

EIA/RIMA para a Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos - Etapa 1

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

Volume 00

Revisão 01

Nov/2011



E&P

ÍNDICE GERAL

II.7.1 - Projeto de Monitoramento Ambiental	1/36
II.7.1.1 - Subprojeto de Monitoramento do Corpo Receptor e Biota Planctônica Associada	6/36
II.7.1.2 - Subprojeto de Meteo-oceanografia Operacional.....	14/36
II.7.1.3 - Subprojeto de Monitoramento Sistemático por Sensoriamento Remoto	15/36
II.7.1.4 - Subprojeto de Monitoramento em Caso de Derramamento Acidental de Óleo	25/36
II.7.1.5 - Subprojeto de Monitoramento do Descarte de Água Produzida.....	25/36
II.7.1.6 - Subprojeto de Caracterização Toxicológica do óleo	27/36

TABELAS E QUADROS

TABELA OU QUADRO	PÁG

Tabela II.7.1-1 - Procedimento de coleta para amostragem a partir das garrafas de Niskin.	10/36
Tabela II.7.1-2 - Procedimento de coleta para amostragem a partir das garrafas de GO-Flo.....	10/36
Tabela II.7.1-3 - Metodologias a serem seguidas para análise e limites de detecção dos diferentes parâmetros.	11/36
Tabela II.7.1-4 - Variáveis meteorológicas e oceanográficas a serem monitorados e respectivos equipamentos de medição.	15/36
Tabela II.7.1-5 - Sensores utilizados e respectivas variáveis que serão analisadas, e fonte dos dados de corrente e elevação.	16/36
Tabela II.7.1-6 - Parâmetros e metodologias para análises de água produzida.	26/36
Tabela II.7.1-7 - Parâmetros e métodos analíticos a serem empregados na caracterização físico-química e toxicológica do óleo.	28/36
Tabela II.7.1-8 - Cronograma global de implantação do Projeto de Monitoramento Ambiental.	31/36

FIGURAS

FIGURA	PÁG

Figura II.7.1-1 - Malha amostral de coleta de água no entorno da plataforma e respectivas distâncias em relação ao ponto de descarte de água produzida. ...7/36

Figura II.7.1-2 - Localização das estações de coleta para análise da comunidade planctônica.13/36

II.7.1 - PROJETO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

II.7.1 - Projeto de Monitoramento Ambiental

II.7.1.A - Apresentação

O presente Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) foi elaborado com base nos impactos identificados na seção **II.6 - Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais** deste EIA e nas informações obtidas pela PETROBRAS em levantamento de dados ambientais realizados nas proximidades das locações da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, compostos por Testes de Longa Duração (TLDs), Pilotos e Desenvolvimento de Produção (DP), cuja descrição é apresentada na seção II.2.

O PMA proposto para a atividade em estudo é análogo ao PMA proposto para o TLD de Tupi. Nesta fase do empreendimento, o monitoramento será realizado através da instrumentação dos FPSOs com uma Unidade Coletora de Dados (UCD) do Sistema de Monitoramento Meteo-oceanográfico Operacional (OCEANOP - BS), e por meio de Sensoriamento Remoto Oceanográfico e Meteorológico. Para os Pilotos e DP, é proposta ainda a realização do monitoramento oceânico para avaliação do compartimento água e biota planctônica associada, além de análises na água produzida. Também estão previstos caracterização do óleo produzido e monitoramento em caso de derramamento acidental de óleo.

Com o projeto de monitoramento proposto, pretende-se gerar informações técnicas e científicas que possam contribuir para a caracterização ambiental da região do Pré-Sal da Bacia de Santos e fornecer subsídios para a verificação da ocorrência eventual dos impactos prognosticados. Ampliando-se a base de conhecimento técnico-científico da região, as tomadas de decisão quanto à gestão ambiental deste e de futuros empreendimentos na Área do Pré-Sal da Bacia de Santos estará mais bem fundamentada e orientada.

II.7.1.B - Justificativas

As atividades envolvendo os TLDs, Pilotos e DP nas Áreas de Bem-Te-Vi (BM-S-8), Guará (BM-S-9), Parati (BM-S-10), Tupi e Lara (BM-S-11) e Júpiter (BM-S-24) no Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, são potencialmente impactantes, por isso é fundamental o monitoramento a fim de se minimizar e mitigar possíveis modificações do meio. Conforme mencionado, o presente projeto foi elaborado com base nos impactos identificados e apresentados na seção II.6 deste EIA, nas medidas de mitigação recomendadas na referida seção e na experiência da PETROBRAS em projetos de monitoramento ambiental nas atividades *offshore*.

Os principais impactos previstos relacionam-se a própria presença física das unidades marítimas, aos descartes de efluentes sanitários, resíduos alimentares e água de produção e a interferência com o substrato marinho devido à instalação dos equipamentos submarinos e dos sistemas de ancoragem. Este último somente para as áreas onde serão realizados os TLDs pelo FPSO BW Cidade de São Vicente, e Pilotos e DP, pelos FPSOs Cidade de São Paulo, Cidade de Parati e Cidade de Mangaratiba. O FPSO *Dynamic Producer* possui sistema de posicionamento dinâmico, dispensando sistema de ancoragem, conforme descrição apresentada na seção II.2 deste estudo.

Com relação à alteração da qualidade da água, devido aos descartes de efluentes sanitários e resíduos alimentares, pode-se afirmar que as modificações físico-químicas provocadas no corpo receptor serão indistinguíveis do *background* da área em muito curto período de tempo devido à alta capacidade de diluição do corpo receptor e ao hidrodinamismo característico da região. Assim, não se justificam proposições de medidas de monitoramento ambiental para este impacto, considerando-se que estas seriam inócuas e ineficazes e que os efluentes a serem lançados obedecerão aos limites preconizados pela legislação, medida que minimiza o impacto do lançamento desses efluentes no mar. Entretanto, as alterações da água do mar devido ao descarte de água produzida, previsto apenas para os Pilotos de Produção e Desenvolvimento de Produção, serão monitorados em vistas a atender a legislação vigente nesta área.

Com relação à alteração da qualidade do sedimento, constata-se que a mesma ocorrerá de forma localizada em torno dos pontos de ancoragem dos FPSOs (com exceção do *Dynamic Producer*) e dos locais de instalação dos equipamentos submarinos. Devido às características faciológicas da região de influência dos TLDs, Pilotos e DP nas Áreas de Guará (BM-S-9), Tupi (BM-S-11), Iara (BM-S-11) e Júpiter (BM-S-24), em relação às características específicas deste impacto e às restrições operacionais e de segurança para a coleta de amostras no entorno destas estruturas, não foi considerada a execução de uma campanha de monitoramento para o compartimento sedimento. Adicionalmente, esta região já possui uma caracterização prévia abrangendo este compartimento (HABTEC, 2003), constituindo assim um “*background*” para a área.

A caracterização do óleo produzido é essencial para posteriores previsões do comportamento do óleo no meio ambiente em caso de um derramamento acidental. Assim, tal caracterização subsidiará estudos de modelagem previstos dentro do projeto de monitoramento em caso de derramamento acidental de óleo.

Sendo assim, em virtude da ausência de impactos significativos relacionados aos TLDs, Pilotos e DP que serão realizados na área do Pré-sal, o monitoramento ambiental proposto assumirá uma abordagem regionalizada, visando à compreensão das variáveis hidrodinâmicas e de produtividade deste ecossistema essencialmente oceânico. Para os Pilotos e DP, entretanto, devido ao impacto causado ao meio pelo descarte de água de produção, o projeto assumirá também uma abordagem local específica, através do monitoramento do corpo receptor no entorno das unidades de produção que descartam água.

Este projeto procurou ainda incorporar a experiência obtida pela PETROBRAS no monitoramento implantado em outras unidades e o atendimento às especificações técnicas que estão sendo utilizadas pela PETROBRAS no intuito de padronizar a aquisição de dados ambientais na Bacia de Santos além de introduzir o uso sistemático de imageamento por meio de sensores orbitais como método de monitoramento. Tais fatos permitirão a aderência do projeto ao conceito de monitoramento específico da atividade de produção, possibilitando assim a integração ao **Programa de Monitoramento Ambiental Integrado da Bacia de Santos - PROMABI-BS**, o qual está sendo estruturado pela Unidade de Operações de Exploração e Produção da Bacia de Santos (UO-BS).

