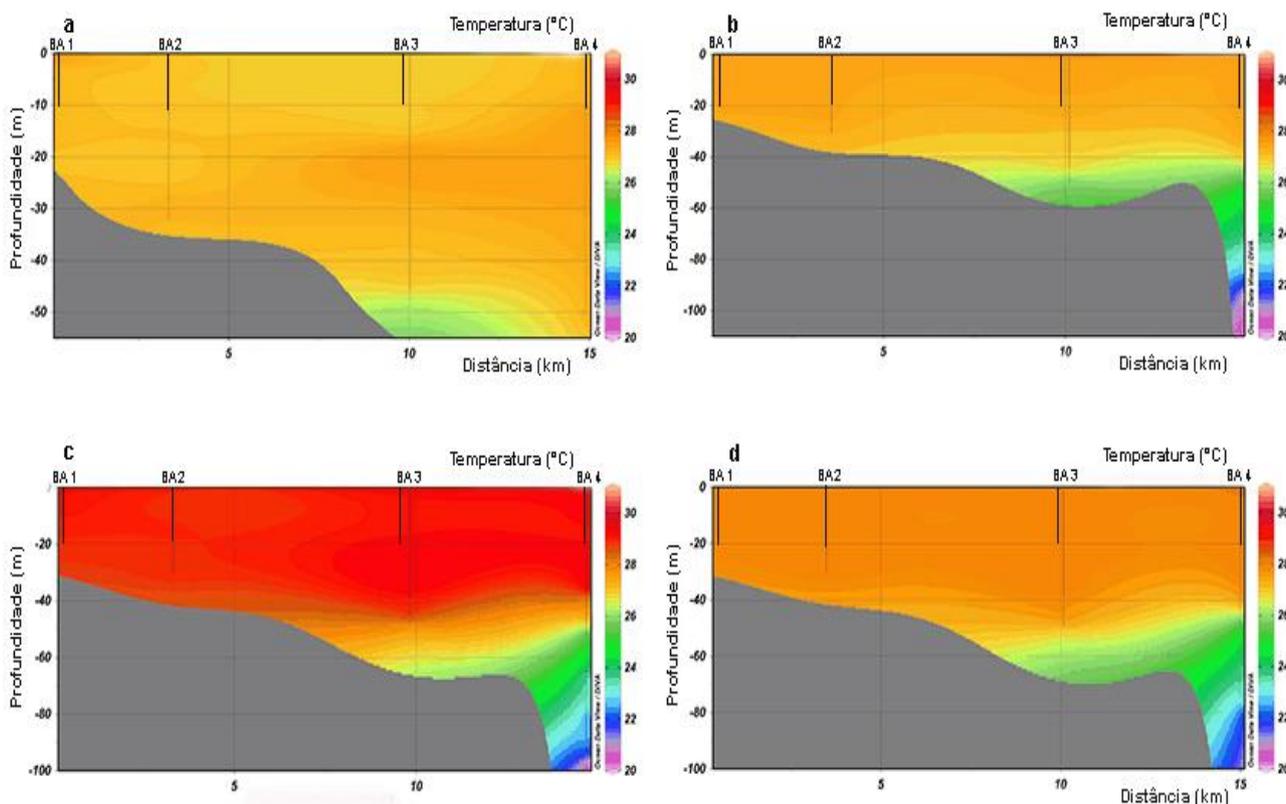


Figura 3. Perfil de temperatura das campanhas 1 (a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d), realizadas na plataforma continental de Salvador, Bahia.

SALINIDADE

A campanha 1 (Fig. 4a) teve variação de salinidade entre 35,5 a 37,5 ups, com uma região de menor salinidade na superfície próximo à costa e maiores salinidades abaixo de 20 m. A precipitação observada foi de 308 mm, sendo que a esperada para o período era de 251 mm. A campanha 2 (Fig. 4b) apresentou uma variação de 37 a 37,5 ups no transecto, próximo à superfície e à costa, onde a salinidade é maior do que nos demais pontos de coleta. A campanha

3 (Fig. 4c) tem variações de salinidade entre 37,5 e 36,5 ups, com os valores máximos (aproximadamente 37,5 ups) na superfície próximo a costa, e ao se distanciar, esses valores aprofundam para a faixa entre 20 e 40 m de profundidade. A campanha 4 (Fig. 4d) foi o período com águas mais salinas, com valores variando de 37 a 37,5 ups. Da superfície até os 40 m, há homogeneidade nas concentrações com valores de 37,5 ups, e abaixo dessa profundidade, há variação da salinidade.

