

CAPÍTULO 13

IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE MARES E OCEANOS

ALINE BORGES DO CARMO

MARCUS POLETTE

ALEXANDER TURRA

Os mares e oceanos ocupam a maior parte da superfície do planeta e são fundamentais para a vida na Terra e o bem-estar humano. Neste capítulo, são abordados diversos tipos de impactos ambientais que afetam os ecossistemas costeiros e marinhos, de forma a entender:

- Como a ocupação desordenada da faixa litorânea tem afetado ecossistemas e processos costeiros;
 - As alterações físico-químicas dos oceanos, as principais fontes de poluição e suas consequências para a vida marinha;
 - Os problemas que os resíduos sólidos causam ao ambiente marinho;
 - Que comunidades humanas costeiras têm tido seus modos de vida impactados pelas alterações na qualidade ambiental marinha;
 - O processo de sobre-exploração e sobrepesca, que tem levado à queda da produtividade de áreas pesqueiras;
 - As consequências de pequenos e grandes derramamentos de petróleo para a vida marinha;
 - As causas locais e globais da diminuição na biodiversidade marinha, que podem agir de forma sinérgica;
 - Como as mudanças globais, aumento de gases estufa na atmosfera e aquecimento global, podem impactar os oceanos e os serviços prestados por estes..
-

13.1 INTRODUÇÃO

Como visto no Capítulo 9, os oceanos cobrem mais de 70% da superfície da Terra. Desempenham um papel fundamental na manutenção do ambiente global e são de grande importância no ciclo do carbono,

que ajuda a regular o clima. Os oceanos também são importantes na **ciclagem de muitos elementos químicos** importantes para a vida, tais como nitrogênio e fósforo. Representam, ainda, um recurso valioso, pois atendem muitas das necessidades humanas básicas, tais como a **alimentação, fonte de energia e lazer**.

A SUPERFÍCIE DO PLANETA TERRA

Alto-mar (além das plataformas continentais):	65%
Zona costeira (plataformas continentais + planícies costeiras):	8%
Terras elevadas (acima das planícies costeiras):	27%

Fonte: UICN/PNUMA/WWF (1992).

Parece razoável que um recurso tão importante recebesse uma atenção especial por parte da sociedade. Porém, não é isso que tem acontecido. Desde a escala microscópica, envolvendo seres vivos minúsculos do plâncton marinho e microrganismos que vivem em ambientes extremos nas profundezas dos mares, até eventos de magnitude global, como as previsões de aquecimento e aumento no nível do mar, são vários os sinais de que os mares e oceanos têm passado por mudanças significativas causadas, em grande parte, por ações humanas. Tais ações resultam em **impactos diretos e indiretos** sobre o ambiente marinho.

As causas indiretas principais da degradação dos oceanos têm sido o **crescimento da população** e o **crescente desenvolvimento econômico** baseado na exploração contínua de recursos e na produção de bens de consumo. As causas diretas principais incluem o **desenvolvimento de infraestrutura, supressão ou alteração de habitats, eutrofização e poluição, sobrepesca e sobre-exploração**, além da **introdução de espécies exóticas invasoras**.

A exploração direta de recursos dos mares e oceanos, frequentemente realizada a uma taxa maior do que a capacidade de reposição da natureza ou, ainda, quando gera resíduos em uma taxa maior do que aquela com que a natureza é capaz de depurar (diversos tipos de poluição), também tem causado impactos, muitas vezes irreversíveis. Impactos diretos incluem, ainda, atividades de **turismo e recreação**, quando praticadas de forma insustentável, e a **ocupação desordenada**. Essas atividades agem relativamente em escala local e regional e seus resultados muitas vezes são percebidos rapidamente. Muitos desses impactos podem ser controlados por meio da adoção de políticas públicas adequadas e de um gerenciamento eficaz e eficiente.

Um dos impactos que afeta indiretamente mares e oceanos refere-se às **mudanças climáticas**, alvo de discussão no Capítulo 16. Caso efetivamente ocorram, espera-se que as mudanças climáticas globais agravem a perda e degradação de muitas áreas marinhas e costeiras e a perda ou o comprometimento de sua biodiversidade. Esse tipo de impacto geralmente age em larga escala, em nível regional ou global. As relações entre as ações humanas e as consequências para o oceano neste caso são complexas e levam anos, décadas ou até séculos para se tornarem aparentes. Cabe destacar que estes impactos de larga escala são muito mais difíceis de serem remediados, principalmente, em territórios densamente e desordenadamente ocupados.

Os efeitos adversos potencialmente causados pelas alterações climáticas, como elevação do nível do mar, acidificação da água do mar, branqueamento dos recifes de coral e mudanças na dinâmica e na temperatura das correntes marítimas, podem levar a uma alteração dos serviços ecossistêmicos prestados pelos mares e oceanos à sociedade, os quais foram listados no Capítulo 9. Essas mudanças podem afetar de forma dramática a vida na Terra. É uma relação cíclica de causa e efeito que tem levado, inclusive, à perda de qualidade de vida das populações que dependem destes ambientes e recursos.

A complexidade da questão abordada demanda uma divisão dos tipos de impactos visando à melhor compreensão. Essa divisão é meramente didática, uma vez que muitos dos impactos podem ser classificados

de duas ou mais formas, havendo, também, aqueles que atuam de forma sinérgica. Desta forma, optou-se por uma classificação em quatro categorias, abordadas a seguir, e que refletem de certa forma os principais desafios da gestão costeira e oceânica. Neste contexto, o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias ambientais são fundamentais para a prevenção e a remediação destes impactos:

1. impactos advindos da ocupação desordenada da faixa litorânea;
2. impactos causados pelo uso de recursos vivos;
3. impactos causados pelo uso de recursos não vivos;
4. impactos globais.

13.2 OCUPAÇÃO DESORDENADA DA FAIXA LITORÂNEA

A zona costeira é única e peculiar. Atualmente, inúmeras são as atividades econômicas concentradas na costa, tais como as atividades petrolíferas (extração e refino), portuária, aquícola, extração mineral e vegetal, pesqueira, salinas e de veraneio e turismo, representando parte expressiva das riquezas geradas em escala mundial.

Fenômenos e ambientes, tais como marés, manguezais, recifes de coral, ondas de tempestade e ilhas de barreira, são encontrados apenas no litoral (Capítulo 9). A zona costeira é, portanto, um ambiente complexo e diferenciado, cujas interações e processos necessitam de um entendimento específico. Devido à singularidade de paisagens, aliada a questões de logística e um histórico processo de ocupação urbana, **a zona costeira é uma área de transição** cujos recursos naturais renováveis e não renováveis requerem especial atenção. Cabe ainda destacar que os assentamentos humanos localizados na zona costeira possuem inúmeras particularidades históricas e culturais que necessitam ser compreendidas e respeitadas.

O século XX foi marcado pela emergência de um novo paradigma para áreas costeiras em todo o mundo, constituído pelo enorme crescimento da ocupação humana devido a razões de natureza econômica, ambiental e social. Sendo consideradas como zonas de transição, as faixas litorâneas sofrem efeitos de processos tanto terrestres como marinhos, sendo caracterizadas por uma alta sensibilidade geofísica e biofísica. A intensa ocupação humana deste território pode ser considerada como um dos problemas mais sérios, pois envolve e compromete sua autorregulação. As zonas costeiras em todo o planeta também estão sujeitas a diferentes desafios relacionados à **erosão costeira, degradação e destruição de habitats** costeiros e marinhos, **poluição e aumento do nível do mar**.

Um exemplo de processo de ocupação desordenada, descrito por Polette (2007), ocorreu no município brasileiro Balneário Camboriú, localizado na região norte do litoral do estado de Santa Catarina (Figura 13.1). A análise de uma série histórica de imagens aéreas desta região ilustra como a ocupação aconteceu de forma intensa e desordenada durante quase um século (Figuras 13.2 a 13.5). Exemplos semelhantes são encontrados ao longo de toda a costa brasileira, com a ocupação sendo feita de forma a servir interesses particulares em detrimento de uma visão sustentável de futuro. Essa lógica, de certa forma, explica a evolução de balneários até seus colapsos.

Nas áreas costeiras, a elevada densidade demográfica, aliada ao crescimento urbano, à expansão desordenada do turismo e à industrialização, são as maiores ameaças aos recursos naturais e à diversidade biológica. Os efeitos do desenvolvimento não planejado desestabilizam os ecossistemas e modificam o padrão de uso do solo, deixando inúmeras comunidades tradicionais vulneráveis a desastres naturais e gerando, assim, demandas não sustentáveis aos recursos naturais de uma forma geral.



Figura 13.1 Orla de Balneário Camboriú ilustrando a ocupação intensa e desordenada.

Foto: <http://promocao-passagensaereas.com/hotel-urbano-br-balneario-camboriu>



Figura 13.2 Foto aérea da costa de Balneário Camboriú em 1938. Fonte: Polette (2007).

