

Antonio Jeovah de A. Meireles

# Geomorfologia Costeira:

funções ambientais e sociais



# **GEOMORFOLOGIA COSTEIRA:**

**Funções Ambientais e Sociais**

**Presidente da República**

Dilma Vana Rousseff

**Ministro da Educação**

Henrique Paim

**Universidade Federal do Ceará**

**Reitor**

Prof. Jesualdo Pereira Farias

**Vice-Reitor**

Prof. Henry de Holanda campos

**Edições UFC**

**Diretor e Editor**

Prof. Antônio Cláudio Lima Guimarães

**Conselho Editorial**

Presidente

Prof. Antônio Cláudio Lima Guimarães

**Conselheiros**

Prof<sup>ª</sup>. Adelaide Maria Gonçalves Pereira

Prof<sup>ª</sup>. Angela Maria R. Mota de Gutiérrez

Prof. Gil de Aquino Farias

Prof. Italo Gurgel

Prof. José Edmar da Silva Ribeiro

Antonio Jeovah de Andrade Meireles

**GEOMORFOLOGIA COSTEIRA:**  
**Funções Ambientais e Sociais**



Fortaleza  
2014

## **Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais**

© 2014 Copyright by Antonio Jeovah de Andrade Meireles

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

Todos os Direitos Reservados

Edições UFC

Av. da Universidade, 2932 – Benfica – Fortaleza – Ceará

CEP: 60.020-181 – Tel./Fax: (85) 3366.7766 (Diretoria)

3366.7499 (Distribuição) 3366.7439 (Livraria)

Internet: [www.editora.ufc.br](http://www.editora.ufc.br) – E-mail: [editora@ufc.br](mailto:editora@ufc.br)

### **COORDENAÇÃO EDITORIAL**

Moacir Ribeiro da Silva

### **REVISÃO DE TEXTO**

Francisca de Sá Benevides

### **NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

Luciane Silva das Selvas

### **PROGRAMAÇÃO VISUAL E DIAGRAMAÇÃO**

Carlos Raoni Kachille Cidrão

### **CAPA**

Valdiano Araújo Macedo

Editora Filiada à



Associação Brasileira das  
Editoras Universitárias

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Bibliotecária Luciane Silva das Selvas CRB 3/1022

---

M514g Meireles, Antonio Jeovah de Andrade  
Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais / Antonio Jeovah de Andrade Meireles -  
Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.  
489 p. : il. ; 21 cm. (Estudos da Pós-Graduação)

ISBN: 978-85-7485-168-6

1. Geomorfologia. 2. Dunas. 3. Praia. II. Título.

---

CDD 551.4

Para as filhas Iana, Livia e Marina, com carinho!

E Maria Neuma, querida mãe.



## Agradecimentos

---

Ao elaborar este estudo sobre a planície costeira do nosso país, mais especificamente do Nordeste brasileiro, participaram pessoas e instituições que gostaria de listá-las uma por uma. Entretanto, será possível apenas evidenciar algumas que mais diretamente contribuíram para este livro.

Agradeço à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará (UFC). Aos programas de Pós-Graduação em Geografia e em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFC. À Fundação Brasil Cidadão para a Educação, Cultura, Tecnologia e Meio Ambiente (FBC) e especialmente aos amigos Maria Leinad Vasconcelos Carbogim e João Bosco Priamo Carbogim. Ao CNPq, pelos vários projetos financiados e pela bolsa de produtividade em pesquisa (PQ) nível 1D. À Capes, pelas bolsas de mestrado e doutorado. Aos professores Jordi Serra e Paulo Coutinho, pelas orientações no doutorado e mestrado, respectivamente, e ao professor Jáder Moraes, pelas primeiras etapas do conhecimento científico.

Aos colegas Edson Vicente da Silva e Eustógio Wanderley Correia Dantas, pelas revisões dos manuscritos, parcerias e solidariedade desde os primeiros dias no Departamento de Geografia da UFC (Degeo/UFC). Aos demais colegas do Degeo/UFC, pelo ambiente de estímulo. Ao amigo Henyo Trindade Barretto Filho, pelas importantes discussões sobre os territórios indígenas. À amiga Maria Amélia Leite, pela incessante e destemida força que nos dá para o fazer científico ao lado do conhecimento tradicional e étnico.

Ao Instituto TerraMar, pelas parcerias e diversas oportunidades de pesquisas sobre os territórios dos povos do mar.

À Rede Marglar Internacional e Rede Manguê Mar, pelas conexões internacionais e regionais entre os sistemas ambientais costeiros, os pesquisadores, as pesquisadoras e as comunidades tradicionais pesqueiras e étnicas da América Latina. À Rede Brasileira de Justiça Ambiental (RBJA) e ao GT Combate ao Racismo Ambiental, pelo precioso e solidário ambiente para uma ciência voltada à garantia dos direitos humanos e dos territórios dos povos tradicionais e étnicos.

À Rede Nacional de Advogados e Advogadas Populares (Renap) e aos amigos João Alfredo Telles Melo e Henrique Frota, pelos constantes debates sobre justiça ambiental, ecossocialismo e defesas judiciais diante das diversas tentativas de criminalização. À amiga Tânia Pacheco, pelo carinho com que nos introduziu aos temas conflitos socioambientais e racismo ambiental. À Eliana Soares, pela dedicação e pelo estímulo.

À revisora Francisca Benevides, pelas preciosas sugestões.

À amiga Raquel Rigotto e ao Núcleo Tramas, por estarmos juntos na produção do conhecimento solidário e popular, *cosmovivencial*, e na visibilidade da ciência dos povos e comunidades do litoral e do sertão.

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	13
PREFÁCIO .....	15
1 DINÂMICA GEOAMBIENTAL.....	17
FLUTUAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR E MUDANÇAS CLIMÁTICAS .....	28
AS GLACIAÇÕES E OS NÍVEIS DO MAR – UMA ABORDAGEM GLOBAL .....	40
EVIDÊNCIAS NA PLANÍCIE COSTEIRA DO CEARÁ .....	51
SÍNTESE DOS PROCESSOS GEOAMBIENTAIS.....	72
2 PRAIAS.....	87
ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE PRAIAS SUBMETIDAS A PROCESSOS EROSIVOS CONTÍNUOS .....	87
FLUXOS DE MATÉRIA E ENERGIA .....	90
A FAIXA DE PRAIA E AS RELAÇÕES COM A DINÂMICA MORFOLÓGICA REGIONAL .....	96
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
3 DUNAS.....	115
CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS REGIONAIS .....	118
A INTEGRAÇÃO ENTRE OS FLUXOS LITORÂNEOS .....	120
DINÂMICA LITORÂNEA EM ZONAS DE <i>BYPASS</i> .....	125
ASPECTOS GEODINÂMICOS DOS CAMPOS DE DUNAS MÓVEIS DO PARQUE NACIONAL DE JERICOACOARA .....	134
EVOLUÇÃO ESPAÇOTEMPORAL DAS DUNAS .....	139
IMPACTOS.....	147
VULNERABILIDADE .....	155

	DANOS SOCIOAMBIENTAIS ORIGINADOS PELAS USINAS EÓLICAS NOS CAMPOS DE DUNAS .....	159
	ALTERNATIVAS LOCACIONAIS.....	180
4	ESTUÁRIOS.....	189
	INTEGRAÇÃO DAS FUNÇÕES AMBIENTAIS .....	203
	FUNÇÕES SOCIOAMBIENTAIS DOS COMPLEXOS ESTUARINOS.....	210
	DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	213
5	FALÉSIAS.....	217
	DINÂMICA EROSIVA.....	218
	IMPACTOS AMBIENTAIS E DEGRADAÇÃO DAS ENCOSTAS .....	232
6	LAGOAS.....	243
	SISTEMAS LACUSTRES E ASSOCIAÇÕES MORFOLÓGICAS .....	244
	EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS GEOAMBIENTAIS LOCAIS COM A DEGRADAÇÃO DAS LAGOAS COSTEIRAS.....	250
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	266
7	GEOMORFOLOGIA INTEGRADA .....	269
	DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL.....	272
	OS FLUXOS COSTEIROS E AS INTERFERÊNCIAS HUMANAS.....	288
	ZONEAMENTO AMBIENTAL.....	294
	ZONA DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL (ZCA) .....	297
	ZONA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (ZPP) .....	298
	ZONA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL (ZRA) .....	298
8	FUNÇÕES AMBIENTAIS DOS PRINCIPAIS GEOAMBIENTES DO LITORAL.....	301

9	DINÂMICA SOCIOAMBIENTAL E RELEVO LITORÂNEO.....	327
	INDÚSTRIA DO TURISMO EM SISTEMAS AMBIENTAIS DE USUFRUTO DAS COMUNIDADES TRADICIONAIS .....	330
	DANOS SOCIOAMBIENTAIS NO ECOSISTEMA MANGUEZAL.....	335
10	GEOMORFOLOGIA E SOBERANIA TERRITORIAL .....	349
	UNIDADES DE PAISAGEM.....	354
	TABULEIRO LITORÂNEO /FORMAÇÃO BARREIRAS.....	354
	LAGOAS.....	363
	ECOSISTEMA MANGUEZAL.....	367
	CAMPO DE DUNAS.....	371
	FAIXA DE PRAIA.....	378
	IMPLANTAÇÃO DE <i>RESORTS</i> E IMPACTOS AMBIENTAIS NA TERRA INDÍGENA .....	381
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	387
11	GEOMORFOLOGIA PARA A SOCIEDADE.....	393
	FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS.....	395
	INTEGRAÇÃO .....	411
	ETAPAS PARA UMA ABORDAGEM SISTÊMICA.....	416
	1ª FASE – ESTUDOS E LEVANTAMENTOS DE DADOS DOS MEIOS FÍSICO E SOCIOECONÔMICO .....	419
	2ª FASE – CARTAS-SÍNTESES .....	432
	3ª FASE – ZONEAMENTO AMBIENTAL E CARTOGRAFIA SOCIAL .....	438
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	451



## Apresentação

---

*Geomorfologia costeira*: funções ambientais e sociais evidenciam a diversidade de componentes morfológicos do litoral brasileiro e define os principais fluxos de material e energia. Tais componentes foram sistematizados levando em conta as mudanças climáticas e a dinâmica estrutural na borda dos continentes e plataforma continental. Através desses registros, que evidenciaram contínua morfogênese, foi possível aplicar a abordagem metodológica com a perspectiva da instabilidade permanente para a integração dos processos morfogenéticos.

Cada unidade do relevo foi analisada de modo a fornecer elementos para a compreensão dos processos globais. E, assim, auxiliar na definição dos eventos que proporcionaram a origem de morfologias que fazem parte de sistemas ambientais complexos. As conexões dessas unidades com os demais componentes do relevo em escalas regional e local foram realizadas através das relações morfológicas com os múltiplos eventos de mudanças do nível relativo do mar e geofísicos na crosta terrestre.

Foram individualizados os sistemas praias, de terraços marinhos e das gerações de dunas como reflexos dos eventos eustáticos, em conjunção com a hidrodinâmica dos sistemas fluvial, estuarino, lagunar e marinho. Dessa forma, foi possível evidenciar uma geomorfologia voltada para o planejamento e a gestão da zona costeira, aprofundar as reflexões sobre a dinâmica socioambiental e definir critérios para elaborar o zoneamento ambiental e os mapas sociais. Etapa que possibilitou correlações entre o relevo e a diversidade de usos, impactos ambientais, unidades de conservação, resultando em estratégias para a sustentabilidade.

As funções ambientais do relevo para a sociedade foram definidas pela necessidade de garantir qualidade socioambiental, levando em conta os vínculos cosmológicos relacionados à dinâmica geoambiental das terras indígenas e dos territórios de comunidades tradicionais. Foram dados os primeiros passos para uma compreensão integrada do relevo, unindo os conhecimentos sobre os fluxos de matéria e energia e as percepções étnicas e ancestrais, e para uma nova maneira de revelar morfologias a partir das cosmorrelações, para alcançar uma ciência – a *etnogeomorfologia* – com fundamentos metodológicos que resultem em equidades e justiça ambiental.

As reflexões sobre as representações geomorfológicas do território foram também voltadas para a construção de novas hipóteses, teorias e metodologias sistêmicas; as informações para demonstrar a necessidade de preservar e conservar as funções dos componentes geoambientais da planície costeira que controlam os efeitos das mudanças climáticas; a soberania dos grupos sociais com garantia de seus territórios étnicos e tradicionais através dos mapas temáticos e sociais. Portanto, consolidar a geomorfologia aplicada como ciência orientada para a qualidade de vida.

E que este livro possa encontra muitos jovens com o desejo de dedicar-se ao espetacular ofício de entender e percorrer os caminhos de um grãozinho de areia...

Fortaleza/CE, dezembro de 2012

## Prefácio

---

### **SOBRE O PEQUENO GRÃO DE AREIA**

Há muito tempo existiu um grão de areia que não tinha nome, mas tinha um futuro. Nascido em uma serra qualquer, no mais alto ponto daquele relevo infinito, equilibrava-se singelamente sobre suas incertezas. Nem sempre foi um grão solitário. Em algum momento havia feito parte de um todo do qual agora já não era parte, porque vieram os ventos e os dias novos.

Após o sopro, aceleraram as possibilidades. Desceu a serra pelo rio, ao lado do índio que tomava banho após dançar um torém e do pescador que jogava a rede para os peixes como quem reza e, além do alimento, quer também proteção. O grão de areia banhava-se sem pressa. Aprendeu a contar os passos em milhões de anos. Pensou em demorar-se uma vida inteira naquelas águas. Não previa fim, nem metas.

O vento, no entanto, era ansioso. Empurrou o grão para os manguezais. Quando chegou, entre caranguejos e lamas, sonhou com apícuns e marisqueiras. Adormeceu sob as estrelas que pareciam um tanto com ele, mas eram mais exibidas. Quis brilhar e, com os olhos voltados para o céu, chorou quando os pés tocaram o mar. O grão brincou nas velas da jangada e grudou na pele do menino que corria pelas dunas. Nos milhares de anos seguintes, esteve sobre as falésias a contemplar cada pôr do sol. Com o sal, o pequeno grão de areia ficou imenso e sorriu.

A história poderia ter sido outra e também foi. Enquanto aprendia sobre Heráclito e a impossibilidade de banhar-se duas vezes no mesmo rio – porque nem o rio nem o grão são os

mesmos –, o homem precisou dele. Arrancado, transformou-se em “matéria-prima” e passou a fazer parte de tudo que inventava. Construiu civilizações, riscou novas estradas e instalou-se tanto nos objetos pequenos do cotidiano como nas obras mais complexas. O homem, menor do que aquele grão de areia, achou que era capaz de escravizar a natureza, mas não é.

O grão de areia não era único e essa era a sua força: como ele, existiam vários. Incertos, imprevisíveis e cheios de futuros. Os grãos de areias eram também mágicos. Dentro da sua pequenez, carregavam todos os movimentos de geossistemas inteiros. Neles cabiam todos os fluxos de energia capazes de movimentar a vida. Generosos, tornaram a existência humana mais possível. Mas, quando agredidos profundamente, reagiam com a mesma intensidade.

Essa pequena odisseia fez parte da minha infância. Não sei por onde andaré o grão de areia que conheci ainda menina, entre as falésias de Icapuí, os amanheceres do Pecém e o fim de tarde da Praia de Iracema. Talvez esteja entre as páginas deste livro sobre geomorfologia costeira. Ou, quem sabe, descansa nas profundezas de um oceano qualquer. Quietamente, ensaia os movimentos dos próximos milhões de anos.

Iana Soares C. Meireles

# 1

---

## DINÂMICA GEOAMBIENTAL

A diversidade de componentes do relevo será descrita como parte de um sistema controlado por complexos fluxos de matéria e energia. Os níveis de complexidade foram ordenados de modo a orientar a compreensão integrada da planície costeira. Diante desse desafio, o ponto de partida foi fundamentado na contínua instabilidade do sistema costeiro – a impossibilidade do estado de equilíbrio – para a concepção interdependente e processual da morfogênese.

O nível do mar não é fixo ao longo do tempo geológico, apresentou variações globais de subida e descida. As mudanças climáticas (glacioeustasia) e os efeitos geofísicos na borda dos continentes (tectono-eustasia) favoreceram a elaboração de um elevado número de componentes morfológicos costeiros (sistemas), fundamentados em processos dinâmicos irreversíveis, em contínua transformação. Integrados pelas teleconexões entre os continentes e as crostas oceânicas (litosfera), atmosfera, biosfera e hidrosfera (correntes oceânicas termo-halinas, bacias hidrográficas e lagos), os fluxos de matéria e energia foram envolvidos pela “flecha do tempo” (PRIGOGINE, 2011). Os registros ficaram como impressões digitais dos diversos eventos transgressivos e regressivos (provenientes dos eventos eustáticos e isostáticos), evidenciados, no nosso caso, pelo complexo conjunto de morfologias ao longo do litoral brasileiro.

Estudar as oscilações do nível do mar e as mudanças climáticas durante o Quaternário é de fundamental importân-

cia para compreender os processos morfogenéticos, elaborar modelos evolutivos integrados e explicar a origem da planície costeira. O resultado da conjunção desses eventos está representado pelo elevado número de formas de relevo, geradas em composição com os agentes geomorfológicos derivados. As manifestações eustáticas – mudanças do volume de água nos oceanos – serão apresentadas levando em conta dados sobre paleoclimas, depósitos geológicos correlatos, ecossistemas derivados e os efeitos da neotectônica.

O avanço e recuo da linha de costa, aliados às ações (arranque – erosão, traslado – transporte – desnudação; sedimentação – agradação; decomposição – desagregação; deformação etc.) dos agentes morfológicos (fluvial, fluviomarinho, glaciação-deglaciação, ondas, marés, correntes marinhas, vento, gravidade) e à tectônica de placas, vulcanismos, entre outras manifestações da geodinâmica planetária, quando associadas aos efeitos das mudanças climáticas, deixaram como registros extensas planícies costeiras ao longo do litoral.

As variações do nível do mar durante o Quaternário, de caráter global, foram influenciadas pelos eventos neotectônicos (últimos 3 milhões de anos), climáticos (glaciação e deglaciação) e geoidais (flutuações na superfície equipotencial da Terra pelas forças de atração e rotação). As primeiras interpretações vinculadas aos eventos eustáticos foram tratadas como globais e sincrônicas, com o nível do mar oscilando de forma paralela nos oceanos (devido aos fatores meteorológicos, hidrológicos e oceanográficos). Entretanto, observou-se, com o auxílio de correlações de curvas de variações do nível do mar em diferentes regiões do planeta, que a topografia do oceano é altamente irregular, gerando oscilações relativas e opostas, levando em conside-

ração o elipsoide rotacional da Terra, a topografia geoidal e um complexo conjunto de forças dinâmicas (MÖRNER, 2000) (Figura 1.1).

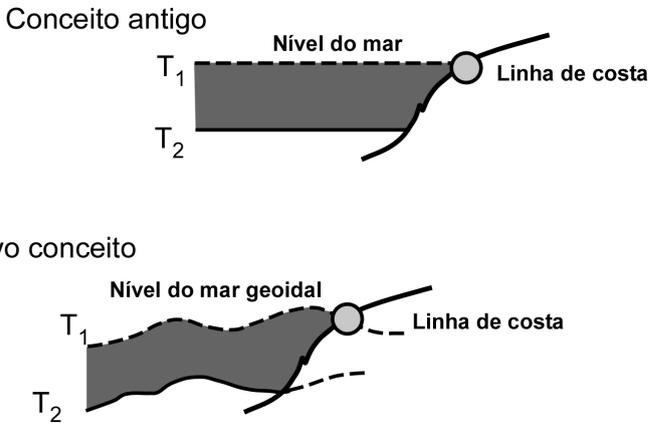


Figura 1.1 – Superfície do oceano e sua mudança de posição de um T<sub>1</sub> a outra posição T<sub>2</sub>. A topografia do oceano é irregular e o nível do mar nunca pode ser deslocado para cima ou para baixo de forma paralela, mas somente através de mudanças irregulares.

Fonte: Möerner (2000).

O conceito de nível do mar é relativo (SUGUIO *et al.*, 1985). As variações eustáticas têm um caráter global, enquanto os movimentos que se verificam nos continentes são claramente localizados no espaço – ambientes controlados pela tectônica tendem a formar terraços estruturais, falésias e estuários encaixados; em plataformas passivas predominam os campos de dunas, terraços marinhos glacioeustáticos e estuários nos baixos cursos fluviais. Os movimentos que originaram cinturões orogênicos, por exemplo, estão diretamente relacionados com a formação das crostas oceânicas associados aos sistemas planetários representados pelas teleconexões continente-oceano-atmosfera-biosfera. As correntes marinhas que regulam a dinâ-

mica costeira em determinados trechos do litoral têm relações dinâmicas impostas pelas alterações de salinidade, densidade da coluna de água e a temperatura dos oceanos (originaram fluxos de matéria e energia que controlam a disponibilidade e distribuição das massas d'água nos continentes). Essa dinâmica que integra os oceanos é realizada pela corrente termo-halina ou as denominadas “correia transportadora oceânica” (Figura 1.2).

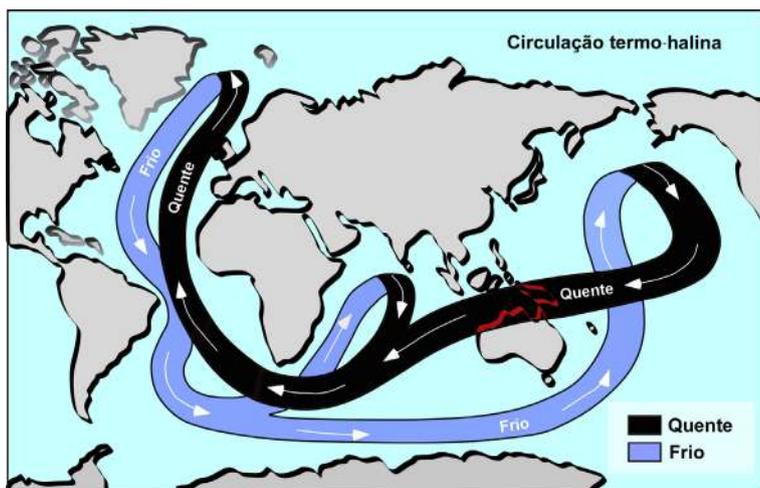


Figura 1.2 – Circulação termo-halina. Integração dos oceanos regendo as demais teleconexões continente-oceano-atmosfera-biosfera.

Fonte: Nasa (2004).

A síntese evolutiva da dinâmica da margem dos continentes é proposta pela tectônica de placas. O movimento das massas continentais é incessante e provocou alterações profundas nas disposições dos blocos de crostas continentais. Ora unidos, ora separados, fragmentando crostas e formação de novos continentes ou a união de massas continentais, com as suturas representando cadeias de montanhas. Essa dinâmica planetária conduziu os continentes por “territórios globais”, transitando

várias vezes pela atual linha do equador e atingindo os polos de nosso planeta. A formação da Pangeia no final do Paleozoico e sua fragmentação subsequente são um exemplo da união e dispersão dos continentes (e da irreversibilidade dos processos planetários). Para isso foram originadas novas crostas oceânicas, mares, erguidas cadeias de montanhas e alterações na profundidade, espessura e densidade do assoalho oceânico, eventos que resultaram em mudanças do nível relativo do mar, definidos como tectonoeustáticos (mudanças do volume dos oceanos pela compressão ou alongamento das bacias oceânicas associadas às dorsais mesoceânicas).

A existência de processos de *rifting* com intumescência térmica e elevação dos fundos oceânicos na área das dorsais acaba por produzir uma diminuição da capacidade das bacias oceânicas, acarretando transgressões generalizadas (HALLAM, 1992). Tratam-se de processos muito lentos. A taxa de variação do nível do mar por causas tectonoeustáticas anda por volta de 1 cm por cada 1.000 anos. As variações eustáticas devidas a esses fenômenos podem atingir valores entre 100 e 300 m. A Figura 1.3 mostra a velocidade de deslocamento das crostas continentais e oceânicas regida pela corrente de convecção nos diferentes níveis, de intercâmbios de temperaturas e pressão, entre os mantos inferior e superior e a litosfera, velocidades que induziram à formação de cadeias de montanhas jovens, como os Andes, Himalaias e Pirineus (entre outras).



A fusão total do gelo das calotas polares Antártica e Groenlândia provocaria uma subida do nível do mar da ordem dos 65-80 m (HALLAM, 1992). As grandes variações eustáticas foram provocadas pelas oscilações dos mantos de gelo sobre os continentes. De acordo com Simões (2004), o manto de gelo corresponde a uma massa de neve e gelo com grande espessura e área maior do que 50.000 km<sup>2</sup>. Os mantos de gelo podem estar apoiados sobre o embasamento rochoso (manto de gelo interior) ou flutuando (plataforma de gelo). Atualmente, só existem dois mantos de gelo na Terra: Antártico – 13,9 milhões de km<sup>2</sup> – e Groenlandês – 1,7 milhões km<sup>2</sup>. No passado recente (Quaternário), existiram outros, como, por exemplo, o da Escandinávia e o Laurentiano (na América do Norte).

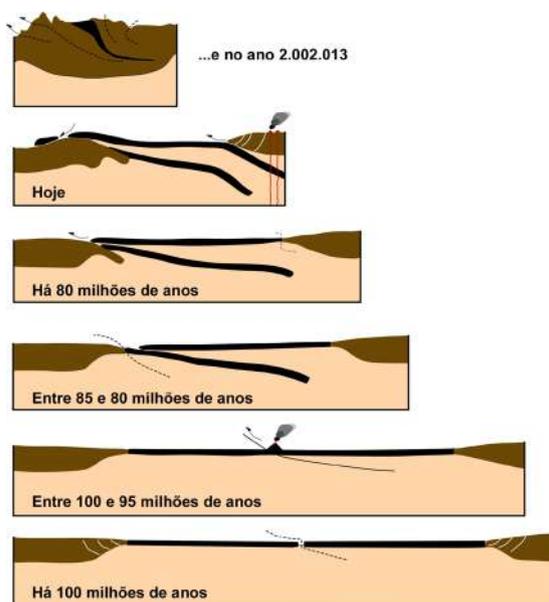


Figura 1.4 – Cadeias de montanhas constituídas por crostas oceânicas sobre o continente (crosta continental). Exemplo de obdução no estreito de Oman.

Fonte: Nicolas (1995).

As alterações de temperatura da Terra foram relacionadas com seus ciclos orbitais de precessão, obliquidade e excentricidade em relação ao Sol. Segundo Rodrigues da Silva (2007) e de acordo com as descobertas matemáticas de Milankovitch (IMBRIE; IMBRIE, 1980), a intensidade dos efeitos da insolação varia com a latitude. A influência do ciclo de obliquidade, a inclinação do eixo da Terra, que oscila aproximadamente a cada 41 mil anos, é maior nas regiões polares, tornando-se mais fraca em direção ao equador. Por outro lado, a influência do ciclo de precessão, cujo período é de cerca de 23 mil anos, provocando a variação da distância entre a Terra e o Sol, é menor nos polos e maior no equador. Como a quantidade de radiação recebida em uma dada latitude e estação é determinada pelo ângulo de inclinação e pela distância entre a Terra e o Sol, a forma da curva de radiação varia sistematicamente do polo ao equador (ZACHOS *et al.*, 2001) (Figura 1.5).

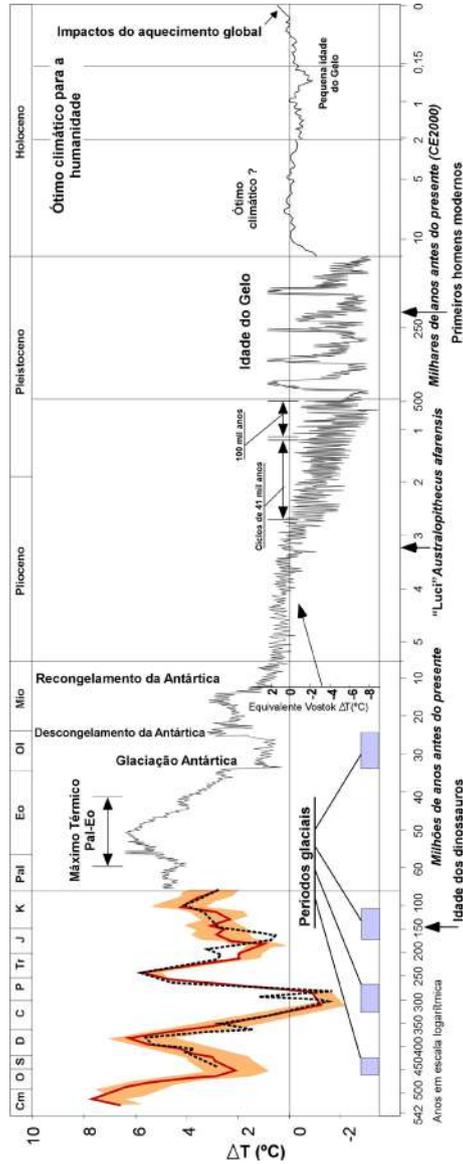


Figura 1.5 – Oscilações médias da temperatura ao longo do tempo geológico. No pleistoceno foram evidentes as oscilações relacionadas aos ciclos de excentricidade. Os dados de temperatura e idade dos eventos foram obtidos através da variação dos isótopos de oxigênio e carbono, respectivamente.

Fonte: Zachos *et al.* (2001).

Com as informações de sondagens do fundo do mar, que continham um registro de 450 mil anos, foram analisados três parâmetros sensíveis às mudanças climáticas e especiais para representações em séries temporais geológicas. Os parâmetros foram a composição isotópica de oxigênio ( $\delta^{18}\text{O}$ ) em foraminíferos planctônicos, uma estimativa das temperaturas de verão na superfície do mar, baseada em radiolários, e a abundância relativa de outras espécies de radiolários. As técnicas numéricas de análise espectral utilizadas pelos autores foram desenvolvidas para procurar evidências nas frequências de variação da obliquidade e da precessão. Hays *et al.* (1976) encontraram, nos espectros de intensidade, ciclos quase periódicos correspondentes aos orbitais. Contudo, apesar da presença dos períodos de 42 mil e de 19 e 23 mil anos, representando a obliquidade e a precessão respectivamente, os ciclos dominantes em todos os espectros analisados variavam entre 94 e 122 mil anos, o período da excentricidade. Esse ciclo não havia sido levado em consideração quando da realização da análise espectral, mas tinha aparecido naturalmente, como uma forte evidência de sua importância na indução das glaciações, uma ideia que já vinha sendo fermentada na época. Concluíram que a indução devido à excentricidade não poderia resultar em uma resposta linear do sistema climático. Seus efeitos seriam provocados pela modulação que esse ciclo provocaria no de precessão, que possui uma amplitude proporcional. Uma resposta a essa modulação seria a observada nos mantos de gelo. A indução provocada pela precessão implicaria um tempo de crescimento das geleiras maior que o de recuo. O tempo de crescimento seria proporcional ao ciclo de 100 mil anos, com uma recessão rápida de alguns milhares de anos (*in* RODRIGUES DA SILVA, 2007).

As variações eustáticas têm um caráter global, enquanto os movimentos que se verificam nos continentes são regionais

e normalmente relacionados à dinâmica orogênica e demais ajustes na mecânica dos processos tectônicos. Como anteriormente evidenciado, nível do mar é um conceito relativo. Foi amplamente evidenciado e representado através de diversas curvas construídas com os valores altimétricos e as idades dos respectivos níveis suspensos ou submersos (com níveis intermediários, escalonados, representativos dos eventos erosivos e deposicionais). Esses valores de altitude dos antigos níveis marinhos (com relação ao nível atual) e as suas idades foram obtidos nos depósitos originados pela ação das ondas e marés – preservados na forma de terraços marinhos, fluviomarinhos, lagunares e sistemas deltaicos (ou mesmo terraços submersos interdigitados ou sobrepostos por depósitos continentais, praias, eólicos, mistos e marinhos). Em um contexto global de evolução geológica dos continentes e dos oceanos, as variações do nível do mar foram resultantes das tendências eustáticas e das manifestações geofísicas voltadas para a estruturação tectônica das crostas. Ainda nesse contexto, no nível do mar é transitório, e as formas de relevo resultantes, fruto da dinâmica climática e neotectônica, foram impostas por esse comportamento medido em milhões de anos.

Novos elementos para acompanhar a complexa relação entre os eventos de flutuações do nível relativo do mar e climáticas poderão ser acrescidos com as resultantes geofísicas geoidais. De fato, as subidas e descidas da superfície do geoide dependem de fenômenos de convecção verificados no nível do manto terrestre (inviabilizando a realização de uma curva absoluta do nível do mar para toda a Terra). De fato, embora o eustatismo geoidal possa ser um fenômeno relativamente lento, os seus efeitos acabam por poder ser relevantes em prazos relativamente longos, por exemplo, à escala dos 2,5 milhões

de anos admitidos como duração do Quaternário (RISER, 1999). Com a introdução da ideia de mudanças na superfície do geoide (geoide-eustasia) por Mörner (1976), as quais produzem efeitos regionais ou até locais, não foi mais possível definir uma curva eustática geral de flutuação do nível do mar, e sim curvas locais ou regionais.

## **Flutuações do Nível Relativo do Mar e Mudanças Climáticas**

As épocas em que se produziram as glaciações, as condições de sua formação e o aparecimento do homem constituem as características mais marcantes do período Quaternário, onde o limite inferior tem-se colocado na passagem do Plioceno (Terciário) para o Pleistoceno.

Foi o francês Jules Desnoyers que, em 1829, introduziu o termo Quaternário como um agregado à nomenclatura Primário, Secundário e Terciário, que constituía a escala geológica criada por Arduino em 1759. Modernamente, substituiu-se por Paleozoico, Mesozoico e Cenozoico, respectivamente. O termo Pleistoceno foi utilizado pela primeira vez por Charles Leyell em 1839. Paul Gervais, em 1869, emprega o termo Holoceno e, em 1885, o Congresso Internacional de Geologia aprova-o para designar assim o tempo pós-Pleistoceno. O critério climático é o que tem mais seguidores e uso, sendo o paleontológico, quando se utiliza, uma consequência do primeiro (LEONEL, 1984).

Os estudos em testemunhos de gelo e do substrato dos oceanos realizados por Shackleton (1987) definiram 9 eventos glaciais e 10 interglaciais para os últimos 700.000 anos. Foram evidenciados pelos valores dos isótopos de oxigênio em sedimentos do fundo marinho. Segundo Broecker e Denton (1990),

no último milhão de anos, algo modificou-se na equação climática da Terra, permitindo que a neve permanecesse em montanhas e latitudes setentrionais onde anteriormente não existiam. Os acúmulos de gelo glacial (espessuras quilométricas) foram eventos rápidos, do ponto de vista geológico. Entretanto, o ritmo das temperaturas nos eventos glaciais e interglaciais é muito mais lento do que evidenciado nos últimos 150 anos, cuja temperatura subiu aproximadamente 0,8 °C (IPCC, 2007).

A base do Pleistoceno é geralmente colocada na parte inferior (1,8 milhão de anos) ou superior (1,6 milhão de anos) do evento geomagnético Olduvai, de mudanças da polaridade terrestre. Nos Países Baixos, é colocada no limite de duas épocas paleomagnéticas (Gaus/Matuyama) cuja base está situada ao redor de 2,5 milhões de anos (ZAGWIJN, 1974).

O Pleistoceno é dividido em inferior, médio e superior, abrangendo várias alternâncias glaciais e interglaciais, identificadas nas calotas alpina e fenoscandiana, na Europa, e laurentiana, na América do Norte. Admite-se que essas alternâncias dentro do Quaternário tenham sido causadas por mudanças climáticas cíclicas, iniciadas bruscamente entre 2,4 ou 2,1 milhões de anos (LOWE; WALKER, 1984; ROBERTS, 1989).

O limite Holoceno/Pleistoceno é caracterizado por uma mudança climática intensa que teria ocorrido em torno de 10.000 e 11.000 anos A.P. (LAMB, 1966). O desaparecimento de numerosas espécies animais características do Pleistoceno e o fato de o Holoceno pertencer a um intervalo geológico posterior à última glaciação atestam esse limite. Bigarella *et al.* (1975 e 1994) concluíram que a passagem do Pleistoceno para o Holoceno caracteriza-se por uma mudança acentuada nas condições climáticas, convergindo para um aumento de temperatura e umidade.

Os indicadores morfológicos dessas alterações climáticas foram representados ao longo do litoral e nos baixos cursos fluviais e estuários. Possivelmente estão relacionados com temperaturas mais elevadas e precipitações pluviométricas mais baixas que as atuais, durante a regressão subsequente ao último máximo transgressivo definido por Martin *et al.* (1982). Essas condições atmosféricas caracterizam médias meteorológicas de transição de uma fase mais úmida para clima mais seco, proporcionando índices mais baixos de precipitações pluviométricas (chuvas características de clima semiárido), ventos mais fortes e insolação mais elevada, com baixos valores de umidade. Essas características são comumente observadas em períodos de regressão marinha, as quais provocaram mudanças nos parâmetros meteorológicos originados por flutuações no nível dos oceanos, e elevaram a quantidade de gelo distribuída no planeta.

Numerosas teorias têm sido propostas para explicar os fatores responsáveis pelas flutuações do nível do mar. Esses fatores estão relacionados com as variações reais do nível marinho (eustasia), as quais estão associadas às modificações do nível dos continentes (tectonismo e isostasia). Gary *et al.* (1972) definem eustasia como o regime de níveis do mar e suas flutuações causadas por mudanças absolutas na quantidade de água. MaClaren (1842 in JELGERSMA, 1971) fez a primeira referência sobre oscilações do nível do mar durante o Pleistoceno, introduzindo a teoria de controle glacial nesses processos.

Para Fairbridge (1961), o nível eustático (*eustatic sea level*) está relacionado com 4 categorias de processos: tectono-eustasia – mudança no volume das bacias oceânicas ocasionada por movimentos tectônicos; sedimentoeustasia – movimento controlado por adição de sedimentos pelágicos e/ou terrígenos; glacioeustasia – movimento controlado por condições climáticas, com adição ou subtração de água durante

os respectivos ciclos interglaciais e glaciais, e mudanças das condições de temperatura e salinidade (*steric change*), alterando a massa (expansão ou contração) da água oceânica.

A Figura 1.6 sistematiza os processos envolvidos nas mudanças do nível do mar, podendo ser identificados na costa brasileira e principalmente nordestina, uma vez que no litoral cearense foram caracterizados depósitos geológicos, morfologias, eventos neotectônicos (ASSUMPÇÃO, 1989; ASSUMPÇÃO *et al.*; 1989, SAAD; TORQUATO, 1992) e altos estruturais (relacionados com a formação de bacias sedimentares tipo “*rift*”). Esses processos controlaram os níveis marinhos e continentais, sendo a altura do mar em relação a um determinado ponto do litoral a resultante momentânea de interações complexas entre a superfície do oceano e do continente (SUGUIO *et al.*, 1985).

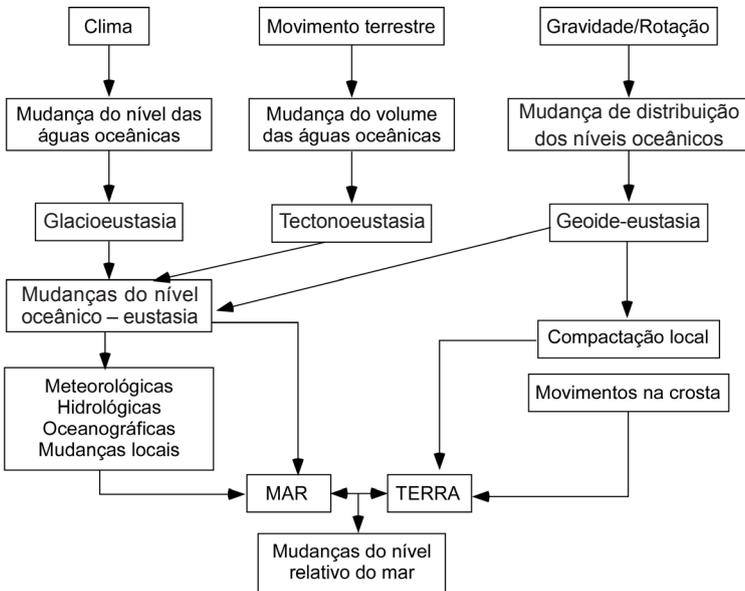


Figura 1.6 – Fatores que controlam os níveis marinhos e continentais responsáveis pelas mudanças do nível relativo do mar durante o Quaternário.

Fonte: Mörner (1980).

Os fatores de mudanças do nível do mar foram agrupados em escala temporal por Warrick (1993), envolvendo variações de curto espaço de tempo (oscilações de marés) a mudanças do nível do mar em milhares de anos (efeitos tectônicos). A Figura 1.7 mostra o agrupamento dos fatores e o posicionamento temporal dos fenômenos. Podem ocorrer ajustes seculares nas variações das marés associados a ajustes isostáticos (como os associados aos eventos de deglaciações pleistocênicas) com respostas morfológicas ao longo da linha de costa (AUBREY *et al.*, 1988).

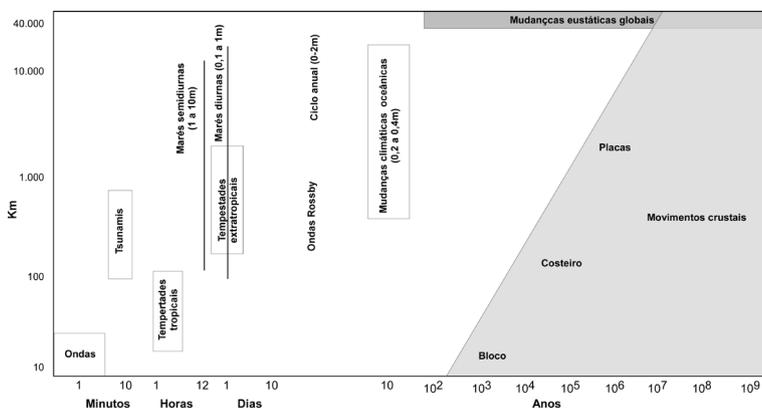


Figura 1.7 – Principais fatores relacionados com mudanças do nível do mar. Apresenta a abrangência geográfica (km) e tempo de atuação de cada fator.

Fonte: Warrick (1993).

Pesquisas realizadas na costa leste e nordeste do Brasil por Bigarella (1957, 1971), Martin e Suguio (1978), Bittencourt *et al.* (1979, 1982, 1983), Martin *et al.* (1980, 1981), Dominguez *et al.* (1983, 1994), Martin *et al.* (1980, 1982, 1982a e 1986), Suguio *et al.* (1985), nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia, Sergipe e Alagoas, Manso *et al.* (1992, 1994, 1996), no estado de Pernambuco, ressaltaram a influência das variações relativas do nível do mar, bem como os mecanismos de sedimentação. Esses autores propuseram um modelo básico de evolução paleogeográfica costeira durante o Quaternário.

Esse modelo foi elaborado por meio dos mapas geológicos de detalhe e datações radiométricas ( $C^{14}$ ), com evidências de três períodos caracterizados pelos níveis relativos do mar mais altos do que o atual. Evidências do nível marinho alto mais antigo foram identificadas somente no litoral da Bahia e Sergipe, conhecido sob a designação de Transgressão mais Antiga (BITTENCOURT *et al.*, 1979), tendo ocorrido antes de 123.000 anos A.P. Trata-se de um evento mal definido, pois não existem afloramentos que possam ser atribuídos com certeza a essa transgressão (SUGUIO *et al.*, 1985). Subsequente ao máximo alcançado por essa transgressão, ocorreu uma regressão, onde o nível do mar, segundo Tricart (1968), situava-se entre 80 e 90 m abaixo do nível médio atual.

Segundo Goudie (1983), as causas potenciais de mudanças climáticas estão relacionadas com: evolução do Sol; ondas gravitacionais no universo; poeira galáctica; massa e composição do ar; mudanças polares,  $CO_2$  no ar; elementos orbitais da Terra; relação ar-mar-gelo; circulação oceânica abissal; variação da intensidade solar; cinzas vulcânicas na estratosfera, variações oceano-atmosfera e dinâmica atmosférica. O autor citado apresenta esses fatores em ordem cronológica descendente, iniciando desde a formação do planeta (evolução do Sol) até as variações anuais (atmosféricas).

Na plataforma continental do Ceará, Freire (1989) identificou registros dessa regressão, em que o nível do mar desceu a aproximadamente 90 m abaixo do atual. Martins e Coutinho (1981) também definiram esse nível de mar nas plataformas dos estados de Alagoas e Sergipe. Esses eventos eustáticos ficaram registrados nos sedimentos da plataforma continental e foram associados às contribuições das bacias de drenagem, quando nos ótimos climáticos forneciam grandes quantidades de sedimentos argilosos que alcançaram o talude continental (Figura 1.8).

### Localização da sondagem

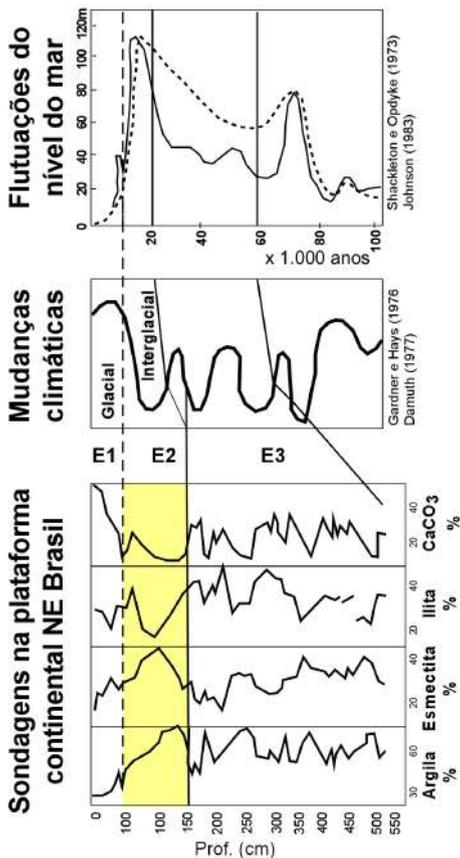
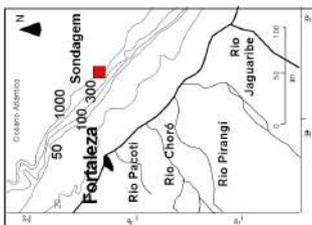


Figura 1.8 – Sondagem realizada no talude continental diante do estado do Ceará.  
 Fonte: Tiltot e Morais (1994).

