



UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR
Superintendência de Pesquisa e Pós-Graduação
Mestrado Profissional em Planejamento Ambiental

PAULO ROBERTO DE OLIVEIRA CERQUEIRA

**PROTEÇÃO E LIMPEZA DE AMBIENTES COSTEIROS DA ILHA DE
BOIPEBA CONTAMINADOS POR PETRÓLEO: O USO
ALTERNATIVO DA FIBRA DE COCO COMO BARREIRAS E
SORVENTES NATURAIS**

**Salvador
2010**

PAULO ROBERTO DE OLIVEIRA CERQUEIRA

**PROTEÇÃO E LIMPEZA DE AMBIENTES COSTEIROS DA ILHA DE
BOIPEBA CONTAMINADOS POR PETRÓLEO: O USO
ALTERNATIVO DA FIBRA DE COCO COMO BARREIRAS E
SORVENTES NATURAIS**

Dissertação apresentada ao Mestrado em
Planejamento Ambiental da Universidade Católica
do Salvador, como requisito parcial para obtenção
do Grau de Mestre.

Orientadora:
Professora Doutora Iracema Reimão Silva

**Salvador
2010**

UCSAL. Sistema de Bibliotecas

C416 Cerqueira, Paulo Roberto de Oliveira.
Proteção e limpeza de ambientes costeiros da Ilha de Boipeba contaminados por petróleo: o uso alternativo da fibra de coco como barreiras e sorventes naturais/ Paulo Roberto de Oliveira Cerqueira. – Salvador, 2010.
177 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Católica do Salvador.
Superintendência de Pesquisa e Pós-Graduação. Mestrado Profissional em Planejamento Ambiental.
Orientação: Profa. Dra. Iracema Reimão Silva.

1. Meio Ambiente 2. Contaminação - Petróleo 3. Vazamento de óleo 4. Proteção e limpeza - Ambiente costeiro – Ilha de Boipeba – Bahia I. Título.

CDU 504.064(813.8)



Universidade Católica do Salvador

Superintendência de Pesquisa e Pós-Graduação

Mestrado Profissional em Planejamento Ambiental

Homologado pelo CNE (Portaria Nº 73, 17/01/2007)

TERMO DE APROVAÇÃO

Paulo Roberto de Oliveira Cerqueira

**LIMPEZA DE AMBIENTES COSTEIROS DA ILHA BOIPEBA CONTAMINADOS POR
PETRÓLEO: USO ALTERNATIVO DA FIBRA DE COCO COMO BARREIRAS E
SORVENTES NATURAIS.**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Planejamento Ambiental.

Salvador, 17 de agosto de 2010.

Banca Examinadora:

Prof(a). Dr(a).

Orientador (a) Iracema Reimão Silva

Doutor em Geologia

Universidade Federal da Bahia – UFBA

Universidade Católica do Salvador – UCSal (Colaboradora)

Prof(a). Dr(a).

Juan Carlos Rossi Alva

Doutor em Bioquímica

Universidade Católica do Salvador - UCSal

Prof(a). Dr(a).

Doneivan Fernandes Ferreira

Doutor em Geociências

Universidade Federal da Bahia - UFBA

*À memória de meu pai, o meu maior
incentivador para as conquistas mais
difíceis, pelos ensinamentos da vida e
exemplos de sensatez, honra e caráter.*

Agradecimentos

À minha mãe, pela criação e orientação, com a sua visão “raio x” na arte da distinção entre as pessoas;

A meu irmão, pela boa companhia nesses mais de meio século de vida;

À minha esposa, pela tolerância e paciência com o meu stress após as constantes poucas horas de sono e muitas de estudo;

Às minhas filhas e filho, por entenderem que a minha falta de convivência com eles tinha uma causa justa; em especial à primogênita, que me ajudou com as vírgulas do texto;

Ao Geofísico Petrônio Bomfim Bacellar, amigo de infância, pelas sugestões e críticas que “fecharam” este trabalho;

À colega ambientalista Jussara Magalhães, pelo estímulo e colaboração contínua e inestimável nas pesquisas;

Aos meus gerentes, pela concessão da oportunidade desse desenvolvimento pessoal;

Aos especialistas de meio ambiente da Petrobras, pelas informações e sugestões ao longo das pesquisas, em especial o Engº Isaac Wegner, o mais consultado;

À minha Orientadora, pela atenção e compreensão quando de meus atrasos (justificados!) nos compromissos assumidos;

Aos ouvidos dos amigos, pelos meus constantes e infundáveis discursos na defesa do tema desse trabalho;

Por fim, e em especial, a todos que, involuntariamente, deixei de mencionar.

*“E Deus os abençoou, e lhes disse: ...enchei a terra e submetei-a. Dominai sobre os peixes do mar, sobre as aves dos céus e sobre todos os animais que se arrastam sobre a terra..”
(Gênesis 1:28)*

.../...

*“Exterminarei da superfície da terra o homem que criei, e com ele os animais, os répteis e as aves dos céus, porque eu me arrependo de os haver criado.”
(Gênesis 6:7).*

*“E assim como se recolhe o joio para jogá-lo no fogo, assim será no fim do mundo.”
(Matheus 13:40).*

RESUMO

Há muitos séculos o homem utiliza o petróleo para suprir algumas necessidades, principalmente a de geração de energia. Desde antigas aplicações in natura até os mais complexos fracionamentos atuais, os perigos envolvidos no seu manuseio e uso aumentaram consideravelmente, exigindo cada vez mais cuidados com os riscos de acidentes com vazamento desses produtos, que geralmente implicam em sérios danos ambientais. Recente acidente no Golfo do México, naufrágio da plataforma Deepwater Horizon, no dia 22 de abril de 2010, revelou que, por mais que se tenha investido em prevenção e prontidão para resposta, ainda há riscos de grandes danos ambientais, com impactos catastróficos e irreversíveis. Este trabalho tem como objetivo principal descrever as técnicas, equipamentos e materiais utilizados mundialmente para atendimentos a derramamentos de óleo no litoral, tendo como ponto de partida a experiência de empresas especializadas na atividade de contenção e recolhimento de óleo derramado e publicações de instituições que trabalham com exploração, produção, refino e transporte de petróleo, além de fabricantes de materiais e equipamentos destinados à contenção, recolhimento e absorção de óleo. O local de estudo escolhido foi a Ilha de Boipeba, que está situada no trecho do litoral sul do Estado da Bahia, área conhecida como Costa do Dendê. Este local apresenta alta sensibilidade ambiental ao derrame de óleo, por possuir muitos manguezais e recifes de corais, além de praias de grande beleza cênica, o que a torna um grande atrativo ao turismo, atualmente a sua maior fonte de renda. Sendo uma área isolada e, portanto, carente de muitos recursos, a pesquisa buscou identificar alternativas locais para atender possíveis contaminações por óleo, com o uso de resíduos sólidos que hoje causam poluição visual, além de permitir a proliferação de zoonoses. Nessa condição, a fibra extraída da casca de coco foi a opção que melhor atendeu aos requisitos de viabilidade técnica e econômica, embora a sua utilização em escala comercial na indústria do petróleo ainda esteja em fase embrionária. Como proposta, o trabalho sugere o fomento de cooperativas entre os moradores locais, para explorar o beneficiamento da casca de coco, cujos produtos podem ser utilizados na produção de material para absorção de óleo ou para tratamento de solo por ele contaminado, além de possuírem aplicações comprovadas no artesanato, nas indústrias da construção civil, automotiva, moveleira e na agricultura. Ao final, recomenda-se que sejam aprofundados estudos para desenvolvimento de materiais absorventes e biorremediadores a partir da fibra do coco e verificada a viabilidade de implantação de usinas para esse fim, por meio de empresas que possuam atividades relacionadas à indústria de petróleo e que operem nas proximidades da área estudada.

Palavras-chave: Meio Ambiente. Contaminação. Vazamento de óleo. Limpeza. Ilha de Boipeba.

ABSTRACT

There are many centuries the man uses the oil to supply some necessities, mainly of energy generation. Since old applications in natura until the most complex current fractions, the hazards involved in their handling and use have increased considerably, requiring increasingly care about the risks of accidents with leakage of these products, which usually imply serious environmental damage. Recent disaster in the Gulf of Mexico, sinking of Horizon Deepwater platform on April 22, 2010, disclosed that, no matter how hard it has invested in prevention and preparedness for response, still it has risks of great ambient damages, with catastrophic and irreversible impacts. This work has as main objective describe the techniques, equipment and materials used for call to oil spillings in the coast, having as starting point the experience of companies specialized in the activity of containment and collect of spilled oil and publications of institutions that work with exploration, production, refining and transport of oil, beyond manufacturers of materials and equipment destined to the containment, collect and absorption of oil. The place of study chosen was the island of Boipeba, that is situated in the stretch of the south coast of Bahia, region known as Costa do Dendê. This site presents high environmental sensitivity to oil spill, by owning many mangroves and coral reefs and beaches of great scenic beauty, what makes it very attractive for tourism, currently its main source of income. Being an isolated area and therefore lacked many resources, the research searched to identify local alternatives to take care of possible contamination of its coastline by oil, with the use of solid wastes that today cause visual pollution, beyond allowing the proliferation of zoonoses. In this condition, the fiber extracted from coconut shell was the option that best met the requirements of technical and economic feasibility, although its use on a commercial scale in the oil industry is still in the embryonic stage. As proposed, the work suggests the promotion of cooperatives among local residents to explore the beneficiation of coconut shell, whose products obtained may be used in the production of oil-absorbing material or for treatment of soil contaminated by it, and have proven applications in agriculture and handicrafts, mainly in the industries of the construction, automotive and furniture. In the end, it is recommended that are in-depth studies for development of materials for absorption and bioremediation from fibre obtained from the bark of coconut and checked the feasibility of deployment of power plants for this purpose, through businesses with activities related to the oil industry and operating in the vicinity of the area studied.

Key-words: *Environment. Contamination. Oil spill. Clean-up. Boipeba Island.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz energética mundial	14
Figura 2 – Matriz energética brasileira 2009	15
Figura 3 – Evolução do consumo energético brasileiro	16
Figura 4 – Evolução da produção energética brasileira	16
Figura 5 – Evolução da produção brasileira de petróleo	17
Figura 6 – Contribuições para poluição marinha por hidrocarbonetos	18
Figura 7 – Incidência de derramamentos por navios, 1974-2005	19
Figura 8 – Quantidade de óleo derramado (acima de 7 ton.) entre 1970 e 2009	22
Figura 9 – Frequência de derramamentos superiores a 795m ³	23
Figura 10 – Comparação entre transporte marítimo e derramamentos de óleo > 7 ton.: 1974-2001	24
Figura 11 – Mapa de localização geográfica da ilha de Boipeba	30
Figura 12 – Mapa turístico com os acessos à Ilha de Boipeba	31
Figura 13 – Principais elementos da circulação atmosférica litorânea	38
Figura 14a – Diagrama de refração de ondas de SE	41
Figura 14b – Diagrama de refração de ondas de SSE	41
Figura 14c – Diagrama de refração de ondas de E	42
Figura 14d – Diagrama de refração de ondas de NE	42
Figura 14e – Diagrama do sentido efetivo da deriva litorânea	43
Figura 15 – Elementos morfológicos de uma praia arenosa	44
Figura 16 – Tipos de linha de costa da Ilha de Boipeba e arredores	45
Figura 17 – Linha de costa arenosa com recifes em franja	46
Figura 18 – Linha de costa bordejada por falésias de rocha calcária	46
Figura 19 – Tipos de plataformas em uso no Brasil	59
Figura 20 – Layout típico de um campo de produção de petróleo off-shore	58
Figura 21 – Campos de petróleo na região de estudo	61
Figura 22 – Plataforma Manati	62
Figura 23 – Projeto Casa das Mariscadeiras	63
Figura 24 – Centro Comunitário de Moreré e os alunos que o construíram	64
Figura 25 – Plataforma P-III da El Paso (campo BMCAL4)	65
Figura 26 – Processo de degradação do óleo no mar	72
Figura 27 – Intervalo de tempo e importância relativa dos processos sobre derramamento de óleo	76
Figura 28 – Estratégias para prevenção e remediação de acidentes	83
Figura 29 – Embarcação Dedicada: Astro Ubarana (Baía de Guanabara)	90
Figura 30 – Mapa de localização dos CDA	91

Figura 31 – Dispersão do óleo no mar	96
Figura 32 – Ação do dispersante sobre o óleo	97
Figura 33 – Influência do vento (3%) e da corrente (100%)	99
Figura 34 – Vetores do vento, corrente e local de pulverização do dispersante .	99
Figura 35 – Lançamento de dispersante por embarcação	100
Figura 36 – Lançamento de dispersante por avião	100
Figura 37 – Lançamento de dispersante por helicóptero	100
Figura 38 – Efeito da aplicação de dispersantes	101
Figura 39 – Barreira de contenção – desenho esquemático	117
Figura 40 – Lançamento de barreiras de contenção	119
Figura 41 – Comparativo entre recolhedores de óleo em função da viscosidade	121
Figura 42 – Operação de contenção e recolhimento de óleo derramado na água	122
Figura 43 – Componentes do coco	132
Figura 44 – Bermalonga construída em fibra vegetal	135
Figura 45 – Usina de beneficiamento da casca de coco	139
Figura 46 – Equipamentos para produção de fibra a partir da casca de coco	140
Figura 47 – Mantas à base de fibras vegetais	143
Figura 48 – Unidade móvel de reabilitação de fauna	154
Figura 49 – Cenário de vazamento de óleo na Ilha de Boipeba (local)	159
Figura 50 – Cenário de vazamento de óleo na Ilha de Boipeba (detalhe)	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Origem e quantidade de derrames de óleo (1970 – 2009)	19
Tabela 2 – Classificação internacional quanto ao volume vazado (em m ³)	20
Tabela 3 – Custos com o acidente do Exxon Valdez	26
Tabela 4 – Clima e temperatura (média mensal)	37
Tabela 5 – Características das ondas	39
Tabela 6 – Características morfológicas das praias da ilha de Boipeba	47
Tabela 7 – Índices de violência na macro-região em 2007	49
Tabela 8 – Consumo de energia elétrica na macro-região em 2009	49
Tabela 9 – Tipos de vegetação no município de Cairu	53
Tabela 10 – Crustáceos mais comuns em Boipeba	55
Tabela 11 – Moluscos mais comuns em Boipeba	56
Tabela 12 – Investimentos sócio-ambientais da El Paso	66
Tabela 13 – Características do óleo bruto	70
Tabela 14 – Características dos principais derivados do petróleo.....	71
Tabela 15 – Síntese dos principais processos de intemperismo do óleo no mar ..	76
Tabela 16 – Características e Índices de Sensibilidade do Litoral de Boipeba	88
Tabela 17 – Tipos e usos de óleos e dispersantes.....	102
Tabela 18 – Relação entre a aparência, espessura e volume de óleo flutuante..	103
Tabela 19 – Gêneros de bactérias formadoras de consórcios.....	109
Tabela 20 – Capacidade de absorção de óleo dos absorventes.....	128
Tabela 21 – Orçamento para uma usina de processamento de 10 mil cocos	141
Tabela 22 – Orçamento para uma usina de processamento de 5 mil cocos	142
Tabela 23 – Recomendações de aplicabilidade metodológica de limpeza.....	153

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	28
1.2	MÉTODOS	29
2	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
2.1	MARCOS HISTÓRICOS	32
2.2	FISIOGRAFIA	33
2.2.1	Geologia	33
2.2.2	Geomorfologia	34
2.2.3	Flutuações do nível do mar e evolução paleogeográfica	35
2.2.4	Clima e circulação atmosférica	35
2.2.5	Parâmetros oceanográficos e padrões de dispersão de sedimentos	39
2.2.6	Caracterização das praias e linha de costa	43
2.3	CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS	47
2.3.1	Economia	48
2.3.2	População	50
2.3.3	Educação	51
2.3.4	Saneamento ambiental e saúde	51
2.4	FORA E FAUNA	52
2.5	ATUAÇÃO DAS EMPRESAS PETROLÍFERAS	56
3	O PETRÓLEO	67
3.1	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	68
3.2	O ÓLEO BRUTO E SEUS DERIVADOS	70
3.3	PROCESSOS DE DESGASTE NATURAL DO ÓLEO	71
3.4	RISCOS AMBIENTAIS E PRINCIPAIS IMPACTOS	77
3.4.1	Impactos sócio-econômicos	78
3.4.2	Impactos ambientais	79
3.5	CONTINGENCIAMENTO	83
3.5.1	Sensibilidade ambiental a derrames de óleo	85
3.5.2	Estrutura da Petrobras para atender emergências	89
3.5.3	Estrutura da El Paso para atender emergências	92
3.6	DISPOSITIVOS REGULATÓRIOS	92

4	PROTEÇÃO E LIMPEZA DE ÁREAS COSTEIRAS CONTAMINADAS POR PETRÓLEO	95
4.1	MÉTODOS DE LIMPEZA	95
4.1.1	Dispersão química	95
4.1.2	Biorremediação	106
4.2	EQUIPAMENTOS PARA CONTENÇÃO E RECOLHIMENTO	115
4.2.1	Barreiras de Contenção	116
4.2.2	Recolhedores Mecânicos	119
4.2.3	Tanques de Armazenamento Temporário	122
4.3	MATERIAIS ABSORVENTES	123
5	O USO DA FIBRA DE COCO COMO BARREIRAS E ABSORVENTES DE PETRÓLEO	130
5.1	PROPRIEDADES DE ABSORÇÃO DA FIBRA DE COCO	130
5.2	O RESÍDUO DA CASCA DE COCO	131
5.3	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO COCO	132
5.4	ESTRUTURA FÍSICA DO COCO	132
5.5	A FIBRA DE COCO COMO ABSORVENTE DE ÓLEO	133
5.6	OUTRAS APLICAÇÕES PARA A FIBRA DE COCO	135
5.7	A PRODUÇÃO DA FIBRA DE COCO	138
5.8	PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE BENEFICIAMENTO..	140
5.9	VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO	142
6	PROCEDIMENTOS DE LIMPEZA E RESTAURAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS POR PETRÓLEO NA ILHA DE BOIPEBA	145
6.1	LIMPEZA E RECUPERAÇÃO DE PRAIAS	146
6.2	LIMPEZA E RECUPERAÇÃO DE MANGUEZAIS	148
6.3	LIMPEZA E RECUPERAÇÃO DE PÂNTANOS SALGADOS	149
6.4	LIMPEZA E RECUPERAÇÃO DE RECIFES DE CORAIS	150
6.5	LIMPEZA E RECUPERAÇÃO DE COSTÕES ROCHOSOS	151
6.6	PRESERVAÇÃO DA FAUNA	153
6.7	MÉTODOS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS OLEOSOS	154
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	157
8	PROPOSTAS DE AÇÃO	162
9	REFERÊNCIAS	163

1 INTRODUÇÃO

Os atuais modelos de crescimento econômico geraram enormes desequilíbrios. Se, por um lado, nunca houve tanta riqueza e fartura no mundo, por outro lado, a miséria, a degradação ambiental e a poluição aumentam dia-a-dia.

O desperdício de energia e a degradação do meio ambiente pela extração descontrolada dos recursos naturais passaram a ser objeto de preocupação mundial nos últimos anos, com muitos países trabalhando e se organizando em busca de fontes alternativas de energia; na promoção de políticas de aumento da eficiência energética; no combate ao desperdício e na criação de condições adequadas à implementação do desenvolvimento sustentável, ou ecodesenvolvimento, para garantia dos recursos naturais para o futuro (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988) e “cuja característica principal consiste na possível e desejável conciliação entre o desenvolvimento, a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida” (MILARÉ, 2001, p.41).

Muito se tem falado e prometido para tornar o planeta saudável, mas as ações não tem se mostrado eficazes. Atuações de Organizações Não Governamentais – ONG – não conseguem superar a ganância capitalista de crescimento a qualquer custo.

É verdade que em muitos lugares já é realidade a reciclagem ou reaproveitamento de resíduos, gerando emprego, renda e energia, além de trazer benefícios diretos ao meio ambiente, como a mudança de cultura e a retirada de milhões de toneladas de inservíveis que virariam lixo.

Em outras palavras, o desenvolvimento é preciso, mas devemos estar atentos às limitações ecológicas do planeta, para que as gerações futuras tenham a chance de existir e viver bem. A proteção do ambiente tem de ser entendida como parte integrante do processo de desenvolvimento e não pode ser considerada isoladamente.

Nesse sentido, a Constituição Federal de 1988, em seu Artigo 225 diz: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988).

O desenvolvimento, entretanto, como hoje concebido, depende diretamente da produção de fluxos incessantes e imensos de energia, sendo que a matriz energética mundial é lastreada no petróleo e gás natural, com o uso equivalendo a 56% de toda a energia consumida e com uso de apenas 13,7% de fontes renováveis (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2008), conforme representação a seguir.

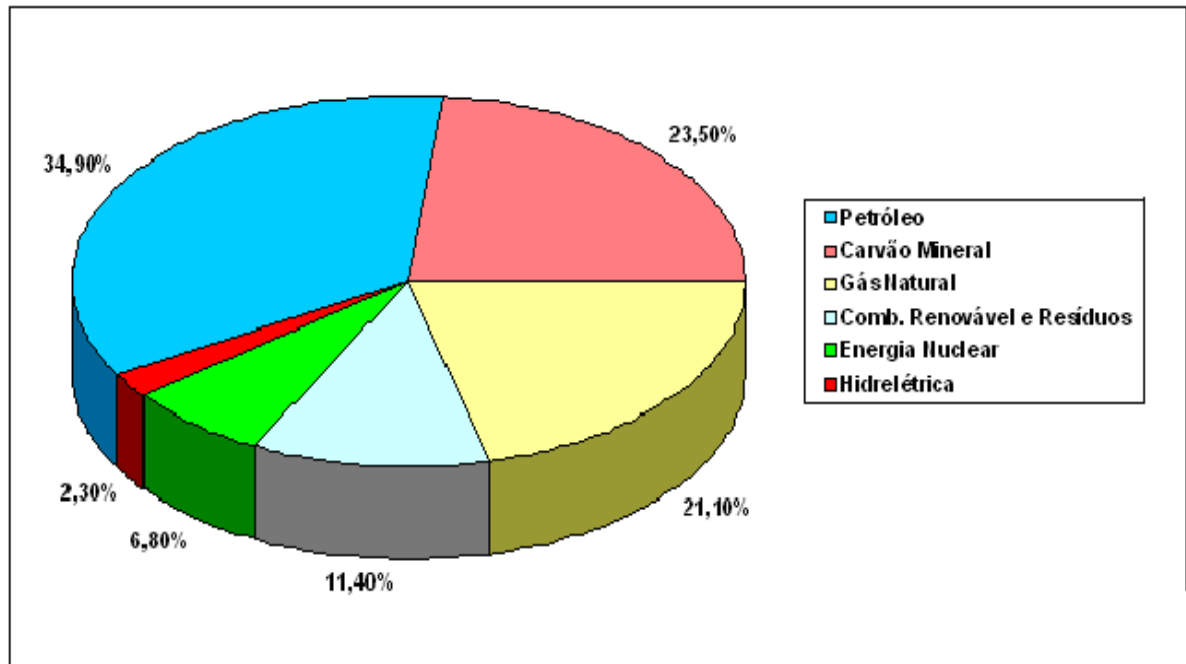


Figura 1 - Matriz energética mundial
Fonte: Agência Nacional do Petróleo (2008)

No Brasil, a matriz energética em 2009 era constituída de 37,8% de petróleo, 8,7% de gás natural e de 52,1% de fontes renováveis, incluindo hidrelétricas e resíduos combustíveis, como apresentado na Figura 2 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2010), o que aponta para um caminho saudável, se comparado ao que se verifica no resto do mundo, onde o petróleo e gás somam 56,0% e a energia renovável, 13,7%, conforme a Figura 1.

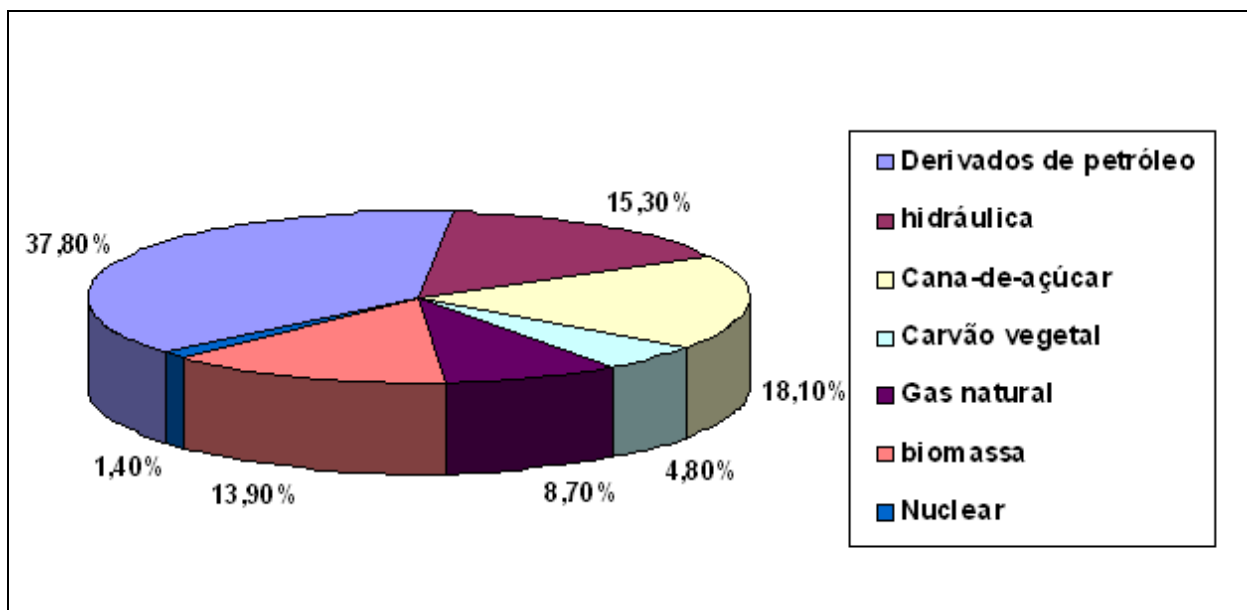


Figura 2 – Matriz energética brasileira 2009

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2010)

A dependência mundial do petróleo como principal fonte de energia para seu desenvolvimento industrial tem se tornado um sério fator de preocupação, face à perspectiva de escassez não muito distante desse recurso não-renovável.

A Agência Nacional do Petróleo (2009) afirma que as reservas mundiais identificadas de petróleo somam 1,26 trilhão de barris. Se nenhum barril for adicionado a esse volume e o consumo se mantiver nos 81,82 milhões de barris/dia, ainda haverá petróleo por mais 42 anos, pelo menos. No Brasil, o campo petrolífero Tupi é a maior descoberta no mundo nos últimos anos, com reservas recuperáveis entre 5 e 8 bilhões de barris (PORTAL EXAME, 2010).

Com a explosão demográfica e a produção crescente de bens e insumos, e conseqüente aumento proporcional do consumo desse combustível (Figura 3), os países, como o Brasil, estão buscando cada vez mais aumentar sua produção energética (Figura 4), principalmente a derivada do petróleo (Figura 5), exacerbando assim os riscos de poluição por derramamento, desde a extração até o consumo final, o que implica uma permanente preocupação na preservação do meio ambiente (CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA, 2007; INSTITUTO PARA LA INTEGRACIÓN DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 2010).

Com a adoção de convenções internacionais de prevenção a acidentes envolvendo derramamento de óleo, principalmente no mar, os grandes

derramamentos desse produto estão cada vez menos freqüentes. Um bom exemplo de atitudes preventivas foi a adoção de casco duplo em embarcações de transporte de petróleo, além de outras, que serão ainda abordadas neste trabalho.

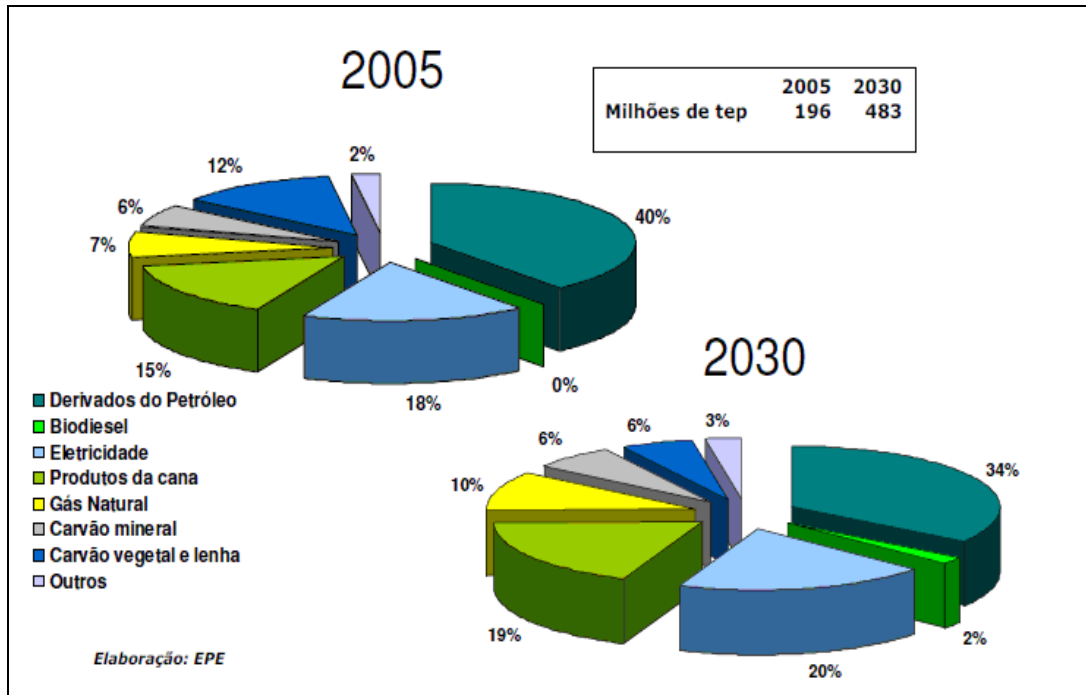


Figura 3 – Evolução do consumo energético brasileiro
Fonte: Conselho Nacional de Política Energética (2007)

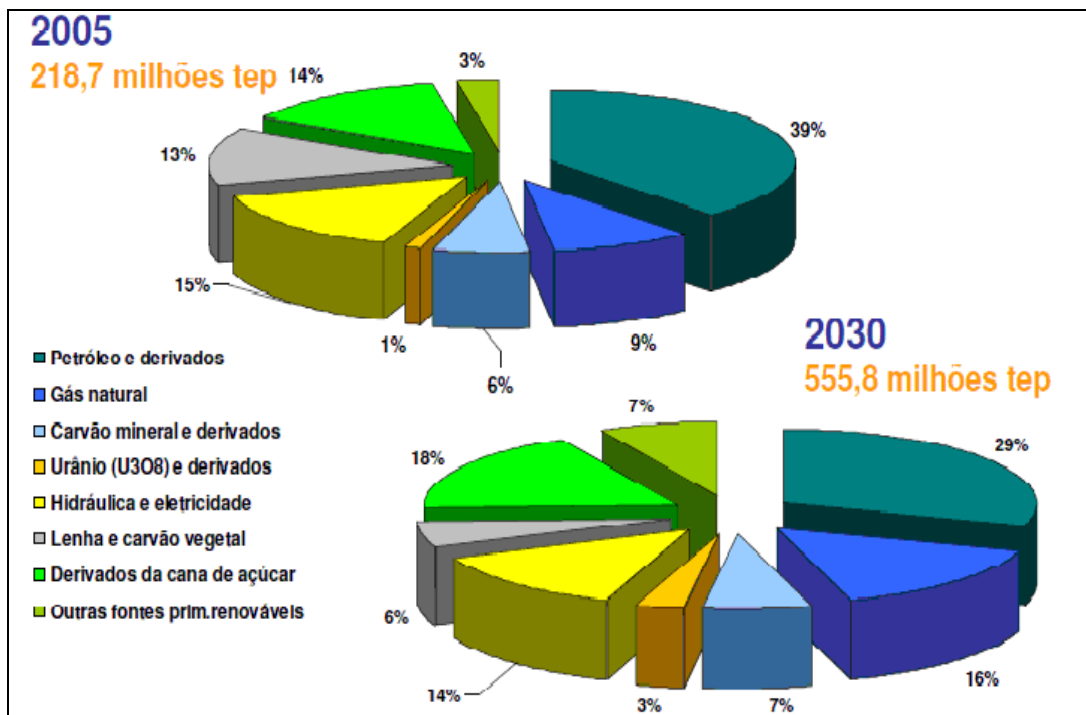


Figura 4 – Evolução da produção energética brasileira
Fonte: Conselho Nacional de Política Energética (2007)

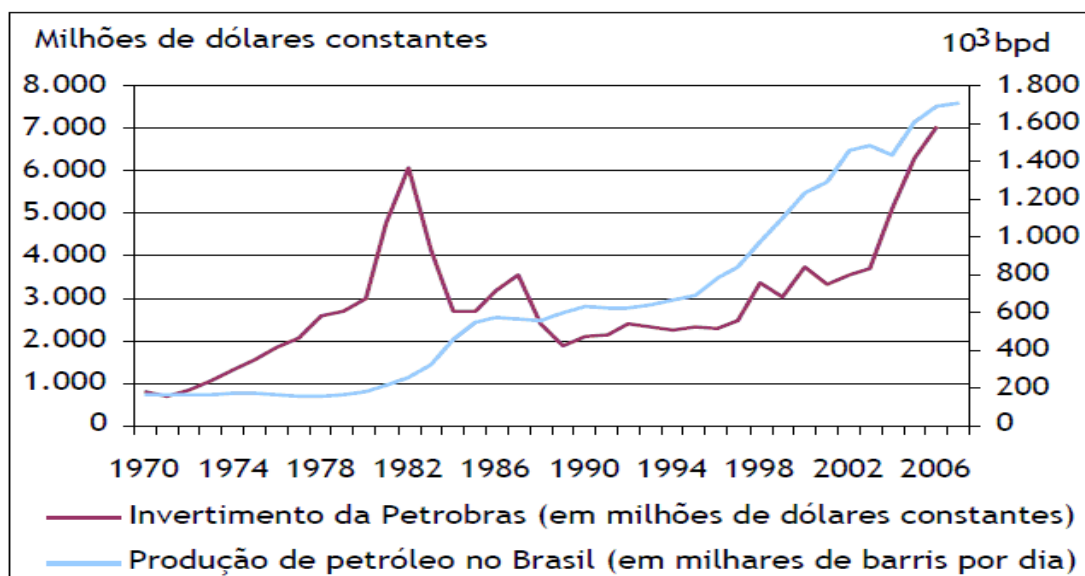


Figura 5 – Evolução da produção brasileira de petróleo

Fonte: Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (2010)

A participação do petróleo na matriz energética mundial, crescente desde o século passado, tende a se estabilizar, continuando a ser a maior contribuição (29,0%) na perspectiva para o ano de 2030, seguido de perto do gás, com 16%, como já apresentado na Figura 4.

O petróleo, nos reservatórios naturais, normalmente encontra-se associado ao gás natural e à água. Da sua extração do subsolo até os consumidores finais há uma complexa cadeia, da qual os principais segmentos são: a exploração e produção (E&P) – também chamadas de atividades *upstream*; e o transporte, o refino e a distribuição também chamados de atividades *downstream* (MARTÍNEZ, 1999).

Como conseqüências do desenvolvimento urbano e industrial e do avanço da indústria do petróleo, sua principal fonte propulsora, são liberadas, a todo instante, grandes quantidades de resíduos oleosos provenientes de várias fontes, como detalhado na Figura 6.

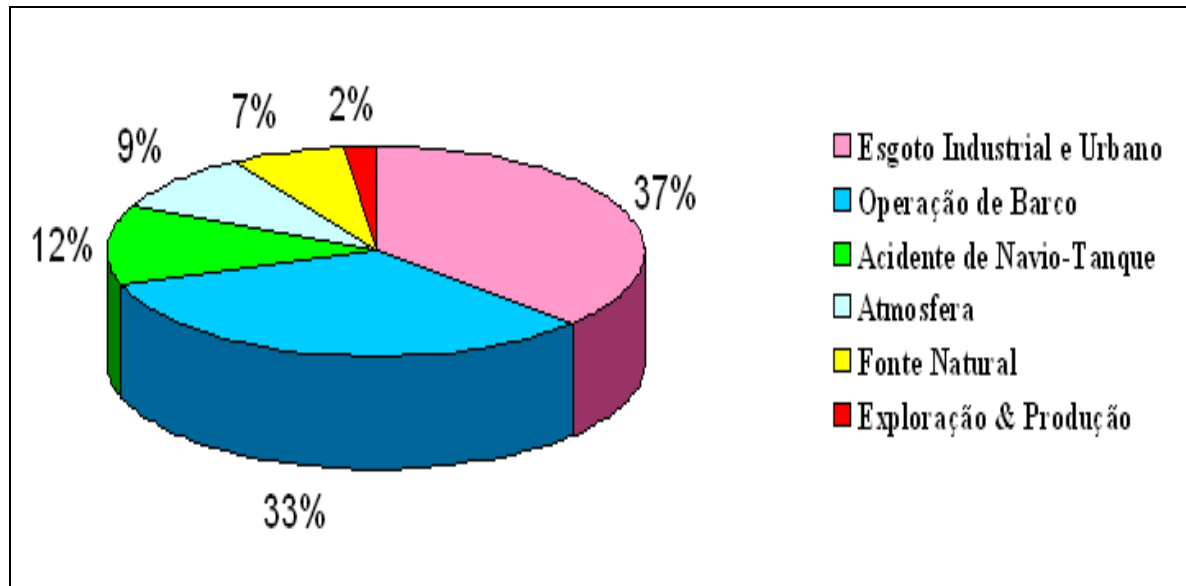


Figura 6 - Contribuições para poluição marinha por hidrocarbonetos
 Fonte: Adaptado de Petrobras (2008c)

Pela Figura acima, algumas contaminações marinhas, tais como emissões atmosféricas, geração de resíduos, utilização de tintas tóxicas e transferência de espécies exóticas através da água de lastro dos navios, podem ser atribuídas ao transporte marítimo (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2004). Entretanto, existe principalmente o risco de impacto ambiental resultante do derramamento da carga no mar, proveniente de acidentes com navios que, segundo Petrobras (2008c), representa 12% do total de poluição marítima por hidrocarbonetos (Figura 6), ou durante operações rotineiras como carga e descarga de navios, uma das principais causas da poluição acidental por óleo, principalmente no Brasil, onde a maior parte do petróleo e derivados é transportada por petroleiros (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION, 2010; SILVA, P., 2004).

A International Tanker Owners Pollution Federation (2010) divulgou em 2005 os registros de vazamentos por navios ocorridos desde 1974, segundo a sua classificação em função do volume, como apresentado na Figura 7.

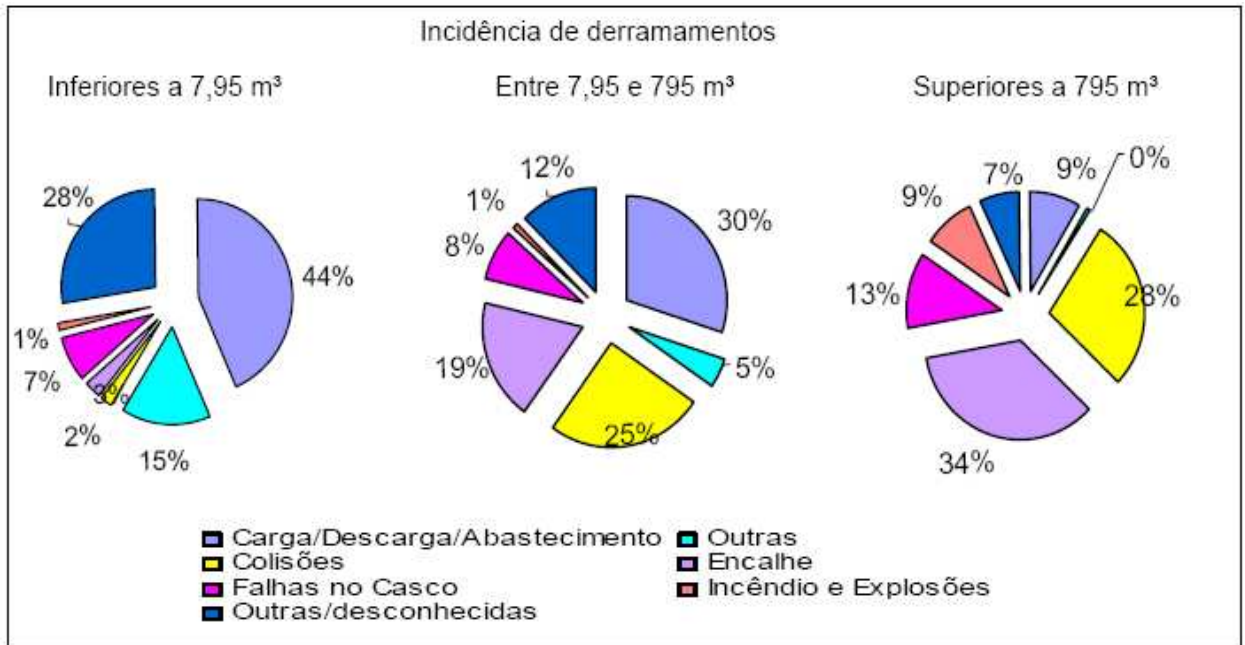


Figura 7 - Incidência de derramamentos por navios, 1974-2005

Fonte: International Tanker Owners Pollution Federation (2010)

Em 2009 a International Tanker Owners Pollution Federation (2010) ampliou a sua estatística, incluindo os acidentes desde 1970, classificando-os por tonelada de petróleo vazado, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Origem e quantidade de derrames de óleo (1970 – 2009)

	<7 ton	7-700 ton	>700 ton	Total
Operações				
carga / descarga	3.155	383	36	3.574
Abastecimento	560	32	0	593
outras operações	1.221	62	5	1.305
Acidentes				
colisões	176	334	129	640
Encalhamentos	236	265	161	662
Rompimento do casco	205	57	55	316
Falha em equipamentos	206	39	4	249
incêndios e explosões	87	33	32	152
Outras / desconhecidas	1.983	44	22	2.049
TOTAL	7.829	1.249	444	9.522

Fonte: International Tanker Owners Pollution Federation (2010)

Na tabela acima a International Tanker Owners Pollution Federation (2010) definiu a classe de vazamento em função do volume, embora outras organizações internacionais adotem parâmetros distintos, como apresenta a Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação internacional quanto ao volume vazado (em m³)

	ITOPF, 1985	USCG, 2000	AMSA, 1999	CONAMA 293/01
Pequenos vazamentos	< 7	< 38	< 10	< 8
Vazamentos médios	7 a 700	38 a 380	10 a 1.000	8 a 200
Grandes vazamentos	> 700	> 380	> 1.000	> 200

ITOPF - International Tanker Owners Pollution Federation

USCG - USA Coast Guard (Guarda-Costas dos EUA)

AMSA - Australian Maritime Safety Authority (Autoridade de Segurança Marítima da Austrália)

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil)

Fonte: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2008c)

De acordo com Clark (2009), em 2006, o mundo consumiu mais de 13,2 bilhões de litros de petróleo ao dia. Cerca de 60% deste petróleo chegou ao seu destino por via marítima. Entre 1990 e 1999, uma média de 150 mil toneladas de petróleo foi derramada nas vias marítimas mundiais a cada ano.

No Brasil, o transporte marítimo de petróleo e derivados constitui-se no principal modal, tanto em navegação de longo curso como em cabotagem ao longo de toda a costa brasileira (SILVA, P., 2004).

O comércio internacional de petróleo baseia-se essencialmente no transporte marítimo, que vem se expandindo bastante pelo aumento tanto da frota de petroleiros como do tamanho destes: de 3.500 navios e 37 milhões de toneladas de carga em 1954 para 7.000 navios, totalizando 340 milhões de toneladas de petróleo em 1978. Isto significa que tanto a probabilidade como as conseqüências de um acidente também aumentaram. A experiência dos grandes acidentes de derramamento de óleo mostrou a importância dos danos causados ao meio ambiente, prejudicando a vida marinha, a pesca e o turismo (LA ROVERE, 1990).

De acordo com a Agenda 21, documento de natureza programática, que foi oficializado por ocasião da "Cúpula da Terra", quando se reuniu a ECO 92 (MILARÉ, 2001), a degradação do meio ambiente marinho pode resultar de várias fontes, tais como as de origem terrestre, que contribuem com 70% da poluição marinha, e as atividades de transporte marítimo e descarga no mar com 10% cada uma. Entretanto, a magnitude dessas interações, é variável de acordo com a maior ou menor extensão das bacias hidrográficas, coletoras de sedimentos e de resíduos poluentes de vastas áreas (GEOBRASIL, 2002).

Derramamentos de óleo originados por incidentes no transporte marítimo têm demonstrado grande potencial poluidor, sendo responsáveis, anualmente, por cerca de 10% da poluição global dos oceanos (POLUIÇÃO..., 2008). Entretanto, como já mencionado, a maior parte do óleo que chega aos oceanos é proveniente de eventos menos agudos, como descargas rotineiras de navios, poluição atmosférica e óleo lubrificante descartado em águas pluviais (PETROBRAS, 2008c). Contudo, por ter grande visibilidade, a poluição provocada por dutos e petroleiros e as conseqüências trágicas que a poluição aguda pode provocar sobre os ecossistemas atingidos resulta em uma maior comoção pública e na concepção de novas legislações (SOUZA FILHO, 2006).

Apesar de não serem freqüentes, segundo registros disponíveis (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2005; 2008b; PRINCIPAIS..., 2009), os grandes vazamentos de óleo no mar são significativos pela extensão do impacto causado, pois ele, embora seja um produto natural, originário da transformação de materiais orgânicos, é insolúvel em água e tem uma mistura corrosiva venenosa com efeitos difíceis de combater. O óleo se espalha fácil e rapidamente sobre a superfície, criando uma barreira à oxigenação da água, o que dificulta a respiração de peixes, algas e outros seres marinhos.

No cadastro de acidentes da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2005) consta que no Brasil, de 1960 até 2006 ocorreram 23 acidentes com derramamento de 116.800m³ de óleo no litoral, sendo o maior deles o do Navio Tanque Sinclair Petrolore, em dez/1960, com 65.000m³, 57% do total derramado em 46 anos. Os demais vazamentos foram 27% entre 4.000 e 6.000 m³ e 16% abaixo de 3.000m³.

Uma tonelada de petróleo pode se espalhar sobre a superfície de 112km² de água e os hidrocarbonetos podem ali persistir por até uma década ou mais, a depender do volume derramado, das características do produto e da sensibilidade dos ecossistemas atingidos, dentre outros fatores (BÍCEGO, 1988; SCHAEFFER-NOVELLI, 1990 *apud* POFFO, 2001).

Estudos sobre a poluição do mar por óleo no início dos anos 90 calcularam que eram despejadas anualmente mais de 3,25 milhões de toneladas de petróleo e derivados, com recuperação de menos de 50% desses produtos (POFFO, 2001).

A Figura 8 apresenta o volume de óleo derramado no mar envolvendo acidentes com cargas acima de sete toneladas, com destaque aos principais eventos.