(Em 1938, o município de Balneário Camboriú caracterizava-se por abrigar um pequeno número de turistas teuto-brasileiros, sobretudo na faixa paralela ao mar. Os primeiros hotéis ali se instalaram e na planície predominava vegetação de restinga e pequenas propriedades rurais. Praticamente não existia infraestrutura específica para os visitantes e o contato com os residentes locais (pescadores artesanais) era iniciado.



Figura 13.3 Foto aérea da costa de Balneário Camboriú em 1956. Fonte: Polette (2007).

(Em 1956, já era nítido o incremento do número de visitantes, cuja presença já apresentava certa regularidade durante o período do veraneio. Tem início, também, o processo de abertura de acessos, bem como de loteamentos que não assumiam uma regularidade com o relevo litorâneo. Assim, a falta de planejamento urbano nesse início do processo de ocupação ocasionou, posteriormente, problemas na drenagem, falta de mobilidade urbana e de sombreamento da praia).

A perda e a degradação contínuas projetadas para estas zonas costeiras poderão reduzir a capacidade destes locais de mitigar os impactos existentes, resultando na redução no bem-estar humano (incluindo um aumento na ocorrência de doenças), especialmente nos locais mais pobres e em países ou regiões de baixa renda, onde soluções tecnológicas não estão disponíveis. Ao mesmo tempo, a demanda por muitos destes serviços (tais como recursos pesqueiros e proteção contra inundações e tempestades) poderá aumentar significativamente conforme o incremento da população humana nas próximas décadas.



Figura 13.4 Foto aérea da costa de Balneário Camboriú em 1964. Fonte: Polette (2007).

(Balneário Camboriú emancipou-se em 1964 do município de Camboriú. No início da década de 1970, foi construída a BR-101. O desenvolvimento urbano do município ocorreu de forma inapropriada na praia Central. Em 1978, o mercado imobiliário e a construção civil eram responsáveis pelas tomadas de decisões políticas de uso e ocupação do solo, facilitado pela falta de planejamento participativo e pela especulação imobiliária. A verticalização ocorria principalmente nas faixas paralelas à praia, sem qualquer critério urbanístico).



Figura 13.5 Foto aérea atual da costa de Balneário Camboriú em 2007. Fonte: Polette (2007).

(Em 2007, a praia Central de Balneário Camboriú já estava totalmente urbanizada, sendo a cidade um polo de comércio, serviços e diversão noturna. Está conurbada com Itajaí e Camboriú, sendo que vários níveis de limite de capacidade de carga física e ambiental foram alcançados e ultrapassados. Isto é evidenciado pelos problemas de trânsito, poluição da água do mar em alguns pontos da praia Central e limitado espaço de convívio na praia. O turismo de massa e a verticalização são alguns dos desafios dos dias atuais).

Como alternativa para essa situação, há diversas políticas públicas que amparam as ações e o controle da sociedade, as quais se apresentam, muitas vezes, de forma fragmentada e despreparada. Além disso, o planejamento da ocupação humana é uma atividade estratégica que carece de interesse por parte dos governos, principalmente os municipais. Este planejamento pode ocorrer em diferentes escalas e temáticas, como os Planos Diretores Municipais (previstos no Estatuto da Cidade), os Zoneamentos Ecológico-Econômicos (previstos nos Planos Nacional e Estadual de Gerenciamento Costeiro), as Unidades de Conservação (previstas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação) e a Avaliação Ambiental Estratégica, para a qual ainda não há diretrizes legais. Esses instrumentos de gestão ambiental serão explorados nos capítulos do Eixo “Gestão Ambiental” deste livro. Os benefícios destas políticas de planejamento ainda não têm sido monitorados e seus resultados são tímidos. O processo de avaliação da viabilidade ambiental de empreendimentos nestas áreas durante a etapa do licenciamento ambiental de atividades tem se mostrado como um instrumento frágil, sujeito a interesses específicos e desvinculados de uma proposta de intervenção sustentável no território. Neste livro, o Capítulo 29 é inteiramente dedicado ao estudo de viabilidade ambiental.

As políticas ambientais, desde sua discussão e implementação até sua avaliação, necessitam de um processo de controle social autêntico, no qual a transparência esteja associada ao bom funcionamento de espaços de participação, como os conselhos municipais. Nesse sentido, a ocupação desordenada é, na realidade, um reflexo da desorganização da própria sociedade, sendo necessárias ações profundas e estruturantes para que este paradigma seja mudado.

13.2.1 Fontes de Poluição

Os oceanos têm sido utilizados como local de destinação para muitos tipos de resíduos, incluindo resíduos industriais, resíduos de construção e demolição, esgotos urbanos e plásticos. Poluentes da água incluem metais pesados, sedimentos, alguns isótopos radioativos, calor, nutrientes (por exemplo, o fósforo e o

nitrogênio) e outros elementos, bem como certas bactérias patogênicas e vírus. Significativa parcela dessa poluição é originada de fontes terrestres, que incluem a agricultura intensiva com uso de pesticidas e fertilizantes, resíduos domésticos, incluindo esgoto derivado de sistemas ineficientes de coleta e tratamento de efluentes, águas residuárias, resíduos nucleares, entre outros. A Figura 13.6 ilustra as principais fontes de poluição dos mares e oceanos.

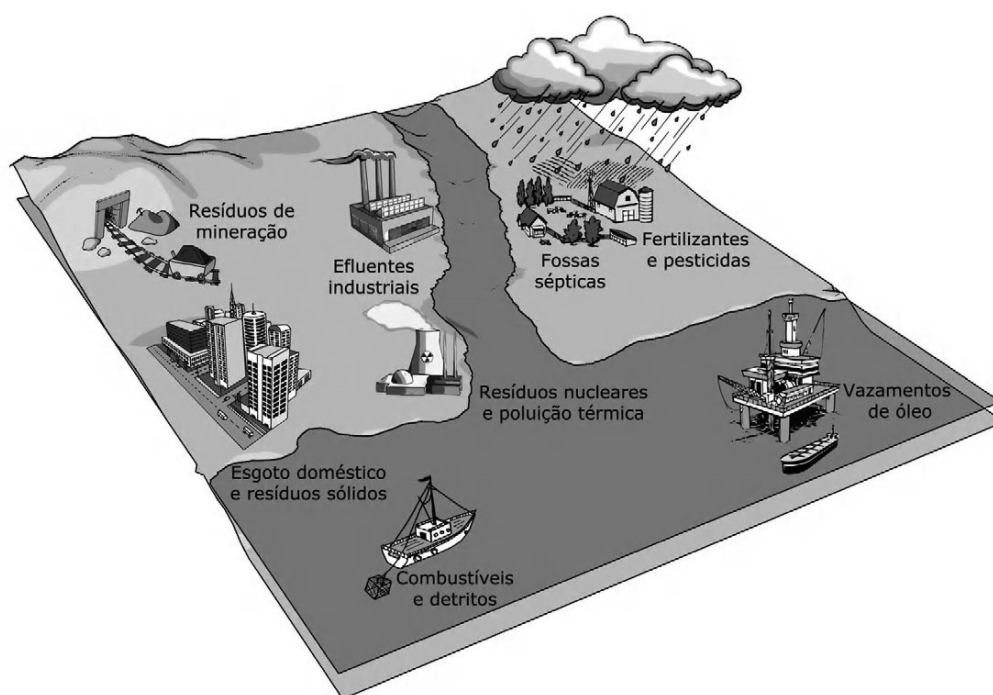


Figura 13.6 Desenho esquemático, representando as principais fontes de poluição para o ambiente costeiro e marinho. Elaborado por Daniel Santiago.

O problema da poluição dos oceanos tem danificado seriamente o ambiente marinho e causado riscos para a saúde humana, principalmente porque a maioria das áreas com descarga de poluição contínua ou intermitente está localizada perto da costa. Infelizmente, estas são também áreas detentoras de alta produtividade e de recursos pesqueiros valiosos. Na atualidade, muitos destes organismos, principalmente os filtradores, podem contrair patógenos potencialmente causadores de doenças graves. Assim, é relativamente comum, em várias regiões costeiras no mundo, o fechamento de certas áreas para a exploração pesqueira, ou mesmo para usos recreativos.

A poluição de mares e oceanos também pode ter grandes impactos sobre as pessoas e a sociedade. Organismos marinhos contaminados, conforme citado anteriormente, podem ser vetores de elementos tóxicos ou doenças para as pessoas que os ingerem. Além disso, praias e estuários poluídos por resíduos sólidos, petróleo e derivados, não só prejudicam a vida marinha como também causam perdas no apelo visual e turístico destas áreas, com prejuízos econômicos consideráveis. Uma grande quantidade de recursos também é despendida na limpeza, tratamento e/ou remoção de resíduos sólidos, efluentes líquidos e outros poluentes em áreas costeiras, fato que poderia ser minimizado por ações mais eficientes de gestão e prevenção das emissões.