II.7.1.C - Objetivos

II.7.1.C.1 - Objetivo Geral

O objetivo geral do PMA proposto é monitorar as variáveis meteo-oceanográficas, a produtividade primária e os parâmetros físico-químicos e biológicos da água na região de implantação dos TLDs, Pilotos e DP nas Áreas de Bem-Te-Vi (BM-S-8), Guará (BM-S-9), Parati (BM-S-10), Tupi e Iara (BM-S-11) e Júpiter (BM-S-24) do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, visando o aumento do conhecimento oceanográfico da região, além de permitir a avaliação de possíveis modificações causadas ao meio.

II.7.1.C.2 - Objetivos Específicos

- Monitorar os parâmetros físico-químicos e biológicos da água do mar durante a instalação e operação dos Pilotos e DP;
- Monitorar os parâmetros físico-químicos e toxicológicos da água de produção descartada;
- Monitorar sistematicamente as variáveis meteo-oceanográficas e a produtividade primária existente na região de influência dos TLDs, Pilotos e DP;
- Caracterizar os parâmetros físico-químicos e toxicológicos do óleo produzido, além de propor uma metodologia de monitoramento, em caso de derramamento acidental deste.

II.7.1.D - Metas

- Realizar duas campanhas de monitoramento oceânico para avaliação do compartimento água e biota planctônica associada, no período de instalação dos Pilotos e DP, uma prévia e outra posterior a instalação das unidades de produção;
- Realizar campanhas de monitoramento oceânico anuais para avaliação do compartimento água e biota planctônica associada, no período de operação dos Pilotos e DP;

- Realizar a caracterização físico-química e toxicológica da água de produção dos FPSOs responsáveis pelos Pilotos e DP, semestralmente;
- Realizar a caracterização físico-química e toxicológica do óleo produzido quando do início da operação das unidades;
- Realizar o monitoramento sistemático dos parâmetros meteo-oceanográficos atuantes na região a partir de sensores oceanográficos instalados a bordo das unidades, durante a fase de produção;
- Realizar o monitoramento sistemático por meio de sensores remotos (conforme definido na metodologia) durante a instalação e toda a execução das unidades de produção;
- Realizar avaliação sistemática dos resultados obtidos.

II.7.1.E - Indicadores Ambientais

As metas propostas acima serviram como base para a seleção dos indicadores ambientais do PMA. Além disso, o monitoramento destes indicadores visa ratificar os prognósticos ambientais efetuados. Os indicadores ambientais selecionados, e seus respectivos critérios de qualidade a serem aplicados, são:

- Qualidade da água do mar - variáveis físico-químicas e ecotoxicológica;
- Comunidades planctônicas (fito, zoo e ictioplâncton) - riqueza, densidade e diversidade;
- Características da água produzida - variáveis físico-químicas e ecotoxicológica;
- Aquisição sistemática de imagens de sensores remotos - Esperado/ Realizado;
- Aquisição de dados meteo-oceanográficos - Esperado/ Realizado;
- Relatórios de Resultados - Esperado/ Realizado.

II.7.1.F - Público-alvo

O PMA tem como público-alvo os órgãos de fiscalização e licenciamento ambiental, a comunidade científica e a sociedade em geral, além de todo o pessoal envolvido na equipe de planejamento e acompanhamento das atividades dos TLDs, Pilotos e DP, nas Áreas de Bem-Te-Vi (BM-S-8), Guará (BM-S-9), Parati (BM-S-10), Tupi e Iara (BM-S-11) e Júpiter (BM-S-24) no Polo Pré-Sal da Bacia de Santos.

II.7.1.G - Metodologia

Devido à abrangência deste PMA, o mesmo foi dividido em subprojetos, de modo a atender, de forma específica, cada grupo de indicadores ambientais a serem monitorados. Desta forma, para a fase de instalação e operação foram definidos seis subprojetos:

- I) Monitoramento do Corpo Receptor e Biota Planctônica Associada;
- II) Meteo-oceanografia Operacional;
- III) Monitoramento por Sensoriamento Remoto;
- IV) Monitoramento em Caso de Derramamento Acidental de Óleo.

Além dos subprojetos acima, que objetivam monitorar o ambiente possivelmente afetado, serão realizados subprojetos complementares, visando subsidiar as análises ambientais:

- I) Monitoramento do Descarte de Água Produzida;
- II) Caracterização Físico-Química e Ecotoxicológica do Condensado Produzido

II.7.1.1 - Subprojeto de Monitoramento do Corpo Receptor e Biota Planctônica Associada

II.7.1.1.1 - Monitoramento do Corpo Receptor

A **Figura II.7.1-1** representa esquematicamente a disposição da malha amostral de coleta de água no entorno da plataforma, bem como as distâncias em relação ao

ponto de descarte de água produzida. A malha amostral será orientada, em cada campanha, na direção da corrente preferencial, a ser medida no início da execução da mesma com equipamentos apropriados. Em todas as estações, serão coletadas amostras de água do mar para análise de parâmetros físico-químicos e de contaminantes. As nove estações previstas estarão dispostas da seguinte forma:

- Uma estação amostral a sota-corrente, localizada o mais próximo possível do ponto de descarte até o limite de 100 m de distância da plataforma;
- Uma estação amostral a sota-corrente, localizada a 250 m do ponto de descarte;
- Três estações amostrais a sota-corrente, localizadas a 500 m do ponto de descarte, formando ângulos de 15° entre si;
- Três estações amostrais a sota-corrente, localizada a 1.000 m do ponto de descarte, formando ângulos de 15° entre si;
- Uma estação amostral de referência a barlacorrente, localizada a 1.000 m de distância.

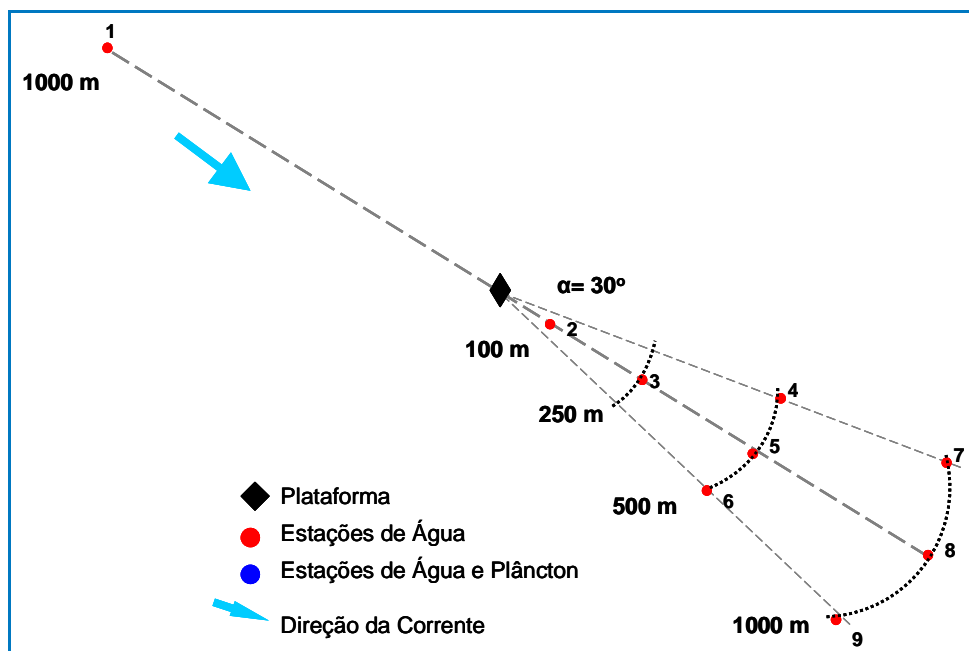


Figura II.7.1-1 - Malha amostral de coleta de água no entorno da plataforma e respectivas distâncias em relação ao ponto de descarte de água produzida.

A localização exata das estações oceanográficas para a coleta de água do mar será definida no momento da amostragem, bem como o padrão de nomenclatura e numeração das mesmas. O posicionamento final das estações em cada campanha considerará ainda: (i) a segurança da operação com relação à aproximação da embarcação de coleta, no caso das amostras mais próximas à unidade, cuja distância será estabelecida de acordo com as condições do mar e as rotinas operacionais que eventualmente estiverem sendo executadas, e (ii) o sentido preferencial da corrente na profundidade de descarte da unidade no momento da coleta, para definição da orientação da malha amostral.

Em todas as estações serão realizadas amostragens em três níveis de profundidade: superfície, termoclina e profundidade média entre a superfície e a termoclina. Vale ressaltar que todas as coletas de água serão realizadas durante períodos com descarte de água produzida.

As campanhas serão realizadas com periodicidade anual com intervalos de 12 meses, preferencialmente na mesma época e mês do ano, tomando como referência a data da realização da campanha prévia.