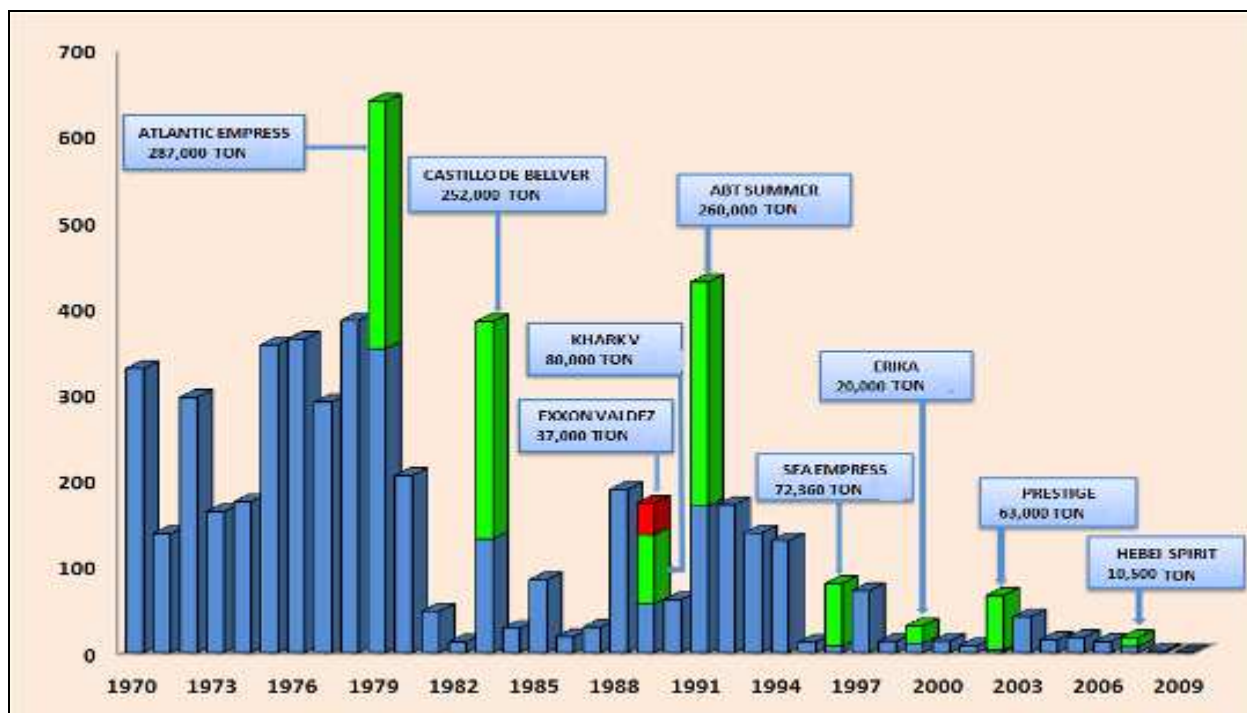


Figura 8 - Quantidade de óleo derramado (acima de 7 ton) entre 1970 e 2009

Fonte: International Tanker Owners Pollution Federation (2010)

A International Tanker Owners Pollution Federation (2010) estima que, de 1970 a 2005, cerca de 5.700.000 toneladas de óleo foram lançadas ao mar, entretanto o número de acidentes e o volume de óleo derramado têm diminuído progressivamente ao longo dos últimos 45 anos. Como tal tendência também está sendo verificada no Brasil, conforme constatado, por exemplo, em relação à costa paulista (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2005). Pela falta desses dados para a Bahia, se pode, também, assumir a mesma tendência para esse Estado, que tradicionalmente não tem registrado relevantes derramamentos de óleo no mar.

De acordo com as estatísticas da International Tanker Owners Pollution Federation (2010), o número médio de eventos que resultaram em derramamento de óleo no mundo foi reduzido de, aproximadamente, 25,2 por ano, no período de 1970 a 1979, para 3,7 no período de 2000 a 2005 (Figura 7) sendo o volume médio derramado, reduzido de, aproximadamente 3,57 milhões de m³ para 0,19 milhões de

m³ no mesmo período. Essa melhoria, segundo Fernandes *et al.* (2001), decorreu da adoção de convenções e regulamentações internacionais com a finalidade de reduzir os despejos acidentais de óleo no mar, com a implementação de projetos específicos.

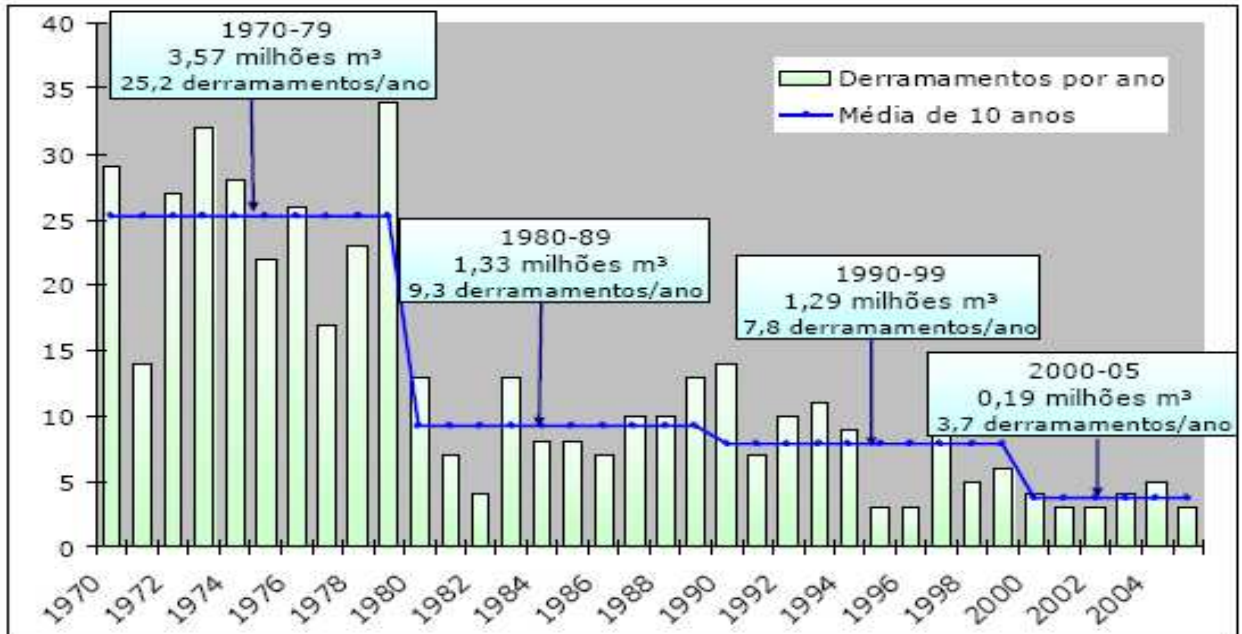


Figura 9 - Frequência de derramamentos superiores a 795m³.

Fonte: International Tanker Owners Pollution Federation (2010)

A figura a seguir apresenta a crescente quantidade de petróleo transportada por via marítima, em contraposição à de derramamentos superiores a sete toneladas por ano, de 1974 a 2001.

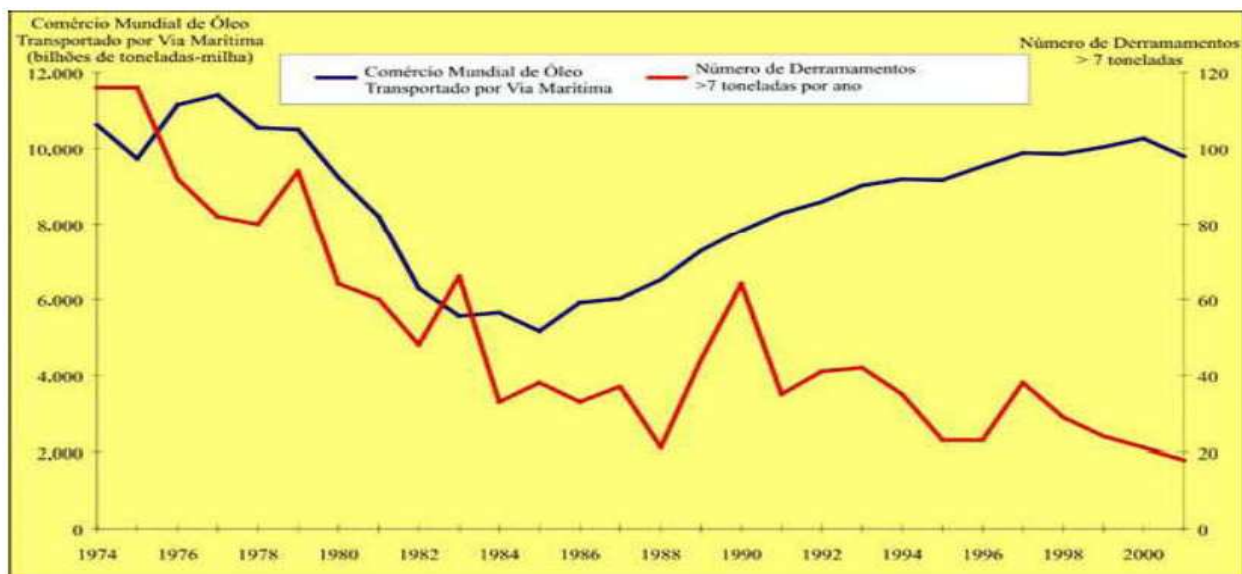


Figura 10 - Comparação entre transporte marítimo e derramamentos de óleo > 7 ton.: 1974-2001
 Fonte: International Maritime Organization (2005)

Acidentes envolvendo derramamento de petróleo podem causar sérios impactos econômicos nas atividades costeiras ou não. Na maioria das ocorrências os danos são provisórios e são causados inicialmente pelas propriedades físicas do óleo, que criam incômodos e circunstâncias perigosas. O impacto na vida marinha é uma associação entre os efeitos da toxicidade, os derivados da composição química do óleo e a diversidade e variabilidade dos ecossistemas e de sua sensibilidade a esse produto (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION, 2010)

Mesmo quando em pequena quantidade, o óleo depositado sobre o solo torna-o infértil e inabitável. Ampliando a escala dessa pequena quantidade para algumas toneladas, acidentalmente derramadas ao longo de uma praia ou de um manguezal, é possível imaginar a proporção do dano e o custo envolvido para apenas amenizar seus efeitos, tendo em vista o tempo necessário para o restabelecimento da condição natural do ambiente. Por exemplo, Burns *et al.* (1993) observou a recuperação do manguezal estudado no Panamá após 20 anos. Duke e Burns (1999) mostraram que a recuperação de um manguezal na Austrália levou 25 anos.

Para uma limpeza satisfatória seria requerida uma intervenção especializada de grande porte, envolvendo técnicas diversificadas e altíssimos custos, não excluindo a incidência de pesadas multas ambientais, custos de indenização e

danos irreversíveis à imagem da empresa responsável pelo acidente (GEOBRASIL, 2002).

O contato com o petróleo cru causa efeitos gravíssimos, principalmente em plantas e animais. O óleo recobre as penas e o pelo dos animais, sufoca os peixes, mata o plâncton e os pequenos crustáceos, algas e plantas na orla marítima. Nos mangues, o petróleo mata as plantas ao recobrir suas raízes, impedindo sua nutrição. Além disso, a lenta movimentação das águas e o emaranhado vegetal nesses locais dificultam a limpeza.

Pequenas quantidades de petróleo podem ter efeitos de longo prazo na diminuição da diversidade de espécie em um sistema (HOWARTH, 1991), causada principalmente por efeitos fisiológicos, carcinogênicos e cinéticos de longo prazo, alterando a reprodução, crescimentos, respiração, movimentação e susceptibilidade a doenças (SUCHANEK, 1993 *apud* CURY, 2002).

A região da costa do Alasca, por exemplo, continua a apresentar até hoje problemas resultantes dos resíduos das 37 mil toneladas de óleo derramado no mar pelo petroleiro Exxon Valdez em 1989, atingindo uma extensão de 1.800 quilômetros, causando a mortandade de aves, peixes e mamíferos marinhos, prejudicando sensivelmente a produção comercial do pescado e vários equipamentos de pesca, além da contaminação de muitas praias, baías e enseadas, o trabalho de limpeza envolveu cerca de 10 mil homens (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION, 2010).

Para Cohen (1986 *apud* COHEN, 2010), o custo médio com na limpeza e danos em vazamentos de óleo nos Estados Unidos é de aproximadamente US\$ 16 por galão. Incluindo o atual preço do petróleo (aproximadamente US\$ 75 a US\$ 80 por barril, ou US\$ 2 por galão), o custo total será de US\$ 18 por galão, sem os custos com litígios, embora esta estimativa seja muito variável, em função das características físico-químicas do óleo, condições climáticas, proximidade a ecossistemas sensíveis ou áreas antropizadas, etc.

Como exemplo de variação desse custo, Cohen (2010) afirma que no acidente com o Exxon Valdez, com derramamento de cerca de 10,8 milhões de galões de óleo, os custos sociais foram cerca de US\$ 6,8 bilhões (Tabela 3), ou seja, US\$ 630 por galão, não incluindo o custo do óleo, multas, punições, litígios, etc.

Tabela 3 – Custos com o acidente do Exxon Valdez

Custos sociais	US\$ milhões
Limpeza	3.859,46
Restituições,	183,78
Liquidação judicial	1.837,84
Danos a particulares	918,92
Total	6.800,00
Multa,	45,95
Punições,	918,92
Total	964,86
Total geral	7.764,86

Fonte: Cohen (2010)

O vazamento de óleo causado pelo naufrágio da plataforma Deepwater Horizon, no Golfo do México, em abril/2010, já tem afetado o turismo e pesca, mas só o tempo dirá se os danos totais serão ou não tão altos quanto os do Exxon Valdez. Até junho de 2010 foi estimado que vazaram 18 a 30 milhões de galões de óleo e até agosto poderá atingir 60 a 100 milhões de galões. Se o custo social médio desse acidente se aproximar ao do Exxon Valdez, o custo total, já em agosto de 2010, poderá exceder US\$ 40 bilhões ou US\$ 60 bilhões (COHEN, 2010).

Pela extensão que o derramamento alcança, em função dos ventos e das correntes marinhas, a minimização possível desse dano, em certas circunstâncias é onerosa, mas insuficiente e irrelevante. Quando a mancha de óleo atinge a costa o dano é ainda maior, pois a poluição compromete outros seres vivos, que se alimentam ou habitam nas praias, recifes e manguezais (PETROBRAS, 2008c).

Trazendo a possibilidade de ocorrência desse cenário no litoral baiano, se tem a noção da gravidade do problema. Embora atualmente a produção de petróleo no Estado da Bahia esteja concentrada em campos terrestres, sendo produzido no mar apenas o gás, que na Petrobras atinge cerca de 8,5 milhões de metros cúbicos por dia (PETROBRAS, 2009a), ainda existe o risco de derramamento de óleo pelas embarcações de apoio às plataformas ou por vazamento de fluidos de perfuração e de cascalhos extraídos das rochas.

Como no Brasil o maior volume de petróleo é transportado via marítima (SILVA, P., 2004), o risco de vazamentos decorrentes de acidentes com navios que cruzam o litoral baiano é preocupante, pois a região em estudo possui ecossistemas muito sensíveis, dentre os quais manguezais e corais de recifes, além de apresentar

praias de grande beleza cênica, que tornam o turismo a principal fonte de renda local.

Como assevera Pereira (2002), uma contaminação por óleo em larga escala nessa região traria um enorme prejuízo econômico e ambiental devido a:

- o óleo em contato com espécies comestíveis, como peixes e moluscos, os tornam impróprios para o consumo e comercialização;
- a sujeira das praias afastaria o turismo, com danos diretos ao comércio local;
- a má publicidade causaria perda de mercado para a comercialização dos produtos; e
- o óleo se incrustaria no casco das embarcações e nos equipamentos de pesca, prejudicando a utilização.

Um maior controle e cuidado nas operações envolvendo a exploração, transporte e armazenamento de petróleo, a construção de navios com cascos duplos, medidas mais aperfeiçoadas de gestão ambiental, aumento de fiscalização etc., têm refletido melhoria no nível da responsabilidade ambiental, induzido por uma cobrança cada vez mais acentuada pela sociedade (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION, 2010). Todavia, permanece o risco de vazamentos – acontecimentos recorrentes – com contaminação dos ecossistemas costeiros. É imprescindível a necessidade de contínuo aprimoramento nos instrumentos de resposta a vazamentos de óleo, nas dimensões jurídica e técnico-científica.

Este estudo visa proceder a um exame crítico nos procedimentos de limpeza de áreas costeiras contaminadas por óleo, para buscar as melhores alternativas dentre as existentes. Por exemplo, dentre os técnicos consultados, alguns defendem o uso de compostos químicos (dispersantes) para a limpeza de óleo, enquanto outros preferem a dispersão natural (ou mecanizada – espalhamento pela circulação de embarcações) apoiada por contenções e recolhimento mecânicos em pontos específicos.

Como as ações de resposta a derramamento de óleo no mar requerem celeridade, a disponibilização imediata de recursos tem importância fundamental no sucesso das operações. Nesse sentido, este trabalho apresenta a alternativa de utilização da mão-de-obra local e de resíduos naturais tecnicamente recomendáveis e abundantes na região de estudo, com vistas à melhoria da qualidade do meio ambiente e da vida da comunidade e de turistas, gerando emprego e renda para uma população essencialmente carente de recursos e de infra-estrutura pública.

Durante a revisão bibliográfica e contato com fabricantes e pesquisadores, foi identificada a possibilidade do uso da fibra de coco como absorvente de óleo, cujos testes de Annunciado *et al.* (2004) apontaram como viáveis, tornando-a interessante, em face da abundância dessa matéria-prima na área escolhida para o estudo.

1.1 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo geral propor alternativas para remoção e limpeza do óleo, em casos de acidentes no litoral da Ilha de Boipeba, sul do Estado da Bahia, com uma adequada relação custo-benefício entre as práticas e materiais empregados, e como objetivos específicos:

- identificar as metodologias existentes para mitigação¹ dos impactos ambientais ocasionados na limpeza e recolhimento do óleo derramado na costa;
- avaliar as técnicas mais adequadas para conter a propagação e recolher o óleo vazado no mar da região;
- identificar a melhor técnica, sob o ponto de vista custo-benefício, para a limpeza de áreas contaminadas nas praias, recifes de corais e manguezais; e
- propor técnicas alternativas de limpeza para minimizar os danos ambientais, sem, contudo, aumentar os impactos aos ecossistemas atingidos.

¹ Mitigar: **1** Amansar, tornar brando: **2** Adoçar, aliviar, suavizar: **3** Acalmar, atenuar, diminuir (MICHAELIS, 2009):

1.2 MÉTODOS

Para a efetivação deste trabalho foi realizada uma extensa pesquisa em relatórios técnicos e material didático de empresas e organizações e identificação das técnicas existentes e dos equipamentos disponíveis, utilizáveis e previstos em catálogos de fabricantes nacionais e internacionais. As informações sobre as melhores práticas atualmente em uso foram obtidas através de consultas a técnicos especialistas da Petrobras e das empresas que prestam serviços de contenção, recolhimento e limpeza de óleo. Foi também relevante a realização de entrevistas com moradores locais, além de comerciantes, veranistas habituais e representantes da comunidade (associações de moradores e de pescadores/marisqueiras).

Para melhor entender e avaliar a atividade de contenção, recolhimento e limpeza de óleo derramado no mar e em terra, foram visitados nove dos dez Centros de Defesa Ambiental (CDA) da Petrobras e algumas de suas bases avançadas, desde Manaus/AM até Itajaí/SC, mais detalhadamente o CDA da Bahia, cuja área de abrangência inclui a região estudada.

Foram feitas pesquisas bibliográficas e cartográficas, além de levantamentos *in loco* de dados físicos, biológicos, oceanográficos e socioeconômicos da Ilha de Boipeba e de seu entorno, para confirmar os dados físicos anotados e coletar dados específicos do local do estudo, através de caminhadas ao longo das praias da Ilha, recorrendo a barcos e lanchas para os locais de difícil acesso.

2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Boipeba, situada no Município de Cairu, Estado da Bahia, é uma das 26 ilhas que compõem o arquipélago Tinharé/Boipeba/Cairu, sendo margeada pelo Oceano Atlântico e pelo estuário do Rio do Inferno, fazendo parte da chamada Costa do Dendê (SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA, 2010; BRASILCHANNEL, 2010).

O Município de Cairu está incluso na Área de Proteção Ambiental - APA Tinharé-Boipeba, criada pelo Decreto Estadual n.º 1.240, de 05/06/1992 (SISTEMA ESTADUAL DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS, 2009).

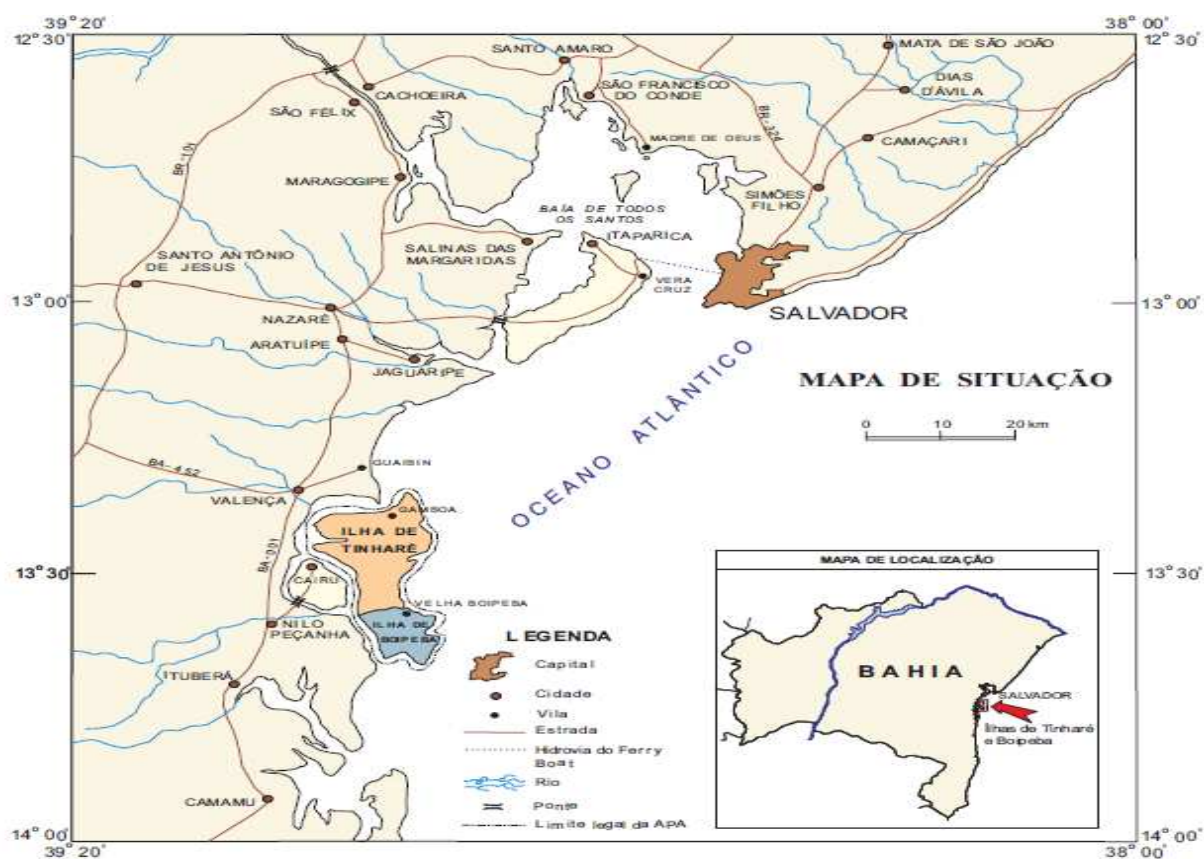


Figura 11 – Mapa de localização geográfica da Ilha de Boipeba

Fonte: Centro de Recursos Ambientais (1995)

Sendo um Distrito do Município de Cairu, os dados estatísticos oficiais de Boipeba não estão segregados e, por esse motivo, algumas informações apresentadas neste trabalho foram obtidas genericamente para o município de Cairu e outras, mais específicas, para Boipeba, através de constatação *in loco*, de entrevistas com moradores e veranistas mais antigos, ou de sites que tratam da divulgação da Ilha, conforme indicado ao longo do texto a seguir.

Como apresentado na Figura 11, o acesso a esse local, a partir de Salvador/BA, pode ser feito em quatro opções:

- por rodovia, percorrendo cerca de 300km, via municípios de Santo Amaro da Purificação, Cachoeira, Santo Antônio de Jesus, Nazaré e Valença, e mais 30 minutos de lancha, via fluvial;
- por combinação, via marítima em *Ferry Boat* até a Ilha de Itaparica, em cerca de 45 minutos, seguindo-se mais uma hora e meia em rodovia para Nazaré e Valença e 30 minutos de lancha;
- por via marítima, via Morro de São Paulo, em duas horas de embarcação tipo Catamarã e mais meia hora de barco até o destino final; ou
- por via aérea em aviões de pequeno porte, em vôos regulares de Salvador até a Fazenda Pontal, com duração de 30 minutos.



Figura 12 – Mapa turístico com os acessos à Ilha de Boipeba
Fonte: Boipeba (2008)

Segundo informações pessoais obtidas junto a pescadores locais, na ilha existem cerca de 40 embarcações motorizadas, que navegam apenas pelo conhecimento e habilidade dos condutores; a atividade econômica predominante é a pesca de peixes e camarões, seguida da captura de caranguejo, siri, lambreta e guaiamu, cujo destino é, na maior parte, a exportação para outros municípios, além do consumo próprio, principalmente nos pontos turísticos (pousadas, bares e restaurantes).

Devido à proximidade da Região Metropolitana de Salvador e do pólo turístico Morro de São Paulo, localizado na vizinha Ilha de Tinharé, a demanda turística na região é intensa (e promissora) durante quase todo o ano, constituindo-se numa de suas principais fontes de renda (BOIPEBA, 2008).

Conforme levantamento feito *in-loco*, com apoio de um dos empresários locais, Sr. Luiz Guimarães (Pousada da Praça, Velha Boipeba), a ilha conta com cerca de 30 estabelecimentos turísticos, na maioria pequenas pousadas.

O povoado de Velha Boipeba conta com entidades que têm desenvolvido ações sociais, como a AMABO - Associação de Moradores e Amigos de Boipeba, a mais divulgada nos meios de comunicação, possivelmente pela sua representatividade junto aos órgãos públicos. Também tem participação local, porém de forma pontual, a APMMB - Associação de Pescadores, Marisqueiras e Maricultores de Boipeba, a Associação de Mulheres de Boipeba, a Colônia Z-55 (representação dos pescadores) e a Luz Cultural, além dos trabalhos desenvolvidos pelas Igrejas para a promoção da educação familiar e assistência social (PETROBRAS, 2003a). Segundo apurado em entrevistas com os moradores locais, Boipeba conta ainda com outras entidades como a ASSARB (Associação dos Artesãos de Boipeba), ASCONTURB/Guias (Associação dos condutores Turísticos de Boipeba) e a Associação de Moradores de Bairros.

2.1 MARCOS HISTÓRICOS

A região do Baixo-sul teve origem a partir da Capitania de Ilhéus, uma das mais antigas áreas de ocupação e povoamento pelos portugueses, a qual foi iniciada em 1535, principalmente nas vilas de Cairu e Boipeba (PETROBRAS, 2003a).

A partir de 1516 o litoral baiano esteve habitado por índios Tupinambás, Tupiniquins e Aimorés. As ilhas Boipeba, Cairu e Tinharé, eram habitadas pelos

primeiros e a cidade de Cairu era o maior centro indígena da região. Os povoados de Cairu e Boipeba começaram a surgir por volta dos anos de 1535 e 1565, respectivamente. A localização insular era estratégica na proteção contra os ataques indígenas. A ilha de Boipeba teve sua freguesia criada em 1606, quando glebas de terras foram doadas aos jesuítas que fundaram residências, colégios e aldeias. O município de Cairu foi criado por Carta Régia, de 1608, desmembrado de Ilhéus, recebendo a denominação de Vila de Nossa Senhora do Rosário do Cairu (PETROBRAS, 2003a).

O desenvolvimento inicial da aldeia de Boipeba decorreu do êxodo de colonos do continente, em fuga dos ataques dos Aimorés e ela foi elevada à categoria de vila por volta de 1610, período quando foi erguida a Igreja do Divino Espírito Santo, que é o monumento histórico de maior importância, datado do Séc. XVII (PETROBRAS, 2003a).

Durante os séculos XVII e XVIII as três ilhas - Tinharé, Cairu e Boipeba - detinham a maior produção de farinha de mandioca para suprimento da cidade do Salvador, com toda comunicação por mar ou por alguns cursos d'água (PETROBRAS, 2003a). Com isto, a partir da segunda metade do século XIX, as cidades vizinhas de Valença e Camamu tornaram-se as mais importantes da região, o que foi ampliado com a abertura de rodovias e novos terminais marítimos, melhorando o tráfego da produção agropecuária e o turismo local, este último, atualmente, responsável pela quase totalidade dos investimentos privados da região, incluindo-se o comércio a ele vinculado (PETROBRAS, 2003a).

2.2 FISIOGRAFIA

2.2.1 Geologia

A Costa do Dendê, que inclui a região de Boipeba, teve a sua origem fortemente influenciada pelas oscilações do nível relativo do mar durante o período quaternário. Estas oscilações criaram erosões parciais nas rochas sedimentares da Bacia de Camamu e possibilitaram a criação de terraços arenosos de idade pleistocênica e holocênica. Essa costa é caracterizada pela existência de praias, falésias, recifes de coral e de algas coralinas, manguezais, desembocaduras de rios, baías e canais de maré (MARTIN *et al.* 1980).

Os recifes de coral e de algas coralinas são estruturas rochosas rígidas, resistentes à ação das ondas e correntes marinhas, formadas pela incrustação de corais e algas coralinas já mortas, a partir de 7000 anos A.P., quando a plataforma continental estava inundada, e fixaram-se nos sedimentos mesozóicos da Bacia de Camamu (QUEIROZ, 2010; CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS, 1995).

A geologia da região se diferencia dos demais trechos da costa baiana pela ausência do Grupo Barreiras e pela presença de rochas sedimentares mesozóicas em toda a linha de costa, formando falésias de até 40 metros nas ilhas de Tinharé e Boipeba (FREITAS, 2002; MARTIN *et al.* 1980), sendo encontrados depósitos quaternários bem desenvolvidos, reentrâncias, ilhas, canais, recifes coralinos e uma grande baía, herdada da estrutura de blocos falhados da Bacia de Camamu (MARTIN *et al.* 1979 *apud* QUEIROZ, 2010).

Rebouças (2006) relata que os sedimentos de praia nas Ilhas de Tinharé e Boipeba têm uma concentração de biodetritos entre 80-100%, compostos por fragmentos de algas calcárias, principalmente a *Halimeda*, e também de ouriços e conchas de moluscos, o que é atribuído à presença de recifes em franja que bordejam as praias destas ilhas.

Os depósitos de pântano e mangues encontrados nas margens protegidas dos rios e riachos e nas baías nas zonas de influência da maré estão relacionados às variações do clima e do nível do mar, sendo compostos de materiais argilo-siltosos ricos em matéria orgânica (MARTIN *et al.* 1980).

2.2.2 Geomorfologia

A geomorfologia emersa da Costa do Dendê, onde está inserida a ilha de Boipeba, caracteriza-se por três províncias geomorfológicas distintas, que estão sustentadas por um arcabouço geológico: o Relevo Serrano, a Superfície Sedimentar Cretácea e a Planície Quaternária, sendo que apenas as duas últimas estão na área estudada. A Superfície Sedimentar Cretácea está suportada nas rochas sedimentares da Bacia de Camamu, com morfologia de colinas semitabulares de áreas arrasadas de relevo ondulado e padrão de drenagem dendrítico bastante denso. A Planície Quaternária, predominante na região, constitui as áreas mais baixas da região, ocupadas pelas várias acumulações quaternárias cortadas por uma grande quantidade de estuários e baías controlados diretamente

pelo arcabouço de blocos falhados que afeta o pacote sedimentar que preenche a Bacia de Camamu (DOMINGUES; CORRÊA-GOMES, 2006).

Na parte imersa, a plataforma na região tem largura variando de 9 km, em frente à foz do Rio de Contas, no município de Itacaré, a 30km, em frente à entrada da Baía de Camamu, com a quebra da plataforma em torno de 60 metros. Na plataforma continental propriamente dita, destaca-se o trecho entre a Baía de Camamu e o município de Valença, onde os contornos batimétricos são bastante irregulares, intuindo a existência de grande quantidade de canais rasos. A plataforma externa neste trecho apresenta superfície relativamente plana com altos fundos localizados, com prováveis construções biogênicas e o talude superior também aparece cortado por uma grande quantidade de pequenos vales submarinos (DOMINGUES; CORRÊA-GOMES, 2006).

2.2.3 Flutuações do nível do mar e evolução paleogeográfica

O Quaternário foi um período em que houve grandes variações climáticas e do nível relativo do mar, fato ratificado pelos depósitos sedimentares encontrados ao longo da costa baiana. Segundo Bittencourt *et al.* (1979) no período holocênico (por volta de 5100 anos AP), o nível do mar alcançou um máximo de cerca de 5 metros acima do nível médio atual, inundando e erodindo parcialmente os depósitos pleistocênicos, formando sistemas de ilhas barreiras e lagunas. A regressão subsequente favoreceu novamente a progradação da linha de costa e a deposição de novos cordões litorâneos, desta vez holocênicos. Estes cordões indicam a posição de antigas linhas de costa e encontram-se na porção externa da planície costeira, com altitudes máximas de 4 a 6 metros (BITTENCOURT, 1996 *apud* REBOUÇAS, 2006).

2.2.4 Clima e circulação atmosférica

Os dados climatológicos da área das ilhas de Tinharé e Boipeba permitem situá-la, com base no método de classificação de Köeppen-Geiger², numa faixa de

² Classificação proposta em 1900 pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, com novas versões conjuntas com Rudolf Geiger, é baseada no pressuposto de que a vegetação natural de cada

transição entre os climas tipos Aw e Af, isto é, são climas úmidos e quentes. A área, eventualmente, registra estação seca acentuada. A umidade relativa, em todos os dias do ano, se aproxima da saturação, após o pôr do sol, entre 19:00 e 20:00hs, permanecendo, com estas características até as primeiras horas da manhã, isso é, por volta de 6:00 a 7:00hs (CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS, 1995).

O período chuvoso ocorre entre os meses de março a agosto, podendo em cada um desses meses incidirem aproximadamente 8% a 15% da precipitação total anual. De setembro a fevereiro predomina o tempo seco variável, podendo ocorrer, em cada um desses meses, de 5% a 8% de precipitação anual (CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS, 1995).

A região tem elevadas precipitações, influenciadas pela proximidade com o mar. O regime pluviométrico é regular, com de chuvas durante todos os meses do ano, alcançando valores superiores a 2.000mm, com os maiores índices pluviométricos entre os meses de abril e agosto (QUEIROZ *et al.* 2010).

O Centro de Recursos Ambientais (1995) define detalhadamente o clima da região como:

- duração do tempo seco - A região não apresenta um período seco típico, ou este é bastante curto, não havendo registros de regime pluviométrico anual inferior a 5% por período superior a 30 dias;
- duração do tempo chuvoso - contrariamente ao período seco, ocorre mais de 11,5% da precipitação pluviométrica total anual, concentrando-se em dois meses mais chuvosos;
- número de dias chuvosos - em geral, são cerca de 150 dias chuvosos no ano. Nos meses considerados chuvosos, ocorre a maior quantidade de dias com chuvas;
- intensidades das chuvas - no período entre março e agosto ocorrem precipitações com aproximadamente 150 a 200mm em 24 horas;

- variação da precipitação total anual – a precipitação na área varia de 4% a 43%, a mais ou a menos que precipitação média anual considerada como “normal”;
- classificação pluvial - de acordo com o Centro de Recursos Ambientais (1995), a região de Boipeba apresenta precipitação pluviométrica maior que 1.750mm, sendo que nos anos secos ela varia de 1.400 a 1.600mm e nos anos úmidos, ela é maior que 1.900mm;
- tipo de transcurso pluvial – no período de setembro a fevereiro a precipitação é de 5 a 8% do total anual, não ocorrendo, entretanto, um único mês seco. O período seguinte é considerado chuvoso, com um ou dois meses em maior concentração de chuva;
- umidade atmosférica - praticamente não existem dados sobre esse tema para a região;
- umidade relativa do ar - a média está em torno de 80 e 90%, até cerca de 100km para o interior do litoral; e
- brilho solar - a insolação média na região oscila de 1.700 a 700 horas por ano, sendo o mês de janeiro um dos com maior tempo de sol e o mês de julho um dos que tem menor tempo de sol.

A Tabela 4 apresenta registros médios mensais de incidência de sol, de chuva e temperatura, segundo informação obtida no *sítio* Ilhaboipeba (2009).

Tabela 4 - Clima e temperatura (média mensal)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Horas de sol por dia	9	8	8	7	6	6	6	7	7	8	8	8
Temperatura diurna	31°	31°	30°	29°	28°	27°	26°	26°	27°	28°	29°	29°
Temperatura noturna	24°	24°	23°	23°	22°	22°	21°	21°	21°	22°	22°	23°
Temperatura do mar	28°	28°	27°	27°	27°	26°	25°	25°	25°	26°	26°	27°
Chuva por mês (mm)	100	110	140	310	310	250	200	150	120	120	120	110

Fonte: Ilhaboipeba (2009)

Os padrões de circulação atmosférica da região influenciam os índices pluviométricos e abrandam as temperaturas, que oscilam em torno de 24°C a 25°C,

em amplitudes entre 5,2°C e 8,8°C (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS, 2010).

A ilha de Boipeba está inserida no cinturão dos ventos alísios, que atingem a costa leste do Brasil principalmente na direção E-SE e NE, apresentando temperaturas elevadas, devido à intensa radiação nas latitudes tropicais, e grande umidade, devido à alta evaporação marítima (PETROBRAS, 2003a).

Estes ventos são controlados pela célula de alta pressão do Atlântico Sul, que se mantém estacionária, embora sofra contração e expansão sazonalmente (NIMER, 1989 *apud* REBOUÇAS, 2006). Durante o inverno esta célula alcança boa parte do continente brasileiro, retornando para o oceano no verão. Na costa, esse movimento sazonal controla a posição da zona de divergência dos ventos alísios, que no ano varia de 13°S a 20°S. Este padrão de circulação faz com que os ventos atinjam a costa baiana de NE-E na primavera/verão e de SE-E no outono/inverno (BITTENCOURT *et al.* 2000 *apud* REBOUÇAS, 2006).

A circulação atmosférica do litoral leste brasileiro também é controlada pelo deslocamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical e pelo avanço sazonal da Frente Polar Atlântica (NIMER, 1989 *apud* REBOUÇAS, 2006). Esta última atua especialmente entre o outono e o inverno, gerando fortes ventos de SSE, podendo não atingir o litoral em anos de incidência do *El Niño* (BITTENCOURT *et al.* 2000 *apud* REBOUÇAS, 2006), como apresenta a Figura 13.



Figura 13 – Principais elementos da circulação atmosférica litorânea
Fonte: adaptado de Domingues *et al.* (1992 *apud* REBOUÇAS, 2006).

Não existem medidas de longa duração do regime de ondas para o litoral baiano e por essa razão os dados aqui apresentados foram deduzidos a partir de publicações de estatísticas de onda, do conhecimento dos mecanismos responsáveis pela geração de ondas no Oceano Atlântico Sul e de dados de altura de ondas e velocidade dos ventos obtidos por satélite. As estatísticas disponíveis apontam uma relação direta entre a direção e a velocidade dos ventos alísios e a direção, altura e período das ondas incidentes no litoral da Bahia (PETROBRAS, 2003a).

Para a definição da Tabela 5, foram considerados os períodos e alturas mais significativos das frentes-de-onda provindas de NE, E, SE e SSE (NAVY, 1978). As frentes-de-onda de NE e E começam a interferir com o fundo na profundidade menor que as de SE e SSE e as provenientes de SE e SSE parecem refratar-se mais do que as de E e NE, pois as primeiras tendem a iniciar a refração em maiores profundidades do que as segundas (BITTENCOURT *et al.* 2000).

Tabela 5 – Características das ondas

Origem	Altura (m)	Período	Profundidade	Época	Refração
NE	1,0	5,0	20	Primavera / verão	Menor
E	1,0	5,0	20	Primavera / verão	Menor
SE	1,5	6,5	35	Outono / inverno	Maior
SSE	1,5	6,5	35	Outono / inverno	Maior

Fonte: Adaptado Bittencourt et al. (2000)

2.2.5 Parâmetros oceanográficos e padrões de dispersão de sedimentos

Segundo Castro & Miranda (1998 *apud* DOMINGUES; CORRÊA-GOMES, 2006), a plataforma continental da região da Plataforma Manati é bastante estreita (de 10 a 15km) e o início do talude ocorre na profundidade de 50 a 60 metros. A temperatura da superfície oscila entre 25 e 28°C, com sazonalidade regular, com variações de 2 a 3°C (DOMINGUES; CORRÊA-GOMES, 2006).

As ondas são as principais responsáveis pelo carreamento de sedimentos litorâneos e pelos processos de erosão e de acumulação (GOLDSMITH, 1976; GRIGGS; TRENHAILE, 1994 *apud* SILVA, I., 2004) e parte da energia por elas dissipada na zona de surfe cria as correntes costeiras, as quais poderão espalhar uma possível mancha de óleo proveniente do mar. Ao se quebrarem em ângulo com a linha de costa, as ondas criam correntes longitudinais paralelas à costa entre a

zona de arrebatamento e a linha de costa, espalhando os sedimentos em suspensão pelas ondas ao longo da costa (KOMAR, 1976 *apud* SILVA, I. 2004).

Na trajetória para o litoral, as ondas propagam-se por profundidades progressivamente menores até que passam a interagir com o leito oceânico, numa profundidade geralmente equivalente à metade do comprimento da onda. A partir desse ponto, passam a ocorrer variações na direção e velocidade de propagação (MUNK & TAYLOR, 1947; BASCOM, 1954 *apud* SILVA, I. 2004). A energia das ondas e a sua capacidade de viabilizar o transporte de sedimentos são diretamente proporcionais ao quadrado da sua altura (DAVIES, 1972 *apud* SILVA, I. 2004).

Na Costa do Dendê, para a dispersão de sedimentos arenosos Rebouças (2006) apresenta dois domínios principais:

- de Guaibim até a entrada da Baía de Camamu (incluindo a ilha de Boipeba), sob um clima de ondas de energias mais amenas, apresentando um litoral recortado por canais de maré e canais fluviais, com o trânsito de sedimentos impedido, favorecendo uma possível variabilidade na composição dos sedimentos entre os vários setores da linha de costa;
- da Península de Maraú até o Rio Tijuípe, sob ondas de maior energia, apresentando litoral retilíneo, com uma circulação livre de sedimentos no sentido S-N.

Freitas (2002), a partir de uma modelagem de refração de ondas feita para a Costa do Dendê, pôde constatar que existem dois grandes domínios energéticos de onda na região estudada. Um domínio de baixa a média energia, com ondas de até 1 metro, que se estende da Praia do Guaibim até o limite da Baía de Camamu e outro domínio de alta energia, com ondas maiores que 1 metro, atingindo a costa atlântica da Península de Maraú e as praias contidas no município de Itacaré.

Domingues e Corrêa-Gomes (2006) defendem que nos trechos costeiros as ondas vindas de SE e de SSE causam uma deriva litorânea no sentido sul-norte, enquanto que as ondas de E e NE criam uma deriva litorânea no sentido inverso, conforme indicado pelas setas ao longo da linha de costa nas Figuras 14a, 14b, 14c, 14d e 14e.

