

SUMÁRIO

| | |
|----|-------------------------------------|
| 35 | RESUMO |
| 35 | ABSTRACT |
| 36 | 2.1 – ESTRATÉGIA AMOSTRAL |
| 40 | 2.2 – CONTROLE DE QUALIDADE |
| 42 | 2.3 – AMOSTRAGEM HIDROQUÍMICA |
| 45 | 2.4 – AMOSTRAGEM DO PLÂNCTON |
| 49 | 2.5 – ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS |
| 51 | 2.6 – REFERÊNCIAS |
| 52 | 2.7 – APÊNDICES |

2



DESENHO AMOSTRAL, MÉTODOS DE CAMPO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Daniel Leite Moreira | PETROBRAS/CENPES

Maria Eulália Rocha Carneiro | PETROBRAS/CENPES

Ralf Schwamborn | UFPE

Andréa Pinto Silva | UFPE

Maria da Glória G. da Silva-Cunha | UFPE

Enide Eskinazi Leça | UFPE

Fernando Antônio do Nascimento Feitosa | UFPE

Silvia Helena Lima Schwamborn | UFPE

Alejandro Esteweson Santos Faustino da Costa | UFPE

Rodolfo Paranhos | UFRJ

Gilvan Takeshi Yogui | UFPE

Milton Kappel | INPE

Manuel de Jesus Flores Montes | UFPE

Maria de Lara Palmeira de Macedo Arguelho | UFS

Carlos Alexandre Borges Garcia | UFS

Marcelo da Rosa Alexandre | UFS

Alexandre Tadeu Politano | PUC RJ

Nathaly Cardoso Santos | Secretaria de Estado da Educação, Aracaju, Sergipe

Autor para contato: danielmoreira@petrobras.com.br

Moreira, D.L.; Carneiro, M.E.R.; Silva, A.P.; Schwamborn, R. (Organizadores). Ambiente Pelágico da Bacia de Sergipe-Alagoas. Editora Universidade Federal de Sergipe.



RESUMO

A estratégia amostral para caracterização ambiental marinha da Bacia de Sergipe-Alagoas seguiu o estado da arte em planejamento amostral e também em técnicas analíticas. Considerando a heterogeneidade do ambiente pelágico, a malha amostral executada permitiu a investigação científica das províncias oceanográficas nerítica e oceânica, incluindo as áreas de influência da foz dos rios e dos cânions submarinos Japarutuba e São Francisco. A coleta de amostras para caracterização físico-química da água do mar e das comunidades planctônicas foi realizada em dois cruzeiros oceanográficos ocorridos em dois períodos do ano: AGUA1 entre maio e junho de 2014 e AGUA2 entre novembro de 2014 e janeiro de 2015. Foram utilizadas as melhores práticas científicas no que tange às metodologias analíticas e de coleta, visando à identificação de padrões espaciais e temporais dos parâmetros físicos, químicos e biológicos avaliados. Os arrastos de zooplâncton foram realizados no período noturno, utilizando redes MOCNESS. As propriedades da coluna d'água e coleta de amostras de água do mar foram obtidas no período diurno a partir do CTD e de garrafas oceanográficas acopladas ao sistema roseta. Todos os dados gerados foram georreferenciados e depositados no Banco de Dados Costeiros e Oceânicos da Petrobras (BDCO) ou em Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Palavras-chave: planejamento amostral, MOCNESS, informação geográfica.

ABSTRACT

The sampling strategy for characterization of marine environment in Sergipe-Alagoas Basin followed the state of the art in sample planning and also in analytical techniques. Considering the heterogeneity of pelagic environment, the design sampling performed allows scientific investigation of neritic and oceanic provinces, including the influence areas of the river mouths and the São Francisco and Japarutuba submarine canyons. Samples for physico-chemical and planktonic characterization were taken from sea water in two cruises carried out in different times of the year: AGUA1 and AGUA2 cruises were carried out from May to June, 2014, and between November and January 2014 and 2015. The best scientific practices regarding analytical and collection methodologies were used in order to identify the spatial and temporal patterns of the evaluated parameters. Zooplankton trawls were carried out at night using MOCNESS nets. The properties of the water column and the sea water samples were obtained in the daytime from the CTD and oceanographic bottles coupled to rosette system. All data generated were georeferenced and deposited in the Petrobras Coastal and Ocean Database (BDCO) or in geographic information systems (GIS).

Keywords: sample planning, MOCNESS, information systems.

2.1 – ESTRATÉGIA AMOSTRAL

2.2 – CONTROLE DE QUALIDADE

2.3 – AMOSTRAGEM HIDROQUÍMICA

2.4 – AMOSTRAGEM DO PLÂNCTON

2.5 – ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS

2.6 – REFERÊNCIAS

2.7 – APÊNDICES

2.1

ESTRATÉGIA AMOSTRAL

A malha amostral usada para estudar o sistema pelágico da bacia de Sergipe e sul de Alagoas foi delineada pela Petrobras, através do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES), em parceria com o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, através da Coordenação Geral de Petróleo e Gás (IBAMA/CGPEG). A área de estudo compreendeu a parte da Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas entre as isóbatas de 10 e 3.000 m.

O desenho amostral foi planejado a partir das experiências internacionais de reconhecimento das margens continentais e entendimento de seus ecossistemas, como o *Continental Margin Ecosystems* (COMARGE) (<http://www.coml.org/projects/continental-margins-comarge.html>) e o *Gulf of Maine Area Program* (GoMA) (<http://www.gulfofmaine-census.org>). Ambos os projetos reconhecem as margens continentais como um mosaico de diferentes ecossistemas ou habitats que fornecem complexidade para os padrões de distribuição da biota ao longo dos gradientes ambientais, sejam estes longitudinais, latitudinais ou batimétricos (Levin et al., 2010).

Nesse contexto, um dos objetivos dessa investigação científica foi o de reconhecer os parâmetros físico-químicos e biológicos da coluna d'água, presentes sobre a plataforma continental (águas neríticas) e o talude (águas oceânicas) de Sergipe e sul de Alagoas, em dois períodos contrastantes do ano, o chuvoso (maio a julho) e o seco (dezembro a fevereiro).

Os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- caracterizar as propriedades físico-químicas da água do mar;
- caracterizar as comunidades planctônicas das diferentes massas d'água;
- avaliar se as variações latitudinais sobre os parâmetros químicos e biológicos são mais importantes que as variações temporais;
- diferenciar o ambiente nerítico e o oceânico quanto à concentração de nutrientes, produtividade e diversidade biológica;
- identificar a massa de água mais importante na região nerítica (plataforma) e oceânica (talude continental) em termos de diversidade biológica, produtividade e concentração de nutrientes;
- avaliar a assinatura físico-química e biológica de cada massa de água presente na região do talude e compará-las com as mesmas massas de água presentes sobre a plataforma continental;
- observar a distribuição e relevância ecológica das comunidades planctônicas em termos de biomassa;
- identificar a influência dos rios ao longo da plataforma e sobre o talude continental, notadamente o Rio São Francisco.

Em virtude dos diferentes ambientes avaliados no sistema nerítico e oceânico e dos padrões de distribuição da biota ao longo dos gradientes ambientais, a estratégia adotada para a escolha da localização das estações oceanográficas de amostragem considerou os seguintes aspectos:

- conhecimento prévio das bacias hidrográficas que deságuam na área de estudo e do relevo da margem continental;
- conhecimento prévio da distribuição de massas d'água, que proporciona diferentes habitats para a biota, por possuir padrões físicos e biogeoquímicos diferenciados;
- blocos exploratórios e as áreas com atividades de produção de petróleo e gás e transporte petrolíferos, levando em conta a presença de obstáculos, unidades de produção, dutos e poços de exploração. Para isso foi utilizado o Sistema de Gerenciamento de Obstáculos da Petrobras (SGO), a fim de garantir que as coordenadas estivessem localizadas fora do raio de 500 m de alguma estrutura operacional.

Para a caracterização hidroquímica e biológica do compartimento pelágico da bacia de Sergipe e sul de Alagoas foram realizadas duas campanhas oceanográficas em épocas distintas, uma no período chuvoso, de 22 de maio a 20 de junho de 2014, denominada AGUA1, e outra no período seco, de 28 de novembro de 2014 a 06 de janeiro de 2015, denominada AGUA2, ambas executadas a bordo do Navio de Pesquisa *Seward Johnson* (Figura 2.1).

As estações de amostragem do sistema pelágico foram planejadas nas mesmas localidades das estações de sedimentos previamente visitadas durante a etapa II – Caracterização Geoquímica e Biológica da Plataforma Continental – porém, estendendo-se os transectos sobre a área oceânica. As coordenadas geográficas do projeto podem ser consultadas no Apêndice 2.7.1.