Para caracterização da água do mar, serão contemplados os seguintes indicadores da qualidade de água:

- Corrente;
- Transparência da água;
- pH;
- Oxigênio Dissolvido (OD);
- Carbono Orgânico Total (COT);
- Salinidade;
- Temperatura;
- Material Particulado em suspensão (MPS);
- Nutrientes (Nitrogênio amoniacal, Nitritos, Nitratos e Fósforo total);

- Sulfetos;
- Silicatos;
- Clorofila a;
- Hidrocarbonetos (n-alcanos, Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPA's - 16 prioritários), Mistura Complexa não Resolvida (MCNR), Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP) e Benzeno, Tolueno, Etil-Benzeno e Xileno (BTEX));
- Fenóis.

1) Procedimentos de Coleta

Primeiramente, será determinada a direção preferencial da corrente, por meio de um correntógrafo ou perfilador acústico de corrente (ADCP), com medição de um transecto de 300 m, orientado segundo a direção das linhas batimétricas do local. Tal medição subsidiará a determinação da orientação da malha, dando-se continuidade ao procedimento de coleta.

A determinação da transparência da água será realizada através do lançamento do Disco de Secchi nas estações de amostragem, observando-se a profundidade da perda da visibilidade do mesmo. É importante salientar que a medição de tal parâmetro depende da luz solar, ficando limitada sua realização às estações monitoradas durante o dia.

A salinidade e a temperatura da água do mar serão mensuradas a partir da medição de condutividade, temperatura e pressão, obtidas através de lançamentos de CTD.

As amostras de água do mar serão coletadas com garrafa de Niskin, excetuando-se as amostras destinadas às análises de hidrocarbonetos, sulfetos e fenóis, que serão coletadas com garrafa GO-FLO revestidas com teflon. Entre os diversos lançamentos, as garrafas serão lavadas com abundância de água ultra-pura.

As subamostragens com a garrafa de Niskin se darão conforme descrito na **Tabela II.7.1-1**.

Tabela II.7.1-1 - Procedimento de coleta para amostragem a partir das garrafas de Niskin.

Parâmetros		Metodologia de Subamostragem - Garrafas de Niskin
1.	OD	Coletados em frasco para determinação de DBO (65 mL), análise em até 8h
2.	pH	100 ml, análise imediata
3.	N amoniacal, nitrito, nitrato, P total e silicatos	1L armazenados em frasco de polipropileno, mantidos congelados
4.	MPS	Coleta de 4L de amostra em frascos de polipropileno. Amostra filtrada a bordo, em filtro de fibra de vidro e mantido refrigerado a 4 °C.
5.	COT	Coleta de 1L de amostra armazenado em frasco de vidro âmbar, adicionado ácido fosfórico e mantido refrigerado a 4 °C.
7.	Clorofila a	Coleta de 4L de amostra em frasco de polietileno abrigados de luz. Amostra filtrada a bordo, em filtros de celulose ou fibra de vidro e posteriormente congelado.

As subamostragens com a garrafa GO-FLO se darão conforme descrito na

Tabela II.7.1-2.**Tabela II.7.1-2 - Procedimento de coleta para amostragem a partir das garrafas de GO-Flo.**

Parâmetros		Metodologia de Subamostragem - Garrafas Go-Flo
1.	HPA, n-alcanos, HTP's e MCNR	Coleta de 1 L de amostra, armazenado em frascos de vidro de cor âmbar, com tampa de teflon. Amostras mantidas refrigeradas a 4 °C.
2.	BTEX	Coleta de 40 mL de amostra, acondicionados em frascos de vidro com tampa de teflon e adicionado de ácido clorídrico. Amostras mantidas refrigeradas a 4 °C.
3.	Fenóis	Coleta de 1 L de amostra, armazenado em frascos de vidro de cor âmbar, com tampa de teflon e adicionado de ácido sulfúrico. Amostras mantidas refrigeradas a 4 °C.
4.	Sulfetos	Coleta de 1 L de amostra, armazenados em frascos de vidro âmbar e adicionados de acetato de zinco. Amostras mantidas refrigeradas a 4 °C.

Ressalta-se que os volumes amostrais informados nas tabelas podem ser modificados, de acordo com as necessidades das análises laboratoriais e com as características ambientais. Os quantitativos aqui informados baseiam-se em estudos já realizados.

2) Procedimentos para Análise

Os parâmetros citados deverão ser determinados na água coletada, seguindo métodos padronizados, conforme **Tabela II.7.1-3**.

Os laboratórios contratados apresentarão os resultados do controle de qualidade de suas análises. Serão informados os limites de detecção, calibração dos procedimentos e equipamentos analíticos e brancos de processo. Materiais certificados de referência serão utilizados quando existentes no mercado.

As análises serão realizadas em triplicata para cada uma das amostras (três subamostras para cada amostra ambiental) e, quando disponíveis, padrões certificados serão utilizados para determinação dos limites de detecção e calibração dos procedimentos e equipamentos analíticos.

Tabela II.7.1-3 - Metodologias a serem seguidas para análise e limites de detecção dos diferentes parâmetros.

Parâmetros		Metodologia Analítica	Limite de Detecção
1.	Oxigênio Dissolvido*	Método de <i>Winkler</i>	0,06 ml/L
2.	pH*	Pontenciometria direta (Grasshoff <i>et al.</i> , 1983)	n.a.
3.	Nitrogênio amoniacal	Método azul de indofenol e análise por colorimetria (Parsons <i>et al.</i> , 1984)	0,0007 mg/L N
4.	Nitrito	Método da diazotação e análise por colorimetria (Grasshoff <i>et al.</i> , 1983)	0,0001 mg/L N
5.	Nitrato	Redução em coluna de Cd-Cu seguido de diazotação e análise por colorimetria (Grasshoff <i>et al.</i> , 1983)	0,0006 mg/L N
6.	Fósforo total	Digestão em meio ácido e determinação pelo método fosfomolibdico	0,001 mg/L P
7.	Silicato	Espectrofotometria de absorção molecular	0,006 mg/L
8.	Material particulado em suspensão - MPS	Filtração em membrana de fibra de vidro 0,45 µm / Método gravimétrico	0,05 mg/L
9.	Carbono orgânico total - COT	Descarbonatação, por combustão em alta temperatura em analisador elementar CHN, e quantificação em detector de infravermelho.	0,001 mg/L
10.	Clorofila a	Extração em acetona 90% e Fluorimetria - Parsons <i>et al.</i> (1984)	0,02 µg/L
11.	HPAs - 16 prioritários	Extração líquido-líquido e cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (CG-EM) - EPA 8270 D; EPA 3630; EPA 3510;	0,05 µg/L
12.	n-alcanos, MCNR e HTP's	Extração líquido-líquido, sílica gel clean up e cromatografia gasosa com detector de ionização em chama (CG-FID) - EPA 8015 D; EPA 3630; EPA 3510	0,1 µg/L
13.	BTEX	EPA 8260 B	0,1µg/L
14.	Fenóis	Extração líquido-líquido e cromatografia gasosa com detector seletivo de massas (CG-MS), com adaptações - US EPA 8270 D com adaptações (CG/MS)	0,05 µg/L
15.	Sulfetos	EPA 0376.2 (Colorimetria com azul de metileno)	0,002 mg/L

II.7.1.1.2 - Monitoramento do Compartimento Planctônico

Os organismos planctônicos podem ser facilmente afetados por alterações ambientais. Entretanto, não são bons indicadores de impacto, pois apresentam alta suscetibilidade em consequência das alterações, tanto naturais, como antrópicas, as quais são de difícil distinção. Estes organismos apresentam, também, elevada capacidade de resposta frente a estressores, e subsequente

retorno rápido às condições iniciais. As mudanças na estrutura populacional do plâncton ocorrem em curtos espaços de tempo, de algumas horas a alguns dias, e acompanhar as variações do plâncton no mesmo ritmo das suas alterações torna-se, na prática, inviável, sobretudo considerando a periodicidade prevista.

Além disso, nos estudos já realizados no país e no exterior, não foi possível verificar relação causal entre o descarte de efluentes (água produzida e água servida) de uma plataforma e alterações biológicas na comunidade planctônica.

Assim sendo, os estudos do plâncton marinho, com as técnicas convencionais de amostragem, no tempo e no espaço, não são bons indicados para avaliação de impacto das atividades no entorno de unidades de produção, sendo o plâncton pouco informativo para o monitoramento sítio-específico no entorno das unidades.

Ressalta-se, porém que o compartimento planctônico pode adquirir relevância para o monitoramento de caráter regional. Por isso, este Projeto de Monitoramento prevê a utilização de Sensoriamento Remoto Oceanográfico, para uma análise espacial e temporal adequada a este compartimento. Tal escopo será posteriormente descrito, dentro do subprojeto III.