O segundo nível marinho alto ocorreu por volta de 120.000 anos A.P., denominado por Bittencourt *et al.* (1979) de Penúltima Transgressão e por Suguio e Martin (1978), no litoral paulista, de Transgressão Cananeia, tendo atingido o seu máximo de  $8 \pm 2$  m acima do atual. Emery e Aubrey (1991), estudando as evidências de variações do nível do mar na costa norte-americana, afirmaram que o último e maior período interglacial ocorreu por volta desse mesmo período.

No litoral cearense, terraços marinhos pleistocênicos, referentes a esse segundo nível mais alto do mar, somente foram encontrados na porção leste do estado, no município de Icapuí (MEIRELES, 1991). Em outras localidades poderão ser encontrados, como, por exemplo, nas planícies costeiras de Itarema (estudada por FONTELES, 1995) e Camocim, bastando a realização de sondagens, as quais, preferencialmente, realizadas nas proximidades do contato entre os sedimentos tipicamente continentais com os retrabalhados pelas oscilações do nível do mar. Os depósitos de areias marinhas pleistocênicas evidenciam contatos erosivos e gradacionais com sedimentos transicionais e da Formação Barreiras.

Os terraços pleistocênicos evidenciados na planície costeira de Icapuí refletem dois pontos básicos no que diz respeito à evolução geomorfológica da região: 1) caracterizam influências dos processos transgressivos na construção da planície desde o último grande período interglacial, por volta de 123.000 anos A.P., e 2) mostram que os processos tectônicos, com movimentos verticais mais proeminentes (isostasia, tectono-eustasia, sedimentoeustasia), não foram preponderantes na evolução da planície, pois os terraços encontram-se no mesmo nível de base que foram originados. Processos tectônicos de soerguimento certamente teriam sido arrasados (erosionados) com essa mor-

fologia. A não ocorrência mais generalizada ao longo do litoral possivelmente poderá estar relacionada com a erosão provocada durante a última transgressão, a qual, durante o processo regressivo subsequente, originou os terraços marinhos holocênicos.

Após esse segundo nível marinho alto, Urien *et al.* (1980a) estabeleceram que, durante a última grande glaciação, o nível do mar ficou em posição relativa de 170 a 180 m abaixo do nível atual e que o aumento relativo do nível das águas do mar iniciou-se há aproximadamente 16.000 anos A.P. Emery e Aubrey (1991) evidenciaram para a costa dos EUA um nível do mar entre 60 e 120 m abaixo do atual, em um período entre 17.000 e 10.000 anos A.P. (com uma elevação em torno de 3,5 a 12,0 mm por ano para esse período). Os estudos realizados por Crowley e North (1991) sobre paleoclimatologia definiram que o último máximo glacial ocorreu entre 22.000 e 14.000 anos A.P. Esse evento foi chamado *Wisconsin* na América do Norte, *Würm* nos Alpes e *Weichselian* no oeste da Europa.

Nessa época desenvolveu-se uma extensa planície costeira sobre a plataforma atual, com sistemas fluviais, estuários, terraços marinhos, manguezais, lagoas, gerações de dunas e pântanos. O rio Jaguaribe, a oeste da planície de Icapuí, formou seu próprio “*canyon*” até a borda da plataforma e início do talude, definindo uma planície costeira pleistocênica com amplos terraços marinhos.

Estudos realizados por Komar (1976) definiram uma curva de mudanças do nível relativo do mar para os últimos 40.000 anos A.P. Foi elaborada como síntese de diversas curvas em diferentes partes do mundo, mostrando que, entre 20.000 e 15.000 anos A.P., o nível do mar estava a 130 m abaixo do atual (nível mais alto que os apresentados por Urien *et al.*, 1980) e que até os 7.000 anos A.P. ocorreu uma subida rápida, em

torno de 8 mm por ano. Esse mesmo autor utiliza os estudos de Van Andel e Laborel (1964 *apud* KOMAR, 1976) realizados no Brasil, os quais definiram registros de níveis marinhos acima do atual a partir dos últimos 7.000 anos A.P. Kidson (1986) também apresenta uma série de curvas realizadas na América do Norte e Europa (Figura 1.9), evidenciando as mudanças no nível do mar nos últimos 10.000 anos. Esse autor mostrou que as diferenças entre as curvas estão relacionadas com mudanças isostáticas, algumas por movimentos tectônicos e outras por efeito de compactação gravitacional. Existem mais de 800 curvas de variações relativas do nível do mar (PIRAZZOLI, 1991) demonstrando a diversidade de componentes morfológicos relacionados com elevada quantidade de evidências de distintos níveis do mar ao redor dos continentes. Para o litoral cearense, os dados radiométricos e seus respectivos posicionamentos em relação ao nível de maré alta atual foram utilizados para a construção da primeira curva (referente ao litoral leste).

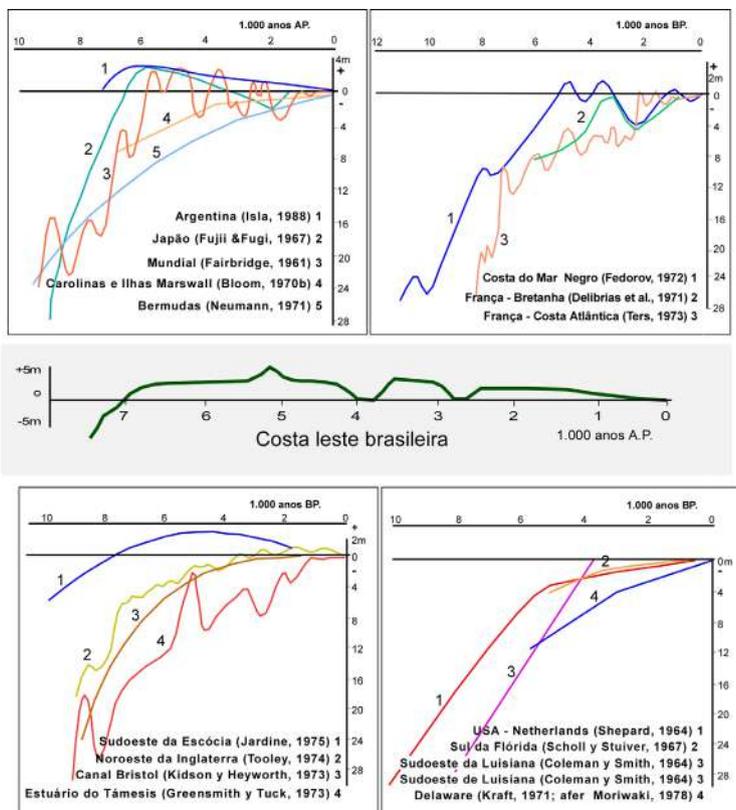


Figura 1.9 – Curvas do nível do mar elaboradas para diversas regiões. Demonstram as variações relativas provocadas por efeitos regionais.

Fonte: Pirazoli (1991) e Martin *et al.* (1986).

No Quaternário do Atlântico uruguiaio, Urien *et al.* (1980a) constataram que a ascensão do nível do mar (Quaternário Superior) produziu-se em quatro episódios fundamentais: anterior a 14.000 anos A.P., entre 11.000 e 6.000 anos A.P., entre 6.000 e 4.000 anos A.P. e desde 4.000 anos A.P. até o presente. Dados sobre condições climáticas e do nível do mar, fornecidos por análises de sedimentos marinhos, utilizando isótopos de oxigênio, realizadas por Shackleton (1987), definiram um nível

do mar 130 m abaixo do atual, por volta de 14.000 anos A.P., e representativo da última glaciação. Os níveis correspondentes a terraços marinhos vinculados com eventos tectônicos foram descritos nas ilhas caribenhas, mais ao norte do Brasil (MARTÍNEZ *et al.*, 2010). Os aspectos relacionados com datações dos corais e a elaboração de curvas de variação do nível relativo do mar deverão ser vinculados aos tectônicos e isostáticos dos sistemas insulares e suas respectivas plataformas continentais (GISCHLER, 2006).

Segundo Martin *et al.* (1986), após 7.000 anos A.P. o nível relativo do mar alcançou um máximo de 5 m acima do nível médio atual (terceiro nível marinho alto), para a costa leste e parte da nordeste do Brasil. Esses pesquisadores construíram uma curva para essa última elevação do nível do mar (Figura 1.9), na qual foram representadas oscilações em curtos espaços de tempo. Esse episódio foi chamado por Suguio e Martin (1978) de Transgressão Santos (litoral paulista) e por Bittencourt (1979) de Última Transgressão (litoral baiano). Esse evento é associado por alguns autores à Transgressão Flandriana. As variações relativas do nível do mar de pequena amplitude e curta duração, a partir de 5.100 anos A.P., foram evidenciadas no desenvolvimento das porções mais recentes das planícies costeiras brasileiras (MARTIN *et al.*, 1993).

As evidências dos processos geológicos que envolveram flutuações do nível do mar estão representadas no contato entre sedimentos tipicamente continentais e marinhos. Os dados que registram mudanças do nível do mar evidenciaram ciclicidades, principalmente os relacionados com análises isotópicas, com registros ao longo de todos os continentes. Para o último período glacial, Hederson (1998) apresenta um modelo para definir a abrangência das coberturas de gelo no planeta, demonstrando que, por volta de 18.000 anos A.P., o nível do mar estava em média 100 m abaixo do atual (Figura 1.10).

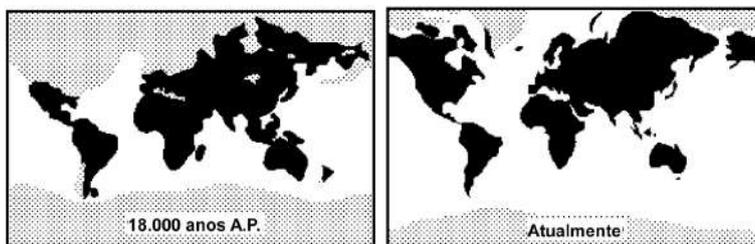


Figura 1.10 – Evidencia a abrangência da última glaciação há aproximadamente 18.000 anos A.P., quando o nível do mar estava por volta de 100 m abaixo do nível atual.

Fonte: Hederson (1998).

Estudos realizados por Angulo e Suguio (1995), Angulo e Lessa (1997) e Lessa e Angulo (1998) evidenciaram níveis do mar mais baixos do que os registrados por Martin (1993) para a planície costeira do Paraná. Propuseram uma curva com as datações de vermitídeos (organismos marinhos característicos da zona de praia), que não evidenciou as oscilações secundárias. De acordo com Martin *et al.* (1998), esse tipo de curva, construída somente com um tipo de indicador, não permite registrar oscilações de curta duração, as quais constituem característica fundamental de fenômenos naturais. Para esses autores, o último evento regressivo foi interrompido por oscilações de alta frequência, com amplitudes de 2 a 3 m e duração de aproximadamente 300 anos. Os indicadores existentes na planície costeira cearense parecem confirmar eventos oscilatórios do nível do mar, principalmente durante a última fase regressiva, que iniciou há 5.100 anos A.P. (ver capítulo 4).

## As Glaciações e os Níveis do Mar – uma Abordagem Global

Os eventos que contribuíram para as variações do nível relativo do mar refletem um complexo conjunto de processos

geoambientais que resultam em formas de relevo. Estão relacionados com diversas causas, basicamente associadas a movimentos tectônicos, sedimentação do piso oceânico, isostasia (glácio, hidro e sedimentar), topografia do fundo oceânico, movimentos geoidais, glaciações, mudanças climáticas, falhas geológicas, compactação sedimentar e subsidência, marés, tsunamis e ondas (GODIE, 1983; LOWE; WALKER, 1984; ROBERTS, 1989; EMERY; AUBREY, 1991).

Fenômenos ambientais que provocaram mudanças nas condições atmosféricas globais originaram uma complexidade de reações geossistêmicas, as quais interferiram nos processos morfogenéticos. Resultaram em mudanças dos agentes intempéricos e de transporte de sedimentos, em diferentes dimensões e escalas variadas, em áreas distintas do planeta. Possibilitaram a formação dos fluxos de energia e materiais que transitaram por grandes áreas do território, envolvendo intensidade e volume diferenciados, essencialmente de acordo com a dinâmica climática. As mudanças das condições climáticas úmidas para semiáridas e áridas (período de transição) normalmente estão vinculadas à remobilização de espessas camadas de material intemperizado durante as condições meteorológicas regidas pelos climas temperados. A diminuição do porte, a abrangência da cobertura vegetal, chuvas torrenciais e concentradas em curto espaço de tempo são fatores que definiram fases de transição climáticas frequentemente associadas às condições de clima mais quentes e áridos.

O trânsito de materiais com diferentes constituições granulométricas, aliado ao tempo geológico, contribuiu diretamente para a contínua transformação da planície costeira. Um grão de areia que se desloca ao longo da rede de drenagem origina novas formas de relevo por todo seu trajeto, desde

quando se desprende da rocha (ação intempérica), durante o transporte pelos rios (ação fluvial) até o destino final, o mar e as planícies costeiras (ação dos ventos, ondas e marés). Ocorrem movimentos generalizados de massa (ações gravitacional e pluvial) nas encostas e vertentes dos vales, aportando materiais para a morfogênese das áreas topograficamente mais baixas e provocando o recuo das escarpas, que tendem a ser suavizadas topograficamente durante os sucessivos ciclos de mudanças climáticas. As coberturas de gelo que envolveram grandes áreas continentais – por volta de 18.000 anos A.P. parte dos continentes americano e europeu estava submersa por camadas de gelo que alcançaram até 4 km de espessura – provocam, como vimos, mudanças eustáticas (glacioeustasia). Nas latitudes mais baixas os rios elevaram seu potencial erosivo (incisão vertical) e de transporte de sedimentos. Entretanto, Meier (1984), em seus estudos sobre a contribuição dos pequenos glaciares para mudanças globais do nível do mar, constatou a influência atual de uma elevação do mar em aproximadamente 28 mm, correspondendo ao período entre 1900 e 1961 (uma subida anual de  $0,46 \pm 0,26$  mm), dados que evidenciam a necessidade de levar em conta, para a compreensão dos fenômenos ambientais na zona costeira, as influências humanas nas condições climáticas atuais (ver trecho final das curvas de variação da temperatura do planeta representado na Figura 1.9).

As mudanças climáticas ocorridas durante o Quaternário foram estudadas por meio de registros palinológicos (CROWLEY; NORTH, 1991; YAKZAN; HASSAN, 1997, BURJACHS *et al.*, 1994; LEDRU *et al.*, 1996). Os polens existentes nas camadas sedimentares acumuladas de acordo com o ritmo das mudanças climáticas proporcionam informações sobre as características ambientais, revelando as associações

vegetais definidas pelos palinomorfos (relação entre polens de vegetação arbustiva e arbórea, taxonomia etc.). Como exemplo da diversidade e precisão das informações dos polens “fósseis”, Maley (1996) apresenta um estudo sobre estimativas entre a relação precipitação/evaporação (P/E) (positiva ou negativa) para a África e América do Sul, entre 3.700 e 2.000 anos A.P. (Figura 1.11). Para esse autor, entre 3.700 e 3.000 anos A.P., o clima era mais quente e, entre 2.800 e 2.000 anos A.P., ocorreu um esfriamento. Dessa forma, as condições climáticas, ao definirem associações vegetais desde os registros palinológicos, revelaram as características ambientais (paleogeografia) em dimensões continentais e em um determinado período. Mudanças nos parâmetros climáticos refletem diretamente na associação vegetal, originando registros de oscilações climáticas vinculados aos padrões polínicos derivados. Para Ehlers (1996), os estudos da cobertura vegetal, para a elaboração de modelos paleogeográficos, produziram elementos geoambientais ecológicos para a constituição de paleoclimas, com a definição espacial e temporal das condições climáticas que prevaleceram em uma determinada região.

Estudos realizados em um lago entre os sistemas amazônicos e os lençóis maranhenses (lago Caçó, no estado do Maranhão) demonstraram, em termos gerais, que o fim do último máximo glacial (por volta de 18.000 anos A.P.) foi marcado por um clima seco, interrompido por eventos de curto prazo úmidos. Os polens também evidenciaram uma densa floresta pluvial tropical dominante na região da baía de Guanabara em 4.210 anos A.P. (BARTH *et al.*, 2004). As condições climáticas do Oceano Pacífico possivelmente contribuíram nos 10.000 anos A.P. para uma diminuição das geleiras da América do Sul, com as maiores velocidades de retração definidas no século XX (JOMELLI *et al.*, 2011).

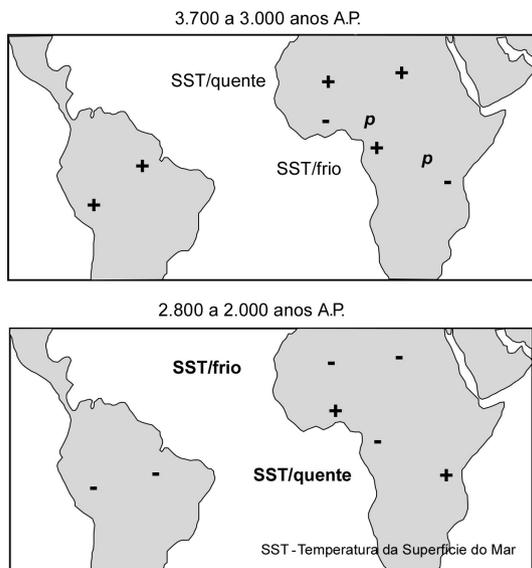


Figura 1.11 – Mapa esquemático mostrando a estimativa para a relação precipitação/evaporação (P/E) (negativa ou positiva), para a América do Sul e África, entre os períodos de 3.700 anos A.P. (*p* indica setores onde foram obtidos os melhores registros de grãos de pólen *Podocarpus*) e 2.800 a 2.000 anos A.P. A temperatura da superfície do mar (*Sea Surface Temperature* – SST) influencia nas características climáticas e dinâmica atmosférica.

Fonte: Maley (1996).

O continente antártico e parte da Groenlândia estavam cobertos de neve por volta de 18.000 anos atrás. O gelo cobria uma terça parte da superfície da Terra. Em algumas zonas da América do Norte, alcançava até vários quilômetros, abrangendo setores representados pelos estados de Óregon e Nova York. A temperatura média da superfície para todo o globo e todas as estações era aproximadamente 5 °C mais fria que a média atual (COVEY, 1984). Esses dados foram obtidos através de correlações geomorfológicas, ciclos de inclinação do eixo da Terra e a geometria de sua órbita ao redor do Sol (Teoria de Milankovitch), determinação

da razão  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  e datações radiométricas. De acordo com Broecker e Denton (1990), os estudos isotópicos de conchas de foraminíferos ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ), em testemunhos coletados no fundo oceânico, possibilitaram a delimitação dos episódios glaciais e interglaciais. Uma elevação de  $^{18}\text{O}$  evidencia climas mais frios, uma diminuição representa aportação de  $^{16}\text{O}$  proveniente do degelo continental. Afirmam ainda que é uma relação global, pois a variação entre amostras coletadas em diferentes pontos é notavelmente pequena.

Os processos geológicos, geofísicos, geomorfológicos e climáticos foram originados e influenciados diretamente de diferentes níveis do mar durante o Quaternário. Quando os terrenos formados em um nível do mar mais elevado – evidenciando submersão e posterior regressão marinha –, certamente serão identificados componentes/eventos sedimentológicos, morfogenéticos, paleontológicos, geoquímicos e atmosféricos relacionados com indicadores mais favoráveis ao intemperismo químico. Condições ambientais também poderão ser vinculadas a uma cobertura vegetal arbórea, devido ao predomínio de um regime pluviométrico regular, com disponibilidade de água nos rios e lençol freático.

As evidências paleoclimáticas demonstram a eficácia dos agentes morfológicos e suas construções relacionadas com, por exemplo, paleopavimentos exumados. A disponibilidade de areia para a formação de extensos campos de dunas na planície costeira dos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão certamente foi relacionada com eventos regressivos (disponibilidade de areia na plataforma interna recém-descoberta), climas áridos e semiáridos (ventos, insolação, pluviosidade reduzida e baixa umidade) e condições ideais para a remobilização dos sedimentos arenosos. Durante esses eventos

do nível do mar mais baixos do que o atual, formam-se planícies mais largas, com zonas de estirâncio mais extensas.

Essa sequência de condições atmosféricas, geológicas e morfológicas foi favorável ao transporte eólico e, portanto, à formação das dunas. Basta ocorrer uma elevação nos valores de umidade, associada a um evento transgressivo, para se inverter as condições climáticas e induzir a fixação das dunas, pela edificação ou formação de eolianitos. Com a transição entre climas mais úmidos e mais secos, ocorre um aumento no volume de materiais nos vales, uma vez que as chuvas torrenciais, concentradas em curto espaço de tempo, mobilizam o manto intempérico (originado em condições climáticas anteriores, mais úmidas). Como os estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí têm grande parte de seus rios com nascentes em bacias sedimentares marginais e interiores (planaltos sedimentares), a contribuição de sedimentos arenosos provenientes das descargas fluviais foi preponderante para a grande disponibilidade de areia nas praias e plataforma continental interna.

Para explicar a dinâmica dos sedimentos na zona de praia, ponto de interação entre os processos glaciais e interglaciais, originados pelos diversos fatores apresentados neste estudo, Bruun (1962) definiu processos morfogenéticos relacionados com eventos transgressivos do nível relativo do mar (Figura 1.12). O movimento das areias, em um perfil de praia submetido à transgressão, é continuamente erodido na mesma proporção da subida do nível do mar. As areias são transportadas da praia para a antepraia, formando bancos e esporões de areia, podendo evoluir para ambientes lagunares. Dominguez *et al.* (1982) demonstraram que as areias transitam da antepraia para a zona de praia durante um evento regressivo e, dessa forma, originando terraços marinhos. Os terraços marinhos

existentes ao longo do litoral cearense podem ser associados a esses eventos, principalmente os encontrados nas planícies de Icapuí, Paracuru e Camocim.

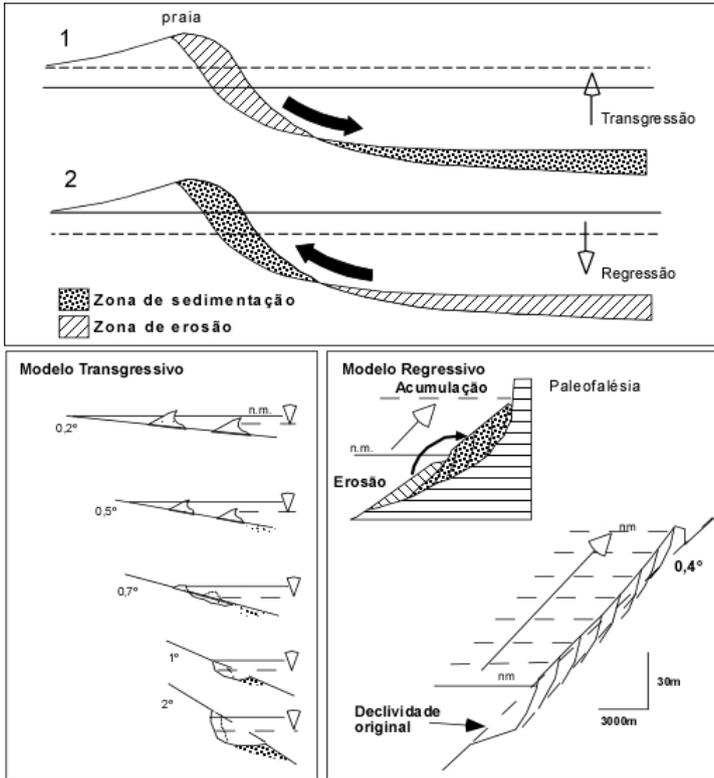


Figura 1.12 – Dinâmica do ambiente praiado submetido a variações do nível do mar.

Fonte: Brunn (1962).

**Nota:** Durante uma fase transgressiva, as unidades morfológicas são erodidas, com os sedimentos movimentados para a zona de plataforma, formando inicialmente bancos de areia longitudinais e evoluindo para ilhas-barreira. A fase regressiva transporta as areias no sentido mar-continente, com a progradação da faixa litorânea e a origem dos terraços marinhos.

Aspectos geomorfológicos relacionados com esses eventos podem ser observados na planície costeira cearense. Estão representados por falésias mortas e plataformas de abrasão (*shore platforms*), planícies fluviomarinhas onde não mais par-

ticipam das oscilações de marés, terraços marinhos, paleomangues, arenitos de praia (*beachrocks*), restos de antigos corais e gerações de dunas. As falésias mortas são constituídas por depósitos sedimentares pertencentes à Formação Barreiras (parte do litoral leste cearense também por depósitos eólicos denominados de Formação Potengi) e foram constatadas em várias regiões, destacando-se as ocorrências de Icapuí, Aracati, Pecém, Paracuru, Paraipaba, Itarema e Camocim.

Os distintos níveis do mar e as flutuações climáticas globais (ver Figura 1.9) foram definidos através dos registros desses eventos distribuídos nas planícies costeiras, camadas de gelo, fundos de vales, depósitos lacustres e fundo marinho. As evidências geológicas, geomorfológicas, topográficas, arqueológicas, aliadas às análises palinológicas, radiométricas e isotópicas, forneceram uma grande quantidade de informações que constataram ciclicidades glaciais e interglaciais. A compreensão desses eventos foi-se ampliando com as informações relacionadas às sondagens em bacias sedimentares e em espessas camadas de gelo. Em nível local, os indicadores morfológicos são diversos e muitas vezes difíceis de serem correlacionados com eventos eustáticos em outras regiões do planeta. Os terraços marinhos holocênicos podem ser suspensos a vários metros de altura em um único evento tectônico, em apenas poucos instantes, como ocorreram nas planícies costeiras de regiões tectonicamente ativas. Terraços marinhos na planície costeira do Chile, zona de convergência entre a placa de Nasca e a sul-americana, foram suspensos em até 9 m de altura, em apenas um único evento (RADKER, 1989). Ao longo de parte do litoral nordestino e leste brasileiro, os terraços foram originados, preferencialmente, de eventos eustáticos, predominando os efeitos glacioeustáticos, geoide-eustasia que derivaram complexos eventos transgressivos e regressivos.

Segundo Gribbin (1994), e analisando a partir de uma perspectiva afastada das médias de temperaturas mais elevadas, estaríamos vivendo com os benefícios acumulados do já antigo período interglacial. Afirmar ainda que as épocas mais quentes estão para trás (episódios interglaciais), e nos aproximamos com rapidez de uma configuração orbital para uma rigorosa glaciação que poderá ter lugar no próximo século. O autor afirma que certamente ocorrerá dentro dos próximos 4.000 anos. Depois, o mundo ficará imerso em uma glaciação durante outros 100.000 anos, antes do seguinte período interglacial.

Os dados mais recentes evidenciaram que essa tendência de variação da temperatura foi fortemente atropelada pela elevada quantidade de CO<sub>2</sub> emitida nos últimos 150 anos (derivada da queima de combustíveis fósseis e das florestas). Valores médios de 280 ppm, relacionados aos eventos interglaciais para os últimos 400.000 anos, passaram rapidamente para mais de 390 ppm de CO<sub>2</sub> (Figura 1.13) com as emissões antropogênicas. Esses resultados foram relacionados com o aumento médio da temperatura do planeta por volta de 0,8 °C (IPCC, 2007). A precisão das relações diretas entre aumento de dióxido de carbono e da temperatura foi também vinculada (99% de correlação) com a subida do nível do mar, diminuição das calotas polares e das camadas de gelo das montanhas e do hemisfério norte (Figura 1.14). Os vínculos entre o sistema planetário associado às emissões de dióxido de carbono e o aumento da temperatura também provocaram reflexos no aumento do nível do mar por expansão térmica dos oceanos e, de acordo com Meehl *et al.* (2007), deverá ser 0,2-0,6 m por grau de aquecimento global.

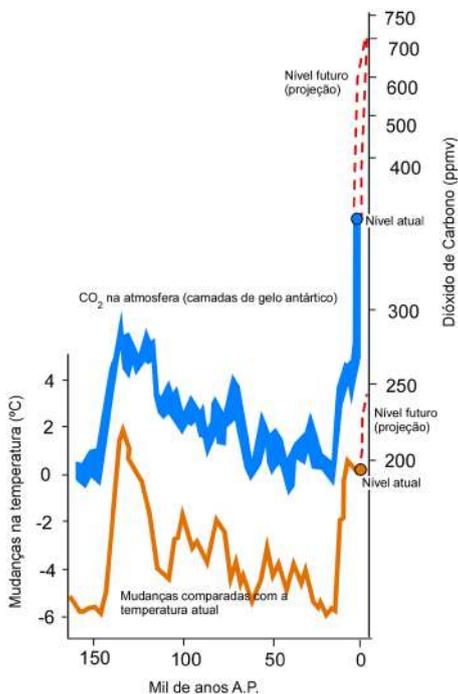


Figura 1.13 – Evolução das concentrações de CO<sub>2</sub> e relações com a temperatura.  
 Fonte: IPCC (2007).

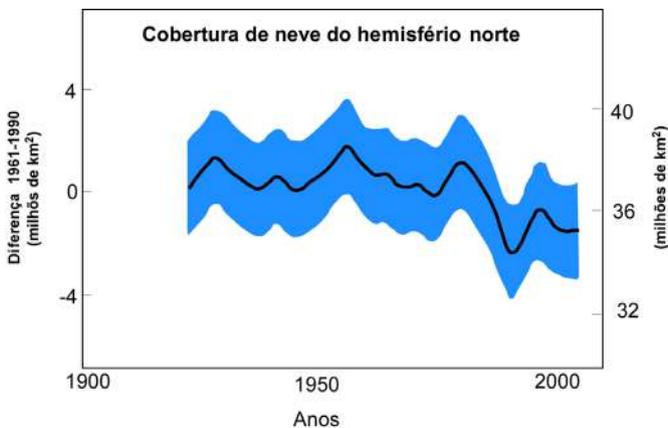


Figura 1.14 – Evolução das coberturas de gelo no hemisfério norte.  
 Fonte: IPCC (2007).

## Evidências na Planície Costeira do Ceará

Na planície costeira cearense foram encontradas evidências dos dois últimos níveis mais altos do mar. As características geológicas, geomorfológicas, sedimentológicas, topográficas e paleontológicas foram estudadas no sentido de fornecerem, num contexto regional, sua evolução paleogeográfica e paleoclimática. A Figura 1.15 apresenta os principais indicadores geomorfológicos de um nível do mar diferente do atual. Foram representados os terraços marinhos, eolianitos, antigos corais, conchas, paleomangue, plataforma de abrasão, lagunas, gerações de dunas, rochas de praia (*beachrocks*) e falésias mortas.



Figura 1.15 – Os principais indicadores morfológicos associados a possíveis variações dos níveis do mar durante os últimos 123.000 anos A.P.

A planície de Icapuí, localizada no extremo leste, evidencia um dos melhores conjuntos morfológicos que constataram as flutuações relativas do nível do mar desde o Pleistoceno. Apresenta formas elaboradas através da presença marcante das ondas e marés, originada durante a regressão subsequente ao

máximo de 123.000 anos A.P. Provavelmente o nível do mar estava a aproximadamente 8 m acima do atual, formando os terraços marinhos pleistocênicos.

Essa dinâmica inicialmente foi responsável pela construção das falésias mortas, as quais se distanciam da linha de preamar em até 6 km (setor emerso do delta de maré), delimitando um contato abrupto entre sedimentos continentais e marinhos. A Figura 1.16 mostra uma sequência de perfis entre os tabuleiros pré-litorâneos e os terraços, evidenciando rupturas topográficas (escarpas das paleofalésias), por volta de 40 m de altitude. Evidencia também a diversidade de componentes morfológicos entre o delta de maré e as paleofalésias, originada através das flutuações do nível relativo do mar.

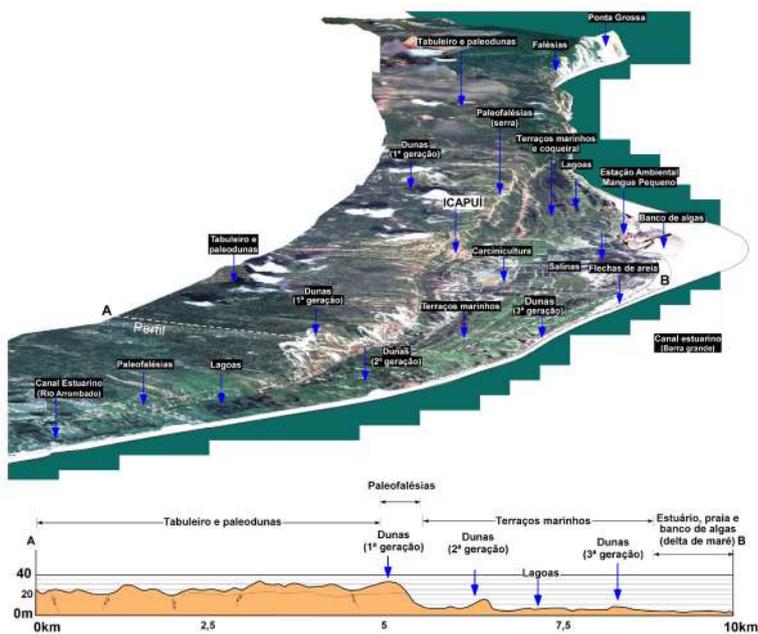


Figura 1.16 – Planície costeira de Icapuí (modelo digital do terreno e perfis topográficos elaborados por Meireles e Santos, 2012). Verifica-se o contato entre as paleofalésias e os demais componentes do relevo associados aos eventos eustáticos durante o Quaternário.

Fonte: Meireles e Santos (2012).

Os terraços marinhos holocênicos foram originados em uma fase regressiva quando o nível do mar atinge a cota atual. As conchas obtidas em sondagens definiram uma idade de aproximadamente 2.000 anos A.P. para esses depósitos (Figura 1.17). Antes, o nível do mar, no máximo glacial holocênico, encontrava-se a mais de 120 m abaixo do nível atual. Antes de alcançar a cota mais alta holocênica, para na regressão subsequente originar os terraços icapuienses, o nível do mar atingiu o atual há aproximadamente 7.000 anos A.P. (SUGUIO *et al.*, 1985). Por volta de 5.100 anos A.P., possivelmente atingiu uma altura média de 5 m acima do atual (os terraços de Icapuí são mais baixos, podendo alcançar os 2 m acima do nível atual). Com a regressão que atinge a cota atual, foram acrescentadas as gerações de dunas, lagoas e laguna e a fase terminal do delta de maré.

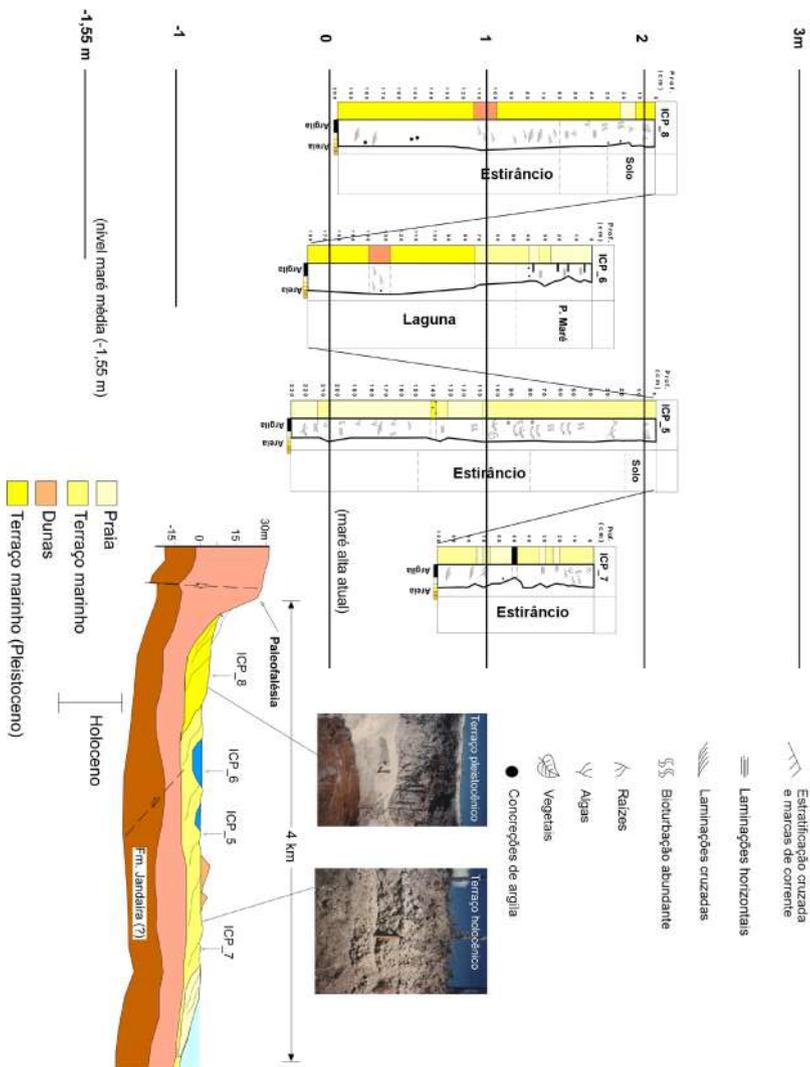


Figura 1.17 – Depósitos costeiros possivelmente associados aos eventos eustáticos. As sondagens identificaram os antigos ambientes de praia e laguna existentes no litoral leste cearense.

Os terraços marinhos de Icapuí estão cercados por depósitos pliopleistocênicos associados à Formação Barrei-

ras e outras ocorrências de depósitos cenozoicos da Bacia Potiguar (formações Jandaíra e Assu, por exemplo). Foram evidenciadas relações neotectônicas, inclusive nos depósitos pós-deposicionais à Formação Barreiras (ROSSETTI *et al.*, 2011), o que pode ter influenciado na origem dos terraços em suas fases relacionadas às mudanças climáticas. Dessa forma, evidenciam-se as relações estruturais associadas às falésias e às praias rochosas (plataformas de abrasão marinha), na origem e evolução da planície costeira.

Entre as praias de Parajuru (Cascavel/CE) e Batoque (Aquiraz/CE), foram evidenciados afloramentos de depósitos de paleomangue dispostos na zona de estirâncio. Estão deslocados das condições ecológicas e dinâmicas que deram origem aos sedimentos e à fauna e flora associadas. Atualmente participam do prisma praial e não mais se encontram protegidos em reentrâncias e canais estuarinos. Essas evidências mostram a necessidade de estudos detalhados para a reconstituição de antigos níveis, certamente mais baixos do atual, o que evidenciaria flutuações marinhas, dentro de um período regressivo. A presença de eolianitos na costa oeste pode ser correlacionada aos eventos que deram origem aos depósitos de paleomangue, bastando para isso análises radiométricas das conchas, dos restos de raízes e troncos vegetais e do cimento carbonático.

No município de Fortaleza, a planície costeira entre as desembocaduras dos estuários dos rios Pacoti e Cocó definiu seqüências morfológicas que delimitaram variações relativas do nível do mar. Ocorrências de terraço marinho holocênico, alinhamento de cristas praiais, rochas de praia (*beachrocks*), plataforma de abrasão, gerações de dunas, lagunas, lagoas e paleomangue, registram evidências de variações do nível do mar. Duas sondagens realizadas nas imediações do estuário do

rio Pacoti, na praia do Porto das Dunas, posicionadas nas proximidades dos afloramentos da Formação Barreiras e sobre o terraço marinho, caracterizaram a espessura desse depósito na região em torno de 6 m.

Aliados aos ambientes regidos pelas marés nos baixos cursos fluviais estão os setores de apicum, normalmente associados aos bosques de manguezal (Figura 1.18) e posicionados preferencialmente nas boras dos canais estuarinos. Ao representarem associações com o bosque de manguezal, demonstraram-se reativos aos eventos relacionados com as mudanças do nível de base regional. Foram originados através dos fluxos das marés, sistema fluvial e aporte de água do aquífero (onde o apicum atua como áreas de exutório de água doce) (PRITCHARD, 1967; DALRYMPLE *et al.*, 1992; FARNSWORTH; ELLISON, 1997; FREIRE *et al.*, 1991; MEIRELES; VICENTE DA SILVA, 2002). Esses fluxos regulam a dinâmica evolutiva dos setores de apicum através das reações ecodinâmicas (produção e dispersão de nutrientes) vinculadas às condições de temperatura, pH, alcalinidade, salinidade, taxa de oxigênio dissolvido e matéria orgânica. A dinâmica regida pelo fluxo das marés, da água doce proveniente do aquífero e do escoamento superficial regulou os processos geoambientais para a retomada da vegetação de mangue. A diminuição da cobertura vegetal, evoluindo para a presença de indivíduos de pequeno porte, reconduzindo áreas com vegetação de mangue para o apicum, verificou-se por meio das mudanças morfológicas nos canais de maré, eventos de aportação de sedimentos arenosos sobre áreas de manguezal e movimentação dos bancos de areia ao longo das gamboas e do canal principal.



Figura 1.18 – Evolução dos setores de apicum e salinas abandonadas. As alterações morfológicas do canal e da fisionomia do bosque de manguezal foram relacionadas às variações dos setores de apicum. Unidades morfológicas relacionadas às variações da maré e os demais fluxos costeiros e fluviomarininhos nos baixos cursos fluviais.

O litoral nordestino é repleto de dunas representantes de várias gerações. Os critérios para a definição das gerações foram relacionados com aspectos fisiográficos, posicionamento dos corpos dunares em relação à faixa de praia e às datações (termoluminescência). O Quadro 1 evidencia os critérios morfológicos elaborados por Meireles (2000).

**Quadro 1 – Principais Indicadores Morfológicos para Definir as Gerações de Dunas**

Crítérios	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração
<b>Atividade eólica</b>	Fixas – transversais e paralelas à direção predominante dos ventos. As cimentadas por carbonato de cálcio (eolianitos).	Móvel e/ou semifixa – transversal e paralela à direção predominante dos ventos.	Móveis – transversais à direção predominante dos ventos.
<b>Tipo e processos associados</b>	Parabólicas simples e compostas (geminadas), transversais e longitudinais, com ocorrência de <i>blowout</i> . Os sedimentos mobilizados recobrem dunas fixas ou são direcionados para os setores de <i>bypass</i> (promontórios e margens dos estuários).	Barcanas isoladas, barcanoides, <i>seif</i> e <i>dômica</i> (estacionamento do fluxo) e ocorrência de <i>blowout</i> . A mobilização das areias geralmente é direcionada para as dunas fixas mais interiores (parabólicas).	Barcanas isoladas e compostas em planície de aspersão eólica ( <i>lee e foredune</i> ). As mais desenvolvidas, deslocadas da zona de berma, estão posicionadas sobre os terraços ou no sopé das falésias; podem associar-se às barcanas.
<b>Localização geográfica*</b>	Mais interiores e afastadas da área fonte (paleoníveis eustáticos, como descritos na associação das dunas e os canais estuarinos para a formação de sistemas lagunares e lacustres). Podem ocorrer posteriores às dunas de 2ª geração, continente adentro. Recobrem as escarpas de falésias mortas e ocorrem comumente recobrimdo os tabuleiros na borda litorânea.	Entre as dunas de 1ª e 3ª geração. Escalam e/ou recobrem as escarpas de falésias mortas. Ocorrem relacionadas com as zonas de <i>bypass</i> de sedimentos nos promontórios e margens dos canais estuarinos.	Entre as dunas de 1ª e 3ª geração. Normalmente posicionadas logo após a faixa de praia, sobre zona de berma. Formam escarpas de praia quando erodidas pelas ondas (suporte de areia para a deriva litorânea e controle da erosão). Escalam e recobrem as escarpas de falésias vivas e paleofalésias mais próximas à área fonte dos sedimentos.
<b>Cobertura vegetal</b>	Arbustiva e arbórea. Densidade elevada, cobrindo toda a superfície dunar. As dunas de Aquiraz são típicas, principalmente aquelas associadas à Lagoa Encantada, na terra indígena Jenipapo Kanindé.	Arbórea e presença de gramíneas, principalmente em zonas interdunares. As barcanas móveis são desprovidas de vegetação e normalmente recobrem mata de tabuleiro, quando mais afastadas da praia.	Sem cobertura, quando ocorre é sazonal (período de maior umidade). As posicionadas sobre a zona de berma normalmente estão associadas a gramíneas e salsa de praia ( <i>Ipomea pes-caprae</i> ).

## Continuação

<b>Pedogenético</b>	Cobertura pedológica desenvolvida em solo quartzarênico com matéria orgânica evidente. Solos cobertos por reativação do processo de migração (paleossolos), coloração entre marrom-escura e cinza-claro.	Solo incipiente, com uma fina cobertura de matéria orgânica. Coloração esbranquiçada a cinza.	Sem manifestação pedológica.
<b>Sedimentológico</b>	Areias medianamente selecionadas, grãos envoltos com películas de óxido de ferro, matéria orgânica e presença de placeres de minerais pesados.	Areias medianamente a bem selecionadas, esbranquiçadas, pouco polidas a foscas, matéria orgânica e placeres de minerais pesados. Em setores de <i>blow-out</i> e deflação ocorrem concentrações de areia grossa a muito grossa. Nesses setores de deflação os sedimentos estão associados a níveis de matéria orgânica das lagoas sazonais.	Areias mal a medianamente selecionadas, sem presença acentuada de grãos polidos, fragmentos de conchas e minerais pesados.
<b>Dinâmica quaternária**</b>	Mudanças climáticas e fonte relacionada com flutuações relativas do nível do mar. Dunas móveis na fase regressiva; dunas fixas (período mais úmido), em uma fase transgressiva. Evidenciam a plataforma continental como fonte de areia (rica em biodetritos) para a origem das dunas (eolianitas) quando dos eventos regressivos. As associadas aos canais estuarinos são indicadoras de eventos lagunares e lacustres, quando seccionavam os canais.	Mudanças climáticas e fonte relacionada com flutuações relativas do nível do mar (uma posterior fase regressiva). Em algumas áreas recebem areia da praia atual. Invasão das areias após a fixação das dunas de 1ª geração.	Dunas em estágio atual de formação, principalmente em áreas a sotamar e barlamar de promontórios. Associadas a baixos volumes de areia para o transporte eólico, quando comparadas com o aporte de areia para as outras gerações. Atualmente a zona de estirância possivelmente é mais estreita e permanece úmida durante as marés baixas (dificulta a mobilização pela ação dos ventos).
<b>Dinâmica atual</b>	Atividade pedogenética em evolução. Remobilização em áreas desmatadas, com as areias formando dunas atuais que migram sobre a mata de tabuleiro. Amplas zonas de recarga do aquífero. Em associação aos processos erosivos nos "vales" dos eolianitas.	Migrando em direção ao continente e às zonas de <i>bypass</i> . Estão afastadas da área fonte. Este as dunas e a praia normalmente encontram-se as lagoas interdunares em áreas de deflação. As dunas da Praia do Futuro e de Paracuru, por exemplo, estão afastadas em mais de 600 m da linha de praia atual.	Movimentam-se sobre a zona de berma; em muitas áreas atingem os terraços marinhos; cobrem as lagoas interdunares nas áreas de deflação associadas às dunas de 2ª geração.