Para o estudo hidroquímico, foram definidos oito transectos perpendiculares à costa e às isóbatas, nomeados como A, B, C, D, E, F, G e H, no sentido norte-sul. Sobre cada um dos transectos, definiram-se sete estações amostrais que interceptavam as isóbatas de 10, 25, 50, 400, 1.000, 1.900 e 3.000 m ao longo do gradiente nerítico-oceânico (Figura 2.2). As estações foram numeradas sequencialmente a partir da isóbata mais rasa, de 1 a 9, de forma que a estação F9 representa a última isóbata do transecto F, em uma lâmina d'água de 3.000 m. As transeções de A a H são equivalentes às transeções de An a Hn utilizadas na etapa II do projeto, que avaliou a plataforma continental. No total, foram amostradas 56 estações em cada um dos dois períodos estudados.

Em cada estação oceanográfica foi lançada uma sonda multiparamétrica CTD SBE 911 plus para avaliação da estrutura vertical da coluna d'água a partir da medição *in situ* de temperatura, salinidade, pressão, oxigênio dissolvido e fluorescência da clorofila_a. Para avaliação vertical da hidroquímica e das comunidades planctônicas, foram estabelecidas amostragens nas profundidades dos núcleos de cada massa d'água presente na região, além da amostragem na pro-

fundidade de máxima clorofila (PMC), definida de acordo com o perfil de fluorescência da clorofila_a obtido pelo CTD (Quadro 2.1 e Figura 2.3). No ambiente nerítico, quando não havia presença de um máximo de clorofila subsuperficial, a amostragem era realizada à meia água. Os núcleos definidos para avaliação vertical da região oceânica seguiram a proposição de Mémery et al., (2000): 1 m de profundidade para a Água Tropical – AT (SS – Subsuperfície); PMC ou meia água (definida *in situ*); 250 m para a Água Central do Atlântico Sul – ACAS; 700 m para Água Intermediária Antártica – AIA; 1.250 m, que neste projeto resultou numa classificação de massa d'água de interface entre AIA e APAN; e 2.300 m para a Água Profunda do Atlântico Norte – APAN.



Figura 2.1 – R/V Seward Johnson utilizado nas campanhas do sistema pelágico AGUA1 e AGUA2, realizadas na bacia de Sergipe e sul de Alagoas.

Para avaliação dos produtores primários e das comunidades planctônicas foram amostrados seis transectos (A, C, D, E, G e H). Esta redução de cobertura espacial foi necessária para os parâmetros planctônicos porque o número de amostras torna-se maior quando comparado à hidroquímica, já que para cada nível vertical foram obtidas amostras das malhas de 300 e 500 μm . Soma-se a isso o maior tempo de lançamento da rede MOCNESS (*Multiple Opening Closing Net and Environmental Sensing System*) quando comparado ao lançamento do CTD e, também, o fato de a análise taxonômica *a posteriori* demandar mais tempo que as análises químicas.

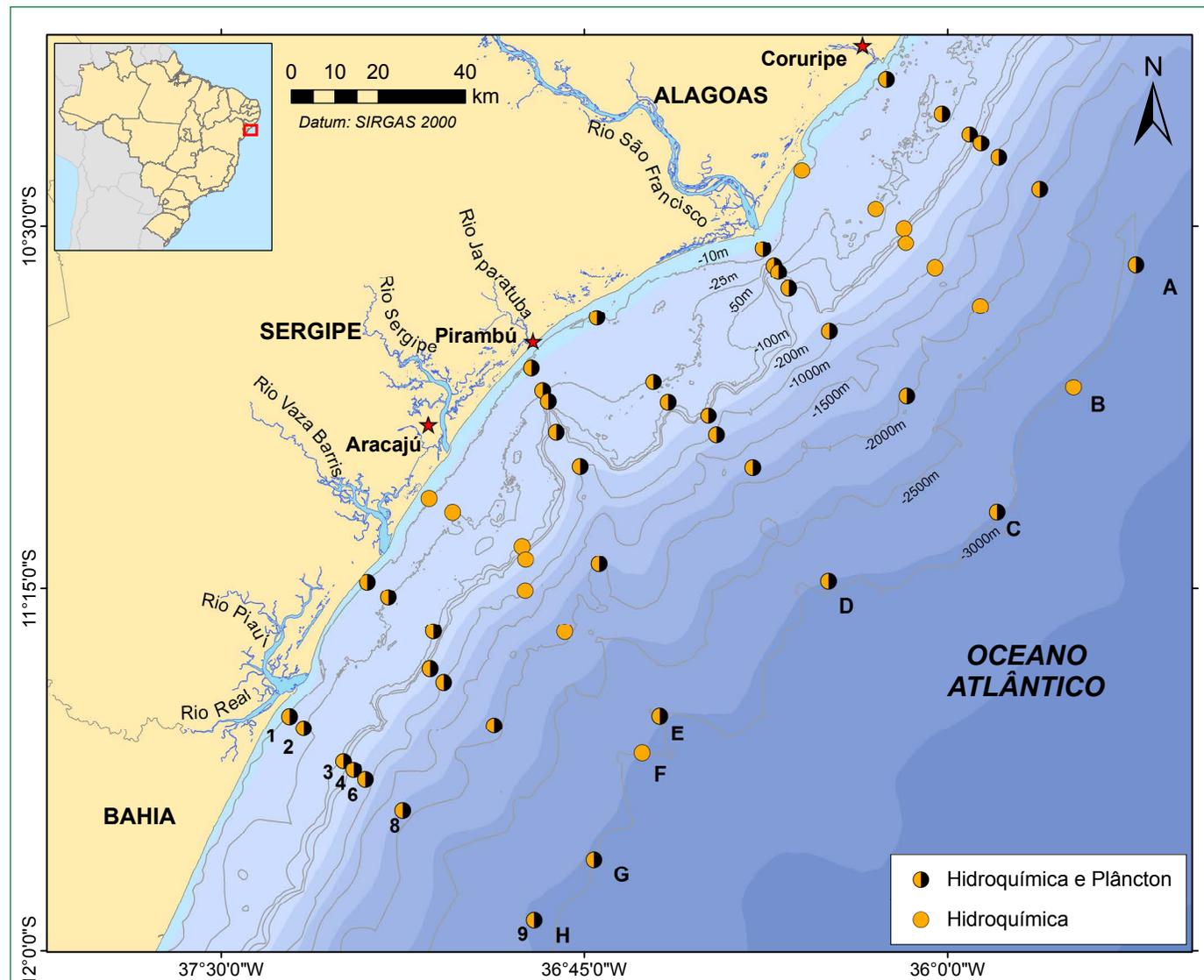


Figura 2.2 – Estações de coleta de água e plâncton na bacia de Sergipe e sul de Alagoas.

Quadro 2.1 – Profundidades de amostragem planejadas para hidroquímica das campanhas do sistema pelágico. A clorofila_a só foi analisada nos dois primeiros níveis verticais, destacados em verde.

| ISÓBATAS | 1 10 m | 2 25 m | 3 50 m | 4 400 m | 6 1.000 m | 8 1.900 m | 9 3.000 m |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Subsuperfície (1 m) | X | X | X | X | X | X | X |
| PMC ou meia água | X | X | X | X | X | X | X |
| 250 m (ACAS) | | | | X | X | X | X |
| 700 m (AIA) | | | | | X | X | X |
| 1.250 m (AIA-APAN) | | | | | | X | X |
| 2.300 m (APAN) | | | | | | | X |

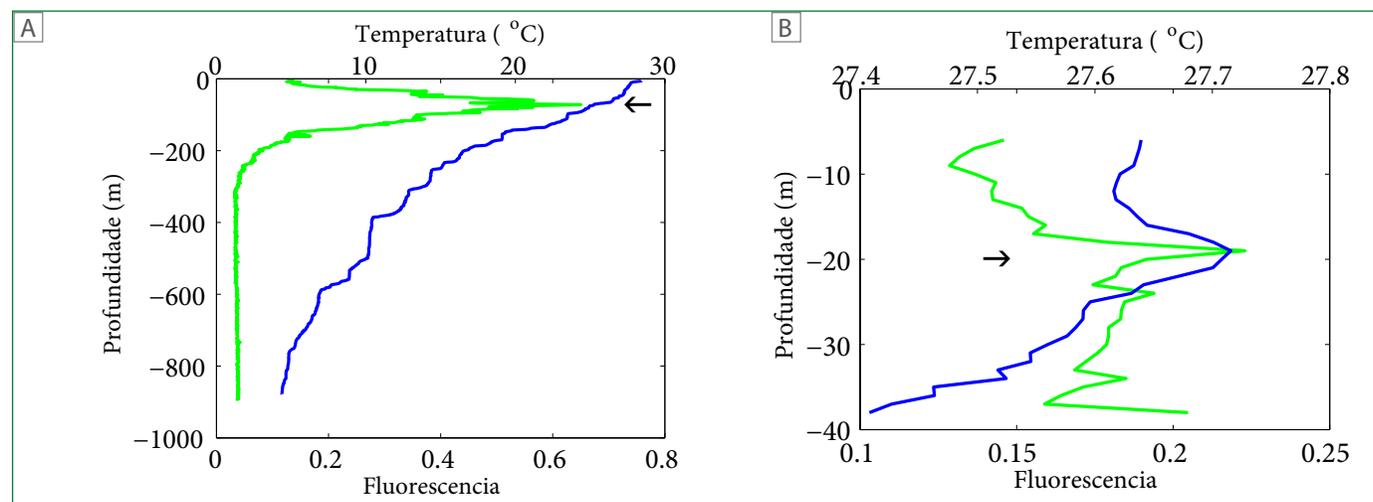


Figura 2.3 – (A) Perfil vertical de fluorescência para uma estação oceânica e (B) uma estação nerítica. A seta preta indica a amostragem na profundidade de máxima clorofila_a (A) ou à meia água (B), quando não ocorreu uma PMC definida.