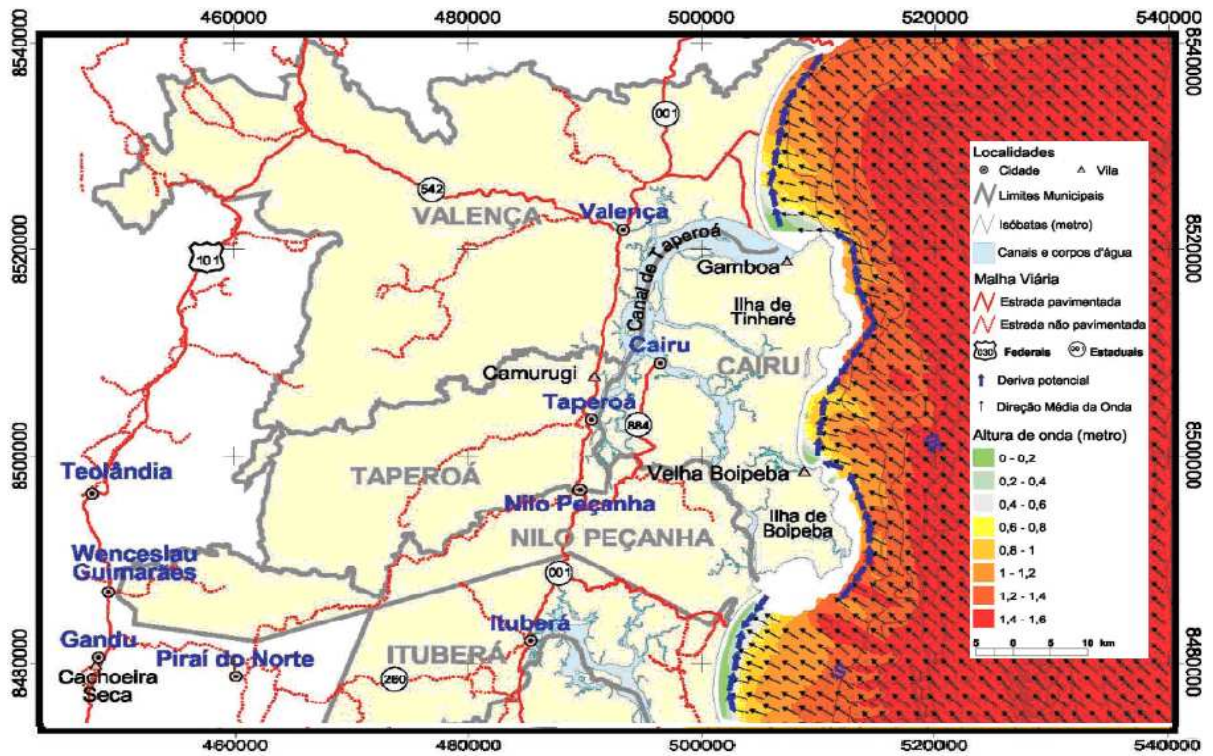


Figura 14a – Diagrama de refração de ondas de SE
 Fonte: Adaptado de Domingues e Corrêa-Gomes (2006)

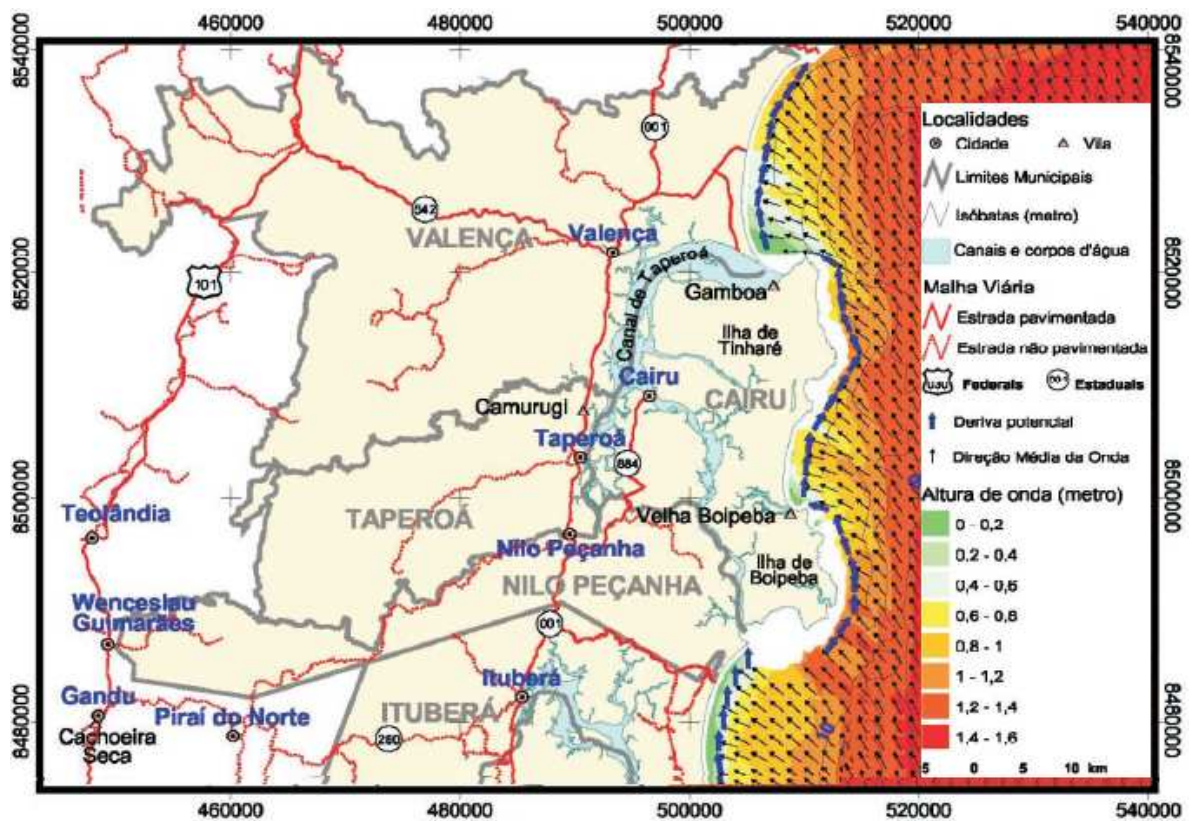


Figura 14b – Diagrama de refração de ondas de SSE
 Fonte: Adaptado de Domingues e Corrêa-Gomes (2006)

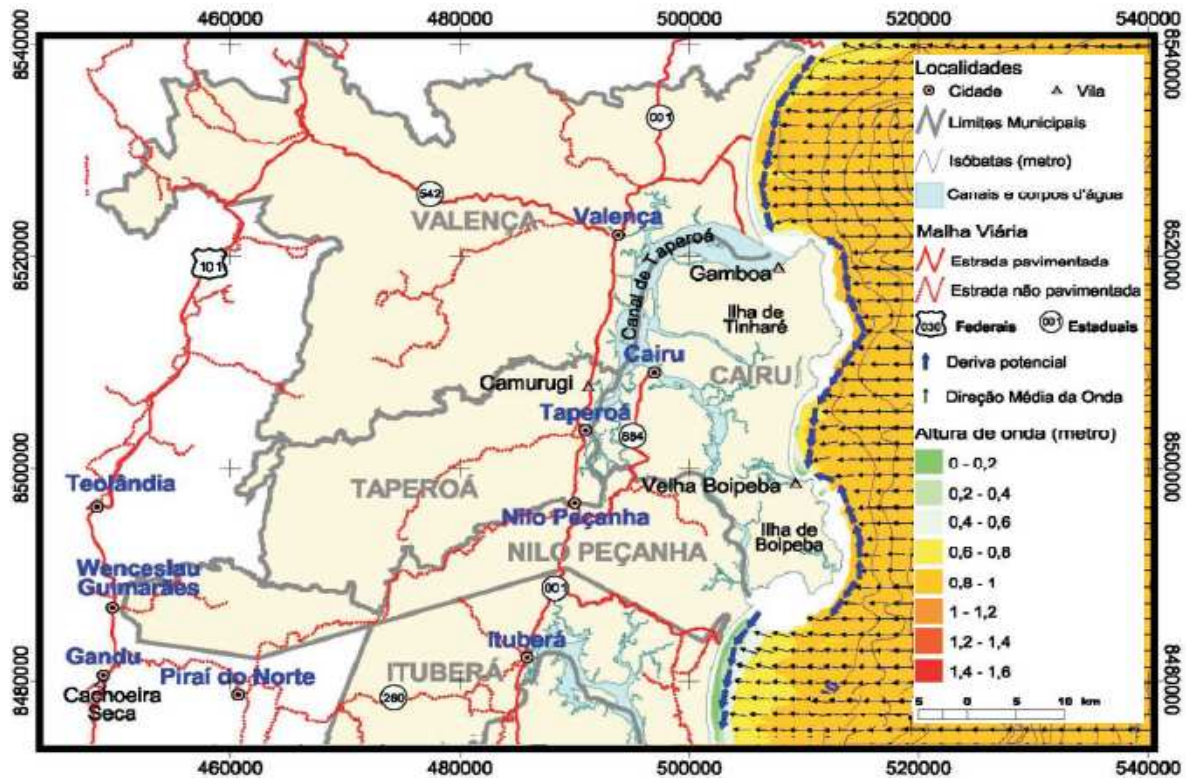


Figura 14c – Diagrama de refração de ondas de E
 Fonte: Adaptado de Domingues e Corrêa-Gomes (2006)

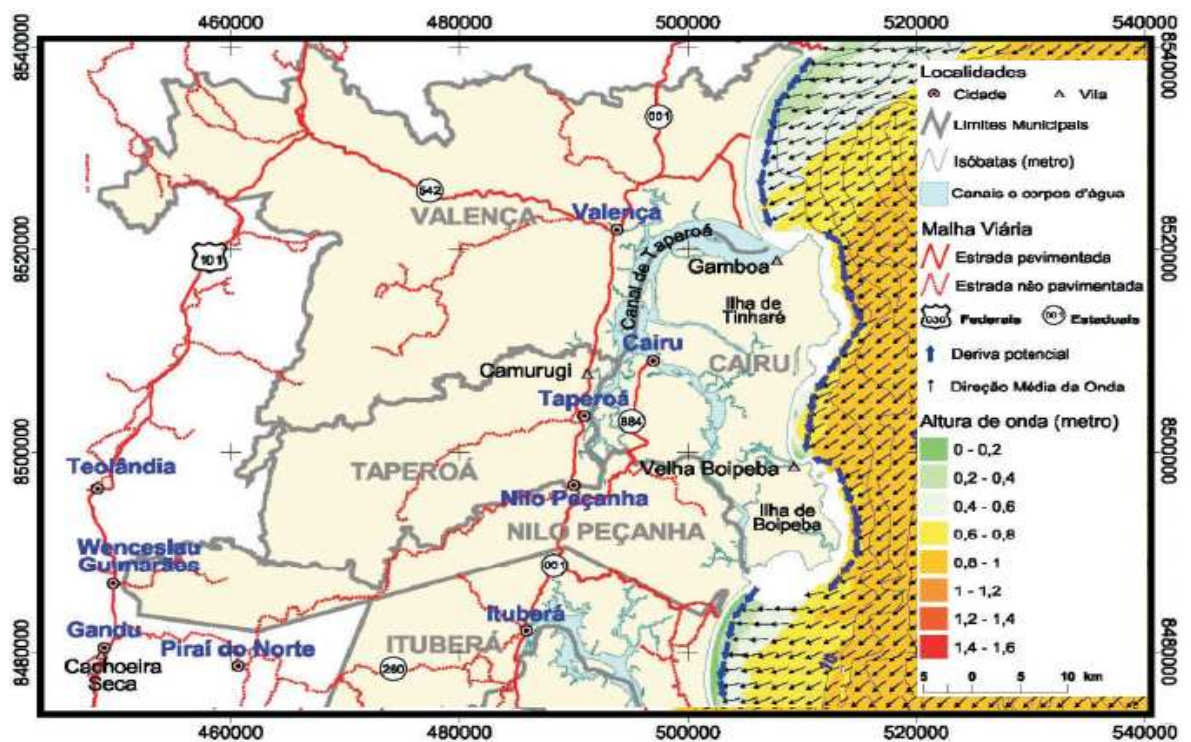


Figura 14d – Diagrama de refração de ondas de NE
 Fonte: Adaptado de Domingues e Corrêa-Gomes (2006)

A intensidade da deriva litorânea é função da altura das ondas e do ângulo de aproximação destas em relação à linha de costa. Na região da Costa do Dendê, de uma maneira geral, o sentido efetivo da deriva é do sul para o norte (Figura 4e), embora em alguns trechos o sentido se inverta (DOMINGUES e CORRÊA-GOMES, 2006).

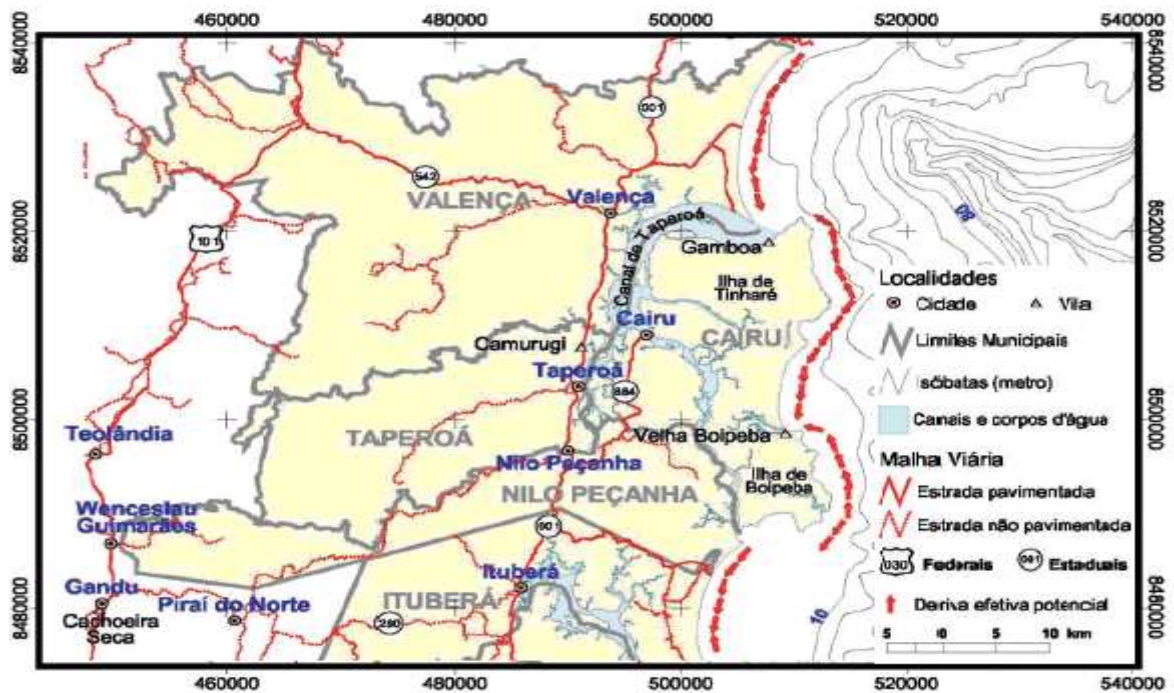


Figura 14e – Diagrama do sentido efetivo da deriva litorânea
Fonte: Adaptado de Domingues e Corrêa-Gomes (2006)

2.2.6 Caracterização das praias e linha de costa

Os principais elementos morfológicos de uma praia arenosa, definidos por Domingues e Corrêa-Gomes (2006) são:

- **Pós-praia** - fora da ação de ondas e marés, geralmente é recoberta por vegetação, caracterizada tanto por um terraço arenoso quanto por falésias esculpidas nas rochas da Bacia de Camamu;

- **Face da praia** - é a parte lavada diariamente pelas ondas nos ciclos de marés. Seu uso para fins recreativos depende de fatores como a inclinação da praia e altura da maré em um dado momento;
- **Zona de surfe** - a área de arrebentação das ondas, onde estas progressivamente dissipam sua energia antes de atingirem a face da praia, o que ocorre em poucas praias de Boipeba;
- **Antepraia** - região além da zona de surfe, onde o fundo é movimentado pelas ondas oceânicas. Na ilha de Boipeba, a profundidade da antepraia está entre 20 e 30 metros, com manguezais que crescem sobre recifes de coral.

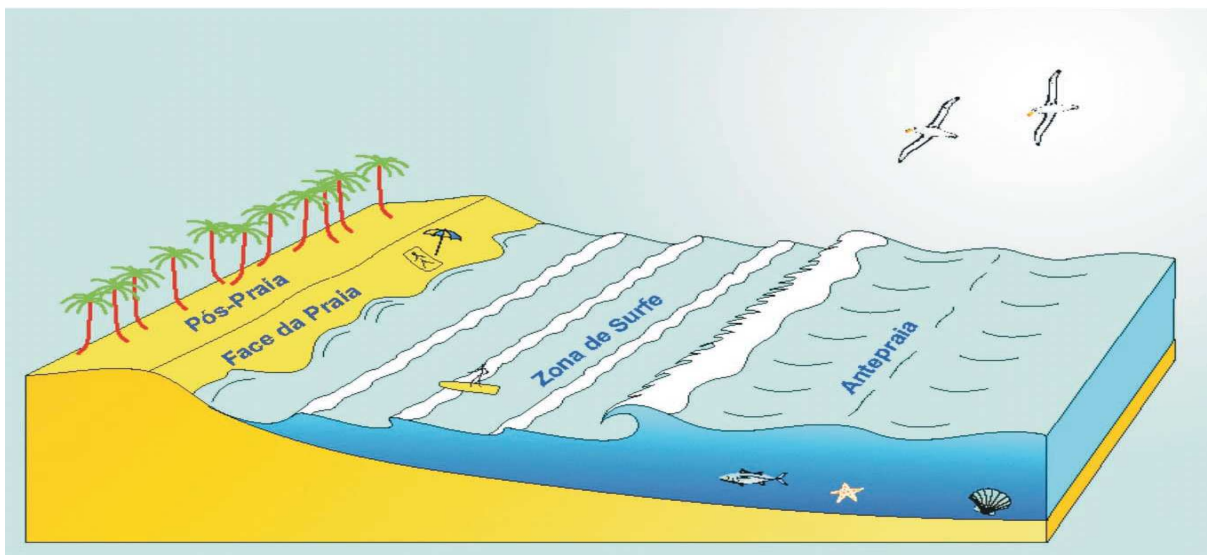


Figura 15 – Elementos morfológicos de uma praia arenosa.

Fonte: Domingues e Corrêa-Gomes (2006)

As praias da região constituem um dos maiores atrativos para as atividades recreacionais, incluindo o turismo, uma das principais fontes de renda da Ilha de Boipeba, por esta possuir praias protegidas por recifes de coral e algas coralinas em franja ao longo de quase toda a linha de costa, o que lhes atribui grande beleza cênica. As praias não são contínuas, havendo diversos trechos de falésias formadas por arenitos e carbonatos das unidades estratigráficas da Bacia de Camamu (Figura 16). Em outros trechos, a linha de costa é formada por manguezais (DOMINGUES; CORRÊA-GOMES, 2006; SILVA *et al.* 2009). Fazem parte da Ilha de Boipeba as

praias de Boca da Barra, Prainha, Tassimirim, Cueira, Moreré, Bainema, Ponta dos Castelhanos e São Sebastião (Cova da Onça).

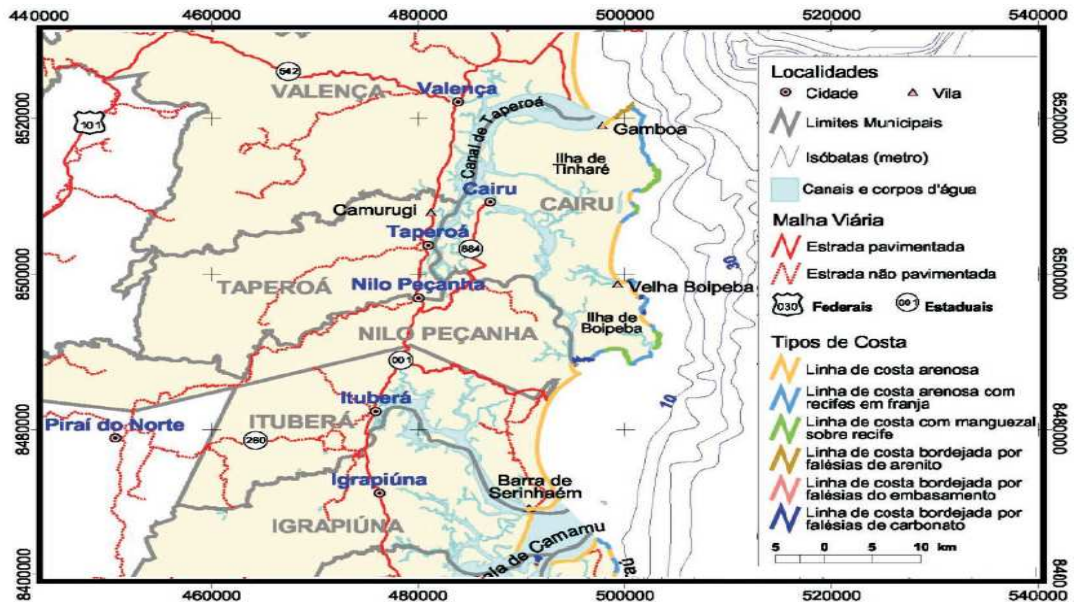


Figura 16 – Tipos de linha de costa da Ilha de Boipeba e arredores

Fonte: Adaptado de Domingues e Corrêa-Gomes (2006)

As praias da região de Boipeba são estreitas, com pós-praias pouco expressivas, com cotas de até 3m, em trechos onde os recifes são interrompidos, como em Bainema e Cueira, com águas extremamente límpidas, ideais para o crescimento de corais (CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS, 1995).

Na foz de rios da Ilha de Boipeba as areias são basicamente siliciclásticas, como na foz do Rio do Inferno (97%), na foz do Rio Oritiba (68%) e ao sul da foz do Rio Cueira, na Praia dos Castelhanos (72%). Das praias, apenas a da Barra é composta por sedimentos siliciclásticos, semelhante à maioria das praias da Costa do Dendê. Nos demais locais da costa os teores de bioclastos oscilam entre 84% e 100% (REBOUÇAS, 2006).

As praias da ilha são muito calmas (baixo nível de energia) devido à existência de recifes em franja, com piscinas naturais ideais para o banho (Figura 17). Mesmo na maré alta, as ondas que passam sobre os recifes se dissipam completamente antes de chegarem à praia (DOMINGUES; CORRÊA-GOMES, 2006).

A região de Boipeba, apesar de possuir recifes em franja margeando quase toda sua costa, não apresenta algas coralinas como principal componente do sedimento.

A menor energia de ondas chegando à costa e a morfologia do recife, formam extensas lagunas rasas e criam ambientes protegidos e calmos, condições favoráveis para o desenvolvimento das algas calcárias do gênero *Halimeda* (Clorofíceas) que são o componente mais abundante das areias de Boipeba, juntamente com outros organismos, como algas coralinas, moluscos, crustáceos e foraminíferos, juntos, constituem a principal fonte de sedimentos para as praias (REBOUÇAS, 2006).



Figura 17 - Linha de costa arenosa com recifes em franja
Fonte: Domingues e Corrêa-Gomes (2006)

Em pequenos trechos da Ilha de Boipeba existem pequenas falésias esculpidas nos carbonatos da Formação Algodões, com altura de até 10 metros. No sopé destas falésias a linha de costa é revestida por seixos de rocha calcária (Figura 18) (DOMINGUES; CORRÊA-GOMES, 2006).



Figura 18 - Linha de costa bordejada por falésias de rocha calcária.
Fonte: Domingues e Corrêa-Gomes (2006)

As principais características das praias de Boipeba, definidas a partir de levantamento de campo, estão apresentadas na Tabela abaixo:

Tabela 6 – Características morfodinâmicas das praias da ilha de Boipeba

Praias	Características	Energia das ondas	Declividade	Tipo de substrato
Boca da Barra	planície de maré baixa; composta por areia fina; presença de manguezal	Baixa; ondas < 0,5m	2° - 5°	Areia fina
Prainha	areia média e seixos; com terraço de abrasão e recifes costa afora	Baixa; ondas < 0,5m; protegida por recifes de corais	5° a 6°	Seixos e areia média
Tassimirim	areia fina; protegida por recifes de corais	Baixa; ondas < 0,5 m; protegida por recifes de corais	2° - 5°	Areia fina
Cueira	areia fina, parcialmente abrigada, energia moderada das ondas	Moderada; ondas <1m; 2 a 3 linhas de arrebenção	3°	Areia fina
Moreré	areia média, c/ afloramentos de rocha; protegida por recifes de corais; presença de manguezal	Baixa; ondas < 0,5m; protegida por recifes de corais.	2°	Areia média; substrato rochoso e vegetado
Bainema	areia fina; protegida por recifes de corais; presença de manguezal	Baixa; ondas < 0,5 m; protegida por recifes de corais	2°	Areia fina; substrato vegetado
Ponta dos Castelhanos	areia fina; protegida por recifes de corais; presença de manguezal	Baixa; ondas < 0,5 m	3°	Areia fina; substrato vegetado
São Sebastião	praia em bolso; areia fina; presença de manguezal	Baixa; ondas < 0,5 m; praia em bolso	3° - 4°	Areia fina; substrato vegetado

Fonte: Levantamento de campo (classificação da granulométrica conforme ABNT NBR 6502/93)

2.3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS

Como os registros oficiais não alcançam isoladamente a ilha de Boipeba, mas tão somente o município de Cairu, serão a seguir apresentados os dados desse Município obtidos junto ao IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e à SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, fazendo-se, sempre que possível, uma analogia à situação verificada *in loco* em Boipeba.

2.3.1 Economia

Conforme informações pessoais do Sr. Guimarães, empresário local, o transporte de cargas e pessoas no local é feito exclusivamente por animais ou por tratores de pneus acoplados a um reboque. Não existe rede de esgoto e o recolhimento do lixo, apenas para a região mais habitada, a vila Velha Boipeba, se dá por reboques puxados por trator. O abastecimento de água, iniciado há cerca de 8 anos, é feito pela EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento, mas atinge apenas parte da população. A outra parte abastece-se através de cisternas.

O fornecimento de energia elétrica, anteriormente através de gerador movido a motor de combustão interna, passou a ser feito pela COELBA – Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia há quase duas décadas, na tensão nominal de 220 volts, alimentando a ilha através de cabos subterrâneos.

A telefonia fixa funciona há cerca de 20 anos e a telefonia móvel celular, mais recente, apresenta sinal de comunicação apenas em alguns pontos mais elevados da Velha Boipeba, mas não para todas as operadoras.

Na educação, Boipeba conta com apenas 2 escolas municipais, recorrendo ao Município de Cairu para suprir as necessidades adicionais.

Na agricultura, a produção predominante é de coco (*Cocos nucifera*) e dendê (*Elaeis guineensis Jacq.*), existindo, porém, frutos tropicais típicos, como manga, caju e mangaba, conforme informações de um veranista que frequenta regularmente a ilha há mais de duas décadas (Sr. Gledson Reis, comunicação pessoal).

Segundo dados do IBGE de 2003, o Município de Cairu contava com índice de pobreza de 66,85%, denotada pela situação de informalidade no trabalho de 78,51% e por uma taxa de desocupação de 16,01%, com rendimento médio mensal da população, em 2000, de R\$ 224,00, porém 66,9% da população têm renda *per capita* de até meio salário mínimo (R\$ 120,00); a arrecadação tributária do município em 2007 foi de R\$ 3,0 milhões, sendo R\$ 2,8 milhões em ISS³, R\$ 158,3 mil em ITIV⁴ e R\$ 33,9 mil em IPTU⁵ (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS, 2010).

³ Imposto Sobre Serviços

⁴ Imposto de Transmissão Inter-Vivos (aplicável à transferência de imóveis)

⁵ Imposto Predial Territorial Urbano

A falta de emprego e renda para boa parte dos habitantes da Ilha pode estar contribuindo para o alto índice de ocorrências delituosas da região, que são registradas na Unidade Policial sediada no município de Valença, conforme detalhado na Tabela 7.

Tabela 7 - Índices de violência na macro-região em 2007

Unidade Policial	Tipo de Ocorrência	Quantidade
5ª - Valença	Furtos e Roubos	2.959
	Homicídio	59
	Lesão Corporal	1.422
	Outras Ocorrências Delituosas	7.105
	Outras Ocorrências não Delituosas	3.967
	Suicídio	15
	Tráfico Tóxicos	64
	Uso Tóxicos	73

Fonte: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais (2010)

Um forte indicador de desenvolvimento de uma região é o consumo de energia elétrica, que está diretamente associado ao seu nível de industrialização. No município de Cairu o consumo residencial está praticamente equiparado ao das instalações comerciais (isto, sem considerar a existência de pontos comerciais informais), estando o consumo para a indústria em forma incipiente, como detalha a Tabela 8. Por não haver dados específicos para a Ilha de Boipeba, a situação, espera-se, segue a mesma proporção de Cairu.

Tabela 8 - Consumo de energia elétrica na macro-região em 2009

Tipo	Consumo (KWH)	%
Comercial	6.472.561	44,8%
Residencial	5.946.498	41,1%
Pública	1.712.022	11,8%
Rural	201.469	1,4%
Industrial	116.792	0,8%
Outros	1.766	0,0%
Total	14.451.108	100%

Fonte: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais (2010)

Além das atividades da pesca e agricultura, atualmente a região também conta com a exploração de gás no campo marítimo de Manati, realizado por consórcio de empresas liderado pela Petrobras, o que ainda não foi o suficiente para garantir melhorias na qualidade de vida para a população, na sua maioria ribeirinha, que vive da exploração artesanal dos recursos naturais como coco, piaçava e dendê, além da

pesca e mariscagem (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS, 2010).

O início da produção de gás natural no Campo Manati, em janeiro de 2007, vem gerando recursos em forma de *royalties*⁶ ao Município de Cairu, o que poderá trazer novos investimentos para a localidade.

O crescimento do turismo que se verifica no povoado é considerado uma atração econômica não só para os empresários, mas também para a população de baixa renda, que depende da atividade turística para complementar o seu sustento, principalmente no verão. Há estimativas de que o turismo sustente cerca de um terço da população da ilha, repercutindo de forma positiva na renda dos pescadores e marisqueiras locais (PETROBRAS, 2003a).

A Costa do Dendê tem amplo potencial para o desenvolvimento de um turismo sustentável, seja nas áreas costeiras ou nas cidades estuarinas e região rural serrana, devido ao imenso patrimônio ambiental e rica história regional. Entretanto, o que se observa é que o turismo na região ocorre de modo espontâneo, sem planejamento público ou privado (BRASIL, 2006).

Existem fortes conflitos entre o turismo e meio ambiente, com risco de comprometimento de ambientes naturais submetidos à expansão urbana desordenada, à poluição de rios e nascentes pelo esgotamento sanitário inexistente ou não planejado e à falta de atuação profissional que regule o fluxo turístico ao longo do ano, criando forte sazonalidade em poucos dias do ano. A busca de atrativos naturais, como se verifica em Boipeba, não tem roteiros e conteúdo para as visitas que potencializem o valor da biodiversidade regional, a conservação dos atrativos e uma perspectiva educativa em meio ambiente, como se recomenda em destinos turísticos com este perfil (BRASIL, 2006).

A incompatibilidade entre turismo e exploração de petróleo também tem sido alvo de conflito na região, levando ambientalistas, comerciantes, pescadores e o Ministério Público de vários municípios a um conjunto de audiências públicas para tentar amenizar a situação (BRASIL, 2006).

2.3.2 População

⁶ Lei Nº 9.478, de 6 de agosto de 1997 (http://www.anp.gov.br/participacao_gov/royalties.asp)

No censo IBGE/2000, a população municipal de Cairu era de 11.410 habitantes, 51% homens e 49% mulheres, com 39% na zona rural e 61% em áreas urbanas, tendo-se verificado um êxodo rural de 3,18% ao ano em relação ao censo anterior (1990), decorrente do baixo dinamismo das atividades agro-pecuárias e extrativistas. A distribuição populacional contabilizada pelo IBGE (2010), por faixa etária, é a seguinte:

- Menos de 14 anos: 35%
- 15 a 19 anos: 12%
- 20 a 39 anos: 33%
- 40 a 59 anos: 14%
- Mais de 60 anos: 7%

Dessa população de Cairu, cerca 2.000 habitam a Velha Boipeba e igual quantidade o restante da ilha (BOIPEBATUR, 2010).

2.3.3 Educação

No âmbito educacional, segundo o IBGE (2010) e a Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais (2010), o município em 2008 possuía 2.798 alunos no ensino fundamental, sendo 2.695 em 24 escolas municipais e 103 em uma escola estadual, e mais 370 no ensino básico, 295 nas cinco escolas municipais e 75 na escola estadual.

2.3.4 Saneamento ambiental e saúde

Cairu, embora apresente resultados estatísticos deficitários, está em uma das melhores condições entre todos os municípios da região de abrangência do campo petrolífero de Manati, com 86,5% de domicílios abastecidos por rede geral de água potável, poço ou nascente, apesar de ter o menor percentual para os domicílios com rede de esgoto (apenas 1%) e um número considerável que não possui banheiro nem sanitário (31,3%). Este município soma um número maior de domicílios cujo tipo de esgotamento sanitário eram as fossas, totalizando 54,6%, sendo 32,6% sépticas e 22% rudimentares (PETROBRAS, 2003a).

O Município conta com oito unidades de saúde com atendimento pelo SUS (Serviço Único de Saúde), cinco destas com atendimento odontológico básico e apenas uma dispendo de internação (um leito) e atendimento à emergência total (IBGE, 2010).

A coleta de lixo é irregular e inadequada, com depósito a céu aberto. Fato agravante é que este lixão está operando junto à uma nascente e em tempos muito chuvosos, conforme verificado *in loco*, o lixo flutua no rio em direção à praia.

2.4 FLORA E FAUNA

Os remanescentes de floresta existentes no Litoral Sul da Bahia são constituídos de indivíduos arbóreos sem resistência à seca e faz parte da Mata Higrófila Sul Baiana, segundo classificação de Rizini (1967 *apud* BRASIL, 2006). Em outra denominação, este tipo de vegetação é tecnicamente tratado como Floresta Ombrófila Densa (BRAZÃO; ARAÚJO, 1981 *apud* BRASIL, 2006), constituindo uma ocorrência típica e característica da Floresta Atlântica, também comum na Floresta Amazônica. Está presente sobre os latossolos⁷ vermelho amarelo de textura argilosa, de relevo forte ondulado a montanhoso do embasamento cristalino, bem como de latossolos amarelo de textura arenosa, de relevo ondulado a suave ondulado, originários da Formação Barreiras (BRASIL, 2006).

As ilhas de Cairu, Tinharé e Boipeba, apresentam, ainda, restos da Mata Atlântica, manguezal e restinga, em diversos estágios de regeneração e possui grande diversidade de espécies animais e vegetais (QUEIROZ *et al*, 2010).

Nesta região é comum a presença de manguezais, principalmente na Praia de Moreré, Ponta dos Castelhanos e São Sebastião. O manguezal é um grupo de plantas adaptadas em solos saturados em água, anaeróbicos e salinos, sendo constituído por árvores e arbustos que crescem ao longo de estuários e costas protegidas. Esse ambiente halófito mantém uma flora ora com gramíneas (*Spartina*) e amarilidáceas (*Crinum*), que lhe confere uma fisionomia herbácea, ora com espécies arbóreas dos gêneros *Rhizophora*, *Laguncularia* e *Avicennia*, e atuam na exportação de proteínas para as áreas costeiras adjacentes, alimentando organismos aquáticos no início de suas vidas (DOMINGUES & CORRÊA-GOMES, 2006).

⁷ O latossolo é um tipo de solo desenvolvido a partir de material submetido à intensa intemperização, resultando num empobrecimento em sílica e num importante acúmulo de ferro (Fonte: Engenharia Sanitária Ambiental vol.12 n°1, Rio de Janeiro. Ja n./Mar. 2007 – Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522007000100009)

Segundo Paz (2005 *apud* SILVA, 2008), os manguezais são fontes de matéria orgânica que são a base da cadeia trófica com espécies de importância econômica e/ou ecológica, constituindo área de abrigo, reprodução, desenvolvimento e alimentação de espécies marinhas, estuarinas e terrestres.

Muitas vezes os manguezais usam como substrato os recifes de corais, comuns ao longo das ilhas de Tinharé e Boipeba. Esses corais fornecem abrigos e fundos para uma ampla variedade dos organismos marinhos e com o seu esqueleto em carbonato de cálcio ajudam a formar a base estrutural do recife, sobre a qual crescem algas coralinas duras, que florescem em áreas de ação das ondas (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION, 1992).

Outro ecossistema presente em Boipeba é a restinga, que são comunidades vegetais, como campos ralos de gramíneas e matas fechadas, que cobrem formações de planícies quaternárias compostas por uma sucessão de terraços arenosos, as quais tiveram origem nas regressões e transgressões marinhas ocorridas no período Quaternário. As plantas de restinga têm características xeromórficas, ou seja, apresentam maior resistência ao ambiente relativamente seco dos terraços arenosos devido às adaptações morfológicas sofridas, para compensar o solo pobre em argilas e em matéria orgânica, e a baixa capacidade de retenção de água e nutrientes. Suas folhas são geralmente suculentas, capazes de armazenar água, e são envoltas em uma grossa epiderme, que reduz a perda por evaporação (DOMINGUES & CORRÊA-GOMES, 2006).

Tabela 9 – Tipos de vegetação do município de Cairu

Tipos de Vegetação	Área (em ha)
Floresta Estágio Primário	0
Floresta Estágio Médio/Avançado de Regeneração	3.820
Floresta Estágio Inicial de Regeneração	7.768
Manguezal	8.599
Restinga	8.547
Brejo	6.387
Mata Ciliar	0
Área Antropizada	3.672
Agropecuária Cacau	28.514
Rio Perene	7.025
Cidade/Localidade	731
Total	45.890

Fonte: Brasil (2006)

Com relação à fauna, deve-se levar em conta que muitas aves usam o ambiente marinho para alimentação, reprodução e nidificação, além de ponto de apoio para migração. Impactos nesta região prejudicam a diversidade avifaunística, reduzindo a biodiversidade de aves, peixes e de invertebrados associados com o mangue, quando este é submetido a contaminação por óleo.

Em levantamento efetuado na região, em observação direta com o apoio da comunidade local e com base na pesquisa de Silva *et al.* (2008), foram catalogadas, até cerca de 50 metros adentro da linha de maré adentro, pouco mais de 60 espécies de aves, compondo 30 famílias e 13 ordens.

Dentre as famílias de aves catalogadas na região destacam-se as seguintes:

- **Alcedinidae:** são aves de bico imenso, com as asas aparentemente curtas, mas com braço longo. Possuem plumagem densa e lisa, ajustada ao corpo para vida aquática, alimentando-se de peixes e, eventualmente, de pequenos vertebrados, artrópodes e insetos. Habitam em águas interiores, rios, lagos, manguezais e orla marítima. Em Boipeba foi vista a espécie *Chloroceryle amazona* (Martim-pescador-verde);

- **Ardeidae:** São aves esbeltas, com pernas e dedos compridos, pescoço fino e bico longo pontiagudo, com tamanhos variando desde o socozinho (*Butorides striata*) à garça-branca-grande (*Ardea alba*), habitando ambientes marinhos, águas interiores e manguezais, com hábito alimentar de peixes, insetos aquáticos, caranguejos, moluscos, anfíbios e répteis. Na área de estudo também foram vistas espécies como *Nyctanassa violácea* (savacu), *Egretta thula* (garça-branca-pequena) e *Egretta caerulea* (garça-azul);

- **Charadriidae:** são aves cosmopolitas ou limícolas, oriundas do hemisfério norte ou de regiões austrais da América do Sul, que se espalharam por todos os continentes. Em Boipeba foi vista a espécie *Charadrius collaris* (batuíra-de-coleira);

- **Fregatidae:** são aves marinhas de grande porte e cauda em forma de “V”, portando enorme bolsa inflável avermelhada na goela. Possuem asas longas, estreitas e angulosas, o que lhes dá elegância no vôo. Habitam mares continentais tropicais e

subtropicais, com espécies em todo o litoral brasileiro. Na região de Boipeba foram vistos indivíduos de *Fregata magnificens*, (fregata);

- **Jacanídae:** são aves com pés com dedos bem desenvolvidos, adaptados para caminhar sobre plantas flutuantes de charcos e lagoas, e com esporões no encontro das asas e escudos coloridos na testa, tendo como alimento principal insetos aquáticos que habitam sob as plantas flutuantes. No Brasil se tem registro de uma única espécie, a *Jacana jacana* (jaçanã);

- **Phalacrocoracidae:** são aves migratórias que vivem em ambientes marinhos ou águas internas. Alimentam-se basicamente de peixes e por isso desenvolveram boa capacidade de mergulho. No Brasil encontra-se uma única espécie, a *Phalacrocorax brasilianus* (biguá);

- **Rallidae:** são aves de pernas e dedos longos sem membranas natatórias e cauda curta, com hábito alimentar variado, desde capim e brotos de milho à pequenas cobras d'água (*Helicops sp*), insetos, larvas e até ovos de outras espécies;

- **Sternidae:** são aves de asas longas, pernas curtas e dedos com membrana natatória integral, que lhes permite mergulhar para captura de peixes. A espécie *Sterna hirundo* (trinta-réis-boreal) é migratória do hemisfério norte para a América do Sul durante a primavera e o verão, tanto no litoral quanto no interior.

Nas coletas efetuadas na pesquisa de campo foram identificados crustáceos da ordem Decapoda, sendo os mais conhecidos apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Crustáceos mais comuns em Boipeba

Nome Comum	Família
Camarão	Penaeidae
Siri	Portunidade
Lagosta	Scyllaridae
	Palinuridae
Caranguejo	Ocypodidae
Ganhamum	Grapsidae

Fonte: Pesquisa de campo

Em relação aos moluscos, na região as classes Bivalves (corpo entre duas conchas) e a Gastropoda (estômago e pernas ou envolto em casulo) se destacam pela

abundância e diversidade (Tabela 11), cuja função para o equilíbrio do ecossistema aquático é bem relevante, pois é a base alimentar para peixes e camarões.

Tabela 11 – Moluscos mais comuns em Boipeba

Nome Comum	Família
Lambreta	Lucinidae
Sururu	Mytilidae
Sarnambi	Veneridae
Ostra	Ostreidae
Polvo	Octopus spp.

Fonte: Pesquisa de campo

Durante a pesquisa de campo na região de Boipeba também foram identificadas diversas espécies de mamíferos, dentre os quais se destaca a *Lontra longicaudis* (lontra), que, por ser um carnívoro de hábitos semi-aquáticos, que se alimenta preferivelmente de peixes e crustáceos, pode ser atingido direta ou indiretamente por um possível derrame de petróleo. Outras espécies de mamíferos locais também são sensíveis à contaminação por petróleo, como o *Cerdocyon thous* (raposa), *Didelphis albiventris* (sariguê) e a família *Dasypodidae* (tatu), por serem animais oportunistas, que muitas vezes se alimentam de animais mortos nas proximidades das praias.

2.5 ATUAÇÃO DAS EMPRESAS PETROLÍFERAS

O Brasil, em seus 7.367 km de costa (IBGE, 2010), possui a maior parte de suas reservas de petróleo, cerca de 92%, em bacias sedimentares marítimas, com maior concentração, 86%, na Bacia de Campos. Na Bahia, a contribuição da Bacia de Camamu-Almada é de apenas 0,29%, representando 5,16 milhões de metros cúbicos em reservas provadas de petróleo (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2009).

Essa quantidade pode parecer pequena, mas em termos de óleo e gás essas reservas são maiores que tudo o que foi produzido no Estado da Bahia desde a década de 1940, quando iniciou a produção de petróleo no Brasil (PETROBRAS, 2010).

Na Bahia, atualmente a produção de petróleo está concentrada em campos terrestres, sendo produzido no mar apenas o gás. Como o Campo Pinaúna, explorado pela El Paso, ainda não está produzindo (EL PASO, 2010), a produção baiana de gás está sendo no Campo Manati, operado em consócio da Petrobras com as empresas Queiroz Galvão e Norse Energy, com início de operação em 2006, com a plataforma

PMNT-1, com vida útil prevista de 20 anos. Em agosto/2006 a PMNT-1 atingiu a extração de 8 milhões de metros cúbicos por dia (GASNET, 2009).

A produção de petróleo no mar é feita por plataformas de diferentes tipos, em função do relevo da região submersa. A Figura 19 apresenta os principais tipos de plataformas atualmente empregados no Brasil (PETROBRAS, 2010).



Plataforma Fixa (Enchova 1)



Plataforma tipo FPSO (P-48)



Navio Sonda (NS-09)



Plataforma Semi-submersível (P-52)



Plataforma Auto-elevatória (PA-6)

Figura 19 – Tipos de plataformas em uso no Brasil
Fonte: Petrobras (2010)

Num campo marítimo (Figura 20) ou terrestre de produção de petróleo, o segmento de exploração é o responsável pela identificação das reservas comerciais e o de produção extrai e bombeia o petróleo, separando-o do gás natural, da água e de outros contaminantes. O petróleo e o gás são enviados através de dutos e/ou navios, para o segmento de refino. Neste último, o gás natural é tratado nas Unidades de Produção de Gás Natural (UPGN) e o petróleo é refinado, dando origem aos seus derivados, que são, então, distribuídos aos consumidores finais (PETROBRAS, 2008b).

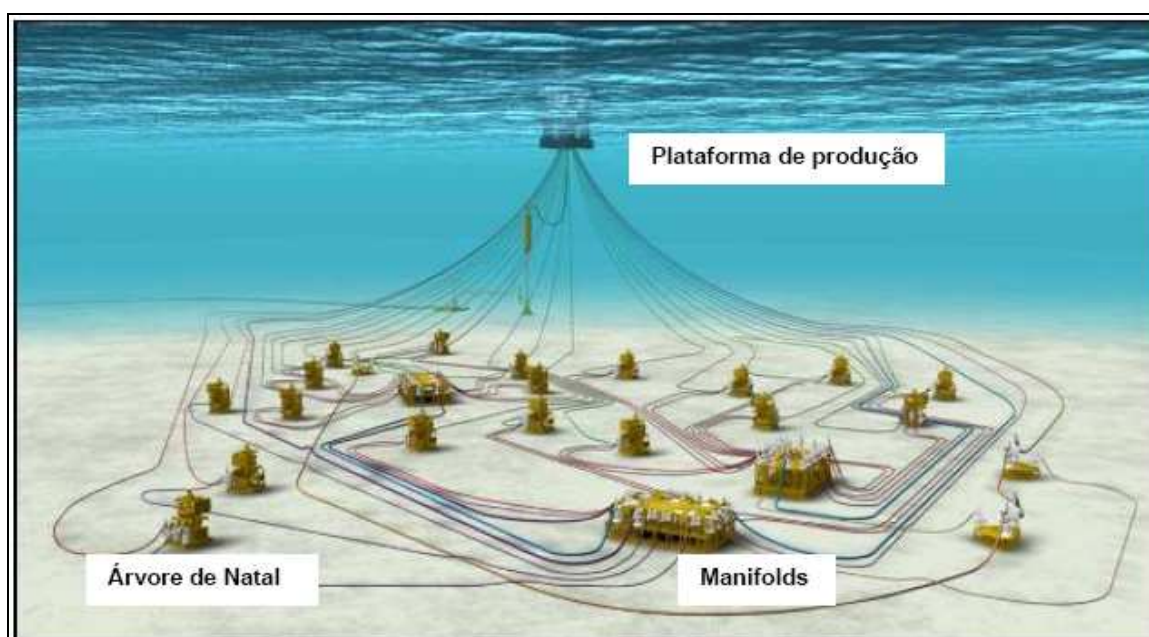


Figura 20 – *Layout* típico de um campo de produção de petróleo *off-shore*
Fonte: Petrobras (2010)

O transporte marítimo de petróleo e derivados no Brasil constitui-se no principal modal, atuando tanto na navegação de longo curso como na navegação de cabotagem ao longo de toda a costa brasileira (SILVA, P., 2004) e isto é uma séria fonte de preocupação devido ao risco de vazamentos decorrentes de acidentes.

Como o campo petrolífero explorado na região pela Petrobras é essencialmente de gás, o risco de derramamento de óleo está concentrado apenas em acidentes envolvendo embarcações de apoio às operações desse campo ou navios petroleiros em trânsito, que, segundo relatórios internos da Transpetro⁸, transportaram em março de 2010, 834.469 toneladas de derivados de petróleo pelo mar da região

⁸ A Transpetro é uma empresa subsidiária da Petrobras que cuida do transporte de derivados de petróleo pelo mar (através de navios petroleiros) ou por terra (essencialmente por dutos).

(PETROBRAS, 2008b). Também existem riscos de contaminação a partir das plataformas, com o vazamento ou descarte irregular de fluidos de perfuração, cascalhos saturados com diferentes compostos tóxicos extraídos das rochas escavadas, além de outros resíduos, em menor escala volumétrica (CAMPOS, 2004) os quais não serão atingidos nesse estudo.

A intensificação da atividade petrolífera na região tem causado conflito de interesses: pescadores acusam prejuízos significativos e a população teme a poluição e alterações na paisagem. Questionamentos de informações sobre impacto ambiental, interesses políticos, decisões unilaterais e dificuldades de fiscalização representam exemplos da complexidade para gerir esse conflito.

A Costa do Dendê é um exemplo típico dessa situação, com a criação de um clima de profunda insatisfação entre os pescadores, que estimam perda de até 50% nos seus faturamentos, devido à atuação de empresas petrolíferas. Para eles os problemas financeiros têm dificultado a compra de óleo diesel e gelo, itens essenciais à sua atividade. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) determinou medidas compensatórias e estabeleceu um sistema de reparação das perdas por meio do financiamento de projetos sociais para colônias e associações de pesca. Aquisição de computadores e investimentos em consultórios dentários são alguns exemplos de benefícios direcionados às comunidades (CAMPOS, 2004).

Para a Colônia de Pescadores Z-15, situada em Valença, o aporte financeiro não cobriu os prejuízos, mas a El Paso defende que a principal responsável pelo declínio da pesca costeira é a superexploração dos recursos naturais e que existe “uma tendência natural de as pessoas culparem outras práticas pelo que está acontecendo no seu dia-a-dia” (CAMPOS, 2004).

De fato, conforme apurado com os pescadores mais antigos de Boipeba, no final da década de 70, a região recebeu barcos para pesca de arraste de um programa do Governo Federal. Até então, a pesca era artesanal e o turismo era restrito a alguns “coronéis” que eram eventualmente trazidos à Ilha por um barco da Prefeitura de Cairu. Conforme o relato, a década seguinte (1980) foi marcada pelos melhores resultados em volume de pesca registrados na região. No entanto, a partir daí, houve constante declínio dos resultados da pesca. Esse padrão é resultante da prática da pesca por arraste, reconhecidamente predatória, pois envolve a remoção do substrato superficial

do fundo do mar, interrompendo ciclos críticos da cadeia alimentar (GEO INNOVA, 2010).

Ainda segundo Campos (2004), entre fevereiro e maio de 2003, o surgimento de milhares de peixes mortos no mar e em praias da região acirrou ainda mais o debate, pois na época a El Paso e a PGS (Petroleum Geo-Services) operavam naquela área.

Esses episódios demonstram as dificuldades enfrentadas por órgãos públicos, federais e estaduais, no acompanhamento e fiscalização das atividades das empresas de petróleo nas comunidades (CAMPOS, 2004).

A preocupação da indústria do turismo não está apenas na degradação do meio ambiente, pois a poluição visual é outro aspecto importante, pois, a imagem do sol nascendo no mar de belíssimas praias contrasta com a sombra de uma plataforma de petróleo. Mas há os que defendam a permanência da indústria do petróleo no local, devido à expectativa de que os *royalties* advindos da atividade melhorem as finanças dos municípios atingidos, embora haja a preocupação com possíveis improbidades administrativas e o gerenciamento inadequado dos recursos que venham a transformar o benefício num verdadeiro presente de grego (CAMPOS, 2004).

No processo de licenciamento, o IBAMA baseia-se em informações sobre a sensibilidade ambiental das áreas pretendidas para determinar as exigências que serão impostas às empresas. A falta de dados sobre diversas regiões, porém, é um dos principais obstáculos enfrentados pela entidade (CONAMA, 2006).

Esse cenário de incertezas contribuiu para a exclusão, em 2003, da rodada anual de licitações, realizada pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), de 162 blocos exploratórios localizados no banco de Abrolhos, área de proteção ambiental que abrange regiões nos estados da Bahia e do Espírito Santo e considerada pelo IBAMA como a mais crítica da costa brasileira. A exclusão foi motivada pela pressão de diversas ONGs nacionais e internacionais, que afirmam ser inviável a introdução de uma política de desenvolvimento baseada na exploração de petróleo e gás numa região que emprega, diretamente, cerca de 100 mil pessoas na pesca e no turismo comunidades (CAMPOS, 2004).

Na Costa do Dendê, a realização de audiências públicas, o investimento em acompanhamento comunitário e a assinatura de compromissos perante a Justiça entre os diversos segmentos são apontados como as melhores formas de equacionar os interesses dos setores envolvidos. Investir em iniciativas desse tipo parece ser o caminho mais curto, senão o único, para que o gerenciamento conjunto das variadas

atividades econômicas alcance o ainda distante princípio do equilíbrio defendido pela maioria dos participantes da discussão (CAMPOS, 2004).