Diversos processos e materiais podem poluir águas superficiais ou subterrâneas. Alguns destes estão listados na Tabela 13.1. Todos os segmentos da sociedade urbana, rural e industrial podem contribuir para o agravamento do problema da poluição de mares e oceanos. Parte dessa poluição resulta de escoamento

superficial, vazamentos ou infiltração de poluentes em águas superficiais ou subterrâneas. Poluentes também são transportados por via aérea e depositados em corpos de água.

Tabela 13.1 Principais tipos de poluição marinha

TIPO DE POLUENTE	EXEMPLOS DE FONTES	OBSERVAÇÕES
Matéria orgânica	Esgoto <i>in natura</i> , resíduos agrícolas, resíduos urbanos	Aumenta a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e causa doenças
Patógenos	Urina e fezes humanas e de animais	Deixam praias impróprias para banho
Substâncias químicas orgânicas	Resíduos agrícolas de pesticidas e herbicidas e processos industriais	Têm potencial para causar danos ecológicos significativos e danos à saúde
Nutrientes	Fósforo e nitrogênio provenientes de solos urbanos e agrícolas (fertilizantes)	Maior causa de eutrofização
Metais pesados	Agricultura, áreas urbanas, tintas anti-incrustantes e uso industrial de mercúrio, estanho, chumbo, cádmio, entre outros	Exemplo: componentes de estanho de tintas anti-incrustantes utilizadas em barcos causam sérios problemas reprodutivos em uma série de organismos marinhos
Ácidos	Ácido sulfúrico proveniente de minas de carvão e alguns metais, processos industriais que despejam ácidos de forma inadequada	A drenagem ácida de minas é um grande problema de poluição em áreas produtoras de carvão
Sedimento	Escoamento superficial de locais de construção, escoamento agrícola e processos de erosão	Reduz a qualidade da água e empobrece o solo
Drogas e medicamentos	Esgotos urbanos, analgésicos, contraceptivos, antidepressivos e antibióticos	Medicamentos descartados com o esgoto e resíduos eliminados na urina têm contaminado animais marinhos
Poluição térmica	Água quente proveniente de usinas termoeletrônicas/nucleares e de processos industriais	Causa colapso em todo o ecossistema do entorno
Radioatividade	Contaminação proveniente de usinas nucleares, atividades militares e de exploração de alguns minérios	Normalmente relacionada com o armazenamento de resíduos radioativos

Esgoto, efluentes ou águas servidas são todos os resíduos líquidos provenientes de indústrias e domicílios que necessitam de tratamento adequado (ver Capítulos 18 e 19) para que possam ser devolvidos à natureza sem causar danos ambientais e à saúde humana. Caso estes efluentes não recebam tratamento ou recebam um tratamento inadequado antes de serem liberados no ambiente, podem ocorrer problemas de poluição. No caso de efluentes provenientes de esgoto doméstico, os principais impactos de seu despejo inadequado sobre o ambiente marinho são a contaminação por patógenos ou por produtos químicos tóxicos e a eutrofização, que é tratada no item 13.2.2. A presença de patógenos é extremamente danosa à saúde humana, podendo contaminar pessoas por contato direto com a água poluída (vide Figura 13.7) ou, indiretamente, pela ingestão de peixes e frutos do mar contaminados. Praias impróprias para banho e locais inadequados para a pesca correspondem a impactos sociais para regiões costeiras, que muitas vezes dependem basicamente do turismo e da pesca em termos econômicos.

Dois nutrientes importantes que causam problemas relacionados à poluição da água são o fósforo e nitrogênio, ambos liberados a partir de fontes terrestres. Águas provenientes de terras florestadas têm as

menores concentrações de fósforo e nitrogênio porque a vegetação florestal remove eficientemente estes nutrientes. Em corpos de água urbanos, as concentrações são maiores em função da presença de fertilizantes, detergentes e efluentes de estações de tratamento de esgoto. Muitas vezes, porém, as maiores concentrações de fósforo e nitrogênio são encontradas em áreas agrícolas, devido ao uso indiscriminado de fertilizantes.



Figura 13.7 Menino brincando no esgoto em praia no litoral de Santa Catarina. Foto: Marcus Polette.

Entre os diversos impactos ambientais causados pela ocupação humana na zona costeira, destaca-se a grande quantidade de resíduos sólidos gerados pela atividade humana. Detritos marinhos, muitas vezes, são resíduos lançados no continente e arrastados para o oceano após fortes chuvas ou inundações. Isso causa preocupações acerca da composição e quantidade destes resíduos, das consequências ecológicas para as praias e oceanos, além dos impactos econômicos e estéticos.

O plástico é um material utilizado em uma enorme variedade de produtos, que incluem desde recipientes de bebidas até equipamentos eletrônicos. Sua utilização como matéria-prima tem crescido em todo o mundo, sendo que os plásticos são dominantes entre os resíduos sólidos presentes nos mares e oceanos. Durante décadas, a quantidade de plásticos nos oceanos tem aumentado. Esses materiais podem ter origem tanto marinha, por meio de despejos diretos nos oceanos e mares, principalmente por embarcações e atividades portuárias, como terrestre, pelo descarte em locais impróprios e através de rios e sistemas de drenagem de águas pluviais. Alguns desses materiais são carregados por longas distâncias pelos corpos hídricos e, eventualmente, acabam chegando ao mar.

Uma vez no oceano, os plásticos que flutuam se movem com as correntes e tendem a se acumular onde as correntes convergem. Uma destas zonas localiza-se no Oceano Pacífico, onde existe um grande acúmulo formado por plásticos flutuantes, cuja área excede a de muitos países. Este “lixão” marinho situa-se ao norte do Equador, perto das ilhas do noroeste do Havaí, tão remotas que a maioria das pessoas as considera intocadas pelo ser humano. Na verdade, porém, há literalmente centenas de toneladas de plástico e outros tipos de detritos humanos nessas ilhas. Restos de plástico também estão espalhados por todo o planeta.

Detritos plásticos causam impactos visuais, mas também podem ser muito mais perigosos, pois concentram poluentes em sua superfície. Um perigo particular para a fauna são redes de pesca, que podem prender espécies que precisam retornar à superfície para respirar, causando seu afogamento. Outro perigo são pedaços de plástico que podem ser engolidos por animais. Como esses organismos não conseguem expelir o plástico ingerido, há risco de morte por inanição, uma vez que a presença do material no estômago lhes confere uma falsa sensação de saciedade.

O RISCO DOS PELLETS PLÁSTICOS

Os *pellets* plásticos (Figura 13.8) são grânulos de plástico que correspondem à forma principal com que as resinas plásticas são produzidas e comercializadas e estão entre os resíduos mais abundantes em praias no mundo. Os *pellets* podem ser de várias formas (esféricas, ovóides e cilíndricas), tamanhos (de 1 mm a 5 mm) e cores (geralmente claras, brancas ou transparentes), dependendo de sua composição química e de seu propósito final. Eles são pequenos e geralmente imperceptíveis na areia da praia, mas podem causar sérios danos à fauna marinha, como contaminação química. De fato, os *pellets* concentram compostos químicos bastante tóxicos, que podem causar disfunções fisiológicas ou alterações hormonais nos animais que os ingerem.



Figura 13.8 *Pellets* plásticos (matéria-prima plástica) encontrados na areia de praia.

Foto: Aline Borges do Carmo.

Mas de onde vem esse material? Segundo dados da literatura, os *pellets* podem ser perdidos, nas atividades de produção, transporte e uso, para o ambiente marinho ou para os sistemas de drenagem urbana e para os rios, os quais acabam desaguardo no mar. Dados de modelagem de dispersão dos *pellets* confirmam que a principal fonte é a região estuarina, mas que grânulos liberados ao longo da costa também podem chegar às praias.

Para resolver o problema dos *pellets* plásticos, além da realização de mais pesquisas e estudos nesta área, é necessário conduzir um processo transparente e participativo, envolvendo os diferentes atores relacionados à questão (órgãos governamentais, setor produtivo, sociedade em geral e pesquisadores) para o estabelecimento de medidas concretas para a redução das perdas para o ambiente. Além disso, é imprescindível haver uma mudança significativa nas formas de produção e consumo de materiais, com a utilização de tecnologia mais limpa (materiais biodegradáveis e/ou não baseados em combustíveis fósseis), além da reciclagem de produtos.