Com base nesta abordagem, propõem-se a amostragem em duas estações, conforme apresentado na **Figura II.7.1-2**, a seguir. Estas estações têm como objetivo específico a caracterização das comunidades planctônicas (fito, ictio e zôo) presentes no entorno da unidade, quando da coleta das amostras do compartimento água, para fins de integração com as informações provenientes do sensoriamento remoto e demais informações oceanográficas, no âmbito da abordagem regional da Bacia de Santos. A malha proposta na **Figura II.7.1-2** será realizada simultaneamente à amostragem de água.

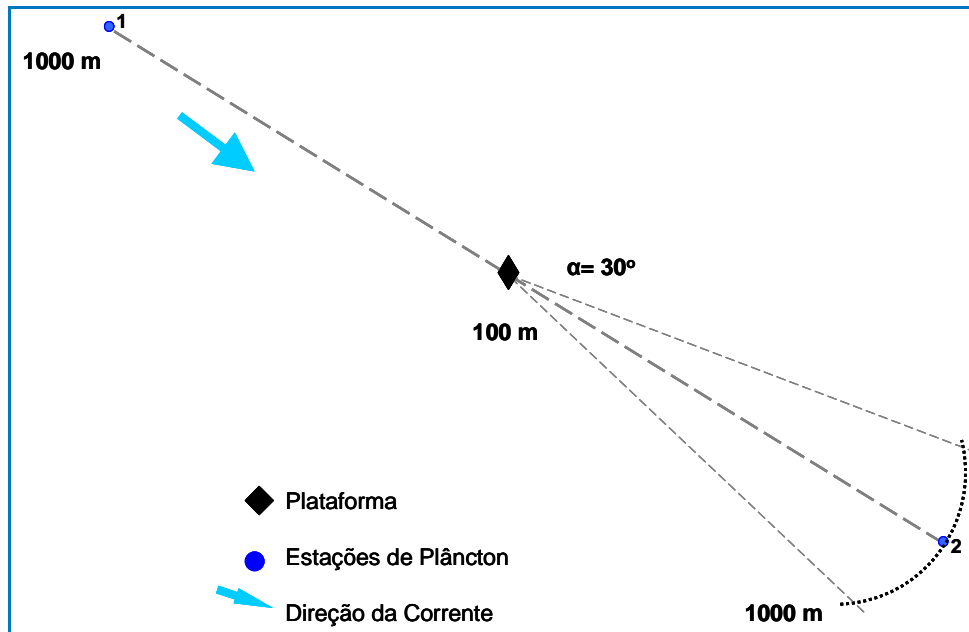


Figura II.7.1-2 - Localização das estações de coleta para análise da comunidade planctônica.

Fitoplâncton

Para as estimativas quantitativas de fitoplâncton, as amostras serão coletadas com a utilização de garrafas de Niskin, nas mesmas profundidades das coletas de água (superfície, termoclina e profundidade média entre a superfície e a termoclina). Logo após a coleta, as amostras serão armazenadas em frascos de polipropileno, fixadas com formol tamponado com Tetraborato de Sódio (bórax), a uma concentração final de 4%, armazenadas e posteriormente, transportadas para laboratório para triagem e identificação do material, até o menor nível taxonômico possível.

A partir dos dados coletados, serão obtidas informações sobre composição taxonômica, frequência de ocorrência, dominância, riqueza, diversidade, equitabilidade, e densidade. Análises uni e multivariadas serão aplicadas aos dados, visando a compreensão da variabilidade e da estrutura do compartimento planctônico.

Zooplâncton e Ictioplâncton

Serão realizados arrastos horizontais de superfície e arrastos oblíquos, com rede cilíndrico-cônica com malha de 200 μm , para o zooplâncton, e com rede tipo

Bongô, com malhas de 300 µm e 500 µm, para o ictioplâncton. Os arrastos horizontais deverão durar de 10 a 15 min, e os oblíquos deverão ser iniciados na termoclina, prolongando-se até a superfície. O volume de água filtrada será estimado a partir de fluxômetros acoplados em cada rede.

Após a coleta, as amostras deverão ser acondicionadas em frascos de polietileno, imediatamente fixadas, com formol tamponado com tetraborato de sódio, a concentração final de 4%.

Para a análise quantitativa e identificação dos táxons do zoo e ictioplâncton, as amostras serão triadas sob microscópio estereoscópico e/ou microscópio óptico, sendo os organismos identificados ao nível taxonômico mais acurado possível.

A partir dos dados coletados, serão obtidas informações sobre a biomassa, composição taxonômica, frequência de ocorrência, dominância, riqueza, diversidade, equitabilidade, densidade e distribuição horizontal e vertical.

Serão aplicadas análises uni e multivariadas aos dados, visando a compreensão da variabilidade e da estrutura do compartimento planctônico.

II.7.1.2 - Subprojeto de Meteo-oceanografia Operacional

Os parâmetros meteo-oceanográficos serão adquiridos a partir das unidades marítimas que serão instrumentadas com sensores oceanográficos e meteorológicos capazes de monitorar as principais variáveis meteo-oceanográficas necessárias à compreensão da dinâmica oceânica e atmosférica na região. Tal instrumentação se constituirá em uma Unidade de Coleta de Dados (UCD) e será integrada ao Sistema de Informações Meteo-oceanográficas da PETROBRAS (OCEANOP). Tal sistema é um serviço integrado de coleta, processamento, armazenamento e distribuição de informações meteo-oceanográficas em tempo real, atualizado com frequência horária e concebido para operar de forma ininterrupta. Durante o período de operação das unidades de produção, o serviço fornecerá os dados dos parâmetros de relevância ao monitoramento ambiental e suporte às práticas operacionais.

As variáveis a serem monitoradas e os respectivos equipamentos de medição estão listados na **Tabela II.7.1-4**.

Tabela II.7.1-4 - Variáveis meteorológicas e oceanográficas a serem monitorados e respectivos equipamentos de medição.

Variável Ambiental	Equipamento de Medição	Periodicidade
Salinidade	CTD	Durante campanhas oceanográficas
Temperatura	CTD	
Corrente (direção e velocidade)	ADCP	Contínuo, durante operação da plataforma
Altura, Direção e Período de ondas	Radar de Ondas	
Vento (direção e velocidade)	Anemômetro	
Pressão	Barômetro	
Temperatura	Termômetro	
Umidade Relativa	Psicrômetro	

O monitoramento das forças corrente, onda, vento e demais parâmetros atmosféricos escalares (pressão, temperatura, umidade relativa) será realizado continuamente, em tempo real de forma contínua, durante todo o período de operação das unidades de produção. Também serão monitoradas as variáveis temperatura e salinidade da água do mar, porém, como estas não podem ser monitoradas através da plataforma, por questões logísticas, as mesmas serão monitoradas apenas durante as campanhas oceanográficas, propostas para o período de instalação e operação das unidades de produção dos Projetos Pilotos de Produção de Guará e Tupi NE e Desenvolvimento da Produção de Iracema, descrita no Subprojeto I, através de perfilação em CTD (Conductivity, Temperature, Depth). Tais variáveis, assim como a corrente deverão ser medidas ao longo de toda a coluna d'água.

Os dados registrados deverão ser organizados em planilhas, de modo a se obter subsídios para avaliação global de cada força do modelo hidrodinâmico, medidas ao longo de todo o período de permanência das unidades de produção na locação dos poços.

II.7.1.3 - Subprojeto de Monitoramento Sistemático por Sensoriamento Remoto

O monitoramento ambiental por meio do sensoriamento remoto será feito a partir de imagens obtidas por sensores específicos instalados em diferentes plataformas orbitais. A **Tabela II.7.1-5** apresenta os sensores a serem utilizados

para cada variável a ser monitorada. É importante ressaltar eventuais mudanças nos sensores utilizados, em função de eventuais desativações ou inoperância das plataformas aqui citadas. A seguir, são detalhados os processos, análises e objetivos pretendidos para cada variável.

Tabela II.7.1-5 - Sensores utilizados e respectivas variáveis que serão analisadas, e fonte dos dados de corrente e elevação.