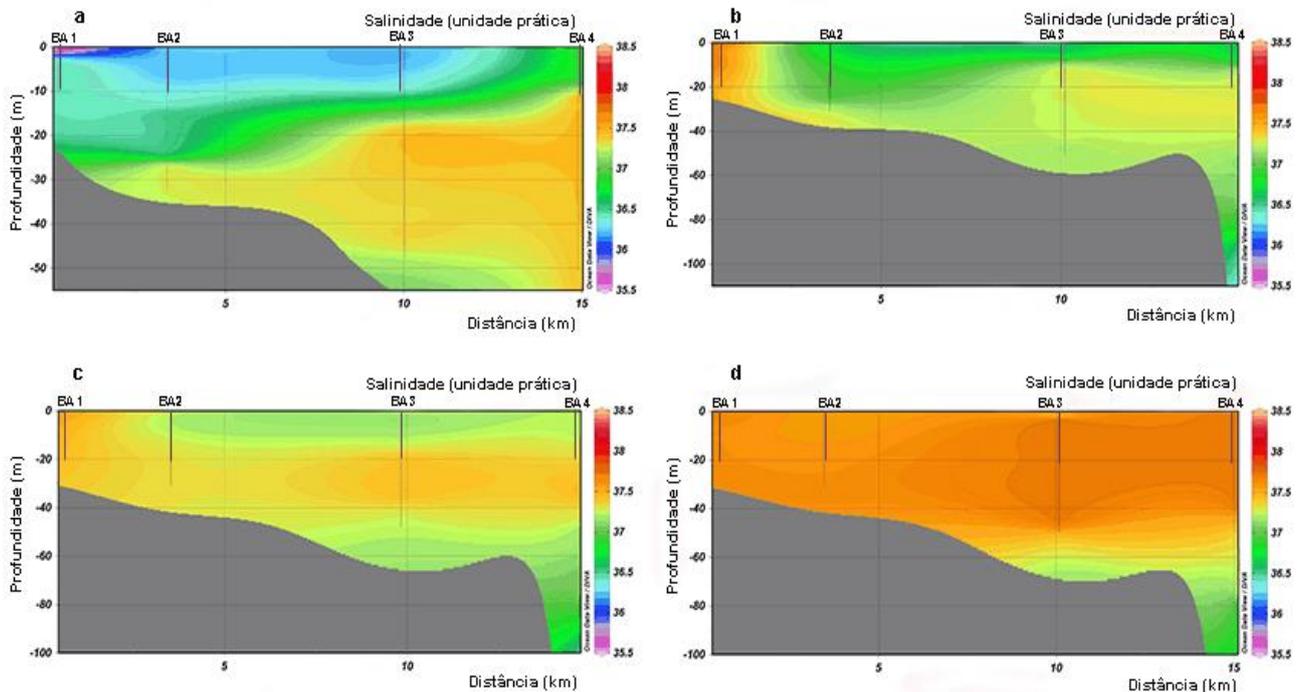


Figura 4. Perfil de salinidade das campanhas 1 (a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d), realizadas na plataforma continental de Salvador, Bahia.

CARACTERÍSTICAS DE DESTAQUE

As campanhas foram realizadas em diferentes datas e condições meteorológicas, o que fez com que tivessem características físicas distintas. A campanha 1 foi a única com AC e maior índice de pluviosidade, assim como temperaturas menores em superfície devido a um ciclo diurno com perda de calor da superfície durante a noite, pois em junho, a atmosfera fica mais fria. A campanha 2 tem ressurgência de quebra de plataforma e a amostragem foi realizada no mesmo período em que foi identificada rolha salina (aumento de salinidade com redução de temperatura) na Baía de Todos os Santos, região próxima ao ponto BA 1. A campanha 3 tem a maior estratificação da coluna de água e o início de ressurgência de quebra de plataforma. O máximo de temperatura observado na superfície deve-se a um acúmulo de calor pela superfície do oceano durante todo o verão podendo ser detectado no início de abril. A campanha 4 tem a menor pluviosidade e uma pequena elevação da isoterma de 22°C em 90 m, sendo que a precipitação

medida foi de 126 mm, e a média esperada era de 251 mm, sendo este o mês com menor precipitação observada.

Ao se comparar os dados das campanhas 1 e 4, nota-se que a primeira tem superfície menos salina (no período de junho de 2013) do que na segunda (em junho de 2016), devido aos índices pluviométricos distintos entre os dois períodos.

ABUNDÂNCIA RELATIVA (%)

Na análise das amostras foram contabilizados 82 táxons zooplanctônicos, dos quais foram selecionados para análise estatística apenas os 29 taxons que apresentaram abundância relativa percentual média, superior a 0,01% em, pelo menos, uma campanha (Tab. 1). Em todas as campanhas Crustacea Copepoda foi o grupo dominante seguido por: Larvacea, Chaetognata, Brachyura, Siphonophora e Salpidae.