## Continuação

Critérios inter-mediários	Rejuvenescimento por mobilização provocada pelas ações humanas. Os extremos climáticos poderão provocar remobilização generalizada das areias (longos períodos de estiagem aliados ao desmatamento). Cobertura secundária em áreas desmatadas, com evidências de processos erosivos.	Vegetação arbustiva em áreas mais úmidas. Reativação por ação humana. Mudanças na velocidade dos ventos e períodos mais longos de estiagem poderão incrementar a migração sobre setores do tabuleiro e nos setores de transpasse de areia (promontórios e margens dos estuários).	Cobertura vegetal relacionada com áreas úmidas ou fixação induzida pela urbanização. Processos erosivos contínuos (ver Figura 1.20) poderão inviabilizar fonte de sedimentos para a continuidade das dunas atuais sobre a berma.
Algumas áreas de ocorrência	Dunas sobre os tabuleiros pré-litorâneos do Ceará e Rio Grande do Norte; planície costeira de Aquiraz, dunas da Praia de Sabiaguaba e Praia do Futuro. Eolianitos do litoral oeste cearense.	Dunas da planície costeira de Jericoacoara; as existentes sobre os terraços marinhos holocênicos de Icapuí e as que contornam os promontórios dos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí.	As que ocorrem atualmente sobre a zona de berma.

**Fonte:** Modificada de Meireles (2001).

(\*) Localização geográfica: esse critério refere-se à área de ocorrência da geração, em relação à fonte de sedimentos, representada pela linha de praia atual.

(\*\*) Dinâmica quaternária: as gerações de dunas existentes ao longo do litoral cearense evidenciam mudanças climáticas e do nível do mar. As de 1ª e 2ª geração podem ser consideradas como primitivas e as de 3ª geração, modernas.

As dunas parabólicas posicionadas entre os canais estuarinos proporcionaram a formação de ambientes lacustres e lagunares nos baixos cursos fluviais. As Figuras 1.19 e 1.20 mostram as possíveis configurações do litoral de Fortaleza quando as dunas bloqueavam o fluxo estuarino. Essa dinâmica provavelmente foi relacionada com os eventos de máximos indicadores de semiaridez (baixa energia fluvial) e, conseqüentemente, elevado volume de areia em transporte eólico. O rompimento do bloqueio retomou o fluxo estuarino, provavelmente em uma fase mais úmida (elevada vazão fluvial) que pode ser associada à etapa de edafização das dunas. A presença de rochas de praia (*beachrocks*) na desembocadura dos canais pode ter auxiliado na dinâmica morfológica que proporcionou as alternâncias entre morfologias lacustres, lagunares e estuarinas. As imagens geradas através do modelo digital do

terreno demonstraram que o bloqueio do fluxo fluviomarinho possivelmente ocorreu em vários outros estuários nordestinos (maior presença dos campos de dunas).



-  Fase estuário – condições ambientais atuais com o fluxo estuarino responsável pelo rompimento do campo de dunas que fechava o canal (enquanto fases lagunar ou lacustre).
-  Fase lagunar – bloqueio parcial do canal através da deposição de areia do transporte eólico; interferência na dinâmica das marés no interior do canal estuarino (bancos de areia). Evento possivelmente relacionado às fases anterior e posterior ao sistema lacustre.
-  Fase lacustre – bloqueio do canal pelo campo de dunas. Fase interrompida durante os máximos fluxos fluviais (enchentes), com a continuidade da dinâmica lagunar (bloqueio parcial) ou estuarino (sistemas fluviomarinhos restabelecidos).
-  Campo de dunas – gerações de dunas relacionadas com a fonte de sedimentos relacionada aos eventos eustáticos e sazonalidade climática.
-  Banco de areia atual localizado na desembocadura do canal estuarino.
-  Rochas de praia (*beachrocks*) na margem direita do canal estuarino.

Figura 1.19 – Evolução da desembocadura do rio Cocó diante das suas relações com os campos de dunas da Praia do Futuro (margem esquerda) e da Sabiaguaba.

**Nota:** As fases foram relacionadas de acordo com a dinâmica evolutiva das dunas, evidenciando as fases atual (A e B), lagunar (C) e lacustre (D); estas duas últimas fases possivelmente representam eventos climáticos mais áridos. Os bancos de areia e as rochas de praia também atuaram como indicadores das fases propostas, uma vez que se tratam de indicadores morfológicos de mudanças do nível relativo do mar.

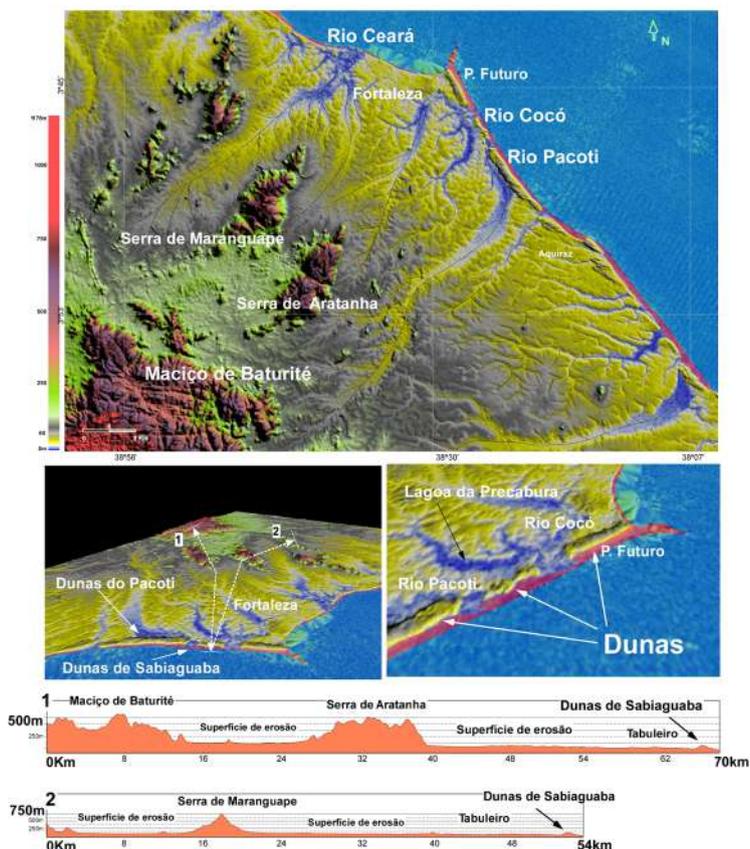


Figura 1.20 – Modelos digitais do relevo de parte da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). Evidenciam-se as bacias hidrográficas e os campos de dunas fragmentados entre as desembocaduras dos rios Cocó e Pacoti.

Outras evidências de variações do nível do mar foram encontradas no município de São Gonçalo do Amarante, mais especificamente na praia do Pecém, onde o núcleo urbano foi instalado sobre sedimentos tipicamente marinhos. Tratam-se de antigas praias, terraços marinhos holocênicos, com alinhamento de cristas praias. Sedimentos de antigos depósitos de mangue foram encontrados recobertos por areias marinhas no interior

do riacho das Guaribas, a oeste da Vila do Pecém. Essas feições estão posicionadas entre falésias mortas e um prisma praial em processo acelerado de erosão.

Na planície costeira de Paracuru, os terraços marinhos estão atualmente submetidos a processos erosivos. A presença de falésias mortas demonstra a progradação dessa morfologia durante o período regressivo, em que o nível do mar atinge a cota atual. Mais a oeste encontra-se a foz do estuário do rio Curu, onde em suas margens foram encontrados terraços marinhos sobre antigos depósitos de mangue. Esses afloramentos evidenciam flutuações do nível do mar durante o Holoceno. Representam um dos principais pontos de referência para se constatar a dinâmica dos processos geológicos que influenciaram na morfogênese das desembocaduras dos estuários da costa oeste cearense.

A ocorrência de eolianitos, entre as praias de Cumbuco (município de Caucaia) e Preá (município de Jijoca de Jericoacoara), em uma extensão de aproximadamente 300 km, também evidenciou oscilações climáticas e variações do nível relativo do mar. Podem estar associados a eventos transgressivos e regressivos e condições climáticas bastante complexas para a cimentação dos grãos de quartzo (Figura 1.21). Estão posicionados ao longo da linha de costa, com uma largura média de aproximadamente 2 km. Encontram-se normalmente em contato com a faixa de praia e campo de dunas móveis à retaguarda.



Figura 1.21 – Ocorrência de eolianitos no litoral oeste cearense. Evidenciam-se a cimentação dos grãos de areia por carbonato de cálcio, a estratificação cruzada e a ação erosiva do vento formando vales eólicos entre as cristas de dunas cimentadas.

As melhores composições geossistêmicas para a formação dos eolianitos foram relacionadas diretamente com uma elevada disponibilidade de areia, velocidade dos ventos com competência para remobilizá-las, baixa umidade atmosférica e elevada insolação. Essas condições são ideais para a formação de dunas – aquelas mesmas que proporcionaram o fechamento das desembocaduras dos rios Pacoti e Cocó – evidentes em climas árido a semiárido e durante a regressão marinha. Esse clima predominou durante a formação do depósito eólico. No caso dos eolianitos, com uma mineralogia especial, rica em biodetrítos. Para desencadear as reações físico-químicas

que proporcionaram a cimentação das areias, mudanças climáticas e outro nível do mar, diferentes da atual, devem ter ocorrido. Segundo Dawson (1992), a última glaciação (regressão marinha) foi caracterizada por uma pronunciada fase de aridez. Sarnthein (1978) observou que, durante esse período, muitas áreas continentais entre 30° N e 30° S foram submetidas a vastos processos de desertificação, ao norte e sul da Zona de Convergência Intertropical.

A dinâmica morfogenética inicia com a remobilização das areias, em condições em que existiam amplas zonas de berma e estuário. As praias nessa faixa do litoral são muito planas, e pequenas oscilações regressivas originariam extensos cordões arenosos. A plataforma rasa e plana possibilitou alcançar níveis faciológicos de biodetritos e algas calcárias (Figura 1.22), na vasta superfície recém-descoberta pela regressão. A ação dos ventos com a disponibilidade de areia formaram as dunas com uma composição mineralógica diferenciada das demais existentes no litoral cearense.

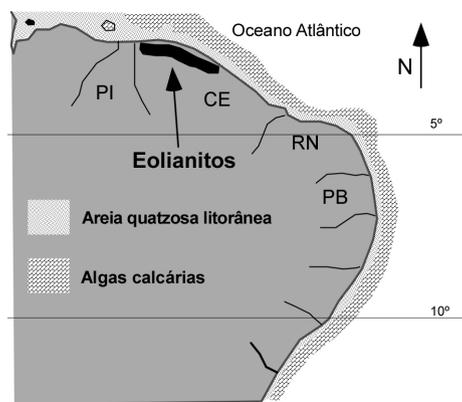


Figura 1.22 – Faciologia da plataforma continental da região Nordeste do Brasil, evidenciando a presença de biodetritos e algas calcárias. Esses sedimentos foram remobilizados da plataforma interna pela ação dos ventos, durante uma fase regressiva do mar e, dessa forma, originaram depósitos eólicos ricos em fragmentos carbonáticos. Evidencia-se a indicação da ocorrência de eolianitos.

Fonte: Modificado de Coutinho (1993).

Após as condições climáticas que impulsionaram a remobilização das areias pelo vento (clima árido), mudanças atmosféricas

e do nível relativo do mar podem ter ocorrido para possibilitar o estacionamento das dunas. Foram possivelmente relacionadas com o predomínio dos ventos amenos, a umidade elevada, os baixos valores de insolação e a elevada nebulosidade, condições ambientais compatíveis com eventos transgressivos, possibilitando um lençol freático mais elevado (fase de extensas lagoas costeiras e interdunares). Provavelmente com fluxo subterrâneo e infiltração das águas pluviais para formar soluções ricas em  $\text{CaCO}_3$  (presença dos biodetritos) e induzir mudanças no pH para desencadear as reações físico-químicas e a cimentação das areias.

As condições atmosféricas mais úmidas originaram um intervalo de tempo necessário para proceder à dissolução dos materiais carbonáticos, e nos períodos de aridez procedeu-se à precipitação e com isso a cimentação dos grãos de quartzo, produzindo uma diagênese fraca a média. As estruturas sedimentares definidas por estratificações cruzadas de grande porte, com duas direções predominantes de fluxo, para o mar e continente, caracterizam ambiente geológico originado pela remobilização eólica. Atualmente, esses depósitos estão passando por processos de deflação, expondo os estratos e as camadas cimentadas, bem como evidências de restos vegetais e de estruturas originadas por organismos (tubos de vermitídeos).

Mais para o interior estão as dunas fixas. Dessa forma, podem localmente ser tratadas como de 2ª geração. Caracterizam uma fase úmida, a qual atuou para sua edafização, bem como para a dissolução dos materiais carbonáticos existentes nos sedimentos remobilizados da plataforma interna (aqueles que originaram os eolianitos). Como os corpos cimentados estão orientados na direção atual dos ventos (em grande parte do ano de leste para oeste), com faixas interdunares por onde transitam as areias que formam as dunas móveis que migram para o interior do continente, conclui-se que os ventos mantiveram a mesma direção, desde a formação dos eolianitos.

Esses depósitos foram descritos inicialmente por Meireles e Gurgel Jr. (1992), seguidos por Maia *et al.* (1997). Foram informalmente denominados de dunas reliquiárias, evidenciando a importância de preservação dessas estruturas para a realização de estudos mais detalhados. Os eventos paleoambientais descritos necessitam de dados mais precisos, principalmente relacionados com os isótopos de oxigênio e de carbono para reconstruções paleoclimáticas e idade dos depósitos.

Estudos realizados por Lancaster (1996), em dunas desérticas, evidenciaram que as acumulações eólicas são episódicas, com longos e múltiplos períodos de pouca ou nula migração intercalados por períodos de retrabalhamento dos sedimentos. Observou ainda que as dunas têm um significado especial para evidenciar as mudanças climáticas e do nível do mar que tanto caracterizam o Quaternário. Os eolianitos que ocorrem na costa cearense foram originados por processos dinâmicos impulsionados por episódios que iniciaram com uma regressão, episódios estacionários e de transgressão. O conteúdo sedimentológico, com valores mais elevados de materiais carbonáticos, evidenciou mais um indicador de oscilação do nível do mar e mudanças climáticas para a formação dessas estruturas dispostas ao longo da costa oeste.

As relações dos eolianitos com as praias, contatos com as dunas móveis e associações com os eventos que originaram os terraços marinhos e os paleomanguezais, possibilitaram as seguintes etapas para a sua formação:

1. período regressivo para disponibilidade de areia rica em carbonato ( fácies de biodetritos da plataforma continental) e posterior remobilização das areias pelo vento na direção dos continentes, mantendo a mesma direção de disposição longitudinal com os demais campos de dunas do litoral nordestino;

2. formação de extensos campos de dunas móveis longitudinais migrando sobre a plataforma recém-descoberta;
3. baixos índices de transporte e de deslocamento das dunas devido a provável umedecimento do clima, podendo ser relacionado a um intervalo transgressivo ou estacionário do nível do mar. A presença de concreções carbonáticas na forma de raízes vegetais evidencia condições de maior unidade e uma fase de imobilidade;
4. cimentação das areias pela dissolução e precipitação do carbonato de cálcio, regida por processos físico-químicos que possivelmente foram originados por mudanças nas condições de umidade – tendência de maior aridez – para a precipitação do carbonato de cálcio;
5. fase atual, em que a erosão eólica está originando vales interdunares, direcionados de acordo com a direção preferencial dos ventos e intercalados com eolianitos ainda preservados, em faixas onde a cimentação resiste (em parte, devido à fraca coesão do cimento carbonático) à erosão eólica.

Foram constatados afloramentos de arenitos de praia (*beachrocks*) ao longo da planície existente entre as desembocaduras dos estuários do rios Coreáú e Aracatiaçu, cobertos por uma camada de corais (antigos arrecifes), observados na zona de estirâncio. Pontualmente ocorrem na zona de berma. Os afloramentos mais característicos estão posicionados na praia de Sabiaguaba, em Fortaleza, e entre as de Baleia e Apiques, no município de Itapipoca. Em algumas áreas esses arrecifes de corais estão dispostos sobre a plataforma de abrasão. Evidenciam um estágio transgressivo do mar (após a formação dos arenitos e da construção da plataforma de abrasão) e posterior descida, podendo ter alcançado níveis inferiores ao atual. As rochas de praia passam atualmente por uma fase

de erosão generalizada. As mais elevadas representam níveis escalonados de plataforma de abrasão (praias de Iparana, em Caucaia, e Jericoacoara).

No município de Jijoca de Jericoacoara, na praia de Jericoacoara, a presença marcante de alinhamentos de cristas de antigas praias sobre terraços marinhos holocênicos, de alinhamentos consecutivos de dois cordões arenosos, paralelos, evidenciando direção e sentido do trânsito de dunas barcanas, de rochas de praia (*beachrocks*) sobre o embasamento cristalino, de níveis de conchas em camadas de sedimentos lacustres e lagunares, evidenciou níveis do mar mais elevados do que o atual. O promontório formado por rochas quartzíticas e gnáissicas participou diretamente das oscilações do mar, atuando como ilha e posteriormente como tómbolo, em condições de níveis mais elevados do que o atual. Imprimiu dinâmica morfológica peculiar na construção da planície, diversificando a direção e o sentido dos ventos, das ondas e migração dos sedimentos ao longo da linha de praia.

A presença de plataforma de abrasão (*shore platform*), com registros de até 3 níveis escalonados (originando degraus) em rochas quartzíticas existentes na planície costeira de Jericoacoara, também evidencia oscilações do nível relativo do mar. A origem dessas estruturas está relacionada com um ou mais períodos de submergência gradual. Para explicar a origem de plataformas de abrasão e o escalonamento de níveis erosivos (*high tide platforms*) construídos em rochas resistentes ao ataque das ondas, King (1963) e Davis (1972) os relacionam com flutuações do nível relativo do mar, as quais podem ter sido iniciadas no Pleistoceno. Pirazoli (1986 e 1989), Trenhaile (1987) e Sunamura (1994) estudaram esses paleopavimentos escalonados de falésias (ver Figura 3.10), denominados de *notches*. Esses autores definiram micro e mesoestruturas relacionadas com flutuações e períodos estacionários do nível do mar.

Estudos realizados por Irion *et al.* (2012) revelaram que esses níveis mais altos (plataformas erosivas nas rochas quartzíticas) foram compatíveis ao evento transgressivo pleistocênico denominado de Estágio Sangamoniano (período interglacial entre 125.000 e 75.000 anos A.P.). Os perfis altimétricos dos níveis de *notches* realizados por Meireles *et al.* (2005) foram associados ao nível do mar pertencente à Penúltima Transgressão. Ressalta-se que aqueles autores definiram para esse setor do litoral cearense um nível máximo do mar, associado à Última Transgressão, compatível com o nível do mar da atualidade.

As rochas de praia, com fácies relacionadas à zona intermaré, cimentadas por carbonato de cálcio, mostraram-se indicadoras de flutuações do nível do mar (HOPLEY, 1986). Ocorrem ao longo do litoral cearense e estão posicionadas preferencialmente na desembocadura dos estuários. Diferenças altimétricas, padrões distintos de ocorrência em relação ao ambiente de formação e grau de cimentação, associadas a datações radiométricas, mostram-se como excelentes fatores para a definição espaçotemporal de flutuações do nível do mar.

Esse tipo de rocha – produto da litificação de uma variada granulação de sedimentos retrabalhados pelas ondas e marés – foi utilizado como indicador de nível do mar em distintos eventos regressivos e transgressivos e correlacionados a eventos glacioeustáticos e tectono-eustáticos (CHIVAS *et al.*, 1986; RAMSAY, 1996). É evidente que a origem das rochas foi associada a eventos favoráveis à cimentação, portanto, com baixo ou nulo fluxo de sedimentos (fase não erosiva) e água intersticial rica em carbonatos. Dessa forma, relacioná-los como indicadores fixos dos níveis do mar pode evidenciar a necessidade de reposicionamentos dos níveis originais de cimentação. Os deslocamentos dos blocos de rocha paralelos à linha de costa e dispostos na zona de estiramento ocorrem devido a eventos erosivos (negativos) ou tectônicos (positivo e negativo). No caso dos *beachrocks* de Jericoacoara, os

que estão aflorando no nível atual das ondas (nível desfavorável à cimentação) foram deslocados verticalmente para níveis inferiores (negativos) devido a processos erosivos que proporcionaram solapamentos dos blocos cimentados. Em outros afloramentos, as rochas de praia foram originadas preenchendo fissuras das rochas quartzíticas. Nesses afloramentos não se observaram relações mecânicas de continuidade, demonstrando baixa ou nula ação neotectônica, o que potencializa o atual evento erosivo das rochas, como indutor de reposicionamentos (nível altimétrico) com relação a sua posição de cimentação (paleonível da fácies de praia).

Os corais estão associados a ambientes calmos, comumente encontrados na plataforma interna e em profundidades ao alcance da luz. Um recife de coral, sob o ponto de vista geomorfológico, é uma estrutura rochosa, rígida, resistente à ação mecânica das ondas e correntes marinhas, e construída por organismos marinhos (animais e vegetais) portadores de esqueleto calcário. Os recifes de corais constituem o mais diverso, mais complexo e mais produtivo dos ecossistemas marinhos costeiros (LEÃO, 1994 *in* BARREIRA E CASTRO; CONNELL, 1978 *in* LEÃO *et al.*, 2008). A exposição de antigos corais na zona de estirâncio (onde estão as ondas e marés atuais), formando estruturas morfológicas denominadas de plataforma de abração, evidencia níveis antigos do mar. Dessa forma, a plataforma atual, destacada, por exemplo, no litoral de Itapipoca, nas praias da etnia Tremembé da Barra do Mundaú, demonstrou que esse trecho do litoral cearense foi submerso pelo mar. Ficou, assim, afastado da ação das ondas, período em que se formaram as estruturas coralinas. Ao encontrarem-se atualmente expostas (normalmente recoberta por areias da zona de berma), evidenciaram mudanças do nível do mar. Segundo Selley (1976), a forma de um arrecife e a distribuição de fácies foram controladas por reações produzidas por distintas variações do nível do mar, processos tectônicos, grupo de seres vivos e oceanografia.

Estudos mais detalhados sobre o ecossistema dos arrecifes de corais (com a definição da profundidade específica de ocorrência dos organismos), datações radiométricas e análises isotópicas podem definir a espessura da lâmina d'água durante sua formação, idade e paleotemperaturas, caracterizando o nível da transgressão, as condições climáticas reinantes e o período em que se processaram. Os antigos arrecifes de corais contêm uma grande quantidade de plantas e animais, muitos apresentando relações específicas com mudanças do nível do mar; as linhas de antigos corais são indicadoras de variações do nível do mar (HOPLEY, 1986; ADEY, 1986).

Ocorrências de lagoas e lagunas, distribuídas na planície costeira, também podem fornecer informações acerca das oscilações do nível relativo do mar e, principalmente, sobre mudanças climáticas durante o Holoceno. Palmer e Abbott (1986), estudando as diatomáceas de diversos ambientes litorâneos, constataram que podem ser utilizadas como indicadoras desses eventos. Estudos das diatomáceas existentes nas planícies de Icapuí (laguna dos Cajuais), Aracati, Beberibe (lagoa do Uruaú), Fortaleza (lagoa da Precabura e lagamar do Cauípe), Paracuru (lagoa Grande), Itapipoca e Chaval irão acrescentar informações preciosas na definição de mudanças climáticas e oscilações do nível relativo do mar.

## **Síntese dos Processos Geoambientais**

As evidências morfológicas que confirmaram as variações relativas do nível do mar podem ser correlacionadas entre si, mesmo se tratando de formas completamente distintas. Entretanto, foram envolvidas por eventos correlatos ao longo do litoral. Os depósitos de paleomangue existentes na linha de praia atual, localizados no litoral leste e associados a um nível do mar

mais baixo do que o atual, podem ser correlacionados ao evento que originou uma extensa faixa de berma. A ação dos ventos, transportando areias quartzosas e biodetritos, originou as dunas móveis, e, posteriormente, quando cimentadas pelo carbonato de cálcio, as areias formaram os eolianitos (costa oeste). Os terraços marinhos estão relacionados com processos regressivos. As plataformas de abrasão foram formadas durante os eventos transgressivos, vinculadas aos corais sobre o substrato rochoso e que atualmente estão dispostos na zona de estirâncio.

A presença de gretas de contração nos sedimentos de paleomangue (aflorando atualmente no prisma praiial) evidenciou um clima seco e a exposição contínua desse material à desidratação. Foi possível quando o depósito argiloso não participava das oscilações diárias de marés e não contava com a proteção da cobertura vegetal. Essas condições representam uma dinâmica regressiva do nível do mar. Tal evento provocou o distanciamento dos manguezais das oscilações de marés e consequente morte da vegetação. Formou-se ainda uma zona de berma mais extensa na faixa litorânea, por vezes recobrendo esses depósitos de mangue (como as gretas de contração) atualmente na zona intermaré, com uma dinâmica ideal para a deriva litorânea e eólica dos sedimentos.

Em estudos realizados por Mabesoone (1988), o autor evidenciou processos de controle da sedimentação global. Destacou que a maior parte desses processos que envolveram a crosta terrestre foi cíclica. Afirma ainda que os primeiros indícios de ciclicidade foram, de fato, fornecidos pelas glaciações. Três dessas glaciações chamam a atenção pelos seus incontestáveis vestígios (do recente para o mais antigo): uma no Neógeno, a qual inclui os tempos atuais, outra no Permocarbonífero e uma terceira na última parte

do Ordoviciano. A ciclicidade dos fenômenos geológicos, em geral, afeta a Terra. Evidenciou ainda que a ciclicidade fica também comprovada em escala menor, como é a região Nordeste do Brasil. Cada ciclo se faz representar por uma certa associação de sedimentos, de fenômenos tectônicos e climáticos, tudo isso em consonância com o que pode ser observado no resto do mundo.

As diversas curvas de variações do nível do mar elaboradas para definirem os eventos glaciais e interglaciais durante o Quaternário evidenciaram eventos globais de oscilações do nível do mar. Foram também evidências de níveis localmente diferenciados por fatores tectônicos, isostáticos e climáticos. A sistematização dos indicadores geomorfológicos de mudanças climáticas e oscilações do nível do mar, iniciada por Meireles (1991), estudando os terraços marinhos da planície costeira de Icapuí (litoral leste cearense), fundamentou modelos paleogeográficos e paleoclimáticos. As bases geoambientais foram relacionadas com eventos transgressivos e regressivos, para explicar a origem da planície costeira cearense. Os efeitos neotectônicos, tratados como de segunda ordem, foram brandos na estruturação da planície costeira holocênica, ou superficialmente estudados. Os terraços holocênicos associados ao litoral de Icapuí são recentes (por volta de 2.000 A.P.), o que possibilita sua relação com as curvas de Martin e Suguio (1992) e Angulo *et al.* (1996). Entretanto, devido a associações com falésias com registros neotectônicos (ROSSETTI *et al.*, 2011), são prováveis associações entre eventos eustáticos mais complexos.

A fonte dos sedimentos para a construção dos terraços marinhos está relacionada com a disponibilidade de sedimentos durante os processos transgressivos. A erosão de diversas unidades morfológicas, durante esses eventos, gerou a disponibilidade

de detritos ao longo do sistema litorâneo. As principais fontes de sedimentos para a progradação da planície costeira são:

1. Formação Barreiras submetida a processos erosivos originando as falésias vivas e paleofalésias;
2. Terraços marinhos pleistocênicos, praticamente erodidos ao longo de todo litoral cearense, durante o último evento interglacial;
3. Campos de dunas existentes na planície pleistocênica, praticamente erodidos nas fases transgressivas holocênicas;
4. Sistemas fluvial e fluviomarinho;
5. Plataforma continental.

A elevada disponibilidade de detritos transportados ao longo da planície costeira, aliada aos processos de descida do nível do mar e mudanças climáticas, redistribuíra sedimentos arenosos ao longo da planície. Parte foi acumulada em gerações de dunas, nos estuários (bancos de areia e argila vegetados pelo bosque de manguezal), nos terraços marinhos, nas praias e na plataforma continental atual.

Oscilações marinhas foram evidenciadas na região cearense desde o Cretáceo, deixando como registros sedimentos marinhos presentes nas sequências estratigráficas da Bacia Potiguar. Segundo Tibana e Terra (1981 *in* SOUZA, 1988), a Formação Jandaíra (observada em falésias vivas na planície costeira de Icapuí) apresenta fácies de planície de maré e a Formação Tibau (aflorando na divisa entre os estados do Ceará e Rio Grande do Norte) define um ambiente deposicional característico de “fan-delta” (prisma costeiro de sedimentos provenientes de um leque aluvial; registros de eventos climáticos e tectônicos) (FISCHER *et al.*, 1980).

Como foi possível demonstrar, as evidências de oscilações do nível relativo do mar e as mudanças climáticas foram fundamentais para definir a evolução geomorfológica de uma planície costeira. Para a integração dos dados apresentados neste estudo, é necessário evidenciar as recomendações apresentadas a seguir:

1. A planície litorânea é formada por uma faixa de terra que compreende morfologias, processos geológicos e ecossistemas originados pela interação das ondas, marés e ventos, com os ambientes marinhos e continentais, podendo estar associada às oscilações do nível relativo do mar durante o Quaternário. Sua definição geoambiental não deve levar em conta somente os limites geográficos, mas uma abordagem interdisciplinar.
2. O perfil perpendicular à faixa litorânea, iniciando na zona de praia até o interior do continente, pode ser considerado através da caracterização das seguintes formas: plataforma continental (à retaguarda da zona de *surf*); faixa de praia (limite com a zona de *offshore*, incluindo a zona de *surf*, estirâncio, face de praia, esporões arenosos, cristas e cavas longitudinais, bancos de areia intermarés e zona de berma); campo de dunas fixas e móveis (zona de domínio das dunas móveis sobre tabuleiros pré-litorâneos); terraços marinhos, falésias vivas e mortas, estuários (limite interno definido pela associação vegetal e níveis de salinidade controlado pela maré), planícies de marés, manguezais e apicuns (limite da influência marinha estuário adentro), lagoas, lagoas cos-

teiras. Nas áreas que envolvem estuários e canais de marés, os processos litorâneos penetram até as zonas mais interiores, notados pela presença de sedimentos argiloarenosos de mangue, vegetação de manguezal, maré dinâmica e de salinidade. O contato com morfologias tipicamente continentais é evidenciado pela ocorrência de depósitos aluviais, terraços fluviais, aluviões e depósitos coluviais, mata ciliar, caatinga e bosques de carnaúbas. Limites mais precisos deverão ser realizados de acordo com a integração das diversas especialidades que tratam dos ecossistemas continentais, mistos e marinhos.

3. Segundo a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha, em Resolução 01/90 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, que aprovou o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, o litoral compreende a faixa de até 20 km sobre uma perpendicular, contados a partir da linha de costa, representada nas cartas de maior escala. São necessárias a caracterização geológica e geomorfológica e a realização de zoneamento ambiental para a definição dos contatos entre morfologias e depósitos correlatos tipicamente continentais, mistos e marinhos.
4. A planície costeira é composta por morfologias que podem ser relacionadas a diferentes níveis do mar. A realização de estudos detalhados, com a datação de conchas e restos de vegetais, posicionamento topográfico dos testemunhos e construção de uma curva mais precisa das oscilações do nível relativo do

mar, irá possibilitar um aprimoramento do modelo evolutivo, atualmente fundamentado no estudo dos indicadores geomorfológicos, geológicos e aspectos paleogeográficos e paleoclimáticos.

5. O litoral brasileiro é repleto de morfologias vinculadas aos eventos glaciais e interglaciais (SUGUIO *et al.*, 1985). A planície costeira nordestina é privilegiada por composições elaboradas durante os eventos de mudanças do nível relativo do mar e climáticas (MARTIN *et al.*, 1992). O principal conjunto de evidências morfológicas que indicaram oscilações do nível relativo do mar no litoral cearense foi encontrado na planície costeira de Icapuí (MEIRELES, 1991). Em uma área com aproximadamente 180 km<sup>2</sup>, foram definidos paleofalésias, plataformas de abrasão, terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, camadas de conchas e de seixos de corais, rochas de praia no interior dos canais estuarinos, antigas cristas de praia, paleomangue, laguna e delta de maré (*ebb delta*).
6. A presença de depósitos de paleomangues e arrecifes de corais, localizados atualmente no prisma praiial, evidenciou oscilações do nível relativo do mar. Os depósitos de mangue predominam na costa leste (evidência de nível do mar mais baixo do que o atual) e a ocorrência de antigos arrecifes de corais na costa oeste (indício de nível do mar mais elevado do que o atual). Representam excelentes indicadores da dinâmica transgressiva e regressiva do mar durante os últimos 3.000 anos A.P.
7. A ocorrência de promontórios – Ponta Grossa (Icapuí), Mucuripe (Fortaleza), Pecém (São Gonçalo do Amarante), Paracuru, Aguda (Paraipaba) e Pedra

Furada (Jijoca de Jericoacoara), entre outras – favoreceu uma dinâmica peculiar na construção da planície costeira. Esses pontões redimensionaram os materiais em deriva litorânea e eólica quando foram submetidos aos eventos oscilatórios do mar. Localmente atuaram na construção de dunas de *bypass* e tómbolos. Atualmente, interagem com a dinâmica sedimentar do prisma praiar.

8. Os eolianitos representam depósitos geológicos peculiares da costa oeste cearense. Não foram encontradas citações na literatura que os posicionassem ao longo do litoral brasileiro. Evidenciaram condições paleoclimáticas e flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário. A presença de fragmentos de conchas e concreções carbonáticas (rizocreções), associações com uma plataforma continental rica em biodetritos e mudanças climáticas, favoreceu a cimentação dos grãos de quartzo.
9. As conchas existentes na planície costeira de Icapuí, localizada no extremo leste do estado, representam atualmente as principais idades dos terraços marinhos. Variaram entre  $1.720 \pm 50$  e  $340 \pm 63$  anos A.P. (Figura 1.23 e ver Figura 1.12). Esses valores evidenciaram a necessidade de novas datações, principalmente dos materiais existentes em antigos depósitos de mangue, resto de corais e cimento carbonático dos eolianitos, para dar continuidade à curva iniciada neste estudo.
10. As evidências dos eventos glaciais e interglaciais que ocorreram nos últimos 123.000 anos A.P., muito bem estudadas na Europa e América do Norte, deverão

ser correlacionadas às evidências existentes na costa brasileira, pois os indicadores de flutuações do nível do mar relacionam-se com mudanças climáticas e efeitos eustáticos que interferiram na dinâmica geoambiental do planeta. A planície costeira nordestina, especialmente a cearense, foi submetida aos efeitos dos fenômenos regionais que envolvem uma complexa relação com processos de elevação e recuo do nível do mar. A heterogeneidade dos registros relacionados com mudanças climáticas e disponibilidade de materiais, possíveis processos tectônicos regionais ou até mesmo locais, juntamente com os respectivos efeitos geoambientais derivados, fundamentaram o modelo apresentado neste estudo.

11. As evidências de variações do nível relativo do mar na costa cearense demonstraram que os fundamentos para a compreensão da dinâmica costeira estão relacionados com a definição dos antigos níveis do mar. Os estudos deverão ser implementados para a composição de um modelo de evolução paleogeográfica com a reconstituição dos antigos ambientes litorâneos, dispersos em uma planície costeira com 573 km de extensão.
12. A dinâmica atual da linha de costa é regida por um generalizado processo erosivo. Em vários trechos do litoral brasileiro foram evidenciados avanços do mar continente adentro. O litoral cearense está submetido a uma contínua e intensa erosão. A ocupação das morfologias responsáveis pelo controle dos sedimentos para a faixa de praia produziu déficits generalizados de areia. As evidências de elevação

do nível do mar deverão ser incorporadas na gestão dos ambientes costeiros, nas políticas públicas e nas pesquisas científicas.

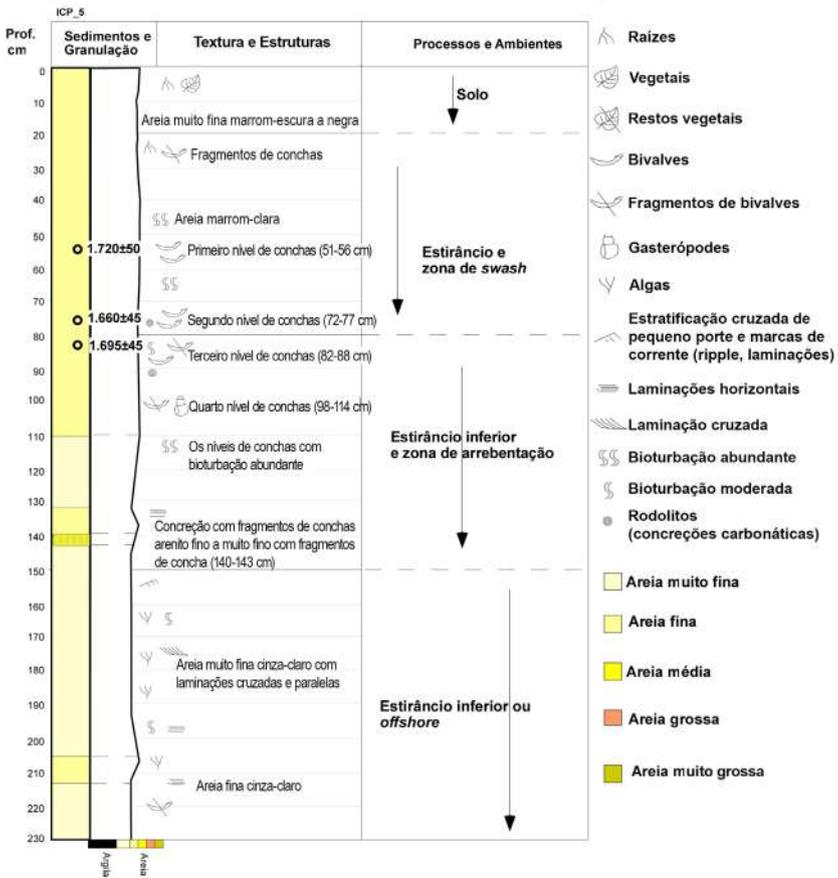


Figura 1.23 – Sondagem realizada em terraço marinho. Evidenciam-se níveis de conchas que foram datados.

A subida do nível do mar está em plena evolução (Figura 1.24). Os efeitos erosivos são delineados em extensos trechos do litoral (Figura 1.25), onde as praias sofrem com erosão

significativa e contínua registrada em curto espaço de tempo. A Figura 1.26 demonstra que em um intervalo de 6 anos um trecho da praia de Barrinha (município de Icapuí) foi continuamente erodido (mais de 20 casas foram destruídas em abril de 2011). Nesse caso específico, a erosão pode ter relações com a degradação dos manguezais dos estuários Barra Grande, Arrombado e Mossoró (mais próximos da área afetada) e ocupação da zona de berma e dunas. Como esse trecho do litoral está relacionado com o delta de maré, geologicamente associado ao incremento de sedimentos, possivelmente esses indicadores erosivos estejam vinculados aos regionais e planetários: subida do nível do mar pelos efeitos antropogênicos.

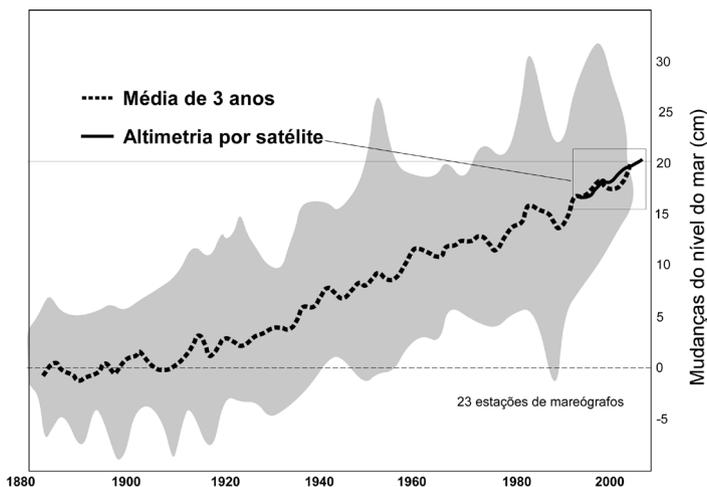


Figura 1.24 – Elevação do nível do mar médio obtido em 23 estações de mareógrafos.

Fonte: IPCC (2007).

Para a realização de estudos geomorfológicos, levando em conta a integração das energias que modelaram a planície costeira e a transferência de materiais resultantes, é necessário considerar as oscilações do nível relativo do mar e integrá-las

com os processos tectônicos e as variações climáticas durante o Quaternário. Esses dados deverão ser associados aos efeitos da ação humana no nível atual do mar. Tentou-se demonstrar que os estudos atuais deverão incorporar complexos elementos em uma abordagem sistêmica.

Esse *continuum* de eventos resultou na planície costeira ao redor dos continentes, em contato com os oceanos (em expansão térmica, efeitos isostáticos e elevação do nível do mar com o incremento de dióxido de carbono) (CHURCH *et al.*, 1991; IPCC, 2007). Esses autores evidenciaram que os manguezais irão degradar-se ou desaparecer a uma velocidade de 1% a 1,7% ao ano com a elevação do nível do mar. Em pouco mais de 200 anos, a planície costeira passou a ser decisivamente envolvida (apropriada) pela sociedade capitalista. O crescimento das cidades interferiu diretamente na disponibilidade/disputa de unidades de relevo (praias, dunas, falésias, manguezais) e de sedimentos, induzindo à erosão contínua, contaminação e salinização do lençol freático e aos deslocamentos de grupos sociais que ancestralmente integravam-se com a biodiversidade. A diversidade de interesse na ocupação dos sistemas morfológicos e as consequências da elevação do nível do mar provenientes do incremento do CO<sub>2</sub> demonstraram que os eventos estão intimamente relacionados em um sistema planetário. As bases dos sistemas, desde seus componentes indutores da concentração de gelo, da quantidade de água nos oceanos, à produtividade primária de uma complexa cadeia alimentar, foram profundamente alteradas.



Figura 1.25 – Trechos de erosão contínua no litoral dos municípios de Fortaleza e Caucaia.



Figura 1.26 – Evolução da erosão no litoral de Icapuí. Em apenas 6 anos (2005-2011), foi registrado um avanço médio de 50 metros da linha de praia.

As mudanças climáticas vão provocar impactos sobre as características físicas, biológicas e biogeoquímicas dos oceanos e da planície costeira em diferentes escalas e tempo, modificando suas estruturas e funções ecológicas (GITAY *et al.*, 2002).

Diante da necessidade de evidenciar os processos geoambientais inseridos em uma planície costeira em disputa por distintos grupos sociais, foi necessário estudar os impactos derivados das distintas formas de ocupação do litoral. Foi possível partir de um breve apontamento de Santos (1996) quando afirmou que “antes, a sociedade se instalava sobre lugares naturais, pouco modificados pelo homem, hoje, os eventos naturais se dão em lugares cada vez mais artificiais, que altera o valor, a significação dos acontecimentos naturais”.



## 2

---

### PRAIAS

#### **Aspectos Morfológicos de Praias Submetidas a Processos Erosivos Contínuos**

A erosão que se processa ao longo do litoral está gradativamente provocando o recuo da linha de costa. Em diversas praias foram evidenciadas influências das ações do homem no desencadeamento acelerado desse processo. Meireles *et al.* (2006) evidenciaram os principais indicadores morfogenéticos e processos erosivos relacionados com a ocupação de promontórios e margens dos estuários. Verificaram que a dinâmica costeira é completamente dependente do aporte de areia proveniente das dunas e que foi regulado a partir dos eventos transgressivos e regressivos que ocorreram durante o Quaternário.

As principais causas foram relacionadas com processos energéticos representados pela ação das ondas, das marés e da velocidade dos ventos, combinada com a disponibilidade de areia, pela configuração geomorfológica (formas e contornos do litoral) e, principalmente, pelo uso e pela ocupação da planície costeira. Nas praias de Parajuru, Morro Branco, das Fontes, Caponga, Iguape, Litoral Metropolitano de Fortaleza, Dois Coqueiros, Pacheco, Iparana, Icaraí, Pecém, Paracuru, Lagoinha, Mundaú, entre outras, foram evidenciados avanços do mar continente adentro, originados e acelerados pelos impactos ambientais decorrentes das intervenções no processo migratório das dunas móveis.

Devido à interdependência existente entre os geoelementos que compõem uma planície costeira, intervenções humanas não planejadas irão afetar todo o conjunto de unidades e modificar os fluxos de energia. Dessa forma, a definição e delimitação do potencial de suporte, áreas de riscos e vulnerabilidades das unidades ambientais representam uma ferramenta de gestão e planejamento. Estudar o geossistema costeiro submetido a intervenções sistemáticas, interligando as atividades do homem com as reações ambientais, foi fundamental para a compreensão regional das transformações que se processaram no litoral cearense.

A comunidade de Caponga até os anos 1970 caracterizava-se, a exemplo de outras comunidades litorâneas no Ceará à época, como comunidade marítima. Dantas (2002) classifica essas comunidades pesqueiras como grupo humano a nutrir-se dos recursos do meio ambiente circundante. Essa comunidade atuava de modo a desenvolver atividades tradicionais, principalmente a pesca e a mariscagem, vinculadas à plataforma continental proximal e ao canal estuarino, respectivamente. A partir dos anos 1985, inicia-se um processo de instalação de segundas residências, ocupando inicialmente a faixa de praia (instalando-se sobre a berma), com o deslocamento dos pescadores para o campo de dunas à retaguarda e margem direita do canal estuarino. Com a completa ocupação da faixa de praia, os setores de promontório e lagoas costeiras foram utilizados para a expansão urbana, agora associada a pousadas, vias de acesso e conjuntos residenciais.