13.2.2 Poluição e Recursos Vivos

Devido à imensa área ocupada pelos mares e oceanos, as pessoas, muitas vezes, acreditam que todos os poluentes lá despejados possam ser diluídos e dispersos, resultando em níveis seguros. Mas, na realidade, eles não desapareceram e algumas substâncias químicas tóxicas para o homem acabam se tornando mais concentradas ao entrarem nas cadeias alimentares. Pequenos animais na base da cadeia alimentar, como o zooplâncton nos oceanos, absorvem as substâncias tóxicas ao se alimentarem. Como estas substâncias não são degradadas com facilidade, elas se acumulam nestes organismos, tornando-se muito mais concentradas em seus corpos do que na água ou no sedimento circundante. Esse processo é denominado **bioacumulação**. Estes organismos são ingeridos por pequenos animais e a concentração destas substâncias se eleva novamente. Quando estes animais servem de alimento para animais maiores, a concentração se eleva ainda

mais. Este processo é chamado de **biomagnificação**. Animais que ocupam níveis tróficos mais elevados na cadeia alimentar, como as focas, podem ter níveis de contaminação por substâncias tóxicas milhões de vezes maiores do que a água em que vivem. Os ursos polares, que se alimentam de focas, podem ter níveis de contaminação até bilhões de vezes superiores ao de seu meio ambiente. As pessoas também podem ser contaminadas por essas substâncias, tanto pelo contato direto com a água, como pela ingestão de peixes e frutos do mar contaminados.

Episódios significativos de mortandades de peixes e de outros organismos também têm ocorrido, acarretando mudanças profundas nos ecossistemas marinhos. A poluição marinha tem uma variedade de efeitos específicos sobre a vida oceânica, incluindo os seguintes:

- morte ou diminuição nas taxas de crescimento, vitalidade e reprodução de organismos marinhos;
- redução de oxigênio dissolvido necessário para a vida marinha, devido ao aumento da DBO;
- eutrofização causada por resíduos ricos em nutrientes em estuários rasos, baías, e partes da plataforma continental, resultando em depleção de oxigênio;
- mudança de hábitat causada pela prática de eliminação de resíduos que podem alterar, de forma sutil ou drástica, os ecossistemas marinhos.

O que significa o termo “poluição” e quais são os processos principais que contribuem para este tipo de impacto?

A DBO é comumente usada como indicadora da qualidade da água e avalia a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos para estabilização da matéria orgânica durante os processos de decomposição. A DBO é rotineiramente medida próxima a pontos de descarga de efluentes, bem como em estações de tratamento de águas e esgotos. Eutrofização é o nome dado a uma cadeia de processos pela qual um corpo de água é atingido em função da elevação excessiva da concentração de nutrientes, como nitrogênio e fósforo (na forma de nitratos e fosfatos). A elevada concentração desses nutrientes causa aumento na produção fotossintética e no crescimento de produtores primários aquáticos (tamanho e quantidade de plantas ou algas unicelulares). Esse crescimento leva ao aumento dos valores absolutos de mortalidade dos organismos, acabando por gerar uma grande quantidade de matéria orgânica morta. A decomposição dessa matéria orgânica aumenta a DBO e reduz, ainda mais, o conteúdo de oxigênio da água. A redução da concentração de oxigênio causa a morte de peixes e outros organismos e cria locais que passam a ser conhecidos por **zonas mortas**.

ZONAS MORTAS: OS OCEANOS JÁ POSSUEM 150 ZONAS MORTAS

O baixo nível de oxigênio na água, devido ao despejo de fertilizantes agrícolas e esgotos nos rios, trazidos para os mares e oceanos, acarreta sérios danos à natureza

De acordo com relatório divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), cerca de 150 zonas de mares e oceanos já estão mortas. O elevado nível de fósforo e nitrogênio – componentes de fertilizantes agrícolas e esgotos domésticos e industriais – mata peixes, crustáceos e outras espécies que vivem nos oceanos. Cada zona morta pode chegar a 70 mil km² de área. Assim, a falta de espécies nos oceanos e mares acarreta também desemprego de pescadores e, em consequência, fome para muitas famílias. Cerca de 3,5 bilhões de pessoas dependem da pesca como a sua principal fonte de renda e alimento. Apenas 0,5% da zona marítima é protegida, contra 12% da zona terrestre. Este dado preocupa os órgãos de preservação ambiental.

Fonte: GT Águas (2012).

13.2.3 Danos às Comunidades Ribeirinhas

A ocupação desordenada no espaço litorâneo, além de gerar os impactos já mencionados anteriormente, traz à luz problemas e conflitos de natureza social, ambiental e econômica. As comunidades ribeirinhas tradicionais, cujo modo de vida já faz parte da dinâmica ambiental da zona costeira (Figura 13.9), passam por fortes pressões que as levam a abandonar seus locais de moradia, reflexo da valorização imobiliária crescente do litoral. Assim, a especulação imobiliária expropria a posse da terra e de outros recursos utilizados pelas populações tradicionais que, ao longo do tempo, se tornam, quando muito, empregados com baixa qualificação e remuneração de residências de veraneio e hotéis.

Ainda que alguns desses habitantes insistam em permanecer junto ao litoral, suas famílias acabam tendo a vida transformada pelas mudanças provenientes do crescimento da região e por novos valores assimilados por meio do turismo e da mídia. Se, por um lado, o atendimento às exigências do mercado pode ser visto como uma solução para o isolamento destas comunidades, ao mesmo tempo se verifica um processo de degradação do modo de vida tradicional, agravado pelo choque cultural provocado pela chegada de uma elite abastada, com valores que contrastam com a relativa simplicidade material da vida destas comunidades.



Figura 13.9 Foto de pescador remando em canoa no litoral norte de São Paulo. Foto: Aline Borges do Carmo.

Assim, para muitos que sonhavam melhorar de vida com a “chegada do progresso”, resta, quando muito, uma inserção em postos de trabalho para prestação de serviços, em bases formais ou informais, que nada tem a ver com as ocupações tradicionais das populações ribeirinhas. Isso contribui para, além da desagregação das relações sociais, a ocorrência de uma modificação da relação da população com o ambiente. Isso não ocorre de forma isenta de conflito, em particular devido ao cerceamento do acesso e uso dos recursos naturais em áreas de uso comunitário tradicional, às quais a população local possuía livre acesso.

O turismo de massa praticado atualmente demanda grandes estruturas, não compatíveis com modelos de um turismo sustentável, baseado no respeito às peculiaridades ambientais e culturais de cada região. Mais do que isso, a maior parte do mercado consumidor do turismo anseia por um ambiente artificial, com inserções da cultura local de forma estereotipada e “segura”, sem contato com as peculiaridades da realidade local. Dessa forma, poderia ser proposto outro tipo de turismo, de cunho mais ecocêntrico, com empreendimentos de menor porte, mais próximos da realidade da população tradicional e que valorizassem a cultura dessa população, o que, certamente, diminuiria o impacto socioambiental.

Além disso, torna-se cada vez mais necessária uma maior participação social nas decisões governamentais sobre os destinos da região costeira como ferramenta para diminuir os problemas sociais. Isso, aliado a programas de educação e sensibilização ambiental, pode ser considerado como uma boa tentativa para

garantir subsídios para decisões e atitudes ambientalmente corretas. Para que isso ocorra, são necessárias ações educativas e de conscientização da população com relação aos processos e políticas públicas em curso, assim como por meio de mecanismos de participação efetiva por parte dos governos, da sociedade e da iniciativa privada, ou seja, um processo pleno de **governança costeira**.

13.3 USO DE RECURSOS VIVOS

A vida nos oceanos tem sido impactada por atividades humanas de diversas maneiras. A pesca é a principal ação antropogênica direta que afeta a estrutura, função e a biodiversidade dos oceanos. Uma das consequências globais da sobrepesca, por exemplo, é a diminuição do nível trófico médio das teias tróficas marinhas, o que implica mudanças em todo o ecossistema. A pesca predatória (que utiliza métodos destrutivos) também é um fator importante de perda de biodiversidade em águas rasas, pois o arrasto praticado acaba aniquilando habitats bentônicos (que ocupam o fundo oceânico, como visto no Capítulo 9).

Locais importantes para a biodiversidade marinha têm passado por sérios impactos devido à conversão de áreas de manguezal em empreendimentos para turismo ou carcinicultura. Devido à importância desses locais para a reprodução de espécies para a pesca, os custos econômicos da conversão desses ecossistemas são significativos e frequentemente excedem os benefícios. Apesar disso, muitas vezes esta conversão acontece porque o valor perdido em termos de serviços ecossistêmicos é indireto, não sendo internalizado aos custos dos empreendimentos causadores do impacto. Muitos aspectos do uso abusivo de recursos vivos oceânicos acabam tendo impactos diretos na vida humana, sobretudo em comunidades socialmente mais vulneráveis. O declínio das populações de peixes, por exemplo, tem implicações importantes para os pescadores artesanais e comunidades que dependem do peixe como uma importante fonte de proteína e de renda.