A análise dos resultados do teste de Friedmann, aplicado a média da abundância relativa (%) de 29 grupos zooplanctônicos (Tab. 1), indicou diferença significativa entre as 3 redes, apenas para 7 grupos. Protozoa (Foraminíferos, Radiolários e Tintinídeos), Gastropoda (Pterópodes *Cavolinia* sp e *Cresseis* sp), Bryozoa (larva Cyphonauta), foram capturados de forma mais eficiente na rede de 200 µm, enquanto que Calycophorae, Chaetognata, Brachyura (larva zoea e megalopa) e Salpidae apresentaram uma amostragem mais eficiente com a rede de 500 µm. Contudo, apesar de não apresentar diferença estatística significativa, os grupos Hydrozoa (hidromedusas), Nemertea, Bivalvia, Polychaeta, Nematoda, Cladocera (*Pseudevadne tergestina* Claus, 1877; *Penilia avirostris* Dana, 1849), Cirripedia (larva nauplius), Ostracoda, Isopoda, Ascidiacea, Doliolidae e Larvacea, também apresentaram abundância relativa mais elevada na rede de 200 µm. Copepoda apresentou abundância relativa média mais elevada na rede de 300 µm, enquanto que Ctenophora (larva cydipede), Mysida, Gammaridea, Hyperiidea, Stomatopoda (anti-zoea), Euphausiacea, Decapoda (Caridea, Porcellanidae, Palinuridae, Pennaeoidea), Luciferidae, Echinodermata foram mais capturados com a rede de 500 µm.

DENSIDADE DE ORGANISMOS (ORG/M³)

Na campanha 1 (Fig. 5a), entre os grupos as maiores densidades foram do grupo Crustacea, seguido de Urochordata e Mollusca, e a rede com maiores densidades gerais foi a de 300 µm. Na campanha 2 (Fig. 5b), as maiores densidades foram de Crustacea, Urochordata, Cnidaria, Protozoa e Mollusca, todos com maiores densidades na rede de 200 µm. A campanha 3 (Fig. 5c) apresentou maiores densidades de Crustacea, Mollusca, Echinodermata, Urochordata e Protozoa, com maiores densidades na rede de 200 µm. Na campanha 4 (Fig. 5d) as maiores densidades foram de Crustacea, Urochordata, Chaetognata e Bryozoa também com maiores densidades na rede de 200 µm.

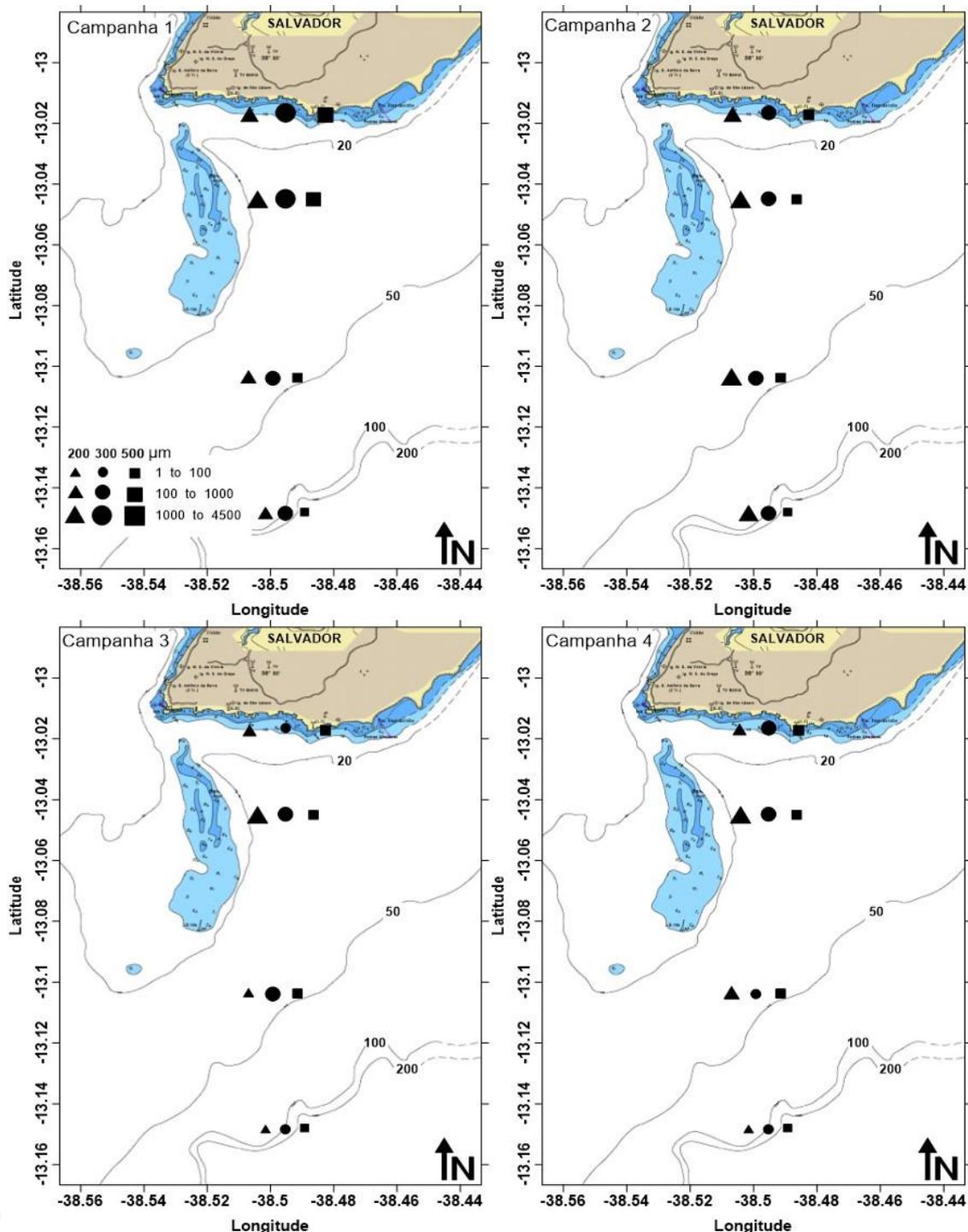
No geral, as maiores densidades foram obtidas na campanha 1 com a rede de 300 µm e as menores na campanha 2 com a rede de 500 µm. Na campanha 3 as densidades de organismos estão bem distribuídas entre os pontos de coleta e as redes de coleta, e na campanha 4 a rede de 200 µm tem maiores concentrações que as demais redes.