Foram completamente artificializados os sistemas ambientais responsáveis pela dinâmica de aporte de sedimentos para a faixa de praia. Ao serem ocupados o promontório, a praia e as margens do canal fluvio-marinho – utilizados componentes morfológicos sob o domínio atual dos ventos,

das ondas e das marés, como faixa de aspersão eólica, berma, planície de maré e manguezal –, promoveu-se um déficit progressivo de areia ao longo da linha de praia. Para minimizar a erosão costeira, foram edificadas espigões, muros de enrocamento e gabiões paralelos à linha de costa e nas margens do canal estuarino. Com isso, constatou-se o bloqueio das trocas laterais entre esses sistemas ambientais, principalmente as vinculadas com aporte de areia para o sistema praiar.

Através da precariedade do sistema de saneamento e a coleta de lixo, o canal estuarino e, provavelmente, o aquífero encontram-se com elevados índices de poluição, principalmente pelo lançamento de efluentes domiciliares. Com as intervenções definidas ao longo da planície costeira, evidenciou-se que alterações na deriva litorânea dos sedimentos, ocupação das margens do canal estuarino e construções de gabiões canalizando sua desembocadura ocasionaram alterações no fluxo hidrodinâmico, promovendo acúmulo de água estagnada. Com a deposição de areia no canal principal do estuário, assoreando largo trecho nas proximidades da faixa de praia, o volume de água armazenado não foi renovado, gerando déficit de sedimentos, antes sazonalmente aportado na linha de costa, durante os eventos de maior vazão fluvio-marinha (primeiro semestre do ano).

Com a comparação de fotografias aéreas e imagens de satélite obtidas em diferentes épocas, foi possível evidenciar as interferências do uso e da ocupação da planície costeira nos fluxos de matéria e energia e assim definir as consequências relacionadas com o incremento da erosão costeira. Os impactos ambientais relacionados com a degradação da paisagem litorânea, a extinção do trecho de berma utilizado como porto das jangadas e a descaracterização ecodinâmica do canal estuarino foram algumas das consequências evidenciadas pela ocupação

inadequada de setores da planície costeira responsáveis pela conservação de um aporte de sedimentos para a deriva litorânea.

Para a composição do modelo evolutivo da planície costeira de uma faixa de praia intensamente ocupada, foi evidenciada a dinâmica sazonal existente entre as precipitações pluviométricas, insolação e velocidade dos ventos. Esse procedimento foi necessário para registrar que a ocupação de setores essenciais para a conservação da paisagem costeira e ecossistemas associados não levou em conta a dinâmica imposta pelos fluxos de matéria e energia, desencadeando assim a degradação morfológica e diminuição da biodiversidade do ecossistema manguezal.

A integração desses componentes atmosféricos demonstrou que a migração das dunas móveis ocorre no segundo semestre, associada aos valores mais elevados na velocidade dos ventos e da insolação, com os índices mais baixos de precipitação pluviométrica. Durante o primeiro semestre, o aporte de areia para a faixa de praia diante da área urbana é realizado pela deriva litorânea de sudeste para noroeste devido à fisionomia da linha de costa e direção preferencial dos ventos de leste e nordeste.

## **Fluxos de Matéria e Energia**

Foram caracterizados a partir da definição das principais morfologias relacionadas com a faixa de praia e os demais componentes morfológicos associados à planície costeira. Ao longo de uma faixa de praia com promontório, foram identificados 4 tipos de fluxos de energia e transporte de sedimentos. A integração foi definida através das dunas, das lagoas costeiras, do sistema fluviomarinho e da faixa de praia atual (Figura 2.1):

1. Fluxo das ondas e marés – associado ao transporte de sedimentos na faixa de praia. Localmente está relacionado com a reflexão e refração das ondas a partir do promontório diante da vila da Caponga. Esse promontório foi originado a partir da erosão diferencial relacionada a uma linha de rochas de praia (*beachrocks*) disposta na zona de estirâncio. Durante o primeiro semestre do ano, o aporte de areia proveniente da deriva litorânea supria de sedimentos a faixa de praia, uma vez que, no período chuvoso, diminui a fonte de areia proveniente do acesso das dunas móveis que migravam sobre o promontório e alcançavam a faixa de praia. A continuidade do transporte de sedimentos diante da vila e sobre a faixa de praia prolongava-se até a desembocadura do riacho (originando flechas de areia em sua desembocadura). Durante o período de menor vazão fluviomarinha, o canal era bloqueado por meio de flechas de areia na praia, favorecendo as reações ambientais características de um sistema lagunar. Nos eventos de maiores vazões fluviomarinhas (primeiro semestre), as flechas de areia eram rompidas pela força hidráulica do riacho e assim contribuindo com areia para a faixa de praia. O aporte de sedimentos proveniente da deriva litorânea (como principal fonte o campo de dunas à leste da área urbana) proporcionou um largo setor de berma, ocupado com a expansão da vila de pescadores.
2. Hidrodinâmica do canal fluviomarinho – vinculada ao aporte de água doce proveniente do sistema fluviomarinho e lagunar Lagoa da Velha Ana. Durante os eventos de maiores precipitações pluviométricas

e contribuições do fluxo de água subterrâneo (associado ao campo de dunas e ao tabuleiro), o canal estuarino inundava uma faixa da planície costeira atualmente ocupada por residências e vias de acesso. Com a expansão da vila de pescadores, utilizando dunas, praia, setores antes destinados ao manguezal (impermeabilizando o solo, canalizando seu leito e utilizando a desembocadura para a edificação de residências e do Caponga Beach Hotel), foram acarretados danos ambientais diretamente relacionados com a diminuição da potencialidade de transporte hidrodinâmico e diminuição da biodiversidade. Dessa forma, principalmente a partir da canalização da foz (gabiões) e ocupação da faixa de domínio do fluxo fluviomarinho durante os eventos de maior vazão (hotel e casa nas margens esquerda e direita da foz, respectivamente), iniciaram-se o assoreamento do canal e a estagnação da água acumulada a montante. Evidenciou-se também um déficit de sedimentos na faixa de praia, uma vez que a hidrodinâmica foi alterada, refletindo na deposição de sedimentos ao longo do canal e, principalmente, na sua desembocadura, onde foram edificados os muros de rocha posicionados nas margens.

3. Fluxo eólico – transporte de areia a partir da ação dos ventos. Com a predominância dos ventos de leste e nordeste, os sedimentos deslocavam-se continente adentro e mais adiante alcançavam novamente a faixa de praia (logo após o promontório) e a margem direita do riacho Caponga. A acumulação de sedimentos eólicos no canal do estuário proporcionava a

formação de bancos de areia, os quais, regidos a partir de então pela hidrodinâmica estuarina, eram transportados para a faixa de praia. Dessa forma, antes da expansão da vila de pescadores, os sistemas morfológicos representados pela faixa de praia e canal estuarino do riacho Caponga integravam-se com o sistema costeiro através de aportes regulares de sedimentos, evitando processos erosivos progressivos.

4. Fluxo de água subterrânea – as características topográficas (mergulhando para a costa com altimetria partindo de 45 m, associada ao campo de dunas sobre o tabuleiro), climáticas, geológicas (permeabilidade e porosidade da Formação Barreiras, dunas e terraços marinhos holocênicos) e morfológicas definiram as condições geoambientais para a participação do aquífero na origem das lagoas interdunares e do sistema fluviomarinho. No caso do estuário, o aquífero alimenta de água doce e de sedimentos finos os canais que partem da zona de contato com o tabuleiro e as dunas. As lagoas costeiras foram associadas ao afloramento do lençol freático associado às dunas e ao tabuleiro litorâneo. Como aproximadamente 5 lagoas costeiras foram extintas com a expansão da vila de pescadores (comparando as fotografias aéreas de 1968 e 1996) e devido ao excesso de efluentes domiciliares, são prováveis alterações na quantidade e qualidade do fluxo na composição do sistema costeiro local.

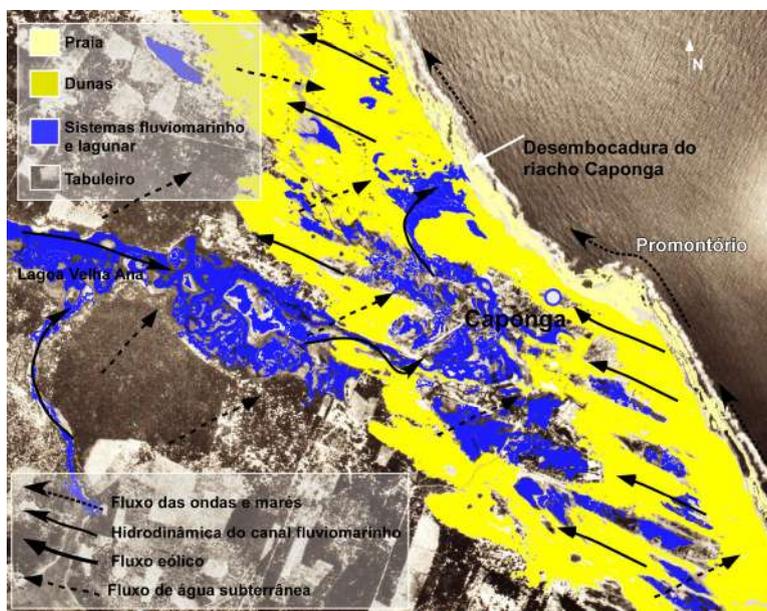


Figura 2.1 – Fluxos de matéria e energia associados à planície costeira da Caponga. Foram definidos através do aporte de areia para os sistemas praial e fluviomarinho. Faixa de praia com fluxo regular de areia (sentido sudeste-noroeste) transportada através da ação das ondas. As conexões entre as morfologias caracterizadas localmente pelo promontório, campo de dunas, canal fluviomarinho e faixa de praia, através da ação dos ventos, ondas, marés e hidrodinâmica estuarina, definiram uma faixa de praia sem processos erosivos progressivos (fotografia aérea em escala 1:25.000 de 1968).

A dinâmica dos sedimentos foi representada na Figura 2.2 de modo a possibilitar a compreensão do perfil de praia como derivado do aporte de areia. A ação das ondas e a dinâmica das marés, juntamente com a entrada de areia proveniente das dunas e dos bancos de sedimentos, pelas dunas e pelos canais estuarinos, respectivamente, deverão introduzir os primeiros elementos de integração. Diante da diversidade dos componentes morfológicos em escala de detalhe, o perfil de praia poderá ser definido através da utilização de níveis, trenas, GPS geodésico, estação total, favorecendo a elaboração de um banco de dados para o monitoramento.

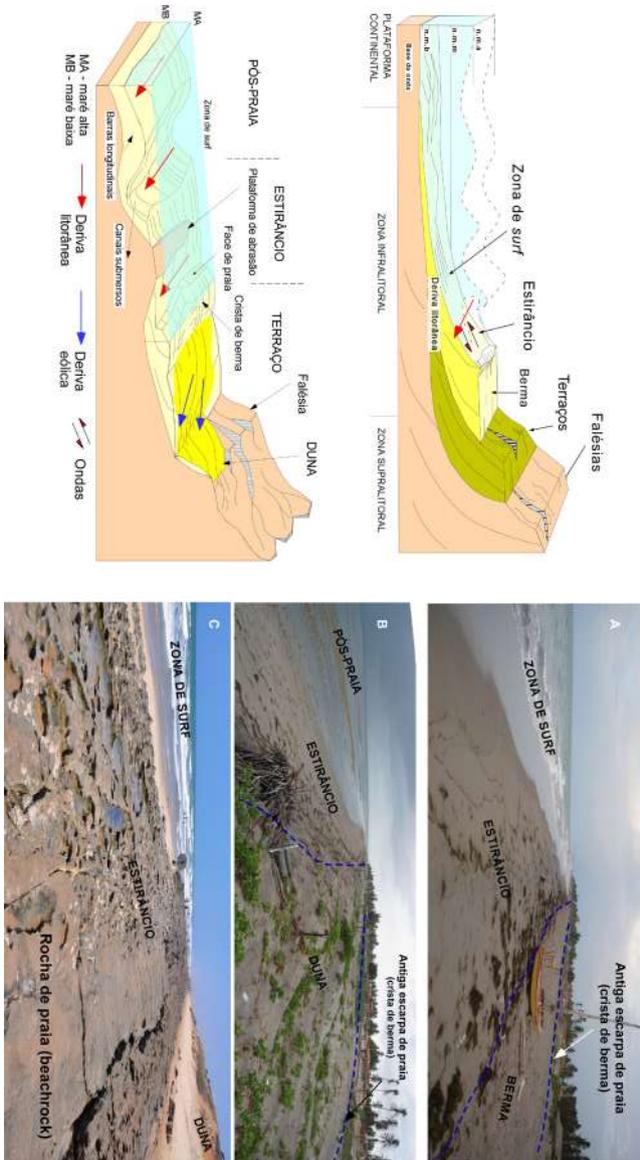


Figura 2.2 – Perfil de praia esquemático evidenciando os principais componentes morfológicos quando associados à deriva longitudinal litorânea dos sedimentos (A: praias arenosas, B: praias arenosas com a zona de berma coberta por dunas bordejantes e C: praias rochosas (beachrocks).

Para representar os principais componentes humanos associados ao desencadeamento de processo erosivo acelerado, a Figura 2.3 foi elaborada levando em conta um perfil praial em área urbanizada. A utilização de morfologias que participam das oscilações da maré foi a principal intervenção para início e incremento da erosão. Os impactos cumulativos normalmente proporcionam danos em trechos contínuos da faixa de praia, desencadeados preferencialmente diante dos setores em processo de ocupação.

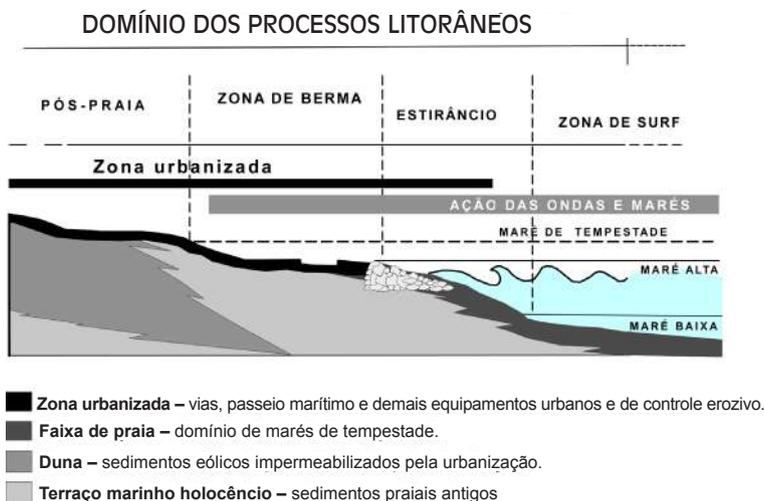


Figura 2.3 – Perfil de praia esquemático levando em conta a ocupação dos setores relacionados com a deriva litorânea dos sedimentos (estirâncio e berma) e de domínio das marés.

## A Faixa de Praia e as Relações com a Dinâmica Morfológica Regional

As interferências nos sistemas fluviomarinheiros podem originar alterações morfológicas na faixa de praia. No caso do canal estuarino da praia da Caponga, antes da elevada artificialização, recebia sedimentos eólicos do campo de dunas que

migrava de sudeste para noroeste. Após acumular-se areia em seu leito, a hidrodinâmica transportava os sedimentos para a linha de praia. A Figura 2.4 mostra a evolução da linha de costa através das fotografias aéreas de 1968 e 1996. As intervenções trataram também de interromper o transporte de areia associado ao promontório, através da expansão da vila de pescadores sobre as dunas que migravam na direção da margem direita do riacho e faixa de praia.

Com a construção dos diques e molhes nas margens do canal fluviomarinho, foi impossibilitada a dinâmica regida pelos meandros naturalmente originados pela energia hidráulica durante os eventos de maior descarga do canal (período das chuvas no primeiro semestre). Os diques proporcionaram o acúmulo de areia dentro do canal de enrocamento, originando, assim, o barramento e a estagnação da água a montante. A Figura 2.5 evidencia o canal logo após sua artificialização e quando foi interrompido pelo fluxo de sedimentos. O canal restringiu-se a um único leito canalizado pelas estruturas em gabiões, o que alterou a potencialidade do transporte de areia pela energia hidrodinâmica na desembocadura.



Figura 2.4 – Mudanças morfológicas no sistema costeiro (praia, promontório, dunas e canal) a partir do crescimento da vila de pescadores (casas de segundas residências e pousadas). Ocorreu inicialmente o bloqueio do transporte eólico nas proximidades do promontório, seguido da ocupação das margens do canal e da faixa de praia (berma e estirâncio superior).

Aliadas a esse conjunto de intervenções na faixa de domínio do fluxo fluvio-marinho, edificações em suas margens também auxiliaram na diminuição de seu potencial de transporte de areia para a faixa de praia e assim integrar-se com o sistema costeiro (como verificado em fotografias aéreas de 1959 e 1968). Em sua margem esquerda verificou-se um muro com 325 m de extensão edificado em uma área de preservação permanente (APP) impedindo as trocas laterais com o terraço fluvio-marinho adjacente. Essa intervenção também suprimiu uma área do canal associada ao ecossistema manguezal, antes ocupada

por vegetação de mangues e a fauna característica. A Figura 2.6 mostra parte do muro que pertence ao empreendimento Caponga Beach Hotel (fotografias A e B), construído dentro do canal e, assim, interferindo na evolução hidrodinâmica e suprimindo uma área antes ocupada pelo manguezal. A fotografia C evidencia outro muro construído na margem direita do riacho.

Essas intervenções geraram mudanças na configuração do canal estuarino em um trecho de 1,5 km de extensão. Alteraram a distribuição das águas com a retificação e terraplenagem das margens e suprimiram meandros com vegetação de mangue. Favoreceram o assoreamento do sistema fluviomarinho e estagnação da água.



Figura 2.5 – Canal artificializado com a construção de dois diques de enrocamento (gabiões). Promoveu a delimitação de um leito fixo para o escoamento do fluxo hidráulico proveniente do sistema lagunar Lagoa da Velha Ana. As fotografias A e A' obtidas de norte para sul (de jusante para montante) mostram que a obra de engenharia possibilitou o assoreamento do canal. As fotografias B e B' (obtidas de sul para norte) também evidenciam o soterramento do canal por sedimentos provenientes tanto do transporte das ondas como pela ação dos ventos. Esse conjunto de fotografias obtido nos anos 2003 e 2006 possibilitou observar que ocorreram alterações estruturais nos diques associadas a solapamentos e recalques.



Figura 2.6 – Muros de alvenaria edificados nas margens do canal fluviomarinho. Foram construídos de modo a ocupar áreas de preservação permanente. Impossibilitam as trocas laterais do canal com os terraços fluviomarinhos e ocuparam setores de expansão da vegetação de mangue. As fotografias A e B evidenciam um muro de aproximadamente 320 m de extensão, que impediu a expansão do manguezal e alterou a hidrodinâmica ao longo de sua margem esquerda (possivelmente pertencente aos proprietários do Caponga Beach Hotel). A fotografia C mostra outro muro localizado na margem direita do riacho.

A evolução da linha de praia está associada a um déficit progressivo de sedimentos. De acordo com Moraes e Meireles (1994), a ocupação dos setores definidos como berma e estirâncio superior em uma faixa litorânea relacionada com um promontório foi a principal causa do avanço do mar continente adentro. A dinâmica imposta pelo acesso de sedimentos provenientes das dunas que ultrapassavam o promontório foi interrompida pela urbanização, impedindo o acesso de sedimentos à faixa de praia. Aliadas à utilização inadequada dessa faixa do litoral da Caponga, as residências, pousadas e vias de acesso foram edificadas em setores de domínio das marés e dinâmica fluviomarinha. Esse conjunto de intervenções inviabilizou o aporte de sedimentos pela ação dos ventos e a continuidade no fornecimento de areia para os setores de berma e estirâncio.

Na faixa de praia associada à desembocadura do canal estuarino, constataram-se edificações posicionadas na área de domínio dos fluxos fluviomarinho e das ondas. De acordo com o levantamento de campo e a partir de fotografias aéreas de diferentes épocas, definiu-se que essas edificações atuaram como elementos indutores da erosão costeira. Foram instaladas em áreas antes ocupadas tanto pelo canal principal como por secundários, originados de acordo com a dinâmica de aporte de areia na desembocadura e vazão durante os eventos de máxima precipitação pluviométrica. As fotografias aéreas (1958, 1968 e 1996) e a imagem de satélite (2002 e 2004) constataram que o canal ocupava as áreas que foram utilizadas para a construção da residência na sua margem direita e do Caponga Beach Hotel em sua margem esquerda.

A Figura 2.7, com os referidos recobrimentos aerofotogramétricos e a imagem de satélite, mostra que o canal estuarino foi canalizado a partir da expansão da vila de pescadores. As fotografias aéreas também evidenciaram que o canal estuarino, nas proximidades da faixa de praia, ocupava uma área que foi utilizada para a construção do Caponga Beach Hotel e casas de segunda residência, ocupando, dessa forma, áreas de preservação permanente (APP) e de domínio das ondas e marés (setores caracterizados como berma e estirâncio superior).

Analisando ainda as fotografias aéreas dispostas na Figura 2.7, observou-se que a expansão da vila de pescadores ocorreu ocupando lagoas interdunares. Com a deficiência do saneamento básico, constatou-se que resquícios de lagoas e o lençol freático estão seriamente comprometidos por efluentes domiciliares. Verificou-se também que os locais mais comprometidos foram associados às áreas ocupadas por antigos moradores (deslocados de setores mais próximos da linha de costa) instalados na periferia do núcleo urbano.



Figura 2.7 – Mostra a evolução do riacho Caponga a partir dos meandros localizados na desembocadura. Evidenciou-se que os diques de enrocamento artificializaram o canal de modo a restringir seu leito para um único eixo de deságue no mar. Acarretaram danos ambientais relacionados com a ocupação da área de preservação permanente (APP) e diminuição de seu potencial de transporte (barramento da foz com areia proveniente da faixa de praia e estagnação da água acumulada em sua bacia hidráulica).

As edificações instaladas na desembocadura do riacho ocupam setores antes destinados à dinâmica morfológica dessa unidade do sistema fluviomarinho. Durante o período chuvoso (primeiro semestre), a área ocupada pela residência logo à direita da desembocadura do canal e sobre a faixa de praia (ocupa a berma e o estirâncio superior) era utilizada como planície de inundação, fazendo parte do sistema fluviomarinho. Da mesma forma, as edificações pertencentes ao Caponga Beach Hotel ocuparam a planície de inundação e parte do canal principal do riacho Caponga.

As residências localizadas na margem direita do riacho e diante da faixa de praia ocuparam setores antes relaciona-

dos com o transporte de sedimentos pela hidrodinâmica do canal estuarino e ondas. A Figura 2.8 mostra que o posicionamento dos muros das casas de segundas residências está na zona de estirâncio, acessados pelas ondas durante a maré alta. Salienta-se que o referido muro da fotografia está associado a uma cerca de arame eletrificada, oferecendo riscos aos banhistas e pescadores que utilizam essa área para lazer e atividades de pesca, respectivamente.



Figura 2.8 – Residência localizada na faixa de praia logo a leste da desembocadura do canal estuarino (margem direita). Verificar-se que está sobre a faixa de praia e ocupando área antes utilizada pelo fluxo hidrodinâmico do riacho (fotografias A e B). A fotografia C mostra detalhe da placa de aviso “Perigo! cerca elétrica”.

O Caponga Beach Hotel, localizado sobre terrenos perpendiculares aos sistemas ambientais fluviomarinho e de praia, ocupa setores antes destinados ao processo natural de migração do canal fluviomarinho. Como a desembocadura está

associada ao transporte de sedimentos por deriva litorânea (ação das ondas e marés), e de acordo com as observações de campo e fotografias aéreas e imagem de satélite, a localização do referido hotel também ocupou terraço fluviomarinho, cuja dinâmica morfológica foi relacionada com antigos canais de escoamento natural do fluxo estuarino. A Figura 2.9 mostra a proximidade do hotel com o canal artificializado pelos diques de enrocamento. Evidencia também que durante eventos de máxima vazão do canal as edificações foram atingidas, provocando danos aos equipamentos edificados (muros e barracas de praia do hotel).



Figura 2.9 – Caponga Beach Hotel, localizado a oeste dos diques de enrocamento e sobre terreno utilizado pela ação das ondas e marés e antes acessado pelos meandros do riacho na desembocadura. As fotografias A e B evidenciam a proximidade do hotel com o canal (ocupando APP), e a C mostra a reconstrução do muro do hotel após um período de cheia, com o fluxo hidrodinâmico atingindo seu muro.

A montante das edificações localizadas na desembocadura do riacho ocorre uma série de outras interferências também localizadas em áreas de preservação permanente (APP), a exemplo da representada na Figura 2.10.

O conjunto de intervenções localizadas nas margens do canal estuarino, principalmente as relacionadas com a canalização de sua desembocadura, alterando o potencial hidrodinâmico de transporte de sedimentos acumulados pela ação dos ventos e das ondas e, assim, promovendo um barramento do fluxo estuarino, acarretou também impactos associados à estagnação da água acumulada a montante. A Figura 2.11 evidencia a água acumulada devido ao barramento do canal justamente na área de intervenção dos diques de enrocamento posicionados na desembocadura.



Figura 2.10 – Residência a montante do dique de enrocamento localizada na área de preservação permanente (APP). No lado direito da fotografia, o muro ao longo da margem do canal fluvio-marinho e pertencente ao Caponga Beach Hotel (também ocupando APP). Verifica-se que as intervenções foram realizadas dentro do leito do canal. Em segundo plano, vegetação de mangue, evidenciando áreas de expansão do ecossistema manguezal suprimidas pela ocupação de áreas nitidamente pertencentes ao sistema fluvio-marinho.



Figura 2.11 – Água estagnada com lixo acumulado (A), promovendo a contaminação por efluentes domiciliares e edificações nas margens do canal (B e C).

Atualmente, a faixa de praia encontra-se artificializada pela presença de espigões (gabiões) e muros de rocha paralelos à linha de costa. O conjunto de fotografias representado pela Figura 2.12 evidencia a evolução da praia após as obras de engenharia costeira. Mostra que a continuidade dos processos energéticos provenientes das ondas e marés está promovendo a degradação das estruturas de controle erosivo e de equipamentos públicos. Os danos ambientais foram associados diretamente às atividades de pesca tradicional, como, por exemplo, a supressão do porto das jangadas e inexistência de área adequada para as atividades de manuseio e conservação das embarcações.



Figura 2.12 – Evolução da faixa de praia diante da vila da Caponga após a construção dos espigões e muros paralelos à faixa de praia. Verifica-se que a ação das ondas continuou a danificar os equipamentos urbanos. A evolução do processo erosivo está alcançando a faixa de praia diante das residências, pousadas e hotel.

Ao ser detectada a erosão costeira nesse trecho do litoral cearense relacionado com a ocupação do setor de *bypass* de areia (MEIRELES; MORAIS, 1994), estudos realizados por Pinheiro *et al.* (2004) demonstraram que a continuidade da erosão foi associada a um déficit progressivo de areia na faixa de praia. A ação das ondas, já em uma faixa de praia com espigões e muros de enrocamento posicionados no estirâncio superior e o precário estado de conservação, provocou danos de elevada magnitude ao sistema costeiro vinculado ao setor urbano. Os blocos de rocha dispersos sobre o estirâncio e a destruição de equipamentos públicos já promovem impactos socioeconômicos diretamente relacionados aos pescadores (supressão do porto das jangadas) e aos pequenos comerciantes (baixa balneabilidade).

Em relação aos impactos cumulativos em uma extensão de 145 km de linha de costa, entre os municípios de Cascavel (litoral leste) e São Gonçalo do Amarante (litoral oeste), da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), foram identificados 6 setores com erosão costeira (Figura 2.13), em uma extensão total de 61,7 km (com 42% de litoral em elevado estado erosivo). Como a deriva litorânea comporta-se de sudeste para noroeste, as intervenções a partir de Caponga estão incrementando o déficit de areia na direção das praias do município de Fortaleza. Verificou-se a urbanização do campo de dunas e das margens de canais de maré e estuários.

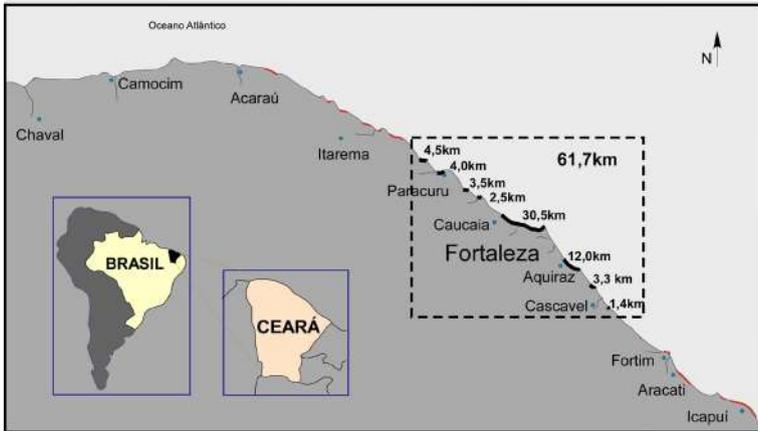


Figura 2.13 – Setores de parte da Região Metropolitana de Fortaleza em processo erosivo associado à ocupação das áreas mantenedoras de um aporte regulador de sedimentos para a faixa de praia (promontórios e sistemas fluviomarinhos).

Como resultado, é provável o incremento da erosão entre as áreas mais intensamente erodidas, visto que o processo de urbanização não está levando em conta a permanência do aporte de areia para a faixa de praia, via campo de dunas e canais estuarinos. Dessa forma, a ocupação da zona costeira metropolitana de Fortaleza poderá, a médio e longo prazo, ter uma faixa contínua de praia com déficit de sedimentos e, conseqüentemente, submetida à erosão acelerada, contínua e progressiva.

A construção dos muros e espigões paralelos, perpendiculares e dentro do mar para amortecer a força das ondas, reter o transporte de areia para originar estreitas faixas de praia e evitar a destruição de trechos extensos de praias urbanizadas vem representando as principais ações de gestão. Os danos com a decadência ambiental, social e econômica foram relacionados com as comunidades de pescadores transformadas em cidades de veraneio (DANTAS, 2009), com a faixa de praia em franco processo de artificialização e completa reversão de suas qualidades de balneabilidade, porto das jangadas e lazer.

Constatou-se que as áreas de domínio das ondas e das marés (morfologias caracterizadas como zona de estirâncio e Berma) foram amplamente utilizadas para a construção das segundas residências, hotéis e pousadas. A consequência erosiva desencadeou a construção de muros aleatórios de rocha, potencializando a erosão. Essas estruturas foram relacionadas com a diminuição da faixa de estirâncio ou a supressão completa, além dos impactos relacionados com a biodiversidade (MARTIN *et al.*, 2005; BERNATCHEZ; FRASER, 2012), ações que estão relacionadas à ampliação da faixa de praia em erosão, principalmente quando acrescidos dos efeitos projetados pela subida do nível do mar (ver Figura 1.24).

## **Considerações Finais**

A análise integrada da planície costeira relacionada com o riacho Caponga foi realizada de modo a fundamentar os impactos ambientais desencadeados com a ocupação das áreas de preservação permanente (APP).

A ocupação da área de transpasse de sedimentos eólicos sobre o promontório e direcionado para a faixa de praia refletiu em um processo erosivo contínuo e progressivo. Promoveu o recuo do setor de berma ao ponto de atingir as residências, pousadas e hotéis (edificados sobre morfologia de domínio do sistema praias). Como resultado, uma faixa de praia com muros paralelos à linha de costa e espigões posicionados na zona de estirâncio, com uma extensão de aproximadamente 3,5 km.

As edificações existentes nas margens do riacho, principalmente as relacionadas com muros, diques de enrocamento (gabiões) na desembocadura do canal fluviomarinho, as residências e o hotel na área de domínio do fluxo hidrodinâmico

na foz do canal interferiram diretamente na evolução natural do sistema estuarino. Alteraram a disponibilidade de sedimentos na faixa de praia, modificaram o curso natural das águas estuarinas, principalmente na desembocadura, promoveram a impermeabilização do solo e ocuparam unidades ambientais pertencentes à faixa de praia e ao sistema fluviomarinho. A urbanização, desde uma vila de pescadores no final dos anos 1970, com a chegada das casas de segundas residências, ocorreu utilizando sistemas ambientais essenciais para a manutenção de um aporte regulador de areia ao longo da linha de costa.

O Quadro 1 sintetiza a sequência de unidades morfológicas analisadas, os impactos ambientais e os principais riscos. Associadas à análise dos impactos e a partir das interferências nos fluxos de matéria e energia, foram caracterizadas as vulnerabilidades e as medidas de gestão necessárias para a melhoria da qualidade ambiental desse setor do litoral cearense.

**Quadro 1 – Caracterização Ambiental e Impacto nas Unidades Morfológicas**

Unidades Morfológicas	Impactos Ambientais	Riscos	Vulnerabilidade	Medidas de Gestão
<b>Faixa de praia</b>	Ocupação dos setores de berma e estirâncio por residências; obstrução do acesso à praia; tráfego de veículos sobre a faixa de estirâncio. Ocupação do setor associada ao canal fluviomarinho; utilização de terrenos de marinha por casas de veraneio.	Incremento da erosão por supressão de áreas de domínio das energias das ondas e marés; interferência no aporte de areia destinado à deriva litorânea; áreas de lazer com interferências dos blocos de rocha soltos no estirâncio; a médio prazo, a continuidade da erosão destruindo o calçadão e os espigões.	Elevada vulnerabilidade à ocupação dos setores de berma e estirâncio. Elevada vulnerabilidade à ocupação da faixa de praia associada ao riacho Caponga, principalmente nos setores relacionados com o aporte de areia proveniente da faixa de praia pela ação das ondas e mobilização pelo vento.	Demarcação dos terrenos de marinha; manutenção do muro paralelo à faixa de praia e dos espigões; desocupação de áreas relacionadas com a dinâmica das ondas e marés; requalificação paisagística da faixa de praia. Retomada da dinâmica natural do riacho nas proximidades da faixa de praia.

## Continuação

<b>Campo de dunas móveis</b>	Ocupação das dunas sobre o promontório; implantação de vias de acesso; mineração clandestina de areia para a construção civil; acúmulo de lixo; contaminação do lençol freático; urbanização em áreas de dunas promovendo a desconfiguração da paisagem dunar; impermeabilização do solo.	Incremento contínuo da erosão costeira; contaminação da água armazenada no aquífero dunar; extinção do campo de dunas; danos à fauna e flora.	Elevada vulnerabilidade à expansão urbana e ao tráfego de veículos; construção de vias de acesso. Vulnerabilidade elevada do aquífero quanto ao incremento da exploração do recurso hídrico e problemas de saneamento dos efluentes domiciliares.	Fiscalização e monitoramento, de modo a preservar os resquícios de dunas. Saneamento básico para minimizar a poluição da água armazenada no aquífero. A exploração do aquífero deverá ser monitorada e dimensionada a vazão de segurança. Proibir a exploração mineral das dunas remanescentes e recuperação ambiental dos corpos dunares em áreas mineradas.
<b>Lagoas interdunares</b>	Ocupação das margens por casas de segunda residência e de moradores de baixa renda; terraplenagem e aterros; lançamento de esgotos e desmatamento da mata ciliar.	Danos à biodiversidade, qualidade da água e zonas de recarga do aquífero. Fragmentação das lagoas devido à ocupação urbana. Danos à fauna e flora local.	Elevada vulnerabilidade ao uso e à ocupação de suas margens e leitos.	Saneamento básico e recuperação do leito das lagoas com projetos de reflorestamento e de requalificação paisagística. Retiradas de edificações nas áreas de preservação permanente (APP). Ações de saúde comunitária para minimizar doenças infectocontagiosas.

Continuação

<p>Manguezal</p>	<p>Desmatamento do manguezal; supressão de áreas de expansão do ecossistema através da construção de muros, aterros e terraplenagens. Bloqueio das trocas laterais com as lagoas e terraços fluviomarinhas. Contaminação da água do canal pelo lançamento de esgotos sem tratamento. Alterações na hidrodinâmica estuarina através da construção dos diques de enrocamento na desembocadura do riacho Caponga. Extinção de áreas antes ocupadas pelo manguezal.</p>	<p>Danos à fauna e flora. Impactos na produtividade primária com a diminuição de áreas antes utilizadas pela cobertura vegetal e fauna. Os diques de enrocamento na desembocadura provocaram alterações no fluxo e na vazão da água salgada. Os aterros também ocuparam áreas antes utilizadas pelo manguezal.</p>	<p>Elevada vulnerabilidade diante das ações de bloqueio das trocas laterais e implantação de estruturas de engenharia que alterem o fluxo e a vazão da dinâmica estuarina. Elevada vulnerabilidade ao uso de áreas de expansão do manguezal, interferindo diretamente na produtividade primária.</p>	<p>Retomada do fluxo das marés com a retirada do volume de areia na desembocadura, acumulado entre os diques de enrocamento. Ampliação da área de acesso do fluxo das marés, com a retirada dos diques e manejo do aporte de areia proveniente da praia. Retirada dos muros e residências edificadas nas margens do canal (APP) para assim promover a regeneração do ecossistema manguezal. Medidas de saneamento básico para melhoria da qualidade da água.</p>
------------------	---	--	--	--

Fonte: Elaboração própria.

Devido à alta vulnerabilidade das lagoas costeiras, à diversidade morfológica vinculada aos aquíferos e ao precário tratamento dos efluentes, medidas de gestão deverão ser tomadas em relação ao saneamento básico. Deverão ser aliadas à retomada da qualidade socioambiental da faixa de praia, principalmente para a continuidade das atividades tradicionais de pesca e lazer. Deverão evidenciar a redefinição do perfil do leito sazonal do sistema estuarino e adequação ao fluxo natural (com renovação da água estagnada a montante e dragagem).

A erosão da linha de costa e as medidas de controle revelaram aspectos relacionados à necessidade de uma gestão costeira integrada. Constatou-se que os muros e espigões, em grande parte, foram construídos de acordo com a decisão dos donos das edificações atingidas e sem controle dos efeitos erosivos em setores sem as obras de contenção (também indutoras da erosão). As intervenções existentes na praia da Caponga e

em vários outros setores do litoral – afetando o volume adequado de sedimento na praia – proporcionaram a erosão nos promontórios e nas margens de rios. O déficit de areia, induzido pela ocupação inadequada da linha de costa, está diretamente relacionado com a erosão contínua de vários outros trechos do litoral nordestino.

### 3

---

## DUNAS

Para definir os elevados níveis de complexidade do sistema costeiro, foram agrupadas as inter-relações que interferem na evolução do campo de dunas. Esses níveis de complexidade foram analisados por Meireles e Rúbio (2000) ao tentarem diferenciar as interações e interdependências dos componentes morfológicos do litoral vinculadas às alterações climáticas e mudanças no nível relativo do mar. As dunas foram utilizadas como estruturas morfológicas capazes de representar a síntese dos processos geoambientais que originaram a planície costeira. Foi possível evidenciar, dessa forma e de uma perspectiva temporal, que o sistema costeiro – diante dos complexos fluxos de matéria e energia – tem como objetivo (finalidade), do ponto de vista físico, lograr a mais absoluta permanência, regulando seu gasto de energia (mínimo gasto).

Com as gerações de dunas caracterizadas, estabeleceu-se no âmbito temporal o valor ótimo, o que necessariamente se traduz, em muitos casos, na involucionista ideia de equilíbrio (estabilidade, clímax, dunas fixas), que é quando aparece a identidade própria ou expressão máxima do sistema ou fase potencial máxima. Porém, a lógica de evolução do meio assinala que depois da fase de máxima “estabilidade” inicia-se a decadência irreversível do sistema (entropia) ao menos do ponto de vista físico: variedade de gerações de dunas, espasmos de sedimentos para a deriva litorânea quando os sistemas fluviais rompem as dunas que bloqueavam suas desembocaduras, por exemplo.

Quer dizer, inicia-se um intercâmbio de matéria e energia sempre de maneira crescente a favor do sistema novo. Dessa forma, a planície costeira, sistema ambiental de evidente convergência dos principais fluxos de matéria e energia (incluindo os derivados das diversas formas de uso e ocupação), representa o sistema de recarga/produção de sedimentos, suporte para os ecossistemas e recursos ambientais para uma elevada diversidade de interesses econômicos e sociais. Portanto, morfogênese contínua.

Foi diante desse complexo de processos regidos pela ação continuada dos ventos que foram definidos os impactos ambientais relacionados com a implantação de usinas eólicas sobre as dunas do litoral nordestino. Para caracterizar os danos ambientais e sociais, evidenciaram-se as interferências nos fluxos morfogenéticos, principalmente nos setores em que ocorrem os vínculos de continuidade dos processos morfológicos.

Os fluxos de matéria e energia que transitam na planície costeira, os eventos eustáticos, neotectônicos e a fisiografia da linha de costa proporcionaram a origem de 83 setores de *bypass* de areia para a faixa de praia no litoral cearense (573 km de extensão) (Figura 3.1). Em uma faixa contínua, entre os estados da Paraíba e do Maranhão, com aproximadamente 1.800 km de linha de costa (25% do litoral brasileiro), ocorrem mais de 240 setores de transpasse de sedimentos entre os promontórios e os canais estuarinos (pequenos canais e *inlets*). Foram caracterizados em setores de promontórios e nas margens de estuários e canais de maré. Quando esses setores foram ocupados pelas usinas eólicas, pela expansão das vilas de pescadores e cidades (hotéis, loteamentos e vias de acesso) e pela implantação de projetos portuários e agroindustriais, a faixa de praia à jusante da deriva litorânea foi intensamente erosionada.

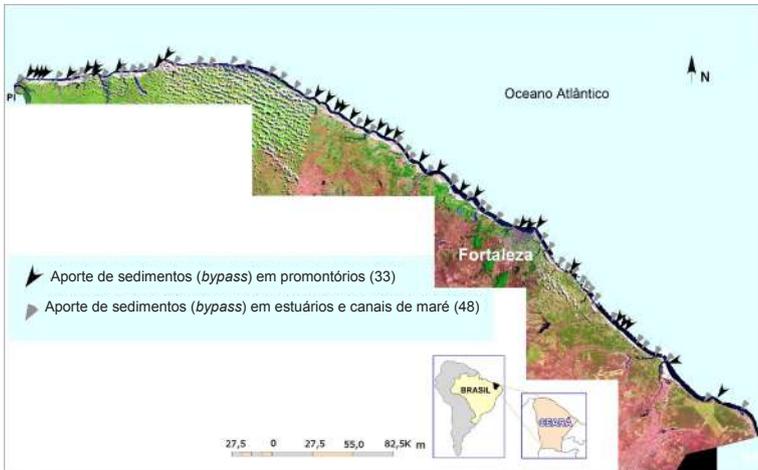


Figura 3.1 – Evidências morfológicas dos setores de aporte de sedimentos provenientes das dunas, via promontórios, estuários e pequenos canais de maré.

Essas intervenções atuaram de forma a bloquear o acesso de grandes volumes de areia à faixa de estirâncio, acarretando a origem de extensas áreas com degradação ambiental vinculadas a um déficit progressivo de sedimentos no sistema praiial. Procedeu-se inicialmente ao soterramento de equipamentos públicos e privados sobre as dunas, seguido de erosão severa na faixa de praia.

Durante as atividades de campo, foram caracterizados os fluxos de matéria e energia responsáveis pela morfogênese local. Procedeu-se dessa forma para melhor representar os impactos ambientais das diversas formas de uso que provocaram alterações na dinâmica costeira. Para o estabelecimento de projeção cartográfica e *datum* geodésico das imagens utilizadas na pesquisa, foram adotadas recomendações do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e Sistema Cartográfico Nacional (SCN): *datum* geodésico horizontal South American Datum (SAD69) e sistema de projeção cartográfica Universal Transverso de Mercator. O

georreferenciamento das imagens orbitais foi efetuado com base no sistema de projeção cartográfica UTM e *datum* geodésico horizontal SAD69, através da utilização de cartas topográficas digitais, com escala 1:100.000 (SUDENE\DSG).

Os dados de imagens brutos sofreram transformações através de técnicas de processamento digital de imagens (PDI), produzindo os primeiros elementos da base de dados, para produção de informações geoambientais. O PDI – pré-processamento, processamento de cores, realçamento de contraste, filtragem espacial, manipulações espectrais e classificação – permitiu tratar os dados brutos para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens.

Para a classificação das dunas foram utilizados os critérios elaborados por Bagnold (1941), Christiansen *et al.* (1990), Pye e Neal (1993), Angulo (1997), Meireles e Rubio (1999), Meireles e Serra (2002), tratando-se de informações para auxiliar na definição dos impactos ambientais.

## **Características Climáticas Regionais**

O setor norte do Nordeste brasileiro concentra seu período chuvoso entre os meses de fevereiro e maio. Durante essa época, o principal sistema responsável pelas chuvas é a chamada Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Outros sistemas secundários, como, por exemplo, os vórtices ciclônicos de altos níveis, as linhas de instabilidade e as brisas marinhas (estas duas últimas atuam principalmente ao longo da zona costeira), são também responsáveis pelos episódios de precipitações sobre a região. Depois desse período, a ZCIT se desloca até o hemisfério norte e as chuvas sobre a região cessam, iniciando-se um longo período de estiagem (MARENGO; UVO, 1997 e 1998; NOBRE, 1997).

Dessa forma, a sazonalidade climática bem definida e a qualidade da estação de chuvas (invernos regulares) sobre a área de estudo dependem preponderantemente das condições atmosféricas e oceânicas, à grande escala, que modulam a intensidade, a fase e o movimento da ZCIT.

As precipitações diminuem de julho até o mês de novembro. Os meses de outubro e novembro registram os mais baixos valores acumulados de chuvas (FUNCEME, 2011). O primeiro semestre responde por 93% da precipitação anual, denotando, dessa forma, variabilidade climática, tanto sazonal como interanual, com irregularidade na distribuição espaçotemporal da precipitação (MOURA *et al.*, 2009).

Com relação à temperatura média mensal, foram registradas oscilações térmicas com médias que variam em torno de 27 °C, com máximas entre 31 °C e 32 °C (FUNCEME, 2011). Os índices médios mensais que apresentaram os menores valores de insolação (170 a 180 horas/mês) (FUNCEME, 2011) foram registrados durante o período de maior precipitação devido a uma maior nebulosidade. Os maiores valores situaram-se nos meses com menores índices de precipitação (agosto e outubro) e com valores mais altos de velocidade média dos ventos.