- 2.1 – ESTRATÉGIA AMOSTRAL
- 2.2 – CONTROLE DE QUALIDADE**
- 2.3 – AMOSTRAGEM HIDROQUÍMICA
- 2.4 – AMOSTRAGEM DO PLÂNCTON
- 2.5 – ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS
- 2.6 – REFERÊNCIAS
- 2.7 – APÊNDICES

2.2

CONTROLE DE QUALIDADE

Foram adotados procedimentos para a coleta, preservação e acondicionamento tanto para amostras de água quanto para tratamentos e análises a bordo do navio. Os principais pontos de atenção dos protocolos da Petrobras indicam os cuidados na obtenção das amostras relativos às operações com equipamentos e materiais, além dos cuidados referentes à contaminação e preservação das amostras. Foram seguidos 10 protocolos de coleta, dentre parâmetros químicos, físicos e biológicos. No Apêndice 2.7.2 são apresentadas informações sobre garrafas oceanográficas utilizadas, volume coletado, frascaria usada, método de acondicionamento e preservação das amostras.

Para os parâmetros não tradicionais avaliados, como por exemplo para isótopos estáveis e sensoriamento remoto, os procedimentos adotados foram descritos no manual de campo das campanhas oceanográficas e serão resumidos neste capítulo. Este documento contém todas as informações necessárias para a coleta, preservação e acondicionamento de amostras, assim como as especificidades do projeto que complementam os protocolos da Petrobras.

As amostragens de água e plâncton foram realizadas pelas equipes especializadas vinculadas à embarcação, sob regime de turno de 12 horas diárias, sendo o turno diurno dedicado à amostragem da água do mar e o turno noturno, à amostragem do plâncton. Todos os procedimentos de bordo e controle das etapas de amostragem, como obtenção,

preservação, acondicionamento e registro das amostras, foram supervisionados por pesquisadores da área de química e biologia da UFS e UFPE, respectivamente, a fim de garantir a qualidade das amostras. A coordenação científica das campanhas foi executada por pesquisadores do CENPES e, a coordenação operacional, pelo setor de Oceanografia da Petrobras, que disponibilizou a embarcação e os serviços oceanográficos.

As coletas de amostras foram sempre delimitadas num raio de 150 metros das coordenadas das estações. Dentro desse perímetro, os amostradores foram lançados, visando à obtenção das amostras para cada parâmetro. Foram consideradas válidas as amostragens que apresentavam o total fechamento das garrafas oceanográficas, além do volume disponível conforme manual de campo. Nas estações de amostragem, o navio era posicionado de tal forma que os gases de exaustão não fossem direcionados para o convés de equipamentos, de modo a evitar uma possível contaminação por hidrocarbonetos. Com esta mesma finalidade, não foi permitido o fumo durante a realização das coletas e a manipulação das amostras foi sempre feita com luvas.

Durante o projeto foram realizados brancos de campo e brancos de frascaria para nutrientes, carbono orgânico dissolvido (COD), nitrogênio orgânico dissolvido (NOD), fósforo orgânico dissolvido (POD) e hidrocarbonetos. A cada 2 dias um frasco de cada tipo utilizado nas coletas foi aberto

e exposto ao ambiente no qual estava sendo executada a drenagem das garrafas oceanográficas, pelo período referente à chegada da roseta no convés e coleta das amostras de água. Essas amostras foram identificadas como brancos de campo, datadas e seu registro efetivado no relatório de bordo. No início das campanhas também foram reservados aleatoriamente frascos de cada tipo utilizado nas coletas, que foram datados e registrados no relatório de bordo. Essas amostras foram denominadas brancos de frascaria.

No navio, o volume de água disponível para filtração em cada ponto de coleta foi de até 135 litros, que eram estocados em recipientes de volume variados. As amostras eram enviadas o mais rapidamente possível para o laboratório úmido da embarcação, para início da filtração. Caso não fosse possível a imediata filtração, os recipientes eram mantidos sob refrigeração a aproximadamente 4 °C. Antes da filtragem, cada recipiente foi cuidadosamente homogeneizado, movimentado gentilmente quase que em trajeto circular e sem o uso de qualquer tipo de força adicional. Em geral, este movimento era repetido sempre antes da adição de água no sistema de filtração. A cada troca de amostra, os recipientes foram lavados 3 vezes com água destilada e uma vez com água deionizada (Milli-Q).

A maior parte das amostras coletadas no navio foi filtrada sob vácuo, utilizando suportes de filtro de 47 mm de diâmetro, de material inerte e kitassato de vidro borossilicato, empregando bomba de vácuo com armadilha para umidade e pressão em torno de 250 mmHg, de forma a não danificar o material coletado. O processo de filtração foi executado até a colmatação da membrana de filtração ou até que todo o volume de água coletado fosse filtrado. Após a filtração da amostra, a membrana foi lavada (sob vácuo) com aproximadamente 5 mL de água Milli-Q, a fim de remover cristais de sal depositados sobre a mesma. A cada troca de amostra, o kitassato e todo o sistema de filtração também foram lavados com água Milli-Q. A maior parte das membranas de filtração usadas nas campanhas foi padronizada para o modelo GF/F da Whatman (0,7 µm de retenção nominal), sendo previamente pesadas e identificadas pelas respectivas equipes das universidades, de modo a garantir o total controle dos processos analíticos. As amostras dedicadas à equipe de sensoriamento remoto empregaram aparato de filtração exclusivo, devido à utilização de membranas de 25 mm de diâmetro e 0,2 e 0,7 µm de porosidade para matéria orgânica dissolvida cromófora (CDOM) e clorofila_a, respectivamente.

Quanto à amostragem de plâncton, rigorosos procedimentos para controle de qualidade das amostras foram implementados nas campanhas. O fluxômetro foi monitorado em tempo real a fim de certificar o correto funcionamento das redes. Após o recolhimento dos equipamentos, foi utilizada água sem pressurização para lavagem das redes e acumulação do material filtrado nos copos coletores, de modo a preservar a integridade dos organismos. Após acumulação, a amostra foi transferida para os frascos de polipropileno com a ajuda de pissetas e, posteriormente, esses frascos foram vedados com fita adesiva para evitar vazamento do fixador. Caso os arrastos de plâncton ocorressem com diferença de tempo maior que 24 horas da coleta de dados hidroquímicos, então era realizada outra perfilagem com CTD.

Na embarcação, os pesquisadores das universidades acompanharam o preparo dos fixadores, a descontaminação da frascaria, o correto funcionamento dos equipamentos e o preenchimento das custódias, assim como o descomissionamento das campanhas no porto, de modo a certificar o correto acondicionamento para transporte de amostras. Cada laboratório responsável pela análise de dados recebeu uma lista com a descrição de todas as amostras coletadas, de forma a atestar o seu recebimento.

- 2.1 – ESTRATÉGIA AMOSTRAL
- 2.2 – CONTROLE DE QUALIDADE
- 2.3 – AMOSTRAGEM HIDROQUÍMICA
- 2.4 – AMOSTRAGEM DO PLÂNCTON
- 2.5 – ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS
- 2.6 – REFERÊNCIAS
- 2.7 – APÊNDICES

2.3

AMOSTRAGEM HIDROQUÍMICA

Para as análises hidroquímicas, todas as 56 estações da malha amostral foram consideradas (Figura 2.2 e Quadro 2.1). As amostras de água foram coletadas com garrafas oceanográficas dispostas numa roseta, acoplada à sonda CTD SBE 911 plus (Figura 2.4), sendo as coletas sempre no período diurno e os parâmetros químicos coletados antes dos biológicos. As amostras coletadas pela roseta nos períodos chuvoso e seco destinaram-se à análise de hidrocarbonetos totais do petróleo (HTP), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), n-alcanos, material particulado em suspensão (MPS), nutrientes (nitrato, nitrito, amônia, fosfato e silicato) e clorofila_a.