Variável Ambiental	Plataforma/Sensor
Temperatura da Superfície do Mar (TSM)	NOAA/AVHRR
Concentração Superficial de Clorofila - a	Aqua/MODIS
Campo de Vento Superficial	MetOp/ASCAT
Campo de Precipitação	GOES/VAS
Variável Ambiental	Fonte
Campo de Correntes Superficiais e Elevação Superficial	FNMOC/USGODAE

II.7.1.3.1 - Campo de Vento Superficial

O campo de vento superficial a ser monitorado e analisado será obtido através do radar escaterômetro ASCAT, a bordo do satélite europeu MetOp, com objetivo de obter dados de direção e velocidade do vento na superfície oceânica. Estes dados são obtidos através do escoamento do vento sobre o oceano, que cria ondas capilares na sua superfície, alterando as características do sinal refletido para o satélite. As medições da velocidade do vento não são afetadas pela presença de nuvens, porém são perturbadas por todos os fenômenos que destroem as ondas capilares, como chuva e ventos muito fracos ou muito intensos (superiores a 20 m/s). A configuração do ASCAT apresenta cobertura global diária e resolução do campo de vento em superfície de 50 km com grade de 25 km, acurácia nominal de 2 m/s RMS (a 10 m de altitude) e 0,5 m/s de bias na velocidade do vento.

Esse campo de vento superficial será diariamente avaliado com os dados de reanálise dos modelos de circulação geral NCEP/NCAR¹, para verificação e melhor entendimento dos padrões espaciais observados. Caso os dados recebidos apresentem falhas em sua distribuição espacial, serão aplicadas

¹ National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e National Center for Atmospheric Research (NCAR), disponibilizados pelo Climate Diagnostics Center (CDC) da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

técnicas de interpolação (e.g. mínima curvatura, krigagem, método de Shepard; MEIJERING, 2002; MAZZINI & SCHETTINI, 2009) a fim de obter um produto diário de melhor qualidade.

Os dados diários serão interpretados e será realizada uma descrição das condições sinóticas da atmosfera correlacionando-as com o padrão de circulação observado. Nesta descrição serão analisadas outras variáveis atmosféricas através do acompanhamento de modelos globais e regionais de previsão do tempo e dos dados de reanálise do NCEP. As posições das frentes meteorológicas sobre o oceano podem ser bem determinadas nos dados de vento ASCAT como regiões/linhas de convergência.

Os dados diários de vento também serão utilizados para a obtenção da velocidade de Bombeamento de Ekman.

Além do monitoramento e análise diária e semanal do vento, serão realizadas análises em escala mensal e sazonal. Serão elaborados mapas das médias mensais dos vetores do vento e da variância de suas componentes zonal e meridional.

Para o Polo Mexilhão, serão extraídas séries temporais que permitirão uma avaliação do comportamento local, como a direção preferencial, velocidade mínima e máxima, velocidade média e sua variância. Para caracterizar o campo de vento, serão elaborados gráficos de distribuição intensidade e direção (histogramas direcionais) para alguns pontos característicos da região. Estas estatísticas descritivas serão associadas à variação das condições atmosféricas, proporcionando uma caracterização detalhada dos meses analisados.

Em escala sazonal, a aplicação da análise espectral permitirá identificar as frequências dominantes existentes em cada componente do vento em superfície e estabelecer relações com os principais fenômenos atmosféricos que produzem variações no vento local.

Uma vez conhecida a relevância da passagem de sistemas frontais na região da Bacia de Santos (GARREAUD & WALLACE, 1998; SELUCHI & MARENGO, 2000), será realizado um estudo a fim de verificar o número de ocorrências, a intensidade e

a persistência desses sistemas. As correlações locais (WILKS, 1995) entre as séries das componentes do vento com as séries das variáveis provenientes dos demais produtos serão calculadas para verificar a existência da relação local entre a circulação atmosférica, as variáveis oceânicas e a precipitação.

As relações entre o vento de superfície e os demais produtos fornecidos serão amplamente exploradas através da aplicação de técnicas estatísticas adequadas para cada objetivo.

Análises multivariadas (WILKS, 1995) podem ser aplicadas aos campos das componentes do vento e de precipitação com o objetivo de identificar os principais modos de variabilidade conjunta entre essas variáveis atmosféricas. A relação entre o vento e a temperatura da superfície do mar (TSM) será explorada a fim de identificar a influência do vento na alteração desta, que é normalmente dada através de alterações da estrutura da camada de mistura oceânica, nos fluxos de calor sensível e latente, e no transporte horizontal de anomalias de TSM. Nesse caso é importante realizar as análises para diferentes condições de defasagem (lags), para definir o tempo de resposta do oceano.

O vento tem um papel essencial na definição das correntes oceânicas e na elevação da superfície do mar. Portanto, é essencial entender como se dá esta relação na região de interesse, por exemplo, como alterações no padrão do vento podem provocar flutuações na intensidade, direção e posicionamento da Corrente do Brasil (CB) e na formação e dissipação de vórtices.

As análises realizadas com base em escalas de tempo mensal e sazonal permitirão uma análise ao longo do ano dos padrões de circulação existentes e possíveis alterações em sua variabilidade.

II.7.1.3.2 - Campo de Precipitação

Os dados de precipitação obtidos a partir de sensoriamento remoto são estimados pela aplicação do método do Hidroestimador (adaptação da metodologia de estimativa desenvolvida por Vicente *et al.*, 1998; 2002), que utiliza uma relação exponencial empírica entre a precipitação e a temperatura de brilho

do topo das nuvens, extraídas do canal infravermelho do satélite GOES-10, para gerar taxas de precipitação em tempo real.

Os campos de precipitação acumulada para a região da Bacia de Santos serão recebidos diariamente e sua análise será incorporada à descrição das condições sinóticas avaliadas diariamente. Esta análise deve incluir a caracterização da origem da precipitação (frontal ou convectiva), de sua distribuição espacial e de sua magnitude. Assim como para os campos de vento, semanalmente estas análises serão integradas produzindo padrões médios semanais e evoluções temporais que serão avaliadas com os produtos semanais fornecidos.

A fim de complementar o monitoramento e análise diária e semanal da precipitação, serão realizadas análises em escala mensal e sazonal. Serão elaborados mapas com os valores de precipitação acumulada mensal e com os valores máximos diários observados. Diagramas espaço-temporais (diagramas de Hovmöller) serão elaborados ao longo de uma linha, na direção N-S, passando pela área de Mexilhão, para avaliar a evolução dos eventos precipitantes na região. Serão extraídas séries temporais mensais que permitirão uma avaliação do comportamento local e que, associadas às variações das condições atmosféricas, proporcionarão uma caracterização detalhada dos meses analisados.

Em escala sazonal, a aplicação da análise espectral permitirá identificar as frequências dominantes existentes na série de precipitação e estabelecer relações com os principais fenômenos atmosféricos que definem o regime de precipitação na região. As correlações locais entre a série de precipitação com as séries das variáveis provenientes dos demais produtos serão calculadas para verificar a existência da relação da precipitação com a circulação atmosférica local e as variáveis oceânicas adjacentes.

As relações funcionais entre a precipitação e a TSM serão exploradas através da aplicação de técnicas estatísticas. Em escalas mensais e sazonais pretende-se buscar um melhor entendimento de como eventos de precipitação podem interferir na TSM e qual é o tempo de resposta desta variável oceânica. A influência do campo de TSM na precipitação da região Polo Mexilhão será explorada através da

correlação da série de precipitação nessa região com a série temporal de todos os pontos de TSM, gerando um mapa de correlação entre essas variáveis.

Os padrões de variabilidade conjunta destas duas variáveis também poderão ser avaliados através de análises multivariadas, inclusive para diferentes defasagens temporais entre os campos. O objetivo desta análise é identificar os principais modos de variabilidade da precipitação na Bacia de Santos, e possíveis contribuições do oceano nos modos obtidos. As análises realizadas com base em escalas de tempo sazonal permitirão uma análise ao longo do ano dos padrões de precipitação existentes e possíveis alterações em sua variabilidade.

II.7.1.3.3 - Temperatura da Superfície do Mar

Os dados de TSM recebidos são provenientes do sensor AVHRR² da NOAA³. Esse sensor é um radiômetro multiespectral a bordo dos satélites da série TIROS-N, amplamente utilizado na geração de estimativas de TSM e determinação de cobertura de nuvens. O AVHRR apresenta seis canais espectrais, dos quais três abrangem a faixa do infravermelho termal (3,7-11,5 μm). Os outros sensores atuam na faixa do infravermelho próximo, entre 0,63 e 1,6 μm (KIDWELL, 1998).

As imagens de TSM serão recebidas diariamente e num primeiro momento serão feitas análises para reconhecimento da qualidade dos dados e interpretação da possibilidade de uso da imagem. No caso de ocorrência de regiões com cobertura de nuvens ou uma não continuidade dos dados, serão aplicados métodos de interpolação de forma a otimizar o campo espacial disponível para análise.