Tabela 1. Resultados da média da abundância relativa (%) de 29 grupos zooplanctônicos, da densidade média total de zooplâncton (org/m³), além do Teste de Friedmann (Fr, p-valor) e do Teste de Comparações Múltiplas (p-valor), para o estudo da eficiência de amostragem das 3 redes de amostragem de plâncton. (200 µm, 300 µm e 500 µm; ns, não significante).

	200 (1)	300 (2)	500 (3)	Fr	1 x 2	1 x 3	2 x 3
Protozoa	3,53	1,46	2,94	0,013	<0,05	ns	ns
Hydrozoa	2,74	1,52	1,72	0,896	ns	ns	ns
Calycophorae	1,55	1,76	5,59	0,001	ns	< 0,05	< 0,05
Ctenophora	0,00	0,01	0,13	0,743	ns	ns	ns
Chaetognata	2,40	3,10	6,42	0,007	ns	< 0,05	ns
Nemertea	0,13	0,00	0,04	0,410	ns	ns	ns
Bivalvia	0,45	0,05	0,04	0,220	ns	ns	ns
Gastropoda	3,42	1,68	1,15	0,001	< 0,05	< 0,05	ns
Polychaeta	0,85	0,54	0,34	0,185	ns	ns	ns
Bryozoa	0,44	0,31	0,01	0,007	ns	< 0,05	ns
Nematoda	0,18	0,16	0,18	0,985	ns	ns	ns
Cladocera	1,33	0,42	0,83	0,220	ns	ns	ns
Cirripedeia	3,02	1,78	2,89	0,050	<0,05	ns	ns
Copepoda	63,39	73,27	53,06	0,087	ns	ns	ns
Ostracoda	0,21	0,01	0,08	0,320	ns	ns	ns
Mysida	0,00	0,00	0,01	0,954	ns	ns	ns
Isopoda	0,01	0,00	0,07	0,954	ns	ns	ns
Gammaridea	0,00	0,05	0,12	0,616	ns	ns	ns
Hyperiidia	0,08	0,06	0,09	0,816	ns	ns	ns
Stomatopoda	0,03	0,02	0,13	0,544	ns	ns	ns
Euphausiacea	0,04	0,12	0,50	0,234	ns	ns	ns
Decapoda	1,05	0,86	1,06	0,677	ns	ns	ns
Luciferidae	0,05	0,05	0,12	0,869	ns	ns	ns
Brachyura	0,74	2,49	5,70	0,001	< 0,05	< 0,05	ns
Echinodermata	1,61	1,52	2,58	0,182	ns	ns	ns
Asciacea	0,22	0,07	0,09	0,561	ns	ns	ns
Doliolidae	1,25	0,72	1,13	0,544	ns	ns	ns
Salpidae	1,56	1,41	4,94	0,025	ns	ns	< 0,05
Larvacea	9,76	6,55	7,84	0,444	ns	ns	ns
AR% Total	100	100	100				
Densidade Total	1185	2442	62	0,001	ns	< 0,05	< 0,05

Comparando-se as densidades totais de mesozooplâncton das diferentes malhas (Tab. 1), obteve-se diferenças significativas (Teste de Friedmann, p<0,05), entre as redes de 200 µm

(1185 org/m³) e 500 µm (62 org/m³), e entre as de 300 µm (2442 org/m³) e 500 µm (Teste de Friedmann, $p < 0,05$), devido a menor eficiência de captura da rede de 500 µm. Não foi encontrada diferença significativa entre as redes de 200 µm e 300 µm (Teste de Friedmann, $p > 0,05$), sendo ambas indicadas para amostragem de mesozooplâncton total, em um ambiente nerítico tropical.