13.3.1 Produtividade de Áreas Pesqueiras

Peixes são muito importantes na alimentação humana. Fornecem cerca de 16% da proteína consumida no mundo, sendo uma fonte especialmente importante em nações em desenvolvimento. A pesca é uma atividade internacional, porém alguns países, como China, Japão, Chile, Rússia e Estados Unidos, dominam o mercado mundial. Para completar este cenário, a pesca comercial concentra-se em relativamente poucas áreas no mundo. As plataformas continentais, que representam apenas 10% da área dos oceanos, fornecem mais de 90% do estoque pesqueiro, uma vez que manguezais e estuários representam berçários e fontes de alimento para os peixes. Recursos pesqueiros são abundantes sobretudo nas chamadas áreas de ressurgência, fenômeno físico que ocorre em determinados pontos do oceano nos quais águas profundas e geralmente mais frias emergem, trazendo consigo muitos nutrientes, conforme visto no Capítulo 9.

A produção pesqueira mundial tem aumentado consideravelmente desde meados do século XX, tendo mais que dobrado entre 1960 e 1980, passando de 35 para 72 milhões de toneladas em apenas 20 anos. Depois desse período, houve um aumento da produção até a marca de 132 milhões de toneladas e, em seguida, parece ter havido uma estagnação. Esse acréscimo foi devido aos avanços tecnológicos, ao aumento no número de barcos pesqueiros e também ao desenvolvimento da aquicultura. É uma realidade da pesca moderna o fato de a pesca industrial ser dominada por embarcações de pesca que consistem em verdadeiras fábricas flutuantes. Navios gigantes, que usam equipamentos sofisticados na busca por peixes, podem localizar cardumes com precisão, de modo rápido e exato, com instalações de processamento e embalagem do pescado, enormes sistemas de congelamento e poderosos motores para arrastar os aparelhos de pesca pelo fundo do oceano.

Evidências sugerindo o declínio das populações de peixes explorados surgiram quando as taxas de captura, e conseqüentemente de lucro, começaram a cair. Se a exploração se der em taxas que ultrapassem a capacidade de os estoques se recuperarem, o resultado será a chamada sobrepesca, seguida do conseqüente colapso na produção. Uma definição para sobrepesca seria a retirada de peixes e outros grupos-alvo (moluscos, crustáceos) em uma taxa superior àquela que garanta a manutenção dos estoques pesqueiros.

As populações de predadores de topo, indicadores-chave da saúde dos ecossistemas, estão diminuindo em um ritmo acelerado. Cerca de 90% dos peixes de grande porte, como o atum, o peixe-espada, o bacalhau e os cações, foram dizimados desde que a pesca industrial de grande escala se iniciou, indicando que este tipo de exploração não tem sido sustentável. O desaparecimento dessas espécies de predadores de topo pode provocar alterações drásticas nos ecossistemas, com a substituição de muitos dos peixes de grande porte e alto valor comercial por espécies menores.

Existe ainda a falsa impressão de que somente a pesca industrial é predatória. Em certos cenários, a pesca artesanal pode ser igualmente destrutiva. A diferença é que na pesca artesanal, os pescadores tendem a se preocupar com a sustentabilidade do recurso por ser uma de suas únicas fontes de renda e/ou alimento. O ritmo de retirada deste tipo de pesca também acaba sendo menor devido aos métodos utilizados. Um problema relativamente recente encontrado nas comunidades pesqueiras artesanais tem sido a grande demanda pelo pescado, seja pelo crescimento populacional em regiões metropolitanas, seja em regiões turísticas em alta temporada e em períodos de férias. Essa demanda extra, muitas vezes, leva o pescador artesanal a realizar práticas não sustentáveis, como pescar além da capacidade de recuperação do estoque, pescar indivíduos jovens antes da idade de reprodução ou a utilizar técnicas proibidas por lei, como arrastos com rede de malha fina, explosivos, além de pescar em épocas proibidas.

Uma alternativa apontada como mais sustentável para a produção pesqueira é a aquicultura. Entretanto, é necessário ter cautela, pois embora a aquicultura apresente muitos benefícios por não diminuir as populações naturais de recursos pesqueiros, sendo uma grande promessa para o abastecimento de alimentos, ela também pode ser a causadora de outros problemas ambientais. Tanto viveiros como a criação em tanques-rede mantidos em águas rasas podem liberar ao oceano matéria orgânica e produtos químicos, assim como nutrientes e antibióticos, poluindo ambientes locais. Em algumas situações, a aquicultura pode, ainda, reduzir a diversidade biológica. Esta é uma preocupação com o salmão cultivado no noroeste do Pacífico, onde linhagens genéticas não nativas são cultivadas e algumas são capazes de se misturar com as populações selvagens. Um outro exemplo refere-se ao cultivo do camarão exótico (*Litopenaeus vannamei*) em áreas de manguezal no norte e nordeste brasileiro. Outro problema do uso de espécies não nativas na aquicultura é a transmissão de patógenos exóticos para espécies residentes. Estes problemas ilustram a necessidade de pesquisas na área para o desenvolvimento de métodos mais seguros, que levem em consideração os efeitos ambientais desta prática.

Compare os impactos ambientais potencialmente gerados pelas atividades pesqueiras e pela aquicultura. Em quais casos a aquicultura seria preferível à atividade pesqueira? E o contrário?

13.4 USO DE RECURSOS NÃO VIVOS

Conforme introduzido no Capítulo 9, diversos recursos não vivos de mares e oceanos são explorados pelos seres humanos, seja de maneira direta (como a extração de petróleo e derivados do fundo do mar ou a extração do sal marinho), seja de maneira indireta, por meio da utilização destes ambientes para a disposição de resíduos, de forma intencional ou não. Dependendo de como esses recursos são explorados, impactos

podem ser inevitáveis. Outros tipos de poluição, além dos abordados anteriormente neste capítulo, como a nuclear, a térmica e a sonora, também afetam a vida nos oceanos. Usinas nucleares podem, além de gerar resíduos radioativos, lançar a água utilizada para resfriamento do reator ao oceano em uma temperatura bastante superior à das águas circundantes, causando a morte de seres vivos pouco tolerantes a variações térmicas. A poluição sonora, causada por embarcações e pela pesquisa sísmica de poços de petróleo e gás, tem causado impactos sobre populações de animais que utilizam ondas sonoras na comunicação e localização, como golfinhos e baleias. Além disso, a própria instalação de equipamentos necessários para a exploração de recursos não vivos, seja na costa, seja no meio do oceano, acarreta inevitavelmente impactos sobre o ambiente. Esses impactos, todavia, podem ser minimizados com a utilização de novas tecnologias, gerenciamento adequado e boas práticas de planejamento e licenciamento ambiental.

13.4.1 Derrames de Petróleo e Derivados

Quem já não viu fotos ou vídeos de animais selvagens cobertos de preto após um derrame de petróleo? Normalmente, são fotos de aves, animais cujo apelo sentimental costuma ser maior e, por isso, são mais explorados pela mídia. A maioria das pessoas não imagina que não apenas estes animais são atingidos em derramamentos de petróleo. Outros tipos de animais, como mamíferos e tartarugas marinhas, também podem sofrer os efeitos de um acidente deste tipo. E até mesmo animais menores e seres vivos menos carismáticos, bem como diversos processos biológicos, são afetados severamente mesmo com pequenos derrames de petróleo, como os que ocorrem quando barcos lavam seus tanques e lançam este efluente diretamente no mar. Quando o óleo entra em contato com a água do mar, vários processos ocorrem, tanto de natureza física quanto química e biológica. A mancha de óleo move-se e expande e processos ambientais vão alterando suas características, conforme ilustrado na Figura 13.10 e no quadro a seguir, elaborado a partir de dados disponibilizados no site da Autoridade Marítima Australiana.

Alguns dos processos citados anteriormente são mais importantes logo após o derrame, enquanto outros têm sua importância aumentada no decorrer do tempo. A composição e o grau de intemperização do óleo são fatores importantes para determinar os impactos na vida selvagem. Indivíduos atingidos nos primeiros momentos de um derrame são expostos a componentes mais tóxicos por contato direto e ingestão do que aqueles afetados pelo óleo mais intemperizado, já alterado no ambiente.

A maioria dos derrames de petróleo resulta na morte de uma grande quantidade de aves marinhas, pois as mesmas são muito sensíveis aos efeitos internos e externos, tanto do óleo cru como de seus subprodutos refinados. Aves marinhas apresentam um alto risco de contato com o óleo derramado devido à quantidade de tempo que elas gastam próximo à superfície da água ou em áreas costeiras, que também podem ser afetadas. Esses animais também podem entrar em contato com o óleo enquanto buscam por alimento, uma vez que muitos peixes são capazes de sobreviver sob o óleo flutuante. Aves marinhas cobertas por óleo sofrem hipotermia, desidratação, afogamento, além de se tornarem presas fáceis.