Após esses tratamentos, serão realizadas análises diárias para identificação de regiões de aquecimento e resfriamento na área observada. Além disso, será realizada uma caracterização qualitativa de feições oceanográficas de mesoescala tais como, vórtices, meandros e, quando possível, frentes oceânicas, plumas de ressurgências e anomalias frias presentes na área.

² *Advanced Very High Resolution Radiometer*

³ *National Oceanic and Atmospheric Administration*

Esse monitoramento diário e contínuo fornecido pelas análises propiciará uma descrição das condições de TSM observadas e permitirá um acompanhamento da evolução espaço-temporal das feições ao longo da semana. Estas análises diárias serão compiladas gerando padrões médios e animações que serão avaliadas junto aos produtos semanais de TSM.

De forma complementar ao monitoramento e análise diária e semanal da TSM, esta será analisada, ainda, em escala mensal e sazonal, com a elaboração de mapas com os valores de TSM média mensal e de sua variância.

Para a região de implantação do Polo Mexilhão, serão extraídas séries temporais e realizadas estatísticas descritivas (e.g. valores mínimos, máximos, média, desvio-padrão), incluindo cálculos de tendências. Serão aplicadas técnicas de análises de séries temporais que permitem a identificação das frequências dominantes em escalas mensais e sazonais. As correlações locais entre as séries de TSM com as séries das variáveis provenientes dos demais produtos serão calculadas para verificar a existência da relação local da variação da TSM com as variáveis atmosféricas e o campo de corrente de superfície.

Para região de interesse (Polo Mexilhão) serão elaborados diagramas espaço-temporais (diagramas de Hovmöller) da TSM. Esses diagramas são comumente utilizados para acompanhamento de evoluções temporais e espaciais de dados meteorológicos, também aplicáveis para variáveis oceânicas, assim como para o estudo de propagação de ondas.

Para estabelecer relações funcionais entre os dados de TSM com os produtos provenientes dos demais sensores, serão realizadas comparações e aplicados métodos estatísticos. Análises entre TSM e clorofila-a permitirão uma melhor interpretação dos fatores de influência da dinâmica biológica na região. Os dados de altimetria, de correntes e de ventos superficiais correlacionados com os campos de TSM, possibilitam uma melhor compreensão dos fatores que regem a circulação oceânica regional. Análises da variabilidade conjunta entre o campo de TSM e o campo de corrente serão realizadas a fim de identificar a influência da circulação oceânica na alteração da TSM, que pode ser dada pelo transporte de anomalias, por regiões de convergência/divergência (provocando resfriamento/aquecimento local), entre outros.

II.7.1.3.4 - Campos de Correntes Superficiais e Elevação

Esta variável será obtida através da determinação dos campos de correntes superficiais e dados de elevação superficial disponibilizados pelo FNMOC/USGODAE. Estes dados serão baixados diariamente e serão realizadas análises que proporcionarão uma descrição das feições observadas nesses campos. Através de interpretação qualitativa serão identificados e caracterizados meandros, vórtices e feições características decorrentes da dinâmica de mesoescala associados à Corrente do Brasil. Para melhor entendimento dos fatores que regem a circulação regional, os dados de correntes e elevação serão analisados em conjunto com as demais variáveis abordadas, gerando uma caracterização diária das relações observadas.

Em complemento ao monitoramento e análise diária e semanal dos campos de corrente e da elevação, serão realizadas análises em escala mensal e sazonal, através da elaboração de mapas de anomalia destas variáveis, e suas respectivas estatísticas.

Para a região de implantação do Polo Mexilhão, serão analisadas as séries de dados, buscando identificar as escalas temporais típicas, estatísticas descritivas e cálculos de tendências de evolução. Serão aplicadas técnicas de análises de séries temporais que permitem a identificação das frequências dominantes em escalas mensais e sazonais, quando possível.

De posse das séries de dados de corrente e elevação serão elaborados diagramas espaço-temporais (diagramas de Hovmöller) que possibilitem analisar a evolução das feições observadas na região do Polo Mexilhão. Esses resultados serão apresentados na forma gráfica para melhor visualização da evolução temporal e melhor interpretação dos resultados. Análises espectrais identificarão as frequências dominantes dentro de escalas mensais e sazonais, quando possível.

II.7.1.3.5 - Concentração de Clorofila-a na Superfície do Mar

Os dados de Concentração de Clorofila na Superfície do Mar (CSM) são provenientes do sensor MODIS⁴ instalado a bordo do satélite norte-americano

⁴ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

Aqua, lançado em maio de 2002. Este sensor possui alta resolução radiométrica (12 bits) em 36 bandas espectrais compreendidas no intervalo de 0,4 a 14,4 μm . Duas bandas possuem resolução espacial de 250 m, outras cinco na resolução de 500 m e as demais 29 bandas com 1,1 km. Desses 36 canais espectrais, nove bandas, no visível e infravermelho próximo (entre 412 nm e 869 nm), apresentam alta sensibilidade radiométrica para estudos da cor do oceano (BARNES et al., 2003). Uma revisão sobre este e seus principais produtos com aplicação em oceanografia foi apresentada por KAMPEL & LORENZZETTI (2007).

A maioria dos algoritmos desenvolvidos para determinar a concentração de pigmentos a partir da radiância ascendente ressurcida da coluna d'água (L_w) relaciona a concentração de pigmentos com a razão entre L_w em dois comprimentos de onda λ (KAMPEL & NOVO, 2009 entre outros). Da irradiância que chega aos corpos d'água, 90% retorna à atmosfera e é proveniente da primeira profundidade óptica, i.e. da profundidade até onde a irradiância é reduzida a 37% do seu valor na superfície (GORDON & MCCLUNEY, 1985). Por isso, a determinação da concentração de pigmentos através do sensoriamento remoto orbital é restrita a esta camada, que pode chegar até dezenas de metros.

Os dados brutos do sensor MODIS são calibrados radiometricamente para gerar valores de radiâncias normalizadas referentes à superfície marinha. Cada imagem passa por algoritmos de correção atmosférica (GORDON & WANG, 1994) antes do cálculo da CSM. A CSM é obtida pela aplicação do algoritmo padrão da NASA OC3M (O'REILLEY *et al.*, 2000) que relaciona razões de bandas com a CSM através de uma função polinomial de quarto grau, a partir da maior razão (R_{max}) entre os valores de $RRS(443)/RRS(550)$ e $RRS(490)/RRS(550)$, seguindo a equação:

$$CSM = 10,0^{(0,283 - 2,753R_{3M} + 1,457R_{3M}^2 - 0,659R_{3M}^3 - 1,403R_{3M}^4)}$$

Onde:

$$R_{3M} = \log_{10}(R_{max});$$

R_{RS} = reflectâncias de sensoriamento remoto em cada banda espectral.

As imagens de CSM serão recebidas diariamente, ainda que a maior limitação para seu aproveitamento seja a cobertura de nuvens. Desta forma, procura-se gerar composições temporais como médias semanais, médias móveis

ou mensais, por exemplo, de modo a se preencher o campo superficial de concentrações do pigmento clorofila.

A análise da série temporal de imagens, geradas a cada mês, permitirá uma interpretação das principais feições oceanográficas presentes na área de interesse, tais como, a localização da CB, sua frente interna (ou borda oeste), meandramentos, vórtices, núcleos e plumas de ressurgências, entre outros. Pretende-se gerar uma caracterização estatística das principais feições oceanográficas possíveis de serem monitoradas através das imagens da cor do oceano. Este monitoramento contínuo propiciará uma descrição dos campos de CSM, e permitirá o acompanhamento da evolução espaço-temporal das feições ao longo de cada mês.

De forma complementar, serão realizadas análises em escala sazonal a partir da extração de série temporal de valores de CSM sobre a área do Polo Mexilhão. Desta forma, podem-se calcular os parâmetros estatísticos descritivos, tais como mínimos, máximos, médias e desvios padrões, incluindo cálculos de tendências. Serão aplicadas técnicas de análise de séries temporais que permitem a identificação das frequências dominantes em diferentes escalas temporais. As correlações entre as séries de CSM com as séries das variáveis provenientes dos demais produtos serão calculadas para verificar a existência da relação local da variação da CSM com as outras variáveis atmosféricas e oceanográficas.

Na etapa inicial, sugere-se calcular as médias mensais históricas da série temporal de CSM do MODIS existente para a área do Polo Mexilhão. A partir desta “climatologia”, limitada pelo período de disponibilidade de imagens entre 2002-2009, será possível calcular as anomalias de valores mensais de CSM a cada mês de monitoramento.