Os ventos apresentam-se no litoral como um componente da dinâmica da paisagem e fundamental para a composição dos modelos evolutivos propostos neste capítulo. As médias de velocidade chegam a superar os 4,5 m/s nos meses mais secos. No período de estiagem (segundo semestre), há o predomínio dos ventos de SE (são os ventos mais intensos). No início da estação chuvosa, registram-se mudanças na direção dos ventos, passando a predominar os de nordeste. É durante o segundo semestre do ano, com os valores mais elevados de velocidade dos ventos e insolação,

e com os índices mais baixos de precipitação, que as dunas migram com maior intensidade. Verificou-se que o processo de avanço dos campos de dunas alcançou a média de 12 m/ano (dunas com faces de avalanche acima de 30 m) (MEIRELES; GURGEL JR., 1994), podendo chegar a mais de 35 m/ano em dunas mais baixas (MAIA, 1998).

A Figura 3.2 mostra imagens de satélite (FUNCEME, 2011) evidenciando a diferença de cobertura de nuvens durante os períodos anuais de maior precipitação e de estiagem.

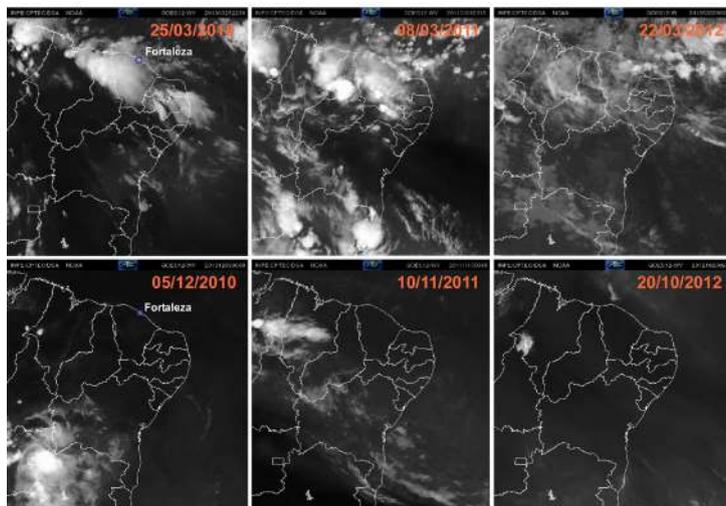


Figura 3.2 – Imagens provenientes dos satélites meteorológicos de órbita polar da série NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (FUNCEME, 2011), evidenciando a diferença de cobertura de nuvens durante os períodos anuais de estiagem (A) e de maiores índices pluviométricos (B). Verifica-se a elevada nebulosidade concentrada no oceano Atlântico e sobre a zona costeira cearense (associada ao período chuvoso).

## A Integração entre os Fluxos Litorâneos

A definição regional dos fluxos de matéria e energia é necessária para a construção dos modelos locais de evolução da linha de costa. Foram caracterizados a partir da elaboração

dos mapas geomorfológicos e geológicos, com a delimitação das morfologias originadas através dos processos de transporte, distribuição e deposição dos sedimentos.

Foram definidos 6 tipos de fluxos de energia ao longo da planície costeira relacionados diretamente com a participação do campo de dunas na regularização de um aporte de areia para a manutenção da dinâmica praiar (Figura 3.3). A integração definiu-se através da relação dos corpos eólicos com a origem e evolução das falésias, dos terraços marinhos, dos campos de dunas móveis, das lagoas costeiras e interdunares, da faixa de praia e das planícies de marés. A seguir, os fluxos de energia e suas características:

1. Processo gravitacional – está relacionado com o transporte de sedimentos nas escarpas das falésias vivas e paleofalésias, proporcionando materiais para o desenvolvimento (dinâmicas morfológica e ecológica) dos terraços marinhos, para a colmatação de lagoas e lagoas e com material inconsolidado para as dunas móveis e a faixa de praia. Nas planícies de Icapuí e Jericoacoara, o fluxo gravitacional originou camadas de aluviões sobre as antigas plataformas de abrasão marinha. Esse material foi retrabalhado durante o último evento transgressivo, revelando que parte das plataformas de abrasão disposta no litoral cearense foi originada durante um evento transgressivo anterior.
2. Deriva litorânea – se dá ao longo do prisma praiar e a plataforma interna (proximal) e está relacionada com o ângulo entre as ondas e a linha de praia, a fisiografia da zona costeira, a direção preferencial dos ventos e a ação das marés e correntes marinhas. Durante a evolução holocênica da planície, não foram produ-

zidas inversões na direção da deriva litoral, tal como evidenciaram as flechas de areia das planícies de Icapuí, Mundaú, Itarema, Acaraú e Camocim que desde o contato com a paleofalésia mantiveram sempre a mesma direção de fluxo. A disponibilidade de sedimentos para o transporte litorâneo está diretamente vinculada ao extenso campo de dunas ao longo do litoral nordestino. Proporcionou um aporte regular de areia para a ação dos ventos, desde a linha de praia, durante a maré baixa (estirâncio) e, de forma mais intensa, durante o segundo semestre do ano. Durante os eventos de estiagem, as flechas de areia e campos de dunas que migram para as margens dos sistemas fluviomarinhos, associadas às desembocaduras dos rios e canais de maré, interceptam o fluxo fluviomarinho, originando sistemas lacustres. No período de cheias (primeiro semestre), as flechas de areia são rompidas e inicia-se o incremento de sedimentos em deriva litorânea ao longo da faixa de praia.

3. Transporte eólico – vem representado pelo fluxo de sedimentos a partir do estirâncio para o interior do continente, a favor dos ventos dominantes de leste e nordeste. A mobilidade dos sedimentos pela energia eólica deu lugar a grandes campos de dunas, normalmente instalados sobre os terraços marinhos e o tabuleiro pré-litorâneo. Nos setores onde se produz o *bypass* de sedimentos eólicos, através dos estuários e dos promontórios, atuam como veículos de recarga de sedimentos para a continuidade da progradação da planície costeira.
4. Sistema estuarino – a presença de indicadores morfológicos de eventos eustáticos revelou que as unida-

des associadas aos canais estuarinos foram inundadas durante os máximos transgressivos. As camadas de paleomangue intercaladas com sedimentos de praia, os arenitos de praia (*beachrocks*) em suas margens, a evolução dos bancos de areia internos e na desembocadura, foram os principais elementos morfológicos e dinâmicos (ação das ondas, marés e do fluxo fluvial durante os eventos de enchentes) para a definição desse sistema como fundamental para a composição dos fluxos e aporte de sedimentos para o relevo costeiro. O acesso a campos de dunas que migram na direção dos canais promove a formação de bancos de areia que são transportados para a faixa de praia. Dessa forma, é mantido um aporte regulador da dinâmica sedimentar dentro dos canais fluviomarinhas e associado à evolução morfológica da faixa de praia, quando esses sedimentos alcançam a desembocadura e assim transportados pelas ondas e correntes marinhas.

5. Fluxo fluviolagunar – as relações entre a sazonalidade climática, a migração dos campos de dunas e as alterações de alta frequência do nível relativo do mar, em grande parte, controlaram a evolução dos sistemas fluviais na zona costeira. Os campos de dunas que foram originados durante os eventos regressivos migraram sobre os canais fluviais e fluviomarinhas, dando lugar a lagunas que, nos períodos de maior fluxo fluvial, desobstruíram os canais interceptados e novamente conectaram-se com o mar. Dinâmica diretamente relacionada com eventos de aportação sedimentar para a linha de costa e, conseqüentemente, para a mobilização eólica e aportação de areia para os campos de dunas.

6. Águas subterrâneas – as características topográficas, climáticas (semiárido), geológicas (permeabilidade e porosidade da Formação Barreiras e dos demais depósitos costeiros) e morfológicas (tabuleiro, terraços marinhos, dunas, entre outras) originaram as condições geoambientais para a participação do aquífero na origem das lagunas, das lagoas interdunares e dos estuários. No caso dos estuários, o aquífero alimenta de água doce e de sedimentos finos os canais que partem da zona de contato com o tabuleiro e as dunas.

Esse conjunto de fluxos integra-se na composição de processos que favoreceram a origem das unidades morfológicas da planície costeira e no caso específico dos campos de dunas. Proporcionou sedimentos sobre a praia e a plataforma continental interna e os ventos competentes para mobilizá-los continente adentro.



Figura 3.3 – Conjunto dos fluxos de matéria e energia ao longo do campo de dunas de Camocim. O fluxo subterrâneo foi associado ao campo de dunas, tabuleiro pré-litorâneo e sistemas fluviomarinho e lacustre (imagem Landsat, 2008).

## Dinâmica Litorânea em Zonas de *Bypass*

A planície costeira cearense está sendo submetida a uma série de intervenções em áreas destinadas à regulação dos processos litorâneos. Foram relacionadas basicamente com a implantação de equipamentos públicos e privados em locais que interferiram diretamente nos processos sedimentares, morfológicos, hidrodinâmicos e oceanográficos responsáveis pela dinâmica não erosiva da faixa de praia.

Unidades morfológicas caracterizadas pela dispersão de sedimentos, alimentadoras de material arenoso para o sistema praiial e reguladoras dos fluxos de energia (dunas móveis, flechas e bancos de areia e terraços marinhos associados aos promontórios e margens dos rios), em muitos casos, foram utilizadas de forma inadequada. Como consequência, foi induzido um novo comportamento evolutivo, em grande parte orientado para o avanço da erosão (MEIRELES *et al.*, 1991; MORAIS; MEIRELES, 1992; MAIA, 1998; MEIRELES, 2001).

Foi através da ação das marés, das ondas e dos ventos predominantes de leste e nordeste que se desenvolveu a deriva litorânea dos sedimentos regionalmente de leste para oeste. Durante o período de maré baixa, os ventos transportam parte dos sedimentos sobre o estirâncio para a berma e daí para o interior do continente, dando origem às dunas móveis, isso se o volume de areia for suficiente e os ventos apresentarem competência. Ao serem edificadas as estruturas dunares (barcanas, barcanoides, parabólicas, transversais, dômicas, entre outras) e com a continuidade do processo de migração, as que alcançam canais fluviomarinhos são consumidas pela hidrodinâmica estuarina, com os sedimentos originando bancos de areia no leito do canal. Ao atingir a desembocadura e lançado para a

linha de praia, o transporte sedimentar é regido pelo sistema de correntes litorâneas (novamente pela ação das ondas, marés e correntes marinhas).

De outra forma, com as dunas migrando sobre os promontórios, logo à frente os sedimentos retornam para a linha de praia, de onde participam do transporte longitudinal proporcionado pelas correntes litorâneas. Os promontórios existentes ao longo do litoral cearense representam zonas de *bypass* de areia. Devido ao transporte litorâneo que se desenvolve de leste para oeste, os setores representados pela praia, berma, dunas em contato com o estirâncio e campos de dunas imediatamente a oeste dos promontórios foram, em grande parte, edificados pelo fornecimento de areia proveniente das dunas que vêm dos pontais.

A síntese dos processos morfodinâmicos produziu modelos regionais para representar a dinâmica evolutiva de áreas relacionadas com o *bypass* de sedimentos eólicos através dos promontórios e canais estuarinos (Figura 3.4). Foram elaborados a partir de mapeamentos geológicos e geomorfológicos, monitoramento espaçotemporal dos campos de dunas móveis e diagnósticos ambientais em áreas submetidas a intensos processos erosivos (MEIRELES, 2001).

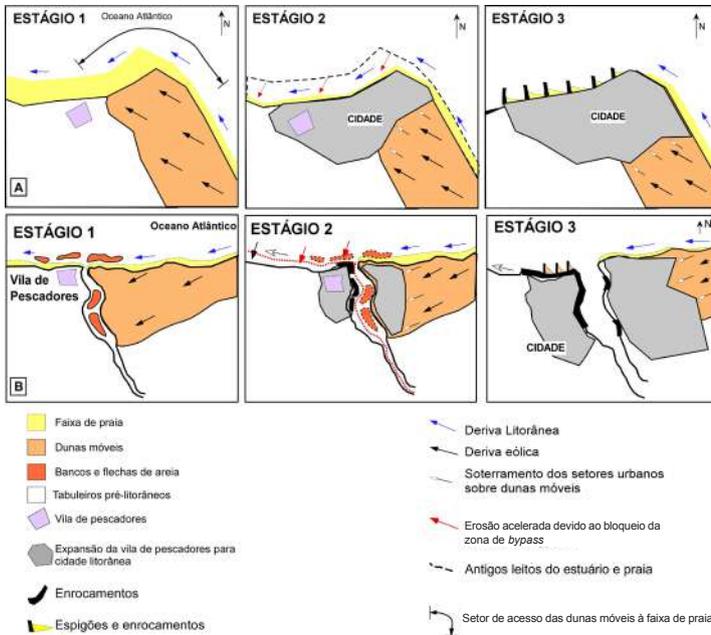


Figura 3.4 – Modelo para representar a dinâmica evolutiva dos campos de dunas em promontórios (A) e canais estuarinos (B), com a expansão urbana em setores destinados à regulação dos processos morfológicos da linha da costa.

É através da relação de interdependência entre morfologias definidas como praia, dunas móveis, canais estuarinos e promontórios que se processa parte da dinâmica costeira, com a manutenção de um fluxo contínuo de areia para a faixa de praia, com os sedimentos provenientes dos campos de dunas móveis. As planícies fluviomarinhas e os promontórios envolvidos com o transpasse de areia para a linha de praia proporcionam a integração entre os fluxos eólico, gravitacional, estuarino e de correntes marinhas (ondas e marés). Foram os responsáveis, em grande parte, pela origem dos campos de dunas e pela contínua transformação morfológica da planície costeira, mesmo quando submetidas aos eventos de mudanças do nível relativo do mar.

Quando o homem interfere nesses processos, modificando a trajetória, a energia envolvida e o volume de areia em transporte, inicia-se uma nova dinâmica, normalmente regida pelo predomínio de fenômenos erosivos. Foram intensificados quando grandes volumes de areia, que antes transitavam pela planície costeira, na forma de dunas, foram desviados ou fixados pela expansão urbana, pelos loteamentos mal planejados e pela construção de hotéis, sendo, assim, impedidos de alcançarem a faixa de praia.

A implantação de equipamentos que inviabilizaram esse fluxo de sedimentos acarretou rápidas mudanças no padrão morfodinâmico, alterando a quantidade de areia que define perfis de praia de acordo com a ação do clima de ondas. Com a continuidade do transporte de sedimentos pela ação das ondas e sem uma reposição a partir dos setores de *bypass*, foi desencadeada a erosão acelerada.

A Figura 3.5 mostra os campos de dunas móveis que atuam na dinâmica costeira local dos municípios de São Gonçalo do Amarante e Mundaú. A dinâmica de migração do campo de dunas está relacionada com dois setores de aporte de sedimentos nas direções da faixa de praia e margem direita do rio Mundaú especificados a seguir:

1. dunas que migram sobre o promontório e atingem diretamente a linha de costa (Pecém): fornecem sedimentos para a origem dos bancos de areia quando alcançadas pelas ondas. Ao ser gerado um volume de sedimentos para a deriva litorânea, proporcionam a formação de flechas de areia na praia e na desembocadura do rio. Mudanças contínuas no perfil de praia e batimetria;
2. dunas que alcançam a margem direita do rio (Mundaú): ao participarem da dinâmica das marés no canal

estuarino e durante os eventos de maior vazão fluvial, fornecem sedimentos para os bancos de areia. As dunas móveis são utilizadas para a origem da flecha de areia que se encontra atualmente na margem esquerda do rio.

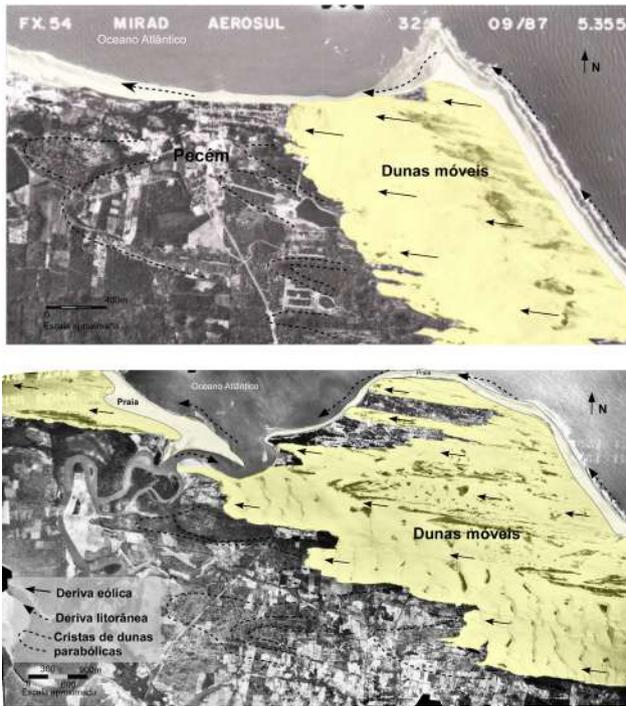


Figura 3.5 – Promontórios do Pecém e Mundaú. Evidencia-se a dinâmica das dunas móveis atuando como fonte de areia para a praia. O bloqueio desse transporte de sedimentos originou erosão na linha de costa.

As residências e vias de acesso sobre as dunas foram sistematicamente soterradas, principalmente durante o segundo semestre do ano, quando os ventos são mais intensos (podendo alcançar rajadas com mais de 18 m/s). As casas de segunda residência dispostas na berma foram danificadas e várias completamente destruídas pelo ataque direto das ondas.

A expansão da vila de pescadores, com a chegada da especulação imobiliária, foi iniciada com a utilização de áreas destinadas aos processos morfogenéticos locais, o que acarretou impactos ambientais negativos e vinculados à erosão da linha de praia. Foram decorrentes da construção das casas de segunda residência sobre a berma e dunas móveis. Os pescadores associaram a supressão do porto das jangadas ao avanço contínuo da erosão.

Verificou-se que a morfologia das margens do estuário foi regida pela migração dos bancos de areia (dispostos no canal principal, em gamboas e na desembocadura). Durante o primeiro semestre, período de maior vazão fluvial, parte dos bancos de areia foi erodida e os sedimentos transportados para a faixa de praia. Durante a estiagem (segundo semestre), as dunas migram para a margem direita e, assoreando o canal, contribuem para a formação de outra geração de bancos de areia, que são transportados pela dinâmica das marés.

A Figura 3.6 mostra um modelo simplificado da dinâmica associada às dunas reguladoras dos processos litorâneos. As variações das marés interagem com a duna, mobilizando areia para a deriva litorânea pelo ataque direto das ondas durante a maré alta. Com a ocupação das dunas, promoveu-se um colapso de sedimentos, impossibilitando a reposição de sedimentos provenientes do transpasse através do promontório, o que desencadeou um processo erosivo progressivo e contínuo.

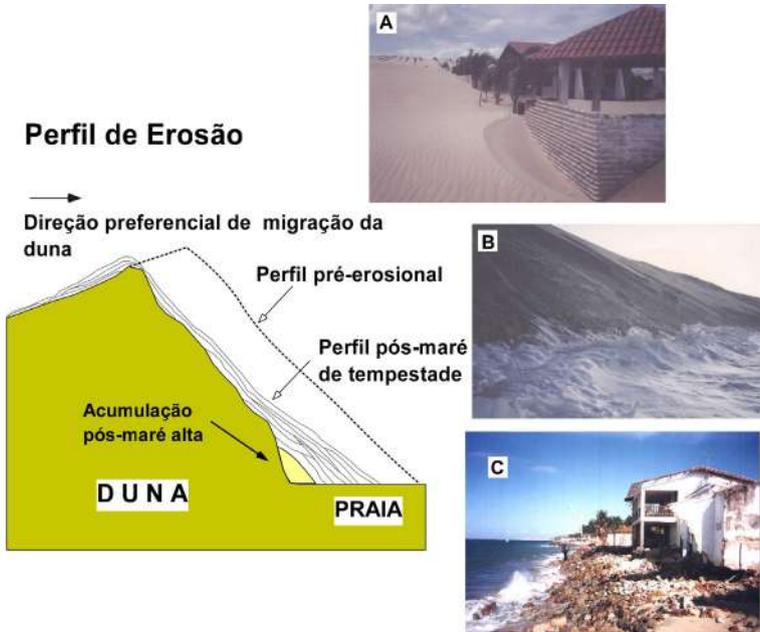


Figura 3.6 – Evolução da linha de costa associada a campos de dunas após a ocupação dos setores de *bypass* de sedimentos: A) soterramento dos equipamentos urbanos, B) déficit de areia na linha de costa e C) erosão da faixa de praia com danos aos equipamentos públicos e privados.

A implantação de empreendimentos hoteleiros e vias de acesso sobre o campo de dunas certamente bloqueará o fluxo de sedimentos proveniente das dunas móveis na direção do canal estuarino. A projeção dos equipamentos planejados com a dinâmica atual poderá promover alterações ambientais. As principais podem ser associadas aos seguintes aspectos dinâmicos:

1. bloqueio do fluxo natural de sedimentos eólicos: com a ocupação do campo de dunas móveis que migra na direção da margem direita do rio, será originado um déficit de sedimentos para a origem dos bancos de areia;
2. evolução dos bancos de areia: com o aporte atual de sedimentos eólicos na direção do rio, foram constituí-

dos bancos de areia que, ao serem submetidos ao fluxo das marés, atuam como reguladores de um aporte sazonal de sedimentos para a linha de praia, minimizando os efeitos erosivos nas margens do canal estuarino e na faixa de praia localizada a oeste da desembocadura;

3. erosão acelerada ao longo da margem direita do estuário: com a diminuição do aporte de sedimentos, através do bloqueio promovido pelos equipamentos projetados, será instalada uma nova dinâmica sedimentar. Será regida pela ação do fluxo hidrodinâmico no setor mais côncavo do meandro localizado nas proximidades da desembocadura. Trata-se naturalmente de um setor erosivo do canal, o qual, com o déficit de areia projetado, será submetido a um contínuo e severo processo erosivo;
4. danos aos equipamentos urbanos existentes: a evolução do meandro localizado nas proximidades da desembocadura foi a responsável pela erosão da margem direita do estuário. Desde 1994 foram registrados eventos erosivos que provocaram a destruição de casas e vias de acesso;
5. soterramento dos equipamentos projetados: com os campos de dunas migrando na direção do setor de *bypass* de areia, os equipamentos urbanos podem ser constantemente submetidos ao soterramento pelas areias transportadas pelo vento;
6. impermeabilização do campo de dunas: o setor projetado para a implantação dos equipamentos hoteleiros está associado diretamente à recarga do aquífero dunar. Trata-se de uma excelente reserva de água doce para a localidade de Mundaú e que se vincula também

- ao aporte de água doce para o ecossistema manguezal;
7. danos aos exutórios de água doce: as dunas que bordejam a margem direita do estuário são associadas a uma série de pequenas nascentes que originam riachos e lagoas interdunares conectados com o rio Mundaú. Ao ser impermeabilizado o setor de dunas projetado para o complexo hoteleiro, serão gerados danos ambientais associados à diminuição do volume e da qualidade da água armazenada no aquífero dunar e, conseqüentemente, extinção dos canais afluentes do rio e das lagoas interdunares. As alterações na qualidade da água pela salinização do aquífero também estarão vinculadas à sazonalidade: durante as oscilações diárias e mensais da maré e aporte da água doce (fluvial e pluvial) nos períodos de estiagem e de maiores precipitações pluviométricas;
  8. danos à fauna e flora: com o déficit de areia relacionado com a ocupação das dunas que alcançam a margem direita do rio, os bancos de areia serão seriamente afetados pela erosão. A fonte de sedimentos para a origem dessas morfologias é atualmente relacionada com os sedimentos provenientes das dunas. Esses bancos de areia evoluíram para setores do ecossistema manguezal e, inclusive, estão associados a áreas de refúgio e alimento para as aves migratórias.

Os sedimentos que retornam para a zona de estirâncio, via canal estuarino, alimentam a deriva litorânea e mantêm um perfil de acordo com a dinâmica imposta pelo clima de ondas, notadamente sem a presença de processos erosivos contínuos. Dessa forma, as intervenções direcionadas para o bloqueio do *bypass*

poderão ainda regionalizar os efeitos erosivos, alterando a dinâmica dos processos morfogenéticos na plataforma continental proximal e nas praias mais a oeste da desembocadura do rio Mundaú.

## **Aspectos Geodinâmicos dos Campos de Dunas Móveis do Parque Nacional de Jericoacoara**

A planície costeira de Jericoacoara está situada na costa oeste do estado do Ceará, no litoral dos municípios de Jijoca de Jericoacoara, Cruz e Camocim, a aproximadamente 300 km de Fortaleza. A área utilizada para representar a dinâmica morfológica das dunas móveis abrange o Parque Nacional de Jericoacoara (Parna Jericoacoara).

Foi possível identificar três gerações de dunas:

- 1ª geração – formada por dunas fixas (vegetação arbórea com transição para o tabuleiro pré-litorâneo na borda sul do campo), dos tipos parabólicas e, secundariamente, dômicas, localizadas mais no interior da planície. Em setores próximos às dunas de 2ª geração, estão sendo soterradas pelas dunas móveis. São mais elevadas que as outras gerações e possivelmente atuam como barreiras eólicas para a migração das dunas que se dirigem para setores SE/SW da planície costeira;
- 2ª geração – composta pelo conjunto de dunas móveis dos tipos barcanas e barcanoides. Está relacionada a pulsos de sedimentos provavelmente originados por alterações de alta frequência do nível relativo do mar (MEIRELES *et al.*, 2002). Essas dunas estão associadas às estruturas espaçotemporais e direcionais que

definem intervalos de migração e direção preferencial de deslocamento;

- 3ª geração – representada por dunas móveis atuais do tipo longitudinais, dispostas sobre a zona de berma atual (com ocorrência de barcanas de pequeno porte, entre 3 e 5 m de altura, sobre o estirâncio superior). Está associada às morfologias produzidas pelo imediato transporte de areia da faixa de praia.

Para evidenciar a dinâmica evolutiva, foram definidas as dunas móveis do tipo barcanas que migram preferencialmente de leste para oeste na direção da faixa de praia (Figura 3.7). Nas dunas móveis, quando relacionadas aos promontórios, os sedimentos foram novamente lançados para a praia e de acordo com a direção preferencial dos ventos. Ao longo da planície costeira de Jericoacoara, verificou-se que as dunas móveis alcançam a faixa de praia e, durante os máximos regressivos, o volume de sedimentos foi suficiente para formar dunas barcanas e barcanoides que provavelmente bloquearam (junto com o crescimento das flechas de areia, como verificado através das imagens de satélite) o fluxo estuarino do canal do Guriú, tratando-se, portanto, de evidências associadas à ocorrência de depósitos eólicos inseridos no ecossistema manguezal (morfologias alongadas na mesma direção das atuais marcas espaçodirecionais distribuídas na planície).

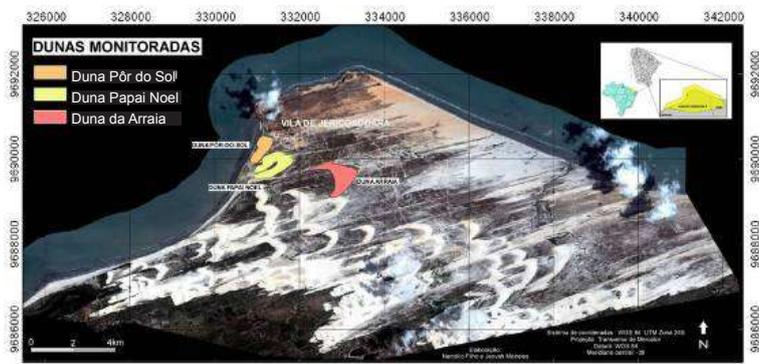


Figura 3.7 – Localização das dunas Pôr do Sol, Papai Noel e Arraia, utilizadas para a sistematização dos intervalos de velocidade de deslocamento e evolução espaçotemporal.

Em relação à formação das dunas atuais (sobre a zona de berma), a ação dos ventos na remobilização dos sedimentos é mínima, quando comparada com as dunas de 1ª e 2ª gerações – os sedimentos remobilizados atualmente para a formação das dunas de 3ª geração não são superiores a 10% do volume de sedimentos que foi utilizado para formação das dunas no interior da planície costeira – vinculadas a eventos de oscilações do nível relativo do mar (MEIRELES *et al.*, 2002). As condições atuais não favorecem a formação dos campos de dunas barcanas que migram de continente adentro. Possivelmente, condições climáticas e do nível do mar diferentes das atuais foram as que proporcionaram volume de areia satisfatório para a formação de dunas móveis e fixas que ultrapassam os 60 m de altitude e mais de 1.000 m de largura e comprimento. Dessa forma, pequenas oscilações no nível relativo do mar (possivelmente vinculadas à dinâmica imposta pelas oscilações da temperatura da superfície do mar com eventos El Niño/La Niña), dentro de uma curva regressiva, e associações com a plataforma continental interna (relativamente plana e rasa, rica em sedimentos

arenosos e quartzosos) descobriram vastas áreas de estirâncio, originando, assim, uma fonte de sedimentos e ventos competentes para transportar o volume de areia utilizado para a construção das dunas móveis barcanas e as mais interiores à planície. Também deveriam estar associadas às condições climáticas com índices mais elevados de aridez, para possibilitar fluxos eólicos competentes, relacionados a valores mais elevados de insolação e índices ainda mais baixos de precipitação pluviométrica.

Para representar a dinâmica de migração do campo de dunas, foram escolhidas três dunas móveis de 2ª geração definidas localmente por duna do Pôr do Sol (DPS), Papai Noel (DPN) e Arraia (DA) (Figura 3.8). Foram escolhidas de acordo com suas relações com os demais componentes morfológicos da planície costeira (principalmente a faixa de praia e o serrote de Jericoacoara) que interferiram na origem e evolução morfológica. Para evidenciar os objetivos, foi necessário realizar o mapeamento temático e sistematizar o intervalo de migração para os últimos 35 anos.

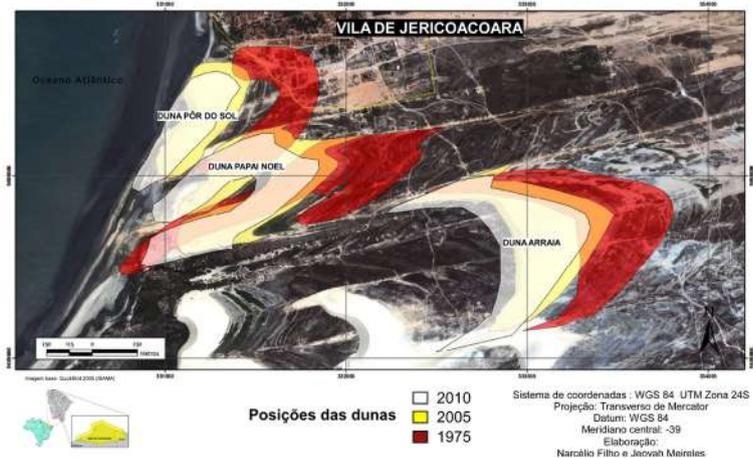


Figura 3.8 – Dunas barcanas e barcanoides de morfologias complexas devido à dinâmica de transporte associada à incorporação de outras dunas durante a migração das maiores. Evidenciam-se relações com os demais sistemas ambientais diante da faixa de deslocamento e verifica-se que a DPS alcançou a faixa de praia.

A presença de paleoplateformas de abrasão escalonadas com *notchs* (entalhes basais ou ressaltos erosivos provocados pelas ondas, Figura 3.9), ao longo da planície costeira de Jericoacoara, atribuídos a distintos níveis altimétricos do mar (MEIRELES *et al.*, 2003) diferentes da cota atual, foi relacionada com as oscilações de alta frequência. Essas estruturas de erosão foram estudadas por Sunamura (1994) e Pirazoli (1998) e utilizadas para a definição de cotas altimétricas do nível do mar diferentes das atuais. Oscilações dessa natureza foram evidenciadas na costa este brasileira, quando há 4.800 e 2.700 anos A.P. produziram-se oscilações da ordem de 3 m no nível relativo do mar (MARTIN *et al.*, 1982).

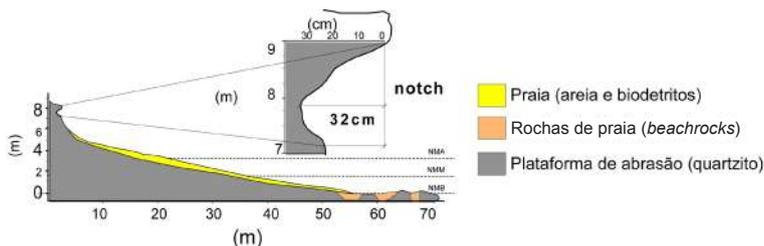


Figura 3.9 – Paleoplateformas de abrasão e estruturas erosivas relacionadas ao máximo do penúltimo interglacial.

As dunas móveis presentes no litoral de Jericoacoara exercem a função de reservatórios de sedimentos para a manutenção de um aporte regulador de areia para a praia. Atuam de modo a evitar eventos erosivos ao contribuir com sedimentos para a deriva litorânea (ação das ondas e marés). São ambientes fortemente instáveis, uma vez que são controlados pela incidência dos ventos de direção preferencial leste e nordeste, os quais orientam o caminho das dunas móveis do setor leste da linha de costa para o interior do parque.

A plataforma continental plana e muito extensa possibilitou, em oscilações do nível do mar de pequenas amplitudes, a exposição de extensas áreas com sedimentos representativos de

fácies quartzosa e biodetrítica para o transporte eólico. No litoral oeste cearense, eventos dessa natureza, que originaram extensos depósitos de sedimentos eólicos, foram representados pela ocorrência de eolianitos em trechos contínuos de até 28 km (MEIRELES *et al.*, 2002). Associadas aos eolianitos, foram registradas ocorrências de depósitos de mangue (com restos vegetais) em áreas atualmente submersas durante a maré baixa e afastadas do limite da linha de costa em até 1,2 km (plataformas associadas à zona costeira dos municípios de Icapuí e Camocim).

## **Evolução Espaço-temporal das Dunas**

Como resultado, obteve-se, inicialmente, a distribuição espacial dos diversos componentes geoambientais (Figura 3.10). Através da comparação da distribuição espaço-temporal das morfologias dunares, entre os anos 1975 e 2010, evidenciaram-se mudanças significativas na área, no perímetro e na tendência de deslocamento das dunas. Foi possível constatar a ação dos fluxos de matéria e energia vinculados com migração continuada direcionada para a faixa de praia (setor de *bypassing* de sedimentos). Foi detectada uma tendência geral dos corpos dunares de diminuição da área e alterações de alta frequência do perímetro (complexas alterações no contorno das dunas), principalmente nos mais próximos do setor urbano da vila e do serrote de Jericoacoara (Figura 3.11).



Figura 3.10 – Aspectos morfológicos definidos na planície costeira de Jericoacoara na área que representa a Unidade de Conservação de Proteção Integral (MEIRELES *et al.*, 2005; ARRUDA, 2007).

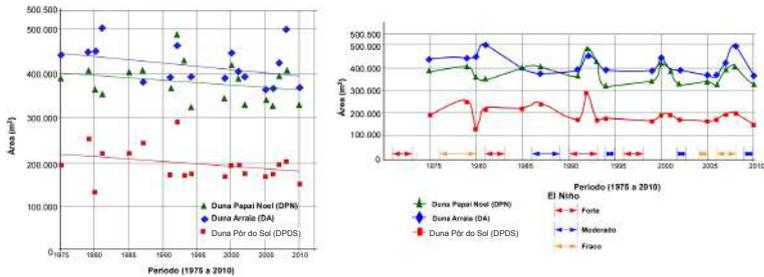


Figura 3.11 – Valores médios de área das dunas. Foram associados aos eventos El Niño.

A área da DPDS (média de 198.472 m<sup>2</sup>) para o período de 2005 a 2010 registrou uma diminuição de aproximadamente 18.500 m<sup>2</sup>, definindo uma tendência de déficit constante de sedimentos durante seu deslocamento. Essa diminuição foi relacionada ao fato de estar se movimentando sobre o promontório de Jericoacoara e ter atingido o setor de *bypass* – alcançou a faixa de praia e os sedimentos passaram a ser transportados pela ondas – desde o início dos anos 1990. Nesse período, foi possível definir um perímetro, mantendo-se na ordem dos 3.331 m. Ressalta-se que, nos últimos anos, constatou-se a tendência de aumento do perímetro (maior complexidade no contorno da morfologia dunar). Essa tendência foi possivelmente relacionada às alterações na dinâmica de transporte quando a duna se aproximou da faixa de praia (face de avalanche em contato com as ondas) e às interferências na dinâmica dos ventos pela barreira morfológica provocada pelo serrote de Jericoacoara.

A diminuição da área da DPN (média de 380.562 m<sup>2</sup>) para o mesmo período de registro das imagens de satélite (1975 a 2010) foi definida na ordem de 61.100 m<sup>2</sup>. Nesse período, foi possível identificar uma diminuição no perímetro na ordem de 663 m (tendência de manutenção da morfologia barcanoide). Nos últimos anos, possivelmente desde 2001, constatou-se a tendência de manutenção regular do seu perímetro, com uma média de 3.373 m.

A área da DA, no período de 1975 a 2010, passou por uma diminuição na ordem de 71.454,5 m<sup>2</sup>. Nesse mesmo período, foi possível identificar um aumento no perímetro de 193,5 m (menor valor) – denotando contornos morfológicos bem definidos – diante da duna com maiores área e perímetro da planície costeira (área média aproximada de 419.050 m<sup>2</sup>).

A diminuição das áreas das dunas estudadas foi associada à disseminação de sedimentos pela ação dos ventos e das ondas, no caso da DPDS. Os ventos promoveram o deslocamento das dunas, mas também atuaram na retirada de areia dos corpos dunares, principalmente no segundo semestre, quando ocorrem as maiores velocidades dos ventos (média de 8 m/s, de acordo com a Aneel, 2006) e menores índices de precipitação pluviométrica.

A movimentação da DPDS, desde o sul do serrote de Jericoacoara, foi de aproximadamente 12 m/ano, com deslocamento total de aproximadamente 350 m entre 1975 e 2010 (Figura 3.12). Entretanto, para o período de 2005 a 2010, o deslocamento médio total foi de 50 m, com média anual aproximada de 10 m/ano, registrando uma diminuição relativa na migração do corpo dunar. A DPN apresentou uma velocidade média de migração mais elevada que a DPDS, atingindo uma média de 16 m de deslocamento por ano (deslocamento total de 470 m) (Figura 3.13). Foi possível verificar aumento no ritmo de deslocamento dessa duna nos últimos 5 anos: média de 22 m/ano (deslocamento total de 110 m).



Figura 3.12 – Deslocamentos definidos para a DPDS através das imagens de satélite (imagem QuikBird de 2005).

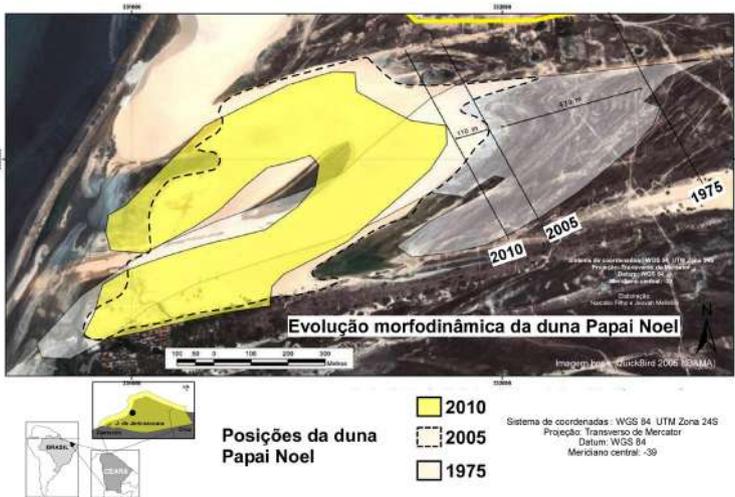


Figura 3.13 – Deslocamentos definidos para a DPN através das imagens de satélite (imagem QuikBird de 2005).

A duna Arraia movimentou-se também pelo promontório de Jericoacoara e mais ao sudeste das dunas anteriores (Figura 3.14).

Também foi constatado um comportamento diferenciado na velocidade de deslocamento nos últimos 5 anos – com média de 30 m por ano com deslocamento total de 150 m –, com a maior média de velocidade para as dunas analisadas. Para o período de 30 anos, entre 1975 e 2005, com um deslocamento de aproximadamente 320 m, definiu-se uma velocidade média de 10,6 m por ano, tratando-se da menor velocidade média em relação às outras dunas analisadas.

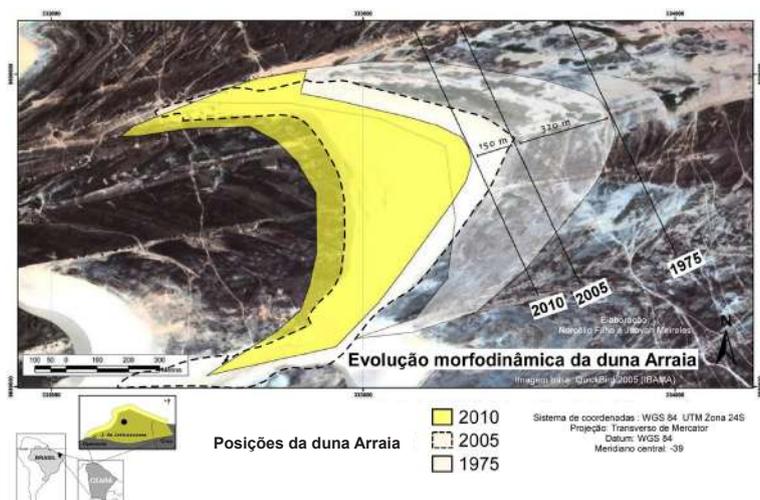


Figura 3.14 – Deslocamentos definidos para a DA através das imagens de satélite (imagem QuikBird de 2005).

Provavelmente, com o incremento do turismo, principalmente quando instituída a Unidade de Proteção Integral (a partir de 2000), ocorreu aumento no acesso de visitantes à DPDS, diariamente frequentada por um elevado número de pessoas que sobem até a face de avalanche. Verificou-se incremento no processo de deslizamento dos sedimentos por gravidade, quando os visitantes descem a duna, provocando alterações significativas na morfologia.

Os resultados médios referentes aos dados de área, perímetro e velocidade de deslocamento das dunas (Tabela 1) proporcio-

naram os primeiros dados médios em intervalos temporais mais amplos e através das informações provenientes de imagens de satélite. A tendência de aumento da velocidade média de migração das dunas nos últimos 5 anos pode estar relacionada com o período de intensificação do acesso de turistas (MEIRELES *et al.*, 2011). Com a sistematização dos dados relacionados com a velocidade média dos ventos e sazonalidade climática, possivelmente poderão ser associados com eventos mais regionais e globais, como os relacionados com as mudanças climáticas evidenciadas pelo IPCC (2007).

**Tabela 1 – Resultados Médios de Área, Perímetro e Deslocamento das Dunas Estudadas**

DUNAS	Área Média (m <sup>2</sup> )	Perímetro Médio (m)	Deslocamento (1975-2005) (m)	Deslocamento (2005-2010) (m)
DPDS	198.472	3.331	12,0	10,0
DPN	380.562	3.373	15,6	22,0
DA	419.050	3.372	10,6	30,0
Médias	332.695	3.359	12,4	20,6

Fonte: Banco de dados da pesquisa/CNPq.

O promontório (serrote de Jericoacoara) certamente influenciou na dinâmica dos ventos e, conseqüentemente, no transporte de sedimentos e velocidade de deslocamento das dunas (Figura 3.15). As mais próximas da faixa de praia e do serrote apresentaram os menores valores médios de migração. Salienta-se que mudanças bruscas no contorno e tipo de linha de costa (promontórios, falésias, deltas, por exemplo) promovem nova composição de ondas e direção local dos ventos, imprimindo um transporte particular nessa faixa do litoral, originando barras longitudinais, bancos e esporões arenosos na zona de estirâncio e antepraia e interferindo no fluxo eólico de transporte de areia. Essas morfolo-

gias e a ação das ondas e marés foram detalhadamente estudadas por Mclachlan e Burns (1992) e Carter *et al.* (1997).

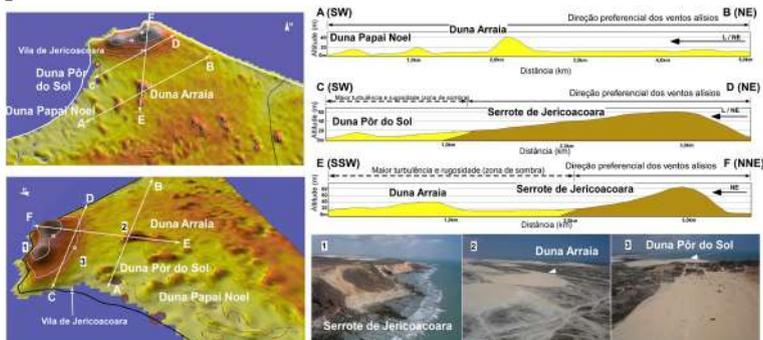


Figura 3.15 – Perfis longitudinais e transversais ao campo de dunas de Jericoacoara. Evidências de interferências morfológicas na dinâmica de migração das dunas (perfis e fotografias localizadas no modelo digital do terreno).

A flecha de areia diante do manguezal do rio Guriú avançou 1.060 m na direção da margem direita do rio, de acordo com a chegada de sedimentos provenientes da deriva litorânea (Figura 3.16). Trata-se, inicialmente, de um indicador atual de que possivelmente o canal estuarino foi fechado por flechas de areia e campos de dunas. Eventos que provocaram mudanças ambientais que certamente evoluíram para laguna e lagoa costeira (a exemplo da lagoa do Catu, entre outras, no litoral leste do Ceará). Durante eventos de máxima vazão fluvial, o fluxo hidráulico rompeu os depósitos de areia diante da desembocadura, reabilitando as reações ambientais que orientaram o sistema a evoluir na direção do ecossistema manguezal atual. Ressalta-se ainda que, ao ser definida erosão da flecha de areia em aproximadamente 50 m – entre 1988 e 2008, caso o avanço médio tenha-se mantido para os últimos 20 anos –, demonstraram-se efeitos erosivos em áreas de aporte de areia, notadamente associados à progradação da linha de praia mar adentro.