Campo Manati

O Campo de Manati, explorado pela Petrobras, foi descoberto em outubro de 2000 e está situado na Bacia de Camamu, na costa do Município de Cairu, Estado da Bahia (Figura 21), em profundidade de água de 35 a 50m, tendo como principais reservatórios arenitos fluvio-eólicos da Formação Sergi, de idade jurássica (PETROBRAS, 2008a).

O sistema de produção e escoamento do Campo é composto de uma plataforma fixa denominada PMNT-1, estando previstos 7 poços verticais produtores interligados à plataforma através de linhas de produção flexíveis (Figura 22), e desta à estação de tratamento de gás, situada próximo à Refinaria Landulpho Alves – Mataripe (RLAM), através de gasoduto marítimo/terrestre de 24 polegadas de diâmetro e com cerca de 117 km de extensão (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2004).

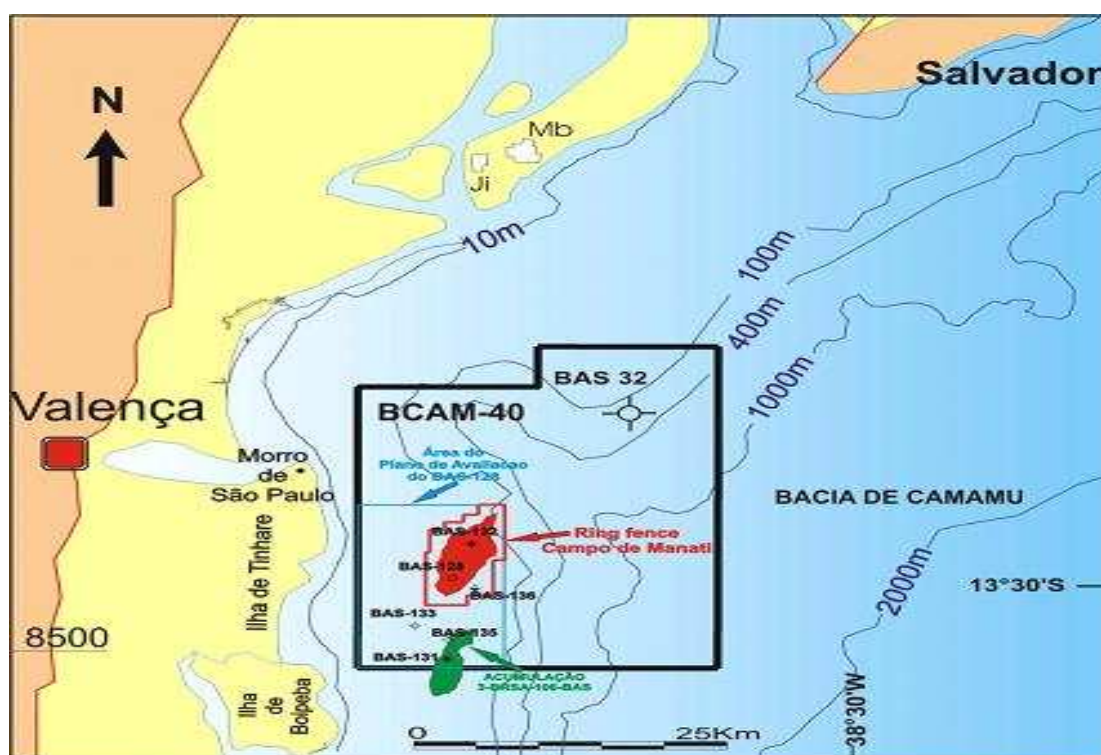


Figura 21 – Campos de petróleo na região de estudo

Fonte: Petrobras (2008a)

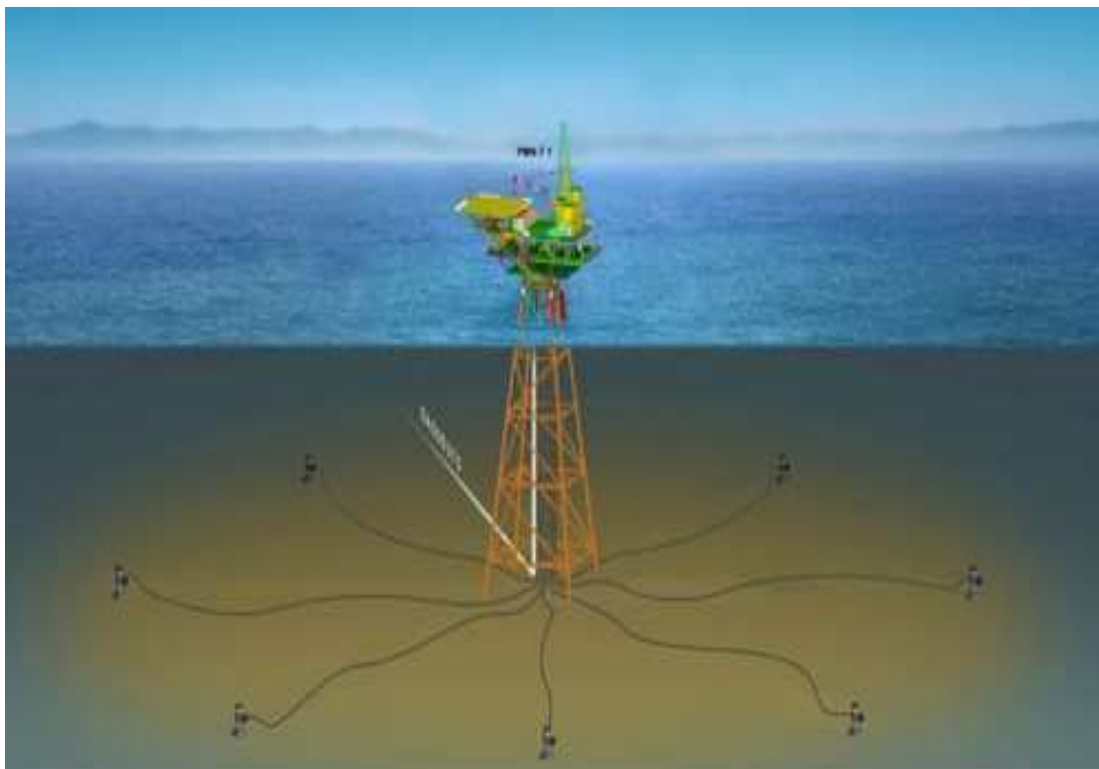


Figura 22 – Plataforma de Manati

Fonte: Petrobras (2008a)

A plataforma é totalmente automatizada e permite o seu controle à distância e foi concebida com dimensões reduzidas para minimizar o impacto visual. Para a sua implantação foram desenvolvidos estudos entre dez alternativas de locais e traçados para o gasoduto que a interliga com o continente, no município de São Francisco do Conde/BA. O controle ambiental durante a operação é realizado com monitoramento constante da fauna aquática e terrestre, flora, qualidade da água, corais e da atividade pesqueira em toda área de influência do Campo de Manati. Também estão em execução programas de recuperação de áreas degradadas e educação ambiental de trabalhadores, além de ações pontuais, como a feira ambiental na Enseada do Paraguaçu-Maragogipe, limpeza do mangue em Acupe, em Santo Amaro da Purificação, e apoio à implantação do Plano Gestor da Área de Proteção Ambiental de Guaibim (GASNET, 2009).

Em janeiro/2010 o Consórcio que opera o Campo Manati doou à comunidade de Moreré um Centro Comunitário de 150m² construído por 28 jovens e adultos que foram capacitados nas profissões de pedreiro, carpinteiro, encanador, pintor e electricista, também por iniciativa do Consórcio, que os remunerou durante os cinco meses de curso com R\$ 200,00 mensais. Outros cursos similares também foram ministrados em outras localidades da região (PETROBRAS DISTRIBUIDORA, 2010).

Em termos de investimentos socioambientais na região, a Petrobras (2010), segundo a Gerência de Comunicação dessa empresa, implantou os seguintes programas:

Parceria com a comunidade de pescadores – com entrega de 90 kits de salvatagem, compostos de coletes e bóias salva-vidas, extintor de incêndio, estojo de primeiros socorros, balsa de abandono, etc.

Projeto Casa das Marisqueiras – em parceria com o Núcleo de Pesquisa e Extensão em Habitação Popular – Thaba, da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, foram entregues 84 unidades familiares de beneficiamento de mariscos para as comunidades de Cairu, Conceição e Barra do Paraguaçu, visando o desenvolvimento do comércio local (Figura 23).



Marisqueira antes da construção das UFB



Projeto transforma a vida das marisqueiras

Figura 23 – Projeto Casa das Marisqueiras
Fonte: Petrobras (2010)

Projeto Curso Profissionalizante para a Construção de Centros Comunitários – Foram construídos quatro centros comunitários com a mão-de-obra de 28 moradores das comunidades de Monte Alegre, Moreré, Boipeba e Garapuí, também em parceria com o Grupo Thaba da UNEB, os quais foram treinados para a nova profissão e como aula prática, eles mesmos construíram os Centros Comunitários (Figura 24).



Figura 24 – Centro Comunitário de Moreré e os alunos que o construíram

Fonte: Petrobras (2010)

Também foram entregues quatro canoas e uma lancha para pescadores e marisqueiras para promover mais segurança em suas atividades, fruto de um diagnóstico junto à comunidade.

Campo Pinaúna

Na região também está em operação, pela empresa El Paso, o Bloco Exploratório denominado BM-CAL-4, Campo Pinaúna, o qual está situado em águas rasas com cerca de 20 metros de profundidade. A Bacia de Camamu-Almada totaliza uma área de 22.900km² até o limite da cota batimétrica de 3.000m, sendo 16.500km² pertencentes à Bacia de Camamu e 6.400km² à Bacia de Almada (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2007; EL PASO, 2010).

O bloco BM-CAL-4, que está sendo perfurado pela através da plataforma P-III (Figura 25), possui cerca de 206,8km² de área corrigida e está posicionado defronte à Baía de Camamu, entre aproximadamente 8km e 18km da costa, com início da produção nos próximos anos, (EL PASO, 2010).

A exploração será iniciada cerca de 15 meses após a autorização do IBAMA. Estão previstos seis poços de produção, sendo cinco de óleo e um de gás natural, que terão vida útil esperada de 20 anos, com geração de R\$ 600 milhões em royalties, com uma produção média de 15 mil barris/dia (MATOS, 2009).



Figura 25 – Plataforma P-III da El Paso (Campo BM-CAL-4)

Fonte: El Paso (2010)

Sob o aspecto ambiental, a El Paso (2006) informa que os resíduos produzidos na plataforma são previamente classificados e adequadamente acondicionados e depois transportados até o porto de Salvador, com destino final de acordo com cada classificação. O cascalho retirado da formação rochosa no fundo do mar passa por um processo de limpeza e análise e depois é descartado em alto mar, em locais previamente definidos e autorizados pelos órgãos de fiscalização ambiental.

De acordo com o Balanço Social da empresa El Paso (2005), na região da Costa do Dendê, em função da exploração de petróleo, foram efetuados os seguintes investimentos em 2005:

Tabela 12 – Investimentos sócio-ambientais da El Paso

Projetos ambientais (em R\$)	
Monitoramento Pesqueiro	150.000,00
Programa de Diagnóstico dos Recifes da Região de Pratigi	60.000,00
Projeto Cidadania Ambiental	300.000,00
Investimentos em saúde	
Volume investido (em R\$)	50.000,00
Professores e cidadãos formados como facilitadores	468
Escolas Atendidas	184
Hortas Montadas	19
Crianças Atendidas	14.849
Projetos de desenvolvimento sustentável (em R\$)	
Projeto de Pescadores	360.000,00
Apresentação dos Resultados do Programa “El Paso”⁹	20.000,00
Seminário de Combate à Pesca Ilegal com Explosivos e Outros Meios	5.000,00
Agrovila Jaime Vieira	30.000,00
Projetos educacionais	
Acordo de Cooperação	350.000,00

Fonte: El Paso (2005)

Conforme a Senhora Valéria Santos, da área de Recursos Humanos & Projetos Sociais da El Paso, os investimentos sócio-ambientais dessa empresa, entre 2004 e 2010, somam R\$ 3 milhões.

⁹ Pesquisa sobre a Atividade Pesqueira no Baixo Sul da Bahia e Diagnóstico Ambiental dos seus Ecossistemas Marinhos e Pesqueiros – Principais Resultados.

3 O PETRÓLEO

O petróleo e seus derivados vêm sendo utilizado desde 5.000 anos a.C. (NEIVA, 1986). Heródoto, historiador grego do século V a.C., mencionou que ele era transportado pelos rios como um “precioso produto comercial”. No livro bíblico de Gênesis foi citado o uso de argamassa a base de petróleo no templo de Salomão (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008b).

Da China antiga (século II d. C.) há indícios de que havia poços de petróleo e gás natural (com até mil metros de profundidade) servindo para iluminação e aquecimento, usando bambus para canalização e transporte (MARTÍNEZ, 1999)

O primeiro registro oficial da abertura de um poço, ocorreu na França no início do século XV na cidade de Alsácia. Na América Central, há referência de que os Astecas e Incas também usavam petróleo no século XVI na pavimentação de suas estradas, nas suas construções, bem como na área médica, fazendo unguento à base de alcatrão; os historiadores dizem que quando Pizarro chegou ao Peru, em 1527, lá encontrou uma pequena refinaria rudimentar. De acordo com a Bíblia, o petróleo foi usado como impermeabilizante na Torre de Babel e na Arca de Noé: *“Faze para ti uma arca de madeira resinosa: dividi-la-ás em compartimentos e a untarás de betume por dentro e por fora.”* (Gênesis, 6:14) (BÍBLIA, 1990). Além disso, uma descoberta arqueológica, efetuada há alguns anos, revelou indícios do emprego do asfalto no século IV como material de construção de cidades (PETROBRAS, 1974).

O petróleo, no início, por não haver tecnologia e nem equipamentos, era coletado em exsudações naturais. Nesse processo, devido à evaporação das frações mais leves (gás natural e outros compostos leves) o petróleo era utilizado como uma massa mais densa e compacta e, conseqüentemente, com riscos de incêndio e explosão bastante minimizados. Esta situação perdurou até o início do século XIX, limitado a usos dos quais não resultava risco claramente perceptível à sociedade, tais como incêndios, explosões e contaminações do solo, de corpos d’água ou da atmosfera. A utilização do petróleo tornou-se mais complexa e perigosa em função do aumento das quantidades envolvidas e dos derivados processados que, em contraste com a situação inicial, apresentam maiores riscos de acidentes (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008b).

A necessidade de desenvolvimento aumentou essa complexidade e, conseqüentemente, os riscos com a produção, operação e transporte do petróleo e

seus derivados e as emissões de gás carbônico ocasionadas pela queima de combustíveis fósseis.

3.1 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

O petróleo é um derivado orgânico proveniente da sedimentação de restos de seres vivos em lamas argilosas e que sofreram transformações pela ação de bactérias. Essa mistura sofre novas transformações sob altas pressões e temperaturas inferiores a 150°C em sítios catalíticos em presença de água, ácido sulfúrico, enxofre e outros compostos inorgânicos. A massa dispersa, então, migra para reservatórios naturais, formados por rochas porosas, a que denominamos de poços de petróleo (PETROBRAS, 2010; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008d).

De acordo com a International Maritime Organization (2005), o termo persistente, apesar de não constar em nenhum padrão ou convenção internacional, define os óleos que, devido à sua composição química, dispersam-se mais lentamente no mar (como os óleos em geral, óleos combustíveis, diesel pesado e óleos lubrificantes). Já os óleos não-persistentes são muito voláteis e dissipam-se rapidamente, não requerendo limpeza extensiva (gasolina, óleo diesel leve e querosene). Esta definição é particularmente importante para as ações emergenciais a derramamentos, com a indicação inicial de que um óleo persistirá ou não quando derramado no mar, orientando as ações de resposta mais adequadas.

A International Maritime Organization (2005) e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2008d) afirmam que as propriedades do óleo são muito importantes, uma vez que influenciam no seu comportamento na superfície do mar e em sua taxa de dissipação por processos naturais, constituindo-se em variáveis de um modelo muito complexo e que isoladamente não são representativas. Elas são descritas como:

- **Densidade** - Determina a flutuabilidade de um óleo na água e influencia o espalhamento e a dispersão natural. Como regra geral, óleos com uma baixa densidade (alto grau API) tendem a ter viscosidades baixas e conter uma alta proporção de componentes voláteis. A densidade de um óleo é expressa, em termos de grau API, pela seguinte fórmula:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\text{gravidade específica}} - 131,5$$

- **Ponto de ebulição e faixa de ebulição** - É a taxa à qual um óleo evapora, sendo indicada por seu ponto de ebulição inicial e faixa de ebulição. Quanto menor estes forem, mais rápida ocorrerá a evaporação. Ou seja, conforme a temperatura de um óleo aumenta, diferentes componentes atingem seu ponto de ebulição e se volatilizam e a rapidez com que isto ocorre diferencia os diversos tipos de óleo.

- **Viscosidade** - É a indicação da resistência ao fluxo do óleo, dependendo diretamente da temperatura ambiente e das frações leves na mistura. Quanto mais alta a viscosidade, maior a dificuldade do óleo em fluir e maior a espessura da mancha.

- **Tensão superficial** - É a força de atração entre as moléculas superficiais de um líquido, que é reduzida à medida que aumenta a temperatura ambiente. Quanto mais leve o óleo, menor a sua tensão superficial. A Tensão superficial e a viscosidade, determinam a taxa de espalhamento da mancha de óleo.

- **Ponto de fluidez** - É a temperatura abaixo da qual o óleo não flui, devido à formação de uma estrutura micro-cristalina interna, que amplia a sua viscosidade e tensão superficial. Óleo com ponto de fluidez mais alto possui maior chance de dispersão natural da mancha por ele formada.

- **Ponto de fulgor** - É a temperatura mais baixa em que os vapores de um óleo irão inflamar quando em contato com uma fonte de ignição.

- **Solubilidade** - É o processo da dissolução do óleo em água. Nos óleos mais densos, a fração hidrossolúvel é geralmente menor se comparada à dos óleos menos densos, devido à maior concentração de componentes voláteis nestes últimos.

- **Conteúdo de asfalto** - Os asfaltenos são substâncias que contribuem na formação e estabilidade das emulsões de água-em-óleo. Óleos com pouca concentração de asfalto geralmente não formam emulsões estáveis.

3.2 O ÓLEO BRUTO E SEUS DERIVADOS

Óleos brutos são misturas complexas de hidrocarbonetos de peso molecular variável e estrutura dividida em três grupos químicos: parafínico, naftênico e aromático, combinados com outros elementos, tais como oxigênio, nitrogênio, enxofre, vanádio, níquel, sais minerais e outros. Estes hidrocarbonetos variam de substâncias altamente voláteis e simples a ceras complexas e compostos asfálticos que não podem ser destilados. Óleos brutos mais leves e mais voláteis tendem a ser altamente fluidos e espalhar-se rapidamente, tem forte odor, alta taxa de evaporação e são geralmente inflamáveis. Penetram em substratos porosos, mas tendem a não aderir em superfícies duras. Podem ser altamente tóxicos aos humanos, peixes e outras biotas (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

As características da maioria dos óleos brutos encontram-se nas faixas indicadas na Tabela 13:

Tabela 13 - Características do óleo bruto

Peso específico, kg/m ³ a 15/15°C	800 a 980
Ponto de ebulição inicial, °C	30 a 125
Viscosidade cinemática, cSt, a 40°C	3 a 100 (mas pode se tanto quanto 20.000)
Ponto de fluidez, °C	-30 a +25 (mas pode ser menor, ou tão alto quanto 40)
Ponto de fulgor, (Abel) °C	-18 a 190
Enxofre, % peso	0,08 a 5
Cera, % peso	até 15
Asfaltenos, % peso	até 5
Vanádio, ppm V	5 a 170

Fonte: International Maritime Organization (2005)

Os produtos refinados a partir de óleos brutos têm características físico-químicas que dependem da sua origem e dos vários processos no refino pelos quais passaram. A Tabela 14 apresenta características de alguns derivados de petróleo.

Tabela 14 - Características dos principais derivados do petróleo

<i>Gasolinas (álcool motor)</i>	Peso específico, 15/15°C Faixa de ebulição, °C Viscosidade Cinemática, cSt a 15°C Ponto de Fulgor °C	0,68 a 0,77 30 a 200 0.65 -15 a ,40
<i>Querosene</i>	Peso específico, 15/15°C Faixa de ebulição, °C Viscosidade Cinemática, cSt a 40°C Ponto de fulgor	0.78 160 a 285 1.48 35-70
Combustíveis de diesel (óleo de gás)	Peso específico, 15/15°C Faixa de ebulição, °C Viscosidade Cinemática, cSt a 40°C Ponto de Fulgor °C	0,81 a 0,85 180 a 360 1,3 a 5,5 (dependente de grau) 35-70
<i>Óleos combustíveis (leve, médio e pesado)</i>	Peso específico, 15/50°C Viscosidade Cinemática, cSt a 40°C Ponto de Fulgor °C	0,925 a 0,965 49 a 862 70 acima

Fonte: International Maritime Organization (2005)

3.3 PROCESSOS DE DESGASTE NATURAL DO ÓLEO

Lopes (2006) afirma que quando derramado no mar, o petróleo sofre alterações na sua composição original devido ao intemperismo, que consiste na combinação de processos físicos, químicos e biológicos, iniciados imediatamente após o derrame e processados a taxas variáveis. A eficiência do intemperismo depende das condições da água do mar, como pH, temperatura, correntes e salinidade; do clima, tais como umidade e incidência de radiação solar; da presença de bactérias e materiais particulados suspensos na água, além das propriedades físico-químicas do óleo derramado, tais como composição química, estado físico, densidade, viscosidade, solubilidade, temperatura e teor de oxigênio. A taxa do processo não é constante, sendo mais efetiva nas primeiras horas após o derrame.

As transformações sofridas no ambiente pelo petróleo e seus derivados afetam primeiramente as características físicas do produto (densidade, viscosidade, ponto de escoamento, solubilidade), sem alterações químicas dos componentes, em decorrência do espalhamento do produto derramado e evaporação dos componentes leves, seguidos da dissolução das frações solúveis, emulsificação decorrente do hidrodinamismo e sedimentação por aderência de partículas suspensas na coluna d'água (SILVA, P., 2004).

Um esquema dos processos de intemperismo do óleo no mar está mostrado na Figura 26.

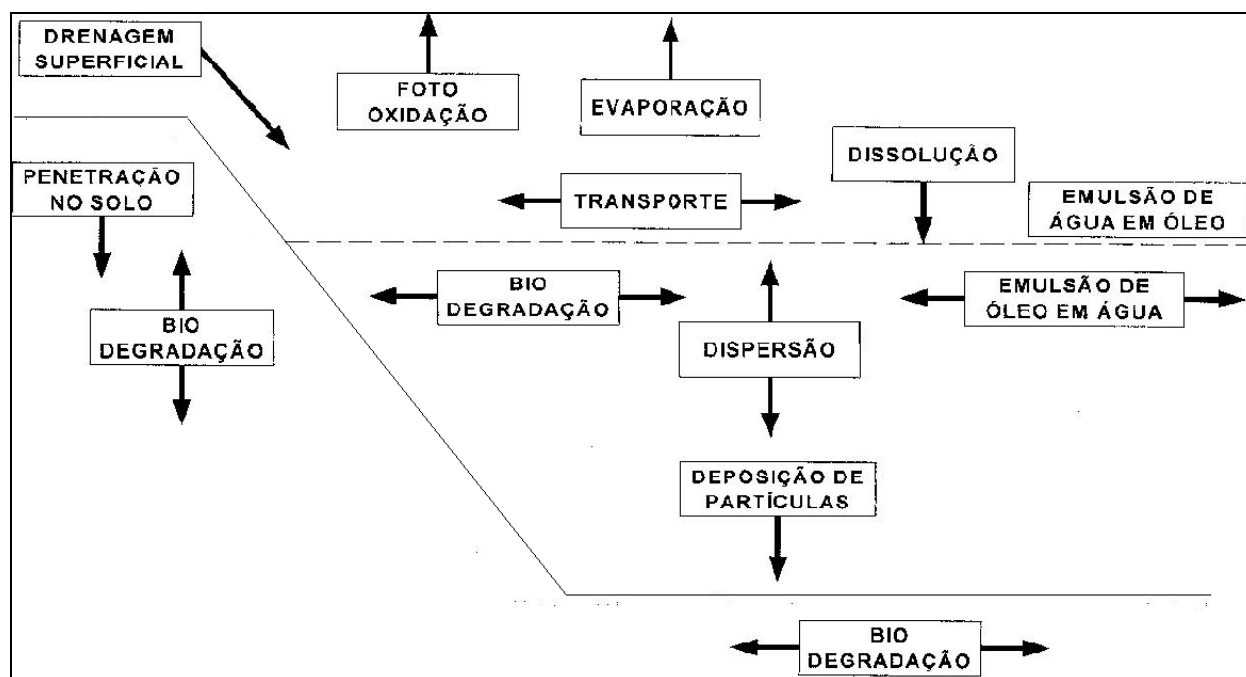


Figura 26 - Processos de degradação do óleo no mar.

Fonte: Ferreira (2004).

Dentre os processos de intemperismo por que passa o óleo quando derramado no mar, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2008a) e a International Maritime Organization (2005) destacam:

- **Espalhamento** - Quando ocorre um derramamento no mar, o óleo, menos denso, flutua e começa a espalhar-se na superfície em forma de mancha, em um processo rápido e dominante no momento da ocorrência, sendo mais intenso nas primeiras 24 horas, podendo durar mais de uma semana (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a). Inicialmente, o que causa o espalhamento do óleo é seu peso, pois ele começa a se espalhar como uma mancha coesa. Óleos mais viscosos se espalham mais lentamente que óleos com baixas viscosidades e os óleos em temperatura abaixo de seu ponto de fluidez dificilmente se espalham inteiramente (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008a; INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005). Em águas calmas, o espalhamento tende a ocorrer em padrões circulares crescentes (CONCAWE, 1983 *apud* AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a). Em situação oposta, o óleo desloca-se pela influência de ventos e/ou correntes de superfície (NATIONAL

RESEARCH COUNCIL 1985 *apud* AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a). Neste estágio a viscosidade do óleo torna-se menos importante, uma vez que o espalhamento adicional se deve à turbulência na superfície do mar, em função das condições oceanográficas tais como correntes (tanto residuais como referentes às marés) e velocidade do vento. Em cerca de 12 horas de um derramamento, o óleo pode já estar espalhado sobre uma área de vários quilômetros quadrados, limitando a possibilidade de uma limpeza efetiva (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005). Com base em registros sobre a influência dos ventos no deslocamento de manchas de óleo, no Canal de São Sebastião (SP), foi observado que o vento é o agente predominante no deslocamento das manchas a partir de 13km/h e que, em intensidade inferior, a tendência da mancha é seguir o sentido da corrente marinha predominante de superfície (POFFO *et al.* 1996 *apud* LOPES, 2006).

- **Evaporação** - É o processo mais importante de remoção do óleo da superfície da água. A velocidade e extensão da evaporação dependem principalmente da proporção de frações de baixa ebulição no óleo, embora haja grande influência o espalhamento inicial do óleo e as condições de vento e de agitação e temperatura do mar, uma vez que quanto maior a área de contato do óleo com o ar e radiação solar, mais rapidamente os compostos aromáticos dos hidrocarbonetos (os mais tóxicos) evaporarão. Geralmente os componentes voláteis, com pontos de ebulição de até 200°C, serão evaporados dentro de 24 horas. Compostos leves tais como gasolina, querosene e óleo combustível leve podem evaporar completamente dentro de poucas horas e óleos brutos leves podem perder até 40% no primeiro dia. Óleos brutos pesados e óleos combustíveis sofrem muito menos evaporação e, em alguns casos, praticamente não há evaporação (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008a; INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005)

- **Dissolução** - Os componentes mais leves no óleo (hidrocarbonetos aromáticos, entre outros) podem, em certo grau, ser dissolvidos na água, por ação das ondas e correntezas, e passar para a coluna d'água, de forma mais intensa na primeira hora, podendo durar até 24 horas (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a).

- **Dispersão natural** - Em decorrência da agitação do mar, do vento e das ondas, a mancha de óleo é fragmentada em gotículas ainda na primeira hora, e mais intensamente até as 48 horas seguintes ao derrame, e pode durar até um mês (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a). As gotículas ficam em suspensão ou reemergem à superfície, a depender do tamanho delas e da diferença de densidade em relação à água e esse processo aumenta a superfície de contato do óleo com a água e a sua degradação por microorganismos. A dispersão natural reduz o volume de óleo na superfície do mar e, em consequência, a sua perda por evaporação, mas não altera as suas propriedades físico-químicas como a evaporação o faz, pela extração dos componentes voláteis (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

- **Emulsificação** - Alguns óleos brutos e combustíveis mostram uma tendência a absorver gotículas de água para formar uma emulsão água-em-óleo, cuja característica mais evidente é coloração castanho-avermelhada ou alaranjada, de onde deriva a denominação de "mousse de chocolate" (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005). A estabilidade de uma emulsão é função da presença de asfalto em sua composição; óleo com mais de 0,5% dessa substância tende a formar emulsões estáveis, enquanto que em concentrações inferiores as emulsões são menos prováveis de ser estáveis (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005). O processo de emulsificação ocorre mais intensamente entre as dez primeiras horas e os sete primeiros dias após o derramamento, e pode prolongar-se por até um ano (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a). No mar onde os ventos tenham Força Beaufort¹⁰ 3 ou maiores, os óleos mais leves têm uma tendência de formar emulsões que incorporam de 60 a 80% de água do mar por volume em apenas poucas horas. A viscosidade de emulsões água-em-óleo é muito mais alta que a do óleo isoladamente. A emulsão também aumenta a sua densidade e pode se aproximar à da água do mar, com risco de afundamento, caso absorvam sólidos em suspensão na água (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

- **Sedimentação** - Os componentes mais pesados do óleo que não se dissolvem na água aderem às pequenas partículas inorgânicas e aos materiais sólidos

¹⁰ Escala de 0 a 12 criada por Sir. Francis Beaufort (1774-1857), para definir o aspecto do mar (superfície e ondas), em função da velocidade dos ventos, atualmente definida pela fórmula: $U = 1.87 \cdot B^{3/2}$ onde U é a velocidade do vento em milhas náuticas por segundo e B é o número Beaufort. (Fonte: www.lamma.ufrj.br/spo/.../escala_beaufort.htm)

flutuantes (detritos, galhos e resíduos) ou pela formação de pelotas de alcatrão e tendem a submergir, processo que ocorre mais intensamente de 24 horas a um mês após o vazamento e pode durar vários anos (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007; AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a). Esses compostos submersos podem ser transportados tanto pela flutuação quanto pelo leito marinho e eventualmente alcançar a costa e ser depositados na zona entre as marés, com o seu espalhamento na faixa de areia por influência da variação das marés e da declividade da praia. Quanto mais degradado e envelhecido estiver o óleo, maior será a tendência de chegar às praias na forma de pelotas (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a). Como a densidade tanto da água do mar quanto do óleo variam com a temperatura, o óleo pode alternar entre flutuabilidade positiva e negativa. Dessa forma, o óleo pode submergir temporariamente a uma profundidade limitada, reemergindo dentro de horas ou dias em diferentes locais (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

- **Biodegradação** - A água do mar contém uma variedade de microorganismos marinhos tais como bactérias, mofo e fermento, presentes em todos os oceanos, principalmente em águas poluídas por descargas industriais e esgotos não tratados, que podem utilizar o óleo como uma fonte de carbono e energia, num processo denominado biodegradação, o qual é intensificado pela formação de gotículas de óleo no mar, seja por dispersão natural ou química, que aumenta a área interfacial óleo/água (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005). A biodegradação está diretamente ligada à disponibilidade de oxigênio e de nutrientes e à temperatura da água. As manchas de óleo tendem a ser degradadas mais lentamente nos meses frios e em áreas abrigadas como estuários, baías e enseadas. Normalmente inicia-se na primeira semana, intensifica-se nos 30 dias seguintes e pode persistir por até um ano (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a).

- **Oxidação** - A incidência da luz ultravioleta sobre a película de óleo pode promover reações de oxidação (ou foto-oxidação) que alteram a estrutura das moléculas de hidrocarboneto do óleo, formando compostos tóxicos e solúveis na água que passam da superfície para a coluna d'água a partir da primeira hora do derramamento, podendo durar até um mês (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999a; INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005)

Tabela 15 - Síntese dos principais processos de intemperismo do óleo no mar

Processo	Conseqüências principais	Escala de tempo	Fatores de influência
Espalhamento	Determinante da área da mancha.	Primeiros momentos do derrame (minutos a poucas horas)	Gravidade, inércia, viscosidade e tensão superficial.
Evaporação	Perda de massa da mancha e aumento da viscosidade e densidade.	Primeiras horas	Área e espessura da mancha e coeficiente de transferência de massa.
Dissolução	Perda de massa. Importante sob o ponto de vista toxicológico.	Rapidamente após o derrame (até 15 minutos)	Presença de hidrocarbonetos solúveis.
Dispersão	Dispersão do óleo na superfície da coluna d'água.	Horas a dias	Condições marítimas e meteorológicas.
Emulsificação	Aumento da viscosidade e volume da mancha, próxima ao valor da densidade da água.	Horas a dias	Turbulência, temperatura e composição do óleo.
Sedimentação	Remoção do óleo da coluna d'água.	Horas a dias	Aumento da densidade devido ao intemperismo do óleo.
Biodegradação	Destino final de grande parte do óleo dissolvido, disperso na coluna d'água e sedimentado.	Semanas a meses. Pode continuar por anos.	Composição da biota, concentração de nutrientes e oxigênio.
Oxidação	Aumento do conteúdo de frações persistentes. Influencia a emulsificação.	Detectável após uma semana ou mais	Incidência de luz solar.

Fonte: Cardoso (2007)

A International Maritime Organization (2005) esquematiza o tempo de degradação do óleo no mar para cada um dos processos acima, segundo a Figura 27.

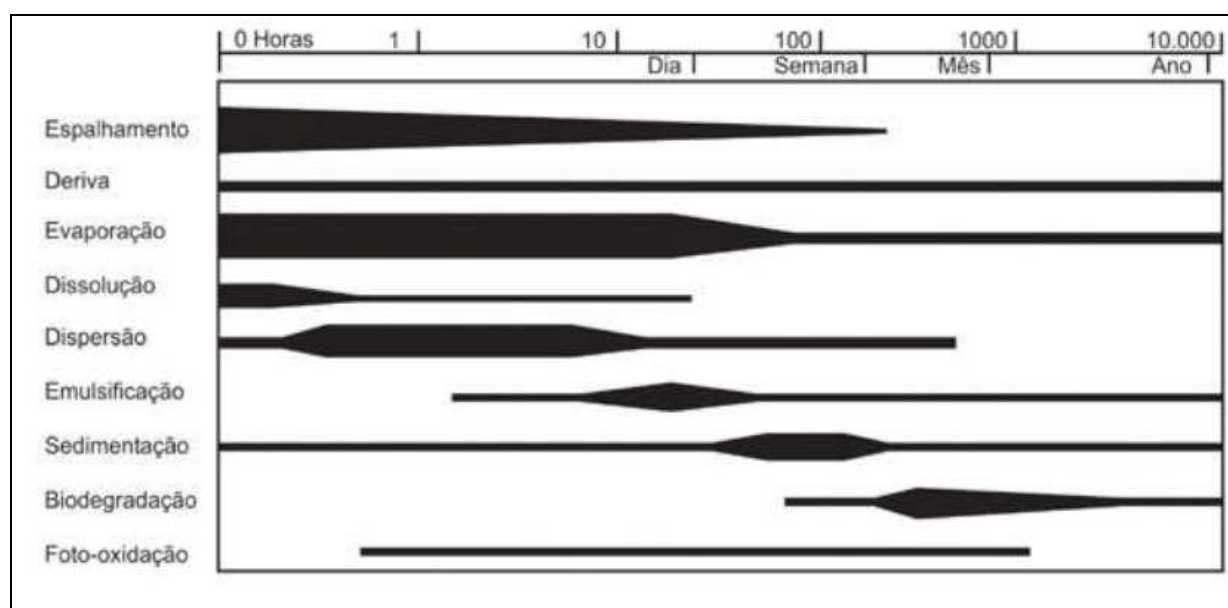


Figura 27 - Intervalo de tempo e importância relativa dos processos sobre derramamento de óleo
Fonte: International Maritime Organization (2005)

3.4 RISCOS AMBIENTAIS E PRINCIPAIS IMPACTOS

O óleo despejado no mar pode alterar a dinâmica dos ecossistemas, a qualidade das águas e as atividades econômicas, atingindo severa e rapidamente o ambiente marinho, com morte instantânea do plâncton, por asfixia ou pela bioacumulação, com os organismos vivos retendo dentro de si substâncias tóxicas que vão se acumulando também nos demais seres da cadeia alimentar até chegar ao homem, num processo lento de intoxicação muitas vezes letal (GEOBRASIL, 2002).

Para Ponting (1991 *apud* POFFO, 2001), os recursos naturais não podem ser tratados como objetos de comercialização, apenas com os custos da sua extração e transformação, sem considerar que se trata de um recurso finito.

Nessa lógica, não há como valorar o plâncton, por exemplo, que é a primeira comunidade biológica afetada pelas manchas de óleo, por estar na superfície da água ou de um manguezal impactado pelo óleo. Ele é formado por organismos que são a base de toda cadeia alimentar marinha e responsável por uma produção de oxigênio superior à floresta amazônica, além de conter larvas e esporos de inúmeros organismos que formam a biodiversidade dos costões rochosos, das praias e demais ecossistemas marinhos (POFFO, 2001).

Segundo Pereira (2002), dentre os principais impactos decorrentes do vazamento de óleo na zona costeira destacam-se os seguintes:

- alterações químicas e físicas de habitats naturais;
- efeitos físicos de abafamento na flora e fauna;
- efeitos tóxicos letais ou subletais na flora e na fauna;
- alterações de curto e longo prazo nas comunidades biológicas, resultantes dos efeitos do óleo nos organismos chaves, como, por exemplo, aumento de abundância nas algas entremarés, seguido da morte dos moluscos que normalmente delas se alimentam;
- manchas em espécies comestíveis, notadamente peixes e moluscos, que se tornam não comestíveis e não negociáveis, mesmo quando ainda vivos e são capazes de se autolimparem em longo prazo;

- perda de uso das áreas de recreação, tais como areias das praias;
- perda de mercado para produtos de peixe e turismo. Devido à má publicidade (independente da extensão das manchas ou poluição das praias);
- sujeira no costado dos barcos, aparelhos de pesca, carreiras e cais; e
- interrupção temporária de processos industriais, por falta de água limpa.

3.4.1 Impactos socioeconômicos

A humanidade sempre utilizou os oceanos e os mares para extrair seu sustento. Mais da metade dos seis bilhões de habitantes do mundo vivem nas costas ou a 60km delas (EILEEN, 1997). As praias, com as suas diversas possibilidades de usos recreacionais, além do seu valor cênico e ecológico, constituem a principal motivação que tem atraído um número cada vez maior de turistas e, conseqüentemente, de grandes investimentos para as regiões costeiras (HALL, 2001).

A poluição dos mares por óleo pode implicar na cessação da pesca e do turismo, na perda financeira, no comprometimento da qualidade de vida e no desequilíbrio social da comunidade, tendo como conseqüência a propensão à violência e marginalidade, o que requer imediatas compensações preventivas como a empregabilidade temporária para limpeza das áreas afetadas, locação de bens e equipamentos para apoio ao combate à poluição, concessão de cestas básicas e apoio financeiro aos prejudicados, apoio social à comunidade e educação ambiental para o convívio com a nova realidade local e para massificar a necessidade de preservação da natureza.

Em face desses riscos, a intensificação da atividade petrolífera na região de estudo tem causado conflito de interesses entre os pescadores, que se acham vítimas de prejuízos com a redução de pescados, e a população, que teme a poluição na paisagem. Outros fatores também contribuem para acirrar a questão, como a falta de informações sobre possíveis impactos ambientais, interesses políticos diversos, decisões unilaterais e dificuldades de fiscalização das atividades (CAMPOS, 2004).

Nos locais afetados pelo óleo são suspensas as atividades de lazer, tais como banhos de mar, pescaria e navegação, afetando o turismo e as atividades comerciais, com grandes prejuízos econômicos para a comunidade. A preocupação não está apenas na poluição ambiental, pois a simples visualização de uma plataforma de

petróleo em meio ao cenário do nascer ou do por do sol já compromete a imagem do local (CAMPOS, 2004).

Portos e marinas poderão ter suas atividades suspensas, implicando prejuízos para os operadores, trabalhadores portuários e para a cadeia logística das empresas de navegação, cujo resultado final pode ampliar em muito os custos diretos de combate do derrame. No caso de instalações industriais, as empresas que utilizam a água do mar em seus processos industriais são impactadas, pois a entrada de óleo no processo contamina os equipamentos levando a um dano considerável, requerendo a paralisação preventiva da produção (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Sendo a atividade petrolífera uma realidade irreversível, pelo menos por umas duas décadas, no mínimo, resta às comunidades envolvidas lutar por compensações que amenizem suas carências. Como o nível de desemprego local de estudo é muito alto, é mister identificar novas oportunidades para se tentar criar emprego e renda em atividades complementares à produção de gás. Nesse sentido, vale ressaltar que se trata de uma região insular em que a sua navegabilidade está sujeita ao ciclo de marés, o que pode dificultar ainda mais as ações de resposta a um derramamento de óleo, quando o fator tempo é decisivo para o sucesso da operação.

3.4.2 Impactos ambientais

As regiões estuarinas, os manguezais, os corais e as baías são os locais de procriação da grande maioria da fauna marinha. São nestes locais que principalmente camarões e centenas de espécies de peixes de potencial alimentar humano se reproduzem e criam, existindo, portanto, vida em profusão, ante a riqueza de sedimentos orgânicos vindo dos rios, uma excelente condição para os primeiros dias de vida de muitas espécies de peixes, sem contar que muitas voltam aos estuários para subir os rios para procriar (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Segundo Paz (2005 *apud* SILVA, 2008), os manguezais são fonte de matéria orgânica particulada e dissolvida para as águas costeiras adjacentes, constituindo a base da cadeia trófica com espécies de importância econômica e/ou ecológica e agem como protetores da linha de costa contra erosão, assoreamento dos corpos d'água adjacentes, prevenção de inundações e proteção contra tempestades.

Os manguezais auxiliam na manutenção da biodiversidade da região costeira, na absorção e imobilização de produtos químicos (por exemplo, metais pesados); por serem filtro de poluentes e sedimentos, auxiliam no tratamento de efluentes em seus diferentes níveis. São, ainda, fonte de recreação e lazer; fonte de proteína e produtos diversos, associados à subsistência de comunidades tradicionais que vivem em áreas vizinhas (SILVA, 2008).

Snedaker (1985) afirma que existem três fases principais da ação do óleo sobre os manguezais: asfixia mecânica, toxicidade química e a recuperação.

Muitos estudos têm mostrado que o crescimento das árvores de mangue é afetado pelo óleo, mas pouco se sabe sobre o mecanismo do efeito, porém sabe-se que os efeitos podem ser tanto agudos como crônicos e que o prognóstico da recuperação de um manguezal afetado pelo óleo deve ser cauteloso, pois existem muitas variáveis que vão influenciar diretamente nessa recuperação, tais como o tipo e quantidade do óleo derramado e a área atingida (GARRITY *et al.* 1994; DUKE e BURNS, 1999 *apud* VEIGA, 2003).

Quanto aos recifes de coral, a International Maritime Organization (2005) os tem definido como uma barreira que ajuda a reduzir a erosão costeira, contudo a sua localização em águas próximas à costa os deixam potencialmente atingíveis por derramamentos de óleo. Eles estão entre os ecossistemas de maior biodiversidade que há na Terra, retendo uma parcela substancial do alicerce biológico da vida sobre o planeta, sustentando uma grande variedade de organismos, incluindo muitas espécies comerciais de peixes.

A probabilidade de o óleo atingir os corais depende de fatores como a extensão do derramamento e tipo de óleo, o tipo de recife de coral e sua profundidade, a energia das ondas e o estado atual da tensão dos corais, proveniente, por exemplo, de outras influências externas, tal como a carga sedimentar (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

O maior dano provável a esse ecossistema decorre do sufocamento físico se uma mancha de óleo estiver encalhada nas partes superiores do recife na maré baixa. Recifes submersos podem ser expostos a gotículas de óleo na água, esteja ele disperso pela energia das ondas ou por dispersantes químicos (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2010) os principais efeitos do óleo nos organismos são os seguintes:

- **Morte direta por recobrimento e asfixia** - Os óleos viscosos recobrem os animais e vegetais, dificultando a respiração, excreção, alimentação e fotossíntese, além de prejudicar a locomoção e alterar a temperatura do corpo, podendo levar os organismos à morte;

- **Morte direta por intoxicação** - A ingestão de frações do petróleo compostas por aromáticos, como benzeno, tolueno e xileno é a principal causa de morte por intoxicação e mortalidade aguda, principalmente nos primeiros dias após a contaminação;

- **Morte de larvas e recrutas** - As larvas são muito mais sensíveis aos efeitos do petróleo do que os seres adultos, sendo as primeiras espécies a morrerem; larvas de lagostas em água com concentração de 0,1ml de óleo por litro têm 100% de mortalidade;

- **Redução na taxa de fertilização** - O contato com o petróleo reduz a quantidade de ovos com sucesso de fertilização, com efeitos em médio prazo na reposição de indivíduos das populações;

- **Perturbação nos recursos alimentares dos grupos tróficos superiores** - Com a morte de espécies pertencentes aos grupos vegetais e herbívoros, os predadores têm seus recursos alimentares reduzidos, causando alteração na estrutura de toda a comunidade, com a redução no número de espécies e alteração em sua composição, com aumento nas densidades populacionais de espécies resistentes;

- **Bioacumulação** - As mucosas e membranas biológicas absorvem muitos compostos, num processo denominado de bioacumulação, e pode fazer com que a concentração deles seja muito superior nos organismos do que na água do mar;

- **Incorporação de substâncias carcinogênicas** - Muitos compostos aromáticos possuem efeito carcinogênico, como o benzopireno e benzantreno, causando tumores em diversos organismos como moluscos, briozoários e algas.

Ainda conforme a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2010), o petróleo pode também causar morte indireta, ou morte ecológica, quando o organismo não consegue realizar as suas funções no ecossistema. Entre os efeitos estão a dificuldade para alimentação, percepção química e motora, redução da desova,

aborto ou atrofia de órgãos reprodutores, perda de membros, alterações respiratórias, alterações na taxa de fotossíntese, desenvolvimento de carcinomas, etc.

De acordo com Brito *et al.* (2002) e Alpina-Briggs (2006) pode-se destacar, ainda, alguns efeitos específicos:

- **Plânctons** – devido à alta taxa de reprodução e de imigração, esses seres não sofrem grande influência da contaminação do óleo, embora a curto prazo haja redução localizada da população, prejudicando a cadeia alimentar dos que deles dependem.

- **Macroalgas** – por possuírem cobertura muscilaginosa, a aderência do óleo é dificultada, mas quando ocorre torna-as pesadas e passíveis de quebra, impedindo a comercialização daquelas cultivadas para esse fim.

- **Peixes** – as espécies maiores têm maior mobilidade e podem evitar a área contaminada, embora corram o risco de contaminação por contato direto ou através da sua cadeia alimentar. A exposição à concentrações não letais podem causar disfunções orgânicas e alterações de odor e sabor, impedindo a sua comercialização. Ovos e larvas são mais susceptíveis à contaminação, resultando em morte ou má formação dos indivíduos.

- **Moluscos** – sendo a base da cadeia alimentar de peixes e camarões, um derrame de óleo de grandes proporções pode dizimar rapidamente populações inteiras de moluscos por asfixia, afetando o equilíbrio do ecossistema aquático.

- **Aves** – a cobertura da plumagem prejudica o isolamento térmico, a impermeabilidade e a capacidade de flutuação, além de causar intoxicação pela inalação ou ingestão do contaminante.

- **Mamíferos** – os aquáticos são mais resistentes à contaminação por óleo, principalmente pela pele e mobilidade, tendo como ponto fraco os olhos. As espécies que vivem entre a terra e a água, por possuírem pelos, são mais vulneráveis, principalmente por freqüentarem locais no litoral onde a probabilidade de o óleo atingir é elevada.