Para a região de interesse (Polo Mexilhão) serão elaborados diagramas zonais-temporais (diagramas de Hovmöller) da CSM.

Para estabelecer relações funcionais entre os dados de CSM com os produtos provenientes dos demais sensores, serão realizadas comparações e aplicados métodos estatísticos. Análises entre TSM, Campo de Vento, Circulação Oceânica e CSM permitirão uma melhor interpretação dos fatores que influenciam a dinâmica biológica na região.

II.7.1.4 - Subprojeto de Monitoramento em Caso de Derramamento Acidental de Óleo

Caso ocorra um derramamento acidental de óleo no mar, serão avaliados os seguintes parâmetros:

- Correntes predominantes da área;
- Previsões para deslocamento da mancha, utilizando modelagem com as informações obtidas na caracterização físico-química do óleo produzido, além do acompanhamento do deslocamento real;
- Área influenciada pela toxicidade do produto, obtida através de modelagem com as informações obtidas nos testes de toxicidade.

No caso de um derramamento acidental de óleo a estratégia de monitoramento a ser adotada deve abranger o ponto inicial do derrame e a trajetória de movimentação da pluma de dispersão da mancha de óleo. Para isto serão utilizados como principais indicadores ambientais: a quantificação de HPAs totais, de TPHs e da ecotoxicidade das amostras de água do ambiente atingido.

II.7.1.5 - Subprojeto de Monitoramento do Descarte de Água Produzida

A água produzida apresenta componentes oriundos da água de formação (aquífero do reservatório), da água de injeção (água do mar natural), dos químicos utilizados nas operações de produção, além do próprio condensado produzido.

Os produtos químicos utilizados durante a produção e presentes na água produzida são rapidamente diluídos quando descartados ao mar, principalmente considerando as condições oceanográficas da Bacia de Santos, conforme evidenciado pela modelagem de dispersão da água produzida. No Mar do Norte, onde o dinamismo é bastante acentuado, alguns autores consideram a toxicidade um fator pouco representativo (PALM & ROSTOCK, 1996).

Ressalta-se que, antes de ser descartada, a água será tratada, de forma a garantir o enquadramento legal do efluente.

As análises de água produzida são realizadas, conforme metodologia relatada a seguir, para atendimento a Resolução CONAMA nº 393/07. Portanto, o presente projeto fará uso dos resultados a serem gerados para a água produzida para os mesmos períodos em que ocorrerem campanhas oceanográficas. Os resultados serão reportados para aplicação na análise integrada e avaliação ambiental do Subprojeto I, a fim de entender os processos de dispersão sofridos pela água descartada e como esta influencia o corpo receptor e biota associada no entorno da região de descarte.

II.7.1.5.1 - Análises na água produzida

As análises da Água Produzida abrangerão todos os parâmetros previstos na Resolução CONAMA nº 393/07. As metodologias a serem aplicadas nas análises da água produzida encontram-se na **Tabela II.7.1-6**.

Tabela II.7.1-6 - Parâmetros e metodologias para análises de água produzida.

Parâmetros		Metodologia de Análise	Periodicidade de análise
Teor de óleos e graxas		Gravimetria	Diária
Compostos inorgânicos	As	ICP-MS- Espectrometria de Massa com plasma indutivamente acoplado e geração de hidretos	
	Ba, V, Zn	ICP-OES - Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado	
	Cr, Cu, Fe, Hg, Mn	ICP-OES - Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado	
	Cd, Ni, Pb	ICP-MS- Espectrometria de Massa com plasma indutivamente acoplado	
Radioisótopos	Rádio-226 e Rádio-228	Gravimetria - Contagem alfa e beta	
Compostos Orgânicos	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPA	Extração líquido-líquido; cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas	Semestral
	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX)	Purge and Trap; Cromatografia gasosa com detector de fotoionização (PID)	
	Fenóis	Extração líquido-líquido; cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (CG-EM)	
	Avaliação de Hidrocarbonetos totais de petróleo - HTP	Extração líquido-líquido; cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-FID)	
Complementares	Carbono Orgânico Total - COT	Combustão à alta temperatura com autoanalisador de carbono	
	pH	Potenciometria	
	Salinidade	Potenciometria	
	Temperatura	Termometria	
	N Amoniacal Total	Espectrofotometria de absorção molecular	

II.7.1.5.2 - Testes de Toxicidade

Também serão realizados testes de toxicidade que têm como objetivo detectar e avaliar a capacidade inerente de substâncias ou agentes tóxicos em produzir efeitos deletérios em organismos vivos (CETESB, 1990b). Estes testes aplicam-se ao controle da poluição das águas, consistindo na exposição de organismos aquáticos a diversas concentrações de substâncias ou compostos, durante um determinado período de tempo, avaliando-se, então, a resposta dos organismos a estes.

A fim de avaliar o teor tóxico do efluente a ser descartado e seu efeito no ambiente, serão realizados ensaios de toxicidade crônica (estágio embrionário de *Lytechinus variegatus*) com amostras da água produzida. As amostras serão coletadas em galões (5 L) diretamente do sistema de tratamento da unidade de produção, sendo mantidas refrigeradas a uma temperatura aproximada de 4 °C até a chegada no laboratório, onde os testes serão realizados segundo Norma Técnica ABNT NBR 15350:2006.

As análises e testes de toxicidade na água produzida serão realizados semestralmente, conforme exigido pela Resolução CONAMA nº 393/07.

II.7.1.6 - Subprojeto de Caracterização Toxicológica do óleo

A caracterização do óleo será feita uma única vez durante todo o tempo de realização do empreendimento. Os testes e análises a serem efetuados e as respectivas metodologias analíticas encontram-se na **Tabela II.7.1-7**.

Tabela II.7.1-7 - Parâmetros e métodos analíticos a serem empregados na caracterização físico-química e toxicológica do óleo.

Parâmetros	Metodologia de Análise
Oxigênio (% m/m)	PE-3CE-00081-0 - Determinação de Oxigênio Total em Amostras Líquidas Empregando o Analisador Elementar Fisons 1108
Nitrogênio (% m/m)	ASTM D 5762 ou ASTM D 4629, com injeção por bote, combustão e detecção por quimioluminescência.
Enxofre (% m/m)	ASTM D 1552. Alternativamente, ASTM D 2622 (Enxofre em Petróleo por Fluorescência de Raios-X)
Carbono e Hidrogênio (% m/m)	PE-3CE-00095-A - Operação Básica do Analisador Elementar de Nitrogênio, Carbono, Hidrogênio e Enxofre THERMO FINNIGAN 1113
Ponto de Fluidez (°C)	ASTM D 5853 (aparelho ISL CPP 5Gs)
Viscosidade (mm ² /s) a 20°C	PE-3CC-00797-E - Determinação da Viscosidade Dinâmica Usando o Viscosímetro Brookfield
Densidade (° API)	Calculado automaticamente pelo densímetro digital utilizado para determinar a densidade do petróleo (método ASTM D 5002)
Densidade relativa a 20/4°C (g/cm ³)	ASTM D 5002 (Densímetro digital)
Água e sedimentos (% v/v) ou Água por Karl Fischer Coulorimétrico (%v/v)	Método de ensaio API MPMS 10-4 (centrifugação) ou ASTM D 4928
Hidrocarbonetos - saturados, aromáticos, resinas e asfaltenos (% m/m)	Determinar por SARA
n-alcanos	PE-3CE-00769-0 - Fluxo de Amostras de Petróleo para Característica de Parafinas na Gerência de Química
BTEX	Cromatografia Gasosa
HPA	EPA 8270 C
Metais Ni, V, Ba, Fe, Ca, Cu, Pb, Zn, Mn, P, Si, Cd, Cr (mg/Kg) e Hg (µg/kg)	Métodos ASTM D 5708; ASTM D 5863; ASTM D 5184; PE-3CE-00271-0 - Determinação de Metais e Silício, em Petróleo e Derivados, por ICP-AES. Hg - aparelho NIC SP-3D
Poder calorífico superior (MJ/kg)	ASTM D 4809
Tensão interfacial óleo/água salgada - valor (mN/m) e temperatura (°C)	PE-3CC-00713-E - Medida da Tensão Superficial e Interfacial de Fluidos
Destilação simulada (°C) a cada 5% m/m e recuperado (% m/m)	ASTM D 2887
Toxicidade aguda	Norma Técnica ABNT NBR 15308:2005
Toxicidade crônica	Norma Técnica ABNT NBR 15350:2006

II.7.1.H - Interrelação com Outros Planos e Projetos

O PMA funciona de forma integrada com outros projetos relacionados aos TLDs, Pilotos e DP na Área do Pré-Sal, principalmente o Projeto de Controle de Poluição, visto que este poderá fornecer informações a respeito de possíveis não conformidades encontradas no gerenciamento do lançamento de efluentes durante o desenvolvimento dos empreendimentos.