As atividades para amostragem de água requerem processamento de um grande volume de amostras a bordo da embarcação e, na maioria das vezes, imediatamente após a amostragem, como titulações e filtrações. Essa parte do trabalho foi feita majoritariamente com equipes das universidades, contando com apoio especializado da equipe de bordo, formada por químicos, biólogos e oceanógrafos.

As alíquotas para análise de nutrientes foram coletadas em todas as profundidades propostas no escopo e armazenadas em seis frascos de 250 mL por estrato, de modo a facilitar as análises no laboratório. Os frascos não foram totalmente preenchidos para permitir a expansão da água durante o congelamento a -20 °C.

As alíquotas para análise de hidrocarbonetos (HPA, n-alcanos e HTP) foram amostradas apenas na superfície, camada correspondente majoritariamente à Água Tropical (AT) na bacia de Sergipe e sul de Alagoas. Um volume de oito litros foi reser-

vado da garrafa Go-Flo, fracionado em dois frascos de 4 litros (vidro âmbar) e mantidos sob refrigeração. Os frascos de vidro foram lavados com água e detergente alcalino Extran® e bem enxaguados, lavados adicionalmente com água deionizada. Depois de secos, foram lavados com diclorometano ou hexano e guardados tampados com batoque de Teflon até o momento da coleta. Nenhum material de plástico foi utilizado durante a coleta e acondicionamento dessas amostras.

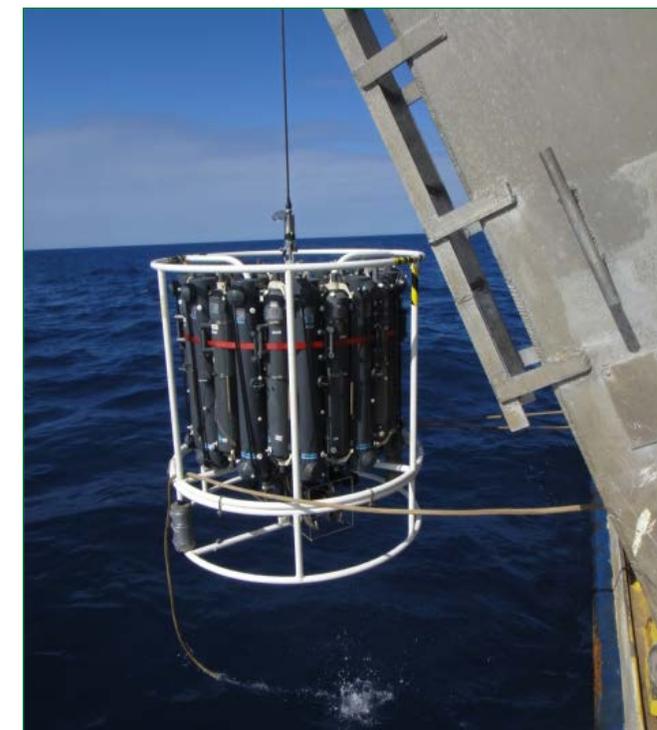


Figura 2.4 – Roseta com garrafas oceanográficas Go-Flo, Niskin e CTD SBE 911 plus. Fonte: PETROBRAS/UFPE – Projeto Marseal

Para quantificação do material particulado em suspensão, foram coletados cinco litros de água da garrafa Niskin em cada estrato e realizada a filtração com membranas de microfibras de vidro devidamente pré-pesadas pelo laboratório de Química Ambiental da UFS. Para remoção de sal nas membranas, elas foram lavadas com cerca de 10 mL de água Milli-Q ao término da filtração a vácuo. Após esse processo, os filtros foram mantidos congelados.

Foram coletados cinco litros de água da garrafa Go-Flo para realização da filtração de carbono orgânico particulado (COP) em todas as profundidades estabelecidas no delineamento amostral. As alíquotas foram filtradas em membranas de microfibras de vidro devidamente pré-pesadas pelo laboratório de Química Ambiental da UFS. Do volume filtrado de COP foi coletado cerca de 1 L para análise de carbono orgânico dissolvido (COD). Essa alíquota foi armazenada em dois frascos de polipropileno de 500 mL acidificados com H_3PO_4 e, após esse processo, os filtros e frascos gerados foram congelados.

Para realização da filtração de fósforo orgânico particulado (POP), foram coletados cinco litros de água da garrafa Go-Flo em todas as profundidades de coleta. As alíquotas foram filtradas em membranas de fibra de vidro devidamente pré-pesadas pelo laboratório de Química Ambiental da UFS. Do volume filtrado do POP foram coletados cerca de 1 L para análise de nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) e fósforo orgânico dissolvido (POD). Essas alíquotas foram armazenadas em dois frascos de polipropileno de 500 mL. Após esse processo, os filtros e frascos gerados foram congelados. Para remoção de sal das membranas utilizou-se o mesmo procedimento do MPS.

Para a determinação de clorofila_a (total e < 20 μm), as amostras foram coletadas em recipientes de polipropileno escuros de cinco litros, totalizando 20 L por estação, sendo 10 L na superfície e 10 L no pico de máxima clorofila_a ou meia água. Os recipientes foram previamente lavados com água da própria amostra e a filtragem foi feita logo após a coleta. Quando os equipamentos de filtragem estavam ocupados, as amostras eram mantidas sob refrigeração até a realização do procedimento. Antes da filtração, os frascos foram homogeneizados levemente e as alíquotas foram medidas com uma proveta. Foram filtrados 5 L preferencialmente, entretanto, o volume podia ser reduzido nas estações costeiras até a colmatação do filtro. As filtrações foram efetuadas sob pressão inferior a 0,5 atm, em filtros de fibra de vidro Whatman GF/F 47 mm. Imediatamente após a filtração, os filtros foram colocados sobre papel-toalha a fim de tirar o excesso de água; posteriormente, foram dobrados e acondicionados em papel-alumínio e em envelopes, conservados sob congelamento a -20 °C. Todo o procedimento de filtragem foi feito em ambiente escuro.

De forma inédita e inovadora em projetos de caracterização ambiental marinha no Brasil, foram investigadas as fontes de matéria orgânica e a dinâmica da teia trófica planctônica em águas neríticas e oceânicas da Baía de Sergipe-Alagoas através de isótopos estáveis. Análises de composição elementar e isotópica têm aplicação em diversas áreas do conhecimento, como, por exemplo, estudos de ecologia trófica, ciclagem de nutrientes, poluição, geoquímica sedimentar e paleoceanografia (Capítulo 12 deste livro). Neste projeto foi investigada a composição isotópica na matéria orgânica particulada e também no zooplâncton.

Com o auxílio de garrafas de Niskin, cerca de 10 L de água do mar foram coletados a 1 m de profundidade em todas as estações dos transectos A, C, E e H. As amostras de água foram armazenadas em recipientes de plástico previamente lavados com água Milli-Q e devidamente identificados. A bomba de vácuo empregada nas filtrações era isenta de óleo, a fim de evitar contaminação das amostras com resíduos de carbono orgânico. Todas as informações pertinentes foram registradas em planilhas de bordo.

Nas mesmas estações foram realizados arrastos horizontais (3 minutos de duração) na superfície da coluna de água para a coleta de zooplâncton. Esses arrastos foram feitos no período noturno com a rede MOCNESS (malha de 300 μm). Após a coleta, as amostras foram levadas imediatamente para o laboratório da embarcação a fim de serem triadas sob microscópio estereoscópico. O zooplâncton foi triado para separação de indivíduos representativos dos três principais grupos presentes em cada amostra. Após a triagem, essas amostras foram acondicionadas em folhas de alumínio (previamente calcinadas), identificadas e armazenadas em freezer a -20 °C. Três subamostras do zooplâncton total coletado em cada estação também foram separadas para determinação elementar e isotópica.

Uma análise integrada de séries temporais de produtos de sensoriamento remoto e dados bio-ópticos *in situ* foram coletados de forma pioneira na Baía de Sergipe-Alagoas, no âmbito do Projeto Marseal. Para avaliar o uso adequado dos produtos de cor do oceano na baía, foi realizada uma caracterização bio-óptica da área de estudo a partir de dados coletados *in situ*. Foram geradas distribuições dos constituintes opticamente ativos nos domínios nerítico e

oceânico, nos períodos seco e chuvoso, analisadas em conjunto com os produtos obtidos por satélite. Assim, buscou-se caracterizar os desvios e investigar as possíveis causas, a fim de aportar meios de melhoria e seleção de produtos adequados para a caracterização e o monitoramento da Bacia de Sergipe-Alagoas por satélite.