Mamíferos marinhos são vulneráveis a derramamentos de petróleo e derivados devido a sua dependência do ar atmosférico. Alguns mamíferos vivem e migram em pequenos grupos, enquanto outros pertencem a grandes aglomerações bem localizadas. Essas diferenças comportamentais fazem com que os impactos de derrames variem, podendo ser bastante sazonais e afetar desde poucos indivíduos até grupos inteiros. A pele áspera, a presença de pelos cobrindo o corpo e certos comportamentos de autolimpeza aumentam a probabilidade de contato ou ingestão de óleo e de seus efeitos tóxicos associados. A maior parte dos mamíferos não evita as manchas de óleo ou costas contaminadas. Baleias e focas já foram vistas nadando e se alimentando entre manchas de óleo. Os efeitos do óleo em mamíferos não são bem conhecidos, mas dados de derrames recentes fornecem algumas informações sobre os efeitos fisiológicos observados.

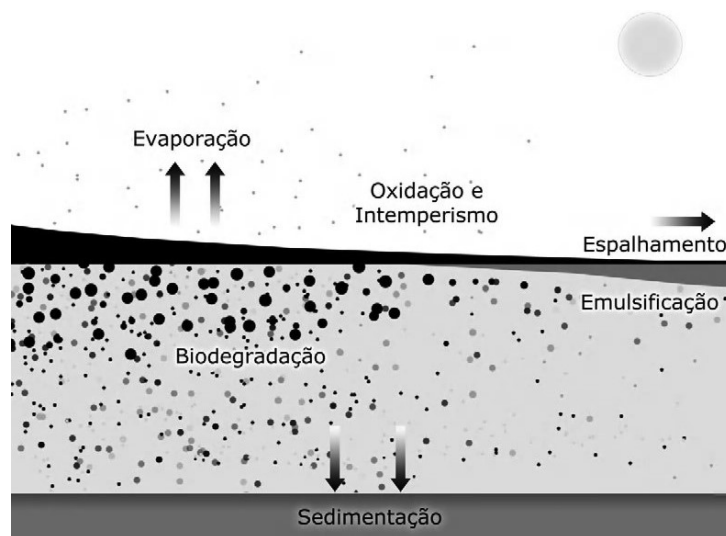


Figura 13.10 Desenho esquemático de processos de dispersão e degradação atuantes em uma mancha de petróleo no ambiente marinho. Elaborado por Daniel Santiago.

O QUE OCORRE NAS MANCHAS DE ÓLEO NO OCEANO (FIGURA 13.10)

Expansão. O óleo é menos denso que a água, flutuando na superfície da mesma na forma de uma mancha. A mancha expande na superfície da água graças à gravidade. Esta expansão diminui no decorrer do tempo.

Dissolução. Ocorre quando os componentes hidrossolúveis do óleo dissolvem no grande volume de água em volta da mancha. Apenas uma pequena porcentagem do óleo sofre dissolução.

Sedimentação. A gravidade faz com que parte do óleo afunde na coluna de água e assente no sedimento marinho.

Movimentação. A mancha de óleo se move na mesma direção e em velocidade similar à da água a sua volta, devido às correntes, à maré e ao vento.

Biodegradação. Muitas espécies de microrganismos marinhos, tais como bactérias e fungos, assimilam componentes do petróleo. Os hidrocarbonetos consumidos por estes organismos podem ser parcialmente ou totalmente metabolizados a dióxido de carbono e água. A taxa de biodegradação depende da temperatura e da sua mistura com a água.

Evaporação. Parte do óleo se transfere para a atmosfera. Hidrocarbonetos mais leves evaporam mais rapidamente que componentes mais pesados.

Intemperismo. É uma série de mudanças progressivas nas características do óleo, causadas por processos físicos, químicos e biológicos. A ação de intemperismo depende do tipo de óleo derramado. Quanto mais leve este óleo for, mais rapidamente sofrerá intemperismo.

Dispersão. O óleo derramado é disperso nas camadas superiores da coluna de água devido à ação das ondas.

Oxidação. Trata-se da reação química dos hidrocarbonetos presentes no óleo com o oxigênio.

Emulsificação. É a combinação de dois líquidos não miscíveis – um envolvido no outro. No caso de derrames de petróleo, a emulsão pode ser de dois tipos: de óleo na água ou de água no óleo. Ambos requerem ação da água e ocorrem apenas em composições de óleo específicas. Emulsões de água no óleo são extremamente estáveis e podem persistir por meses ou até anos após um derrame.

As tartarugas marinhas são animais que causam grande preocupação, uma vez que suas populações estão declinando em todo o mundo. Há pouca informação disponível sobre os efeitos de derrames de óleo nestes animais, mas alguns deles são conhecidos. Se uma tartaruga atravessar uma mancha de óleo para respirar, o óleo vai danificar seus olhos, vias aéreas e pulmões. Elas também são afetadas pela ingestão de alimentos contaminados ou pela absorção de componentes tóxicos pela pele. Tartarugas são ainda

vulneráveis quando sobem às praias para nidificar, durante a estação reprodutiva. Locais de nidificação localizam-se tipicamente em praias arenosas, as quais, se atingidas por óleo, podem levar à contaminação de ovos e de filhotes recém-eclodidos.

Há várias espécies de peixe com fisiologia, alimentação e comportamentos variados. Estes animais utilizam os mais variados habitats, como mar aberto, costas, recifes de coral, estuários e manguezais. Alguns vivem próximos à superfície da água, enquanto outros habitam regiões profundas. Dessa forma, é possível apenas fazer inferências gerais sobre os impactos causados pelo óleo em peixes. Os ovos, larvas e juvenis são comparativamente mais sensíveis ao óleo (particularmente ao óleo disperso), conforme verificado em testes de toxicidade em laboratório. Entretanto, não há evidências de estudos de caso que sugiram que a poluição por óleo tenha efeito significativo em populações de peixes de mar aberto. Isso é devido, em parte, ao comportamento dos peixes de evitar as manchas e também porque mortes de peixes jovens induzidas por óleo são normalmente pouco significativas se comparadas às grandes perdas naturais e devidas à predação e à pesca.

Os riscos aumentam para algumas espécies e estágios do ciclo de vida de peixes (e também alguns crustáceos, como camarões) em águas rasas e próximas à costa, como estuários, recifes de corais, manguezais e marismas. Estes locais são conhecidos como berçários de peixes e crustáceos. Derrames podem resultar na contaminação destes organismos e causar queda na venda de pescados, podendo até levar à suspensão da pesca em áreas atingidas, causando graves prejuízos para a economia local. Caso recente ocorreu após o grande acidente no Golfo do México com o poço de exploração de petróleo da *British Petroleum* (BP). Problemas de contaminação podem ocorrer também em locais onde se pratica a aquicultura, causando perdas financeiras.

PARA PENSAR...

Você consideraria a exploração de petróleo em alto-mar uma atividade ambientalmente viável apesar dos riscos potenciais de vazamentos? Faça uma reflexão sobre que ações você poderia assumir pessoalmente para reduzir o consumo de combustíveis fósseis.

13.5 MUDANÇAS GLOBAIS

Como os oceanos circundam todas as grandes massas de terra, eles tornam-se sumidouros para materiais de todos os continentes e também da atmosfera. Dessa forma, alguns dos impactos das atividades humanas sobre os oceanos têm consequências em nível global.

Uma das possíveis causas para futuras mudanças climáticas é a mudança no padrão de circulação mundial de águas oceânicas. Esta circulação é caracterizada pelo deslocamento de águas quentes da Corrente do Golfo, no Oceano Atlântico. A temperatura destas águas é de aproximadamente 12 °C a 13 °C quando chegam perto da Groenlândia, e elas são resfriadas no Atlântico Norte a uma temperatura de 2 °C a 4 °C. A água esfria, torna-se mais salgada e mais densa, e vai para o fundo. A corrente fria mais profunda flui para o sul, então para o leste e, finalmente, para o norte no Oceano Atlântico. De lá, a corrente recomeça seu percurso, quente e superficial novamente.

As correntes oceânicas, estudadas em detalhes no Capítulo 9, sofrem oscilações relacionadas às mudanças na temperatura da água, pressão do ar, frequência e magnitude de tempestades e do clima em si. Elas, por sua vez, também podem influenciar o clima. Oscilações naturais do oceano ligadas à atmosfera podem produzir períodos mais quentes ou mais frios com alguns anos ou mais de uma década de duração.

O exemplo mais famoso de como alterações físicas na água do mar podem alterar o clima é o fenômeno *El Niño*, no qual oscilações que ocorrem no Oceano Pacífico estão ligadas a mudanças climáticas de larga escala. Alterações na temperatura da água devido ao aquecimento global causado pelo homem podem intensificar estes efeitos, provocando impactos ainda maiores.