II.7.1.I - Atendimento a Requisitos Legais ou Outros Requisitos

O PMA será realizado em conformidade com a legislação ambiental brasileira, de acordo com o que indicam os diplomas legais indicados a seguir.

- Carta Constitucional, de 05/10/1988 - §3º, art. 225 responsabilização dos infratores em reparar os danos causados;
- Declaração do Rio (Princípio 15) - Princípio da prevenção;
- Decreto nº 1.530/95 - Convenção dos Direitos do Mar;
- Decreto nº 2.508/98 - Promulga a Convenção Internacional para a prevenção da poluição causada por navios (MARPOL);
- Lei nº 3.179/99 - Especifica penalidades para danos ambientais;
- Lei nº 6.938/87 - Política Nacional do Meio Ambiente, bases para proteção ambiental;
- Resolução CONAMA nº 09/93 - disposição de óleos usados ou contaminados;
- Resolução CONAMA nº 237/97 - Licenciamento Ambiental;
- Resolução CONAMA nº 293/01 - Plano de Emergência Individual;
- Resolução CONAMA nº 357/05 - Classificação dos corpos d'água e padrões de lançamento de efluentes líquidos;
- Resolução CONAMA nº 393/07 - Descarte de água de processo ou de produção;
- Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA Nº 025/09 - Termo de referência para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e Respectivo Relatório de Impacto Ambiental - EIA/RIMA para a Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos.

II.7.1.J - Recursos Necessários

Os recursos necessários para implantação do PMA proposto abrange os instrumentos a serem instalados nos FPSO para aquisição dos dados meteo-

oceanográficos e a própria aquisição das imagens de satélite para o monitoramento por sensoriamento remoto.

- ADCP;
- CTD;
- Radar de Ondas;
- Anemômetro;
- Barômetro/ Termômetro/ Psicrômetro;
- Aquisição sistemática das imagens de satélite;
- Embarcação - Navio Oceanográfico;
- Laboratório para análises química e físico-química;
- Laboratório para análises ecotoxicológicas;
- Laboratório de modelagem numérica;
- Equipe de Técnicos Especialistas do CENPES, UO-BS, Universidades e empresas prestadoras de serviços na área ambiental (oceanógrafos, químicos, biólogos, etc.).

II.7.1.K - Cronograma Físico

Este projeto deverá ser iniciado tão logo os FPSOs sejam comissionados nas respectivas locações e sua implantação terá o tempo de duração dos TLDs.

O cronograma global de implantação do PMA é apresentado a seguir, na **Tabela II.7.1-8**.

Tabela II.7.1-8 - Cronograma global de implantação do Projeto de Monitoramento Ambiental.

ATIVIDADES	MESES																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Subprojeto I																																	
Fase de Instalação																																	
Campanhas de coleta	Campanha prévia a instalação												Campanha pós-instalação																				
Análises laboratoriais	■	■											■	■																			
Relatório de Bordo			■												■																		
Relatório de Resultados									■												■												
Relatório de Avaliação																											■						
Fase de Operação																																	
Campanhas de coleta											■												■										
Análises laboratoriais										■	■											■	■										
Relatório de Bordo											■													■									
Relatório de Resultados																			■												■		
Relatório de Avaliação																									■								
Subprojeto II																																	
Aquisição de dados em campanhas oceanográficas (operação)																																	
Aquisição de dados da Plataforma	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Relatório de Resultados					■						■							■						■							■		

Tabela II.7.1-8 - Cronograma global de implantação do Projeto de Monitoramento Ambiental.

ATIVIDADES	MESES																																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
Subprojeto III																																		
Aquisição de Imagens	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Análises	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Relatório de Análises					█						█						█							█								█		
Subprojeto IV																																		
Avaliação das correntes	Iniciado quando da notificação do derramamento de óleo, e previsto para durar enquanto seja necessário para devida contenção da mancha e monitoramento dos impactos causados.																																	
Modelagem para deslocamento da mancha																																		
Modelagem para influência da toxicidade																																		
Subprojeto V																																		
Campanha de coleta (diária)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Análises laboratoriais			█								█						█						█								█			
Análise de TOG (análise diária)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Testes de Toxicidade			█								█						█						█									█		
Relatórios				█							█						█						█								█			
Subprojeto VI																																		
Coleta	█																																	
Análises laboratoriais	█																																	
Testes de Toxicidade	█																																	
Relatório de Resultados					█																													

II.7.1.L - Acompanhamento e Avaliação

Ao longo de todo o desenvolvimento do PMA, haverá o acompanhamento do empreendedor responsável por sua implementação, e pelo órgão ambiental licenciador desta atividade (CGPEG/IBAMA).

O PMA será avaliado através de relatórios técnicos enviados semestralmente ao órgão ambiental competente. Estes relatórios poderão subsidiar adequações no Projeto ao longo de sua realização, além de avaliar o desempenho do Projeto através do cruzamento dos seus resultados com os objetivos e metas previamente estabelecidos. Haverá ainda a elaboração de um relatório final de avaliação consolidando os resultados obtidos ao longo dos diversos anos de monitoramento ambiental, permitindo assim uma análise integrada associada ao empreendimento.

Assim, de acordo com os subprojetos previstos no presente documento, os relatórios semestrais deverão ser compostos de:

- **Relatório de Monitoramento do Corpo Receptor e Biota Planctônica Associada:** Serão apresentados os relatórios técnicos de bordo, como evidência da realização das campanhas oceanográficas para a coleta de material. Também será apresentado o relatório de resultados, contemplando os resultados obtidos nas análises laboratoriais, com os respectivos laudos, para cada campanha realizada, e um Relatório de Análise, também por campanha, porém, avaliando e integrando os resultados obtidos durante todas as campanhas já realizadas;
- **Relatório de Meteo-oceanografia Operacional:** Serão apresentados os dados obtidos durante o semestre para as diferentes variáveis ambientais monitoradas durante o semestre. É importante ressaltar que, apesar do monitoramento contínuo das mesmas, os dados serão apresentados em horário sinótico;

- **Relatório de Monitoramento por Sensoriamento Remoto:** Será encaminhado relatório com o resultado das análises das imagens obtidas, referentes ao semestre. Ao final do projeto, será entregue um relatório final, com a análise das variáveis para todo o período;
- **Relatório de Monitoramento de Derramamento Acidental de Óleo Produzido:** Caso haja derramamento acidental, será encaminhado todo o estudo feito, com as metodologias e resultados das modelagens elaboradas;
- **Relatórios de Monitoramento da Água Produzida:** Entregue a parte do Relatório de Monitoramento Ambiental, juntamente com o Relatório Anual de Atendimento a Resolução CONAMA nº 393/07. É encaminhado, conforme determina a referida resolução, anualmente até o dia 31 de março e contempla os resultados das análises físico-químicas e ecotoxicológicas semestrais (dois semestres), além dos resultados obtidos diariamente ao longo de todo o ano nas análises de TOG. Os resultados obtidos em tais análises serão utilizados no âmbito do monitoramento ambiental, a fim de subsidiar a interpretação dos valores e padrões encontrados no meio ambiente;
- **Relatório de Caracterização do Óleo Produzido:** Serão encaminhados os laudos das análises físico-químicas e ecotoxicológicas realizadas para a caracterização do óleo. Vale ressaltar que tais análises só ocorrerão uma vez, quando do início da operação do empreendimento, sendo tais resultados apresentados apenas no primeiro relatório semestral.

II.7.1.M - Responsável pela Implementação do Projeto

O planejamento, programação e implementação deste Projeto são de inteira responsabilidade da PETROBRAS, através de:

Unidade da PETROBRAS	UO-BS
Nome	Fernando Gonçalves de Almeida
Profissão-Registro Profissional	Oceanógrafo
Registro Profissional	*
Cadastro Técnico Federal	1543809 (seção II.14)

II.7.1.N - Responsáveis Técnicos pelo Projeto

Unidade da PETROBRAS	UO-BS
Nome	Fernando Gonçalves de Almeida
Profissão	Oceanógrafo
Registro Profissional	*
Cadastro Técnico Federal	1543809 (seção II.14)

Unidade da PETROBRAS	UO-BS
Nome	Vitória Chaves
Profissão	Oceanógrafa
Registro Profissional	*
Cadastro Técnico Federal	4953341 (seção II.14)

Nota: * Especialistas cuja profissão não possui Conselho de Classe.