Dados radiométricos e bio-ópticos *in situ* foram coletados nas duas campanhas oceanográficas, abrangendo dois períodos do ano com características contrastantes. Foram coletadas amostras de água a 1 m de profundidade para análise da concentração de clorofila_a na superfície do mar (CSM) e dos coeficientes de absorção da luz pelo fitoplâncton (aphy), detritos ou material particulado em suspensão (ad), e matéria orgânica dissolvida colorida (acdom, CDOM, do inglês *colored dissolved organic matter*). Além dos coeficientes de absorção da luz, o parâmetro de decaimento espectral do CDOM (Scdom) e o coeficiente de absorção específico pelo fitoplâncton em 443 nm, também foram analisados para a caracterização bio-óptica. A reflectância de sensoriamento remoto da superfície da água (Rrs) foi mensurada em cada estação de coleta, com um radiômetro portátil FieldSpec Handheld ASD Inc. (*Analytical Spectral Devices*). Este equipamento mede a radiância emergente da água do mar, da placa de referência e a radiação difusa do céu, com resolução espectral de 10 nm, na faixa espectral entre 325-1.075 nm. O equipamento foi apontado sucessivamente (10 vezes) para a água do mar, para uma placa de referência de Spectralon e para o céu, de acordo com geometria proposta pela NASA, EUA. O modelo utilizado funcionou conectado a um computador portátil do INPE que dispunha de software específico para a aquisição desses dados.

Com o auxílio de garrafas de Niskin, cerca de 10 L de água do mar foram coletados a 1 m e na profundidade de máxima clorofila_a para obtenção de amostras de clorofila_a, material particulado e CDOM nas 56 estações da malha de hidroquímica, com fins específicos para o sensoriamento remoto. Para essas análises, a maioria das amostras foi analisada em duplicatas, mas não foram amostrados dados bio-ópticos nos perfis C, D e E durante a campanha AGUA2, devido a problemas logísticos. Foram utilizados filtros de fibra de vidro Whatman GF/F, com diâmetro de 25 mm e poro de 0,7 µm para filtração de material particulado, filtros Whatman Nuclepore com diâmetro de 25 mm e poro de 0,2 µm para filtração de CDOM e filtros Whatman GF/F com diâmetros de 47 mm e poro de 0,7 µm para filtração de clorofila. Todas as filtrações foram realizadas com baixo nível de luz, a fim de evitar a degradação do material coletado e também que as células fitoplanctônicas continuassem fotossintetizando, isto é, para que o material retido nos filtros ou coletado nas amostras de CDOM reproduzisse mais fielmente as condições originais nas quais a água foi coletada. A pressão da bomba foi sempre mantida abaixo dos 5 psi. Os filtros das amostras de clorofila_a e material particulado foram acondicionados em recipientes de nitrogênio líquido, e as amostras de CDOM, sob refrigeração.

Para as amostragens do pH foram coletados cerca de 120 mL de água em frascos de polipropileno das garrafas Niskin em cada estrato. As medições foram realizadas mediante a utilização de um pHmetro de bancada, modelo GEHAKA PG 1800, o eletrodo era inserido nas alíquotas até que houvesse a estabilização e a definição dos valores. Adicionalmente, medições contínuas foram obtidas ao longo da coluna d'água através do sensor de pH acoplado ao CTD. Ainda no

laboratório do navio, para a medição da turbidez foi utilizado um turbidímetro portátil, modelo ADAMO TB1000.

As análises de oxigênio dissolvido foram realizadas através de um sensor polarográfico acoplado ao CTD. Adicionalmente, foram feitas análises pelo método de Winkler em 24 estações dos transectos A, C, D, E, G e H, nas seguintes isóbatas: 25, 50, 400 e 1.900 metros. Nesta análise foi utilizado um titulador automático da *Sensoren Instrumente Systeme* (SIS), previamente configurado para a realização do método.

A transparência da água foi registrada a partir do disco de Secchi (50 cm de diâmetro), e a radiação fotossinteticamente ativa foi medida em superfície e na coluna d'água, através de sensores acoplados ao CTD.

Os parâmetros físicos como temperatura, salinidade e pressão foram medidos em toda a coluna d'água nas estações de coleta através do CTD SBE 911 plus. Adicionalmente, esses parâmetros foram medidos de forma contínua por meio de um termossalinógrafo SBE 45. Esse sistema fica instalado próximo à tomada de água salgada da embarcação, localizada na proa, aproximadamente 3 m abaixo da superfície do mar. O sistema possui bombas e um removedor de bolhas de ar a fim de aumentar a acurácia das medições. Um fluorímetro instalado no mesmo circuito hidráulico adquiria dados para estimativa de concentrações de clorofila_a. O perfil de correntes também foi medido de forma contínua através de dois perfiladores acústicos por efeito Doppler (ADCP) acoplados ao casco do navio, um de 38 kHz e outro de 150 kHz, de modo que tanto o ambiente nerítico quanto o oceânico pudessem dispor de dados de qualidade.

Uma tabela-resumo com as principais informações das amostras hidroquímicas é apresentada no Apêndice 2.7.2.

- 2.1 – ESTRATÉGIA AMOSTRAL
- 2.2 – CONTROLE DE QUALIDADE
- 2.3 – AMOSTRAGEM HIDROQUÍMICA
- 2.4 – AMOSTRAGEM DO PLÂNCTON**
- 2.5 – ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS
- 2.6 – REFERÊNCIAS
- 2.7 – APÊNDICES

2.4

AMOSTRAGEM DO PLÂNCTON

A amostragem do bacterioplâncton e virioplâncton ocorreu em todas as estações do projeto e em todos os níveis verticais, seguindo, portanto, a malha amostral dos parâmetros hidroquímicos. Amostras destinadas à determinação da abundância de microrganismos foram coletadas com a utilização de garrafas oceanográficas Niskin. Alíquotas foram transferidas para tubos de centrifuga de polipropileno de 15 mL estéreis. Para determinação do bacterioplâncton autotrófico, 1,5 mL de amostra foi transferido para tubos eppendorfs de 2,0 mL e imediatamente fixado com solução de paraformaldeído 1 % (concentração final) (Marie et al., 2005). Para determinação do bacterioplâncton heterotrófico, 1,5 mL de amostra foi transferido para tubos eppendorfs de 2,0 mL e imediatamente fixado com solução de paraformaldeído 1 % + glutaraldeído 0,05 % (concentração final) (Gasol e del Giorgio, 2000). Para determinação do virioplâncton, 1,5 mL de amostra foi transferido para tubos eppendorfs de 2,0 mL e imediatamente fixado com solução de glutaraldeído 0,5 % (concentração final) (Brussaard, 2004). Após a adição do fixador os tubos foram incubados a 4 °C, no escuro, por 10 minutos, e em seguida, os tubos eppendorfs, contendo as amostras fixadas, foram congelados e mantidos em nitrogênio líquido até posterior análise em laboratório. Todas as fixações foram realizadas a bordo e não ultrapassaram 30 minutos transcorridos do momento da coleta das amostras.

As coletas de água para a estimativa da produção primária das comunidades fitoplanctônicas foram efetuadas nas mesmas profundidades da clorofila_a, porém somente em seis transectos: A, C, D, E, G e H (Figura 2.2). Os horários das coletas para produção primária estão sujeitos à disponibi-