Figura

5. Distribuição espacial da densidade de mesozooplâncton (org/m³) das Campanhas 1 (a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d), obtido com redes de 200 µm, 300 µm e 500 µm, na plataforma continental de Salvador, Bahia.

DISCUSSÃO

A região de Salvador tem um padrão de precipitação pluviométrica, analisado ao longo de 40 anos, composto por um período de baixa pluviosidade (precipitação inferior a 133 mm), entre agosto e fevereiro (“período seco”) e, um período de elevada pluviosidade (valores superiores a 133 mm), entre março e julho período chuvoso (Pereira e Lessa, 2009). Porém durante as amostragens o padrão pluviométrico esperado não foi observado.

O diagrama TS demonstra que a campanha 1 é a única com AC em seus pontos de amostragem, coincidindo com alta pluviosidade inferida no período. Em média, na BTS, 53% do total de precipitação ocorre entre abril e julho, e essa precipitação gera a formação de massa de água mais fria e menos salgada que a AT (Lessa *et al.*, 2018) e isso explicaria a presença de AC nos dados amostrados, recebendo influência da descarga da BTS na plataforma de Salvador.

A campanha 2 teve as maiores densidades de massa de água (σ_T), seguida pelas campanhas 3 e 4. A campanha 2 foi realizada no período de maio de 2014, no qual foi observada redução da pluviosidade fazendo com que houvesse aumento de σ_T na BTS criando o que se chama de “rolha de salinidade”, que influencia a circulação na plataforma e pode ter contribuído para o aumento da densidade neste ponto (Lessa *et al.*, 2018). Lessa *et al.* (2018) observaram uma tendência linear negativa da precipitação anual durante as últimas 5 décadas em Salvador (-10 mm / ano), e esta tendência pode ter impactado as demais campanhas com σ_T aumentada, tendo em vista a redução da pluviosidade esperada para o período.

Amorim *et al.* (2012) encontraram a profundidade da interface entre a AT e a ACAS com uma variação ao longo do ano, ocorrendo entre 150 m no verão e 220 m no inverno na região de Salvador, sendo encontrada sua assinatura em 100 m nas campanhas 2, 3 e 4.

O fenômeno de soerguimento das isothermas é um indício da ressurgência descrita para a região (Aguiar *et al.*, 2018; Thévenin *et al.*, 2019). O trabalho de Thévenin *et al.* (2019) mostrou que um dos eventos ocorreu em abril de 2016 formado por vórtices ciclônicos, sendo identificado em 19 de abril, ou seja, doze dias depois da amostragem deste trabalho. Esta coleta apresentou as maiores temperaturas na superfície entre todas as campanhas e temperaturas de 20°C à 100 m de profundidade, mostrando já neste período certa elevação da isoterma.

Em relação à composição da comunidade zooplanctônica, estudos realizados na baía de Todos os Santos (Mafalda Jr. *et al.*, 2003; Lessa *et al.*, 2018), na plataforma continental (Conceição *et al.*, 2017, 2021; Mafalda Jr. *et al.*, 2017); e na zona oceânica adjacente (Rezende *et al.*, 2007; Tenenbaum *et al.*, 2007), descrevem a região como oligotrófica e com dominância de Copepoda, Larvacea e Chaetognatha. Os dados obtidos em todas as campanhas resultaram em maior abundância de Copepoda, seguidos por Larvacea e Chaetognatha, representando o esperado para a região. Os valores de abundância dos grupos se alteram entre as campanhas, mas o que se pode observar é que, de um modo geral, Larvacea aparece em todas as campanhas com elevada abundância, bem como Chaetognata, que também foi encontrado com alta abundância na primavera, por Rezende *et al.* (2007).

A abundância relativa de Copepoda varia de acordo com as campanhas, porém, em comparação aos demais grupos, este é o que tem os maiores valores, o que é típico de ambientes tropicais, neríticos e oceânicos (Castro e Huber, 2012). Nas campanhas 1 e 2 a rede com maior abundância foi a de 300 μm . Já nas campanhas 3 e 4, a rede que obteve maior abundância foi a de 200 μm . Isso pode ter ocorrido devido aos tamanhos diferentes de Copepoda entre as campanhas, sendo que nas campanhas 1 e 2 os organismos estavam maiores e muitos indivíduos com espermatóforos. Já nas campanhas 3 e 4, os organismos estavam menores e havia maior riqueza de espécies.