3.5 CONTINGENCIAMENTO

Diversas regiões produtoras de petróleo no Brasil, ou suas rotas de transporte, estão localizadas nas proximidades de áreas ambientalmente sensíveis. Ou seja, de uma maneira geral, para quase a totalidade das atividades vinculadas ao petróleo, a prevenção de acidentes ambientais torna-se tão importante quanto a produção, pois a ocorrência destes pode provocar sua inviabilidade.

A Figura 28 apresenta a estratégia com condutas preventivas e de remediação para acidentes envolvendo derramamento de petróleo, evidenciando que os custos tornam-se crescentes a partir da prevenção e a detecção de riscos de acidente. Ocorrido o evento indesejável, a detecção de sua causa e efeito já ocorre em um patamar mais elevado de custo, que é crescente até a mitigação de seus efeitos.

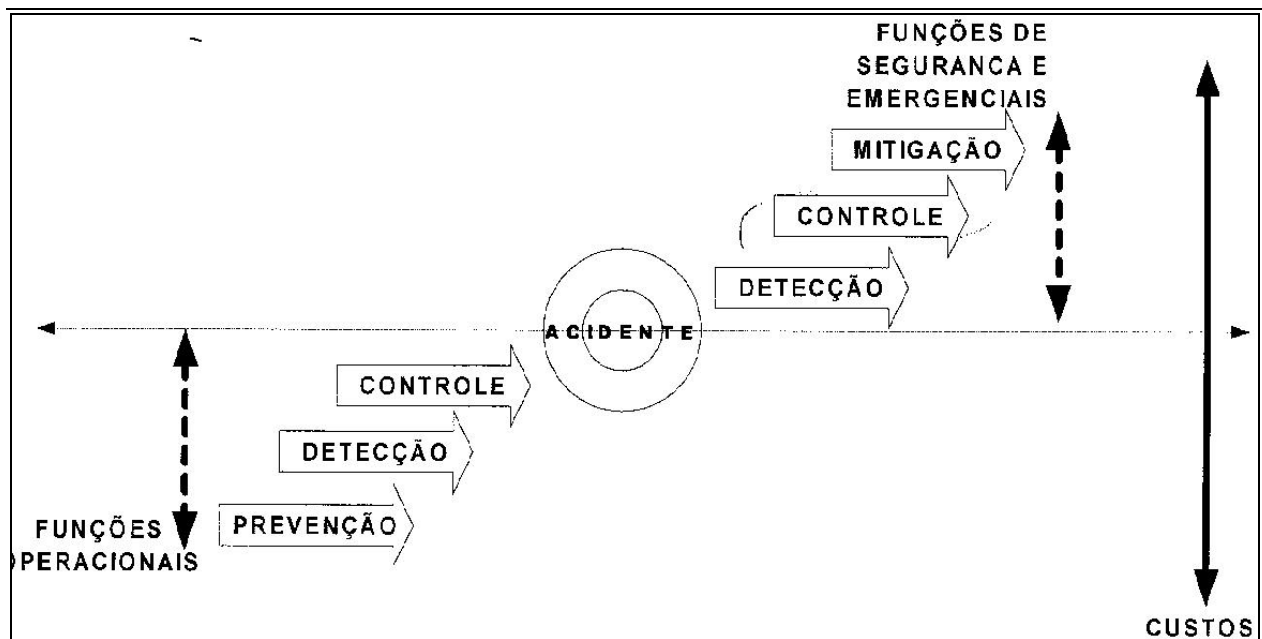


Figura 28 – Estratégias para prevenção e remediação de acidentes

Fonte: Ferreira (2004)

Apesar dos significativos avanços tecnológicos nas atividades de exploração, armazenamento e transporte de petróleo e de seus derivados, ainda existe a possibilidade de um acidente acontecer e de gerar poluição ambiental. Em face dessa constatação, diversas iniciativas por parte de governos e de empresas vêm sendo tomadas visando à preparação e planejamento para resposta a esse tipo de acidente, com o objetivo de reduzir os danos a eles associados.

Para tal propósito é necessária a adoção de meios de identificação de áreas e recursos sensíveis, determinando as regiões de alto risco suscetíveis à poluição por óleo. Essas estratégias devem estar contidas em um Plano de Contingência Nacional - PNC, que é a diretriz geral do Estado para combate a vazamento de produtos contaminantes, o qual deve ser desdobrado em planos locais, em função das peculiaridades de cada região (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Os recursos naturais e econômicos de uma área devem constar nesses planos locais e a partir disso devem ser definidas políticas de uso da dispersão química, usualmente a primeira ação de resposta, com base na “Análise de Benefícios Líquidos Ambientais”, processo internacionalmente conhecido como NEBA - *Net Environmental Benefit Analysis*, que trata de orientar quanto à melhor estratégia para a preservação do meio ambiente afetado (LUNE & BAKER, 1999).

Segundo a Associação Regional de Empresas de Óleo e Gás Natural da América Latina e Caribe (2007), geralmente os órgãos ambientais dispõem de listas de verificação para resposta a derramamentos de óleo, incluindo a aplicação ou não de dispersantes, e as condicionantes necessárias para todos os problemas a serem enfrentados, e isto deve ser contemplado no plano de contingenciamento. Desta forma será agilizada a tomada de decisão da aplicabilidade do dispersante no local, beneficiando a ação de resposta, tendo em vista que o óleo se desgasta com o tempo (pela perda dos produtos voláteis), aumentando a viscosidade e o ponto de fluidez, o que reduz a eficácia da dispersão, seja ela natural ou química (PETROBRAS, 2008c).

As conseqüências devem ser reduzidas e, para tanto, o plano de contingência é uma ferramenta fundamental. O termo contingência significa um fato incerto que pode ou não ocorrer, podendo ser um incidente ou um acidente. O incidente é um evento imprevisto e indesejável que poderia resultar em algum dano à pessoa, ao patrimônio ou ao meio ambiente, mas não resultou. O acidente é o evento que efetivamente gerou danos humanos, materiais e ambientais.

Assim, para otimizar a capacidade de resposta e minimizar as conseqüências negativas desses eventos, as instalações que lidam substâncias perigosas devem possuir um plano de contingência adequado, isto é, simples, objetivo e funcional, com equipes bem capacitadas, definindo a estrutura organizacional, procedimentos e recursos necessários e disponíveis para resposta à poluição por óleo no mar, nos diversos níveis operacionais ou de ações requeridas seja ela local, regional ou nacional.

O plano pode ser elaborado após a realização de estudos de análise de riscos das instalações, onde os cenários e as hipóteses acidentais são identificados e detalhados, podendo-se estimar as descargas de pior caso; o provável deslocamento das manchas de óleo; o dimensionamento da capacidade de resposta, bem como as áreas sensíveis que poderiam ser atingidas. (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008c).

Apesar de requerido pela Lei 9.966, de 28 de abril de 2000, o PNC brasileiro ainda encontra-se em processo de discussão pelas autoridades competentes, sob coordenação do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Entre os dispositivos legais que obrigam as empresas a estarem preparadas para acidentes estão a Resolução CONAMA nº. 293/01 (CONAMA, 2001), a Lei nº. 9.966/00 (conhecida como “lei do óleo”, de 28 de abril de 2000) e o Decreto no 4.871/03, de 6 de Novembro de 2003 (BRASIL, 2000; 2003).

Neste âmbito inserem-se as Cartas de Sensibilidade Ambiental a Vazamentos de Óleo (Cartas SAO), definidas pelo governo federal, que integram os planos individuais de emergência e norteiam as ações de resposta a vazamentos de óleo, pois ajudam a delinear as estratégias de contenção, remoção e limpeza adequadas a cada ambiente (BRASIL, 2004).

3.5.1 Sensibilidade ambiental a derrames de óleo

As técnicas de classificação da sensibilidade ambiental da linha de costa a derrames de óleo têm sido usadas em planos de contingência em todo o mundo, sendo uma importante ferramenta na gestão de áreas costeiras detentoras de atividades petrolíferas. A identificação das áreas de maior sensibilidade proporciona uma rápida tomada de decisão sobre estratégias de limpeza, aplicação de dispersantes e determinação de áreas prioritárias de proteção (BRASIL, 2004).

A partir de estudos específicos é possível criar cartas de sensibilidade ambiental que fundamentam os planos de contenção e de remoção em caso de derrames de óleo. As praias são classificadas em relação à sua sensibilidade a derrames de óleo pelos critérios da U. S. *National Oceanic and Atmospheric Administration* – NOAA, em uma escala de 0 a 10, sendo o índice crescente com o grau de sensibilidade do local analisado, tendo como parâmetros as características geomorfológicas e de sensibilidade biológica, tendo como fatores principais o tipo de substrato e o grau de

exposição à energia das ondas. No caso de Boipeba, a classificação das praias pelo sistema NOAA¹¹ foi adaptada por Silva *et al.* (2009), conforme apresentado a seguir.

O tipo de substrato define parâmetros como o grau de permeabilidade e a mobilidade do sedimento, que influem no tempo de permanência do óleo. Maiores grãos do substrato permitirão maior infiltração do óleo; observa-se também que os substratos com sedimentos não consolidados têm maior mobilidade que aqueles formados por rocha dura, o que aumenta a permanência do óleo e o incorpora aos estratos inferiores (SILVA *et al.* 2009).

Resumindo, a sensibilidade ambiental em relação à granulometria do substrato será crescente nas seguintes situações:

- substratos consolidados;
- substratos não consolidados com areia fina/média;
- substratos não consolidados com areia grossa; e
- substratos não consolidados com cascalho.

Ou seja, a granulometria é diretamente proporcional à penetração e retenção do óleo e à sua remoção (SILVA *et al.* 2009). A International Maritime Organization (2005) informa que o grau de penetração do óleo na areia da praia é função do tamanho das partículas, da profundidade de encontro da água e das características de drenagem. As praias de areia grossa têm tendência de serem mais inclinadas e por este motivo secam quando a maré está baixa, possibilitando uma maior penetração de óleos de baixa viscosidade. No sentido oposto, a areia fina é normalmente associada a um perfil quase plano de praia e por isso ela fica molhada durante todo o ciclo da maré, dificultando a penetração do óleo, embora ele possa ser enterrado em casos de arrebentação ou durante períodos de aumento natural da praia (formação).

Pelo exposto, a permeabilidade do óleo aumenta com o incremento de granulometria, implicando na penetração e acúmulo do óleo; em sentido inverso, em ambientes com granulometria mais fina, o óleo penetra menos no substrato, o que torna mais fácil a limpeza.

Em areias compactadas a remoção do óleo é mais fácil, através de raspagem por processo manual, devendo se restringir à parte afetada, para reduzir a geração de

¹¹ NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration – Agência federal americana que estuda as condições dos oceanos e atmosfera (fonte: WWW.noaa.gov).

resíduos, a remoção de organismos residentes e a possibilidade de causar a penetração do óleo no sedimento. Em locais onde hajam sedimentos porosos impregnados com óleo, o inundamento com água o fará flutuar e assim a sua remoção será facilitada, desde que ele seja de média a alta viscosidade (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION, 2010).

Com base na análise da região, foram classificadas como de baixa sensibilidade a derrames de óleo as praias com Índice de Sensibilidade para o Litoral (ISL) 1 e 2; sensibilidade média, aquelas com ISL 3 e 4; sensibilidade alta, os índices 5 e 6 e sensibilidade muito alta as com índices de 7 e 10. Como resultado, na Ilha de Boipeba a praia de Cueira foi considerada com sensibilidade média e a Prainha com sensibilidade alta, enquanto que as demais foram consideradas com sensibilidade muito alta (SILVA *et al.* 2009), conforme apresenta a Tabela 16.

Tabela 16 – Características e Índices de Sensibilidade do Litoral de Boipeba

PRAIAS	CARACTERÍSTICAS	ENERGIA DAS ONDAS	DECLIVIDADE	TIPO DE SUBSTRATO	COMPORTEAMENTO DO ÓLEO	ISL
Boca da Barra	planície de maré baixa; composta por areia fina; presença de manguezal	Baixa; ondas < 0,5m	2° - 5°	Areia fina	a penetração de óleo é limitada pelos sedimentos saturados de água; possibilidade de cobertura direta da vegetação pelo óleo na zona intermarés podendo sufocar os organismos bênticos e sistemas de raízes	10
Prainha	composta por areia média e SEIXOS; com terraço de abrasão e recifes costa a fora	Baixa; ondas < 0,5m; protegida por recifes de corais	5° a 6°	Seixos e areia média	penetração do óleo até cerca de 50cm na região com areia média e cascalho; difícil trafegabilidade dificulta a limpeza	5
Tassimirim	composta por areia fina; protegida por recifes de corais	Baixa; ondas < 0,5 m; protegida por recifes de corais	2° - 5°	Areia fina	penetração moderada do óleo; difícil limpeza natural; alto impacto para organismos recifais	9
Cueira	composta por areia fina, parcialmente abrigada, energia moderada das ondas	Moderada; ondas < 1 m; 2 a 3 linhas de arrebenção	3°	Areia fina	penetração do óleo até cerca de 20cm, mobilidade do sedimento tende ao soterramento	4
Moreré	composta por areia média, com afloramentos de rocha; protegida por recifes de corais; presença de manguezal	Baixa; ondas < 0,5 m; protegida por recifes de corais.	2°	Areia média; substrato rochoso e vegetado	penetração moderada do óleo; difícil limpeza natural; alto impacto para organismos recifais e manguezal, podendo sufocar os organismos bênticos e sistemas de raízes	10
Bainema	composta por areia fina; protegida por recifes de corais; presença de manguezal	Baixa; ondas < 0,5 m; protegida por recifes de corais	2°	Areia fina; substrato vegetado	possibilidade de cobertura direta da vegetação pelo óleo podendo sufocar os organismos bênticos e sistemas de raízes; pode causar morte dos corais e outros organismos recifais	10
Ponta dos Castelhanos	composta por areia fina; protegida por recifes de corais; presença de manguezal	Baixa; ondas < 0,5 m	3°	Areia fina; substrato vegetado	possibilidade de cobertura direta da vegetação pelo óleo podendo sufocar os organismos bênticos e sistemas de raízes; pode causar morte dos corais e outros organismos recifais	10
São Sebastião	praia em bolso; composta por areia fina; presença de manguezal	Baixa; ondas < 0,5 m; praia em bolso	3° - 4°	Areia fina; substrato vegetado	difícil remoção natural, possibilidade de cobertura direta da vegetação pelo óleo podendo sufocar os organismos bênticos e sistemas de raízes;	10

Fonte: Silva *et al.* (2009)

3.5.2 Estrutura da Petrobras para atender emergências

A Petrobras atualmente opera na costa brasileira com 48 sondas de perfuração e 112 plataformas de produção (78 fixas e 34 flutuantes), cobrindo 728 poços. Para escoamento da produção, estão em operação 54 navios petroleiros próprios, além de tantos outros contratados, que movimentam mensalmente pelo litoral sul da Bahia mais de 800 mil toneladas de petróleo e derivados (PETROBRAS, 2010).

Em face desse volume, a Petrobras tem estabelecido programas de prevenção e contingenciamento para a redução de acidentes com vazamento de petróleo. Depois do acidente na Baía de Guanabara, em 2000, foi implementado o Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional – PÉGASO, com o objetivo de criar padrões internacionais de segurança operacional e de proteção ambiental onde a empresa atue (PETROBRAS, 2008b).

Inicialmente esse programa foi coordenado por um grupo que envolveu dez diferentes gerências, 80 especialistas e, posteriormente, estendido à toda empresa, pelo que foi considerado um dos maiores do gênero na indústria do petróleo, com um investimento superior a R\$ 10 bilhões, envolvendo projetos desde a revisão de sistemas de gestão, construção e remodelação de instalações, automação da malha de dutos e redução da geração de resíduos e do consumo de água em cerca de 80%. Também foram desenvolvidas e aplicadas novas tecnologias, culminando na obtenção das certificações ISO 14.000 e BS 8.800 para todas as unidades da Companhia (PETROBRAS, 2003b; 2009b).

No mesmo período a Petrobras (2002; 2003c; 2008c) implantou uma infraestrutura para combate a derramamento de óleo no mar e em terra, constituída de:

- **Centros de Combate a Poluição por Óleo (CENPOL)** – São unidades independentes destinadas a treinamento às equipes para combate a derramamento de óleo;
- **Centros de Resposta a Emergência (CRE)** – Similares aos CDA, descritos a seguir, são unidades de combate a derramamento de óleo ocorrido em dutos, terrestres ou marítimos, e em operações com navios de transporte de óleo, executados pela Transpetro, subsidiária da Petrobras que é responsável pela movimentação de seus produtos;

- **Centros de Defesa Ambiental (CDA)** – São uma espécie de corpo de bombeiros para resposta aos derramamentos de óleo, espalhados por nove estados brasileiros, complementados por 13 Bases Avançadas, que praticamente cobrem todos os estados com atividades de petróleo.

Inicialmente eram nove CDA, mas com o crescimento da Bacia de Santos, ali foi criado recentemente o décimo Centro. Somados a estes, ainda existem 13 Bases Avançadas, para agilizar a resposta, com mais de uma centena profissionais especializados de prontidão 24 horas, barcos, balsas, recolhedores e milhares de metros de barreiras de absorção e contenção de óleo. Em apoio às operações existem ainda embarcações dedicadas: a Astro Ubarana (Figura 29), na Baía de Guanabara, com capacidade para recolher 100 m³/hora de óleo, a Far Sea, na Bacia de Campos, com capacidade para recolher 200 m³/hora de óleo e outras que operam no litoral de Sergipe e no canal de São Sebastião, em São Paulo (PETROBRAS, 2008b).



Figura 29 – Embarcação Dedicada: Astro Ubarana (Baía de Guanabara)
Fonte: Petrobras (2010)

Cada um destes CDA está equipado com embarcações especiais para recolhimento, armazenamento e tratamento de óleo, barreiras de contenção e uma centena de materiais, ferramentas e acessórios. Equipamentos e suporte logístico podem ser rapidamente despachados para qualquer área no Brasil onde uma emergência possa ocorrer. Adicionalmente, a Petrobras se associou à *Clean Caribbean Cooperative (CCC)* e à *Oil Spill Response Limited (OSRL)* para atendimento conjunto em emergências Nível 3, as mais severas (PETROBRAS, 2008c).

A Figura 30 apresenta a localização dos CDA e Bases Avançadas no território nacional.

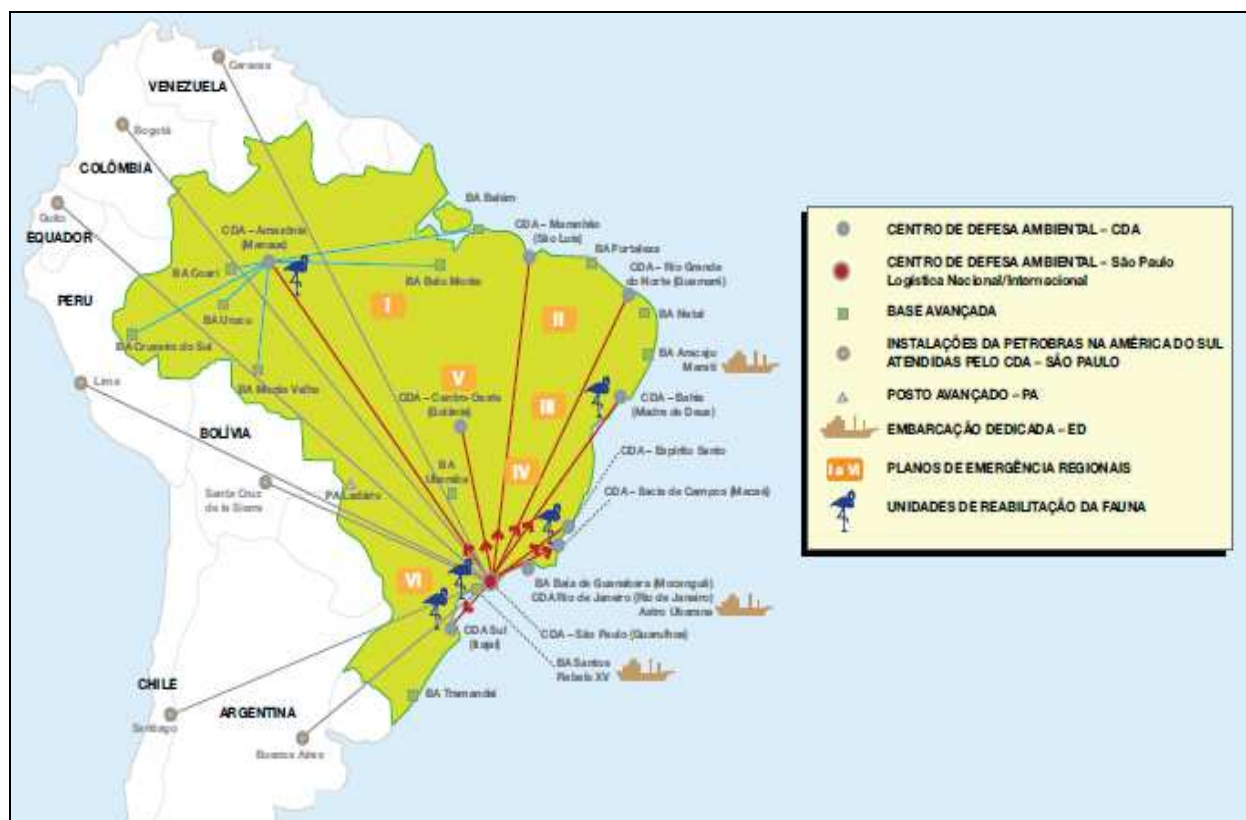


Figura 30 – Mapa de localização dos CDA

Fonte: Petrobras (2010)

Os CDA e Bases Avançadas são operados para a Petrobras pelas empresas HDG Serviços Ambientais Ltda., na Região Nordeste, e Alpina-Briggs Defesa Ambiental S/A, nas demais regiões (PETROBRAS, 2008c).

Na Bahia, o CDA está localizado na Ponta do Ferrolho, à margem da Baía de Todos os Santos, no Município de São Francisco do Conde. Este Centro apóia a exploração e produção dos campos terrestres e dutos no Estado, a Refinaria Landulfo

Alves (RLAM), os terminais de movimentação de óleo e todas as operações nos Estados de Sergipe e Alagoas (PETROBRAS, 2008c).

3.5.3 Estrutura da El Paso para atender emergências

Conforme divulgado pela El Paso (2006), para o Projeto BM-CAL-4 foi elaborado um plano emergencial específico, seguindo às normas ambientais vigentes no Brasil, com objetivo de garantir a integridade ambiental da área de abrangência na eventualidade de um incidente durante a etapa de perfuração.

De forma análoga à Petrobras, a El Paso (2010) firmou contratos com as empresas Hidroclean e Alpina-Briggs, ambas especializadas no ramo de contingência a acidentes ambientais, cuja logística disponibilizada é a seguinte:

- 34 embarcações;
- helicópteros;
- equipamentos para cerco e recolhimento de óleo;
- equipe com cerca de 80 homens treinados, sendo 50 da própria região.

3.6 DISPOSITIVOS REGULATÓRIOS

A ocorrência de grandes acidentes envolvendo produtos químicos tem resultado na adoção de regulamentos voluntários ou mandatórios, visando à prevenção de novos eventos e à redução dos danos a eles associados. Até os anos 70, os acidentes dessa natureza eram considerados como circunstanciais, quando a condição de resposta local se esgotava e era necessário socorro externo. A preparação para o desastre foi concebida entre os anos 70 e 80 e previa treinamento e a integração de algumas atividades setoriais para ampliar a capacidade de resposta e reparação (GLOBAL..., 2002).

A partir daí, surgiram leis que definiam a necessidade e o conteúdo mínimo de Planos Locais e Nacionais de Contingência (PLC e PNC), além dos Planos Individuais de Emergência (PEI) para empresas potencialmente poluidoras. As conseqüências ambientais e socioeconômicas dos acidentes com petróleo tem incitado o governo e organizações de vários países a adotarem mecanismos para lidar com esse problema,

com lições aprendidas internacionalmente na implementação do PNC e na identificação de problemas, estratégias e procedimentos adotados (GARCIA e TEIXEIRA, 2005).

Esse processo se iniciou com convenções internacionais, como a Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo, de 1969 - CLC/69¹² e a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, de 1973, alterada pelo Protocolo de 1978 - MARPOL 73/78¹³.

Grandes acidentes e a guerra do Golfo foram motivadores para a aprovação da Convenção Internacional sobre Preparo, Responsabilidade e Cooperação em casos de Poluição - OPRC/90¹⁴ (*Oil Pollution Preparedness, Response and Co-Operation*), a qual foi incorporada de imediato pela Organização Marítima Internacional – IMO¹⁵ (*International Maritime Organization*), vigorando cinco anos depois, com a adesão de 90 nações. A OPRC/90 incentiva a cooperação mútua internacional e aperfeiçoamento da capacidade de preparo e resposta à poluição por óleo, através da implantação de Planos Nacionais de Contingência, com base nas necessidades intrínsecas dos países em desenvolvimento e dos pequenos Estados insulares.

No Brasil, a preocupação com acidentes envolvendo petróleo também surgiu nos anos 70, resultando na criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente e da Comissão Interministerial para Recursos do Mar (CIRM). Uma década depois, foi elaborada a Política Nacional para os Recursos do Mar e a Política Nacional de Meio Ambiente, seguindo-se a criação do Programa de Gerenciamento Costeiro, coordenado pela Secretaria do Meio Ambiente e IBAMA, estando atualmente sob a

¹² CLC/69 - Bruxelas, 1969. Objetivo principal: estabelecer limite de responsabilidade civil por danos a terceiros causados por derramamentos de óleo no mar e se aplica aos 79 países signatários à Convenção, exceto os Estados Unidos.

¹³ MARPOL 73/78 - Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, alterada posteriormente pelo Protocolo de 1978 e por uma série de emendas a partir de 1984, visando introduzir regras específicas para estender a prevenção da poluição do mar às cargas perigosas ou equivalentes às dos hidrocarbonetos.

¹⁴ OPRC/90 - Estabelecida em 30/11/90, em função do acidente com o petroleiro Exxon Valdez no Alasca, em 1989 e do derramamento durante a Guerra do Golfo Pérsico. Passou a vigorar em 1995. Visa facilitar a cooperação internacional e a assistência mútua no preparo para o atendimento aos casos de vazamentos de óleo e incentivar os países a desenvolver e manter adequada capacitação para lidar com as emergências deste tipo de poluição.

¹⁵ A INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION é uma assembléia bianual (ou em reunião extraordinária), que até 2000 contava com 158 Estados-Membros e outros associados, como Hong Kong, China e Macau, incluindo o Brasil, a partir de 1963 (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007).

coordenação do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (AGRA FILHO & VIEGAS, 1995).

Com a Constituição Federal de 1988 ficou definida a zona costeira como um “Patrimônio Nacional”, com destaque à ocupação e ao uso dos recursos costeiros, resultando a Lei 7.661/88, que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), o qual foi publicado como uma Resolução do Ministério da Marinha de 1990, cujos principais objetivos eram a conservação e a proteção dos recursos naturais e a criação do macrozoneamento costeiro (BRASIL, 1996).

Na Bahia, o gerenciamento de seus 1.180 km de zona costeira teve início no Programa Nacional do Meio Ambiente, objetivando o zoneamento ecológico-econômico, a implantação do Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro, o monitoramento sistemático e a realização de projetos específicos de gestão integrada na área (BRASIL, 1996).

Em 1992, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco/92) apresentou a Agenda 21, documento baseado no conceito de desenvolvimento sustentável, com contribuição e aprovação por instituições governamentais e da sociedade civil de 179 países, com 40 capítulos, 115 programas e cerca de 2.500 ações (NAÇÕES UNIDAS, 1996).

A Agenda 21, em seu Capítulo 17, prevê diretrizes e recomendações para a proteção dos oceanos, mares e zonas costeiras, visando o uso racional e o desenvolvimento de seus recursos vivos para se tentar alcançar o desenvolvimento sustentável, além do gerenciamento integrado de desenvolvimento das zonas costeiras e das zonas econômicas exclusivas.

No Brasil, a OPRC/90 foi ratificada pelo Decreto 2.870, de 10 de dezembro de 1998, o qual serviu de base para a elaboração da Lei Nº 9.966, de 28 de abril de 2000, regulamentada pela Resolução CONAMA Nº 293, de 12 de dezembro de 2001, que dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada pelo óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional.

Essa Lei, além de definir requisitos preventivos, voltados ao planejamento do negócio e avaliação dos riscos e dos impactos ambientais, também definiu outros para o controle desses riscos e impactos, com dimensionamento das estruturas de resposta a emergências, incluindo recursos humanos, materiais e sistemáticas, como treinamento de pessoal, manutenção de equipamentos e execução de exercícios de resposta à incidentes de poluição por óleo.

4 PROTEÇÃO E LIMPEZA DE ÁREAS COSTEIRAS CONTAMINADAS POR PETRÓLEO

4.1 MÉTODOS DE LIMPEZA

Segundo a International Maritime Organization (2005), um vazamento de óleo pode afetar linhas costeiras com características distintas, as quais precisam ser consideradas na decisão das estratégias de resposta, incluindo a sensibilidade dessas áreas à poluição por óleo e às diferentes técnicas de limpeza aplicáveis.

É fundamental que no planejamento de contingências sejam identificadas e avaliadas essas características e a importância e prioridade para a limpeza, com base em critérios ambientais, sociais e econômicos específicos (CANTAGALLO *et al.* 2007).

A limpeza primária visa a remoção do óleo livre e contaminação pesada o mais rápido possível, para evitar a remobilização e poluição de outras áreas. A limpeza secundária pode ser necessária para remover o óleo adicional e materiais impregnados e, se necessário, resíduos e nódos (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

4.1.1 Dispersão química

A ação prioritária de limpeza em um vazamento de óleo no mar deve ser focada nas áreas com maiores concentrações desse produto e que possam se mover em direção a locais mais sensíveis devido à influência de ventos e de correntes, com conseqüente aumento da área contaminada (CONAMA, 2000).

O óleo derramado na superfície do mar flutua e se espalha em forma de mancha que, devido à ação das ondas e à turbulência das marés e correntes, fazem com que uma porção desse óleo se transforme em gotículas que podem afundar na água, num processo conhecido como dispersão, que pode ser acelerado com aplicação de substâncias denominadas dispersantes (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005), visando evitar a chegada da mancha em locais de maior relevância ecológica e de recursos naturais e sócio-econômicos mais sensíveis, como os ecossistemas costeiros e marinhos (CONAMA, 2000).

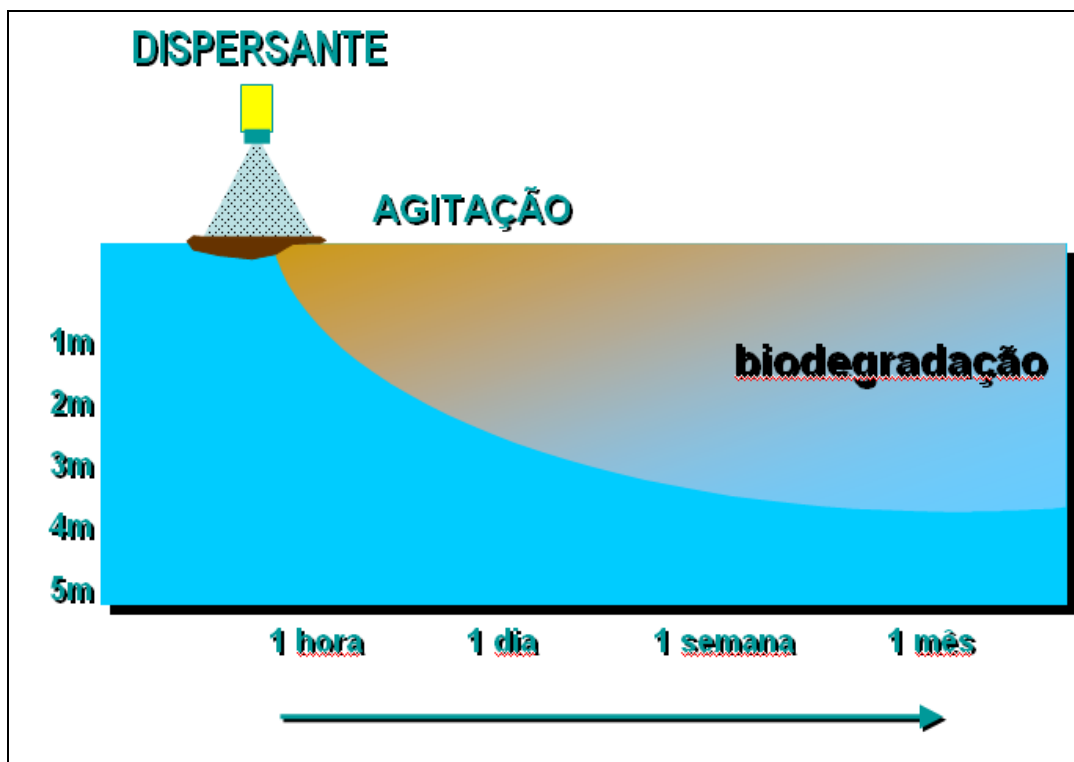


Figura 31 – Dispersão do óleo no mar
 Fonte: Petrobras (2008c)

Os dispersantes não removem fisicamente o óleo do mar, mas melhoram a taxa de sua dispersão natural na água. A parte do óleo que está se dispersando pode ser mais perigosa para os organismos subaquáticos do que a mancha flutuante, formando a chamada “zona da morte”, a parte colorida da biodegradação na Figura 31¹⁶, e por esse motivo o uso de dispersante deve ser restrito a situações onde a contenção e/ou recolhimento do óleo sejam inviáveis e os benefícios da redução da mancha sejam maiores do que o risco de danos pelo óleo disperso (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Entretanto, com as operações de contenção e recolhimento, o rápido espalhamento e dispersão do óleo em mar aberto reduzem a eficácia da aplicação dos dispersantes, o que pode ser amenizado com o uso aeronaves, que são ágeis na pulverização de produtos químicos nas maiores concentrações de óleo ou em manchas que ameaçam recursos sensíveis (PEREIRA, 2002).

Os dispersantes são produtos químicos de natureza orgânica constituídos por ingredientes ativos, denominados surfactantes, e por solventes que permitem a sua difusão no óleo. Quando um dispersante é aplicado numa mancha, as gotículas de

¹⁶ Informação pessoal: Prof. Dr. Juan Carlos Rossi, Universidade Católica do Salvador, Estado da Bahia.

óleo são envolvidas pelos surfactantes, promovendo uma rápida diluição devido ao movimento da água. O dispersante reduz a tensão superficial entre a água e o óleo, auxiliando a formação de gotículas ainda menores, acelerando o processo natural de degradação e de dispersão, favorecendo a biodegradação do produto (CONAMA, 2000).

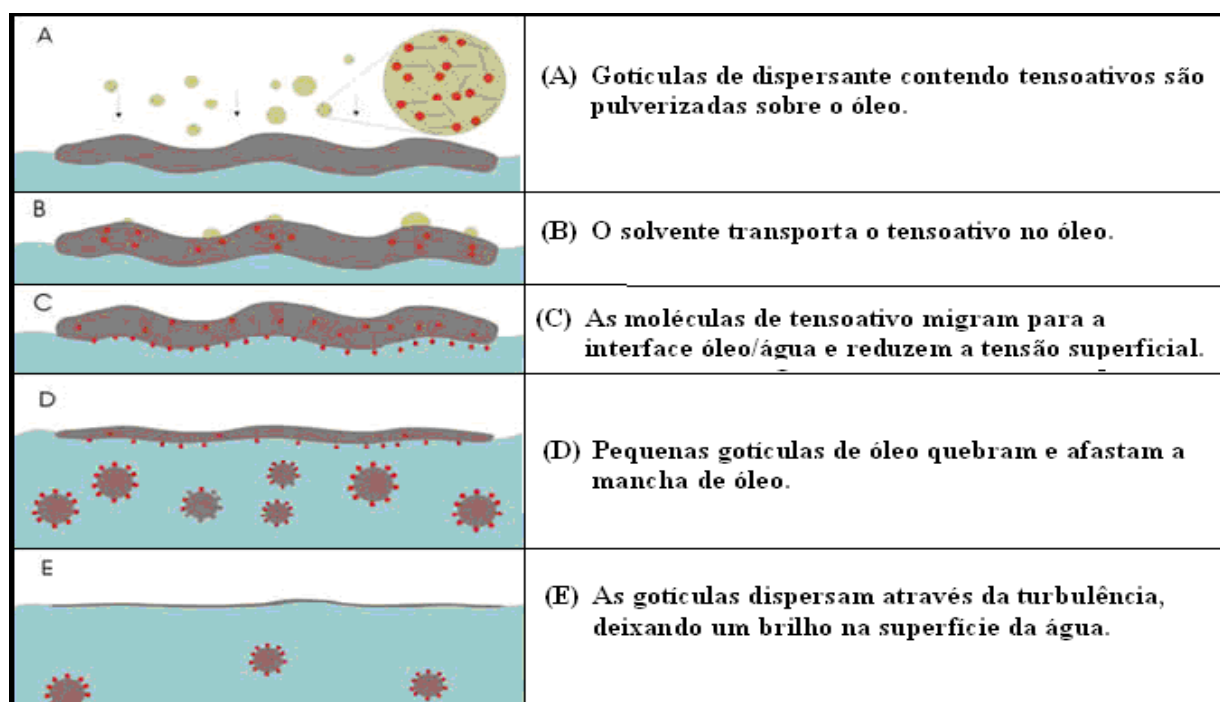


Figura 32 – Ação do dispersante sobre o óleo

Fonte: Adaptado de International Tanker Owners Pollution Federation (2010)

A biodegradação é acelerada pelo aumento da área exposição do óleo às bactérias e ao oxigênio. Segundo a International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (2001) e a International Maritime Organization (2005) os efeitos imediatos da aplicação de dispersantes são:

- aceleração da evaporação dos voláteis dos hidrocarbonetos;
- inibição da formação de emulsão de água e hidrocarbonetos (*mousse*);
- aumento da diluição dos hidrocarbonetos na água;
- redução do efeito do vento e das correntes sobre os hidrocarbonetos;
- aceleração da biodegradação natural dos hidrocarbonetos; e
- aumento da toxicidade dos hidrocarbonetos localmente.

Entre o aumento da toxicidade e a melhoria da biodegradação, as vantagens ou desvantagens de usar dispersantes residem na possibilidade de rápida dispersão e diluição do óleo no ambiente marinho. Se a concentração do óleo disperso for rapidamente reduzida a um nível seguro, os impactos negativos serão irrelevantes, mas se a diluição do óleo for insuficiente ou lenta demais, devido, por exemplo, ao movimento fraco da água numa área abrigada ou em águas rasas, poderá haver impacto em ecossistemas sensíveis (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Antigas fórmulas de dispersantes eram altamente tóxicas, o que vem sendo amenizado nas últimas três décadas com novas formulações. Os dispersantes atuais, quando usados em dosagem apropriada, têm toxicidade resultante da dispersão equivalente à do óleo disperso (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005). A tendência atual é a utilização de dispersantes biodegradáveis, embora eles ainda apresentem alto custo, apesar dos benefícios a médio e longo prazo (informação pessoal do Dr. Juan Calos Rossi, Biólogo, Professor da Universidade Católica do Salvador, Estado da Bahia).

A decisão de se usar ou não dispersantes deve ser tomada levando-se em conta os danos potenciais causados tanto pelo óleo tratado ou não tratado, considerando-se os efeitos a curto e a longo prazo. Na identificação dos locais onde os dispersantes podem ser usados são prioritárias as áreas de alta capacidade de diluição e de descarga, tais como águas abertas (PETROBRAS, 2008c).

Por outro lado, deve ser evitado o uso de dispersantes quando a sua mistura com o óleo possa permanecer por um período prolongado, como em águas confinadas, pequenas baías, enseadas fechadas e pântanos. Alguns ambientes são tão sensíveis que, apesar da diluição e sistemas de descarga ideais, eles são afetados pela toxicidade do óleo disperso, embora estes efeitos de curto prazo possam ser menos prejudiciais do que a sua exposição ao óleo não tratado (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

O uso de dispersantes é controlado na maioria dos países devido ao crescente impacto na fauna e flora sensíveis e também nos locais de pesca, embora o seu uso possa, em algumas situações, resultar em benefício ao meio ambiente (PETROBRAS, 2008c), dependendo do equilíbrio entre as conseqüências das opções de resposta e da escolha daquela que melhor preserve os recursos naturais mais valiosos. Nesse

sentido, deve também ser considerada a influência do vento e das correntes marinhas sobre o óleo. O vento desloca a mancha em 3% de sua velocidade, enquanto que a corrente a conduz em 100% de sua velocidade, gerando uma resultante vetorial, conforme esquematizam as Figuras 33 e 34.

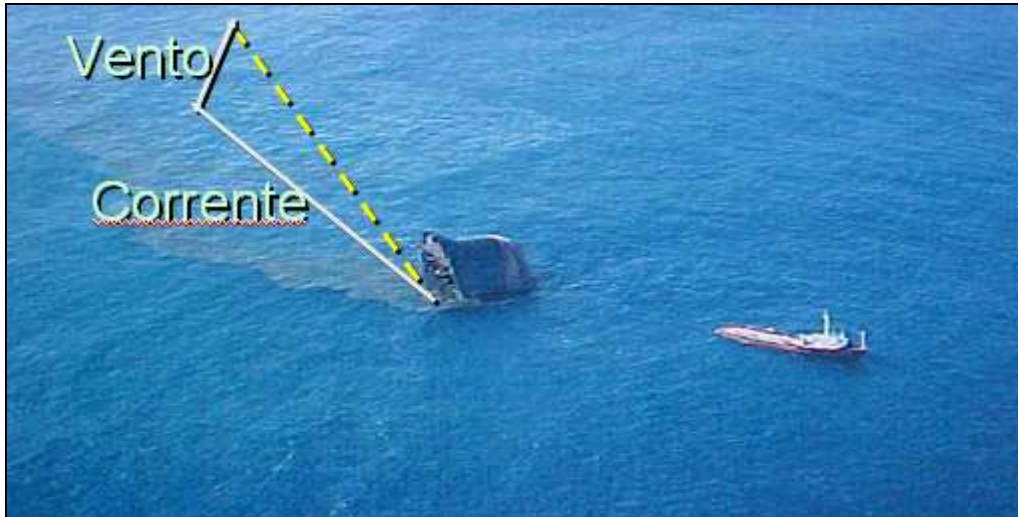


Figura 33 – Influência do vento (3%) e da corrente (100%).
Fonte: Petrobras (2008c)

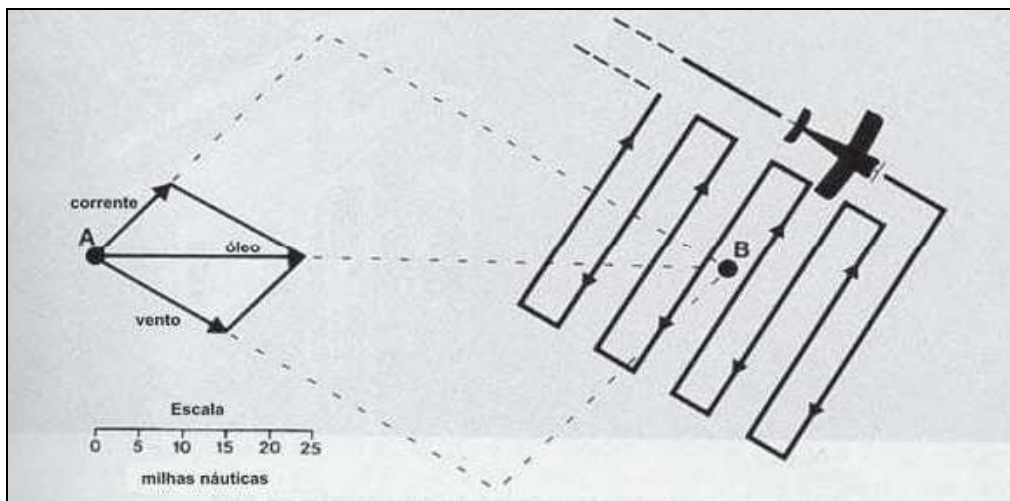


Figura 34 – Vetores do vento, corrente e local de pulverização do dispersante.
Fonte: International Maritime Organization (2005).

A pulverização de dispersante pode ser feita por embarcação (Figura 35), por avião (Figura 36) ou por helicóptero (Figura 37), utilizando um equipamento denominado Aplicador TC-3, acionado por controle remoto.



Figura 35 – Lançamento de dispersante por embarcação
Fonte: International Maritime Organization (2005)



Figura 36 – Lançamento de dispersante por avião
Fonte: Associação Regional de Empresas de Óleo e Gás Natural da América Latina e Caribe (2007)



Figura 37 – Lançamento de dispersante por helicóptero
Fonte: Associação Regional de Empresas de Óleo e Gás Natural da América Latina e Caribe (2007)

Com a adequada aplicação de dispersante por aeronaves ou embarcações apropriadas, o óleo se degradará e será absorvido naturalmente na água, como esquematiza a Figura 38.

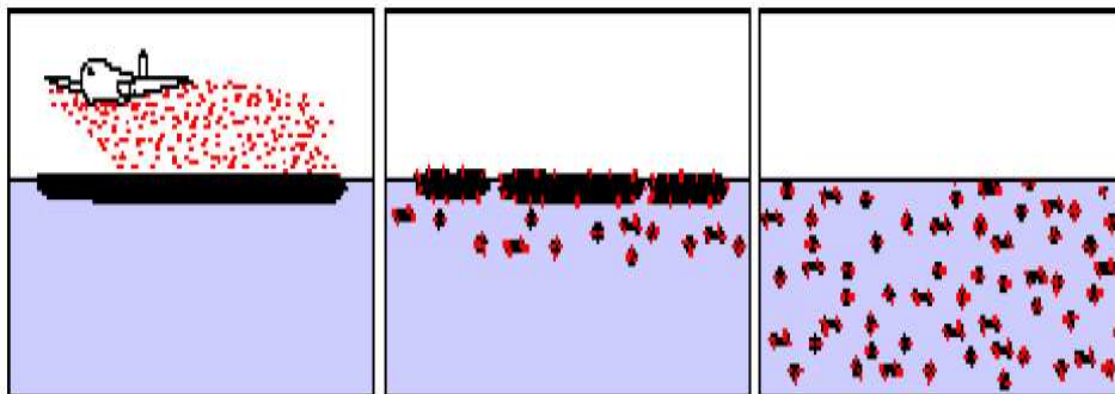


Figura 38 – Efeito da aplicação de dispersantes

Fonte: International Tanker Owners Pollution Federation (2010)

Segundo CONAMA (2000), os dispersantes estão divididos em três tipos, em função de sua concentração e da diluição necessária para o seu uso:

- **Dispersante convencional** - Produto pronto para utilização, com sua parte ativa diluída em solventes em baixa concentração.
- **Dispersante concentrado diluído em água** - O material ativo é geralmente uma mistura de substâncias tensoativas¹⁷ e de compostos oxigenados, dentre outros. É de base aquosa e pode sofrer diluição prévia para ser aplicado.
- **Dispersante concentrado não diluído em água** - O material ativo é geralmente o mesmo do diluído em água, com adição de hidrocarbonetos alifáticos ou outros. A sua concentração é alta, implicando em um baixo consumo de produto. Normalmente é de base aquosa e deve ser aplicado sem diluição. A Tabela 17 apresenta, genericamente, a eficácia esperada por tipo de dispersantes e tipo de óleo.

¹⁷ Tensoativo - composto que diminui a tensão superficial de um líquido em que esteja dissolvido (MICHAELIS, 2009)

Tabela 17: Tipos e usos de óleos e dispersantes

TIPO DE ÓLEO	TIPO DE DISPERSANTE		
	Convencional	Concentrado	
		Aplicação diluído em água	Aplicação puro
Combustíveis destilados leves	(1)	(1)	(1)
Produtos e brutos com alta taxa de espalhamento (baixa viscosidade)	{	{	{
Brutos asfálticos, óleos residuais e desgastados pelo tempo com baixa taxa de espalhamento (alta viscosidade)	(2)	X	(2)
Brutos parafínicos	(2)	X	(2)
Emulsões de água-em-óleo	(2)	X	(2)
Óleos que não se espalham	X	X	X

Notas

- 1 A aplicação de dispersantes neste caso deverá ser somente para o propósito de controlar o perigo de incêndio. Os dispersantes não são normalmente usados em tais combustíveis por causa de sua alta taxa de evaporação e também de sua alta toxicidade.
- 2 A eficácia será severamente limitada ou não será eficaz.
- X O dispersante não será eficaz
- { O dispersante será eficaz no óleo fresco.