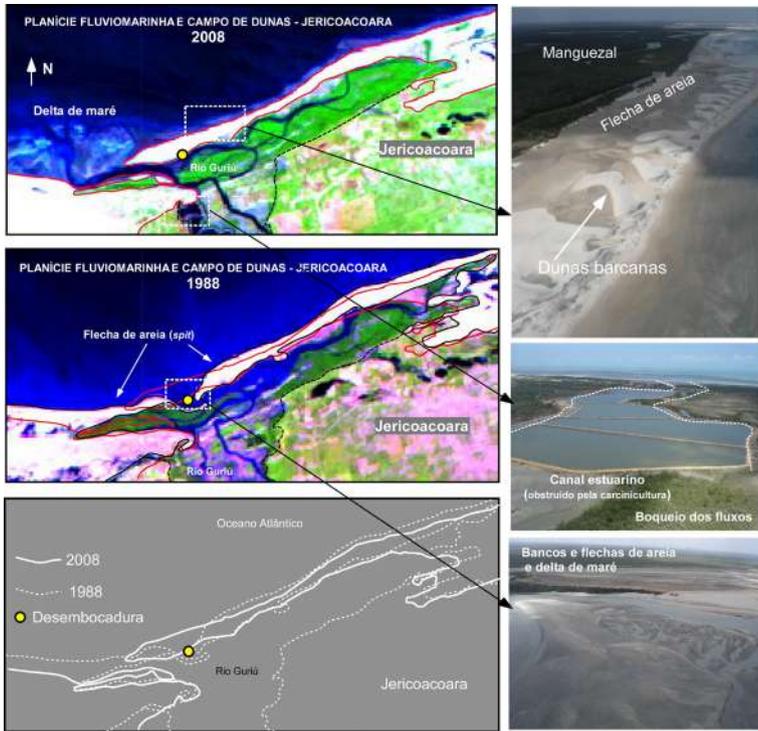


Figura 3.16 – Evolução das dunas e flecha de areia diante do ecossistema manguezal do rio Guriú, limite oeste do Parna de Jericoacoara.

## Impactos

As interferências humanas foram relacionadas com o trânsito de veículos incrementado pelo fluxo de turistas (MEIRELES *et al.*, 2011). Os impactos ambientais relacionados com a interferência de veículos sobre campos de dunas e faixa de praia foram amplamente tratados na literatura científica nacional e internacional (STEPHENSON, 1999; PRISKIN, 2003; STEINBACK, 2004; MEIRELES, 2005). Esses autores enfocaram os danos à biota e ao conjunto de unidades morfológicas da planície costeira. O efeito

da circulação de veículos sobre os terrenos arenosos promoveu a origem de trilhas compactadas e geradoras de processos erosivos com intensa remobilização de areia. Sobre a planície de aspersão eólica (terrenos planos com intensa movimentação de areia pela ação dos ventos), foram originados sulcos nas trilhas associadas ao acesso dos veículos às dunas móveis e à vila de Jericoacoara (Figura 3.17). Durante os meses com ventos mais intensos (de agosto a dezembro), esses sulcos evoluíram para canais de fluxo turbulento orientado na direção preferencial dos ventos.



Figura 3.17 – Sulcos erosivos provocados pelo tráfego de veículos de tração e *buggies* sobre as dunas que orientaram o transporte de areia formando canais de deflação nas dunas móveis, lagoas interdunares e canais de maré (A) e sobre dunas em processo de fixação, promovendo um fluxo de areia na direção da vila de Jericoacoara (B).

Quando os veículos se aproximam das dunas móveis, promovem a compactação dos terrenos arenoargilosos (associados às lagoas interdunares no sopé das dunas); e ao iniciarem a subida pelo dorso da duna (setor a barlavento) e quando descem pela face de avalanche (a sota-vento), promovem impactos relacionados com:

1. alterações na dinâmica (velocidade e direção de fluxo) de transporte das areias;
2. alterações nas estruturas sedimentares, originadas pelo processo natural de transporte de areia em migração da duna, através da compactação da superfície arenosa;
3. introdução de rugosidades (sulcos promovidos pelos pneus) ao longo do dorso e face de avalanche;
4. mudanças nas tensões de elevação, empuxe e arraste dos sedimentos, alterando a dinâmica de transporte de areia em rolamento, saltação e suspensão;
5. incremento da erosibilidade dos ventos sobre o dorso da duna e no contato com a base da estrutura dunar;
6. indução de deslizamentos de areia na face de avalanche, incrementando o soterramento de lagoas interdunares e da vegetação associada;
7. indução de processos turbulentos como variável do vento na remobilização dos sedimentos;
8. origem de sulcos a partir dos rastos dos pneus logo que saem da faixa de estirâncio e entram na zona de berma e na planície de aspersão eólica;
9. com os veículos mantendo o rumo de acesso à duna guardando a mesma direção preferencial dos ventos, os sulcos são aprofundados (através da continuidade do trânsito de carros e ação dos ventos nos meses de estiagem) até a base da duna e, ao ascenderem pelo seu dorso, alteram a morfologia do corpo dunar;
10. marcas dos pneus sobre a duna que induzem a um transporte diferencial, incrementando a mobilidade da areia e alterando o volume naturalmente acumulado pela ação dos ventos;

11. movimento de veículos sobre as dunas localizadas nas proximidades da área urbanizada (predominantemente no acesso leste), alterando a forma dunar e, certamente, incrementando o deslocamento de areia na direção das dunas mais a oeste e para as proximidades da vila. Nesse setor, foram observadas composições dunares vinculadas diretamente ao transporte de areia gerada pela circulação de veículos.

A intensa mobilização dos sedimentos produzida pelos danos originados pelos veículos também se direcionou para outros ecossistemas (lagoas, terraços e tabuleiro), degradando a morfologia, fauna e flora. Verificou-se que, ao iniciarem o processo de subida, os veículos promovem o esmagamento e soterramento de vegetação pioneira associada ao sopé das dunas móveis. São áreas indutoras do processo de fixação das dunas e que resguardam uma fauna diversificada. Quando os veículos alteram a estrutura interna do depósito eólico, promovem também alterações na permeabilidade, porosidade e compactação.

Os acessos à vila de Jericoacoara pelas trilhas da lagoa Grande e da praia do Preá foram alargadas com o incremento dos automóveis que utilizam esse setor do parque (dunas fixas e móveis e lagoas interdunares) (Figura 3.18). Os acessos desordenados e seguindo rumos aleatórios, impostos pela dificuldade de transpor determinados trechos (presença de áreas alagadas e variação das marés) ou em busca das dunas de 2ª geração para as atividades turísticas, provocaram reativação do transporte eólico e as areias soterrando ruas e edificações.

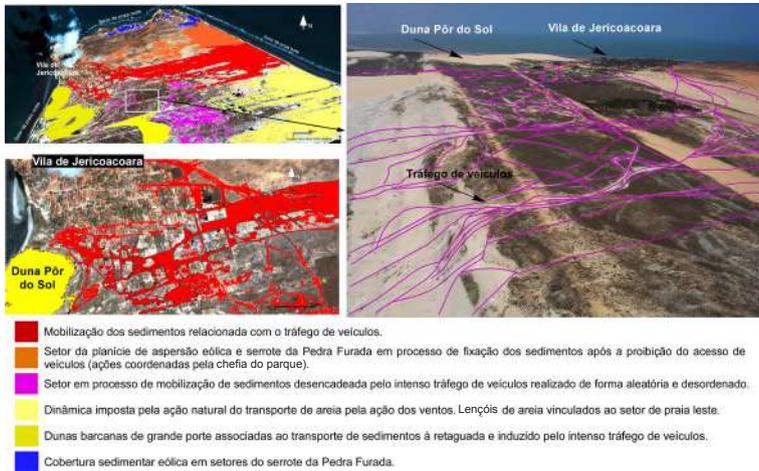


Figura 3.18 – Dinâmica dos sedimentos eólicos associada ao tráfego desordenado e aleatório de veículos (A) e detalhe do movimento dos sedimentos que entraram no setor urbanizado da vila de Jericoacoara (B) (imagem de satélite QuickBird de 2005).

Os impactos ambientais relacionados com a interferência de veículos sobre campos de dunas e faixa de praia são amplamente tratados na literatura científica nacional e internacional (STEPHENSON, 1999; PRISKIN, 2003; STEINBACK, 2004; MEIRELES, 2005, entre outros). Enfocam os danos à biota e ao conjunto de unidades morfológicas da planície costeira. O efeito da circulação de veículos sobre os terrenos arenosos promove a origem de trilhas compactadas e geradoras de processos erosivos com intensa remobilização de areia.

Durante a estiagem, a gramínea existente nas proximidades das áreas impactadas pelos veículos (normalmente nos platôs originados pela sequência de canais promovidos pelos veículos) é em parte coberta pelos sedimentos, incrementando o volume de areia em transporte eólico. Caso continue o acesso de veículos de forma aleatória, sem obedecer ao traçado de uma trilha eixo, ocorrerão um incremento dos canais existentes

(aprofundamento pelo aumento do volume de areia em transporte pelo vento) e a abertura de novas trilhas de veículos, com a indução de novos corpos dunares que poderão alcançar de forma mais generalizada o setor urbano.

A elevada densidade de trilhas dispostas aleatoriamente sobre a planície de aspersão eólica está promovendo, de forma contínua, alteração morfológica nas estruturas sedimentares originadas pelo processo natural de transporte de areia (marcas de migração dos campos de dunas). Favoreceu também o incremento da erosibilidade dos ventos sobre a planície de aspersão eólica e nas margens das lagoas interdunares.

Foi possível observar que, durante um evento de estiagem, o pisoteio da vegetação representada por gramíneas possibilitou a reativação do transporte de sedimentos sobre a planície de aspersão eólica. É provável, durante eventos prolongados de estiagem, que o transporte seja intensificado com a origem de corpos dunares sobre áreas já fixadas ou para o interior de lagoas interdunares.

As fotografias descritas adiante (Figura 3.19) evidenciam parte dos impactos ambientais relacionados com o tráfego de veículos de tração (*off-road*), *buggies*, caminhões e caminhonetes sobre a planície de aspersão eólica e as dunas. O trânsito de veículos sobre as dunas bordejantes na faixa de praia e sobre a zona de berma proporcionou alterações na morfologia e foram induzidos fluxos diferenciados de sedimentos, normalmente orientados para o incremento do transporte de sedimentos (Figuras 3.20 e 3.21). Foi possível constatar que o elevado tráfego de veículos na mesma direção dos ventos e da vila de Jericoacoara aumentou o volume de areia nesse setor urbanizado do parque (Figura 3.22).



Figura 3.19 – Impactos dos veículos sobre as dunas móveis e fixas. Com elevado grau de dificuldade devido ao solo arenoso, os veículos frequentemente atolam. Promovem alterações na estrutura sedimentar e facilitam a mobilização dos sedimentos pelo vento. Também utilizam o leito de lagoas sazonais, alterando suas margens e provocando a compactação do solo.



Figura 3.20 – Trilha de acesso ao parque a partir da vila do Preá. Verifica-se que o acesso se dá tanto pela zona de berma como pelo estrâncio. Como não está associada a um eixo exclusivo sobre a berma, os impactos são distribuídos por todo o sistema praiar e dunas. Na maré baixa, os veículos promovem o esmagamento de moluscos, algas e afugentam as aves migratórias.

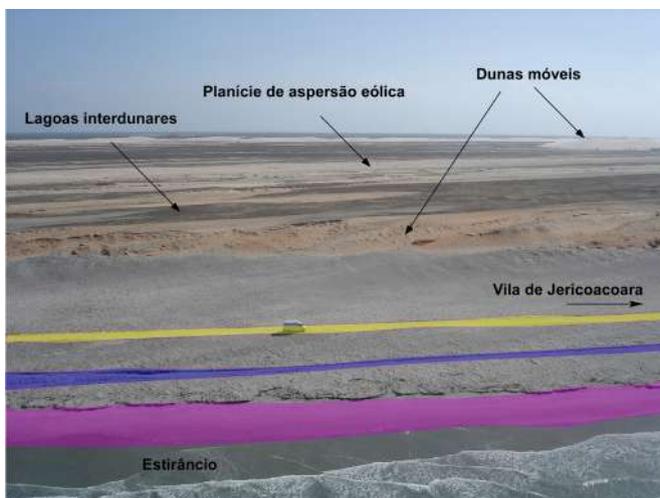


Figura 3.21 – Setor de acesso pela vila do Preá evidenciando três trilhas: a primeira sobre a berma; a segunda ainda no setor de berma e a terceira sobre o estirão. Verifica-se que, durante a maré alta, a trilha pelo estirão é completamente inundada. Durante o segundo semestre, a ação dos ventos renova a cobertura arenosa sobre a berma, uma vez que este setor de praia é fonte de areia para o campo de dunas.



Figura 3.22 – Dunas originadas nos últimos 5 anos a partir do incremento do tráfego de veículos e das obras de requalificação urbana. As areias estão migrando na direção da vila e soterrando residências, pousadas, edifícios públicos e ruas no interior da vila.

## Vulnerabilidade

Com a definição dos agentes morfodinâmicos, e como atuam de forma integrada na composição dos fluxos de matéria e energia para a composição da paisagem costeira, foi possível caracterizar as vulnerabilidades ambientais. Os critérios foram relacionados com os processos geoambientais e ecodinâmicos vinculados à evolução da zona costeira, quando submetida ao tráfego de veículos.

A vulnerabilidade natural de cada unidade morfológica foi atribuída de modo qualitativo e levou em conta a relação entre a dinâmica morfológica e as alterações dos agentes modeladores a partir da implantação de trilhas eixos. Foi classificada a partir da análise integrada do campo de dunas, lagoas interdunares, ecossistema manguezal e faixa de praia. Foram associadas avaliações complementares relacionadas com os efeitos da sazonalidade climática (formação de lagoas, alterações no nível hidrostático e movimentação dos corpos dunares) e interferências das trilhas.

Devido à importância de se manter as inter-relações dos fluxos de matéria e energia ao longo da planície costeira de Jericoacoara e os associados ao parque, foi elaborado um quadro síntese de acordo com o proposto por Souza *et al.* (1996) (Quadro 1), demonstrando a integração das unidades morfológicas com as ações dos ventos, das ondas, das marés e da hidrodinâmica dos canais estuarinos.

As ações relacionadas com a poluição do lençol freático através dos efluentes domiciliares e industriais foram vinculadas aos ecossistemas nas proximidades da vila de Jericoacoara. Em virtude da alta vulnerabilidade do aquífero, devido à inexistência do tratamento dos efluentes, medidas de gestão deverão ser tomadas em relação ao saneamento básico, refletindo diretamente na retomada da qualidade da água armazenada e, conseqüentemente, dos ecossistemas associados.

Ainda relacionado aos danos causados à água subterrânea, verificaram-se problemas desencadeados pela superexploração do lençol freático (rebaixamento do nível hidrostático do aquífero), que poderão gerar a salinização da água doce.

As atividades de gestão previstas foram relacionadas com um conjunto de medidas minimizadoras dos impactos derivados do tráfego de veículos realizado de forma desordenada e aleatória, sem acompanhar uma trilha eixo. Um programa de educação ambiental, aliado à implantação e ao monitoramento das trilhas eixos, deverá ser desenvolvido de forma sistemática e acompanhado com a instalação dos portais de entrada ao parque. Outras medidas de gestão foram relacionadas, como a fiscalização e o monitoramento do fluxo de veículos.

**Quadro 1 – Diagnóstico Ambiental Integrado das Unidades Morfológicas: Parque Nacional de Jericoacoara**

Unidades Morfológicas	Limitações	Riscos Ambientais	Vulnerabilidade	Medidas de Gestão
Faixa de praia	Tráfego de veículos sobre a faixa de estrâncio. Tráfego aleatório e sem uma trilha eixo sobre a berma.	Compactar o solo; pisotear os organismos marinhos e algas na zona intermaré; interferir no aporte de areia destinado à deriva litorânea; afugentar as aves migratórias.	Elevada vulnerabilidade ao tráfego de veículos sobre o estrâncio. Baixa vulnerabilidade quando o acesso for realizado por trilha eixo (20 m de largura) sobre a berma.	Suprimir o estrâncio do acesso de veículos. Delimitar a trilha eixo sobre a berma em uma largura média não superior a 20 m. Informar aos visitantes e moradores da importância dos veículos manterem-se na trilha eixo. Instalação do Portal da Trilha do Préá. Monitoramento sistemático do fluxo e tipo de veículos.
Campo de dunas móveis	Tráfego de veículos pelo dorso e face de avalanche; implantação de vias de acesso; acúmulo de lixo e supereexploração do lençol freático.	Desconfigurar a morfológica dunar; acelerar o transporte de sedimentos pela ação dos ventos, alcançando a vila de Jericoacoara; contaminar e salinizar o lençol freático.	Elevada vulnerabilidade ao tráfego de veículos; construção de vias de acesso. Vulnerabilidade elevada do aquífero quanto ao incremento da exploração do recurso hídrico.	Fiscalização e monitoramento do fluxo de veículos, principalmente dos que acessam o Parque pelas trilhas da Lagoa Grande e Préá (trechos intermediários). A exploração do aquífero deverá ser monitorada de modo a dimensionar a vazão de segurança.
Campo de dunas fixas	Abertura de novas trilhas com o desmatamento de áreas com mata arbórea. Incremento do tráfego de veículos nas trilhas.	Remobilização dos sedimentos já fixados. Interferências no <i>habitat</i> da fauna local e fragmentação das dunas fixas.	Alta vulnerabilidade às atividades relacionadas com a implantação de trilhas. Baixa vulnerabilidade ao acesso para atividades de turismo ecológico (não motorizado).	Monitoramento e fiscalização. Projetos de manejo dos setores de trilhas em processo de soterramento pelas dunas móveis. Placas informativas e direcionais.

## Continuação

<p><b>Planície de aspersão eólica</b></p>	<p>Tráfego de veículos realizado de forma aleatória e desordenada. O acesso é realizado sem delimitação e demarcação de uma trilha eixo, o que promoveu a origem de mais de uma centena de vias de acesso.</p>	<p>Fragmentar os ecossistemas associados, principalmente os relacionados às lagoas sazonais, áreas fixadas com gramíneas e arbustos e ruídos em uma extensa área, prejudicando a avifauna local. Compactação do solo.</p>	<p>Elevada vulnerabilidade quando destinada ao tráfego desordenado e aleatório de veículos. Elevada vulnerabilidade associada às interferências do tráfego desordenado e sem direção preferencial de acesso à evolução dos <i>habitats</i> de aves e da cobertura vegetal. Vulnerabilidade moderada relacionada à impermeabilização do solo.</p>	<p>Delimitação e demarcação da trilha eixo da Lagoa Grande e das intermediárias associadas às trilhas do riacho Doce e Finado Olavo. Implantação de placas informativas sobre a importância de manter-se na trilha eixo. Monitoramento da sazonalidade climática para o direcionamento de acesso, principalmente durante o período chuvoso e de predomínio das lagoas sazonais sobre a planície de aspersão eólica. Acompanhamento da retomada dos aspectos naturais das trilhas aleatórias. Bloquear o acesso de trilhas associadas à trilha eixo.</p>
<p><b>Lagoas interdunares</b></p>	<p>Tráfego de veículos sobre suas margens e leitos. Pisoteio pelos veículos da vegetação herbácea em suas margens.</p>	<p>Danos à biodiversidade, à qualidade da água e às zonas de recarga do aquífero. Fragmentação das lagoas devido à elevada densidade de trilhas. Danos à fauna local.</p>	<p>Elevada vulnerabilidade ao uso e à ocupação, principalmente pelo tráfego de veículos.</p>	<p>Placas informativas e direcionais de modo a evitar o acesso de veículos. Bloquear o acesso para trilhas secundárias. Manejo das áreas degradadas com a proibição do acesso de veículos e, assim, a retomada das condições naturais (hidrodinâmicas e cobertura vegetal).</p>

Continuação

<p><b>Manguezal</b></p>	<p>Fragmentação do manguezal com trilhas secundárias originadas por desvios em setores associados à migração das dunas móveis. Solo arenoso submetido às oscilações diárias das marés.</p>	<p>Danos à fauna e flora. Impactos na produtividade primária associada ao apicum. Compactação do solo. Fragmentação do setor de apicum.</p>	<p>Elevada vulnerabilidade ao tráfego de veículos sobre duas áreas de apicum. Elevada vulnerabilidade ao acesso de veículos durante a maré alta.</p>	<p>Ampliação da ponte de madeira de modo a proteger o acesso sobre o apicum. Implantar a trilha eixo delimitada com cerca de arame nos setores de apicum. Manejo com o replantio do manguezal em áreas desmatadas.</p>
<p><b>Serrote da Pedra Furada</b></p>	<p>Acesso de veículos motorizados. Elevado número de animais realizando pastoreio.</p>	<p>Abertura de novas trilhas e assim incrementar a migração dos sedimentos na direção da vila de Jericoacoara. Desconfiguração morfológica e danos à cobertura vegetal e à fauna local.</p>	<p>Alta vulnerabilidade ao acesso de veículos de tração e de <i>buggy</i>. Elevada vulnerabilidade ao pastoreio. Baixa vulnerabilidade ao acesso de pedestres.</p>	<p>Projeto de manejo de modo a favorecer a retomada da cobertura vegetal nas valas e nos canais de mobilização de areia originados pelo tráfego de veículos. Ordenamento do acesso de pedestres. Placas informativas. Bloqueio do acesso de animais para o pastoreio.</p>

Fonte: Meireles *et al.* (2011).

## Danos Socioambientais Originados pelas Usinas Eólicas nos Campos de Dunas

As usinas eólicas estão promovendo profundos impactos ambientais negativos ao longo do litoral nordestino. As que estão operando e em fase de instalação nos campos de dunas revelaram que a área ocupada pelos aerogeradores é gravemente degradada – terraplenada, fixada, fragmentada, desmatada, compactada, alteradas a morfologia, topografia e fisionomia do campo de dunas –, pois se faz necessária a manutenção de uma rede de vias de acesso para cada um dos aerogeradores. Com isso, iniciou-se um generalizado e aleatório processo de fixação artificial das areias, danos aos sítios arqueológicos e privatização desses sistemas ambientais de relevante interesse socioambiental.

A produção de energia eólica é necessária, desde que preserve as funções desses complexos sistemas naturais que combatem as consequências previstas pelo aquecimento global (IPCC, 2007) e resguardem territórios comunitários e étnicos. As dunas representam reservas estratégicas de sedimentos, água, paisagens e ecossistemas que desempenham relações socioeconômicas vinculadas ao uso ancestral e sustentável das comunidades litorâneas (MEIRELES *et al.*, 2006; SCHLACHER *et al.*, 2008).

Foi possível evidenciar que as usinas eólicas estão-se avolumando de forma descontrolada, sem monitoramento integrado e definição dos impactos cumulativos (Figura 3.23). As intervenções foram realizadas em área de preservação permanente, abrangendo campo de dunas fixas e móveis, lagoas interdunares (sazonais), planície de aspersão eólica, manguezais e faixa de praia. Foram impactados ecossistemas associados às matas de duna e tabuleiro e, possivelmente, a dinâmica do lençol freático. Os territórios das comunidades tradicionais e indígenas foram privatizados e impossibilitados de continuidade das atividades ancestrais de agricultura de subsistência, pesca e mariscagem.

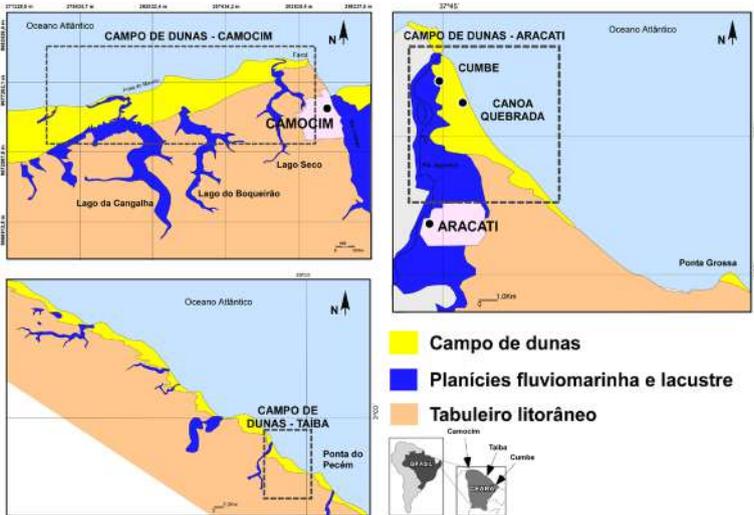


Figura 3.23 – Localização dos campos de dunas de Camocim, Taiba (município de São Gonçalo do Amarante) e Cumbe/Canoa Quebrada (município de Aracati).

O potencial eólico no campo de dunas foi priorizado como o mais efetivo para a instalação dos aerogeradores ao longo da planície costeira, envolvendo os estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí. Isso devido à velocidade média superior a 8 m/s obtida a 50 m de altura (FEITOSA *et al.*, 2003).

Os aspectos climáticos locais foram correlacionados com os obtidos para o litoral cearense. Dessa forma, as dunas migram com maior intensidade nos meses de junho a dezembro, com o trimestre de setembro a novembro caracterizado pelo maior intervalo anual de velocidade de movimentação das dunas móveis. Isso devido aos menores índices de precipitação pluviométrica, ventos mais intensos e valores mais elevados de insolação (período de menor nebulosidade). Já no primeiro semestre, com o trimestre de março a maio caracterizado pelos maiores índices pluviométricos, a velocidade de caminamento das dunas é bem menor (tendendo a estacionar) e os processos

dinâmicos são regidos pelo surgimento das lagoas interdunares e ampliação da vegetação fixadora das dunas.

Foi possível registrar terraplenagem, aterros e cortes nas dunas, abertura de vias de acesso para cada um dos aerogeradores, desmatamento de duna fixa, movimentação de grandes volumes de areia por tratores de esteira e pás mecânicas e o soterramento de lagoas interdunares. Aerogeradores implantados na faixa de praia (ocupando zona de berma em flechas de areia) foram alcançados pelas ondas, provocando erosão na base de concreto.

Os componentes morfológicos impactados pela implantação dos aerogeradores – dunas móveis, dunas fixas, terraços marinhos, faixa de praia e lagoas interdunares – foram identificados e relacionados com interferências nos fluxos de matéria e energia. A seguir, serão descritos os impactos e as consequências ambientais relacionadas com as interferências na dinâmica costeira:

1. Desmatamento das dunas fixas – esses impactos foram relacionados com atividades de retirada da cobertura vegetal para a abertura de vias de acesso, área de manobra para caminhões, pás mecânicas e tratores de esteira, e preparação do terreno para a instalação do canteiro de obras. Essas intervenções provocaram a extinção de setores das dunas fixas, pois a retirada da vegetação foi seguida por terraplenagem, abertura de cortes transversais e longitudinais (seccionando dunas fixas) e aterros sobre a base das dunas fixas. O desmatamento promoveu a supressão de ambiente com fauna e flora específicas dos sistemas dunar e tabuleiros pré-litorâneos e a fragmentação local dos ecossistemas relacionados (Figuras 3.24 e 3.25).



Figura 3.24 – Vista panorâmica do desmatamento de duna fixa. Base da duna fixa retira, com a remoção do solo para a instalação de vias de acesso de canteiro de obras (campo de dunas da Taíba).

Fonte: Meireles, abril de 2008.



Figura 3.25 – Duna fixa desmatada. Foi retirada a cobertura pedológica e alteradas a morfologia e topografia (campo de dunas da Taíba).

Fonte: Meireles, abril de 2008.

2. Soterramento das dunas fixas pelas atividades de terraplenagem – vinculado a cortes e aterros para a implantação das vias de acesso e canteiro de obras. Promoveu a remobilização de areia e redirecionamento do transporte através das alterações morfológicas provocadas nas dunas móveis e fixas. Parte do material arenoso remobilizado foi lançada sobre dunas fixas, acarretando o soterramento da vegetação e alterações topográficas e morfológicas. Essas atividades foram realizadas em um sistema ambiental de preservação permanente e com a extinção de setores de dunas fixados pela vegetação, bem como a supressão de ecossistemas antes ocupados por fauna e flora específicas (Figuras 3.26 e 3.27).



Figura 3.26 – Contato entre duna fixa desmatada (lado direito da fotografia) e aterro sobre área anteriormente vegetada para a abertura de vias de acesso sobre o campo de dunas fixas (campo de dunas da Taíba).

Fonte: Meireles, abril de 2008.



Figura 3.27 – Via de acesso (para os pontos onde serão instalados os aerogeradores) sobre área antes ocupada por uma duna fixa (campo de dunas da Taíba).

Fonte: Meireles, abril de 2008.

3. Soterramento de lagoas interdunares – foi efetivado com a abertura das vias de acesso para cada um dos pontos destinados à implantação dos aerogeradores projetados e distribuídos sobre o campo de dunas móveis. Dessa forma, será efetivada uma rede de vias de acesso que impactará diretamente sobre ecossistemas locais. Na fase de implantação, foi possível identificar (mesmo sem a conclusão da rede de vias de acesso) que já foram soterradas e seccionadas lagoas interdunares. Trata-se de impacto ambiental em ecossistema de preservação permanente. O soterramento foi efetuado por meio de material arenoso proveniente dos cortes realizados nas dunas fixas e móveis, através da utilização dos tratores de esteiras e das pás mecânicas (Figuras 3.28 e 3.29).



Figura 3.28 – Duna desmatada e soterrada por sedimentos das dunas móveis e fixas (campo de dunas da Taíba).

**Fonte:** Meireles, abril de 2008.



Figura 3.29 – Lagoa interdunar seccionada por uma via de acesso (Cumbe/Canoa Quebrada).

**Fonte:** Meireles, abril de 2009.

4. Cortes e aterros nas dunas fixas e móveis – foram observados em toda a área onde estão sendo implantadas as vias de acesso e canteiro de obras. Essas atividades promoveram um conjunto de alterações ambientais em ecossistemas de preservação permanente. Foram associados ao desmatamento e soterramento de dunas fixas, fragmentação das dunas móveis, com alterações na topografia e morfologia. Essas atividades provavelmente alteraram o nível hidrostático do lençol freático, influenciando no fluxo de água subterrânea e na composição e abrangência espacial das lagoas interdunares. Os cortes e aterros possivelmente serão submetidos a obras de engenharia para o revestimento dos taludes e as vias compactadas para possibilitar a continuidade do tráfego de caminhões (Figuras 3.30 e 3.31).



Figura 3.30 – Corte realizado em uma duna móvel. Verifica-se que a duna foi seccionada para a implantação de uma via de acesso (campo de dunas da Taiba).

**Fonte:** Meireles, abril de 2008.



Figura 3.31 – Aterramento de setores de dunas e lagoas interdunares (campo de dunas Cumbe/Canoa Quebrada).

**Fonte:** Meireles, abril de 2009.

5. Dunas para a construção das vias de acesso – áreas definidas de acordo com o posicionamento das estações, piquetes e os pontos onde serão locados os aerogeradores. Verificou-se que o posicionamento foi distribuído sobre dunas móveis e fixas, lagoas interdunares e planície de aspersão eólica (Figuras 3.32 e 3.33).



Figura 3.32 – Dunas móveis e semifixas para implantação dos aerogeradores e vias de acesso (campo de dunas da Taiba).

**Fonte:** Meireles, abril de 2008.



Figura 3.33 – Duna móvel soterrando via de acesso para implantação de usina eólica (campo de dunas Cumbe/Canoa Quebrada).

**Fonte:** Meireles, abril de 2009.

6. Introdução de material sedimentar para impermeabilização e compactação do solo – etapa do processo de implantação para proporcionar o tráfego de veículos

sobre a rede de vias de acesso aos aerogeradores, canteiro de obras, depósito de materiais e do escritório/almoxarifado. Para efetivar a construção das vias de acesso e a base para a edificação dos demais equipamentos de construção civil, verificou-se a introdução de componentes sedimentares provenientes de outros sistemas ambientais (provavelmente solo retirado da Formação Barreiras). Dessa forma, foram introduzidos materiais sedimentares alóctones, e as vias compactadas seccionaram as dunas, lagoas interdunares e planície de aspersão eólica (Figuras 3.34 e 3.35).



Figura 3.34 – Material arenoso introduzido no campo de dunas e sobre a via de acesso aberta para o tráfego de veículos (campo de dunas da Taíba).



Figura 3.35 – Leito estradal compactado para acesso de guas e caminhões (campo de dunas Cumbe/Canoa Quebrada).

**Fonte:** Meireles, abril de 2008.

**Fonte:** Meireles, abril de 2009.

7. Fixação das dunas móveis – as etapas de construção das vias de acesso e a instalação dos aerogeradores ocorrem com a fixação artificial das dunas. Essa atividade evidencia a continuidade dos impactos ambientais – imobilização e desconfiguração morfológica e ecológica das dunas móveis – durante a fase de operação das usinas eólicas. Verifica-se que ocorrem ao longo das estradas e nas proximidades das lagoas interdunares (Figuras 3.36 e 3.37).



Figura 3.36 – Utilização de palhas de coqueiro para fixação das areias que se direcionam para a estrada (campo de dunas Cumbe/Canoa Quebrada).



Figura 3.37 – Fixação artificial para viabilizar via de acesso entre dois aerogeradores (campo de dunas da Taíba).

**Fonte:** Meireles, abril de 2009.

**Fonte:** Meireles, abril de 2010.

A implantação das usinas eólicas sobre os campos de dunas, a exemplo da realizada nas dunas da Taíba e Cumbe/Canoa Quebrada, foi, grosso modo, associada aos fatores altitude em relação ao nível do mar e disponibilidade dos ventos mais efetivos. Em média, as dunas do estado do Ceará encontram-se a 50 m de altitude em relação à linha de praia e com velocidade média dos ventos superior a 8 m/s (BRASIL, 2002). Dessa forma, o principal indicador locacional nos parece ser o relacionado à altitude da superfície receptora dos aerogeradores, em detrimento da degradação ambiental dos demais componentes morfológicos e ecossistemas associados aos campos de dunas.

O conjunto de impactos ambientais poderá interferir no controle da erosão costeira, dinâmica hidrostática e disponibilidade de água doce, supressão de *habitats*, extinção de lagoas costeiras e alterações da paisagem vinculadas aos aspectos cênicos e de lazer (CHEN *et al.*, 2004; FRANCISCO, 2004; RUZ; MEUR-FERE, 2004; SAN *et al.*, 2004; MARTINEZ *et al.*, 2006; MCGRANAHAN *et al.*, 2007; IPCC, 2007).

Essas intervenções, quando constatadas através da implantação das usinas eólicas, poderão alterar os serviços

ambientais associados ao amortecimento das consequências do aquecimento global, como previstas pelo relatório publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês) em fevereiro de 2007.

As usinas geradoras de energia eólica estão promovendo interferência nos sítios arqueológicos dispostos sobre os campos de dunas – localidade do Cumbe, município de Aracati, com 71 ocorrências arqueológicas (VIANA; SANTOS JÚNIOR, 2008). Não foi possível avaliar se o resgate dos achados arqueológicos foi suficiente para representar a complexidade das ocorrências. Verificou-se que o sistema ambiental característico do conjunto arqueológico foi intensamente alterado.

É possível que a utilização das dunas para a implantação das usinas esteja relacionada exclusivamente com os indicadores econômicos (menores custos de implantação e ventos mais competentes). Esses indicadores possivelmente foram fundamentados na altitude média das dunas (50 m acima do nível do mar), no tamanho dos aerogeradores, nas facilidades nas tarefas de terraplenagem, na construção de vias de acesso e na obtenção de ventos mais favoráveis à produção de energia eólica.

A implantação das usinas eólicas sobre os campos de dunas, a exemplo do realizado nas dunas da Taíba, está fundamentalmente associada ao fator altitude em relação ao nível do mar e à disponibilidade dos ventos. Dessa forma, o principal indicador locacional nos parece ser o relacionado à altitude da superfície receptora dos aerogeradores, em detrimento da degradação ambiental dos demais componentes morfológicos e ecossistemas associados aos campos de dunas.

Constatou-se que a implantação da usina eólica Central Geradora Eólica Taíba Albatroz (CGETA) (com as atividades de terraplenagem, abertura de picadas e implantação das vias de acesso aos aerogeradores e local escolhido para o canteiro

de obras) não levou em conta uma série de propriedades e serviços ambientais proporcionados pelo campo de dunas em processo de degradação. A seguir, será apresentada uma síntese dos vários serviços e benefícios das dunas móveis e fixas para a sociedade, que vão desde os tipicamente econômicos até aos educacionais e científicos, alterados pelas atividades de implantação e operação da usina eólica:

1. Controle da erosão: as dunas móveis atuam no sistema costeiro para mantê-lo dentro de um padrão dinâmico de comportamento e dependência de acordo com a evolução dos processos morfogenéticos. Em nível regional, o problema da erosão costeira também vem sendo associado a todos os fatores de degradação e extinção das dunas, aliado à subida do nível relativo médio do mar e mudanças do clima. O incremento da erosão ao longo da linha de praia, em vários setores da zona costeira cearense, bem como em outros estados do Nordeste (principalmente no Rio grande do Norte), está relacionado com a ocupação das dunas móveis que se direcionam para os canais estuarinos e contornam promontórios. Na área de influência direta, as atividades de terraplenagem e necessidade de fixação artificial das dunas (proteção dos aerogeradores e para evitar o soterramento das vias de acesso e edificação relacionadas com as oficinas de manutenção e escritórios) irão produzir alterações profundas na dinâmica eólica e, conseqüentemente, minimizar a participação das dunas móveis no controle erosivo da faixa de praia.

2. Alterações na dinâmica hidrostática e disponibilidade de água doce do aquífero dunar: os aquíferos costeiros associados aos campos de dunas são sistemas ambientais dos mais importantes, devido à indispensabilidade de seu uso e por armazenar um recurso natural escasso. Em termos de potencialidades de usos sustentáveis, são essenciais para o setor produtivo econômico, as populações e a manutenção da biodiversidade. Cuidados especiais e estratégias de utilização da água armazenada nas dunas, bem como dos demais componentes ambientais associados à disponibilidade e qualidade desse recurso hídrico, devem ser planejados levando em conta, fundamentalmente, projeções de expansão populacional e necessidade de proteção dos ecossistemas de preservação vinculados. Observou-se que a área alterada pelo processo de implantação da usina eólica está promovendo mudanças morfológica e topográfica nas dunas, soterramento de lagoas interdunares e o desmatamento de dunas fixas. Essas atividades interferem nos componentes mantenedores do aquífero, principalmente no fluxo subterrâneo e no processo de infiltração (recarga do lençol freático), o que poderá produzir consequências danosas ao aquífero dunar. Foi possível constatar que as atividades em andamento, por parte do empreendedor, estão relacionadas com alteração permanente da morfologia das dunas. Essas alterações foram associadas à extinção de lagoas interdunares (aterros para a implantação das vias de acesso).

3. Com as atividades registradas na etapa de campo, foi possível definir que foram alterados os benefícios derivados dos processos ecológicos: a área utilizada para a implantação dos equipamentos previstos para a operação da usina eólica foi submetida a impactos que alteraram a interdependência existente entre as dunas móveis e fixas, lagoas interdunares e planície de aspersão eólica. A interdependência entre esses componentes morfológicos foi fragmentada pelas vias de acesso, dessa forma, suprimindo o conjunto de processos ambientais que garantem localmente a produção e continuidade das reações ecodinâmicas naturais associados à existência de biodiversidade (vinculada à diversidade de componentes da paisagem dunar). Foram alteradas a manutenção e a reprodução dos *stocks* de recursos genéticos, a proteção das espécies (principalmente as associadas aos ambientes caracterizados como lagoas sazonais que foram soterrados e às dunas fixas desmatadas) e a diversidade dos ecossistemas sustentados pela dinâmica imposta pela migração das dunas.
4. Funções relacionadas com a extinção de suporte físico associado às dunas, planície de aspersão e lagoas interdunares (consequentemente aos demais ecossistemas costeiros associados) foram suprimidas através das profundas transformações topográficas e das atividades de cortes e aterros: a necessidade de alcançar as características estruturais (suporte dos terrenos para a implantação e operação das vias de acesso) e topográficas para a introdução e manutenção dos aerogeradores exigiu a implantação de

técnicas de engenharia que comprometeram as propriedades ambientais (solo, cobertura vegetal, disponibilidade de água superficial proveniente das lagoas interdunares soterradas) do campo de dunas. Como se constatou, essas interferências ainda na etapa de implantação, a proteção das obras de infraestrutura sobre o campo de dunas (principalmente as vias de acesso), exigirão medidas contínuas de controle do processo de migração das dunas, de modo a proteger as vias de acesso e aerogeradores do inevitável soterramento pela dinâmica natural de migração das dunas. Todo o suporte físico relacionado com as dunas e vinculado aos demais ecossistemas associados, para a operação da usina eólica, deverá ser constantemente submetido a atividades de fixação artificial, movimentação de areia por tratores de esteira e transporte de areia para áreas fora da área de operação. Dessa forma, é evidente a continuidade dos impactos ambientais para proporcionar a manutenção dos equipamentos da indústria eólica.

5. Os serviços econômicos relacionados com os atrativos naturais (paisagem, ecodinâmica, biodiversidade), que orientam a tomada de decisão para a implantação de atividades turísticas sustentáveis, turismo comunitário e ecoturismo, poderão ser minimizados: a disposição dos aerogeradores, a rede de vias de acesso, o tráfego de veículos (tratores e caminhões) para a manutenção e o monitoramento dos aerogeradores e a terraplenagem de áreas associadas à remobilização das areias dentro da área de influência direta irão promover alteração contínuas nos

recursos naturais para o suporte dos investimentos que levam em conta a beleza e qualidade da paisagem natural imposta pela complexidade das dunas.

6. Irreversibilidade das reações ambientais vinculadas ao processo contínuo de alteração da dinâmica dos campos de dunas: as alterações morfológicas, principalmente as impostas pela terraplenagem, construção de aterros e cortes e soterramento das lagoas interdunares, promoverão impactos relacionados à descontinuidade dos processos evolutivos naturais do sistema costeiro. As conexões com os campos de dunas adjacentes serão rompidas pela artificialização morfológica e desvinculadas dos processos climáticos regionais que propiciam a continuidade dos agentes morfogenéticos (ação dos ventos como modelador do sistema eólico e transporte de sedimentos).
7. Fragmentação dos serviços ambientais relacionados com a integração das dunas com os demais ecossistemas: constatou-se que, para a continuidade das atividades de produção de energia eólica, a área de influência direta deverá passar por profundas e contínuas alterações ambientais. Essas alterações estão relacionadas diretamente com a supressão dos processos dinâmicos que atuaram para a edificação das dunas (migração das areias, evolução das lagoas interdunares de acordo com a mobilidade das dunas e transporte de areia para manutenção de um aporte regulador de sedimentos para faixa de praia e canais estuarinos). Dessa forma, a área de influência direta deverá perder todas suas características naturais para proporcionar a continuidade das atividades e tarefas cotidianas na etapa de operação da indústria eólica.

8. Supressão dos serviços vinculados ao amortecimento das consequências do aquecimento global previstas pelo relatório publicado pelo IPCC (2007): o referido relatório, além de enfatizar o papel na matriz energética, elaborou um elenco de ações para a proteção das dunas, falésias, áreas úmidas, manguezais, corais, deltas e praias, definindo a necessidade de proteção das funções essenciais desses componentes relacionadas com a proteção da zona costeira (avanço do nível do mar e alterações na sazonalidade climática). Com a análise dos documentos e a coleta de dados no trabalho de campo, evidenciou-se que não foram produzidas informações e ações preventivas, tanto pelo órgão licenciador como por parte do empreendedor, para o licenciamento e a implantação dos equipamentos previstos para a operação da usina eólica. Não foram levados em conta os impactos cumulativos, tanto os relacionados com as áreas outorgadas para a produção de energia eólica na planície costeira, como os já vinculados com a ocupação dos campos de dunas, falésias, praias e manguezais por empreendimentos hoteleiros, *resorts* e carcinicultura.

Com a importância da manutenção dos aspectos ambientais demonstrados acima (dinâmica morfológica das dunas móveis, cobertura vegetal das dunas fixas e seus potenciais de amortecimento das consequências previstas pelo aquecimento global), a utilização generalizada das dunas promoverá impactos cumulativos. Verificou-se também que os estudos realizados para a implantação da usina eólica levaram em conta somente os indicadores de “potencial eólico” (em escala regional), sem

a realização de estudos para a determinação das interferências relacionadas com os aspectos enumerados a seguir:

1. Conjunto de impactos negativos provocados por alterações na morfologia dos campos de dunas móveis e interferências no processo de migração desencadeadas na fase de implantação dos aerogeradores – verificou-se que ocorrem alterações profundas na morfologia do campo de dunas, descaracterizando seus componentes edificados através da dinâmica eólica (face de avalanche destruída, topografia dunar terraplenada, vias de acesso aos aerogeradores de acordo com a distribuição espacial dessas estruturas).
2. Conjunto de impactos negativos introduzidos na fase de implantação e relacionados com ecossistemas de preservação permanente associado ao campo de dunas – constatou-se que as atividades de implantação do canteiro de obras, como terraplenagem das dunas móveis (com deslocamento de grandes volumes de areia), implantação de uma rede de vias de acesso para cada um dos aerogeradores (vias para instalação das torres e para a manutenção de cada uma durante a fase de operação) e desmatamento de dunas móveis para a interligação das estruturas edificadas, promoveram o soterramento de lagoas interdunares, a supressão de extensas áreas de cobertura vegetal fixadora de dunas e o redirecionamento do processo de migração das dunas para áreas já fixadas e setores caracterizados como lagoas interdunares (intermitentes e associadas às variações do lençol freático). As alterações na morfologia e topografia

das dunas móveis e fixas certamente irão provocar mudanças no nível hidrostático do lençol freático (dinâmica não determinada nos estudos realizados nem exigida pelo órgão licenciador), alterando a disponibilidade de água subterrânea e a dinâmica sazonal das lagoas interdunares e fauna e flora associadas.