Em quase todas as campanhas (2, 3 e 4), a rede de 500 μm obteve os menores valores de abundância devido ao tamanho dos animais capturados que são menores do que esta malha. Isso significa que no momento do arrasto, os Copepoda podem atravessar a malha e não serem capturados, fazendo com que ao utilizar esta rede para avaliar a composição de mesozooplâncton, os dados fiquem subamostrados, obtendo uma resposta subestimada para o grupo.

De um modo geral, a campanha 1 foi a campanha que apresentou maiores densidades no ponto 1 com a rede de 200 μm com valores acima de 20000 org/ m^3 . Entre as campanhas 2, 3 e 4 os valores de densidade estão bem distribuídos, possuindo apenas um mínimo de densidade no ponto 1 das campanhas 3 e 4 com até 1000 org/ m^3 .

Observa-se que os valores de densidade no ponto BA 2 são sempre maiores do que seria esperado para a região. Isto se deve ao fato de que este ponto se localiza sobre o emissário de Salvador, que lança o esgoto não tratado da cidade e aumenta a concentração de nutrientes disponíveis (Roth *et al.*, 2016) e conseqüentemente, eleva a produtividade primária permitindo um aumento da densidade de mesozooplâncton.

A anomalia de densidade de organismos observada na campanha 1, justifica-se pela elevação da pluviosidade, que foi maior do que o esperado para a época, e que pode ter causado maior escoamento continental e conseqüente aumento de nutrientes para a teia trófica planctônica, conforme descrito por Mafalda Jr. *et al.* (2017).

Há um gradiente de biomassa no sentido região oceânica – plataforma (partindo de águas oligotróficas para eutróficas), com profundidades menores de 200 m na plataforma e maiores valores de biomassa (Conceição *et al.*, 2017, 2021; Rezende *et al.*, 2007). Este padrão pode ser observado no estudo realizado, com maiores densidades encontradas no ponto BA 1, próximo à costa e com influência continental, e as menores densidades no ponto BA 4, o mais distante da costa.

Em estudos realizados com diferentes tamanhos de malhas de coleta de mesozooplâncton, em diversas condições ambientais, foram obtidos distintos resultados. Makabe *et al.*, (2012) no oceano polar Antártico, definiram que para o grupo Copepoda, o ideal é uma rede com malha de 60 μm , indicando para os demais grupos a malha de 100 μm . No estudo realizado por Nogueira Junior *et al.* (2015), em um estuário temperado do sul do Brasil, a rede de 200 μm subestimou Copepoda, larvas de Bivalvia e Mollusca *Limacina sp.*, mas foi indicada para quase todos os outros

grupos de zooplâncton, com exceção de Chaetognatha, que foi melhor amostrado com a rede de 300 μm . Tosetto *et al.* (2019), na plataforma continental equatorial do norte do Brasil, não encontraram diferença significativa, na densidade e composição de cnidários zooplanctônicos entre redes de 120 e 300 μm .

Na zona nerítica de Salvador, com influência de ressurgência de quebra de plataforma, a estatística inferencial aplicada sobre a densidade total de zooplâncton, indicou uma baixa eficiência de amostragem da rede de 500 μm , em relação às redes de 200 e 300 μm , que tem a mesma eficiência amostral, indicando que ambas podem ser utilizadas para amostragem de mesozooplâncton, ao nível de grandes grupos.

CONCLUSÕES

A variabilidade das condições ambientais na área de estudo aconteceu devido à influência costeira, e da proximidade com a BTS, que são capazes de alterar tanto a salinidade da superfície como a temperatura. Também ocorreram eventos de ressurgência de quebra de plataforma, que apesar de serem mais evidentes no verão, neste estudo foram identificados nas campanhas de outono (campanhas 2 e 3), com temperaturas de 20°C, em 100 m de profundidade.

Essa variação ambiental influenciou a densidade e a composição das comunidades planctônicas conforme indicado pelas análises estatísticas. De acordo com a análise inferencial, que comparou a eficiência da amostragem da densidade total de mesozooplâncton superficial, entre distintas redes de coleta, conclui-se que em regiões tropicais, com influência oceânica devido a estreita plataforma continental, além de ressurgência de quebra de plataforma, podem ser indicadas o uso de redes com malha de 200 μm ou 300 μm .