Fonte: International Maritime Organization (2005)

A Associação Regional de Empresas de Óleo e Gás Natural da América Latina e Caribe (2007) explica que, quando usado corretamente, os dispersantes podem reduzir o tempo de resposta para o período de uma maré, reduzindo assim as chances de o óleo ameaçar as zonas sensíveis. Para o uso de dispersantes, porém, algumas questões têm que ser respondidas:

- O óleo é susceptível à dispersão?
- O dispersante disponível é o recomendado?
- O clima é indicado à aplicação do dispersante?
- O equipamento de aplicação está disponível?
- Há pessoal treinado para aplicação do dispersante?
- O uso de dispersante é permitido pela autoridade competente?
- Foram analisadas as vantagens e desvantagens do uso?

CONAMA (2000) acrescenta ainda outras questões:

- Qual o volume do óleo a ser disperso? (Tabela 18);
- Qual o grau de intemperização do óleo no momento da aplicação?
- Quais as características oceanográficas?

Tabela 18 - Relação entre a aparência, espessura e volume de óleo flutuante.

Tipo de Óleo	Aparência	Espessura Aproximada	Volume Aproximado (m ³ /km ²)
Brilho do Óleo	Prateado	> 0,0001 mm	0.1
Brilho do Óleo	Iridescente (arco-íris)	> 0,0003 mm	0.3
Óleo Bruto e Combustível	Marrom a Negro	> 0,1 mm	100
Emulsão Água-em-óleo	Marrom/Laranja	> 1mm	1000

Fonte: International Maritime Organization (2005)

Apesar das diferentes escalas de sensibilidade de espécies no trajeto do óleo disperso, a comparação entre a análise da toxicidade e os registros de campo mostra que a concentração do óleo depois da aplicação de dispersante é geralmente inferior às verificadas em estudos de laboratório (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION, 2001).

Qualquer aplicação significativa de dispersantes deve ser cuidadosamente monitorada para confirmar sua eficácia naquele ambiente específico. São imprescindíveis monitoramentos entre áreas tratadas e não tratadas, para estabelecer limites de aplicação e controle dos possíveis impactos, além da confirmação imediata da eficácia do dispersante, concentrações locais de óleo disperso e, sempre que possível, monitoramento apropriado para que se verifique quaisquer efeitos ambientais negativos a longo prazo (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Como alguns dispersantes são utilizados em grandes quantidades e são mais eficazes que outros em certos óleos, a escolha do tipo a ser estocado para uso deve levar em conta a baixa toxicidade e a eficácia testadas sob condições locais contra os óleos mais prováveis de serem derramados na área de interesse. A homologação de dispersantes pelos órgãos ambientais de muitos países usualmente tem como base testes de toxicidade, de eficácia e, algumas vezes, de biodegradabilidade do produto (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Segundo a International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (2001), a definição do uso ou não de dispersante num derramamento de óleo deve observar as suas vantagens e desvantagens em função do cenário local:

Principais vantagens:

- Utilizável em correntes fortes e mar agitado;
- Evita a chegada de concentração de óleo na costa;
- Inibe a formação de “mousse de chocolate”;
- Usualmente é a resposta mais rápida;
- Minimiza o efeito de espalhamento da mancha pelo vento;
- Reduz a contaminação de aves e mamíferos marinhos;
- Aumenta a área sujeita à biodegradação natural.

Principais Desvantagens:

- Gotículas de óleo na coluna d'água podem prejudicar os organismos marinhos;
- Se a dispersão não for obtida, a eficácia de outros métodos pode ser reduzida;
- Não é eficaz para todos os tipos de hidrocarbonetos e em todas as condições;
- Usados em terra podem aumentar a penetração do óleo nos sedimentos;
- Introduz quantidade adicional de substâncias estranhas no ambiente marinho.

Em relação às limitações na eficácia dos dispersantes, deve-se considerar que estes somente são eficazes sob circunstâncias muito limitadas e nem todos os óleos são passíveis desse tratamento, devido a características específicas, tais como a viscosidade, que geralmente é usada como parâmetro-chave para determinar se um óleo pode ou não ser tratado com dispersante. Normalmente os óleos mais pesados ou que estejam emulsificados por ação do tempo (viscosidades acima de 5.000 *centistokes* - cSt) não se dispersam ou o fazem com muita dificuldade (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005; INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION,

2001), enquanto que a gasolina e o querosene de aviação são muito leves para que os dispersantes atuem (ASSOCIAÇÃO REGIONAL DE EMPRESAS DE ÓLEO E GÁS NATURAL DA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 2007). Também têm dificuldade de dispersão os óleos em temperaturas abaixo de seu ponto de fluidez, em estado sólido ou semi-sólido, e os óleos lubrificantes, por causa dos aditivos que eles contêm (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005; INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION, 2001).

Como o dispersante funciona melhorando as taxas da dispersão natural, a turbulência é fundamental para que ele seja eficaz. Ventos fracos (de 13 a 18km/h – grau 3 na Escala Beaufort) são geralmente necessários para fornecer a energia natural adequada para a mistura, através da formação de ondas de 60cm com princípio de arrebenção (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Para melhorar a dispersão do óleo na água, em situações de mar calmo, deve ser promovida a agitação mecânica após a aplicação do dispersante, o que pode ser conseguido pela passagem sucessiva de barcos a motor sobre a área afetada (CONAMA, 2000).

Diversos países não permitem o uso de dispersantes em linhas costeiras, principalmente porque as concentrações de óleo disperso podem ser significativas, com risco de danos aos recursos ambientais vizinhos. Em outros lugares, e especialmente em países onde existe uma forte ação da maré, o uso cuidadoso e controlado na linha costeira poderá ser aprovado sob circunstâncias específicas (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

A aplicação de dispersante em território brasileiro requer o registro do produto junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), e deve obedecer aos critérios dispostos na legislação vigente específica - Resolução CONAMA nº 269 de 14/09/2000. No caso da região em estudo, esta Resolução determina a profundidade mínima de 20 metros para liberação do uso de dispersantes, salvo excepcionalidades devidamente autorizadas (CONAMA, 2000).

Ainda segundo esse documento, os dispersantes não poderão ser utilizados em áreas costeiras abrigadas, com baixa circulação e pouca renovação de suas águas, estuários, canais, costões rochosos, praias arenosas, lodosas ou pedregulhos ou áreas sensíveis como manguezais, marismas, recifes de corais, lagunas, restingas, baixios expostos pela maré, unidades de conservação, parques ecológicos e reservas

ambientais. Também estão nesse contexto as áreas de desova e berçário naturais de peixes, de espécies ameaçadas de extinção, de migração e reprodução de espécies e de populações de peixes ou frutos do mar de interesse comercial ou ainda de aquacultura.

As preocupações da saúde pública estão concentradas principalmente no efeito a curto prazo de tornar o óleo mais disponível aos organismos na coluna de água e as possíveis conseqüências no sabor do alimento. Como medida de precaução, deve ser evitado o uso de dispersante em ambientes marinhos rasos ou em áreas que contenham aquacultura e mariscos (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

O uso de dispersantes na zona costeira próxima à Ilha de Boipeba, a exemplo de outras regiões com sensibilidade ambiental similar, tem restrições legais, por envolver diversos ecossistemas sensíveis, como manguezais e recifes de corais (CONAMA, 2000); assim, deve-se estabelecer um planejamento adequado à situação, buscando alternativas à essa limitação.

4.1.2 Biorremediação

As baías são os ambientes mais afetados por derrames de petróleo, pois, além da intensa movimentação de embarcações em seu interior, elas costumam apresentar em sua linha costeira acentuada densidade demográfica. Visando mitigar impactos ambientais como esses, estão em desenvolvimento novas técnicas de recuperação de áreas contaminadas por petróleo, denominadas de biorremediação, que consistem no uso de microorganismos como, dentre outros, bactérias, fungos e leveduras para degradar as substâncias tóxicas. Esses microorganismos, da mesma forma que os seres humanos, ingerem substâncias orgânicas, inclusive hidrocarbonetos, para extrair nutrientes e energia, quebrando-lhes a estrutura em formas menos complexas (BITTAR, 2000).

Em 1946, o microbiólogo marinho norte-americano Claude E. ZoBell (1905-1989) foi o pioneiro na identificação de microrganismos capazes de consumir petróleo e seus derivados como fonte de carbono para a geração de biomassa, água, dióxido de carbono e outros compostos. Após esse processo, a população de microrganismos volta aos níveis normais, uma vez esgotada a sua fonte de alimentos. Neste estágio, a sua concentração pode atingir 10 bilhões de células por mililitro, tanto em laboratório

quanto no ambiente natural. Ao consumirem o óleo, as bactérias hidrocarbonoclásticas podem aumentar em mais de 1.000% seu conteúdo de lipídios e de 240% o de proteínas (CRAPEZ *et al.* 2002).

Ainda de acordo com Crapez *et al.* (2002) no início da década passada os estudos de biorremediação, no Brasil, eram escassos, sendo o Laboratório de Microbiologia Marinha, da Universidade Federal Fluminense um pioneiro nessa área, com pesquisas para definir as bases dessa tecnologia em função das condições ambientais brasileiras. Segundo o Engenheiro Jorge Eduardo Paes¹⁸, atualmente o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobras (CENPES) desenvolve estudos, já postos em prática com sucesso, com o uso da biorremediação para recuperação de manguezais na Baía de Todos os Santos, nas proximidades da Refinaria Landulpho Alves (RLAM), no Estado da Bahia (ROSADO, 2008).

Segundo a International Maritime Organization (2005), a biorremediação é o processo de aceleração da degradação do óleo por bactérias, fermentos e fungos, ou seja, a estimulação da biodegradação de poluentes e a melhoria da recuperação dos ecossistemas, usualmente através da aplicação de misturas de fertilizantes nos sedimentos oleosos e, algumas vezes, a aeração dos materiais oleosos através do retrabalho do sedimento.

Embora as bactérias sejam responsáveis pela biodegradação da maioria dos hidrocarbonetos, algumas espécies de fungos filamentosos e leveduras também têm habilidade de degradar esses compostos (PRINCE, 1993 *apud* RIZZO, 2007).

Rizzo (2007) afirma que os fungos são considerados mais eficientes que as bactérias sob condições adversas do processo como, por exemplo, valores extremos de pH, limitação de nutrientes e baixos teores de umidade.

O objetivo principal da biorremediação é minimizar o impacto das substâncias recalcitrantes no ambiente, criando condições favoráveis ao crescimento (CRAPEZ *et al.* 2002)

A biorremediação não é uma técnica geralmente usada na etapa primária da limpeza, exceto quando há riscos para áreas mais sensíveis, tais como pântanos salgados e charcos, onde apenas limpeza convencional limitada é possível, e a expectativa é geralmente voltada para a recuperação natural. A biorremediação, quando usada na etapa secundária e em algumas circunstâncias, promete melhoria da

¹⁸ Analista Ambiental da Gerência de Avaliação e Monitoramento Ambiental do CENPES/Petrobras, um dos autores de Rosado *et al.* (2008).

decomposição final dos resíduos até um nível aceitável para a restauração¹⁹ natural do habitat (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Uma vez usada a biorremediação, a situação deverá ser monitorada periodicamente para acompanhar as mudanças das condições resultantes dos processos naturais ou conseqüências do tratamento, o qual deve ser encerrado quando for considerado que os contaminantes estão em níveis aceitáveis, conforme o uso e especificidade ambiental do local, ou se forem identificados efeitos prejudiciais do tratamento (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Como todas as medidas de resposta ao derramamento, não deve ser esperado que a biorremediação possa remover completamente os hidrocarbonetos. Nos termos de relevância ecológica, as evidências claras da recuperação do habitat, tais como limites de toxicidade dentro das diretrizes regulatórias e/ou o retorno da estrutura original da comunidade, deverão ser consideradas como critérios de medição (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

A biorremediação é uma tecnologia cujo potencial ainda não foi completamente explorado, sendo uma alternativa atraente porque é potencialmente menos dispendiosa que métodos de limpeza convencionais, prometendo chegar ao resultado esperado mais rapidamente que os demais métodos e com menos transferência de contaminantes para outros meios. No entanto, este método apresenta um desafio tecnológico único. A combinação de complexidade dos processos microbianos e o desafio físico de monitoramento de microrganismos e contaminantes do subsolo tornam a biorremediação difícil de entender e transmite insegurança para algumas pessoas (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Pela complexidade dos processos metabólicos necessários à degradação do petróleo há estímulo natural à formação de consórcios, com bactérias de diferentes gêneros e espécies, cada uma especializada em degradar uma ou várias frações do óleo derramado. Os principais gêneros estão apresentados na Tabela 19.

¹⁹ Restauração: **1** Ato ou efeito de restaurar. **2** Reconstrução, restabelecimento. **3** Conserto, reparação. **4** Preenchimento de uma falha por perda de substância. **5** Restabelecimento de forças depois de fadiga ou doença. (MICHAELIS, 2009).

Tabela 19 – Gêneros de bactérias formadoras de consórcios

<i>Acidovorans</i>	<i>Arthrobacter</i>	<i>Cycloclasticus</i>	<i>Micrococcus</i>	<i>Rhodococcus</i>
<i>Acinetobacter</i>	<i>Beijemickia</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Neptunomonas</i>	<i>Streptomyces</i>
<i>Agrobacterium</i>	<i>Burkholderia</i>	<i>Goordona</i>	<i>Nocardia</i>	<i>Sphingomonas</i>
<i>Alcaligenes</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Moraxella</i>	<i>Pasteurella</i>	<i>Stenotrophomonas</i>
<i>Aeromonas</i>	<i>Comomonas</i>	<i>Mycobacterium</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>Vibrio</i>

Fonte: Adaptado de Crapez *et al.* (2002)

Derrames sucessivos no mesmo ambiente aceleram cada vez mais o aumento da biomassa bacteriana hidrocarbonoclástica. Uma maior concentração dessas bactérias em determinado local, portanto, serve como um indicador de ambiente impactado cronicamente por petróleo (CRAPEZ *et al.* 2002)

Como nem todos os óleos, ou componentes destes, são biodegradáveis, alguns resíduos podem permanecer no ambiente, sendo possível a sua remoção por outros processos como, por exemplo, a energia das ondas. O processo de degradação é lento e a biorremediação não é um método de limpeza, mas pode ser considerado como uma possível opção de melhoria e restauração do ambiente (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

A biorremediação, embora seja uma técnica ainda em desenvolvimento, tem sido usada ocasionalmente em alguns derramamentos de petróleo, mostrando-se mais eficaz em ambientes costeiros de baixa energia das ondas, em concentrações baixas de óleo que são facilmente biodegradáveis, em climas mais quentes e em áreas onde a limpeza convencional é restrita, devido ao inerente potencial de causar danos ambientais adicionais e de longo prazo (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Zhu *et al.* (2001) citam que a biorremediação emergiu como uma das opções de tratamento secundário mais promissoras para a remoção de petróleo, desde a sua aplicação bem sucedida após o derramamento do navio-tanque Exxon Valdez, no Alaska, em 1989, apesar de que os testes laboratoriais efetuados com esses produtos consideraram as condições climáticas típicas no hemisfério norte, o que não serve como referência a outras regiões de climas tropicais, como ocorrem no Brasil (PRINCE, 1993 *apud* ROSA e TRIGÜIS, 2006).

Outro exemplo da eficácia desse processo é a aplicação do produto batizado de Bioil-FC, baseado em bactérias marinhas, que está sendo aplicado em Cuba desde 1992 para descontaminação de petróleo e seus derivados no mar, na água doce e em

solos contaminados. O Bioil-FC transforma compostos de hidrocarbonos em substâncias biodegradáveis, até sua conversão completa em dióxido de carbono e água, apresentando baixo custo e alto índice de eficácia em curto tempo (mais de 90% de limpeza em um máximo de 30 dias de aplicação) (ACOSTA, 2005).

O Instituto de Oceanologia de Cuba iniciou, há mais de uma década, a coleta de bactérias marinhas de mais de 400 cepas. Desse total, 70% são capazes de degradar o petróleo e cinco delas são muito eficazes. O Bioil-FC, formado por estas cinco cepas, foi testado no tratamento de um vazamento de 500 toneladas de petróleo em mar cubano, provocado em 1998 pela colisão de dois navios na Baía de Matanzas, a 98 quilômetros de Havana (ACOSTA, 2005).

Em um vazamento de 200 toneladas de petróleo em 2002, em uma praia e um estuário de mangue na Enseada de Arroyo Blanco, na província de Holguín, em Cuba, os especialistas chegaram ao local dois meses depois do acidente, encontrando petróleo impregnado no mangue com um índice de sedimentação de 70%, afetando seis hectares de mangue e quatro quilômetros de praia. Os resultados da aplicação do produto Bioil-FC começaram a ser observados 48 horas depois de iniciado o trabalho. O estudo científico desse caso confirma que essa nova tecnologia é aplicável a qualquer tipo de vazamento de hidrocarbonetos em latitudes tropicais (ACOSTA, 2005).

Diante dessa observação, fica evidenciado que a utilização da técnica de biorremediação é uma alternativa para tratamento para quando e onde não seja possível (ou viável) o emprego da dispersão química, prática cuja eficácia está diretamente ligada à rapidez na resposta, o que, segundo a experiência na Enseada de Arroyo Blanco, não impediu o sucesso na utilização da biorremediação, apesar do tempo decorrido e dos 70% do óleo já sedimentados (ACOSTA, 2005).

Experiência similar foi conduzida no Parque de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal do Ceará, PADETEC, onde foram feitas simulações de campo com o uso da quitosana²⁰ na remoção de óleo do mar. O objetivo dessa experiência é desenvolver um produto baseado em uma bactéria imobilizada em quitosana que biodegrade o óleo (MARIUZZO, 2005).

No processo químico de absorção de óleos, a quitosana envolve as gotas de óleo ou gordura, aprisionando-as. Segundo o Professor Afrânio Craveiro, que

²⁰ Quitosana: um derivado de quitina, biopolímero encontrado em invertebrados marinhos, insetos, fungos e leveduras (MARIUZZO, 2005).

coordenou os estudos sobre os polímeros naturais no PADETEC, o percentual de remoção de petróleo foi calculado em 92%, sendo provável que com a utilização do processo se possa reduzir os níveis de contaminação em um tempo muito menor que a biodegradação natural (MARIUZZO, 2005).

As bactérias, mofo, fermento e algas utilizadas no processo de biodegradação necessitam de fontes adicionais de alimentação, na forma de nitrogênio e fósforo, as quais estão normalmente disponíveis no ambiente marinho. A International Maritime Organization (2005) afirma que o padrão típico de biodegradação sob condições aeróbicas é que 1kg hidrocarboneto com 2,6kg de oxigênio, mais 0,07kg de nitrogênio e 0,007kg de fósforo resultam em cerca de 1,6kg de dióxido de carbono, mais 1kg de água e 1kg de biomassa.

O tipo de óleo e suas propriedades são muito importantes para a biorremediação, pois é a complexidade dos componentes individuais que determina se eles podem ser degradados e em que grau. Partes diferentes de um óleo irão mostrar tendências muito diferentes de degradação, geralmente com os componentes mais leves se degradando mais facilmente que os mais pesados e mais complexos, embora produtos de óleo leve e diesel contenham uma proporção relativamente alta de compostos tóxicos, que podem afetar ou até matar os microorganismos responsáveis pela biodegradação (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

O processo de biorremediação também apresenta sensibilidade à temperatura ambiente dos sedimentos e da água do mar: quando a temperatura cai, a atividade de biodegradação diminui a sua velocidade. Como uma regra geral, a biorremediação é menos efetiva em temperaturas abaixo de 5°C (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Como observa a International Maritime Organization (2005), a biorremediação pode ser usada diretamente no local atingido (técnica *in-situ*) ou em materiais removidos para o tratamento (técnica *exsitu*), a exemplo dos *landfarming* (tratamento no solo), compostagem²¹ e biopilhas²², procedimentos aplicáveis em descartes de resíduos contaminados gerados com os processos de limpeza das áreas afetadas, através da adição de microrganismos específicos (bioaugmentação ou bioalimentação),

²¹ Compostagem: fr. *compostage* (metade do sXX) 'id.', de *compost* (1732) 'adubo, fertilizante formado de material orgânico com matérias minerais' (HOUAISS, 2009)

²² Tecnologia *ex situ* de biorremediação, que envolve o empilhamento de solos contaminados, o qual simula a atividade microbiana aeróbia acelerando a degradação do poluente pela aeração, adição de nutrientes e correção de umidade (SANTOS, 2007).

de nutrientes e/ou outras substâncias que acelerem a reprodução de tais microrganismos (bioestimulação), além da aeração, estimulando a reação no meio ambiente contaminado (RYTKONEN *et al.* 1997 *apud* ROSA e TRIGÜIS, 2006). Além disto, a International Maritime Organization (2005) acrescenta aos processos anteriores a fitorremediação, conforme descrito a seguir:

(i) Bioaugmentação

Algumas pesquisas se concentraram na adição de microrganismos para aumentar sua quantidade e diversidade, para que a biodegradação seja acelerada. Porém, as variedades introduzidas são raramente tão bem adaptadas naquele ambiente quanto as nativas. A competição favorece os microrganismos preexistentes, em parte, já que eles estão adaptados às condições ambientais no local de interesse. Também existe mais preocupação geral sobre a introdução intencional de microrganismos não-nativos e/ou geneticamente alterados em um ecossistema. Os testes mostraram pouco ou nenhum sucesso e esta técnica, atualmente, oferece uma promessa muito menor em comparação com as possíveis opções de bioestimulação (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Estudos de Barros e Lemos (2006) concluíram que o desempenho da composição de inóculo fúngico e material estruturante, como o pó da casca de coco, apresentou-se como opção para a bioaugmentação do solo contaminado por petróleo, sendo, entretanto, a inoculação uma importante ferramenta neste processo, o que constitui um aspecto interessante para a região da Ilha de Boipeba, pela escassez de recursos aliada à alta produção de casca de coco, que é tratada como resíduo indesejável.

(ii) Nutrição

A estimulação da biodegradação de compostos orgânicos por microrganismos presentes no ambiente contaminado pode consistir na adição de nutrientes ricos em nitrogênio e fósforo, aplicados na linha costeira para manter concentrações suficientes (PRINCE, 1993 *apud* ROSA e TRIGÜIS, 2006). Conforme a International Maritime Organization (2005), o processo de biodegradação acontece na conexão entre as moléculas de hidrocarboneto e água com uma proporção normalmente aceita entre

carbono, nitrogênio e fósforo de 100:10:1. A escolha dos nutrientes eficazes ao processo de biorremediação deve considerar a dinâmica do ambiente contaminado pois, dependendo do grau de energia a que o ambiente está subordinado e da solubilidade do nutriente em água, este pode ser levado do sítio de contaminação antes mesmo de ser absorvido pela comunidade microbiana (ROSEMBERG *et al.* 1992 *apud* PRINCE, 1993).

Com base na bibliografia consultada (SVEUM *et al.* 1991, Merlin *et al.* 1994, Al-Hadhrami *et al.* 1997 *apud* ROSA e TRIGÜIS, 2006), dentre os agentes estimuladores da biorremediação destaca-se o fosfato de amônia. Como cita Rosa e Trigüis (2006), ensaios laboratoriais de Wang e Fingas, divulgados em 1994 no *Proceeding of the 17th Arctic and Marine Oilspill Program (AMOP)* sob o título de “*Study of the effects of weathering on the chemical composition of light crude oil*”, a aplicação de nutrientes de uso comercial mostrou resultados semelhantes aos obtidos no experimento com fosfato de amônia, produto químico tóxico e de custo relativamente elevado. Em função desse custo, como uma opção de bioestimulador a viabilidade sugere o uso do NPK, fertilizante comumente utilizado na agricultura com preços reduzidos, que tem em sua composição o fosfato e sulfato de amônia e cloreto de potássio, na proporção 10:10:10. A efetividade da absorção desse produto pela população microbiana degradadora de petróleo pode ser decorrente da maior concentração dos teores de nitrogênio e fósforo do fosfato de amônia, com relação a outros nutrientes naturais, sem apresentar efeitos tóxicos na biota (ROSA e TRIGÜIS, 2006).

Experimentos feitos sob as condições climáticas da região do litoral do Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro atestam a eficácia de alguns produtos economicamente viáveis contendo altos teores de nitrogênio e fósforo, os quais podem ser usados como agentes estimuladores da biorremediação (ROSA e TRIGÜIS, 2006).

Na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) foi pesquisada outra técnica de recuperação de solos contaminados, através da estimulação de bactérias existentes com nutrientes, para que elas mesmas degradem as substâncias tóxicas. Os resultados preliminares em laboratório demonstraram que o tempo de recuperação pode ser reduzido de um ano para dois meses. Segundo a Pesquisadora Márcia Bragato, da USP, como a técnica utiliza os microorganismos do próprio solo, existe a vantagem de não se introduzirem bactérias estranhas ao ecossistema local (BERNARDES, 2005).

As formas sólidas com liberação lenta, como por exemplo, os briquetes, também foram testados, mas precisam ser densas o suficiente e bem amarradas para evitar abrasão física e dissolução rápida pelas marés e ação das ondas. As pelotas e os grânulos com liberação lenta podem oferecer uma alternativa, liberando nutrientes quando em contato com a água do mar ou chuva, mas também podem ser levados embora antes de serem eficazes. Os desenvolvimentos mais recentes incluem formulações de nutrientes oleofílicos, que podem ser atraídos pelo próprio óleo, reduzindo a tendência de dispersão. Quando os nutrientes forem aplicados em qualquer uma destas formas, deve ser evitada a aplicação excessiva e acumulação, já que eles podem causar eutrofização²³ e proliferação de algas tóxicas (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

(iii) Bioestimulação

A maioria das linhas costeiras porosas (areia, cascalho, pedregulhos e pedras redondas) tem quantidades muito limitadas de carbono disponível e a introdução de hidrocarbonetos durante um derramamento de óleo estimula a proliferação dos microorganismos. Em baixas concentrações de óleo (estimadas por pesquisa como menor que 0,1% em peso de sedimento da costa), a disponibilidade de oxigênio e as concentrações de nitrogênio e fósforo no ambiente devem ser suficientes para promover rapidamente o processo de degradação do óleo. Porém, em concentrações mais altas de óleo, o crescimento de microorganismos se tornará restrito devido a níveis limitadores de oxigênio ou de nutrientes. Assim, a bioestimulação é o suprimento adicional de quantidades suficientes de oxigênio (aeração) e de nutrientes para sustentar os microorganismos, a fim de que eles continuem a se proliferar e a manter o processo de biodegradação (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

(iv) Aeração

A falta de oxigênio pode acontecer quando a permeabilidade do sedimento na costa for insuficiente para permitir que o oxigênio migre para os microorganismos. Em

²³ Eutrofização: processo através do qual um corpo de água adquire níveis altos de nutrientes, esp. fosfatos e nitratos, provocando o posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição. (HOUAISS, 2009)

alguns casos, pode ser a presença do próprio óleo que reduz essa permeabilidade, bloqueando os espaços intersticiais do sedimento. Para manter as condições aeróbicas, o sedimento pode precisar de agitação mecânica por rastelagem ou lavra periódica, com precaução para que o óleo não seja ainda mais enterrado no sedimento. Esta é uma característica comum à técnica de *landfarming (ex-situ)* ou eventualmente em cenários *in-situ*. Os métodos de limpeza convencional da linha costeira são geralmente excluídos ou severamente restringidos em ambientes mais sensíveis, e a agitação mecânica para incentivar a aeração só deve ser usada se não causar dano ambiental (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

(v) Fitorremediação

Segundo a International Maritime Organization (2005), a técnica consiste na utilização do crescimento de plantas para acelerar a biodegradação do óleo. Os hidrocarbonetos no solo são alterados no processo de crescimento das plantas, ou são absorvidos e metabolizados pela própria vegetação, com adição de fertilizantes para estimular o crescimento das plantas existentes, ou através da introdução de novas plantas que sejam típicas da região afetada, uma vez que as concentrações de óleo residual tenham diminuído para níveis tolerados pela planta. Em alguns casos, a restauração do crescimento de plantas tem o benefício adicional de prevenir ou minimizar os efeitos prejudiciais da erosão. Apesar de ser uma técnica com resultados a longo prazo, ela pode oferecer oportunidades em derramamentos de óleo em áreas mais sensíveis, como charcos de água doce e pântanos salgados, onde só a limpeza convencional mínima é normalmente realizada.

4.2 EQUIPAMENTOS PARA CONTENÇÃO E RECOLHIMENTO

Para as ações de resposta a derramamentos de óleo, no mar ou na terra, existem diversos tipos de equipamentos, largamente usados pelas grandes empresas internacionais. Com base em entrevistas com técnicos especializados da área de Meio Ambiente da Petrobras e de empresas contratadas, em consultas a normas técnicas, convenções internacionais (IMO²⁴, ITOPF²⁵, IPIECA²⁶, NOAA²⁷, etc.) e catálogos de

²⁴ IMO - International Maritime Organization.

²⁵ ITOPF - International Tanker Owners Pollution Federation Limited.

fabricantes (SoloStocks, Hidroclean, Alpina, etc), foram destacados a seguir os equipamentos mais recomendados para recolhimento de óleo derramado na região da Ilha de Boipeba, em função da sua geomorfologia, tipos de marés e ecossistemas sensíveis, principalmente os manguezais.

A ação inicial deve ser a do monitoramento e avaliação da área afetada, para definição das etapas seguintes, que geralmente é a dispersão mecânica ou química (em áreas distantes da costa) ou retenção e recolhimento do óleo (em áreas confinadas ou próximas à costa ou áreas sensíveis) (Petrobras, 2008c).

4.2.1 Barreiras de Contenção

Segundo Petrobras (2008c), as ações de resposta devem ser imediatas ao derramamento para garantia da eficácia. Após a aplicação da dispersão química (se possível), o óleo deve ser confinado por equipamentos denominados barreiras de contenção e depois removido, por sucção ou absorção, com equipamentos e materiais adequados. As barreiras de contenção são dispositivos contínuos flutuantes, empregados como ponto de partida para o combate ao derramamento de óleo, que visam à contenção ou direcionamento do óleo derramado na água, facilitando a sua coleta ou dispersão adequada.

Segundo a International Maritime Organization (2005) e Petrobras (2008c), as barreiras podem ser utilizadas de várias formas e para propósitos diferentes:

- evitar que o derrame inicial se espalhe;
- evitar tanto que derrames contínuos como subseqüentes se espalhem;
- cercar o óleo para recuperação por embarcações e recolhedores;
- proteger os recursos sensíveis e o ambiente;
- desviar a mancha para longe de recursos e ambientes sensíveis; e
- desviar a mancha em dispersão para onde possa ser recuperada facilmente.

As barreiras, conforme esquematizado na Figura 39, podem variar de forma e aspecto, a depender do fabricante, mas, de maneira geral, elas são constituídas de:

²⁶ IPIECA - International Petroleum Industry Environmental Conservation Association.

²⁷ NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration.

- Flutuadores – bolsões que mantêm as barreiras na superfície da água;
- Saia – borda submersa que confina o óleo espalhado;
- Tirantes – elementos de ancoragem para fixação ou movimentação;
- Lastro – ou contrapeso, para garantia de verticalização da barreira.

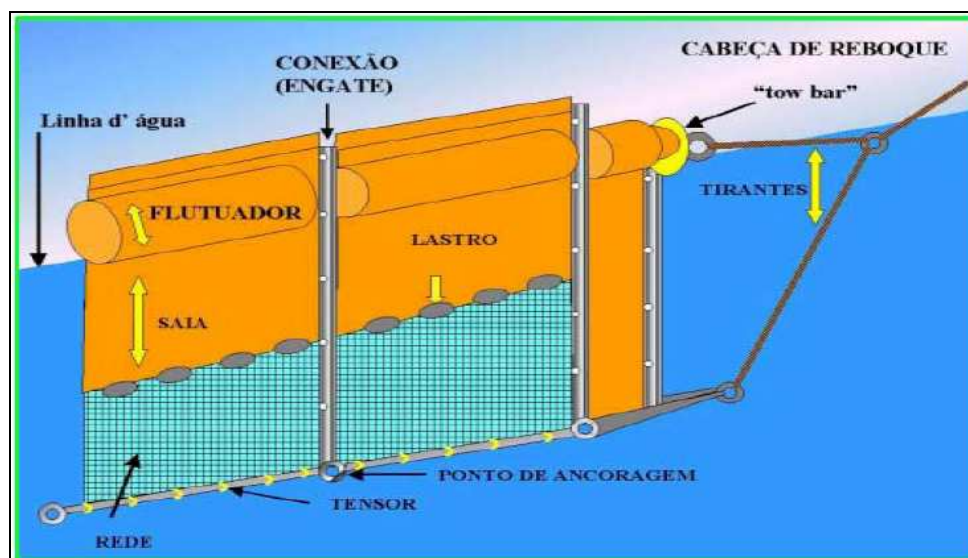


Figura 39 – Barreira de contenção – desenho esquemático

Fonte: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2008c).

Quanto à estrutura, de acordo com os projetos atualmente mais utilizados, a International Maritime Organization (2005) define as barreiras de contenção enquadradas nos seguintes grupos:

- **Tipo cortina** - Construídas com espuma de célula fechada resistente a hidrocarbonetos, integrada em um bolsão ou luva de tecido. A saia é feita em tecido sintético resistente (tipo PVC) e o lastro geralmente é composto de correntes de aço, cabos ou pesos;

- **Tipo flutuante inflável** - Construídas em materiais à base de PVC ou poliuretano, consistem de uma câmara superior cheia com ar para flutuação e duas inferiores cheias com água, para lastro. Quando a maré baixa a barreira de contenção cria uma vedação contra a linha costeira, enquanto outras vezes atua como uma barreira de contenção flutuante convencional;

- **Tipo flutuante auto-inflável** - Construídas com material em PVC ou poliuretano e são similares no contorno das do tipo infláveis, porém possuem um mecanismo para a expansão automática da câmara flutuante e sucção de ar;
- **Tipo cerca** - Construídas de variadas formas: com bóias externas parafusadas em forro de PVC, poliuretano ou nitrilo/neoprene; bóias de espuma de célula fechada integradas em um material de PVC/poliuretano ou por processos de costura ou soldagem. O lastro pode ser fornecido usando correntes, cabos ou pesos;
- **Tipo cerca com braço tensor externo** - Construídas de materiais em PVC e poliuretano, são similares às do tipo cerca, mas possuem um braço tensor horizontal em oposição à direção do vento ou corrente predominante;
- **Tipo à prova de fogo** - Consiste em um cerco com material resistente ao fogo, para possibilitar a queima do óleo *in situ*, quando for difícil o seu recolhimento ou dispersão. Esse tipo de operação (queima), entretanto, requer anuência do órgão ambiental, sendo de rara aplicação na costa brasileira;
- **Tipo rede** - Confeccionadas da mesma forma que as redes de arrasto para pesca, com malha de aproximadamente 1mm, são usadas em correntes marinhas superiores a 1 nó e são específicas para contenção de óleo pesado, óleo cru emulsificado e aglomerados de alcatrão;
- **Tipo improvisada** - Em locais distantes, barreiras de contenção podem ser criadas a partir de materiais disponíveis e dos princípios básicos de projeto e construção de barreiras de proteção, usando qualquer material ou objeto disponível que possa flutuar e conter ou direcionar o óleo vazado.

Segundo informações obtidas durante visitas técnicas aos CDA e CRE da Petrobras e em entrevistas com técnicos da área de meio ambiente dessa empresa, especificamente da Gerência de Articulação e Contingenciamento (SMS/AC – Eng. Isaac Wegner, ex-Gerente Nacional dos contratos dos CDA – informação pessoal), área responsável pelas ações de respostas a emergências ambientais, as barreiras variam de projeto em função do ambiente e da utilização:

- **Contenção permanente** - São barreiras dispostas em locais sujeitos freqüentemente a derramamentos. Devem ser pesadas, mas de estruturas flexíveis e de grande resistência à tração e abrasão, com partes substituíveis dentro da água e tracionadores que acompanhem a variação das marés;

- **Portos e águas calmas** - As barreiras devem ser leves e de dimensões reduzidas, com borda livre e calado da ordem de 13cm e 20cm respectivamente, com peso em torno de 3,5Kg/m. A utilização deve ser limitada a correntes de 1 nó, ondas de até 60cm de altura e ventos de até 15 milhas náuticas por hora;

- **Mar aberto ou águas agitadas** - As barreiras devem ser pesadas, com borda livre e saia acima de 30cm e 40cm respectivamente, com peso em torno de 6Kg/m. a limitação de uso fica em correntes de 1,5 nó, ondas de até 120cm de altura e ventos de até 30 milhas náuticas por hora;

- **Proteção de praias** - São barreiras infláveis, com ar nos flutuadores e água na saia, para garantir a sua estabilidade em qualquer posição das marés;

A operação de lançamento de barreiras na água é feita a partir de embarcações, com exemplifica a Figura 40.



Figura 40 – Lançamento de barreiras de contenção
Fonte: Hidroclean (2009)

4.2.2 Recolhedores Mecânicos

Conforme observado em diversos relatórios de atendimentos a derramamento de óleo na Petrobras, na Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e nas empresas prestadoras desse tipo de serviço, a recuperação do óleo derramado na água é difícil e dispendiosa, porém é possível, devido à sua característica de menor densidade que a água, o que lhe permite flutuar e, através das barreiras de contenção, ser confinado num local até que possa ser recolhido mecanicamente através de equipamentos especialmente desenvolvidos para essa finalidade, denominados *skimmers* (recolhedores de óleo), os quais estão sempre associados a sistemas de sucção, bombeamento e armazenamento provisório do óleo recolhido.

A International Maritime Organization (2005) assevera que, como nenhum recolhedor consegue operar em todas as condições e para todos os tipos e propriedades de óleo, deve-se conhecer as características de desempenho dos vários tipos existentes e selecionar o mais apropriado para as circunstâncias que serão enfrentadas. Isto também tem de ser considerado no processo de planejamento de contingência, para assegurar que uma quantidade adequada de equipamentos esteja disponível para atender à maioria das situações que possam surgir.

Quanto ao tipo, os recolhedores são classificados pela International Maritime Organization (2005) em:

- **Oleofílicos** ('amantes de óleo') - O óleo adere prontamente às superfícies em forma de discos, cabos, escovas ou tambores, que são levantados da água e então raspados ou espremidos para remover o óleo, que é armazenado em local adequado.
- **Vertedouros** - Dispositivos flutuantes que, com uma área de sucção na interface óleo/água, são ajustáveis por bóias, permitindo que apenas o óleo flua para dentro de um ponto de coleta, de onde ele é transferido por bomba.
- **Vácuo** - Sistema de sucção ou aspiração em que o recolhedor é basicamente uma cabeça de sucção flutuante, com aberturas radiais pouco abaixo do nível da superfície. O óleo succionado é destinado a um armazenamento temporário, de onde é recolhido e dado à destinação final.
- **Hidrodinâmicos** - Através de hidrociclones ou jatos d'água, a água misturada ao óleo entra tangencialmente numa câmara do recuperador como um "ciclone" onde a

água, de maior densidade, sai pelo fundo da câmara, enquanto o óleo, no topo, é succionado para fora do recolhedor.

- **Correias com pás** - Semelhante ao princípio da roda d'água, o óleo e a água são transferidos por pás dispostas sobre uma correia em movimento e depositados num tanque onde, por diferença de densidade, a água se deposita no fundo, de onde é drenada de volta à sua origem, mantendo-se contido o óleo.

Pelo exposto, a eficiência dos recolhedores mecânicos (*skimmers*) é função direta da quietude da água e da viscosidade do óleo derramado (Figura 41), embora seja fortemente prejudicada pela presença de resíduos sólidos flutuantes, os quais podem obstruir a sucção do equipamento. Segundo o Eng^o Isaac Wegner²⁸ (PETROBRAS/SMS/AC – informação pessoal), em mar aberto ou em águas muito agitadas os recolhedores tendem a perder eficiência, por absorver muita água, o que pode ser parcialmente compensado com o uso de equipamentos de maior porte, menos susceptíveis às turbulências.

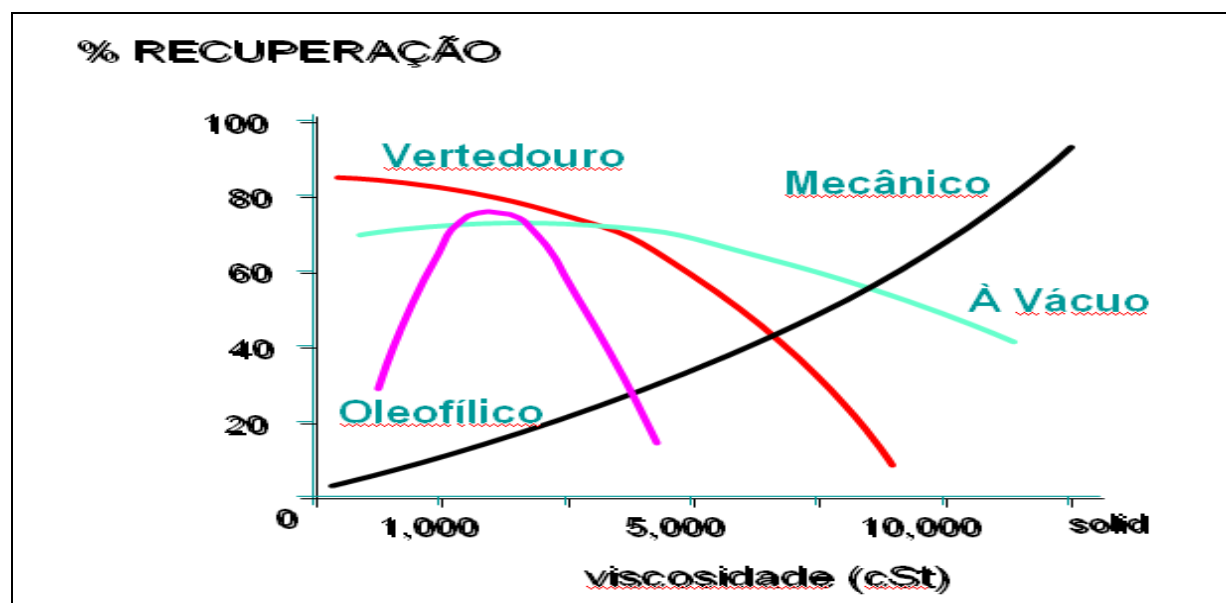


Figura 41 - Comparativo entre recolhedores de óleo em função da viscosidade.

Fonte: Petrobras (2008c)

²⁸ Engenheiro de Meio Ambiente, ex-Gerente nacional dos contratos de contingenciamento da Petrobras, através dos Centros de Defesa Ambiental.

A partir dessas informações, deduz-se que espessura (concentração) da mancha de óleo também determina o grau de eficiência do recolhimento, sendo o arraste por barreiras de contenção um método recomendável para aumento dessa espessura e, conseqüentemente, da eficiência do recolhimento, como observado na Figura 42.



Figura 42 – Operação de contenção e recolhimento de óleo derramado na água
Fonte: Petrobras (2008c)

4.2.3 Tanques de Armazenamento Temporário

Conforme apurado em entrevistas com técnicos especializados no combate a derramamento de óleo, o armazenamento temporário desse produto é fundamental para o sucesso da operação de recuperação, pois a capacidade de armazenamento deve ser compatível com uma velocidade otimista de remoção do óleo, para não se perder eficiência operacional.

Para operações no mar, as principais opções de armazenamento temporário, segundo catálogos das empresas Hidroclean (2009), Alpina-Briggs (2009), dentre outros, são:

- **Tanques terrestres** – Confeccionados em material sintético flexível e abertos na parte superior, eles tem a função de receber o óleo recolhido na zona de entremarés ou na praia, até que seja recolhido para a destinação final.
- **Tanques de Embarcação** - Construídos internamente à embarcação, são limitados pela relativamente pequena capacidade, requerendo constantes retornos para descarga, a qual pode ser dificultada caso o óleo recolhido tenha alta viscosidade;
- **Barcaças** (ou balsas) - usualmente são grandes e difíceis de manobrar, enquanto que as menores, com escotilhas abertas, são mais adequadas, preferivelmente com instalações de tanque aquecidas para tornar mais fácil manusear e bombear o óleo mais viscoso;
- **Tanques Rebocáveis** - geralmente longos e flexíveis, no formato de um tubo, com flutuadores próprios, com capacidade para armazenar até 25m³ ou mais. O esvaziamento, algumas vezes, requer a sua suspensão por guindaste, para escoar o óleo por gravidade;
- **Tanques Travesseiros** - Similares, em formato, aos do tipo rebocável, eles possuem somente um pequeno ponto de abertura/acesso para permitir que o óleo seja bombeado para seu interior. Alguns possuem uma abertura de acesso/descarga maior para facilitar o esvaziamento, porém, da mesma forma que os tanques no formato de tubo, eles podem ser muito difíceis de descarregar.

Como a Ilha de Boipeba sofre influência direta das marés para a navegabilidade, existe dificuldade de deslocamento de equipamentos pesados (tratores, escavadeiras, caminhões-vácuo) e até mesmo de embarcações de maiores calados para as áreas próximas à costa. Algumas praias também têm o acesso por terra muito difícil, o que requer cuidados especiais no planejamento para as ações de resposta em caso de acidentes.

4.3 MATERIAIS ABSORVENTES

De acordo com a experiência dos técnicos próprios e contratados pela Petrobras para os serviços de recolhimento de óleo e limpeza de áreas contaminadas, a

utilização de materiais para o auxílio ao combate ao derramamento de óleo tem relevância tanto na limpeza primária quanto na secundária, pois, em casos de contaminação em alto mar ou em locais em que as correntes afastem a mancha do litoral ou de ecossistemas sensíveis, pouco há de se fazer para recolhimento do óleo, devido à extensão da mancha e da limitação de tempo e recursos humanos e materiais disponibilizados no local do acidente. Assim, são mais indicadas as técnicas que promovam a dispersão do óleo no mar, para que a própria natureza se incumba de absorvê-lo (por exemplo, a dispersão mecânica). De outra forma, quando parte do óleo consegue chegar à costa ou em locais ambientalmente mais sensíveis, ou mesmo seja confinado, quer por barreiras naturais ou implantadas, o que não se consegue recolher mecanicamente irá requerer uma técnica especial para o que seria a limpeza secundária, promovendo absorção dessas pequenas quantidades de óleo para posterior descarte em local adequado.

Os absorventes são materiais que têm a capacidade de se encharcar de líquido e por essa razão são utilizados para a remoção de óleo em razoável concentração, tanto na água quanto no solo. Eles funcionam tanto por adsorção como por absorção. No primeiro, o óleo se distribui sobre a superfície do material adsorvente e no segundo, o óleo é incorporado no corpo ou poros do material absorvente. Na prática, para evitar confusões, todos os materiais tendem a ser chamados simplesmente de “absorventes” (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007).

Esses materiais agregam o óleo, facilitando a sua posterior retirada do ambiente, sendo a sua melhor eficiência em pequenas quantidades de óleo, por isso são indicados para uso em etapas posteriores ao recolhimento mecânico ou eventualmente integrado a elas (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION, 1995; LOPES, 1998). Eles também são muito úteis na recuperação de finas camadas flutuantes de óleo que se deslocaram durante as operações de limpeza e, em determinadas condições, também podem ser usados na proteção das praias quando existe risco de aproximação do óleo, sendo uma alternativa quando a recuperação com recolhedores mecânicos (*skimmers*) é difícil ou inadequada, por exemplo, em águas muito rasas ou inacessíveis, e em pequenas manchas de óleo (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Entre os possíveis impactos do uso inadequado de absorventes estão a contaminação de sedimentos, decorrente do afundamento de material impregnado e

não recolhido, e a contaminação da teia alimentar associada à água e ao sedimento (LOPES, 2006). A utilização sobre a comunidade biológica deve ser evitada, tendo em vista que a mistura óleo-absorvente forma uma camada impermeável que poderá causar impactos físicos de recobrimento dos organismos (LOPES, 1998).