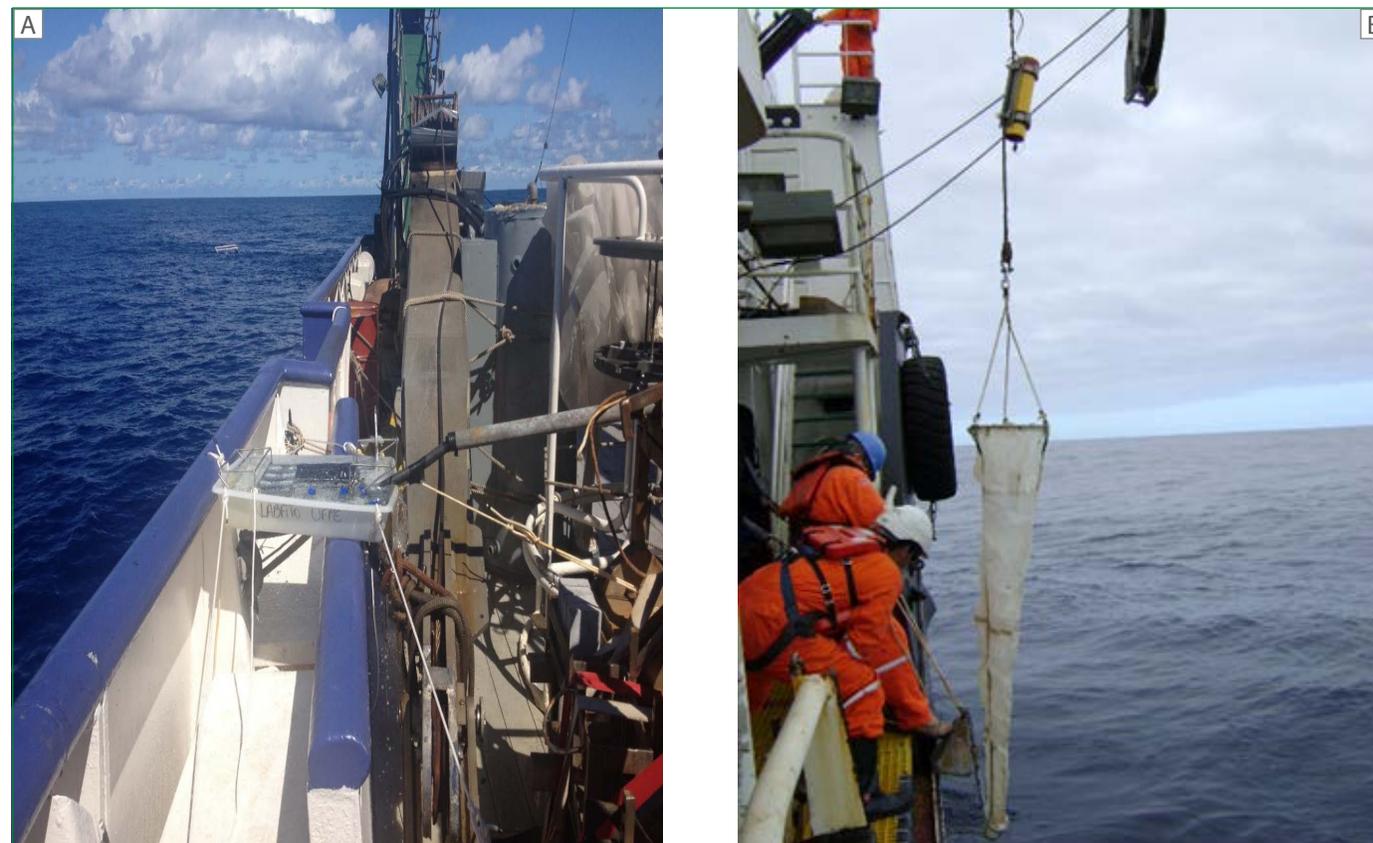
lidade de luz solar para as incubações, que tem duração de 4 h. Por esta razão, as coletas para a determinação da produtividade primária foram realizadas entre 6 e 12 h no período chuvoso e entre 6 e 13 h no período seco, de modo a garantir o período requerido de insolação para incubação. Devido a esta restrição intrínseca ao método, foram feitas incubações em 31 estações no período chuvoso e 33 no período seco. O disco de Secchi foi lançado em cada estação para o cálculo do coeficiente de atenuação da luz e estimativa da camada eufótica, a partir da tabela da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN (Marinha do Brasil).

As amostras foram obtidas nas duas primeiras profundidades, 1 m e PMC ou à meia água, na mesma amostragem do fitoplâncton e dos parâmetros físico-químicos. Para análise da produtividade primária, 2,5 L de água foram colocados em recipiente térmico para posterior distribuição em frascos de 120 mL de capacidade, aos quais foi adicionado 1 mL de solução de NaHCO₃ com atividade nominal de 10 µCi ¹⁴C. A incubação das amostras foi realizada por meio de uma incubadora de aço inoxidável, dotada de quatro câmaras para incubar 12 amostras simultaneamente, fazendo-se uso de filmes escuros para algumas garrafas. Essa incubadora foi mantida no convés do navio, sob exposição ao Sol e em fluxo contínuo com água do mar da superfície para manutenção da temperatura (Figura 2.5A). Após o período de incubação de 4 h, as amostras foram filtradas em filtros de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro e porosidade de 0,7 µm. Todo rejeito radioativo resultante da filtração das amostras foi acondicionado em recipientes apropriados e desembarcado junto com as amostras de produtividade primária.

Para determinação da densidade do fitoplâncton (cél.L^{-1}) foram obtidas 84 amostras distribuídas nos mesmos seis transectos do plâncton e nos dois primeiros níveis verticais (1 m e PMC ou meia água). Em cada estação foram coletados 2 L de água, acondicionados em frasco de polipropileno e fixados com solução de lugol a 2 % (6 mL) até atingir uma coloração amarelada, para a correta preservação dos organismos. Após serem devidamente etiquetadas, as amostras foram mantidas na temperatura ambiente e no escuro, de modo a permitir uma melhor preservação do material, a qual é inversamente dependente da oxidação do iodo. Os procedimentos de coleta e preservação seguiram as recomendações feitas por Newell e Newell (1963), Sournia (1978) e Edler (1979).

Com o auxílio de garrafas de Niskin, cerca de 10 L de água do mar foram coletados para quantificação do protozooplâncton nos mesmos pontos de coleta do fitoplâncton. O volume de água foi filtrado com ajuda de um aparato acumulador com rede 20 μm na extremidade e o material retido foi transferido para um frasco de 250 mL. A fim de evitar contaminação entre as amostras, dois aparatos foram utilizados exclusivamente para cada nível vertical (1 m e meia água ou PMC). As amostras foram fixadas com solução de lugol em concentração final de 3 % (Dolan e Gallegos, 2001; Dolan et al., 2009).

Para análises qualitativas do fitoplâncton e do protozooplâncton, foi realizado um arrasto vertical por estação com rede cilíndrico-cônica de 20 μm de malha e 20 cm de diâmetro de boca, sem fluxômetro acoplado (Figura 2.5B). Na região oceânica, os arrastos foram feitos percorrendo os 200 m superiores; na região nerítica, os arrastos foram entre 15 m acima do fundo e a superfície. A amostra foi fracionada a bordo do navio com um fracionador MOTODA



(Motoda, 1959; Omori e Ikeda, 1984), sendo 50 % reservado para as análises qualitativas do protozooplâncton e, a outra metade, para análises qualitativas do fitoplâncton. As frações do protozooplâncton foram posteriormente divididas para serem fixadas com diferentes reagentes, como o lugol 2 %, bouin marinho (15 partes de uma solução saturada de ácido pícrico 1,2 %, 5 partes de etanol absoluto e 1 parte de ácido acético) e glutaraldeído 10 %. Já o fitoplâncton foi fixado com solução aquosa de formol a 4 % tamponado com boráx.

Figura 2.5 – A) Estrutura para incubação de amostras de produtividade primária e B) rede cônico-cilíndrica utilizada para o arrasto vertical e análise qualitativa do fitoplâncton. Fonte: PETROBRAS/UFPE - Projeto Marseal.

As amostras de zooplâncton e ictioplâncton foram obtidas por meio do sistema de arrasto horizontal com redes de abertura e fechamento múltiplo conhecido como MOCNESS (Wiebe et al., 1976) (Figura 2.6). A fim de evitar contaminação entre os arrastos, foram utilizadas redes com área de boca de 1 m² exclusivas para cada massa d'água amostrada. Os arrastos foram realizados no período noturno, começando sempre pelos mais profundos. Um conjunto de 126 amostras de zooplâncton e ictioplâncton foi coletado para cada parâmetro e período do ano, totalizando 504 amostras. Para avaliação desses organismos na região nerítica, foram feitas amostragens somente em subsuperfície, a 1 m de profundidade, enquanto na região oceânica foram amostradas nas diversas massas d'água presentes (Quadro 2.2). Todas as amostras foram fixadas em formol 4 % tamponado com bórax (Harris et al., 2000) e a duração dos arrastos em cada massa d'água pode ser verificada no Quadro 2.3.

A amostragem visando à avaliação da comunidade neustônica foi realizada através de arrastos superficiais com rede catamarã (Figura 2.7) nos seis transectos da malha do plâncton, sempre que as condições do mar permitiam a operação do equipamento (limitadas na escala Beaufort 3). Por questões operacionais do navio, os arrastos do nêuston foram realizados no período diurno, sendo uma das redes posicionada na interface ar-mar e a outra completamente imersa e com fluxômetro acoplado, gerando assim duas amostras por arrasto. A área da boca tinha 0,045 m², e o tempo total de arrasto foi de 20 minutos. As amostras coletadas foram acondicionadas em frascos de polietileno de 1 L de capacidade e fixadas com formaldeído tamponado com bórax a uma concentração final de 4 %. No período chuvoso, 26 das 42 estações obtiveram amostras de nêuston e, no período seco, todas as estações foram feitas.