Entretanto, em relação a abundância relativa percentual dos grupos analisados, a rede de 200 μm apresentou maior eficiência de captura para os grupos: Protozoa, Hydrozoa, Bryozoa, Nemertea, Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta, Nematoda, Cladocera, Cirripedia, Ostracoda, Isopoda, Ascidiacea, Doliolidae e Larvacea, enquanto que a rede de 500 μm , capturou de forma mais eficiente os grupos: Calycophorae, Ctenophora (larva cydipede), Chaetognata, Mysida, Gammaridea, Hyperiidea, Stomatopoda (anti-zoea), Euphausiacea, Decapoda (Caridea, Porcellanidae, Palinuridae, Pennaeoidea), Brachyura, Luciferidae, Echinodermata e Salpidae. Logo a rede de 300 μm foi mais eficiente apenas para o grupo Crustacea Copepoda

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Ambientes Marinhos Tropicais - INCT AmbTropic (CNPq / FAPESB concede 565054 / 2010-4). Keisy Aline

Rodrigues foi apoiada por uma bolsa de estudo (AT-NM) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq concede 372412 / 2017-3). Os autores agradecem a todos os participantes do Laboratório de Plâncton da UFBA por sua ajuda durante os cruzeiros do INCT-Bahia. O professor Paulo Mafalda Jr. agradece ao programa de Pós-graduação em Geoquímica Petróleo e Ambiente (POSPETRO) pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, A.L., Cirano, M., Marta-Almeida, M., Lessa, G.C. e Valle-Levinson, A. (2018), Upwelling processes along the South Equatorial Current bifurcation region and the Salvador Canyon (13° S), Brazil, *Continental Shelf Research*, Vol. 171, pp. 77-96, doi:10.1016/j.csr.2018.10.001.
- Amorim, F.N., Cirano, M., Soares, I.D., Campos, E.J.D. e Middleton, J.F. (2012), The influence of large-scale circulation, transient and local processes on the seasonal circulation of the Eastern Brazilian Shelf, 13°S, *Continental Shelf Research*, Vol. 32, pp. 47-61, doi:10.1016/j.csr.2011.10.011.
- Barton, A.D., Pershing, A.J. e Litchman, E. (2013), The biogeography of marine plankton traits, *Ecology Letters*, Vol. 16, No. 4, pp. 522-534, doi:10.1111/ele.12063.
- Boltovskoy, D. (2005), Zooplankton of the South Atlantic Ocean. CD-ROM.
- Campos, E.J.D., Velhote, D. e Silveira, I.C.A. (2000), Shelf break upwelling driven by Brazil current cyclonic meanders, *Geophysical Research Letters*, Vol. 27, No. 6, pp. 751-754, doi:10.1029/1999gl010502.
- Castro, P. e Huber, M.E. (2012), *Biologia Marinha*, AMGH Editora, Porto Alegre.
- Castro, B.M. e Miranda, L.B. (1998), Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S, *The sea*, Vol. 11, No 1, pp. 209-251.
- Conceição, L.R., Souza, C.S. e Mafalda Jr., P.O. (2017), Comunidade zooplanctônica da Plataforma Continental de Salvador, Bahia, *Arquivos de Ciências do Mar*, Vol. 50, No. 1, pp. 94-106, doi: <https://doi.org/10.32360/acmar.v50i1.18825>.
- Conceição, L.R., Souza, C.S., Mafalda Jr., P.O., Schwamborn, R. e Neumann-Leitão, S. (2021), Copepods community structure and function under oceanographic influences and antropic impacts from the narrowest continental shelf of Southwestern Atlantic, *Regional Studies in Marine Science*, Vol. 47, pp. 1-11, doi:10.1016/j.rsma.2021.101931.
- Dominguez, J.M.L. (2003), *Diagnóstico Oceanográfico e Proposição de Disciplinamento de Usos da Faixa Marinha do Litoral Norte do Estado da Bahia*, Projeto de Gerenciamento Costeiro,

Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) e Centro de Recursos Ambientais (CRA), Report.

Emilson, I. (1961), The shelf and coastal waters off Southern Brazil, *Boletim do Instituto Oceanográfico*, Vol. 17, No. 2, pp. 101-112, doi:10.1590/s0373-55241961000100004.

Ferreira, A.G. e Silva Mello, N.G. (2005), Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região, *Revista Brasileira de Climatologia*, Vol. 1, No. 1, pp. 15-28, doi:10.5380/abclima.v1i1.25215.

Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H.R. e Huntley, M. (2000), *ICES zooplankton methodology manual*, Elsevier, San Diego.

Keekler, D. (1995), *SURFER for Windows*, Version 6, User's Guide.

Knoppers, B., Ekau, W. e Figueredo, A.G. (1999), The coast and shelf of East Northeast Brazil and the material transport, *Geo-Marine Letters*, Vol.19, pp. 171-178, doi:10.1007/s003670050106.

Lessa, G.C., Cirano, M., Genz, F., Tanajura, C.A.S. e Silva, R.R. (2009), Oceanografia física, in Hatje, V. e Andrade, J. (EdS.), *Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos*. EDUFBA, Salvador, pp.69-119, doi:org/10.7476/9788523209292.