Segundo National Oceanic and Atmospheric Administration (2003); Lopes (2006) e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2007), pela composição, os absorventes podem ser segregados em quatro categorias básicas:

- **Absorventes sintéticos** - Elaborados em forma de mantas, travesseiros, barreiras ou a granel, a partir de polímeros, espuma de poliuretano, fibras de polietileno, polipropileno ou poliamida, copolímeros especiais e fibra de nylon, entre outros. Podem absorver até setenta vezes o seu peso em óleo. A utilização a granel tem restrições devido à sua baixa degradabilidade e possibilidade de sua permanência no ambiente, por isso só devem ser aplicados encapsulados. Apesar do alto custo e da não biodegradabilidade, eles têm sido empregados a partir do reaproveitamento de resíduos de fabricação, devido à sua alta capacidade de absorção e da possibilidade eventual de reutilização (ANNUNCIADO *et al.* 2004).

- **Absorventes minerais** - Elaborados a partir do tratamento industrial de rochas, calcários, sílica, lã de vidro, terra diatomácea, argila, perlita e vermiculita. Têm baixo custo de obtenção e são eficientes removedores de óleo da água (retêm 4 a 20 vezes o seu peso próprio em óleo); são utilizáveis em contaminação superficial do solo em áreas sensíveis como praias, mangues, planícies de maré, etc. Como desvantagem, se lançados a granel em grande quantidade, os nódulos não recolhidos adsorvem o óleo e sofrem intemperismo e biodegradação, causando impactos adicionais pelo recobrimento de organismos e afundamento para o sedimento.

- **Absorventes orgânicos não industrializados** - Em sua maioria são derivados de matéria-prima vegetal, como cortiça, turfa, palha, feno, bagaço de cana-de-açúcar, fibra de coco, entre outros, com utilização em situações emergenciais.

- **Absorventes orgânicos industrializados** - Intensificam a absorção e otimizam a aplicação, o transporte e o armazenamento. Tem boa eficiência, biodegradabilidade, fluatibilidade e ausência de toxicidade. Devido às suas características adsorventes, se não forem recolhidos, expõem o óleo à biodegradação,

protegendo a biota e o ambiente. Entre eles estão os produtos à base de turfa, celulose e semente de algodão, elaborados para variada gama de usos e granulometrias e até podem ser enriquecidos com nutrientes para promover a biorremediação.

Para facilidade de uso e melhoria da eficiência, os absorventes podem se apresentar em diversas formas, como mantas, rolos, travesseiros, armadilhas (pompons ou novelos), barreiras de contenção e/ou absorção e a granel (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2003; ANNUNCIADO *et al.* 2004; INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Um material absorvente usado na recuperação de óleo necessita ter boas propriedades de absorção, estar na forma mais adequada ao uso, ser de fácil manuseio, ser recuperável após o uso e não apresentar problemas de descarte (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005), embora a seleção do absorvente deva ser adequada a cada aplicação, pois não só a sua capacidade de absorção define o seu uso. Devem ser observadas as características físicas, composição química, toxicidade, flutuabilidade e capacidade de retenção do óleo impregnado, a fim de evitar conseqüências indesejáveis (ANNUNCIADO *et al.* 2004; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007).

Vale destacar que o uso de absorvente deve ser previamente analisado em função da especificidade e da sensibilidade do local a ser atendido. Como já citado, o uso em manguezais tem sérias restrições, enquanto que em outros locais esse material tem destaque em sua eficiência na limpeza de acabamento.

O uso de absorventes requer alguns cuidados importantes, conforme menciona Lopes (1998):

- os absorventes devem ser totalmente recuperáveis do local da aplicação;
- a equipe de limpeza deve estar habilitada para o uso para evitar misturá-los ao sedimento;
- os absorventes podem ser utilizados apenas nas águas que correm pelo manguezal, para evitar o pisoteio e a possibilidade de permanecer resíduos no local.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2008d) não recomenda a aplicação de absorventes sintéticos a granel em ambientes naturais. São apenas permitidos absorventes orgânicos em corpos d'água e/ou inorgânicos em solos naturais, definindo como prioridade proceder o recolhimento do absorvente aplicado, tanto quanto possível. Absorventes sintéticos ou mistos só são permitidos se aplicados na forma encapsulada (barreiras, almofadas, etc).

A utilização de absorventes tem maior eficiência na limpeza fina da praia, após o recolhimento da maior quantidade possível por outros métodos. O produto deve ser espalhado na zona entremarés (face da praia), sempre nas marés baixas, com recolhimento manual após a preamar, respeitando-se as faixas inferiores da praia para evitar nova contaminação (CANTAGALLO *et al.* 2007).

Os absorventes podem ser espalhados manualmente ou através do uso de equipamento especial de aplicação, sendo em seguida coletados manualmente ou com unidades de recuperação, dependendo do tipo e quantidade a ser coletada (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Deve ser observado o cuidado de total recolhimento do material impregnado com óleo, para evitar que haja ingestão por animais ou asfixia de plantas ou animais de pequeno porte (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2003).

As propriedades de vários materiais absorventes são mostradas na Tabela 20.

Tabela 20 - Capacidade de absorção de óleo dos absorventes

Absorvente	Capacidade máxima de absorção gm/gm absorvente		Flutuação após contato prolongado com óleo na água
	Óleo de alta viscosidade 3.000 cSt a 25C	Óleo de baixa viscosidade 5 cSt a 25C	
Vermiculita Inorgânico	4	3	Afunda
Cinza Vulcânica	20	6	Flutua
Fibra de Vidro	4	3	Flutua
Sabugo de Milho			
Natural Orgânico	6	5	Afunda
Casca de Amendoim	5	2	Afunda
Fibra de Sequóia	12	6	Afunda
Palha de Trigo	6	2	Afunda
Musgo de Turfa	4	7	Afunda
Fibra de Celulose de Madeira	18	10	Afunda
Espuma de Poliuretano			
Sintético Orgânico	70	60	Flutua
Uréia Formaldeído	60	50	Flutua
Espuma	35	30	Flutua
Fibras de polietileno	20	7	Flutua
Fibra de polipropileno	20	20	Flutua
Poliestireno em flocos			

Fonte: International Maritime Organization (2005)

Em complemento à informação da International Maritime Organization (2005), empresas como a Hydroclean²⁹ desenvolvem novos produtos absorventes ou melhoram a eficiência dos existentes, a exemplo da vermiculita expandida, comercializada pela Hydroclean como Oil Sorb, que por um processo de aquecimento brusco de 1.000°C sofre aumento dos grãos, com redução da densidade, e com isso ela deixa de afundar, como ocorre em seu estado natural, conforme apresentado na Tabela 20 (Pasqualetto, 2008).

Os números da capacidade de absorção de óleo na tabela acima indicam a quantidade de óleo que o material pode reter relativamente ao seu próprio peso. Os

²⁹ <http://www.hydroclean.com.br/index.htm>

materiais mais leves podem reter uma boa quantidade de óleo proporcionalmente ao seu peso, embora a quantidade real não seja particularmente grande. O absorvente encharcado com óleo deve ser armazenado temporariamente e depois processado e adequadamente descartado. A reutilização do absorvente é tecnicamente difícil, pois pequena parte do óleo permanece no absorvente, o que reduz a sua capacidade operativa. (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Pela dificuldade de acesso à região em estudo, Ilha de Boipeba, neste estudo foi incluída uma alternativa de material absorvente (a fibra de coco) que, pela grande disponibilidade no local, atrai grande possibilidade de emprego, com baixo custo e grande retorno sócio-ambiental, daí a dedicação de um capítulo específico para este assunto.

5 O USO DA FIBRA DE COCO COMO BARREIRAS E ABSORVENTES DE PETRÓLEO

Neste Capítulo será demonstrada a viabilidade técnica do uso da fibra de coco como material absorvente de óleo, para uso em limpeza em casos de contaminação com este composto.

Como a ilha de Boipeba tem uma considerável produção de coco, quase inteiramente consumida no local, o acúmulo de suas cascas constitui um sério problema ambiental, por abrigar ratos e insetos, com risco à saúde humana, além da desagradável poluição visual, o que pode perdurar por uma década, que é o período de sua degradação.

O aproveitamento desse resíduo como absorvente de óleo é uma alternativa para amenizar o problema, embora a quantidade requerida para esta aplicação, como estoque preventivo, seja inferior á que é gerada. O excedente, como a seguir exposto, tem variadas opções de destino, com aplicações na agricultura, no artesanato, no comércio e nas indústrias (construção civil, automobilística, moveleira, etc.).

Contudo, para transformar a casca em fibra, é necessário um processo industrial que, embora simples, requer um planejamento, o qual também será aqui abordado.

5.1 PROPRIEDADES DE ABSORÇÃO DA FIBRA DE COCO

Apesar de não constar da Tabela 20, publicada pela International Maritime Organization (2005), Anunciado *et al.* (2004) afirma que a fibra de coco, obtida a partir da desfibrilação e moagem da casca desse fruto, pode ser utilizada como absorvente, pois possui capacidade de absorção de óleo mineral de 5,6 vezes o seu peso próprio, taxa compatível com outras fibras vegetais, como o sisal e a serragem de madeira, que têm taxa de 6,4 e 6,3 vezes o seu peso próprio, respectivamente. Comparada com outros materiais da Tabela 20, a capacidade de absorção da fibra de coco equivale a produtos inorgânicos como a vermiculita natural e a fibra de vidro, com taxas de absorção de 3 a 4 gramas de óleo por grama do absorvente, e a produtos orgânicos, como sabugo de milho (5 a 6 g/g) e casca de amendoim (2 a 5g/g).

Em testes de Anunciado *et al.* (2005), a flutuabilidade da fibra de coco em água salgada foi de 90% em meio estático e de 98% em meio dinâmico, equivalente aos absorventes comerciais à base de celulose e turfa, enquanto que a sua capacidade de

sorção de óleo cru foi 93% do que ela consegue absorver em um período de 24 horas em meio estático. Em ambos os testes, a fibra de coco superou outros absorventes naturais como folhagem, buchas, serragem de madeira e sisal, sendo pouco inferior apenas à paina, que apresentou sorção de 96% no mesmo período. Apesar desses resultados favoráveis, a fibra de coco afundou em testes de sorção em sistema agitado durante 24 horas, sugerindo que ela poderia ser indicada para uso rápido durante o combate a um derramamento de óleo.

5.2 O RESÍDUO DA CASCA DE COCO

A região de estudo possui uma vasta plantação de cocos, cuja produção é contínua, com cachos de 15 a 20 frutos, que levam sete meses para amadurecer, com 4 ou 5 colheitas ao ano (BRASILIAVIRTUAL, 2010). Pela experiência dos cultivadores, diz-se que cada coqueiro produz uma média de um fruto por dia.

Cada 300ml de água-de-coco consumidos resulta cerca de um quilo e meio de casca de coco, que leva, em média, dez anos para se decompor, servindo de abrigo para animais como ratos e favorecendo, por exemplo, a reprodução de insetos (DIAS, 2007), como o mosquito *Aedes Aegypti*, transmissor da dengue.

Na região existe um crescente e espalhado passivo de cascas de coco, cuja geração, por falta de dados oficiais, será aqui calculada a partir de alguns dados publicados e de informações obtidas no local.

Boipeba conta com cerca de 30 pousadas (ILHABOIBEBA, 2009), além de camping, casas de aluguel e hospedagens informais. Segundo estimativa do Sr. Luiz Guimarães (proprietário da Pousada da Praça, em Velha Boipeba), deve haver uns 30 leitos por pousada e outros 400 leitos entre camping e demais hospedagens, com uma taxa média de ocupação de 50%. Quanto ao consumo de coco por visitante, ele acredita que seria mais ou menos um por dia, incluindo a produção de guloseimas (bolo, cocada, doce-de-coco, sorvete, etc.) e comidas típicas (moqueca, pirão, caldo, beiju, etc.), o que representa 650 cocos/dia, apenas para os visitantes.

O consumo médio de 130 ml/dia (RIPARDO, 2010) para cada um dos cerca de 4.000 habitantes (BOIPEBATUR, 2010) totaliza 520 litros de água-de-coco por dia. Sendo o volume médio 300 ml/fruto (RIPARDO, 2010), chega-se a 1.733 cocos/dia para os moradores, totalizando uma média de 2.383 cocos/dia, incluindo o consumo

dos visitantes, o que equivale a 3.575kg/dia (ou 107 toneladas/mês) de casca de coco que serão descartadas *in natura* na ilha.

5.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO COCO

O coco possui cerca de 46% de água; 5,41% de substância combinada de carbono, oxigênio, hidrogênio, azoto e enxofre; 8,06% de substância gasosa quimicamente inativa; 35,9% de óleos; 2,9% de celulose e 0,97% de cinzas, sendo rico em proteínas, gorduras, calorias, vitaminas A, B1, B2, B5 e C, potássio, sódio, fósforo, cloro e fibras (BRASIL ESCOLA, 2010).

5.4 ESTRUTURA FÍSICA DO COCO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) pertence à família Palmae e o seu fruto é formado por uma epiderme lisa ou epicarpo, que envolve uma camada de 3 a 5cm de espessura, denominada mesocarpo; sob o mesocarpo existe uma casca resistente, de 3 a 5mm de espessura, o endocarpo, o qual é revestido internamente por uma membrana marrom, denominada tegumento; mais internamente ao tegumento está o albúmem sólido, uma camada carnosa, branca, muito oleosa, que contém o albúmem líquido, conhecido como água de coco (VALE, 2004).

Na Figura 43 estão indicadas as partes que compõem o coco: 1 – Epicarpo, 2 – Mesocarpo, 3 – Endocarpo, 4 – Albúmem.

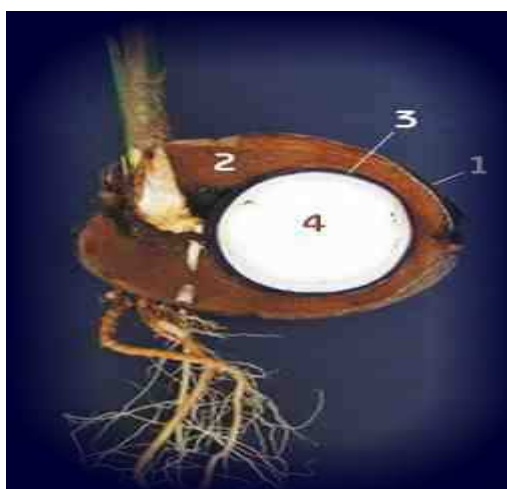


Figura 43 – Componentes do coco

Fonte: <http://fitomedicinapopular.blogspot.com/>

O mesocarpo, a parte fibrosa que protege a semente, abriga os chamados poros de germinação e é de onde se extrai a fibra e o pó da casca de coco, materiais utilizados na agricultura, no artesanato e nas indústrias de transformação (VALE, 2004).

A Engeplas (2010) afirma que, por ser um produto 100% natural e de fontes renováveis e sustentáveis, a fibra do coco é reciclável e biodegradável, apresentando ainda algumas características que lhe conferem atratividade para o seu beneficiamento:

- alta durabilidade;
- permeabilidade;
- fungicida natural (alto teor de tanino);
- não exala gás tóxico em combustão; e
- isolante termo-acústico.

Como propriedades físicas da fibra de coco, Brasiliavirtual (2010) acrescenta:

- densidade muito reduzida;
- resistência em meio úmido: 93% da resistência em meio seco;
- lignificação forte;
- tingibilidade muito boa, para cores que permitam boa cobertura; e
- elasticidade e resistência ao desgaste superior às outras fibras vegetais.

As fibras de coco são compostas de células individuais com diâmetro entre 5 e 8µm, geralmente com 56 a 65% de fibras longas (maiores que 150 mm) e 5 a 8% de fibras curtas (menores que 50mm). Possuem baixa resistência à tração em relação ao sisal, porém são menos susceptíveis a danos pela imersão em água, pois são resistentes à micro degradação e muito resistentes à água salgada (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2002).

5.5 A FIBRA DE COCO COMO ABSORVENTE DE ÓLEO

Um material para ter aplicabilidade como absorvente de óleo deve ser capaz de atraí-lo e repelir a água, sendo que a capacidade de sorção, retenção e recuperação do óleo, o reuso e a biodegradabilidade são fatores decisivos para a seleção de materiais absorventes (SCHATZBERG, 1971, HALLIGAN *et al.* 1976, MELVOLD *et al.* 1988 *apud* ANNUNCIADO, 2005).

Os absorventes naturais podem ser apresentados sob diversas formas, por exemplo, particulados secos, empacotados, no formato de barreiras (“*booms*”), travesseiros (“*pillows*”) ou almofada (“*pads*”). A sua eficácia depende da capacidade particular de cada material, correnteza ou maré, e podem ser usados em qualquer tipo de ambiente, salvo restrições específicas em ecossistemas sensíveis, como manguezais e recifes de corais. Eles são biodegradáveis e podem ser reaproveitados ou incinerados em fornos sem produzir gases tóxicos, sendo capazes de absorver de 3 a 15 vezes o seu peso em óleo (ANNUNCIADO *et al.* 2004).

Geralmente os absorventes são aplicados na limpeza de acabamento, onde a camada de óleo é fina. A seleção do sorvente varia com o tipo do óleo: óleos pesados, que apenas aderem às superfícies, requerem o uso de sorventes com grande área superficial para ser efetivo - adsorção; já os óleos mais leves penetram no material absorvente - absorção (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2005 *apud* ANNUNCIADO *et al.* 2004).

Como exemplo de aplicação no contingenciamento para derrames de óleo, a Deflor (2010) desenvolveu retentores de sedimentos denominados de bermalonga (Figura 44). Esse material tem formato cilíndrico flexível, estruturado por uma malha resistente de polipropileno e enchimento de fibra vegetal, como a do coco, e podem ser aplicados na proteção de margens de reservatórios e cursos d'água, retenção e absorção de óleo e produtos tóxicos.

Uma grande vantagem do uso das fibras naturais como absorvente de óleo é a possibilidade de retirada desse mineral por simples compressão, com possibilidade de reuso da fibra até que seja possível, quando ela poderá ser destinada a queima, com custo bem reduzido e sem geração de resíduo tóxico, como acontece com os absorventes sintéticos.



Figura 44 – Bermalonga construída em fibra vegetal
Fonte: Deflor (2010)

5.6 OUTRAS APLICAÇÕES PARA A FIBRA DE COCO

A fibra de coco é grossa, resistente, composta de pequenos fios, porém pouco flexível, sendo tipicamente usada em esteiras, escovas, mantas e até lonas de freio para automóveis (BRAZILIAN FIBRES, 2010). Já o pó é amplamente utilizado em diferentes partes do mundo como substrato, um dos melhores meios de cultivo para a produção de vegetais, principalmente em função de sua estrutura física vantajosa, que proporciona alta porosidade e alto potencial de retenção de umidade. Como o preço da turfa está cada vez mais elevado e as suas extratoras foram fechadas, o pó da casca de coco surge como uma alternativa que evita a aplicação de substratos que produzem impactos ambientais negativos (turfas, areia, entre outros) (ROSA, 2010).

Por suas propriedades físico-químicas, a fibra de coco apresenta qualidade superior à das espumas de poliuretano, material derivado do petróleo, pelo fato de ser uma matéria-prima barata e também por reunir outras vantagens, além das já citadas, como: vida útil estimada de 90 anos, quando manufaturada; facilita a circulação do ar; repele ácaros e fungos, pois o tanino presente na fibra tem efeito acaricida e fungicida naturais (FONTENELE, 2005).

A sua aplicação também está sendo observada na indústria automobilística, pois ela possibilita maior conforto, aumenta o espaço interno do veículo, por requerer menor volume de enchimento, e tem razoável capacidade de isolamento termo-acústico. A sua desvantagem, por enquanto, é o preço. Por ser de origem artesanal, a fibra de

coco eleva o preço do produto final em 10 a 15% em relação ao similar em espuma sintética (BRASILIAVIRTUAL, 2010).

Segundo Brasiliavirtual (2010) a Mercedes-Benz no Brasil começou a usar a fibra de coco em 1994 na fabricação de encostos de cabeça para caminhões e desde 1999 nos assentos dianteiros do modelo Classe A.

A Volkswagen do Brasil também está usando a fibra de coco, no revestimento interno da Kombi apresentada no Salão do Automóvel 2008, em Curitiba/PR (PARANAONLINE, 2009). A FIAT lançou o seu modelo Uno Ecology com os bancos utilizando a fibra de coco (FASTDRIVER, 2010). Segundo a revista eletrônica especializada Autodata (2010), praticamente todas as montadoras de automóveis do Brasil já passaram (ou ainda estão passando) pela experiência no uso da fibra de coco como componente para os seus produtos.

A fibra de coco, tecida em forma de manta, oferece uma excelente proteção às superfícies sujeitas à erosão causada por chuvas ou ventos, como em áreas de declive acentuado ou de ressecamento rápido como taludes, áreas de reflorestamento, parques urbanos, etc. (ROSA, 2010). Uma equipe da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza/CE, desenvolveu, experimentalmente, uma manta geotêxtil a partir da casca de coco verde que pode ser utilizada na contenção de dunas e encostas, na recuperação de áreas degradadas e na proteção de margens de cursos de água (EMBRAPA, 2006).

Compósitos reforçados com essa fibra podem ser uma alternativa viável em relação às fibras sintéticas, podendo também melhorar propriedades em materiais poliméricos, como rigidez dielétrica, resistência ao impacto, isolamento térmico e aplicação diferenciada como isolante acústico, superando materiais já tradicionais no mercado (ROSA, 2010).

Na indústria de embalagens existem projetos para a utilização da fibra de coco como carga para o PET (politereftalato de etileno), resultando em melhoria de problemas ambientais, como a redução do tempo de decomposição do plástico. Fato similar também está ocorrendo na indústria da borracha, com projetos de uso de produtos ecológicos diversos, incluindo a fibra do coco, na confecção de solados de calçados (ROSA, 2010).

O coco verde também produz fibra, de cor branca ou bege, de textura macia, porém mais fina e mais fraca que as do coco maduro, sendo geralmente usadas para

fazer o fio para confecção de esteiras ou cordas, esta última a sua principal aplicação (BRAZILIAN FIBRES, 2010).

A fibra de coco, além de substituir os produtos tradicionais à base de barro, cimento e plástico, também pode ser empregada na confecção de vasos, placas e bastões para o cultivo de vegetais e na substituição dos subprodutos extraídos da samambaiaçu, mais conhecido como xaxim, espécie vegetal da mata atlântica ameaçada de extinção, com a extração cada vez mais restrita pela legislação brasileira (BRASIL, 2008).

Assim como a fibra, o pó da casca de coco verde também pode ser utilizado na confecção de artesanato, compondo uma massa moldável que pode originar uma grande gama de produtos. Comprimido, o pó se transforma em um *bricket* que substitui a madeira em fornos de restaurantes, padarias, siderúrgicas, fundições, etc. (ROSA, 2010), o que representa uma importante forma de aproveitamento da casca de coco, tendo em vista que o Brasil tem sido cada vez mais um importante destino para turistas de outros países, grandes consumidores deste tipo de produto.

No campo da farmacologia também foram identificadas possíveis aplicações para a fibra de coco. Testes *in vitro* realizados no Instituto de Microbiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro mostraram que esse material tem propriedades antimicrobianas, analgésicas, antioxidantes, antivirais e antitumorais, podendo ser utilizadas como matéria-prima para a produção de medicamentos (RIMAS, 2009).

De forma resumida, Fontenele (2005) destaca as seguintes aplicações para a casca de coco:

- **Endocarpo** (parte rígida da noz – coco seco): combustível lenhoso, com poder calorífico 1,5 vezes superior ao da lenha; transformado em carvão ativado, serve como filtro em usinas nucleares; triturado em forma de pó, serve para fabricação de pastilhas de freios de automóveis; material impermeabilizante de chapas de madeira compensada; artesanato.
- **Mesocarpo fibroso seco** (casca fibrosa madura): as fibras longas são utilizadas na fabricação de mantas, tapetes, fibra para colchões, cordas, peças para automóveis, barreira sonora, contenção de encostas, vasos, enchimento para bancos automotivos, etc; serve como substrato na agricultura intensiva-orgânica, face às seguintes vantagens:

economia de água, pela sua elevada capacidade de retenção de umidade (94%); aumento nos índices de produtividade da horticultura e floricultura face ao seu efeito fertilizante (rico em potássio e nitrogênio); expansão de cinco vezes o seu volume, a menos de 20% de umidade; alternativa para substituição da turfa.

- **Mesocarpo fibroso verde** (casca fibrosa - coco verde): o pó, após dilaceração, moagem, lavagem e secagem da casca, tem utilização como substrato agrícola, tal como a casca de coco maduro; confecção de vasos e placas para jardinagem.

Pelo exposto, o incentivo à utilização da fibra de coco na produção de matéria-prima e de bens de consumo contribui para reduzir o impacto ambiental causado pelo seu descarte inadequado e gerar riquezas, tendo em vista que são materiais abundantes e de fonte renovável (TANOBE, 2003 *apud* ANNUNCIADO, 2005).

5.7 A PRODUÇÃO DA FIBRA DE COCO

No processamento da casca do coco são geradas fibras longas (*bristles*), utilizadas na indústria de escovas, e fibras curtas (*matress*) usadas como material de enchimento e almofadas; os refugos do processo são denominados de “*combings*” e têm aplicação menos nobre que as fibras processadas (BRASILIAVIRTUAL, 2010).

A Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária tem apoiado iniciativas de reciclagem desse material, geralmente num processo de trituração da casca, que depois é prensada para a extração de parte dos 80% da umidade natural. No Brasil já existem usinas para reaproveitamento da casca do coco no Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte, Bahia, Espírito Santo, São Paulo, Goiás e Mato Grosso. Cada uma delas com capacidade para processar até 16 toneladas de casca de coco por dia (EMBRAPA, 2006).



Figura 45 – Usina de beneficiamento da casca de coco

Fonte: http://img1.mlstatic.com/jm/img?s=MLB&f=105628550_1233.jpg&v=O

A primeira unidade de beneficiamento de casca de coco verde do Nordeste, inaugurada em Fortaleza/CE, derivou do projeto "*Uso da casca de coco verde como forma de conservação da biodiversidade*", apresentado pela Embrapa Agroindústria Tropical no programa de competição global *Development Marketplace* do Banco Mundial. O projeto, segundo a pesquisadora da Embrapa de Fortaleza, Morsyleide Freitas, foi inscrito em 2003, quando o Banco Mundial publicou edital para financiamento de projetos de países em desenvolvimento que focassem a biodiversidade e melhoria da qualidade de vida das comunidades carentes. Foram inscritos 2.726 projetos de todo o mundo e selecionados 47, sendo três do Brasil, incluindo a proposta de Fortaleza (OLIVEIRA, 2005).

A fábrica emprega cerca de 15 pessoas da comunidade e tem capacidade para processar 30 toneladas de casca de coco verde por dia, que podem gerar em torno de 1.600 toneladas de substrato agrícola por ano e os resultados já alcançados estão abrindo várias linhas de atuação complementares (EMBRAPA, 2006).

Segundo a Embrapa Agroindústria Tropical, a partir de cinco mil cocos processados o empreendedor já começa a lucrar; 5% deste total viram fibra e outros 15% viram substrato (pó). Com a venda desses dois produtos fatura-se cerca de R\$ 1 mil, sendo que R\$ 200,00, em média, é lucro (DIAS, 2007).

A empresa Poematec - Fibras Naturais da Amazônia, instalada na Região Metropolitana de Belém, tem a fábrica a mais moderna da América Latina no uso

industrial da fibra de coco, que agregada ao látex natural, é empregada na fabricação de peças recicláveis para as indústrias automobilística (assentos, encostos, para-sóis e apoios de cabeça), moveleira (estofados, colchões, assentos) e de jardinagem (potes, vasos e placas), comercializadas no mercado nacional e internacional através da Bolsa Amazônia³⁰ (MITSCHHEIN, 2010).

5.8 PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE BENEFICIAMENTO

Conforme o fabricante Fortalmag (2010), a estrutura de uma usina de beneficiamento de casca de coco consiste basicamente de um elevador ou esteira motorizada que alimenta um triturador e um esmagador com marteletes fixos, após o que o material passa por uma prensa rotativa horizontal, que extrai cerca de 80% de líquido, reduzindo a presença de sais, tanino e a condutividade elétrica, e em seguida o material passa por uma classificadora, cujos marteletes fixos helicoidais e peneira separam a fibra do pó (parênquima), que serão ensacados, manualmente ou não, e em seguida armazenados para serem expedidos (Figura 46).



Figura 46 – Equipamentos para produção de fibra a partir da casca de coco

Fonte: http://images.quebarato.com.br/photos/big/1/2/4E9E12_2.jpg

³⁰ Bolsa Amazônia - um consórcio regional voltado para a promoção e divulgação de produtos sustentáveis no mercado, fomentando parcerias entre produtores amazônicos e empresas interessadas no uso sustentável da biodiversidade, com rede de negócios e cooperação entre Brasil, Bolívia, Colômbia e Equador.

O projeto para a implantação de uma unidade de beneficiamento de casca de coco dependerá do produto final pretendido. Para a produção de substrato agrícola e fibra bruta, será suficiente um galpão de 200m² e uma área de armazenamento de igual tamanho, num terreno com área total de, no mínimo, 800 m². Considerando o custo de construção como R\$ 350,00/m² (sem o terreno), será necessário um investimento de R\$ 140 mil, que deverá ser somado ao custo de aquisição dos equipamentos, cerca de R\$ 50 mil, totalizando R\$ 190 mil. Uma unidade deste porte tem capacidade nominal para beneficiar mais de 18 toneladas de cascas de coco por dia (considerando 25 dias úteis por mês), gerando 830kg de fibra e 1,6 tonelada de pó, com tempo de retorno esperado para o investimento de um ano (ROSA, 2010).

Conforme Dias (2007) um coco verde gera cerca de 1,5kg de casca. Com isto, segundo os cálculos de Rosa (2010), a usina acima descrita teria capacidade de processar 12.000 cocos por dia. Em consulta à Fortalmag (2010), foi obtida uma proposta comercial para fornecimento dos equipamentos necessários a uma usina para processamento de 10 mil cocos por dia, conforme apresentado na Tabela 21.

Tabela 21 – Orçamento para uma usina de processamento de 10 mil cocos

Item	Quant	Especificações Técnicas	Valor Total
01	1	ELEVADOR SEQUENCIAL p/ coco verde com esteira conduzida por moto redutor (mod moto via) de 1:60 e motor de 0,5 cv IV pólos. Dimensões: L:0,90 C:1,40 A:1,65 P:80kg. Produção 1500 a 2000 cocos/hora	4.200,00
02	1	TRITURADOR DE COCO VERDE – 2 motor de 20 cv II pólos. Dimensões: L:0,91 C:1,20 A:1,30 P:300Kg. Produção 2500 a 3500 cocos/hora	12.200,00
03	1	PRENSA ROTATIVA HORIZONTAL (05 rolos) motor de 3 cv IV pólos moto redutor de 1:40. Dimensões: L: 0,70 C: 1,00 A: 1,20 P: 300Kg. Produção 15000 a 18000kg coco verde por dia.	13.100,00
04	1	CLASSIFICADORA DE FIBRA E PÓ - 2 motor de 10 cv II pólos. Dimensões: L: 0,60 C: 1,60 A: 1,90 P:300kg. Classifica 15000 a 18000 de Pó e Fibra juntos por dia. Peneira Auto-limpante.	12.600,00
Total			42.100,00

Fonte: Orçamento Fortalmag de 02/03/2010.

Incluindo os custos de frete e instalação, estima-se que os equipamentos da usina custariam R\$ 50 mil, o que corrobora com a estimativa de Rosa (2010).

Considerando um processamento do passivo de cascas de coco de Boipeba na mesma quantidade de sua geração diária (2.383 cocos/dia), como estimada no item 5.2 deste Capítulo, a usina de beneficiamento deve ter capacidade para processar 4.766 cocos/dia. Desta forma, a usina de beneficiamento para 10.000 cocos/dia está superdimensionada, portanto onerosa, sendo suficiente uma unidade com para 5.000 cocos/dia, cujo orçamento está apresentado na Tabela 22

Tabela 22 – Orçamento para uma usina de processamento de 5 mil cocos

Item	Quant	Especificações Técnicas	Valor Total
01	1	TRITURADOR DE COCO VERDE -1 motor de 10 cv II pólos. Produção 600 cocos/hora	7.400,00
02	1	PRENSA ROTATIVA HORIZONTAL (03 rolos) motor de 3 cv IIIV pólos. Produção 600 cocos/hora.	9.650,00
03	1	CLASSIFICADORA DE FIBRA E PÓ - 2 motor de 10 cv II pólos. Dimensões: L: 0,60 C: 1,60 A: 1,90 P:300kg. Peneira Auto-limpante.	12.600,00
Total			29.650,00

Fonte: Orçamento Fortalmag de 02/03/2010.

Esta versão da usina, mais compatível com a demanda local, representa 70% da proposta anterior. Considerando o custo dos galpões também como 70% do anterior (R\$ 98 mil) e mais o mesmo custo de frete e instalação (R\$ 7,9 mil), a usina custaria R\$ 135.550,00, 71% do valor total anterior.

5.9 VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO

Segundo a Embrapa (2006) e Dias (2007), o processamento de 5.000 cocos (7,5 toneladas de casca) gera 5% (375kg) de fibra e 15% (1.125kg) de substrato (pó). A venda desses dois produtos retorna cerca de R\$ 1.000,00, (base julho/2007) com lucro médio de 20% (DIAS, 2007), equivalentes a R\$ 7.050,00 mensais, em valores corrigidos pelo INPC³¹, fazendo com que o retorno do investimento ocorra em 19 meses.

Esses cálculos consideram o melhor cenário, com a produção ininterrupta à máxima capacidade e comercialização integral a um preço de mercado de três anos

³¹ Índice Nacional de Preços ao Consumidor, divulgado pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

atrás, embora esse mercado tenha evoluído, com as mais recentes pesquisas de aplicação da fibra e pó da casca de coco, o que se acredita equilibrar os valores apresentados.

Como forma de fomentar a industrialização do coco no Brasil, o Governo Federal criou a Lei nº 594, de 24/12/1948, para incentivo ao produtor, com isenção, por dez anos, do imposto de importação, para equipamentos sem similar nacional, e de demais impostos federais (exceto o imposto de renda) (BRASIL, 1948).

Diante das experiências relatadas e dos incentivos governamentais, fomentar cooperativas locais para o beneficiamento da casca de coco, além dos ganhos ambientais, gerará emprego e renda para os moradores e manterá um adequado estoque da fibra para o uso em emergências com derramamento de óleo.

Há de se levar em conta, também, a natureza da iniciativa desse empreendimento, como uma compensação pelos transtornos causados à comunidade pelas empresas de petróleo, as quais, em princípio, poderiam patrocinar a implantação da usina de beneficiamento e garantir a compra de parte de sua produção para manutenção de um estoque mínimo de fibra de coco, o qual contemplaria a confecção local de corpos absorventes em forma de rolos, mantas, pompons, barreiras ou travesseiros, estruturados com malhas de fibras sintéticas, a exemplo das bermalongas produzidas pela Deflor (2010), como já mostrado na Figura 44, ou das mantas produzidas pela empresa Redetec (Figura 47).



Figura 47 – Mantas à base de fibras vegetais

Fonte: <http://www.redetec.org.br/inventabrasil/mantac.htm>

Essas malhas poderiam ser confeccionadas em fios de nylon ou material similar, seguindo os modelos das redes de pesca tão comuns na região costeira, o que agregaria maior valor comercial ao material, além de criar maiores oportunidades de emprego. Acredita-se que os pescadores, notadamente os mais velhos que não mais se arriscam no mar, não teriam dificuldade em se adequar a essa nova manufatura, pois muitos deles atuam como hábeis artesãos na confecção e restauração das redes de pesca, como se pode ver em vários pontos da ilha.

Segundo a International Maritime Organization (2005), a fibra de polipropileno possui capacidade de absorção de 20 vezes o seu peso próprio, contra 5,6 vezes da fibra de coco (ANNUNCIADO *et al.* 2004), representando um fator de eficiência de 3,57. Por outro lado, o seu preço por quilograma, segundo registros internos da Petrobras, varia de R\$ 32,50 (barreiras absorventes) a R\$ 133,33 (mantas), contra R\$ 2,20 da fibra de coco (valor incluindo a modelagem em barreiras ou mantas, que foi estimado em R\$ 1,00/kg). A substituição do polipropileno pela fibra de coco, portanto, apresenta uma redução de custo de 15 a 60 vezes. Com isto, embora seja necessária uma quantidade maior de absorventes à base de fibra de coco, o custo final do material utilizado para sorver uma determinada quantidade de óleo seria bem inferior.

6 PROCEDIMENTOS DE LIMPEZA E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS POR PETRÓLEO NA ILHA DE BOIPEBA

As regiões costeiras são ocasionalmente atingidas por derrames de petróleo, como conseqüência de acidentes envolvendo a exploração, o transporte e a transferência de óleos crus ou seus derivados, sendo necessárias intervenções emergenciais a fim de remover o poluente, minimizar os impactos ambientais e acelerar os processos naturais de recuperação dos ecossistemas atingidos (RODRIGUES, 1997).

Segundo Lopes (2006) é imprescindível a intervenção imediata no derrame de óleo no mar, enquanto esse produto ainda estiver na água, minimizando assim a quantidade que venha a atingir a zona costeira, local de maior sensibilidade e de difícil (e onerosa) recuperação.

Diante de vazamentos de óleo, a sociedade passou a pressionar os órgãos envolvidos na adoção de medidas remediadoras, corretivas e preventivas. Esta atitude é positiva por um ângulo, pois atinge diretamente os poluidores e indiretamente os órgãos envolvidos e que se preocupam com a sua imagem pública. Entretanto, devido à falta de conhecimento técnico da comunidade, a pressão exercida pode influenciar na tomada de decisão errada no processo de limpeza, priorizando mais o imediatismo e os aspectos estéticos do que os ecológicos, com, por exemplo, a remoção demasiada de areia contaminada das praias, o jateamento excessivo dos costões rochosos e o pisoteio ou corte de vegetação do manguezal, o que é mais prejudicial aos ecossistemas do que os efeitos do próprio óleo (MILANELLI, 1991; LOPES *et al.* 1991; LOPES *et al.* 1994a e 1994b, MILANELLI, 1994; POFFO *et al.* 1996 *apud* POFFO, 2001).

Muitas vezes também há conflitos entre as prioridades sociais e ambientais, o que dificulta a escolha dos procedimentos mais adequados para a operação de limpeza. Cada derramamento de óleo tem características e demandas específicas a considerar, em função do tipo e volume de óleo, condição climática e ecossistema atingido. Os procedimentos de limpeza devem ser avaliados caso a caso, invariavelmente com a participação dos órgãos ambientais competentes e equipes capacitadas para esse fim (LOPES, 2006).

A definição, aprovação e aplicação de qualquer método de limpeza e intervenção na recuperação de ambientes costeiros atingidos por vazamentos de óleo são de responsabilidade dos órgãos ambientais. Neste contexto, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) pode ser considerada um órgão de referência no Brasil para o desenvolvimento e incorporação de métodos de limpeza menos impactantes aos ecossistemas costeiros (CANTAGALLO *et al.* 2007).

Há também a necessidade de ser realizado o monitoramento dos ambientes que sofreram contaminação por óleo e intervenções de resposta, para obtenção de informações mais detalhadas sobre os efeitos do óleo e da limpeza nos ambientes e nos organismos, além de possibilitar comparações futuras (PETROBRAS, 2008c).

É de extrema importância que se conheça um ambiente antes que este seja atingido por vazamento de óleo. Isto permite uma melhor avaliação dos danos e um melhor planejamento das ações de resposta, bem como auxilia na tomada de decisão sobre quais métodos de limpeza devem ser adotados. Instrumentos como os mapas de sensibilidade (Cartas SAO), como mencionado anteriormente, são indispensáveis neste contexto.

Em boa parte dos casos, a pressão sócio-econômica, associada aos negócios de turismo, lazer e comércio, tem prevalecido sobre a ecológica. Muitas vezes são recomendados e utilizados procedimentos extremamente danosos ao meio ambiente objetivando a limpeza a qualquer custo, trazendo um pesado ônus ao restabelecimento do ecossistema. É muito importante que haja um balanceamento entre as duas demandas, visto que as atividades econômicas também dependem de um ambiente saudável (CANTAGALLO *et al.* 2007).

A etapa final da remoção do óleo da linha costeira consiste em reparos dos danos causados ao ambiente pela contaminação ou pelas atividades de limpeza. A restauração pode incluir a substituição de material da praia ou reparo das estruturas, a estabilização das dunas de areia e o replantio da vegetação, mas, como regra geral, as intervenções deverão sempre ser precedidas de consulta a especialistas na área ambiental, visando não criar mais danos que os existentes (LOPES, 2006).

6.1 LIMPEZA E RECUPERAÇÃO DE PRAIAS

De acordo com Cantagallo *et al.* (2007), a limpeza das praias deve se concentrar em remover, manualmente, o óleo do médio e supralitoral, o que possibilita a remoção de menor quantidade de areia contaminada. Adequando esse princípio para as praias da ilha de Boipeba, deverão ser adotados os seguintes procedimentos: (i) em praias de areia fina, como as de Boca da Barra, Tassimirim, Cueira, Bainema, Castelhanos e São Sebastião (Cova da Onça), a quantidade de material contaminado a ser removido deverá ser a menor possível; (ii) em praias mistas de areia e cascalho, como Prainha e Moreré, são mais recomendadas à limpeza natural e a remoção mecânica e manual do óleo e (iii) em praias de cascalho, como trechos da Prainha, pelo fato de a limpeza tender a remover grandes volumes de sedimento, a limpeza deve ser manual ou mecânica, sempre na linha de maré alta, evitando-se o tráfego de veículos e pessoas, para impedir que o óleo se misture ainda mais ao sedimento. O jateamento com água à baixa pressão também pode ser um meio viável, apenas para direcionar o óleo a um ponto para recolhimento por *skimmers* e absorventes.

A International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (2000) defende que a limpeza natural é plausível para praias expostas, onde a ação das ondas é suficiente para remover o óleo, bem como em praias abrigadas, onde outros procedimentos podem causar outros danos ao ambiente. Em áreas com baixa hidrodinâmica, biota ou recursos socioeconômicos importantes sob ameaça, como na região de Boipeba, a limpeza natural pode ser substituída pelo jateamento à baixa pressão (para sedimentos firmes com baixa declividade), pela remoção manual e mecânica, por absorventes ou bombeamento a vácuo, seguidos da biorremediação, em conformidade com as recomendações do órgão ambiental.

A International Maritime Organization (2005) afirma que em praias com presença de partículas maiores, como pedras redondas, pedregulhos e seixos, a penetração e a persistência do óleo é facilitada, devido aos espaços intergrãos, o que dificulta o processo de limpeza. Para esse tipo de ambiente, o processo de limpeza mais recomendável é o natural, o qual dependerá tanto da energia das ondas, quanto da dimensão das partículas da área contaminada, tendo em vista que geralmente a penetração do óleo diminui proporcionalmente à redução do tamanho dos grãos. A ação das ondas limpa os sedimentos de superfície, mas o óleo enterrado pode persistir por mais tempo. Na região de Boipeba tal estrutura praial ocorre na Prainha, onde a penetração do óleo pode atingir até 50cm, e a baixa energia das ondas, de até 0,5m, propicia a persistência do óleo, conforme já apresentado na Tabela 16.

Milanelli & Lopes (2001 *apud* LOPES *et al.* 1996) definiram diretrizes para a limpeza de praias, que foram adotadas com sucesso pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental desde o grande acidente TEBAR V, em São Sebastião/SP. Nesse acidente foi comprovado que a ação das ondas e marés é muito eficiente no deslocamento do óleo e na limpeza natural.

Das experiências acima, conclui-se que a limpeza natural é a mais recomendada para a região em estudo, embora em certos casos sejam necessárias outras intervenções, como a remoção mecânica ou manual ou o jateamento à baixa pressão.

Durante os trabalhos de limpeza, outras prevenções devem ser adotadas, como a movimentação de máquinas e equipamentos para remover ou reprocessar os sedimentos oleosos nas areias, que pode resultar em alteração do perfil da praia e isto poderá causar erosão. A limpeza da linha costeira deve ser feita com vistas a evitar tal alteração, embora às vezes isto seja inevitável, pois os sedimentos podem precisar de reposição com material limpo. A maioria das linhas costeiras consegue recuperar seus perfis originais naturalmente, principalmente se a remoção de sedimento tiver sido pequena e se a limpeza foi feita durante uma fase de acresção da praia, quando os sedimentos estão sendo depositados na praia, sendo requerido o replantio das plantas danificadas, colocação de telas ou tapetes de proteção ou limitação ao acesso do público (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

6.2 LIMPEZA E RECUPERAÇÃO DE MANGUEZAIS

Em áreas de manguezais, tipicamente em locais de baixa energia de ondas, a penetração do óleo no substrato dependerá de fatores como (i) a sua viscosidade (quanto mais viscoso, menor o grau de penetração), (ii) o nível de “molhação” da área (o óleo tende a flutuar na água) e (iii) a ausência de tocas de animais ou canais de raízes (que podem segregar o óleo). Caso a contaminação ocorra em período de tempestade, o óleo pode se incorporar no sedimento e persistir por muitos anos (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Sempre que possível deve-se instalar barreiras de contenção nos canais e riachos associados ao manguezal, para impedir a sua entrada e também permitir o seu recolhimento mecânico. O óleo que venha a atingir o interior do manguezal deve ser

deixado para a limpeza natural, o que evita danos adicionais a esse ecossistema (RODRIGUES, 1997).

Nas áreas onde o acesso é possível (áreas marginais ao manguezal), American Petroleum Institute (1999b) recomenda o uso de jateamento à baixa pressão com a água do mar, seguido de recuperação do óleo com o auxílio de barreiras, *skimmers* ou esteiras recolhedoras de óleo. Esse jateamento pode ser eficiente para remover grandes quantidades de óleo na vegetação estável e contínua, apesar de haver o risco de pisoteio do substrato, contaminação de áreas adjacentes por respingos de óleo, maior penetração do óleo no sedimento e remoção de plântulas, com maior impacto na flora e fauna associada (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002 *apud* CANTAGALLO *et al.* 2007).

No manguezal, o recolhimento, manual ou mecânico, deve se restringir apenas às áreas adjacentes ao manguezal, para evitar danos físicos, remoção de organismos e revolvimento do substrato, principalmente pela dificuldade de retirada dos resíduos oleosos remanescentes (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2000; LOPES, 2006).

Outra técnica usual é o corte da parte afetada da vegetação, cujos resultados são fortemente influenciados por fatores como o tipo do contaminante, a sazonalidade na época da ocorrência, risco de recontaminação, estresse ambiental, perturbações físicas no substrato, extensão do corte, taxa da remoção natural e tipo do manguezal (ZENDEL, 1996 *apud* CANTAGALLO *et al.* 2007).

A restauração de manguezais é um trabalho delicado e requer estudos específicos e acompanhamento de pessoal especializado. No Brasil já existem muitos casos de sucesso nessa atividade, a exemplo da recuperação do manguezal próximo à RLAM, na Baía de Todos os Santos, Estado da Bahia (ROSADO, 2008).

6.3 LIMPEZA E RECUPERAÇÃO DE PÂNTANOS SALGADOS

De acordo com todas as fontes consultadas, o tratamento de limpeza em pântanos salgados, também conhecido como marismas, deve seguir a mesma metodologia para os manguezais, exceto quanto ao corte de vegetação e queima local, que no manguezal não são recomendados, enquanto que nos pântanos salgados

pode-se aceitá-los, porém com cautela, de acordo com a orientação do órgão ambiental.

Quanto à recuperação desse tipo de ecossistema, inicialmente deve-se avaliar a natureza do dano, para determinar se a recuperação natural é possível. Caso positivo, deverá ser implantado monitoramento para acompanhar a velocidade da recuperação natural. O replantio é recomendável se a área afetada é usada por espécies raras ou em risco de extinção ou pássaros migratórios, quando a falta de cobertura durante uma estação pode colocar em perigo a biota. A restauração da vegetação, de acordo com a International Maritime Organization (2005) pode ser feita por semeadura ou transplante:

- **Semeadura** – espalhamento de sementes manualmente ou a partir de aeronaves, com baixos custos, embora haja risco de as ondas e correntes dissiparem as sementes ou de pássaros aquáticos migratórios danificarem as plantas novas, retardando a cobertura vegetal que iria proteger animais selvagens e prevenir a erosão.