A erosão da linha de costa é outro importante problema, com custos muito altos para sua mitigação. Além de impactos antrópicos, como construções e remoção de sedimentos, os processos erosivos podem estar associados a consequências das alterações climáticas, como mudança na direção e intensidade de ondas e elevação do nível do mar. O nível do mar chegou a um valor mínimo na última era do gelo, tendo, desde então, subido lentamente. Desde o fim da última era glacial, o nível do mar subiu cerca de 23 cm por século. Alguns climatologistas preveem que o aquecimento global poderia aumentar cerca de duas vezes essa taxa. Vários modelos preveem que o nível do mar poderá subir de 20 cm até cerca de 2 m no próximo século. Quase metade da população do planeta vive em zonas costeiras e cerca de 50 milhões de pessoas por ano sofrem com inundações devido a temporais. Com o aumento do nível do mar e o aumento da população, mais e mais pessoas se tornariam vulneráveis a inundações costeiras. O aumento do nível do mar ameaça particularmente nações insulares podendo agravar a erosão costeira nas praias abertas, tornando as construções mais vulneráveis a danos causados por ondas. Isso poderia levar a gastos significativos para proteger as cidades na zona costeira com o uso de diques e outras estruturas para controlar a erosão e as inundações. A água subterrânea também poderia ser ameaçada por intrusão de água salgada no caso de elevação do nível do mar, comprometendo a potabilidade dos aquíferos.

13.5.1 Aumento da Acidez dos Mares e Oceanos

As águas superficiais oceânicas possuem pH levemente alcalino, em torno de 8. O termo acidificação dos oceanos não significa que estas águas venham a exibir um pH ácido (menor que 7), mas que o seu pH vem diminuindo. Este processo vem ocorrendo devido ao aumento de concentração do gás carbônico na atmosfera terrestre. Isso é causado pelo aumento das emissões provenientes das ações humanas e faz com que os oceanos absorvam quantidades cada vez maiores de CO_2 . A acidificação dos oceanos, de certa forma, ameniza o aquecimento global, porém altera o equilíbrio químico que permite a vida marinha.

A título de recordação do que foi visto no Capítulo 9, quando a superfície oceânica absorve o CO_2 da atmosfera, este reage com a água do mar (H_2O), dando origem ao ácido carbônico (H_2CO_3). O ácido carbônico é um ácido fraco e a maior parte dele se dissocia, liberando íons H^+ , bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-}). Esta relação está representada esquematicamente na Figura 13.11. Assim, o aumento da absorção de gás carbônico pelo oceano aumenta a concentração de íons H^+ , diminuindo o pH das águas do mar.

Os íons carbonato (CO_3^{2-}) são muito importantes para organismos marinhos que possuem carbonato de cálcio (CaCO_3) como componente de seus esqueletos, como carapaças e conchas. Isso inclui os corais, equinodermos, moluscos, crustáceos, entre outros. Em níveis normais de pH, existe um equilíbrio entre a quantidade de íons bicarbonato e carbonato, com uma maior concentração de íons bicarbonato, mas com carbonato suficiente para a formação do carbonato de cálcio. No entanto, mesmo pequenas mudanças no pH da água do mar fazem o carbonato reagir com os íons H^+ , reduzindo a sua disponibilidade para os organismos marinhos. Não apenas corais e animais maiores são afetados pela acidificação dos oceanos. Pequenos organismos, como foraminíferos e cocolitoforídeos, muito importantes na teia trófica marinha, também possuem carapaça composta por carbonato de cálcio. Além dos problemas relatados, existem efeitos secundários de uma diminuição do pH da água do mar na vida marinha, como redução das taxas de crescimento e de reprodução e alterações fisiológicas.

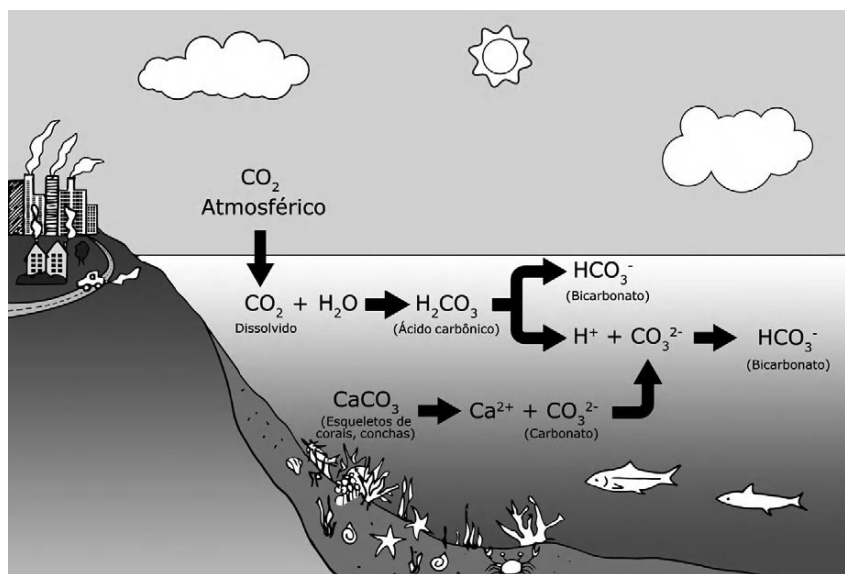


Figura 13.11 Desenho esquemático sobre acidificação nos oceanos.
Elaborado por Aline Borges do Carmo e Daniel Santiago.

Impactos econômicos importantes podem decorrer deste cenário, uma vez que milhões de pessoas são dependentes economicamente de recifes de coral, por serem eles áreas de forte apelo turístico e por constituírem berçários naturais de várias espécies exploradas comercialmente pela pesca. A situação é ainda mais preocupante devido ao fato de a acidificação dos oceanos ser uma área muito nova para a pesquisa, sendo desconhecidos os seus efeitos em muitos organismos. Além de serem necessárias mais pesquisas na área, a redução nas emissões de gás carbônico é essencial para mitigar não apenas este impacto, mas para enfrentar a ameaça do aquecimento global, uma vez que é sabido que o CO_2 é um dos principais gases de efeito estufa.

13.5.2 Danos à Biodiversidade

Biodiversidade ou diversidade biológica tornou-se um termo famoso nas discussões ambientalistas. De fato, há uma grande quantidade de notícias sobre espécies ameaçadas de extinção ou sobre a perda da biodiversidade e suas causas. O interesse do ser humano pela variedade de vida que existe na Terra não é novo. As pessoas, há muito tempo, se perguntam como a incrível diversidade de seres vivos surgiu na Terra. A resposta é que essa diversidade tem sido formada há milhões de anos por um processo de evolução biológica, o qual é afetado por interações interespecíficas e pelo ambiente (ver Capítulo 7). A ciência ajuda a determinar quais são as funções utilitárias e os vários serviços ecossistêmicos prestados pela diversidade biológica e, a cada dia, são descobertos novos benefícios, por exemplo na pesquisa médica.

Atualmente, a ação humana é a principal ameaça à diversidade biológica marinha, conforme mostrado na Figura 13.12. Esta ameaça se dá, principalmente, devido aos seguintes fatores: mudança de habitats, sobre-exploração de espécies e introdução de espécies exóticas. No entanto, esses fatores são vistos mais como indícios de fatores indiretos, tais como padrões insustentáveis de consumo, mudança demográfica e globalização.

Alguns fatores que levam à perda da biodiversidade são localizados, tais como a sobre-exploração (por exemplo, a sobrepesca). Outros são globais, como as alterações climáticas, sendo que outros ainda podem agir nas duas escalas, como os impactos locais de espécies exóticas invasoras que são trazidas nas águas de lastro de embarcações por meio do comércio global.

	Mudanças de habitats	Mudanças climáticas	Introdução de espécies exóticas invasoras	Sobre-exploração	Poluição
Ambientes costeiros	↗	↑	↗	↗	↑
Ambientes marinhos	↑	↑	→	↗	↑

Figura 13.12 Principais causas diretas de perda de biodiversidade em ambientes costeiros e marinhos, no contexto global, conforme relatado no *Millennium Report*. A intensidade da cor da célula varia conforme a intensidade do impacto nos últimos 50-100 anos até atualmente. As setas indicam as tendências neste período. Setas horizontais indicam que a intensidade do impacto tem se mantido contínua. Setas diagonais e verticais direcionadas para cima indicam tendências de aumento na intensidade do impacto.

Assim como em comunidades terrestres e de água doce, a perda de espécies individuais envolvidas nas interações fundamentais também pode influenciar os processos ecossistêmicos marinhos e os serviços associados. Os recifes de coral e os serviços ecossistêmicos que eles fornecem são diretamente dependentes da manutenção de algumas interações-chave entre os animais e algas. Como uma das mais ricas comunidades na Terra, os recifes de coral são responsáveis pela manutenção de uma vasta diversidade genética e biológica.

Serviços ambientais substanciais são fornecidos por recifes de coral, tais como habitat, local de desova e de desenvolvimento de peixes, participação na fixação de carbono e nitrogênio em ambientes pobres em nutrientes, barreira contra grandes ondas, entre outros. O valor econômico total de recifes e de serviços associados é estimado em centenas de milhões de dólares. No entanto, todos os recifes de corais são dependentes de uma única interação biótica: simbiose com algas. Os efeitos das alterações climáticas e das grandes oscilações na temperatura da água do mar (como o fenômeno *El Niño*) nos recifes de coral podem causar a ruptura desta simbiose. Muitos recifes sofreram com o chamado branqueamento em episódios em que as temperaturas da superfície do mar local aumentaram, durante um mês, cerca de 0,5 °C a 1,0 °C acima da média dos meses mais quentes. Essa mudança de habitat traz consequências para todo o ecossistema marinho.