Lessa, G., Souza M.F.L., Mafalda Jr, P.O., Gomes, D.F., Souza, C.S., Teixeira, C., Souza, J.R. e Zucchi, M.R. (2018), Variabilidade intra-anual da oceanografia da Baía de Todos os Santos: evidências de três anos de monitoramento, in Hatje, V., Dantas, L.M.V. e Andrade, J. (Eds.), *Baía de Todos os Santos Avanços nos estudos de longo prazo*, EDUFBA, Salvador, pp. 155-192.

Mafalda Jr, P.O., Souza, P.M.M. e Silva, E.M. (2003), Estrutura hidroquímica e biomassa planctônica no norte da baía de Todos os Santos, *Tropical Oceanography*, Vol. 31, No.1, pp. 31-51, doi:10.5914/tropocean.v31i1.4988.

Mafalda Jr, P.O., Souza, C.S., Oliveira, O.C., Ferreira, A.N., Santos, N.R. e Mafalda, M.O. (2017), Caracterização hidroquímica e sua influência sobre o plâncton, in Nunes, J.M.C. e Matos, M.R.B. (Orgs.), *Litoral Norte da Bahia, caracterização ambiental, biodiversidade e conservação*, EDUFBA, Salvador, pp. 29-44.

Makabe, R., Tanimura, A. e Fukuchi, M. (2012), Comparison of mesh size effects on mesozooplankton collection efficiency in the Southern Ocean, *Journal of Plankton Research*, Vol. 34, No. 5, pp. 432-436, doi:10.1093/plankt/fbs014.

Miranda, L.B. (1985), Forma da correlação TS de massas de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP), Brasil, *Boletim do Instituto*

Oceanográfico, Vol. 33, No. 2, pp. 105-119, doi: org/10.1590/S0373-55241985000200002.

Nogueira Júnior, M., Pukanski, L.E.M. e Souza-Conceição, J.M. (2015), Mesh size effects on assessments of planktonic hydrozoan abundance and assemblage structure, *Journal of Marine Systems*, Vol. 144, pp. 117-126, doi:10.1016/j.jmarsys.2014.11.014.

Pereira, M.A.G. e Lessa, G.C. (2009), Varying patterns of water circulation in Canal de Cotegipe, Baía de Todos os Santos, *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol. 27, No. 1, pp. 103-119, doi:10.1590/s0102-261x2009000100009.

Pereira, J., Gabioux, M., Almeida, M.M., Cirano, M., Paiva, A.M. e Aguiar, A.L. (2014), The bifurcation of the western boundary current system of the South Atlantic Ocean, *Brazilian Journal of Geophysics*, Vol. 32, No. 2, pp. 241-257, doi:10.22564/rbgf.v32i2.456.

Rezende, C.E., Andrade, L., Suzuki, M.S., Faro, B.C.M.T., Gonzalez, A.S.M., Paranhos, R. e Valentin, J.L. (2007), Hidroquímica. Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ), in *Documentos REVIZEE/ SCORE-Central*, Ministério do Meio Ambiente, p. 31-60. (Série REVIZEE).

Roth, F., Lessa, G.C., Wild, C., Kikuchi, R.K.P. e Naumann, M.S. (2016), Impacts of a high-discharge submarine sewage outfall on water quality in the coastal zone of Salvador (Bahia, Brazil), *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 106, pp. 43-48, doi:10.1016/j.marpolbul.2016.03.048.

Santos, F.M. (2014), *Ressurgência costeira localizada na zona de formação da Corrente do Brasil (13°S)*, Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em geofísica, Universidade Federal da Bahia, 80 p.

Schlitzer, R., (2017), Ocean Data View, <http://odv.awi.de>.

Suthers, I., Bowling, L., Kobayashi, T., e Rissik, D. (2009), Sampling methods for plankton, in *Plankton: A Guide to their Ecology and Monitoring for Water Quality*, Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, pp.15-39, doi:10.1093/plankt/fbp102.

Tenenbaum, D.R., Gomes, E.A.T. e Guimarães, G.P. (2007), Microorganismos planctônicos: pico, nano e micro, in *Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira* (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ), p. 83-124. (Série REVIZEE).

Thévenin, M.R., Pereira, J. e Lessa, G.C. (2019), Shelf-break upwelling on a very narrow continental shelf adjacent to a western boundary current formation zone, *Journal of Marine Systems*, Vol. 194, pp. 52-65, doi:10.1016/j.jmarsys.2019.02.008.

Rodrigues *et al.*, Estudo Comparativo da Amostragem de Mesozooplâncton em uma Região de Ressurgência de Quebra de Plataforma Continental em frente a Salvador, Bahia, Brasil.

Tosetto, E.G., Neumann-Leitão, S. e Nogueira Jr, M. (2019), Sampling planktonic cnidarians with paired nets: Implications of mesh size on community structure and abundance, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 220, pp. 48-53, doi:10.1016/j.ecss.2019.02.027.

10000