Quadro 2.2 – Profundidades de amostragem de zoo e ictioplâncton nas campanhas do sistema pelágico.

| ISÓBATAS | 1 10 m | 2 25 m | 3 50 m | 4 400 m | 6 1000 m | 8 1900 m | 9 3000 m |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Subsuperfície (1 m) | X | X | X | X | X | X | X |
| PMC | | | | X | X | X | X |
| 250 m (ACAS) | | | | X | X | X | X |
| 700 m (AIA) | | | | | X | X | X |
| 1.250 m (AIA-APAN) | | | | | | X | X |
| 2.300 m (APAN) | | | | | | | X |



Figura 2.6 – Rede MOCNESS utilizada para amostragem de zoo e ictioplâncton em múltiplas profundidades. Na parte superior da rede há um CTD SBE acoplado para medição de temperatura, salinidade e profundidade. Fonte: PETROBRAS/UFPE - Projeto Marseal.

Quadro 2.3 – Duração (minutos) dos arrastos horizontais com a MOCNESS.

| ABERTURA DA MALHA | REGIÃO NERÍTICA | | | REGIÃO OCEÂNICA | | |
|-------------------|-----------------------------|----|------|-----------------|----------|------|
| | Água de Mistura ou AT ou AC | AT | ACAS | AIA | AIA-APAN | APAN |
| 300 µm | 5 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 |
| 500 µm | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 |
| Nêuston 500 µm | | | 20 | | | |



Figura 2.7 – Rede de plâncton do tipo catamarã (David/Hempel) para amostragem do nêuston. Fonte: PETROBRAS/UFPE – Projeto Marseal.

- 2.1 – ESTRATÉGIA AMOSTRAL
- 2.2 – CONTROLE DE QUALIDADE
- 2.3 – AMOSTRAGEM HIDROQUÍMICA
- 2.4 – AMOSTRAGEM DO PLÂNCTON
- 2.5 – ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS**
- 2.6 – REFERÊNCIAS
- 2.7 – APÊNDICES

2.5

ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Após a execução das campanhas oceanográficas, as amostras coletadas foram encaminhadas para análise dos parâmetros químicos e biológicos nos laboratórios da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP).

As informações relativas a cada campanha, compiladas no relatório de embarque, foram cadastradas no Banco de Dados Ambientais Costeiros e Oceânicos (BDCO) da Petrobras. Elas incluíram: dados gerais da campanha (data de início e término, embarcação utilizada e equipe de trabalho), dados meteorológicos e ambientais referentes a cada estação (condições atmosféricas, do mar, do vento e das ondas) e informações específicas sobre as amostragens e medições (coordenadas geográficas, equipamentos utilizados, parâmetros amostrados). A partir das informações pré-cadastradas no BDCO, foi possível exportar do banco de dados planilhas pré-formatadas para o preenchimento dos resultados de cada parâmetro, já no formato determinado para importação dos dados no BDCO.

Após análise do material coletado, as equipes da UFS e UFPE preencheram as planilhas de resultados, que foram revisadas e validadas pelos pares técnicos do Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES). Uma vez importados para o BDCO, os resultados puderam ser exportados em planilhas com formato CSV, adequado à espacialização em sistemas de informação geográfica (SIG), ou seja, atributos posicionados nas colunas e resultados nas linhas, nome dos atributos ajustado para tamanho de até 10 caracteres, em caixa alta, e *alias* explicativos para cada atributo.

Paralelamente, as coordenadas geográficas referentes às estações de coleta executadas e cadastradas no BDCO passaram por igual processo de exportação do banco de dados, conferência, eventual correção e espacialização, utilizando o sistema geográfico de coordenadas (graus decimais) e Datum Sirgas 2000. Essas coordenadas foram empregadas para a geração de arquivos no formato *shapefile*, de forma a representar a malha amostral das campanhas do sistema pelágico e todos os parâmetros avaliados. Essa etapa foi executada com auxílio do *software* de geoprocessamento ArcGIS 10.1 (Esri, Ambiente SIG).

Aproveitando a estrutura montada para o uso dos dados em ambiente SIG, o projeto adotou um único mapa de base para as etapas 1 e 2 do PCR-SEAL, considerando a escala de visualização segundo a área de estudo (foz de rios, plataforma e talude continental). Ainda no sentido de uma adequação dos produtos espaciais gerados, foram utilizados os melhores dados públicos e da Petrobras disponíveis para a região. Dessa forma, o mapa-base foi composto pelos seguintes níveis de informação (*layers*):

- estados e municípios representados em polígonos e sedes municipais representadas em ponto (Fonte: IBGE);
- Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas representada em polígonos (Fonte: ANP – Agência Nacional do Petróleo –, Gás Natural e Biocombustíveis);
- pontos de referência (indicação da localidade do Pontal do Peba, Coruripe, Pirambu e Aracaju);
- hidrografia de margem simples representada em linha e hidrografia de margem dupla representada em polígono, segundo a escala de uso e disponibilidade (Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas – e SRH – Superintendência de Recursos Hídricos);
- localização dos portos eventualmente representada por ponto (Fonte: Cartas náuticas);
- batimetria em isolinhas extraídas do Modelo Digital do Terreno – MDT (Fonte: UFS – Laboratório Georioemar e Petrobras/Geologia Marinha);

- estruturas da Petrobras: plataformas e poços representados por ponto e dutos representados em linha (Fonte: PETROBRAS/GIS-BR);
- malha amostral de água e de arrasto representada por pontos;
- adicionalmente, foram criadas anotações para a indicação da batimetria (isóbatas de 50, 400, 700, 1.000, 1.300, 1.900 e 3.000 m), hidrografia dos rios (São Francisco, Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí-Real), estados (Alagoas, Sergipe e Bahia) e sedes municipais de interesse (Coruripe, Pirambu e Aracaju), além dos transectos da malha de água (A, B, C, D, E, F, G e H).

Todas as camadas disponíveis no pacote de dados denominado mapa-base apresentam informações em suas tabelas de atributos para seu uso temático e metadados para assegurar sua rastreabilidade.

Os mapas temáticos associados aos resultados foram apresentados de forma padronizada segundo os critérios de parâmetro (químicos ou biológicos) e período de amostragem (seco ou chuvoso). Os resultados foram classificados pelo método estatístico de quebras naturais, utilizando três ou cinco classes de valores, que foram apresentadas na legenda preferencialmente com duas casas decimais ou até o primeiro valor significativo (exemplo: 0,0001). Adotou a representação temática de graduação de símbolos, sendo a classe de menor valor representada pelo menor símbolo. Para essa classificação, foi empregado todo o conjunto de

dados de um determinado parâmetro, e mantida a mesma faixa de valores das classes nos mapas dos períodos seco e chuvoso. Após a classificação, foram criados filtros específicos para a seleção e representação dos resultados de cada período separadamente. O método de classificação por quebras naturais só não foi utilizado quando o pesquisador sugeria a classificação dos valores em função de sua importância ambiental ou para as análises de agrupamento (*cluster*). As estações para as quais não houve a coleta de um determinado parâmetro biológico, ou onde a análise indicou valor igual a zero, foram representadas com um X vermelho para o período seco e preto para o período chuvoso. A padronização de símbolos e valores proporcionou maior sinergia nos mapas analógicos e digitais, permitindo a visualização simultânea do parâmetro nos distintos períodos.

- 2.1 – ESTRATÉGIA AMOSTRAL
- 2.2 – CONTROLE DE QUALIDADE
- 2.3 – AMOSTRAGEM HIDROQUÍMICA
- 2.4 – AMOSTRAGEM DO PLÂNCTON
- 2.5 – ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS
- 2.6 – REFERÊNCIAS**
- 2.7 – APÊNDICES