3. Conjunto de impactos negativos integrados com as fases de implantação e operação – para viabilizar a continuidade do processo de implantação dos aerogeradores na rede de vias de acesso (com o tráfego de caminhões e guas), a manutenção das vias de acesso (utilizadas na fase de operação para o monitoramento e conservação dos aerogeradores) e das áreas destinadas aos equipamentos de controle e acompanhamento dos aerogeradores, constatou-se a necessidade de realizar atividades de fixação dos campos de dunas móveis que se direcionam para as vias de acesso e a utilização de tratores de esteira para a retirada das dunas que migram na direção dos aerogeradores. Essas atividades, de caráter constante, devido ao intenso processo de mobilização de areia (incrementado no segundo semestre do ano), somente poderão ser desenvolvidas com ações que promovam o transporte de areia na direção dos referidos equipamentos. Dessa forma, os impactos cumulativos são também vinculados a alterações contínuas na fase de operação, induzidas pela necessidade de controle do processo de migração das dunas e dinâmica impostas pelos ecossistemas associados, principalmente na disposição e abrangência das lagoas interdunares. Para a efetiva continuidade da produção de ener-

gia eólica, faz-se necessário um complexo processo de contenção do acesso de areia aos equipamentos implantados, o que promove alterações constantes na morfologia dos campos de dunas e, conseqüentemente, mudanças no aporte de areia e na dinâmica de transporte de sedimentos.

4. Os impactos negativos relacionados com os ruídos dos rotores, os visuais e as interferências nas rotas de aves migratórias são acrescidos dos promovidos pelo tráfego de veículos (coleta de dados e manutenção dos aerogeradores), de tratores para a retirada dos corpos dunares que migram na direção dos aerogeradores e vias de acesso e manutenção constante das áreas fixadas, para impedir a movimentação das areias sobre as vias de acesso e demais edificações. Dessa forma, evidencia-se, na implantação de usinas eólicas em campos de dunas, um conjunto de impactos negativos que extrapola os amplamente divulgados pela literatura especializada (ruídos, interferências dos cata-ventos nas rotas de aves migratórias e os visuais). Em nenhum dos documentos obtidos na Semace (disponíveis no processo do MPF), verificou-se qualquer medida ou mesmo sugestão para a mitigação desses impactos negativos relacionados com as atividades de implantação e operação da usina eólica e que alteram os componentes ambientais de ecossistemas de preservação permanente.
5. As evidências arqueológicas encontradas na área de influência direta do empreendimento (vasilhames de cerâmica e artefatos primitivos) foram localizadas

em escavações feitas nas dunas da praia da Taíba, no município de São Gonçalo do Amarante. São peças possivelmente utilizadas pelos índios que habitavam aquela região antes da chegada dos portugueses. Em outras áreas licenciadas (como nas dunas do Cumbe, município de Aracati, houve 71 ocorrências arqueológicas (VIANA; SANTOS JÚNIOR, 2008).

6. Esse conjunto de impactos negativos deverá ser utilizado para redirecionar o processo de licenciamento de usinas eólicas. Verificou-se que as informações relacionadas com os aspectos geoambientais, eco-dinâmicos e evolução do campo de dunas antes e durante a fase de implantação e operação dos equipamentos para a geração de energia elétrica não foram evidenciadas nem pelo empreendedor nem por parte do órgão licenciador.
7. Constatou-se que os impactos ambientais serão potencializados na fase de operação dos equipamentos (continuidade do processo de alteração nos componentes ambientais e ecológicos do campo de dunas e demais sistemas associados). Verificou-se uma sequência de danos ambientais em áreas de preservação permanente (APPs), demonstrando a fragilidade do instrumento de licenciamento utilizado para emissão da licença de instalação da usina eólica. A complexidade do conjunto de morfologias impactadas pelo desmonte de dunas fixas e móveis e a continuidade dos impactos na fase de operação (principalmente para controlar o processo de migração natural das dunas na direção dos aerogeradores e demais equipamentos projetados) demonstraram

que o Relatório Ambiental Simplificado (RAS) foi completamente inadequado.

8. Os resultados também demonstraram que as intervenções promoveram impactos ambientais de elevada magnitude. Isso devido à descaracterização morfológica e topográfica e às intervenções permanentes na dinâmica evolutiva das dunas, lagoas interdunares, planície de dispersão eólica e ecossistemas associados.

## **Alternativas Locacionais**

A Figura 3.38 evidencia, do ponto de vista regional, o posicionamento de três prováveis setores sobre o tabuleiro pré-litorâneo, analisados como alternativas locais para a instalação de usinas eólicas (localizado no município de Camocim/CE). Os critérios para a definição dos setores foram:

1. Morfologia característica de tabuleiro pré-litorâneo com altitudes que superam a do campo de dunas;
2. Disponibilidade de vias de acesso asfaltadas e estradas carroçáveis;
3. Possibilidade de consorciar os aerogeradores com setores amplamente utilizados para atividades agrícolas, com áreas desmatadas e vegetação secundária;
4. Aspectos morfo genéticos consorciados com as atividades tradicionais de cultivo e produção de alimentos;
5. Áreas disponíveis afastadas dos sistemas ambientais de preservação permanente (dunas móveis e fixas, rios, riachos e lagoas sobre o tabuleiro);
6. Predominância dos processos geoambientais que caracterizam ambientes estáveis, do ponto de vista

de transporte de sedimentos e atuação dos demais fluxos de matéria e energia definidos para os campos de dunas, lagoas, manguezais e praia;

7. Área afastada da rota das aves migratórias que utilizam a zona costeira, principalmente dos estuários entre os campos de dunas e a faixa de praia;
8. A topografia relativamente plana evidencia baixos índices de rugosidade (comparado com as dunas), o que acarretará baixos impactos nas atividades de terraplenagem, aterros e cortes para as vias de interligação entre os aerogeradores;
9. Preservação de um conjunto de unidades geoambientais e ecossistemas diretamente relacionado como amortecedores das consequências previstas pelo aquecimento global;
10. Potencial eólico para a produção de energia definido pela Aneel e Seinfra.



Figura 3.38 – Alternativas locais sobre o tabuleiro pré-litorâneo (imagem Landsat, 2008).

Os tabuleiros pré-litorâneos foram caracterizados pela predominância de relevo plano a suavemente ondulado, pela altitude média em torno de 30 a 40 m (mais elevada no contato com a depressão sertaneja, alcançando mais de 80 m) acima do nível do mar, pelo menor efeito de rugosidade na propagação dos ventos em comparação com os campos de dunas, pela infraestrutura de acesso e pelas extensas áreas com possibilidade de consorciar com os demais usos socioeconômicos (SOUZA, 1988; FEITOSA *et al.*, 2003). A presença de comunidades tradicionais e étnicas e os territórios utilizados para as suas atividades de usufruto comunitário, que fundamentam a soberania alimentar desses grupos sociais, deverão orientar a definição das alternativas tecnológicas e locacionais. A elaboração de mapas sociais na perspectiva comunitária representa um componente inicial para a definição das áreas a serem utilizadas para a produção de energia eólica (ver capítulo 10). A Figura 3.39 mostra como os componentes da planície costeira, antes amplamente utilizados pelas comunidades tradicionais e étnicas, foram transformados em territórios com risco de morte.



Figura 3.39 – Interferências nos territórios das comunidades tradicionais e étnicas durante as fases de implantação e operação das fazendas de energia eólica.

Os perfis topográficos obtidos através do radar Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), imagem de radar obtida pelo *site* <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>, auxiliaram na definição dos aspectos topográficos e da morfologia dos componentes geoambientais da planície costeira relacionada com as áreas propostas para alternativas locais. Os perfis longitudinal e perpendicular à planície costeira sobre o campo de dunas (Figura 3.40) evidenciaram que o tabuleiro pré-litorâneo,

disposto à retaguarda do campo de dunas, apresentou altitude crescente para o interior do continente. Quando afastado em aproximadamente 4 km da linha de praia, alcança níveis altimétricos com cotas que ultrapassam os 20 m, alcançando 35 m a uma distância de 17 km da praia (perfil A-A'). O perfil sobre as dunas (B-B'), desde a praia do Farol (litoral de Camocim) até a margem direita do rio Timonha (limite entre os estados do Ceará e Piauí), definiu uma topografia irregular, com altitudes pontuais que ultrapassam a cota de 35 m de altitude.

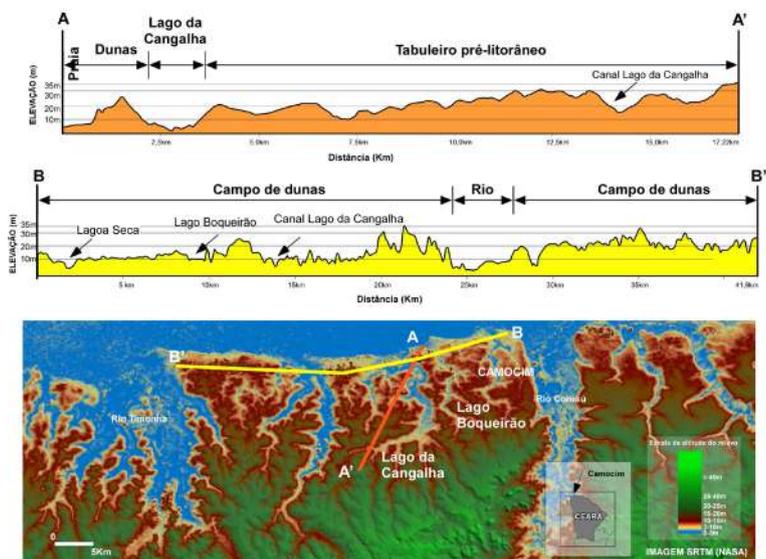


Figura 3.40 – Perfis longitudinal sobre o campo de dunas e transversal ao tabuleiro pré-litorâneo (imagem do radar SRTM).

A partir da dinâmica de aporte de sedimentos para a zona costeira em setores de promontórios e canais estuarinos, foram definidos critérios para a classificação de áreas de risco. Foram agrupados através da evolução espaçotemporal dos fluxos hidrodinâmico (estuarino), eólico (migração dos campos de dunas), litorâneo (ação das ondas e marés na linha de costa) e

subterrâneo (disponibilidade de água no lençol freático e curso da hidrodinâmica do aquífero). As unidades geoambientais foram caracterizadas de modo a orientar medidas de planejamento e gestão dos setores de *bypass* de sedimentos:

1. Campo de dunas móveis que migram na direção das margens dos estuários: unidade geoambiental de elevado risco para a ocupação. O bloqueio do fluxo de areia para a margem direita dos rios promoverá um colapso de sedimentos e, conseqüentemente, erosão severa em suas margens, podendo alcançar setores já urbanizados;
2. Bancos e flechas de areia: unidades em grande parte responsáveis pela evolução morfológica e ecodinâmica do sistema estuarino e da faixa de praia. Com o bloqueio da fonte de areia proveniente das dunas móveis, serão diretamente afetados pelo déficit de sedimentos, promovendo alterações na hidrodinâmica do canal e do aporte de areia para as praias e plataforma continental proximal;
3. Faixa de praia: tanto as associadas às margens dos canais estuarinos como a barlavento das dunas sobre promontórios serão afetadas pelo déficit de sedimentos provocado pelo bloqueio do transpasse ao longo do campo de dunas móveis. Unidade morfológica de elevado risco e associada a mudanças na dinâmica evolutiva com o incremento da erosão costeira;
4. Lençol freático: a construção de hotéis, residências multifamiliares e unifamiliares e vias de acesso sobre o campo de dunas afetará a quantidade e a qualidade da água no subsolo, o fluxo hidrodinâmico e a pres-

são hidrostática exercida pelo aquífero na zona de contato entre a água doce e a salgada. Serão induzidos riscos de salinização do lençol freático e de extinção das lagoas interdunares e das nascentes de riachos que alimentam com água doce o ecossistema manguezal;

5. Dunas fixas: unidade ambiental de preservação permanente. Deverá ser integralmente preservada de ações que interfiram em seus aspectos morfológicos, paisagísticos e ecológicos;
6. Terraços marinhos e fluviomarinhos: unidades morfológicas de médio a baixo risco nos setores afastados da linha de praia e margem dos canais e ecossistema manguezal. Favoráveis a riscos de contaminação do lençol freático por efluentes domiciliares e industriais e erosão de acordo com a dinâmica de transporte sedimentar por deriva litorânea e evolução dos bancos de areia nos canais estuarinos;
7. Tabuleiro pré-litorâneo: desde que evidenciados os riscos de contaminação do lençol freático, de impermeabilização das zonas de recarga, preservação da mata de tabuleiro, de setores de domínio dos campos de dunas móveis e de atividades tradicionais de agricultura e pesca, representa a unidade morfológica mais adequada para a implantação de equipamentos turísticos e ampliação das cidades e vilas de pescadores.

Intervenções no sentido de ocupar esses setores, inviabilizando o fornecimento de areia para a faixa de praia, elevaram a complexidade das reações ambientais, principalmente as relacionadas com a desconfiguração morfológica das dunas, da faixa de

praia e dos canais estuarinos, desviando o sistema para um outro nível de comportamento. Em várias áreas do litoral cearense, a ocupação dos campos de dunas responsáveis pela manutenção de um aporte regulador de sedimentos para os processos litorrâneos originou erosão acelerada. As mais críticas ocorreram nas praias de Barra Nova/Beberibe, Caponga/Cascavel, litoral metropolitano de Fortaleza, Iparana/Caucaia, Pecém/São Gonçalo do Amarante, Paracuru e Alagoinha/Paraipaba. Os impactos elevaram o grau de incerteza na previsão das reações ambientais, uma vez que acarretaram mudanças morfológicas rápidas, com o desenvolvimento (processos cumulativos) de erosão acelerada.

A integração dos processos morfogenéticos com evidências de mudanças do nível relativo do mar de alta frequência, definidos por Meireles (2001) para o litoral cearense, deverá ainda ser vinculada às mudanças setoriais na temperatura da água do mar (teleconexões continente-oceano-atmosfera) de altas latitudes, como as oscilações abruptas e cíclicas na temperatura dos oceanos. A variabilidade e interconexão dos fenômenos naturais que se sucedem em altas latitudes e em outras regiões do planeta (Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Oscilação Norte Atlântica (NOA), El Niño, La Niña, entre outros) são fatores fundamentais para um modelo mais preciso para explicar a origem e evolução dos campos de dunas do Nordeste brasileiro.

Portanto, os setores que atualmente regulam o aporte de sedimentos para a linha de costa (*bypass* de areia em promontórios e canais estuarinos) deverão ser preservados, favorecendo a manutenção de um estado dinâmico sem a presença de eventos erosivos severos e o fluxo contínuo e regulador do aporte de sedimentos para a faixa de praia.

Os resultados alcançados evidenciaram a necessidade de ampliar a investigação para a definição de altera-

ções setoriais na temperatura da água do mar relacionadas às teleconexões continente-oceano-atmosfera com as altas latitudes (BROECKER, 2001). As dunas de Jericoacoara, relacionadas como indicadoras de mudanças de alta frequência do nível relativo do mar, podem estar vinculadas a alterações abruptas e cíclicas nas temperaturas dos oceanos e sobreimpostas a ciclos orbitais maiores (ciclos Dansgaard-Oeschger, evento frio Younger Dryas) (CACHO *et al.* 1999; MORENO *et al.*, 2002).

As dunas auxiliaram na compreensão da dinâmica costeira. A continuidade dos estudos deverá ser relacionada com as alterações dos componentes meteorológicos, enfocando possíveis interferências das mudanças climáticas na evolução da planície costeira.

# 4

---

## ESTUÁRIOS

Os complexos estuarinos representam sistemas ambientais integrados com os demais componentes da bacia hidrográfica (alto e médio curso fluvial) através de um conjunto de fluxos de matéria e energia que atuou de modo a originar os componentes morfológicos caracterizados nos baixos cursos fluviais. Foram definidos de acordo com os constituintes morfológicos e aspectos dinâmicos. As morfologias foram definidas conforme os fluxos de primeira ordem, isto é, influenciaram na produção de matéria para a planície costeira e plataforma continental. Ressalta-se que a existência de depósitos de paleomangues (ver capítulo 1) demonstrou que se trata de um ecossistema que resguarda relações diretas com as mudanças do nível do mar (ALLEN *et al.*, 2001). Comumente preservam sequências de depósitos holocênicos com informações sobre o clima do passado, mudanças do nível do mar, continente e ambientais locais. São depósitos sedimentares especiais para, através dos microfósseis, realizar reconstituições do nível do mar e paleoambientes costeiros (LAMB *et al.*, 2006).

Os terraços fluviomarinhos estão associados à dinâmica das marés e influência do fluxo fluvial. Entre os baixos e médios cursos fluviais, podem ser encontrados antigos níveis de planícies fluviomarinhas, representando indicador morfológico de mudanças do nível do mar. Esses indicadores podem ser atribuídos a efeitos neotectônicos ou mesmo alterações no nível do mar pelos efeitos antropogênicos.

Cada fluxo evidenciou uma elevada diversidade de funções que mantêm os complexos estuarinos como sistemas integrados com os demais componentes da planície costeira. Como se trata de uma abordagem relacionada aos princípios da geomorfologia, paisagens integradas e ecologia, somente parte da complexidade foi representada. Uma abrangência transdisciplinar ampliaria a importância dos complexos estuarinos, evidenciando seus vínculos com a soberania alimentar das comunidades tradicionais e étnicas que subsistem da biodiversidade e de seus demais componentes culturais e simbólicos.

A conectividade entre os fluxos foi definida tomando como base a área de abrangência das reações geoambientais, resultado das teleconexões continente-oceano-atmosfera-biosfera. A conectividade foi correlacionada com a evolução da planície costeira (flutuações do nível relativo do mar e mudanças climáticas) durante o Quaternário. Dessa forma, foram individualizados os seguintes fluxos de matéria e energia:

1. Deriva litorânea – ação das ondas e marés;
2. Fluxo eólico – predomínio dos ventos de leste para oeste proporcionando o transporte de sedimentos nas formas de dunas transversais e barcanas;
3. Fluxo fluviomarinho – dinâmica imposta pelas oscilações das marés;
4. Fluxo de água subterrânea – movimento da água dos aquíferos na direção dos complexos estuarinos;
5. Fluxo fluvial/pluvial – dinâmica de aportação e água doce e sedimentos da bacia hidrográfica;
6. Fluxo lacustre – disponibilidade de água doce superficial para o sistema estuarino;
7. Fluxo lagunar – resultado de processos evolutivos integrados;

8. Fluxo gravitacional – escorregamento de areia e argila das margens dos estuários e incorporados à hidrodinâmica.

Atualmente, os componentes ambientais da planície costeira passam por processos evolutivos associados às diversas formas de uso e ocupação, interferindo nos fluxos e relacionados com as atividades de subsistência e usufruto das comunidades tradicionais, como produção de sal e de camarão em cativeiro. É evidente que representam ecossistemas de maior risco quando relacionados com as alterações atuais do clima (MCLEOD; SALM, 2006). Dessa forma, os fluxos de matéria e energia deverão ser associados a processos erosivos nos terraços fluviomarinheiros, incremento dos níveis de salinidade mais para o interior dos canais estuarinos e mudanças ecossistêmicas (novas áreas de ocorrência sobre antigos terraços fluviais e setores de apicum, estrutura do bosque).

Com a compartimentação espacial desses fluxos e a definição dos processos interativos (pontos de confluência), abrangendo os complexos estuarinos, foi possível evidenciar que interferências humanas, em qualquer um dos fluxos, certamente envolverão reações ambientais interdependentes. Dessa forma, fragmentar os componentes ambientais com a introdução dos diques para construção de piscinas para carcinicultura ou provocar desmatamento são impactos que serão disseminados através das interconexões com os demais fluxos de matéria e energia. As consequências poderão ser materializadas em alterações na produção de nutrientes, na diminuição de áreas utilizadas como refúgio e alimentação das aves migratórias e para expansão da vegetação de mangue. Fenômenos que, no seu conjunto, poderão promover redução da biodiversidade e, certamente, riscos à soberania alimentar das comunidades tradicionais e étnicas e à economia (atividades turísticas e modalidades de pesca comunitária e industrial).

A distribuição dos fluxos de matéria e energia representada no complexo estuarino Cardoso/Camurupim (Piauí), Timonha/Ubatuba e Remédios (Ceará) evidenciou a espacialidade dos componentes morfológicos. Mostra o sistema estuarino lagoa Santana como possibilidade de uma fase lagunar relacionada à evolução da flecha de areia em sua desembocadura. A Figura 4.1 demonstra as diversas inter-relações nos estuários associados aos campos de dunas e às bacias hidrográficas em climas predominantemente semiáridos, fase lagunar e um pequeno delta de maré. Mostra também os demais fluxos associados aos estuários e campos de dunas.

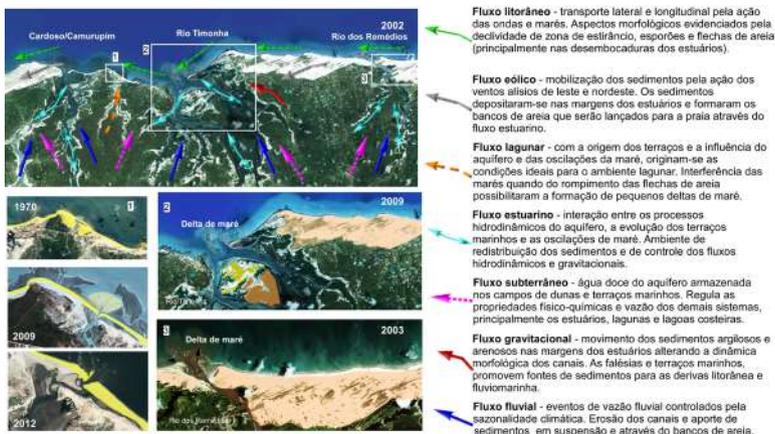


Figura 4.1 – Espacialidade dos fluxos de matéria e energia distribuídos em complexos estuarinos (imagens Google Earth).

### *Fluxo litorâneo*

Originado a partir do ataque oblíquo das ondas à linha de costa e à ação das marés e correntes marinhas, é em grande parte o responsável pelo transporte e pela distribuição dos sedimentos (silte, argila, areia e biodetritos), dos nutrientes ao longo da plataforma continental proximal, e pela dispersão de sementes provenientes dos ambientes fluviomarinhos e lacustres. Atua de modo a gerar um aporte sedimentar para a cons-

trução de bancos e flechas de areia e argila ao longo da linha de costa e nas desembocaduras dos estuários. As duas flechas de areia posicionadas nas desembocaduras parecem atuar como morfologias indutoras da formação de manguezal protegidos e paralelos à linha de costa. Atuaram também como elementos que proporcionaram barramento do fluxo fluvio-marinho, favorecendo o depósito de areia e argila para ampliação de áreas de expansão do manguezal (ver Figuras 1.25 e 5.2). Essas estruturas, em processo contínuo de aportação de areia, através da deriva litorânea, podem ter atuado como bloqueadoras do fluxo fluvio-marinho, fechando completamente o canal principal e transformando os sistemas estuarinos em ambiente lagunar. Eventos dessa natureza foram definidos em outros setores do litoral cearense (MEIRELES *et al.*, 2005). Com aumento do volume de sedimentos ao longo da faixa de praia (erosão e/ou deposição de areia) e alternâncias na hidrodinâmica estuarina (flutuações climáticas, variações do nível relativo do mar e mudanças do nível de base), as flechas provavelmente migraram paralelas à linha de costa (evidenciado pela presença de paleomangue na plataforma proximal) e atuaram como elemento de intermitência nas trocas laterais entre o mar aberto e o ecossistema manguezal instalado no vale estuarino. Verificou-se que parte dos sedimentos arenosos, proporcionados pela deriva litorânea e associados ao transporte regido pela hidrodinâmica estuarina, proporcionou a origem de bancos de areia nos dois complexos estuarinos. Morfologias que registraram a integração desses dois fluxos na desembocadura e que atuaram como áreas de expansão do ecossistema manguezal. Com a disponibilidade de sedimentos para a deriva litorânea, o sistema praiado conta com uma larga zona de berma, interligada com o terraço marinho holocênico e associada aos afloramentos de rochas

(Formação Barreiras) que localmente definem plataformas de abrasão marinhas. Essas plataformas interferem na migração dos sedimentos (refração e difração das ondas), redirecionando volumes de areia que se acumulam e originam bancos de areia ao longo da linha de costa. Essas morfologias rochosas também atuam como estruturas que minimizam o avanço do mar, protegendo a linha de costa contra eventos erosivos. Foi através dessa dinâmica que se processaram eventos erosivos e de engordamento da linha de praia, disponibilidade de areia para a deriva eólica (formação dos campos de dunas que localmente migram na direção das margens direita dos complexos estuarinos) e aporte de sedimentos para regular a quantidade e qualidade de areia ao longo das praias. Essa dinâmica imposta pelo ataque das ondas à linha de costa, resultando no transporte de sedimentos, foi fundamental para a constituição das flechas e dos bancos de areia e atuou na deposição de sedimentos finos para a formação dos depósitos argilosos do manguezal. Caso seja interrompida a deriva litorânea dos sedimentos (ocupação da berma e das dunas), promoverá um colapso de sedimentos nas praias a montante, generalizando o déficit de areia nesse setor da planície costeira e, conseqüentemente, interferindo na hidrodinâmica estuarina. A deriva litorânea também proporcionou alterações batimétricas nas proximidades das desembocaduras. Entretanto, a dinâmica das marés, principalmente no complexo Timonha/Ubatuba, atuou como fluxo favorável à permanência de um largo canal, viabilizando o acesso do peixe-boi marinho.

#### *Fluxo eólico*

Apresenta relação direta com a sazonalidade climática regional e, localmente, com o incremento de areia proveniente da faixa de praia, carreada para o interior do continente através

da ação dos ventos. Com o período de ventos mais intensos, está relacionado aos eventos de estiagem. É no segundo semestre que a dinâmica morfológica das dunas interfere diretamente na dinâmica de uso e ocupação da área destinada ao transporte de sedimentos. As dunas que se direcionam para a margem direita do complexo estuarino Timonha/Ubatuba produziram marcas espaçodirecionais que definiram corpos eólicos, atingindo os canais estuarinos. Sobre setores de apicum, foi possível evidenciar depósitos eólicos remanescentes de dunas barcanas que alcançaram a hidrodinâmica estuarina e, possivelmente, seus sedimentos utilizados para formação de bancos de areia internos aos canais e para os posicionados na desembocadura. Nos estuários, normalmente o fluxo eólico está vinculado ao campo de dunas na margem esquerda. Esse volume diferenciado de areia, quando relacionado a elevados volumes de sedimentos, não é compatível com a área fonte (praia), o que evidenciou o possível fechamento do canal (com bancos de areia), originando sistemas lacustres e lagunares. Quando as dunas estão posicionadas a oeste da desembocadura e da deriva litorânea, o canal principal não é interceptado pelas dunas. A lagoa da Santana, com pouco manguezal e canais rasos (assoreados), provavelmente é resultante do processo de assoreamento derivado do fechamento do seu contato com o mar através das flechas de areia e dunas, interação dinâmica fundamental para originar planícies hipersalinas (apicum), dificultando a disseminação da vegetação de mangue, mesmo com a fonte de propágulos associada aos demais estuários da região. Verificou-se que, ao integrar os fluxos responsáveis pela deriva litorânea e eólica, foi possível evidenciar a origem e evolução das flechas e dos bancos de areia, setores de apicum e complexidade evolutiva do sistema estuarino, possivelmente associado a fases lagunares.

### *Fluxo de água subterrânea*

O campo de dunas, a drenagem superficial (bacias hidrográficas), a linha de costa, os terraços marinhos e o tabuleiro litorâneo foram utilizados como indicadores morfológicos para a definição preferencial do fluxo subterrâneo. É proveniente de aquífero associado às bacias hidrográficas e relacionado com unidades morfológicas que gradam lateralmente para o tabuleiro litorâneo e o campo de dunas, compartimentando os principais aquíferos da região. Mais para o interior da planície, o aquífero está relacionado com o embasamento cristalino fraturado. Esses fluxos subterrâneos de água doce influenciam as condições hidrodinâmicas e os processos sedimentares, físico-químicos e biológicos dos complexos estuarinos. É durante as maiores precipitações pluviométricas que se eleva o aporte de água doce para o aquífero e, conseqüentemente, é repassado para as lagoas e lagunas costeiras e sistemas fluvial e fluviomarinho. No sistema estuarino Timonha/Ubatuba, as dunas atuam de modo a fornecer água doce, que se direciona para o rio Timonha através das gamboas e do apicum. A pressão hidrostática é aliviada durante as oscilações de maré, intervalos provavelmente vinculados ao maior fluxo de água doce do aquífero direcionado para o canal estuarino. O tabuleiro é, denotando no vale estuarino evidências de recuo paralelo de suas vertentes e em parte sobre dunas móveis, o principal aquífero. Com relevo mais elevado em relação aos terraços e à praia, direciona o fluxo subterrâneo para os canais estuarinos. É provável que a participação da água doce tenha relação direta com as dunas localizadas nas margens dos estuários. Os complexos estuarinos recebem água doce durante os eventos de maior precipitação pluviométrica (pulsos de vazão fluvial concentrados no primeiro semestre) e, de forma contínua, dos setores de exutórios relacionados às suas margens (contatos laterais com as

dunas, apicum e faixa de praia). Dessa forma, esse fluxo de água subterrânea, incrementado durante o primeiro semestre (níveis hidrostáticos mais elevados), atua como componente para a continuidade dos índices adequados de água doce, regulando, assim, as propriedades bioquímicas e físicas do complexo estuarino. É também através desse fluxo de água subterrânea associado aos setores de apicum que ocorrem alterações nos índices de salinidade intersticial e, conseqüentemente, expansão da vegetação de mangue sobre antigas planícies hipersalinas.

### *Fluxo fluviomarinho*

Originado a partir da integração entre a aportação de água doce proveniente das zonas de exutórios (quando a água subterrânea aflora originando as lagoas costeiras e escoar na direção dos canais estuarinos) e o escoamento superficial associado ao sistema fluvial das bacias hidrográficas e das oscilações diárias da maré. Durante o primeiro semestre do ano, o fluxo de água doce fluvial é regido pelas precipitações pluviométricas. No segundo semestre, de estiagem, o fluxo hidrodinâmico nos canais dos complexos estuarinos é praticamente regido pelas oscilações diárias da maré. A ocorrência de bancos de areia e argila e os fragmentos do tabuleiro litorâneo na desembocadura do complexo estuarino Timonha/Ubatuba originaram a Ilha Grande. Essa estrutura certamente favoreceu a união dos dois rios através da evolução dos processos erosivos impulsionados pelo escoamento superficial e alterações do nível de base regional (eventos transgressivos e regressivos do nível do mar) durante o Quaternário e, principalmente, durante os últimos eventos de regressão e transgressão marinhas no final do Pleistoceno e início do Holoceno. A Ilha Grande certamente atua como direcionadora dos fluxos de enchente e vazante na deposição de sedimentos, tanto os prove-

nientes das correntes marinhas como os carreados durante os fluxos de água doce. Tanto a montante como a jusante desse componente morfodinâmico, centrado na confluência dos rios Timonha e Ubatuba, foram observados depósitos recentes de areia e argila. Os depósitos originados pela acumulação de sedimentos na desembocadura dos estuários (p. ex. a barreira estrutural denominada de Ilha Grande) possivelmente promovem alterações na hidrodinâmica, direcionando os fluxos das marés e, dessa forma, redistribuindo os sedimentos para as gamboas e, assim, procedendo à morfogênese desses canais (aliado ao aporte de areia proveniente das dunas que avançam na direção da margem direita dos estuários do Nordeste). A Ilha Grande, com seus canais de maré internos associados à vegetação de mangue e apicum, atua como sistema fluviomarinho na confluência do complexo estuarino, e a presença de terraços marinhos (tanto nas bordas como em seu interior) mostra claramente que sua evolução foi, em grande parte, orientada pelas flutuações do nível relativo do mar (Figura 1.17). O fluxo fluviomarinho pode ser vinculado aos eventos de sazonalidade climática e variações interanuais e aos processos morfológicos associados (transporte de sedimentos, por exemplo). Está também associado à presença de bancos de areia e argila, impulsionando, dessa forma, alterações morfológicas nos canais pela distribuição de sedimentos, e à expansão e retração de áreas relacionadas com a cobertura vegetal e setores de apicum. O fluxo fluviomarinho nos dois complexos estuarinos foi fragmentado com a introdução de salinas e fazendas de camarão. Tanto o fluxo das marés como o relacionado ao aporte de água doce, principalmente nos setores com vegetação de mangue, canais de maré e apicum, foram interceptados pela edificação dos diques e redirecionados pela construção de canais de adução. A indústria de camarão atua de modo a alterar a qualidade da água,

pois se integra, durante as atividades de pesca, com a dinâmica fluvio-marinha, disseminando-se por todo o complexo estuarino. O resultado da integração entre esses componentes morfológicos e o fluxo fluvio-marinho é representado pela complexa distribuição espacial dos setores de apicum, bosque de manguezal, canais de marés e aporte de sedimentos para o interior dos canais estuarinos. A fauna é dependente direto da produção bioquímica e física de nutrientes que emana da conectividade entre as unidades morfológicas derivadas desse fluxo. As reações ambientais associadas à disponibilidade de matéria orgânica, à produção de oxigênio dissolvido, material em suspensão e de fundo de canal e à alcalinidade regulam as propriedades dos ecossistemas atreladas à base da cadeia alimentar.

#### *Fluxo fluvial/pluvial*

Responsável pelo aporte de água doce proveniente das bacias hidrográficas, de sedimentos e de nutrientes, principalmente durante os eventos de maior vazão fluvial (primeiro semestre do ano). Durante as cheias, contribui também para aumentar a disponibilidade de água doce nas lagoas costeiras. Promove alterações nas estruturas pedológica e físico-química do solo, modificando os índices de salinidade (inundação do manguezal e apicum durante as cheias) e de disponibilidade de nutrientes para as reações geoambientais e ecodinâmicas nos setores de apicum e bosque de mangue. Devido ao regime de chuvas, os eventos de água doce proveniente das bacias hidrográficas são sazonais e podem ser associados a períodos prolongados de estiagem e eventos de elevada vazão durante as cheias. A entrada de sedimentos (material em suspensão e bancos de areia transportados pelo fundo dos canais durante eventos de cheia) provenientes dos canais fluviais durante esses eventos turbulentos atua como mais um elemento nos processos

dinâmicos relacionados com a morfologia do leito e margens dos canais estuarinos e, conseqüentemente, na expansão e retração de áreas de manguezal e apicum. A entrada de pulsos de sedimentos durante os eventos de cheia, aliada ao transporte regido pelas marés, possivelmente representa os principais eventos gerados por alterações sazonais no aporte e na distribuição de nutrientes. Parte dos sedimentos em suspensão é depositada sobre o apicum e depósitos de mangue, incrementando alterações/intercalações no substrato com níveis de materiais tipicamente fluviais com os provenientes do fluxo das marés. É provável que os bancos de areia e argila dispostos nas desembocaduras dos complexos estuarinos passem por eventos erosivos e de deposição, contribuindo com mais um elemento para alterações morfológicas e, conseqüentemente, para a hidrodinâmica estuarina. Na lagoa Santana, verificou-se a gradação lateral dos terraços tipicamente fluviais para os fluviomarinhos. Como o canal principal encontra-se assoreado, possivelmente os pulsos de vazão fluvial não promoveram o rompimento da flecha de areia (o que proporcionaria transporte de sedimentos para a deriva litorânea) construída na desembocadura pela deriva litorânea (fechando o canal), transformando o sistema lacustre/lagunar em uma bacia deposicional.

#### *Fluxo lacustre*

É associado às lagoas costeiras dispostas sobre os campos de dunas e planícies de aspersão eólica. Ocorre vinculado aos dois complexos estuarinos e, em maior extensão, nas proximidades do complexo Timonha/Ubatuba. Suas relações com os estuários estão também associadas à sazonalidade climática e migração dos campos de dunas. Durante o primeiro semestre (período das chuvas), o lençol aflora em vários setores do campo de dunas, formando lagoas interdunares alongadas na direção das marcas espaçotem-

porais de migração dos corpos eólicos. Durante o período de estiagem, no segundo semestre, as lagoas interdunares são reduzidas, devido ao rebaixamento do lençol freático. É nesse período que se intensifica a migração das dunas (potencial máximo do fluxo eólico), soterrando os setores de lagoas. No período chuvoso seguinte, quando o lençol freático retorna a aflorar, parte das lagoas foi deslocada pelo avanço das dunas, redirecionando os corpos hídricos de água doce na direção dos estuários (MEIRELES *et al.*, 2005). Tratam-se, portanto, de sistemas ambientais diretamente associados aos complexos estuarinos, influenciando nas reações hidrodinâmicas através da disponibilidade de água doce. No caso da lagoa Santana, com o fechamento completo do canal (flechas de areia) durante períodos prolongados, o atual sistema fluviomarinho provavelmente passou por fases lacustres, com predomínio de água doce proveniente dos fluxos fluvial e subterrâneo. As flechas foram relacionadas à ação do fluxo eólico que impulsionou os sedimentos para o interior do continente e, ao interceptarem o fluxo fluvial, formaram barreiras morfológicas que impediram o escoamento fluvial para a linha de costa.

### *Fluxo lagunar*

Esse fluxo possivelmente ocorreu quando os canais estuarinos foram fechados ou parcialmente bloqueados do contato direto com as oscilações de maré. Como foi definido através da integração entre os fluxos de deriva litorânea e eólica, as flechas de areia atuaram como morfologias que possibilitaram tanto o aporte de sedimentos para os canais estuarinos como as estruturas impulsionadoras de transformações hidrodinâmicas dos complexos estuarinos. Certamente esses episódios ocorreram em períodos de baixa vazão fluvial (períodos prolongados de estiagem) e continuidade da deriva litorânea, com acréscimo de sedimentos nas extremidades das flechas

de areia. Com a intercepção do canal, as marés foram parcial ou completamente impedidas de penetrarem no canal estuarino, favorecendo a origem de um sistema ambiental com características mais aproximadas ao ambiente lagunar. Caso esses eventos ocorressem em intervalos de tempo prolongados (dependendo da retomada do fluxo fluvial em períodos chuvosos mais intensos), associados à formação de dunas sobre as flechas de areia, o sistema lagunar configurar-se-ia de modo a promover mudanças mais profundas na salinidade da água. Durante eventos de máxima vazão fluvial, com fluxos de elevada turbulência, a flecha de areia normalmente é rompida e restabelecidas as trocas diárias das marés. Evidências dessa dinâmica foram definidas através da presença dos campos de dunas (fonte elevada de areia), das atuais flechas de areia direcionando a hidrodinâmica estuarina e a deriva litorânea dos sedimentos (a localizada na lagoa Santana, em imagem de satélite Landsat do ano de 2002, está bloqueando o fluxo das marés, fechando parcialmente o canal) e da ocorrência de bancos de areia tanto ao longo da faixa de praia adjacente como no interior dos complexos estuarinos. Atualmente, as oscilações das marés e o fluxo fluvial favorecem a manutenção das interconexões entre os canais estuarinos e a plataforma continental proximal, as alterações batimétricas (dinâmica de migração dos bancos de areia submersos) e a impossibilidade de fechamento das desembocaduras, como analisado por meio da evolução das flechas de areia e das trocas laterais com as ondas e marés.

#### *Fluxo gravitacional*

Esse fluxo pode ser caracterizado através dos escorregamentos, do deslocamento de massa e das corridas de lama associados aos depósitos de mangue e direcionados para o interior do canal estuarino. Normalmente estão relacionados com a amplitude das marés e pluviometria, por exemplo, possibilitando ritmos sazonais

na hidrodinâmica dos canais – entrada de sedimentos pelos regimes fluviais e marés com o transporte de sedimentos nos canais estuarinos – e mudanças morfológicas. O material é produzido por escorregamentos lentos e colapso dos depósitos arenoargilosos (movimentos mais bruscos). Essas fontes de sedimentos para o interior dos canais possivelmente atuaram como indicador de alteração morfológica e das propriedades físico-químicas da água: mudanças batimétricas no fundo dos canais; redirecionamento da hidrodinâmica ou bloqueio do acesso das marés em trechos seccionados pelos deslizamentos; aporte diferenciado de matéria orgânica (grandes volumes de argila rica em restos vegetais e biodetritos) e variações bruscas no material em suspensão. Esse fluxo, associado à areia proveniente do fluxo eólico, dinâmica dos bancos de areia internos aos complexos estuarinos e pulsos de sedimentos durante os fluxos fluviais, certamente proporcionou o elevado número de canais, setores de apicum e bancos vegetados pelo manguezal.

## **Integração das Funções Ambientais**

Os fluxos de matéria e energia distribuídos ao longo da planície costeira em estudo e mais especificamente os caracterizados nos complexos estuarinos atuaram de modo a favorecer a evolução geoambiental associada ao aporte, à distribuição, à deposição e à erosão dos sedimentos. Essa dinâmica proporcionou a origem de flechas e bancos de areia, alterações sazonais na morfologia e batimetria dos canais de maré e na plataforma continental proximal, mudanças na hidrodinâmica, suprimento regular de areia proveniente das dunas e alternâncias entre sistemas estuarinos e lagunares. Esses fluxos regularam a evolução dos setores de apicum e a expansão e contração do bosque de manguezal. Promoveram as bases processuais (geológicas, geo-

morfológicas, sedimentológicas e ecológicas) para a diversidade de paisagens e elevada biodiversidade.

A evolução espaçotemporal dos setores de apicum para bosques de manguezal e de antigas salinas abandonadas (Figura 4.2) foi constatada através da ação continuada das trocas laterais entre os componentes morfológicos do baixo curso fluvial e os da planície costeira. A distribuição atual desse componente do ecossistema manguezal nos complexos estuarinos foi definida tanto inserida em núcleos rodeados por bosque de mangue como nas margens dos estuários.

O fluxo de materiais sedimentares através da ação das ondas e marés (deriva litorânea), dos ventos e do aporte fluvial promoveu a construção de bancos de areia e argila nos canais estuarinos (PANNER; PANNIER, 1980; MEIRELES *et al.*, 1989; PERILLO, 1995; ROMAN; NORDSTROM, 1996). Com a interação hidrodinâmica dentro dos canais, os bancos de areia e argila nos complexos estuarinos, como na maioria dos estuários existentes na planície costeira cearense, evoluíram para setores de apicum e, posteriormente vegetados, atuaram como unidades de expansão do bosque de manguezal. Quando associados à origem de flechas de areia na desembocadura dos estuários, fluxo fluvial (com entrada de sedimentos provenientes de setores a montante da bacia hidrográfica), migração das dunas na direção dos canais de maré e sobre setores de apicum e fluxos gravitacionais, interferiram na dinâmica morfológica e profundidade dos canais internos (gamboas). Esses fluxos promoveram o desvio e soterramento de gamboas e assoreamento de áreas com vegetação de mangue, dando origem ao apicum e ampliando os setores destinados à expansão do bosque de manguezal.

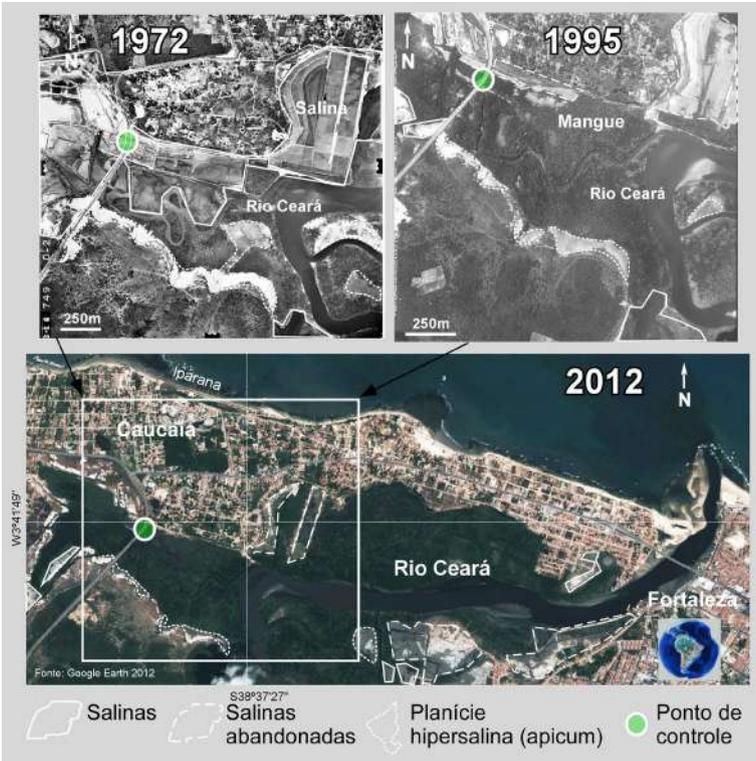


Figura 4.2 – Setores de apicum e antigas salinas abandonadas revegetados pelo bosque de manguezal.

A dinâmica regida pelo fluxo das marés, da água doce proveniente do aquífero e do escoamento superficial regulou os processos geoambientais para a retomada da vegetação de mangue. A diminuição espacial da cobertura vegetal, evoluindo para a presença de indivíduos de pequeno porte reconduzindo áreas com vegetação de mangue para o apicum, verificou-se por meio das mudanças morfológicas nos canais de maré, nos aporte de sedimentos arenosos sobre áreas de manguezal e na movimentação dos bancos de areia ao longo das gamboas e canal principal.

Foi possível caracterizar a planície hipersalina e a retomada do bosque de manguezal pela sistematização dos fluxos de matéria e energia (Figura 4.3). Com a sistematização desses componentes dinâmicos e morfológicos, e diante das principais intervenções humanas, foi também possível demonstrar como os processos ecossistêmicos foram reelaborados – tentativa de excluir a planície hipersalina, apicum, da composição morfológica do sistema regido pelas relações fluviomarinhas que originam o ecossistema manguezal – para a introdução das fazendas de camarão (carcinicultura).