A mudança de habitats é um fator complexo em mares e oceanos e pode ser causada pela aniquilação de poucas espécies. Por exemplo, práticas de sobrepesca contínuas sobre peixes predadores podem causar mudanças bruscas nas populações de várias espécies em ecossistemas costeiros. Há também causas múltiplas que, agindo em sinergia na alteração de habitats, levam à perda de biodiversidade. Um exemplo de mudança em resposta a alterações de múltiplas causas é, novamente, o caso dos recifes de corais tropicais. O carregamento de nutrientes, o declínio de populações de herbívoros e a degradação dos recifes acabam causando, em conjunto, a proliferação de algas, que passam a dominar o ecossistema.

Para alcançar progressos na conservação da biodiversidade e, ao mesmo tempo, melhorar as condições de bem-estar humano e reduzir a pobreza, são necessárias respostas em que a conservação e uso sustentável da biodiversidade e de seus serviços sejam considerados como prioridades efetivas na tomada de decisão de natureza política. Destaca-se que as respostas adequadas devem respeitar condições sociais, institucionais e econômicas que permitam a implementação das respostas estabelecidas.

Metas de curto e de médio prazos não são suficientemente estratégicas para a conservação e o uso sustentável da biodiversidade e dos ecossistemas. Dado o tempo de resposta característico dos sistemas políticos, socioeconômicos e ecológicos, metas e objetivos de longo prazo são ainda necessários para orientar inúmeras políticas públicas e ações práticas. A ciência tem o papel de garantir que as decisões sejam feitas com as melhores informações disponíveis; no entanto, o futuro da biodiversidade será determinado pelo comportamento e pela tomada de decisão consciente da sociedade em que vivemos.

13.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas das ações projetadas com foco principal nos oceanos não serão sustentáveis ou suficientes a menos que outras causas diretas e indiretas das alterações sejam abordadas. Essas ações incluem eliminação de subsídios à produção desenfreada, intensificação de práticas mais sustentáveis na agricultura, diminuição das alterações climáticas, diminuição da descarga de nutrientes, incentivo à participação das partes interessadas na tomada de decisão e aumento na transparência pública e privada de forma a potencializar o controle social.

Abordagens intersetoriais e ecossistêmicas, tais como a gestão de bacias hidrográficas, a gestão integrada da zona costeira e o planejamento urbano participativo, que consideram as contrapartidas entre diferentes serviços dos ecossistemas, são mais propensas a assegurar o desenvolvimento sustentável do que muitas das atuais abordagens setoriais. São fundamentais, portanto, na elaboração de ações visando à conservação de mares e oceanos.

Além do conhecimento das complexas inter-relações dos componentes ambiental e humano, o desenvolvimento da capacidade técnica para lidar com este cenário apresenta-se como estratégico para reduzir os impactos sobre o ambiente costeiro e marinho. Nesse contexto, o uso da tecnologia e a busca por inovações colocam-se como pontos cruciais no caminho da sustentabilidade dos oceanos.

PARA PENSAR...

Tendo em vista tudo o que foi discutido neste capítulo, a quem deveria caber a tomada de decisão sobre o gerenciamento costeiro, em sua opinião? Aos cientistas, ao governo, à iniciativa privada, aos habitantes das áreas costeiras ou à sociedade em geral?

REVISÃO DOS CONCEITOS APRESENTADOS

- ▷ Os oceanos cobrem a maior parte da superfície do planeta e desempenham um papel fundamental na manutenção do ambiente global. Oceanos também são importantes na ciclagem de muitos elementos químicos importantes para a vida e representam recursos valiosos em termos de alimento e minerais. Impactos ambientais sobre mares e oceanos acontecem quando o uso de seus recursos ultrapassa a capacidade natural de reposição ou depuração destes ambientes.
- ▷ A ocupação humana desordenada nas zonas costeiras tem sido um problema sério relacionado à erosão costeira, poluição, degradação e destruição de habitats costeiros e marinhos.
- ▷ A destinação inadequada de muitos tipos de resíduos, incluindo resíduos industriais, resíduos de construção, esgotos urbanos e plásticos, tem causado danos significativos à vida marinha e comprometido muitos serviços ecossistêmicos prestados pelos mares e oceanos.
- ▷ Efluentes não tratados ou tratados de forma inadequada são uma fonte significativa de poluição marinha. As áreas mais seriamente afetadas são próximas à costa, onde muitas vezes existem recursos pesqueiros economicamente importantes.
- ▷ Eutrofização é um processo de aumento na concentração de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, necessários para os seres vivos. A elevada concentração destes nutrientes pode causar um aumento excessivo da população de bactérias e microalgas fotossintetizantes. Com a morte destes organismos, a concentração de oxigênio dissolvido na água é reduzida, levando à morte de peixes e outros seres vivos.

- ▷ Resíduos sólidos, principalmente plásticos, têm causado danos aos organismos marinhos devido, principalmente, à ingestão acidental, que leva muitos animais à morte. Problemas estéticos também podem ser causados pelo acúmulo destes resíduos, prejudicando regiões turísticas.
- ▷ Derramamentos de petróleo são extremamente danosos à vida marinha. Apesar de grandes acidentes chamarem mais atenção da mídia, os pequenos derrames, que ocorrem corriqueiramente, são, em conjunto, muito mais prejudiciais aos seres vivos.
- ▷ O aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera faz o oceano absorver mais este gás. A reação do dióxido de carbono com a água do mar produz ácido carbônico, tornando o meio mais ácido. Isso danifica conchas e carapaças calcáreas de muitos seres marinhos.
- ▷ Os seres humanos são atualmente a principal causa da perda de biodiversidade marinha. A pesca predatória é a principal causa desta perda, mas processos importantes como a conversão ou destruição de habitats importantes (como manguezais e recifes de coral) e a introdução de espécies exóticas também contribuem significativamente para este processo.
- ▷ A sobrepesca tem danificado severamente populações e ecossistemas marinhos. É importante gerir adequadamente a pesca, incluindo o uso de técnicas de aquicultura, tomando-se as devidas precauções com o uso de técnicas modernas e pouco impactantes.
- ▷ Existem, ainda, impactos sobre o nível do mar e as correntes marítimas causados pelas mudanças climáticas. Caso se concretizem, esses impactos são globais e suas consequências podem afetar a vida e o bem-estar de todo o planeta. Para sanar esses problemas, as soluções são complexas e de longo prazo, envolvendo não apenas a ciência, mas aspectos políticos e socioeconômicos, demandando o envolvimento de toda a sociedade.

SUGESTÕES DE LEITURA COMPLEMENTAR

- ▷ BAPTISTA NETO, J. A.; WALLNER-KERSANACH, M.; PATCHNEELAM, S.M. *Poluição marinha*. Rio de Janeiro: Interciencia, 2008. 279 p.
- ▷ BOTKIN, D. B.; KELLER, E.A. *Environmental science: Earth as a living planet*. Estados Unidos: John Wiley & Sons Inc., 2010. 658 p.
- ▷ CLARK, J. R. *Coastal ecosystems management: a technical manual for the conservation of coastal zone resources*. Nova York: Wiley-Interscience, 1977. 928 p.
- ▷ GARRISON, T. *Fundamentos de oceanografia*. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 426 p.
- ▷ GT Águas Disponível em: <<http://revistadasaguas.pgr.mpf.gov.br/edicoes-da-revista/edicao-11/materias/os-oceanos-ja-possuem-150-zonas-mortas>>. Acesso: fevereiro 2012.
- ▷ PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. *Biologia marinha*. Rio de Janeiro: Interciencia, 2002. 382 p.
- ▷ POLETTE, M, 2007. Modelo de Desenvolvimento para Balneários para a Praia Central de Balneário Camboriú. Documento do Laboratório de Gestão Costeira Integrada. UNIVALI/CTTMar. 25p.
- ▷ SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.

SITES INTERESSANTES PARA CONSULTA

- ▷ Autoridade Marítima Australiana <<http://www.amsa.gov.au>>. Acesso: abril 2012.
- ▷ Agência Ambiental dos Estados Unidos <<http://www.epa.gov>>. Acesso: abril 2012.
- ▷ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – Ibama <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso: abril 2012.
- ▷ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade <<http://www.icmbio.gov.br>>. Acesso: abril 2012.
- ▷ *Millennium Ecosystem Assessment* <<http://www.maweb.org/en/index.aspx>>. Acesso: abril 2012.
- ▷ Ministério do Meio Ambiente do Brasil <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso: abril 2012.