- **Transplante** – plantio manual de mudas em áreas já limpas. Requer muita mão-de-obra, mas apresenta rápidos resultados. É recomendável a concentração do plantio nos locais mais suscetíveis à erosão ou que forneçam habitats especiais.

6.4 LIMPEZA DE RECIFES DE CORAIS

A maioria dos corais fica submersa durante as fases da maré e por isso dificilmente serão afetados pela mancha de óleo. Caso alguns corais estejam expostos na superfície, as correntes marinhas e as condições das ondas associadas aos recifes provavelmente promoverão rápida limpeza natural (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Afirma Cantagallo *et al.* (2007) que são poucos os métodos apropriados para limpeza de recifes de corais contaminados, uma vez que tais ecossistemas são extremamente delicados e de acesso relativamente difícil, o que torna a limpeza natural o método mais recomendável, por não promover riscos adicionais às comunidades, podendo ser bastante eficiente, principalmente em ambientes de elevado hidrodinamismo (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY

ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION, 1994; EPSTEIN *et al.* 2000; BRASIL, 2002; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002, 2005 *apud* CANTAGALLO *et al.* 2007).

Lopes (2006) recomenda o bombeamento a vácuo através de embarcações para remover o óleo flutuante sobre os recifes, embora esse método deva ser cauteloso, para não danificar as estruturas frágeis das colônias. Os absorventes orgânico-vegetais, como turfas, também podem ajudar na descontaminação da coluna d'água sobre os recifes, principalmente em sulcos ou fendas, desde que sejam aplicados em maré alta, para não agravar os impactos pelo recobrimento físico dos organismos, cuidando-se para a completa remoção do material impregnado.

A lavagem com água corrente em recifes de coral expostos, uma vez necessária, só deve ocorrer em maré alta, para evitar distúrbios, como a remoção de organismos, alteração de micro habitats e danos físicos (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002 *apud* CANTAGALLO *et al.* 2007). A recuperação desse ecossistema ocorre de forma natural e a velocidade (ou sucesso) disto depende do nível de contaminação a que foi exposto.

6.5 LIMPEZA DE COSTÕES ROCHOSOS

O movimento das ondas pode evitar a aderência do óleo em rocha aparente, mas o óleo também pode ser lançado acima da área de ação das ondas, por elas mesmas ou pelo vento, e com isso ficar acumulado em superfícies ásperas ou porosas (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Os costões expostos são pouco sensíveis a derrames, tendo em vista que o óleo é natural e rapidamente removido de sua superfície, enquanto que os costões abrigados têm alta sensibilidade a impactos, devido à possibilidade de longo tempo de persistência do óleo (GUNDLACH & HAYES, 1978 *apud* CANTAGALLO *et al.* 2007).

Algumas técnicas de limpeza podem causar danos adicionais à comunidade contaminada e por esse motivo Cantagallo *et al.* (2007) afirma que as mais utilizadas são o bombeamento a vácuo, a remoção manual, a lavagem com água corrente, o uso de absorventes e a limpeza natural. O jato à alta pressão pode ser utilizado, por razões estéticas, apenas acima da faixa habitada pelos organismos pois a alta pressão nestes ambientes causa modificações na comunidade, levando ao decréscimo da

biodiversidade e à abundância de espécies (LE HIR, 2002 *apud* CANTAGALLO *et al.* 2007)

O jateamento à baixa pressão, ainda que mais suave, desaloja as espécies com menor poder de aderência ao substrato e mata os indivíduos mais frágeis (LOPES 1992, MILANELLI 1994 *apud* CANTAGALLO *et al.* 2007).

A lavagem com água corrente é uma técnica aceitável, por não promover danos adicionais, contudo, deve ser utilizada logo após a contaminação e estar associada ao recolhimento do óleo, pois se este já estiver intemperizado e aderido ao substrato, a lavagem é ineficiente. O bombeamento a vácuo e a remoção manual são úteis para o óleo segregado em poças, fendas e depressões das rochas, além de não provocarem danos à comunidade biológica (MILANELLI, 1994; LOPES, 2006).

Os absorventes também devem ser aplicados apenas em locais que concentram o produto, mas nunca sobre a comunidade biológica, para não criar recobrimento dos organismos (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION, 1995; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002 *apud* CANTAGALLO *et al.* 2007).

A limpeza natural é um método ecologicamente satisfatório, quando a ação das ondas, correntes e marés retiram eficientemente o produto dos costões rochosos atingidos (MILANELLI, 1994; LOPES, 2006). A recuperação do ecossistema ocorre de forma natural e a velocidade (ou sucesso) disto depende do nível de contaminação a que foi exposto.

A Tabela 23 apresenta os procedimentos recomendados e não-recomendados para os diversos ecossistemas costeiros.

Tabela 23 – Recomendações de aplicabilidade metodológica de limpeza

Método	Manguezal		Pântano salgado		Praias	Costões Rochosos	Recifes / Corais	
	Interior	Limite	Interior	Limite			Superfície	Entorno
Limpeza natural	R	R	R	R	R	R	R	R
Remoção manual	NR	R	NR	R	R	R	RC	R
Uso de absorventes	NR	R	NR	R	R	R	NR	R
Sucção a vácuo	NR	R	NR	R	R	R	R	R
Esteiras recolhedoras	NR	R	NR	R	NR	NA	NR	R
Uso de Skimmers	NR	R	NR	R	NR	NA	NR	R
Lavagem água corrente	NR	NR	NR	NR	NR	RC	RC	NA
Jato d'água leve	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Jato d'água médio	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Jato d'água forte	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Jato de areia	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Corte de vegetação	NR	NR	RC	RC	NR	NA	NA	NA
Queima local	NR	NR	NR	RC	NR	NR	NR	NR
Trincheira	NR	NR	NR	NR	NR	NA	NA	NA
Remoção de sedimento	NR	NR	NR	NR	NR	NA	NA	NA
Uso de dispersantes	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Biorremediação	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)

NR: Não Recomendado.
cautela.

R: Recomendado.

RC: Recomendado com

NA: Não aplicável

(*): Informações insuficientes

Fonte: Cantagallo *et al.* (2007)

6.6 PRESERVAÇÃO DA FAUNA

Após um derramamento de óleo deve haver uma imediata intervenção para mitigar os efeitos diretos e indiretos no ecossistema costeiro e nos animais, utilizando-se monitoramento aéreo, marítimo ou terrestre, com o mínimo distúrbio necessário, para identificar onde estão concentrados os animais e se houve, ou há risco de, contaminação nesse local. Deve ser priorizada a proteção de áreas usadas para alimentação, descanso e reprodução dos animais, com a colocação de barreiras de contenção. Uma opção para afugentar os animais das áreas de risco é a promoção de fortes ruídos, ou a utilização de dispositivos tipo “espantalhos”, que, para os pássaros seriam pipas ou figuras em formato de grandes aves. Todavia, deverá ser assegurado novo local seguro onde esses animais afugentados possam se alimentar e repousar (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

O afugentamento de pássaros não deve ser feito em locais de reprodução, pois pode resultar no abandono dos filhotes. Tais locais devem, preferencialmente, ser protegidos por barreiras de contenção o mais rápido possível e mantidos livres de distúrbios causados por pessoal, navios e aeronaves. A limpeza dos animais

recobertos com óleo é um processo delicado, principalmente para os pássaros, requerendo técnica especializada e, se necessário, o uso de centros de reabilitação (Figura 48), para tratamento, limpeza, reabilitação e quarentena dos animais. Os animais mortos na linha costeira podem ser um risco à saúde das pessoas e de outros animais e devem ser descartados adequadamente, de comum acordo com os regulamentos de gerenciamento de lixo (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).



Figura 48 – Unidade móvel de reabilitação de fauna

Fonte: Petrobras (2010)

6.7 MÉTODOS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS OLEOSOS

Após a remoção do local de trabalho, os resíduos contendo óleo devem passar por tratamento adequado até a sua destinação final. Dentre os processos usuais, Lopes (2006) e a International Maritime Organization (2005) destacam:

- **Limpeza do material contaminado** – existem diversos métodos para a separação de resíduos líquidos e sólidos e para a separação de óleo líquido e emulsionado da água contaminada com óleo, os quais visam à redução da quantidade de resíduos para descarte final. Areia e seixos podem ser lavados com solventes ou com água, com posterior separação de óleo/água por centrífugas ou hidrociclones, o que reduz a quantidade de óleo para um nível que pode ser devolvido à praia. Quaisquer efluentes aquosos podem requerer tratamento adicional antes da descarga para o meio ambiente.

- **Métodos de descarte de resíduos** – existem várias formas de descarte de resíduos, pois diferentes materiais recuperados são passíveis de tratamento por métodos diferentes. Por exemplo, a água livre deve ser separada do óleo, ainda no armazenamento temporário, por decantação ou separação:

- **Recuperação de óleo de material da praia** – Se o material recuperado da praia contiver mais que 20% de óleo, este pode ser recuperado mediante lavagem com água à baixa pressão, às vezes em conjunto com solvente apropriado, tal como o gás de óleo. A mistura resultante de óleo-água pode então ser bombeada e separada através da gravidade ou com um sistema fechado usando água quente.

- **Estabilização de materiais contaminados pelo óleo** – Um método antigo, mas ainda em uso, é a aglutinação da areia contaminada com substâncias inorgânicas, tais como cal viva, cimento, resíduos de cinzas de combustível pulverizados, etc. formando um produto inerte que impede a lixiviação do óleo. A quantidade de agente aglutinador requerida depende, principalmente, do conteúdo de água dos resíduos e é mais bem determinada em experimentos locais, com maior eficiência em misturas homogêneas óleo-água. Para a cal viva, a quantidade requerida está entre 5% e 20% do peso do material sólido a ser tratado. A desvantagem é que essas técnicas de estabilização geram grande quantidade de pó corrosivo, requerendo segregação da área de tratamento e uso de equipamentos de proteção para os manipuladores (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

- **Descarte direto** – materiais contendo menos que 20% de óleo podem ser depositados em um aterro para resíduos industriais ou descartados com lixo doméstico, devendo-se assegurar a sua não lixiviação para aquíferos subterrâneos. Como regra geral, os resíduos oleosos devem ser depositados 4 metros acima do lixo doméstico, para permitir drenagem livre da água, recoberto com uma camada de terra e depois por mais 2 metros do lixo, para facilitar-lhe a degradação e prevenir a sua migração para a superfície (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

- **Incineração** – a queima de detritos oleosos em ar aberto não é recomendada, para evitar poluição atmosférica, exceto em áreas muito remotas, se a

legislação assim o permitir. O óleo incinerado no mar tende a se espalhar e pode lixiviar para o solo. Além disso, resíduos de alcatrão podem persistir, devido a impossibilidade de sua queima total. Estes problemas podem minimizados com o uso de incineradores (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

No caso de absorventes naturais, como a fibra de coco, impregnados de óleo, este mineral é facilmente recuperado por compressão e o material sólido pode ser incinerado, em termoelétrica, por exemplo, sem deixar resíduos indesejáveis.

- **Biorremediação** – os *landfarmings* e aterramentos em dunas de areia são técnicas de descarte que usam o princípio da biodegradação, conforme já descrito neste trabalho.

- **Descarte de dunas** – quantidades relevantes de areia contaminada com óleo podem ser descartadas em áreas arenosas estáveis na costa e pastagens de dunas, em áreas da baixa sensibilidade ambiental, utilizando-se a técnica da biodegradação por enterramento, cuja eficiência será maior em locais não sujeitos a encharcamento por água.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agilidade na identificação do vazamento e as ações de bloqueio de seu efeito são fatores essenciais, mas não suficientes, à mitigação do dano. A intervenção tempestiva com pessoal, equipamentos e técnicas especializadas é fundamental para evitar que a mancha se espalhe e impossibilite o recolhimento da maior parte do óleo derramado.

Além de recolher o máximo possível do óleo na água, a intervenção deve focar também as áreas ameaçadas ou já impactadas, como praias, recifes de corais e manguezais, tarefa delicada e com limites não muito definidos, pois a limpeza, se tênue, é ineficaz e, se severa, poderá sacrificar ainda mais as colônias de microorganismos que foram contaminadas.

Nessa etapa, é fundamental arremeter a comunidade local para participar das operações de prevenção ou de minimização da contaminação, pois além de conhecerem bem os segredos do mar da região, os pescadores são os maiores interessados na preservação da sua área de pesca. Esse conhecimento específico será essencial para validar e/ou complementar as técnicas de combate descritas neste trabalho.

Dentre as praias da Ilha de Boipeba, apenas Cueira e Prainha apresentam baixa sensibilidade ao óleo (ISL 4 e 5), enquanto que as demais apresentam grau máximo de sensibilidade (ISL 10), a exceção de Tassimirim, que tem o ISL 9. Ou seja, como as praias de baixa sensibilidade estão intercaladas com as de alta sensibilidade, não há, em princípio, como não tratá-las como sensíveis, sobretudo pela sazonalidade dos ventos e correntes marinhas.

Para a operação de limpeza do litoral, o escopo de serviços deverá incluir, necessariamente, as seguintes ações:

- Utilização da mão-de-obra local (geração de emprego e renda);
- Envolvimento da comunidade na recuperação das espécies afetadas e convencimento da necessidade de preservá-las (educação para a conservação ambiental);
- Compensação monetária para o pessoal diretamente prejudicado pelo evento, como pescadores, marisqueiras e afins;

- Apoio psicossocial para a comunidade, face à abrupta alteração em seus hábitos e costumes;
- Utilização prioritária de resíduos naturais ou fibras vegetais como barreiras de contenção ou materiais absorventes de óleo.

Como alternativa para uma possível limpeza de óleo derramado no mar e que possa atingir o litoral da Ilha, este trabalho apresentou a opção, a ser estudada mais em detalhe, de desenvolvimento de materiais absorventes e biorremediadores, para limpeza de óleo e tratamento do solo por ele contaminado, feitos à base da fibra e pó extraídos da casca de coco, material abundante na região de Boipeba e que tem sido alvo de preocupação a sua disposição *in natura* nos locais de maior afluxo turístico.

Com o beneficiamento local desse resíduo haverá ganhos como redução da poluição visual; redução da proliferação de vetores; geração de emprego e renda; melhoria da qualidade de vida de moradores e visitantes; fomento do cooperativismo entre a comunidade e geração de tributos para o município, atitudes que, além de constituírem espectros da responsabilidade sócio-ambiental da empresa poluidora, amenizarão os efeitos negativos à sua imagem, bem como poderão atenuar prováveis sanções governamentais.

A idéia básica seria formar um estoque mínimo desses materiais custeados pelas empresas petrolíferas ou de transporte de óleo que operam na região, destinando a produção excedente para a comercialização externa ou desenvolvimento do artesanato local, o que agregaria mais valor ao produto.

Para consolidar a idéia aqui apresentada, pode-se adotar um cenário de contaminação com petróleo na Praia da Boca da Barra, na Vila de Velha Boipeba, um dos locais mais sensíveis, a foz do Rio do Inferno, principal acesso à Ilha e margem do manguezal. A situação mais crítica neste cenário ocorreria na enchente da maré, com a corrente marinha e a velocidade dos ventos tendendo a deslocar a mancha do óleo em direção à praia mais freqüentada do local e ao manguezal.

Essa influência se daria pela incidência de células de alta pressão do Atlântico Sul (ventos alísios), com fortes ventos de SSE (Figuras 13 e 14b) e as maiores ondas do mar (cerca de 1,5m – Tabela 5), ocorrendo principalmente entre o outono e o inverno (no verão há o maior fluxo turístico na região).



Figura 49 – Cenário de vazamento de óleo na Ilha de Boipeba (local)

Fonte: Elias Santos (WWW.velhaboipeba.com)

A ação imediata será sempre o acionamento das autoridades competentes, como o órgão ambiental e a Defesa Civil, como também as áreas de contingenciamento da Petrobras e da El Paso, que possuem plantões permanentes para atendimento a situações emergenciais dessa natureza.

No cenário criado, a melhor opção é a prevenção do espalhamento da mancha, com instalação de barreiras de contenção imediatamente à frente da linha de ondas, praticamente no final do rio, onde a energia das ondas é menor, o que melhora a eficiência das barreiras. A providência seguinte, caso necessário, será a instalação de outras barreiras para direcionar possíveis transposições de óleo da barreira de contenção para uma área de sacrifício, onde o óleo poderia ser removido sem comprometer áreas mais sensíveis. No detalhe da Figura 50 estão indicados os recursos emergenciais necessários ao primeiro atendimento.



Figura 50 – Cenário de vazamento de óleo na Ilha de Boipeba (detalhe)
 Fonte: Adaptado de Elias Santos (WWW.velhaboipeba.com)

Com base nas indicações da Figura 50, as providências imediatas, com recursos locais, seriam as seguintes:

1 – instalação de barreiras de contenção para prevenir a entrada do óleo na região mais sensível (manguezal). Se necessário, outras barreiras (fixas, tipo cerca) poderão ser usadas para prevenir a chegada do óleo no manguezal;

2 – movimentação de barreira tipo mar aberto, para deslocamento e concentração do óleo ainda no mar;

3 – uso de embarcação, adaptada com recolhedor mecânico, para retirada do óleo concentrado pelo arraste da barreira;

4 – uso de embarcações locais, previamente cadastradas e treinadas, para o arraste do óleo por barreira (a própria movimentação desses barcos já promove uma dispersão natural do óleo);

5 – uso de recolhedor mecânico para retirada do óleo acumulado nas barreiras de contenção. Esse recolhedor pode ser instalado sobre barco ou balsa, por permanecer praticamente estacionário.

Após essas etapas seriam aplicadas as técnicas apresentadas neste trabalho, envolvendo outros recolhedores mecânicos, tanques de armazenamento provisório e a

remoção manual da mistura areia e óleo, quer por aplicação de absorventes, como a fibra de coco, quer pelo uso de ferramentas manuais, como rodos e pás, sempre cuidando para remover a menor quantidade possível do substrato.

Os resíduos gerados devem ser adequadamente estocados para providências imediatas de transporte para tratamento e destinação final, o que será administrado por pessoal especializado.

8 PROPOSTAS DE AÇÃO

Após a proposição da alternativa ecológica de redução substancial de resíduo natural poluente (a casca de coco) como agente de mitigação de dano ambiental maior ainda (a contaminação do litoral por óleo), resta elencar as ações necessárias para se atingir esse objetivo. Como ponto de partida, a comunidade precisa ter conhecimento da possibilidade de uso da casca de coco, mesmo que inicialmente ela ainda não seja destinada à absorção de óleo ou biorremediação de solos por ele afetados, tendo em vista que estudos para esse fim demandam tempo e muitos recursos pelas empresas interessadas; mas isto não inviabiliza o projeto, que poderá destinar a sua produção para produção de artesanato e para venda externa.

O segundo passo será a definição de um conselho gestor inicial, preferivelmente formado por representantes das diversas associações locais, o qual terá a função de buscar meios para o patrocínio do investimento junto às empresas petrolíferas que atuam na região e também com os governos municipal e estadual, contando com o apoio dos representantes políticos locais. As primeiras podem arcar com a construção do galpão e fornecimento dos equipamentos e o governo com o terreno e incentivos fiscais, incluindo gestões junto às concessionárias de utilidades (água, luz e telefonia), para concessão de benefícios em suas respectivas áreas. Sobre a construção do galpão, a Petrobras mantém na região o Projeto Curso Profissionalizante para a Construção de Centros Comunitários que, como já citado, com alunos recém treinados, foi responsável pela construção de quatro Centros Comunitários no Município, incluindo o de Moreré, na Ilha de Boipeba.

A usina deve ser localizada, preferivelmente, no povoado de Velha Boipeba, onde há maior concentração (e geração) de cascas de coco. O terreno seria na parte baixa do povoado, no seu lado esquerdo, onde o custo, segundo pesquisado no local, é menor, e estaria perto do píer, onde deverão ser feitas carga e descarga dos produtos.

Uma vez garantido o patrocínio, o conselho gestor deverá fomentar a criação de uma cooperativa, que será a responsável pela produção e comercialização da matéria-prima (fibra e pó da casca de coco), podendo destinar uma parte para produção local de artesanato e insumo agrícola. Sendo um empreendimento pioneiro, haverá necessidade de capacitação da mão-de-obra, tanto para a operação/manutenção,

como para a gestão do negócio, *marketing* e comercialização, o que poderá ser suprido por entidades como SENAI³² e SEBRAE³³

³² SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial.

³³ SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

9 REFERÊNCIAS

ACOSTA, Dália. Limpeza orgânica de vazamento de petróleo. **Jornal Terramérica**, [S.l.], n. 268, ago. 2005. Disponível em: <www.terraamerica.com.br>. Acesso em: 15 nov. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil). **Boletim anual de reservas: 2007**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/petro/reservas.asp>>. Acesso em: 30 maio 2008.

_____. **Boletim anual de reservas: 2009**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=17639&m=reservas&t1=&t2=reservas&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1270505352203>>. Acesso em: 26 mar. 2010.

_____. **Dados mensais de produção de petróleo e gás natural**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petro/desenvolvimento_dados.asp>. Acesso em: 30 maio 2008.

_____. **Sumário executivo do campo de Manati**. Rio de Janeiro, 2004.

AGRA FILHO, S. S.; VIEGAS, O. Planos de gestão e programas de monitoramento costeiro: diretrizes de elaboração. **Programa Nacional de Meio Ambiente**, Brasília, v. 4, 1995.

ALPINA-BRIGGS. **Catálogo de produtos**: barreiras de contenção. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.alpinaambiental.com.br/barreiras.asp>>. Acesso em: 12 dez. 2009.

_____. Inland Spill. **Manual do Curso Inland Spill**. Rio de Janeiro, [200-?]. 1v

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **Fate of spilled oil in marine waters**: where does it go?, what does it do?, how do dispersants affected it? Washington, D.C.: [s.n.], 1999a.

_____. **Oil spill cleanup**: options for minimizing adverse ecological impacts. Washington: Health and Environmental Science Department, 1999b.

ANNUNCIADO, T. R. **Estudo da *chorisia speciosa* e outras fibras vegetais como sorventes para o setor de petróleo**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ANNUNCIADO, T. R. *et al.* Avaliação da capacidade de sorção de óleo cru de diferentes fibras vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM ÓLEO E GÁS, 3., 2005, Salvador. **Anais...** [S.l.]: IBP, 2005.

_____. Fibras vegetais utilizadas como sorventes no setor do petróleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DE MATERIAIS, 16., 2004, Porto Alegre. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2004.

ASSOCIAÇÃO REGIONAL DE EMPRESAS DE ÓLEO E GÁS NATURAL DA AMÉRICA LATINA E CARIBE. **Environmental guideline**: Nr. 41-2007: guideline for the use of dispersants on oil spills. [S.I.], 2007. Disponível em: <<http://portal.arpel.org/wps/portal>>. Acesso em: 23 nov. 2009.

AUTODATA. Fibra de coco volta à indústria automotiva. **Revista eletrônica**. [S.I.], [S.N.], Disponível em: <http://www.autodata.com.br/news.php?recid=2800>. Acesso em 11 fev. 2010.

BARROS, Claudia A.; LEMOS, Judith L. S. **Estudo da degradação de petróleo em solo areno-argiloso com bioaumento fúngico utilizando casca de coco como material estruturante**. [S.I.]: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XIV_jiv_2006/CI%E1udia%20Barros.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2010.

BERNARDES, Júlio. **Agência USP de notícias**: boletim nº1646. São Paulo: USP, 2005. Disponível em: <<http://www.usp.br/agen/bols/2005/rede1646.htm>>. Acesso em: 27 out. 2009.

BÍBLIA. 1990. **A Bíblia Sagrada**: Antigo e Novo Testamento. São Paulo: Maltese, 1990.

BITTAR, Paulo R. Biorremediação: técnica para recuperar estragos causados por vazamentos em postos de combustíveis. **Informativo CRQ-IV**, [S.I.], jan./fev. 2000. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/default.php?p=informativo_mat.php&id=780>. Acesso em: 28 out. 2009.

BITTENCOURT A.C.S.P., DOMINGUEZ J.M.L, MARTIN L., SILVA I.R. 2000. Patterns of Sediment Dispersion Coastwise the State of Bahia – Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 72 (2): 271-287

BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M. The marine formations of the coast of the State of Bahia. *International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary*, 1979. *Proceeding*. São Paulo, IGCP, Project 61, 1979, p. 232-253.

BOIPEBA. **Site oficial da Ilha de Boipeba**. Disponível em: <http://boipeba.org/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=73>. Acesso em: 13 nov. 2008.

BOIPEBATUR. **Site de turismo da Ilha de Boipeba**. Disponível em: <<http://www.boipebatur.com.br>>. Acesso em: 12 mar. 2010.

BRASIL. Decreto nº4.871, de 6 de novembro de 2003. Dispõe sobre a instituição dos Planos de áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional e de outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 nov. 2003.

BRASIL. Lei nº594, de 24 de dezembro de 1948. Conc ede favores às fábricas que se instalarem para exploração da fibra do coco, com o aproveitamento de matéria prima nacional. **Diário Oficial da União**. Rio de Janeiro, RJ, 28 dez. 1948.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da República Federativa**, Brasília, DF, 05 outubro 1988.

BRASIL. Lei nº 9.966 de 28 de abril de 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e de outras providências. **Diário Oficial da República Federativa**, Brasília, DF, 29 abr. 2000.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste (PRODETUR NE II)**. [S.l.], 2006. Disponível em: <http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/prodetur/downloads/docs/ls_3_5_aspectos_socio_ambientais_090708.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2010.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Matriz energética nacional**. [S.l.], 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo**. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/projeto/_arquivos/especificacoes_cartas_sao.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº 06, de 23 de setembro de 2008**. Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil na escala da união**. Brasília, 1996.

BRASIL ESCOLA. **Site educacional**. Disponível em: <<http://www.brasile scola.com/frutas/coco.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2010.

BRASILCHANNEL. **Site de divulgação de cidades**. Disponível em: <http://www.brasilchannel.com.br/municipios/mostrar_municipio.asp?nome=Cairu&uf=BA&tipo=lazer#Ilhas>. Acesso em: 10 mar. 2010.

BRAZILIAN FIBRES. **Revista eletrônica**. Disponível em: <http://www.braziliansisal.com/?page_id=328&lang=pt>. Acesso em 03 ago. 2010.

BRASILIAVIRTUAL. **Revista eletrônica**. Disponível em: <<http://www.brasilvirtual.info/tudo-sobre/fibra-de-coco>>. Acesso em: 12 mar. 2010.

_____. How many years until mangrove ecosystems recover from catastrophic oil spill? **Marine Pollution Bulletin**, [S.l.], v. 26, n. 5, p. 239-248, 1993

BRITO, Luciana V. R. de. et al. Levantamento taxonômico das macroalgas da zona das marés de costões rochosos adjacentes ao terminal marítimo Almirante Maximiano Fonseca, Baía da Ilha Grande, RJ. **Atlântica**, Rio Grande, v. 24, n. 1, 2002. p. 17-26.

CAMPOS, André. Presente de grego: exploração do petróleo traz muitos royalties e muitíssimos problemas. **Revista Problemas Brasileiros**, [S.l.], n. 364, jul./ago. 2004. Disponível em:

<http://www.sescsp.org.br/sesc/revistas_sesc/pb/artigo.cfm?Edicao_Id=188&breadcrumb=1&Artigo_ID=2934&IDCategoria=3108&reftype=1>. Acesso em: 24 mar. 2010.

CANTAGALLO, C. *et al.* Limpeza de ambientes costeiros brasileiros contaminados por petróleo: uma revisão. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, [S.l.], p. 1-12, 2007.

CARDOSO, Anelise M. **Sistema de Informações para planejamento e Resposta a Incidentes de Poluição Marítima por derramamento de petróleo e derivados**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

CBS NEWS. **Revista eletrônica: Exxon Valdez Oil Spill: 20 Years Later**. [S.l.], 2009. Disponível em <<http://www.cbsnews.com/stories/2009/02/02/eveningnews/main4769329.shtml>> Acesso em 30 jul. 2010.

CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS. **Projeto ilhas de Tinharé e Boipeba: área de proteção ambiental**. Salvador, 1995.

CLARK, Josh. **How do you clean up an oil spill?** [S.l.: s.n.], [200-?]. Disponível em: <<http://science.howstuffworks.com/cleaning-oil-spill.htm>>. Acesso em: 5 out. 2009.

COHEN, Mark A. **A Taxonomy of Oil Spill Costs: What are the Likely Costs of the Deepwater Horizon Spill?** Resources for the Future. Washington, DC 20036. May 2010; revised June 2010.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1988.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Cadastro de acidentes ambientais da CETESB**. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 3 jun. 2008.

_____. **Derrames de óleo no mar: aspectos preventivos e corretivos**. São Paulo, 2007.

_____. **Efeitos do óleo nos organismos**. São Paulo, 2010 Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/impactos/efeitos.asp>>. Acesso em: 8 jan. 2010.

_____. **Intemperismo do óleo**. São Paulo, 2008a. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/oleo/intemperismo.asp>>. Acesso em: 25 maio 2008.

_____. **Mantas, almofadas e barreiras absorventes**. São Paulo, 2008b. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/aspectos/equipamentos/mantas.htm>>. Acesso em: 8 jun. 2008.

_____. **Planos de contingência para vazamentos de óleo no mar.** São Paulo, 2008c. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/preparacao/planos.asp>>. Acesso em: 8 jun. 2008.

_____. **Vazamentos de óleo.** São Paulo, 2008d. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/vazamento.asp>>. Acesso em: 15 jun. 2008.

CONAMA. **Resolução nº 269 de 14 de setembro de 2000.** [S.l.], 2000.

_____. **Resolução nº 293. Brasília, 12 de dezembro de 2001.** [S.l.], 2001.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. (Brasil). [S.l.], 2007. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20070626_1.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2009.

CRAPEZ, M. A. C. *et al.* Biorremediação: tratamento para derrame de petróleo. **Ciência Hoje**, [S.l.], v 30, p. 32-37. 2002.

CURY, J. C. **Atividade microbiana e diversidades metabólica e genética em solo de mangue contaminado com petróleo.** 2002. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

DEFLOR. **Soluções ambientais definitivas:** catálogo de produtos e serviços. [S.l.], 2010. Disponível em: <<http://www.deflor.com.br>>. Acesso em: 3 mar. 2010.

DIAS, Wilson. Embrapa incentiva vendedores de coco a apostar em projetos de reciclagem da casca. **Agência Brasil.** Brasília, out. 2007. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/10/11/materia.2007-10-11.1061314702/view>>. Acesso em: 15 nov. 2009.

DOMINGUEZ, J. M.; CORRÊA-GOMES, L. C. **Projeto costa do Dendê:** avaliação da potencialidade mineral e de subsídios ambientais para o desenvolvimento sustentado dos municípios da Costa do Dendê. Salvador: CBPM, 2006.

DUKE, N.C.; BURNS, K. A. **Fate and effects of oil and dispersed oil on mangrove ecosystems in Australia.** [S.l.: s.n.], 1999.

EILEEN, B. Claussen. Costas críticas. **Revista Nuestro Planeta**, [S.l.], v. 8, n. 5. p. 16-17, 1997.

EL PASO. **Balanco social.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **Apresentação:** Projeto BM-CAL-4: etapa de perfuração. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **Site de divulgação da empresa.** Disponível em: <<http://www.bmc4.com.br>>. Acesso em: 22 mar. 2010.

EMBRAPA. **Cooperativa de vendedores de coco vai utilizar tecnologia da Embrapa.** [S.l.], 2006. Disponível em:

<<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2006/junho/noticia.2006-06-07.0664542705/>>. Acesso em: 13 nov. 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Informe à imprensa: resultados preliminares – BEN 2010**. Rio de Janeiro, 29/04/2010. Fonte: http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20100429_1.pdf. Acesso em 01 ago.2010.

ENGEPLAS. **Catálogo de produtos**. Curitiba/PR. 2010. disponível em: <<http://www.engeplas.com.br/>>. Acesso em 04 ag. 2010.

ENVIRONMENTAL PRODUCTS AND SERVICES. **Catálogo de produtos do fabricante**. [S.I.], 2009. Disponível em: <http://www.eps-br.com/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=3> Acesso em: 13 nov. 2009.

FASTDRIVER. Novo Uno Ecology: apenas um protótipo. **Revista eletrônica**. [S.I.], [S.N.], Disponível em: <<http://www.fastdriver.com.br/index.asp?codn=1167>>. Acesso em 10 fev. 2010.

FERNANDES, I. R. P *et al.* A história dos 27 anos de vazamento de óleo no litoral norte do Estado de São Paulo (1974-2000). **Revista Meio Ambiente Industrial**, [S.I.], n. 30, p. 98-104, 2001.

FERREIRA, Doneivan F. **Uma abordagem para construção de modelos decisórios para ações de contenção e mitigação de derrames de petróleo e derivados**. Tese (Pós-Doutorado). Projeto de Pós-Doutorado – CNPq. Universidade estadual de Campinas. Campinas/SP. 2004.

FONTENELE, Raimundo E. S. Cultura do coco no Brasil: caracterização do mercado atual e perspectivas futuras. XLIII CONGRESSO DA SOBER - Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. 24 a 27 jul. 2005. Ribeirão Preto/SP. **Anais...** 2005

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Coir Processing technologies: improvement of drying, softening, bleaching and dyeing coir fibre/yarn and printing coir floor coverings**. FAO CORPORATE DOCUMENT REPOSITORY. Roma, n. 6, 2002. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y3612E/Y3612E00.HTM>. Acesso em: 01 ago. 2010.

FORTALMAG. **Fabricante de usinas de beneficiamento de coco**. Fortaleza, 2010.

FREITAS, L.M.B. **Caracterização geoambiental e sensibilidade da linha com ênfase nas praias da Costa do Dendê – BA, utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG)**. 2002. Monografia (Graduação em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002.

GARCIA, K. C.; Teixeira, M. G. Lógica nebulosa como ferramenta de modelagem do processo de tomada de decisão do nível de resposta aos acidentes de E&P offshore de

petróleo no Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE O MEIO AMBIENTE MARINHO, 5., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2005.

GASNET. **Agência Petrobras**: TN petróleo. [S.l., 200-?]. Disponível em: <<http://www.gasnet.com.br/conteudos.asp?cod=7197&tipo=Artigos&categoria=11>>. Acesso em: 23 ago. 2009.

GEO INNOVA. **Relatório de Consultoria Privada** - Atividades econômicas sustentáveis no Baixo Sul Baiano. Relatório Restrito. [S.l.]. 2010.

GEOBRASIL. **Revista eletrônica**: perspectivas do meio ambiente no Brasil. [S.l.], 2002. Disponível em: <<http://www.wiiuma.org.br/geobrasil/geobrasil.html>>. Acesso em: 6 jun. 2008.

GLOBAL environment outlook: past, present and future perspectives. London: UNEP, 2002.

HALL, C. M. Trends in ocean and coastal tourism: the end of the last frontier? **Ocean & Coastal Management**, [S.l.], v. 44, p. 601-618, 2001.

HIDROCLEAN. **Catálogo de produtos**. [S.l.], 2009. Disponível em: <<http://www.hidroclean.com.br>>. Acesso em: 3 dez. 2009.

HOUAISS, Antonio. **Dicionário eletrônico**. [S.l.], 2009. Disponível em: <<http://houaiss.uol.com.br/>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

HOWARTH, R. W. Assessing the ecological effects of oil pollution from outer continental shelf oil development. **Transactions of America Fisheries Society**, [S.l.], v. 11, p. 1-8, 1991.

IBGE. **Dados do território brasileiro**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/brasil_em_sintese/tabelas/territorio.htm>. Acesso em: 30 jan. 2010.

ILHABOIBEBA. **Site mantido pela AMABO**: Associação dos Moradores e Amigos de Boipeba. [S.l.], 2009. Disponível em: <<http://ilhaboipeba.org.br/boipeba.html>>. Acesso em: 4 nov. 2009.

INSTITUTO PARA LA INTEGRACIÓN DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. **Integração energética regional**: implicações do Plano Nacional de Energia do Brasil (PNE 2030). [S.l.], 2010. Disponível em: <http://www.iadb.org/intal/aplicaciones/uploads/publicaciones/p_INTAL_ICM_145_pano_ramaregional_2.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2010.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **International convention for the control and management of ships ballast water and sediments adopted in 2004**. London, 2004. Disponível em: <http://www.imo.org/Environment/mainframe.asp?topic_id=548>. Acesso em: 2 jun 2008.

_____. **Manual on oil pollution.** London, 2005.

INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION. **Biological impacts of oil spill pollution: coral reefs.** [S.l.], 1992. Disponível em: <<http://www.ipieca.org>>. Acesso em: 3 fev. 2010.

_____. **Biological impacts of oil pollution: sedimentary shores.** [S.l.], 2000. Disponível em: <<http://www.ipieca.org>>. Acesso em: 3 fev. 2010.

_____. **Biological impacts of oil spill pollution: rocky shores.** [S.l.], 1995. Disponível em: <<http://www.ipieca.org>>. Acesso em: 3 fev. 2010.

_____. **Dispersants and their role in oil spill response.** 2. ed. London, 2001.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION. London, 2010. Disponível em: <<http://www.itopf.com>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

LA ROVERE, E. L. Energia e meio ambiente. In: MARGULIS, Sergio (Ed.). **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos.** Rio de Janeiro: IPEA, 1990. cap. 1.

LOPES, Carlos Ferreira *et al.* **Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza: manual de orientação.** São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2006.

_____. **Avaliação dos danos ecológicos causados pelo derrame de óleo TEBAR V (maio/1994), sobre comunidades de costões rochosos.** São Paulo: CETESB, 1996.

_____. **Derrames de óleo no mar e os ecossistemas costeiros.** São Paulo: CETESB, 1998.

LUNE, Tim; BAKER, Jenifer M. **Quantification of net environmental benefit for future oil spills.** [S.l.: s.n.], 1999.

MARIUZZO, Patrícia. 2005. Petróleo e seus efeitos no meio ambiente. **Revista Comciência.** [S.l.], 2005. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/2005/11/05.shtml>>. Acesso em: 30 out. 2009.

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M. **Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia - Esc. 1:250.000.** Salvador. 1980.

MARTÍNEZ, Maurício L. A indústria do petróleo. **Revista Análise,** [S.l.], abr. 1999.

MATOS, Evandro. El Paso quer explorar Bacia de Camamu. **Interior da Bahia,** [S.l.], 2009. Disponível em: <http://www.interiordabahia.com.br/p_meio_ambiente/3367.html>. Acesso em: 14 dez. 2009.

MICHAELIS. **Dicionário eletrônico**. [S.l.]: UOL, 2009. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

MILANELLI, J. C. C. **Efeitos do petróleo e da limpeza por jateamento em um costão rochoso da praia de Barequeçaba, São Sebastião, São Paulo**. 1994. Dissertação (Mestrado)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MILARÉ, Édis. **Direito do ambiente**: doutrina, prática, jurisprudência, glossário. 2. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2001.

MITSCHEIN, Nazaré I. Preservação com desenvolvimento: a experiência amazônica no uso industrial da casca de coco. **Revista textos do Brasil**, [S.l.], n. 9. Disponível em: <<http://www.dc.mre.gov.br/imagens-e-textos/revista-textos-do-brasil/portugues/edicao-numero-9>>. Acesso em: 2 fev. 2010.

NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 21**. [S.l.], 1996.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Characteristic coastal habitats**: choosing spill response alternatives. Seattle, 2000.

_____. **Selection guide for oil spill applied technologies**. Virginia, 2003. v. 1.

NAVY, 1978. **Marine Climatic Atlas of the World**. Vol. IV. South Atlantic Ocean. Washington D. C., 325p.

NEIVA, J. **Conheça o petróleo**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1986.

OLIVEIRA, Elizabeth. O lixo que preserva a natureza. **Jornal do Comercio**, São Paulo, 17 jan. 2005. Disponível em: <<http://asn.interjornal.com.br/noticia.kmf?canal=36&cod=2730052&indice=70>>. Acesso em: 4 nov. 2009.

PARANAONLINE. Volkswagen apresenta versão inusitada da Kombi. **Revista eletrônica**, [S.l.], 19/02/2009. Disponível em: <<http://parana-online.com.br/canal/automoveis/news/355617/?noticia=volkswagen+apresenta+versao+inusitada+da+kombi>>. Acesso em: 2 fev. 2010.

PASQUALETTO, Antônio. Recuperação de área degradada por efluentes industriais. In: XXXI CONGRESSO INTERAMERICANO AIDIS. 2008. Santiago, Chile. **Anais...** [S.l.] 12 – 15 out. 2008.

PEREIRA, Rucemah L. G. **Repercussões legais de um desastre ambiental: o caso BRAER**. [S.l.: s.n.], 2002.

PETROBRAS DISTRIBUIDORA. **Petrobras entrega Centro Comunitário à comunidade de Moreré, no RJ**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://brnet.br-petrobras.com.br/opcoes/noticias/banco_noticias/2010/janeiro/290110_comunitario.htm>. Acesso em: 24 mar. 2010.

PETROBRAS. **Estudo do impacto ambiental**: bloco BCAM-40: Bacia de Camamu-Almada. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. **O mundo fabuloso do petróleo**. Rio de Janeiro, 1974. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento.asp>>. Acesso em: 30 out. 2009.

_____. **Petrobras em números**. Rio de Janeiro, 2009a. Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/Petrobras/portugues/numeros/num_index.htm>. Acesso em 27 set. 2009.

_____. **Portal SMS**. Rio de Janeiro, 2009b. Disponível em: <<http://portalsms.petrobras.com.br/PsmsPortal/appmanager/portal/desktop>>. Acesso em: 24 dez. 2009.

_____. **Práticas em parcerias em projetos exploratórios e de desenvolvimento da produção**. Rio de Janeiro, 2008a.

_____. **Relatórios e portais eletrônicos internos da Petrobras**. Rio de Janeiro, 2008b. Disponível em: <www.petrobras.com.br>. Acesso em: 27 set. 2008.

_____. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/quem%2Dsomos/principais%2Doperacoes>>. Acesso em: 27 mar. 2010.

_____. **Seminário do norte nordeste de defesa civil**. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **Situação atual da Petrobras em combate a emergências**: programa de contingenciamento. Rio de Janeiro, 2003b.

_____. **Vazamentos de óleo**: estratégias e técnicas de combate. Rio de Janeiro, 2008c.

POFFO, I. R. F. A percepção da comunidade e a reparação dos danos ambientais por vazamentos de óleo no litoral norte do Estado de São Paulo. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 5., 2001, São Paulo. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2001.

POLUIÇÃO nos mares. Paraná: [S.n.], 2008. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/salgada/index.html&conteudo=./agua/salgada/artigos/poluicaomar.html>>. Acesso em: 10 jun. 2008.

PORTAL EXAME. **Revista eletrônica**: ANP encontra segunda maior reserva de petróleo do Brasil. [S.l.]. 2010. Disponível em: <http://portalexame.abril.com.br/meio-ambiente-e-energia/noticias/anp-encontra-segunda-maior-reserva-petroleo-brasil-559034.html>. Acesso em 31 jul. 2010.

PRINCE, R. C. Petroleum spill bioremediation in marine environments. **Microbiology**, [S.l.], p. 217-242, 1993.

PRINCIPAIS acidentes com petróleo e derivados no Brasil. Paraná: [s.n.], 2009.
Disponível em:
<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/acidentes_ambientais/principais_acidentes_com_petroleo_e_derivados_no_brasil.html>. Acesso em: 4 set. 2009.

QUEIROZ, Lila Costa *et al.* **Mapeamento geológico preliminar da folha Velha Boipeba (Sd-24-X-C-IV), Bahia, com uso do programa Spring.** [S.l.: s.n.], 2010.
Disponível em:
<http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/051.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2010.

REBOUÇAS, R. C. **Biografia das areias da Costa do Dendê:** um estudo da composição das areias de praia entre os rios Jequiriçá e Tijuípe. 2006.
Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Geologia Costeira e Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

RIMAS, Rachel. Fármacos na casca do coco: Estudos em laboratório apontam propriedades terapêuticas promissoras da fibra da fruta. **Revista Ciência Hoje** [S.l.]. Atualizada em 22/10/2009. Disponível em:
<<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/farmacologia/farmacos-na-casca-do-coco/>>
Acesso em 02 ago. 2010.

<http://parana-online.com.br>
RIZZO, Andréa C. de L. *et al.* **Biorremediação de solos contaminados por petróleo:** ênfase no uso de biorreatores. Rio de Janeiro: [s.n.], 2007. 76 p. (Série Tecnologia Ambiental, 37).

RODRIGUES, F. O. **Derramamentos de óleo no ecossistema manguezal:** limpeza do ambiente, efeitos e metodologia de estudo. 1997. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

ROSA, Anabela P.; TRIGÜIS, Jorge A. Estudos experimentais da análise do processo de biorremediação na mitigação do impacto ambiental. **Geochimica Brasiliensis**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 5-3, 2006. Disponível em:
<<http://www.sbgq.org.br/publicacoes/periodicos>>. Acesso em: 3 nov. 2009.

ROSA, Morsyleide de F. **Beneficiamento da casca de coco verde.** [S.l.]: EMBRAPA, 2010. Disponível em:
<<http://www.cnpat.embrapa.br/home/portfolio/tecnologia.php?id=10>>. Acesso em: 14 mar. 2010.

ROSADO, Alexandre S. *et al.* **Avaliação de diferentes estratégias para biorremediação do manguezal da RLAM, Salvador – BA.** Rio de Janeiro, 2008.

SANTOS, Renata da M. *et al.* **Remediação de solo contaminado por petróleo em biopilhas.** Campinas: Centro de Tecnologia Mineral, 2007.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal:** ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 64 p.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA (Brasil). [S.I.], 2010. Disponível em: <http://www.sesi.fieb.org.br/centrodelazer/turismo.shtm>. Acesso em 09 mar. 2010

SILVA, Eraly Alves. **Aqüicultura no ecossistema manguezal**: uma análise de sustentabilidade. [S.l.: s.n., 2008]

SILVA, I. R. **Praias da Costa do Descobrimento**: uma contribuição para a gestão ambiental. Salvador. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

SILVA, I. R. *et al.* **Avaliação da sensibilidade ambiental das praias localizadas no arquipélago Tinharé/Boipeba, litoral sul do Estado da Bahia**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 28, n. 2, p. 193-201, 2009.

_____. **Avaliação da sensibilidade sócio-econômica e ambiental para derrames de óleo da Costa do Dendê, sul do Estado da Bahia**: relatório final. Salvador: [s.n.], 2008.

SILVA, P. R. **Transporte marítimo de petróleo e derivados na costa brasileira**: estrutura e implicações ambientais. 2004. (Mestrado) - Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SISTEMA ESTADUAL DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS (BA). [S.I.], 2009. Disponível em: <<http://www.seia.ba.gov.br/apa/apaboipeba/template01.cfm?idCodigo=128>>. Acesso em: 22 dez. 2009.

SNEDAKER, S. C. Oil spill in mangrove. **Boletim de la Sociedad Venezolena de Ciências Naturales**, [S.I.], n. 143, p. 423-442, 1985.

SOUZA FILHO, A. M.. **Planos nacionais de contingência para atendimento a derramamento de óleo**: análise de países representativos das Américas para implantação no caso do Brasil. 2006. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS (BA). **Menu do sistema**. [S.I.], 2010. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br/side>>. Acesso em: 13 jan. 2010.

VALE, Ailton Teixeira do. Caracterização da biomassa e do carvão vegetal do coco-da-baía. (*Cocos nucifera* L.) para uso energético. **Revista Biomassa & Energia** [S.I.]. v. 1, n. 4, p. 365-370, 2004

VEIGA, Isa G. **Avaliação da origem dos hidrocarbonetos em sedimentos superficiais de manguezais da região norte da Baía de Todos os Santos/Bahia**. 2003. Dissertação (Mestrado)-Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Macaé, 2003.

ZHU, Xueqing *et al.* Guidelines for the bioremediation of marine shorelines and freshwater wetlands, Cincinnati: [s.n.], 2001.