2.6

REFERÊNCIAS

- BRUSSAARD, C. P. D. Optimization of procedures for counting viruses by flow cytometry. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 70, n. 3, p. 1506-1513, 2004.
- DOLAN, J. R.; GALLEGOS, C. L. Estuarine diversity of tintinnids (planktonic ciliates). **Journal of Plankton Ecology**, London, v. 23, n. 9, p. 1009-1027, 2001.
- DOLAN, J. R. et al. Dynamics of core and occasional species in the marine plankton: tintinnid ciliates in the north-west Mediterranean Sea. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 36, n. 5, p. 887-895, 2009.
- DUARTE, D. L. **Caracterização ambiental marinha da Bacia de Sergipe-Alagoas, sistema pelágico – Campanha AGUA1: relatório técnico.** [S.l.: s.n.], 2014.
- DUARTE, D. L. **Caracterização ambiental marinha da Bacia de Sergipe-Alagoas, sistema pelágico – Campanha AGUA2: relatório técnico.** [S.l.: s.n.], 2015.
- EDLER, L. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea: phytoplankton and chlorophyll. **Baltic Marine Biology**, [S.l.], v. 5, p. 1-37, 1979.
- GASOL, J. M.; GIORGIO, P. A. Using flow cytometry for counting natural planktonic bacteria and understanding the structure of planktonic bacterial communities. **Scientia Marina**, Barcelona, v. 64, n. 2, p. 197-224, 2000.
- HARRIS, R. P. et al. **Zooplankton methodology manual.** London: Academic Press, 2000. 684 p.
- LEVIN, A. L. The roles of habitat heterogeneity in generating and maintaining biodiversity on continental margins: an introduction. **Marine Ecology**, Amelinghausen, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2010.
- MARIE, D.; SIMON, N.; VAULOT, D. Phytoplankton cell counting by flow cytometry. In: ANDERSEN, R. A. **Algal culturing techniques.** Oxford: Elsevier, 2005. p. 1-17.
- MÉMERY, L. et al. The water masses along the western boundary of the south and equatorial Atlantic. **Progress in Oceanography**, Oxford, v. 47, n. 1, p. 69-98, 2000.
- MOTODA, S. Devices of sample plankton apparatus. **Memoirs of the Faculty of Fisheries**, Hokkaido, v. 7, n. 1-2, p. 73-94, 1959.
- NEWELL, G. H.; NEWELL, R. C. **Marine plankton: a practical guide.** London: Hutchinson Educat, 1963. 221 p.
- OMORI, M.; IKEDA, T. **Methods in marine zooplankton ecology.** New York: Wiley-Interscience Publication, 1984. 331 p.
- SOURNIA, A. E. (Ed.). **Phytoplankton manual.** Paris: UNESCO, 1978. (Monographs on Oceanographic Methodology, 6).
- WIEBE, P. H. et al. A multiple opening/closing net and environmental sensing system for sampling zooplankton. **Journal of Marine Research**, New Haven, v. 34, p. 313-326, 1976.
- WIEBE, P. H. et al. New developments in the MOCNESS, an apparatus for sampling zooplankton and micronekton. **Marine Biology**, Berlin, v. 87, n. 3, p. 313-323, 1985.

- 2.1 – ESTRATÉGIA AMOSTRAL
- 2.2 – CONTROLE DE QUALIDADE
- 2.3 – AMOSTRAGEM HIDROQUÍMICA
- 2.4 – AMOSTRAGEM DO PLÂNCTON
- 2.5 – ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS
- 2.6 – REFERÊNCIAS
- 2.7 – APÊNDICES

2.7

APÊNDICES

Apêndice 2.7.1 – Coordenadas das estações de amostragem das campanhas oceanográficas AGUA1 e AGUA2. Datum: Sirgas 2000.

| ESTAÇÃO | LATITUDE | LONGITUDE | ESTAÇÃO | LATITUDE | LONGITUDE |
|---------|----------|-----------|---------|----------|-----------|
| A1 | -10,1967 | -36,1267 | E1 | -10,794 | -36,8591 |
| A2 | -10,2681 | -36,0117 | E2 | -10,8414 | -36,8355 |
| A3 | -10,3106 | -35,9545 | E3 | -10,8634 | -36,8243 |
| A4 | -10,3283 | -35,9315 | E4 | -10,9273 | -36,8075 |
| A6 | -10,357 | -35,8948 | E6 | -10,998 | -36,759 |
| A8 | -10,4233 | -35,8103 | E8 | -11,1988 | -36,719 |
| A9 | -10,5801 | -35,6117 | E9 | -11,5142 | -36,5944 |
| B1 | -10,385 | -36,3013 | F1 | -11,0642 | -37,0703 |
| B2 | -10,4641 | -36,1486 | F2 | -11,0924 | -37,0217 |
| B3 | -10,5045 | -36,0903 | F3 | -11,1629 | -36,8788 |
| B4 | -10,5353 | -36,0866 | F4 | -11,1898 | -36,8713 |
| B6 | -10,5855 | -36,0266 | F6 | -11,2545 | -36,8724 |
| B8 | -10,6661 | -35,9328 | F8 | -11,3403 | -36,7904 |
| B9 | -10,8338 | -35,7405 | F9 | -11,5909 | -36,6309 |
| C1 | -10,5474 | -36,381 | G1 | -11,2364 | -37,1981 |
| C2 | -10,5822 | -36,3584 | G2 | -11,2683 | -37,1542 |
| C3 | -10,5952 | -36,3493 | G3 | -11,3389 | -37,0616 |
| C4 | -10,6291 | -36,328 | G4 | -11,4172 | -37,068 |
| C6 | -10,718 | -36,244 | G6 | -11,4448 | -37,0402 |
| C8 | -10,8523 | -36,0845 | G8 | -11,5345 | -36,9361 |
| C9 | -11,0916 | -35,898 | G9 | -11,8117 | -36,7301 |
| D1 | -10,6895 | -36,7238 | H1 | -11,5153 | -37,3583 |
| D2 | -10,8233 | -36,6076 | H2 | -11,5396 | -37,3292 |
| D3 | -10,8652 | -36,5771 | H3 | -11,6086 | -37,2468 |
| D4 | -10,8931 | -36,4937 | H4 | -11,6262 | -37,2257 |
| D6 | -10,9326 | -36,4769 | H6 | -11,646 | -37,202 |
| D8 | -11,0006 | -36,4026 | H8 | -11,7105 | -37,1247 |
| D9 | -11,2347 | -36,2461 | H9 | -11,9367 | -36,8534 |

Apêndice 2.7.2 – Descrição das amostras de água e plâncton, garrafa oceanográfica utilizada, volume coletado, frascaria usada, método de preservação ou meio de preservação e acondicionamento.

| PARÂMETROS | AMOSTRADOR | VOLUME POR ESTRATO | TIPO DE FRASCARIA | PRESERVAÇÃO | ACONDICIONAMENTO DA AMOSTRA |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------|---|-----------------------------|
| Oxigênio dissolvido | Niskin | 60 mL | Frasco DBO | n.a. | n.a. |
| pH | Niskin | 120 mL | Polipropileno | n.a. | n.a. |
| Nutrientes | Niskin | 1,5 L | Polipropileno | n.a. | Congelamento |
| Hidrocarbonetos | Go-flo | 8 L | Vidro Âmbar | n.a. | Refrigeração |
| MPS | Niskin | 5 L | Filtro | n.a. | Congelamento |
| COP | Go-flo | 5 L | Filtro | n.a. | Congelamento |
| POP | Go-flo | 5 L | Filtro | n.a. | Congelamento |
| COD | Go-flo | 1 L | Polipropileno | H ₃ PO ₄ | Congelamento |
| NOD e POD | Go-flo | 1 L | Polipropileno | n.a. | Congelamento |
| Clorofila_a total | Niskin | 5 L | Filtro | n.a. | Congelamento |
| Clorofila_a < 20µm | Go-flo | 5 L | Filtro | n.a. | Congelamento |
| Isótopos MOP | Niskin | 10 L | Filtro | n.a. | Congelamento |
| Isótopos Zooplâncton | MOCNESS (300 µm) | Variado | Papel- alumínio | n.a. | Congelamento |
| Produtividade Primária | Niskin | 2,5 L | Filtro | n.a. | Temperatura ambiente |
| SR (Clorofila_a, MPS, CDOM) | Go-flo | 10 L | Filtros | n.a. | Nitrogênio líquido |
| Fitoplâncton | Niskin / rede cônico- cilíndrica | 2 L | Polipropileno | Lugol a 2 % e formaldeído a 4 % tamponado bórax | Temperatura Ambiente |
| Protozooplâncton | Niskin / rede cônico- cilíndrica | 10 L | Polipropileno | Variados | Temperatura Ambiente |
| Bacterioplâncton autotrófico | Niskin | 1,5 mL | Eppendorfs | Paraformaldeído 1 % | Nitrogênio líquido |
| Bacterioplâncton heterotrófico | Niskin | 1,5 mL | Eppendorfs | Paraformaldeído 1 % + glutaraldeído 0,05 % | Nitrogênio líquido |
| Virioplâncton | Niskin | 1,5 mL | Eppendorfs | Glutaraldeído 0,5 % | Nitrogênio líquido |
| Zooplâncton | MOCNESS (300 µm) | Variado | Polipropileno | Formaldeído a 4 % tamponado bórax | Temperatura Ambiente |
| Ictioplâncton | MOCNESS (500 µm) | Variado | Polipropileno | Formaldeído a 4 % tamponado bórax | Temperatura Ambiente |
| Nêuston | Catamarã (500 µm) | Variado | Polipropileno | Formaldeído a 4 % tamponado bórax | Temperatura Ambiente |