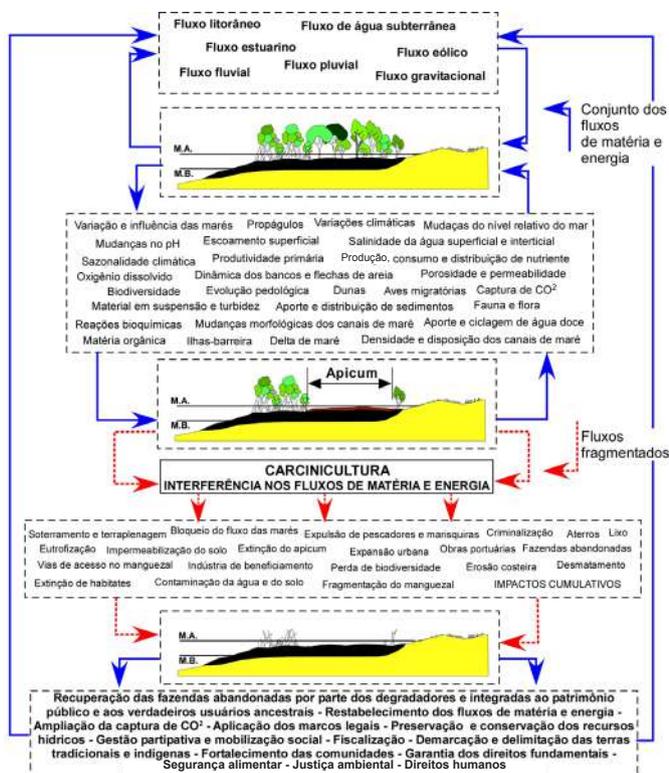


Figura 4.3 – Evolução do ecossistema manguezal através da dinâmica imposta pelos fluxos de matéria e energia (MEIRELES *et al.*, 2007).

Com a chegada da carcinicultura, esses fluxos foram interceptados quando o bosque de manguezal e o apicum foram ocupados. A recuperação das áreas degradadas pelas fazendas abandonadas passa pela aplicação de gestão integrada e participativa, aplicação da legislação e técnicas de restabelecimento das trocas laterais com a retomada da dinâmica das marés, para a ciclagem de nutrientes e dos níveis adequados para o incremento da biodiversidade.

Foi através das interferências das piscinas de carcinicultura que foram avaliados os impactos ambientais (ver capítulo 8), principalmente os relacionados com a extinção de áreas vinculadas ao domínio das marés. As derivações morfológicas e ecológicas resultantes das interferências provocadas pela carcinicultura nos complexos estuarinos foram caracterizadas por Meireles *et al.* (2007).

A evolução do sistema estuarino lagoa Santana foi evidenciada através da dinâmica imposta pela integração dos fluxos de deriva litorânea, sazonalidade climática com efeitos diretos na disponibilidade de água doce proveniente dos fluxos fluvial e pluvial. A flecha de areia evidenciou que ocorreram fases de interrupção parcial ou mesmo bloqueio dos fluxos da maré. Dessa forma, é provável que esse sistema ambiental tenha registrado eventos lagunares ou até mesmo lacustres, dependendo do período de fechamento do canal e aporte de água doce. Essa dinâmica possivelmente foi também responsável pelo assoreamento do canal principal e, com a entrada das marés, originou planície hipersalina (ver as Figuras 4.1 e 4.2).

A presença de flechas de areia (*spits*) enraizadas na margem direita dos estuários possivelmente atuou como indutora das fases de ambiente lagunar e para a ampliação dos setores, ocorrendo expansão do bosque de manguezal e de apicum.

O apicum foi evidenciado ao longo dos complexos estuarinos. Suas funções, através das relações entre as variações das marés e os fluxos de água doce provenientes das lagoas, do lençol freático e durante os eventos de máxima vazão fluvial, foram relacionadas com a regulação, o processamento e a distribuição de nutrientes. Quando inundados durante eventos de marés de sizígia, depositam-se sedimentos e são incorporados nutrientes para o sistema estuarino. Como o apicum caracteriza-se por não possuir uma cobertura vegetal expressiva em seu interior, as bordas são associadas ao início da sucessão do bosque com a vegetação arbustiva. Comporta-se como área de baixa turbidez, proporcionando uma camada de água fótica essencial para uma expressiva faixa de organismos. Em decorrência da insolação e de elevados valores de temperatura do substrato, os sedimentos arenoargilosos, ricos em restos vegetais de mangue, apresentam comumente altos índices de salinidade intersticial, minimizados durante os períodos de maior precipitação pluviométrica, aporte de água doce do lençol freático e durante os eventos de inundação fluvial. A fauna encontra no apicum refúgio, alimentação e local de reprodução. As comunidades tradicionais utilizam-no para a mariscagem, a pesca e como vias de acesso para os demais setores do manguezal. Ao ser revegetado pelo manguezal, assume outras funções e serviços ambientais, associados à expansão do bosque de manguezal (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989; MEIRELLES; VICENTE DA SILVA, 2002).

O conjunto de fluxos de matéria e energia definido para os complexos estuarinos foi associado aos eventos de mudanças do nível relativo do mar e flutuações climáticas durante o Quaternário (MEIRELES *et al.*, 2007). Localmente, foi confirmado pela presença de terraços marinhos holocênicos. Tratam-se de praias antigas distribuídas no contato com o tabuleiro e dispostas nas bordas da Ilha Grande. São sedimentos praias arenosos

que também ocorrem recobrendo depósitos de mangue antigos e sobre plataforma de abrasão marinha.

Ao analisar o deslizamento de depósitos de mangue na direção do fundo dos canais (Figura 4.4), levantou-se a possibilidade desse processo alterar a hidrodinâmica estuarina através de mudanças na batimetria das gamboas e incrementar a disponibilidade de material em suspensão. Quando analisado através da integração com os demais fluxos, principalmente os relacionados com aporte de areia proveniente das dunas (fluxo eólico) e sedimentos fluviais, foram acrescentados novos elementos dinâmicos para a definição dos setores de apicum e distribuição do bosque de manguezal. Essas possibilidades de aporte de sedimentos, de modo a influenciar a hidrodinâmica estuarina, certamente provocaram a fragmentação dos canais, redirecionando o fluxo das marés ou mesmo bloqueando as trocas laterais com o apicum e o manguezal. Dessa forma, poderia ter provocado a origem de planícies hipersalinas, ocasionando a morte do manguezal e, assim, a formação dos setores de apicum.



Figura 4.4 – Processos gravitacionais distribuídos nas gamboas do complexo estuarino Timonha/Ubatuba.

A diversidade de componentes geoambientais e ecossistemas relacionada com os complexos estuarinos evidenciou a necessidade de uma abordagem integrada para a definição das funções e dos serviços ambientais inerentes ao ecossistema manguezal. Os fluxos de matéria e energia definidos através dos componentes morfológicos – praias, lagoas e laguna, geração de dunas, terraços marinhos, tabuleiro litorâneo –, vinculados com a ecodinâmica do manguezal, definem a necessidade de uma abordagem multidisciplinar.

## **Funções Socioambientais dos Complexos Estuarinos**

Segundo Barbier *et al.* (1997), as áreas úmidas, incluindo os manguezais, figuram entre os ecossistemas mais produtivos da Terra. As características desses sistemas são agrupadas em componentes, funções e propriedades. Os componentes do sistema são suas estruturas bióticas e abióticas e englobam o solo, a água, a fauna e flora. As interações desses componentes se expressam em funções, com a inclusão do ciclo de nutrientes e o intercâmbio de águas superficiais e subterrâneas e entre o continente, hidrosfera, biosfera e atmosfera. Como propriedade, os sistemas resguardam a diversidade de espécies.

As complexas interações – morfológicas, topográficas, ecológicas, pedológicas e hidrológicas – entre os componentes geoambientais e ecodinâmicos dos complexos estuarinos Timonha/Ubatuba e Cardoso/Camurupim e as integrações com os demais componentes da planície costeira associada – dunas, tabuleiro pré-litorâneo, terraços marinhos, flechas e bancos de areia e praia –, efetivadas através dos fluxos de matéria e energia definidos, caracterizaram-nos como sistema ambiental dos mais produtivos desse setor da planície costeira. Localmente, os

componentes resultantes dessas interações e interconexões promovem a geração de serviços ecológicos, com a produção e distribuição de nutrientes para suporte de uma diversificada fauna e flora. A diversidade de espécies resultante, em parte explorada pelas comunidades tradicionais, é a base para sua subsistência, através da pesca artesanal. Suas propriedades atuam de modo a beneficiar diretamente as comunidades de pescadores. Por outro lado, seus componentes, suas funções e suas propriedades, em conjunto com as formas de uso e ocupação definidas, dependem de ações de manejo e gestão, de modo a proporcionarem a permanência e qualidade da diversificada fauna (incluindo as aves migratórias e o peixe-boi marinho).

A definição dos serviços ambientais, tomando como base a caracterização dos processos dinâmicos que envolveram a origem e evolução dos elementos geoambientais e ecológicos dos complexos estuarinos, evidenciou a necessidade de medidas adequadas de gestão. Além de esses complexos atuarem como suporte para a qualidade de vida comunitária, representam um marco entre as áreas úmidas das regiões Norte e Nordeste do Brasil. O complexo estuarino Timonha/Ubatuba caracteriza o limite de manguezais mais exuberantes (porte do bosque de mangue), ao Norte, com áreas de menor ocorrência inseridas nos estuários do Nordeste brasileiro, principalmente nos demais estuários dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba. Esse limite também está associado a estuários mais preservados (bacias do Parnaíba, Nordeste Ocidental, Amazonas e Costeiras do Norte), incluindo o complexo Timonha/Ubatuba, com áreas mais degradadas (carcinicultura, portos e expansão das cidades) que ocorrem nos demais estuários das bacias hidrográficas do Nordeste Oriental e parte da bacia Costeira do Sul.

O ecossistema manguezal, ao ser transformado pelos impactos ambientais (mudanças no uso do solo, consumo e esgotamento dos recursos naturais, produção e lançamento de efluentes domiciliares e industriais, desmatamento, entre outros), afetando a sustentabilidade e minimizando os serviços ambientais, compromete a riqueza natural do país e reduz o bem-estar social (RIVERA; CORTÉS, 2007). Por tratar-se de um marco na qualidade ambiental e, conseqüentemente, na produtividade primária e biodiversidade, principalmente no que se refere à insipiente degradação de seus componentes ambientais, conservar suas funções e seus serviços representa uma fundamental estratégia a ser aplicada nos complexos estuarinos.

Uma tentativa de valoração global dos ecossistemas foi realizada por Constanza *et al.* (1997). Para este estudo, os serviços ecossistêmicos foram definidos como fluxos ou materiais, energia, existência de informações e de capital natural que, combinados com as ações humanas (uso e ocupação), produzem bem-estar para a sociedade.

O Relatório do Milênio (ou Avaliação Ecosistêmica do Milênio, ONU, 2005) (Figura 4.5), um inventário global solicitado pela Organização das Nações Unidas e realizado por 1.360 cientistas de 95 países, apresentou dados para a manutenção das relações das comunidades tradicionais com os ecossistemas. O documento enfatiza que os ecossistemas devem ser encarados como

provedores de serviços básicos à nossa sobrevivência, como a geração de alimentos, água potável, madeira, fibra, recursos bioquímicos e genéticos, manutenção da biodiversidade, bem como a formação de solos, controle de enchentes e erosão, regulação do clima, reciclagem de nutrientes, dentre outros.

A perda desses serviços providos pelos ecossistemas (normalmente associados à substituição por monoculturas, como, por exemplo, a do camarão nos manguezais) constitui uma grande barreira para se alcançar as metas de desenvolvimento do milênio de “reduzir a pobreza, a fome e as doenças”.

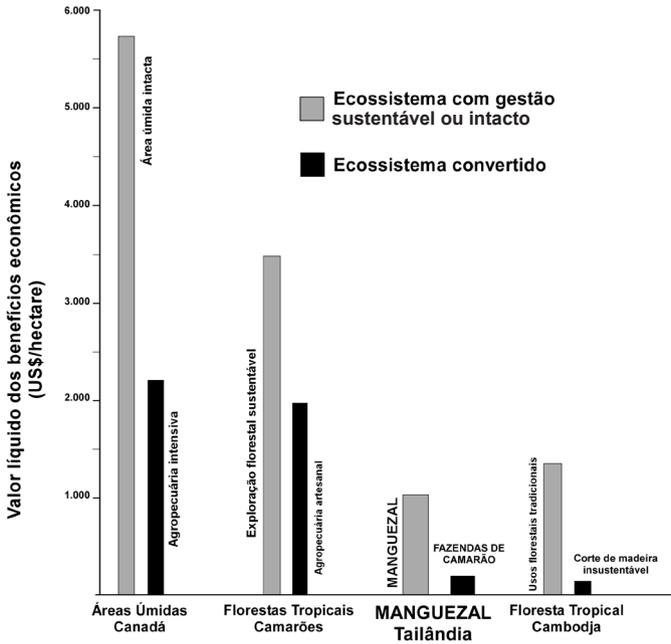


Figura 4.5 – Estimativas dos serviços ambientais de alguns ecossistemas. Valores subestimados diante da impossibilidade de valoração dos vínculos comunitários, funções simbólicas e demais funções associadas à soberania alimentar das comunidades tradicionais e étnicas.

## Discussões e Considerações Finais

Os manguezais são de fundamental importância para a qualidade dos ecossistemas costeiros e estão relacionados com a soberania alimentar das comunidades litorâneas (ver capítulo 8, Quadro 1). Atuam como suporte para a produtividade

biológica dos sistemas marinhos e costeiros. Suas propriedades ecossistêmicas, hidrológicas, geológicas e geomorfológicas estão conectadas com os eventos eustáticos e refletem as mudanças climáticas atuais. Mesmo assim, mais de 50% dos bosques de manguezal foram destruídos; 35% somente nas duas últimas décadas (FELLER *et al.*, 2010; ALONGI, 2002). Além disso, está prevista a degradação dos *habitats* dos manguezais com perda de funcionalidade ecológica. O cenário de alterações dos ecossistemas associados às áreas úmidas costeiras (manguezais, lagoas e lagoas costeiras, incluindo os bancos de algas), com a subida do nível do mar projetada para 2080, é de perda de aproximadamente 20%, dependendo da erosão causada pelos mares e dos processos de assoreamento que ocorrem no continente (GITAY *et al.*, 2002). Os problemas associados com a monocultura do camarão foram evidenciados como os que já produzem danos ambientais e sociais sem precedentes (ver capítulo 4).

Resultados de estudos de valoração de áreas úmidas, incluindo o ecossistema manguezal que se aproximou de valores econômicos (hectare/ano), foram direcionados para relações industriais e valoração da planície costeira em processo erosivo. Foram priorizadas a produtividade pesqueira (MÄLER *et al.*, 2008; ABURTO-OROPEZA *et al.*, 2008) e a defesa da costa contra os eventos de furacões (BARBIER *et al.*, 2008). Os valores alcançados – no caso do golfo da Califórnia, com taxa anual de produtividade variando entre 25 e 50 mil dólares, com média de 37 mil dólares por hectare/ano – não foram relacionados com os demais serviços do manguezal. É evidente que as mudanças climáticas irão proporcionar alterações na estrutura dos ecossistemas costeiros. Entretanto, a apropriação dos manguezais (e lagoas costeiras como veremos no capítulo 6) e sua substituição pela monocultura de camarão elevaram os danos à biodiversi-

dade e interferiram nas soberanias alimentar e territorial das comunidades tradicionais e étnicas.

É imprescindível considerar, na aplicação das diversas metodologias da valoração econômica dos manguezais, que as formas de uso e ocupação tradicionais do ecossistema não estão associadas com as relações de mercado definidas na produção industrial de camarão em cativeiro. As metodologias para a conservação, proteção e preservação da dinâmica e biodiversidade dos elementos naturais (apicum, bosque de manguezal, canais de maré, bancos de algas, entre outros) são prioritariamente realizadas de modo a proporcionar a continuidade dos fluxos de matéria e energia e a diversidade de relações intrínsecas ao ecossistema que proporcionam a soberania alimentar dos povos e comunidades tradicionais e étnicas.

A definição qualitativa dos fluxos de matéria e energia foi utilizada para a caracterização local das funções socioambientais de ecossistemas que definem territórios que sustentam a vida comunitária. Tratam-se de relações ancestrais construídas pela utilização sustentável do manguezal por comunidades indígenas, pescadores, ribeirinhos, quilombolas, marisqueiras, entre outras populações extrativistas. Dessa forma, a valoração econômica torna-se extremamente complexa, e constatou-se que, do ponto de vista da continuidade das atividades tradicionais e conservação da biodiversidade, é inadequada quando destinada a definir mercados a serem apropriados pelas estruturas de mercantilização e consumo globalizadas.

A valoração econômica do manguezal, objetivando a financeirização dos ecossistemas (carcinicultura, portos, complexos industriais), para a obtenção de dados quantitativos que apontam matrizes voltadas para o mercado (aquicultura, matriz energética e escoamento da produção), como instrumento para o planejamento de atividades produtivas, deverá levar em conta abordagens integradas e evidenciar funções localizadas em cada

ecossistema que garantem soberania territorial e alimentar para as comunidades tradicionais. Dados que também deverão ser vinculados a estudos cumulativos de impactos ambientais, relacionando às diversas funções associadas entre si e aos demais componentes geoambientais, ecodinâmicos e culturais (identificação e delimitação dos territórios dos povos do mar e indígenas, por exemplo). Os procedimentos metodológicos são definidos através da Avaliação de Equidade Ambiental (FASE, 2011), fundante para definir territórios livres de degradação e que sustentem a sociobiodiversidade dos manguezais.

Fica assim evidente que o valor econômico dos benefícios de alguns ecossistemas – especialmente as áreas úmidas e manguezais – é tão elevado que possuem um valor muito maior para a sociedade se mantidos intactos ou manejados pelas relações de subsistências ancestrais, tradicionais e étnicas. No caso específico do manguezal, os estudos demonstram que esse ecossistema intacto produz pelo menos cerca de cinco vezes mais benefícios econômicos para a humanidade do que se convertido em fazendas de camarão.

Nesse sentido, os órgãos de planejamento, fomento e instituições financeiras devem levar em conta o cômputo geral dos benefícios econômicos dos ecossistemas ao planejarem suas alocações de recursos e investimentos, para que os serviços ambientais que geram o bem-estar das populações humanas não sejam, de forma alguma, degradados ou perdidos irremediavelmente por atividades insustentáveis e que geram maior concentração de riquezas, em especial em ambientes como os manguezais, que se destacam pela grande quantidade de serviços e funções ambientais.

# 5

---

## FALÉSIAS

As falésias foram definidas pelas intervenções originadas das relações existentes entre os núcleos urbanos e as unidades morfológicas delimitadas como tabuleiros pré-litorâneos, em regiões onde chegam até a zona de praia, na forma de falésias vivas (formação de face abrupta, originada pela ação erosiva das ondas sobre as rochas e os sedimentos). Os processos morfogenéticos foram avaliados e relacionados com interferências antrópicas, de modo a definirem impactos ambientais, vulnerabilidade das encostas e áreas de risco.

A capacidade de suporte dessa unidade morfológica, em relação às atividades de uso e ocupação e suas propriedades morfodinâmicas e geotécnicas, caracterizou um meio instável a fortemente instável, principalmente pelas relações entre o fluxo de energia (escoamento pluvial e ação das ondas) e a transferência de grandes volumes de materiais (sistema erosivo complexo), diante de projetos associados a loteamentos, equipamentos turísticos, abertura de vias de acesso e exploração mineral. Essas intervenções provocaram a descaracterização estrutural e paisagística das falésias, em várias localidades distribuídas ao longo do litoral cearense.

As falésias podem ser encontradas em toda a extensão da planície costeira dos estados nordestinos. Apresentam-se com altitudes que podem variar de poucos metros a mais de 70 m. São constituídas tanto por rochas sedimentares de variada composição mineralógica e compactação como por materiais incon-

solidados. As falésias vivas foram delimitadas de acordo com os afloramentos desses materiais e quando representados na forma de escarpas em contato com a linha de praia. Em vários locais, entre as falésias e a linha de praia, foi observada a presença de uma larga zona de berma. Com isso, as falésias permanecem temporariamente afastadas da ação das ondas, mas podem ser atingidas em marés de tempestade ou quando a faixa de areia for retirada por um evento erosivo.

A ocorrência dessa morfologia pode estar relacionada com fatores tectônicos. De acordo com Assumpção (1989), podem ser relacionadas a afloramentos da Formação Barreiras na costa nordestina, com áreas representantes de baixos estruturais. Em locais onde não afloram, o autor refere-se a um sistema de falhamentos que originou altos estruturais. Esses setores foram mais atingidos pelos processos denudacionais, sendo praticamente erodidos ou rebaixados até atingirem o plano de base regional. Dessa forma, as falésias atuais podem ser tratadas como morfologias em pleno processo denudacional, pois se encontram topograficamente elevadas em relação ao nível de base regional (a linha de costa).

Em um contexto de integração com os demais componentes da planície costeira, podem estar relacionadas com dunas móveis e fixas, aporte de sedimentos para a deriva litorânea e evidências paleoclimáticas quando associadas a processos erosivos e dinâmica eólica.

## **Dinâmica Erosiva**

O movimento de materiais (deslizamentos, desmoronamentos, desprendimentos de blocos e escorregamentos) (Figura 5.1), verificado nas encostas, também está relacionado com a quantidade

de areia disposta na faixa de praia, principalmente entre a zona de baixa mar e o sopé das falésias. A compreensão da dinâmica que origina o transporte e a disponibilidade desses sedimentos facilitou a interpretação da evolução morfogenética e fundamentou o planejamento costeiro proposto para essa faixa do litoral.

A ação dos ventos, em grande parte do ano provenientes de E e NE, produz ondas com um ataque oblíquo à praia, o que originou um transporte longitudinal de areia, principalmente na zona de *surfe* com sentido regional de leste para oeste. É através dessa dinâmica que as praias apresentam um perfil regido essencialmente pela disponibilidade de areia a montante da corrente e clima de ondas (altura, período e frequência das ondas) devido aos demais componentes morfológicos e climáticos.



Figura 5.1 – O movimento de materiais (deslizamentos, desmoronamentos, desprendimentos de blocos e escorregamentos) e a direção predominante das ondas promovem a erosão do sopé da falésia e a indução dos movimentos de massa.

Qualquer alteração nas dunas bordejantes que resulte na diminuição de areia na zona de estirâncio ou mesmo modificações sazonais no perfil de praia poderá, mais adiante, originar fenômenos erosivos. Dessa forma, a disponibilidade de areia na faixa de praia interfere na evolução morfológica das falésias (ver Figura 5.2).

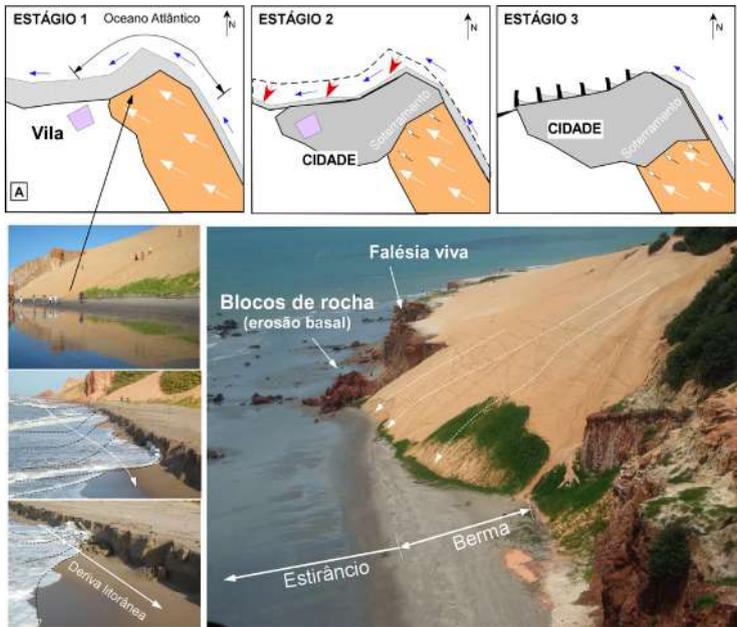


Figura 5.2 – Dinâmica morfológica da planície costeira associada às falésias e dunas móveis (preferencialmente em promontórios).

Na faixa de maré média, as ondas que atingem a plataforma de abrasão, dissipando grande parte de sua energia, podem alcançar a linha de preamar, remobilizando os sedimentos inconsolidados ali localizados (cobrindo a plataforma de abrasão), e atingir a base do maciço sedimentar. Essa dinâmica provoca a erosão das escarpas com os ressaltos (*notchs*) no sopé da falé-

sia, induzindo solapamentos, quedas de blocos e deslizamentos. Com a continuidade da erosão da base da falésia, pelo déficit de areia na zona de estirâncio, o recuo diferenciado da encosta eleva os riscos de catástrofes nas áreas urbanizadas. A interação dos agentes dinâmicos existentes entre o ataque das ondas, oscilações de marés e volume de areia acumulado na zona de estirâncio acarreta a ação erosiva mais intensa em uma relação inversa com a disponibilidade de areia. Portanto, quanto menor a quantidade de sedimentos na zona de estirâncio, mais rapidamente é iniciado o solapamento basal da falésia (Figura 5.3 e ver Figura 5.1).

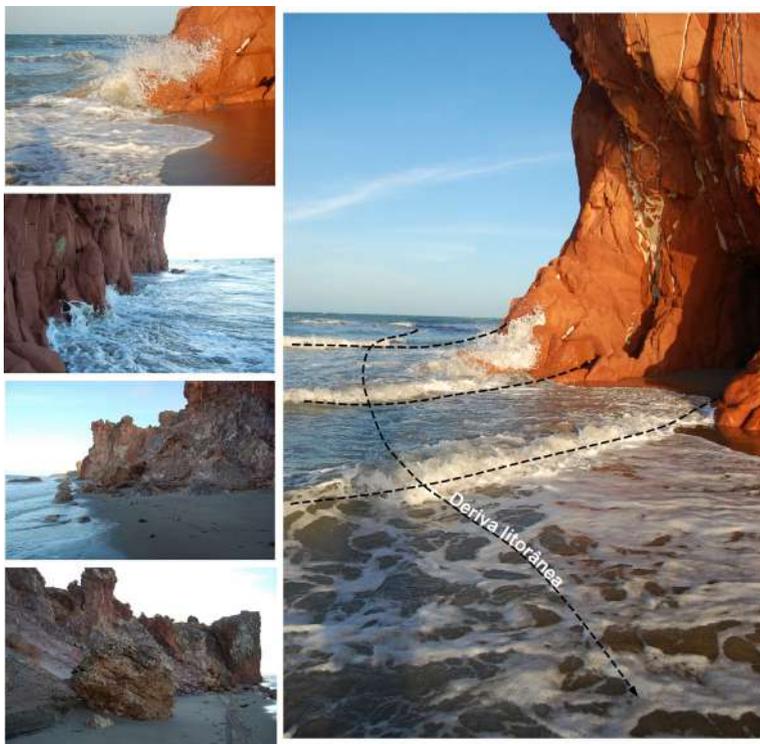


Figura 5.3 – Ação das ondas promovendo a erosão do sopé das falésias, com posterior movimentação de massa (deslizamentos e queda de blocos).

A constituição das areias que transitam ao longo da faixa de praia em contato com as falésias é basicamente definida por grãos de quartzo, fragmentos de rocha, conchas e minerais pesados. Representam localmente um material mal selecionado, com granulação variando desde areia fina à areia muito grossa e grânulos (quando associados aos efeitos erosivos das ondas no sopé da falésia). Ocorrem em camadas estreitas, pois em maré baixa é normalmente evidenciada a presença da plataforma de abrasão, construída através da erosão das ondas em rochas (normalmente as associadas à Formação Barreiras e, pontualmente, as rochas do embasamento cristalino quando representantes de altos estruturais).

A plataforma de abrasão apresenta indicações de variações relativas do nível do mar, pois a erosão atual das ondas e marés não possibilitaria a formação dessa estrutura. Em alguns locais, alcançam mais de 500 m de largura (praias de Redonda e Ponta Grossa em Icapuí, praia das Fontes e Morro Branco em Beberibe, praia da Baleia em Itaipoca, entre outras) (Figura 5.4). É necessária a realização de estudos mais detalhados, principalmente em áreas onde a plataforma de abrasão está coberta por uma fina camada de rocha carbonática, proveniente de antigos corais, originados em condições ambientais representadas comumente por um sistema com menor agitação das águas e condições biológicas e físico-químicas bem diferentes das que atualmente estão sendo submetidas (zonas de *surf* e estirâncio).

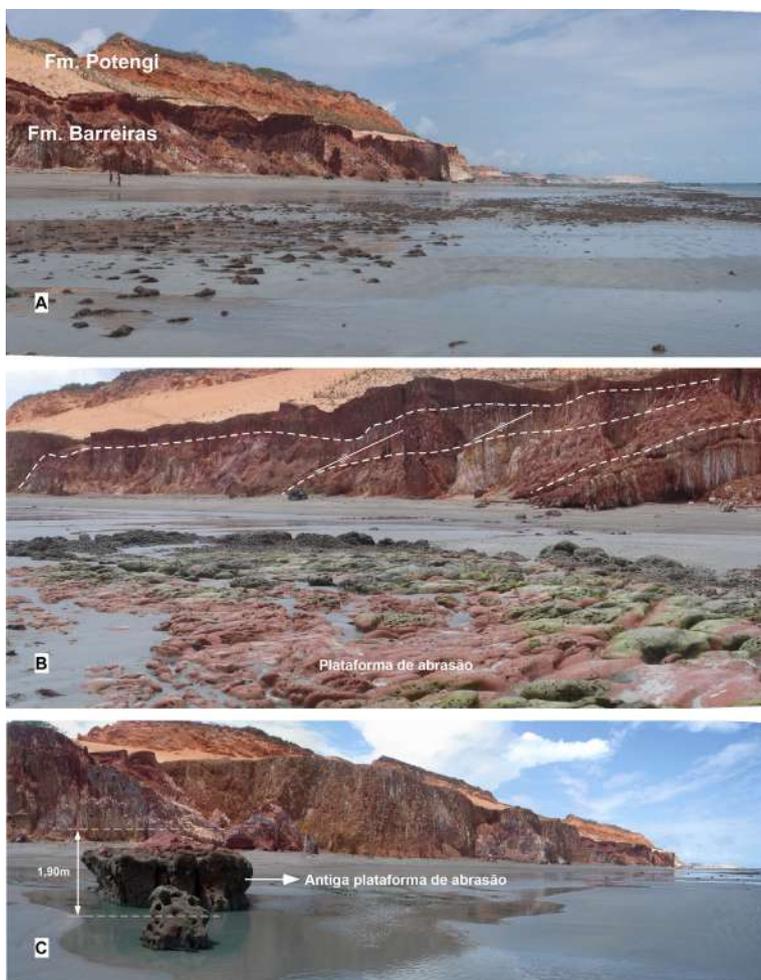


Figura 5.4 – Falésias vivas da planície costeira de Icapuí/CE. Evidências de praias arenosas recobrimdo plataformas de abrasão (A e B) e afloramentos rochosos originando tómbolos (C), possivelmente associados a paleoníveis do mar durante o Holoceno.

As energias modeladoras das correntes pluviais e das ondas associadas com características sedimentológicas e estruturais dos sedimentos da Formação Barreiras e as inter-

ferências humanas originaram falésias com níveis (terraços) vinculados aos processos erosivos diferenciais. O primeiro é formado pelos terrenos mais elevados da falésia (a zona de cimeira do tabuleiro). O segundo nível, mais inferior, está disposto sobre sedimentos argiloarenosos ( fácies basal do pacote), no contato entre sedimentos arenoargilosos e conglomeráticos ( fácies superior). Essa diferença sedimentológica fundamentou os processos de recuo diferenciado das encostas em dois degraus ou plataformas (Figura 5.5). Um terceiro nível (plataforma de abrasão atual) foi originado pela ação das ondas e marés.

A fácies arenosa é mais susceptível à erosão pluvial e por isso recua de forma diferenciada, exumando os sedimentos argiloarenosos, os quais são relativamente resistentes à ação do escoamento superficial. A fácies predominantemente argilosa é submetida ao ataque das ondas. No contato entre essas duas fácies, ocorrem as ressurgências do aquífero, dando origem às fontes naturais. Essas fontes também contribuem para a formação do segundo nível das falésias, provocando a retroerosão do pacote superior. Os processos pluviais combinados com as intervenções humanas proporcionaram o festonamento e sistema de voçorocamento característico do primeiro nível. A escarpa do segundo nível é atingida diretamente pelas ondas.

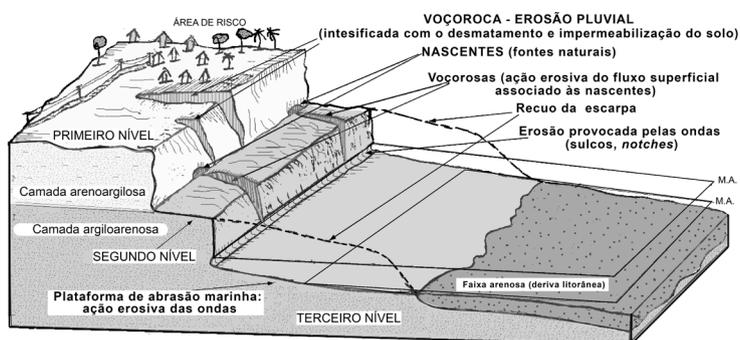


Figura 5.5 – Evidencia os principais aspectos morfológicos das falésias dispostas ao longo da costa leste. Mostra também a dinâmica erosiva que envolve a ação das ondas e das chuvas. Os equipamentos urbanos dispostos nas proximidades dessas áreas poderão ser submetidos a riscos, devido à progressão acelerada das voçorocas continente adentro e desmoronamento das encostas. A plataforma de abrasão está associada a uma cobertura sedimentar que varia em área e volume, de acordo com a disponibilidade de sedimentos em deriva litorânea. Nas falésias existentes nas praias de Quixaba, das Fontes e Morro Branco, o plano formado pelo segundo nível está sendo gradativamente utilizado para a construção de residências de veraneio e vias de acesso. Essas atividades promovem a derrubada das vertentes, a impermeabilização de zonas de recarga, a supressão de fontes naturais e a contaminação do aquífero, além de serem submetidas a riscos erosivos (ação das ondas e as voçorocas) e de deslizamentos de encostas.

A presença de paleoplateforma de abrasão (produzida pela erosão das ondas e associada às flutuações do nível do mar), associada às falésias de Morro Branco e praia das Fontes, está relacionada com a erosão marinha durante um nível do mar mais elevado do que o atual (podendo estar associado ao último máximo transgressivo de 5.100 anos A.P.).

Em áreas onde as falésias estão ocupadas por residências, como, por exemplo, nas praias de Quixaba (Aracati) e Morro Branco (Beberibe), o perfil transversal, entre o tabuleiro e a zona de estirâncio, é basicamente caracterizado pela faixa de praia (área limitada pela zona intermaré) e as encostas verticalizadas das falésias. As principais características dos três níveis, quando em áreas urbanas, são: nível 1 – tabuleiro pré-litorâneo localmente representado pelas falésias em pleno processo de retroerosão, com festonamento característico em escarpas arenargilosas e início das voçorocas; nível 2 – constituído por um

terraço de aproximadamente 15 m de largura, é comumente ocupado pelas casas de veraneio; nível 3 – plataforma de abrasão (*shore platform*). A diferença altimétrica entre os níveis 1 e 2 variou entre 12 e 15 m de altura, e, entre os níveis 2 e 3, foi observado um desnível médio de 3 m. A altitude entre o segundo nível e a plataforma de abrasão (nível 3) oscilou de acordo com a espessura exumada da camada de material argiloarenoso e localmente varia entre 0,5 e 4 m de altura. Movimentos de materiais após um período regressivo possibilitaram o soterramento de paleoplataformas de abrasão, originadas durante o retrabalhamento das ondas e marés durante um nível do mar mais elevado do que o atual. Essas antigas plataformas de abrasão, suspensas em relação ao nível de base atual, evidenciam um indicador para o posicionamento do mar durante as últimas manifestações transgressivas e regressivas.

As falésias com altitudes mais elevadas podem ser evidenciadas no extremo leste da planície cearense, nas praias de Macau, Barreiras, Redonda e Ponta Grossa, no município de Icapuí. Nessa região alcançaram alturas de até 70 m. Representam estruturas de risco e vulnerabilidade elevada para a construção civil, pois os processos morfogenéticos estão associados a eventos estruturais (zonas bastante fraturadas) e erosivos que provocam o desmoronamento das escarpas e desprendimento de grandes blocos de rocha, podendo ser observados de forma dispersa na faixa de praia. Muitos desses blocos, que ficaram preservados da erosão das ondas e que estão afastados da escarpa, deram origem aos tómbolos.

Com a integração dos processos dinâmicos descritos e as modificações no volume de areia sobre a plataforma de abrasão e faixa intermaré, foi possível determinar os seguintes indicadores de incremento dos processos erosivos nas encostas das falésias:

1. No segundo nível de erosão diferencial, em contato com a faixa de praia, ocorrem os impactos ambientais associados ao desmonte de falésias, para a implantação de residências, vias de acesso e equipamentos de infraestrutura;
2. A construção de muros de arrimo, em áreas submetidas a processos erosivos diferenciados, possibilitou a proteção das áreas residenciais. Mas a falta de manutenção dessas estruturas de engenharia, os projetos que não levaram em conta a energia dissipada pelas ondas e a hidrodinâmica envolvida na zona de estirâncio originaram recalques e rachaduras que provocaram a destruição dos muros e a retomada da erosão, reiniciando com os desmoronamentos das vertentes íngremes das falésias;
3. O ataque das ondas proporciona a retirada das areias existentes na linha de preamar, o que provoca o afloramento da plataforma de abrasão;
4. A remoção das areias pela ação das ondas em praias com falésias e a diminuição do volume de sedimento inconsolidado elevaram o poder erosivo das ondas nessas áreas e incremento de risco de desmoronamentos;
5. Através do ataque direto das ondas, são impulsionados o recuo da encosta a partir da remoção dos sedimentos do sopé da falésia, a erosão e a posterior queda de blocos de rocha e desmoronamentos (movimento generalizado de blocos e sedimentos). Essa dinâmica é evidenciada pelo solapamento basal, gerando riscos em áreas urbanizadas.

Com relação ao estudo das falésias como indicadoras de mudanças relativas do nível do mar, essas estruturas podem ser utilizadas como marcadoras de flutuações, principalmente em escarpas mais resistentes ao ataque das ondas. Durante as fases do nível do mar, a ação das ondas provoca a erosão da escarpa. Quando ocorre uma regressão, esse nível de erosão é abandonado e inicia-se outro nível de erosão, inferior ao construído quando o mar encontrava-se mais elevado (paleonível). Nas falésias existentes nas praias de Barreiras, Redonda e ao longo da planície de Aracati, foram evidenciadas plataformas de abrasão e escalonamento de níveis erosivos (*high tide platforms*), originados durante processos transgressivos. Encontram-se elevados do nível atual em aproximadamente 4 m. Na praia de Jericoacoara, extremo oeste da planície costeira cearense, foram registrados escalonamentos de até três níveis erosivos, em escarpas formadas por rochas quartzíticas. O primeiro nível (*notch*) encontra-se a aproximadamente 3,80 m acima da maré média atual, o segundo, cerca de 2 m e um terceiro, a 40 cm. Esse último pode estar associado ao nível de maré atual. Pirazoli (1986, 1998) apresenta uma série de padrões erosivos em falésias, registrados em níveis escalonados, formados de acordo com as oscilações do nível do mar em eventos transgressivos e regressivos.

As falésias apresentaram estruturas morfológicas relacionadas com flutuações relativas do nível do mar, principalmente as constituídas por rochas mais resistentes ao ataque das ondas (Figura 5.6). Em regiões onde os materiais são menos resistentes, foram originadas as falésias mortas (paleofalésias no interior do continente, normalmente associadas aos terraços marinhos ou cobertas pelas dunas). As Figuras 5.7 e 5.8 mostram a evolução das falésias quando submetidas às oscilações do nível do mar. Foram associadas, desde o Pleistoceno, aos terraços marinhos

e campos de dunas sobre o setor de tabuleiro, logo após a linha de falésia. A presença da plataforma de abrasão (*shore platform*) sob terraços holocênicos e sedimentos remobilizados do primeiro nível das falésias evidencia a ação dos processos transgressivos com posterior regressão ou associações com os efeitos neotectônicos, durante a evolução quaternária dessas estruturas.

As falésias foram cobertas pelas dunas durante eventos com elevada disponibilidade de sedimentos para o transporte eólico. É possível também evidenciar dunas fixas interceptadas pelas escarpas das falésias devido à erosão de parte do campo de dunas que antes cobria a falésia e adentrava sobre o tabuleiro (Figura 5.9).

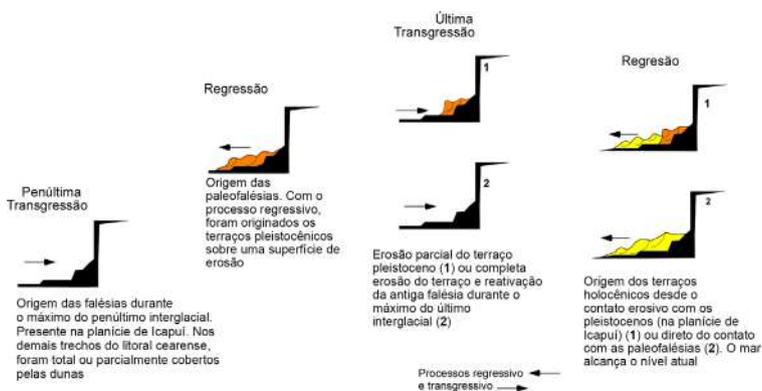


Figura 5.6 – Evolução das falésias submetidas aos eventos eustáticos que provocaram variações do nível relativo do mar.

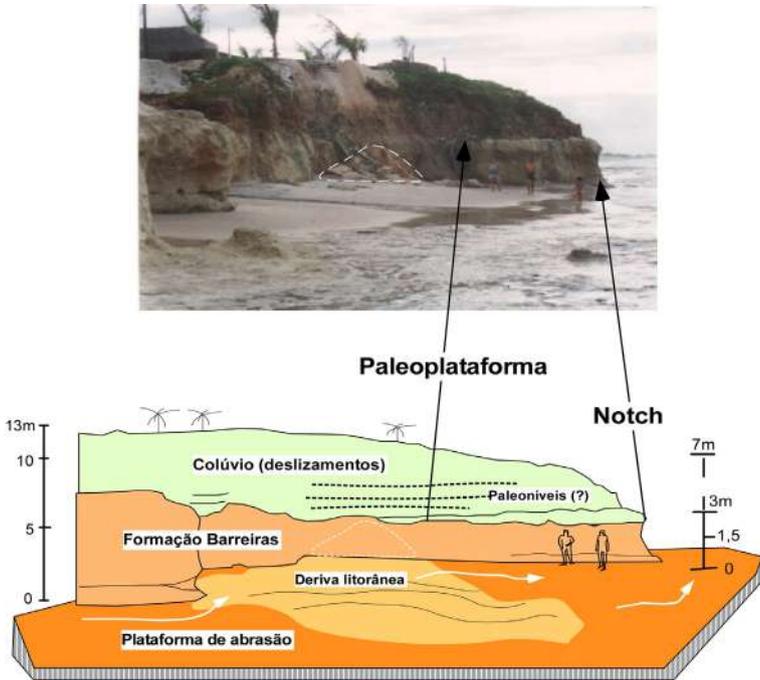


Figura 5.7 – Falésias submetidas ao ataque das ondas durante oscilações do nível do mar. As marcas escalonadas (*notches*) do efeito erosivo das ondas estão relacionadas às fases de reativação de mudanças do nível do mar. Planície costeira de Morro Branco, litoral leste.



Figura 5.8 – Dunas sobre o tabuleiro pré-litorâneo e entre a faixa de praia e a escarpada falésia viva. Possivelmente um campo de dunas que cavalgava a escarpa foi parcialmente erosionado, restando parte da duna sobre o tabuleiro. Verifica-se que não existem acumulações eólicas entre a escarpa da falésia e a praia.

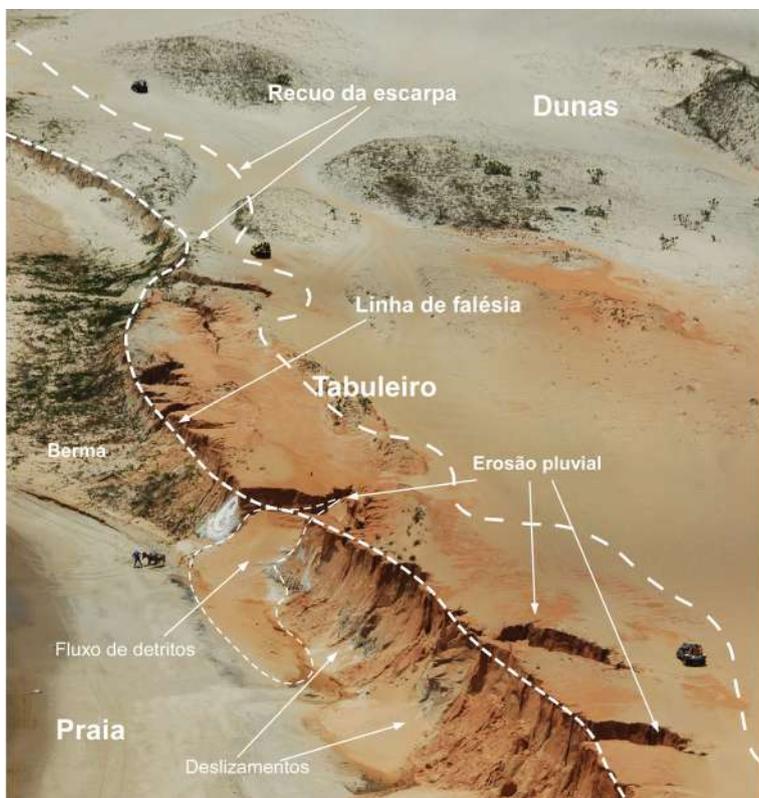


Figura 5.9 – Dunas sobre o tabuleiro pré-litorâneo na praia de Canoa Quebrada (Aracati/CE). Evidencia projeção da dinâmica caracterizada pelo recuo das vertentes (dados quantitativos deverão ser relacionados com o monitoramento dos fluxos pluvial, das ondas e das marés com as características sedimentológicas e estruturais da falésia).

## Impactos Ambientais e Degradação das Encostas

A atividade humana ultrapassou o potencial de suporte dessa unidade ambiental. Foram desencadeados processos erosivos localizados e distribuídos de forma sistêmica ao longo de todo o litoral, contribuindo para a degradação ambiental e desestruturação paisagística em várias localidades. Devido ao

não planejamento das intervenções, foram originados impactos negativos de alta magnitude e de caráter irreversível.

Para compreender os processos erosivos instalados na faixa de praia em contato com as falésias, faz-se necessária uma sucinta explanação sobre os fatores naturais e antrópicos que interagem com a paisagem local. Trabalhos de campo envolvendo a elaboração de perfis topográficos transversais à linha de costa e a definição das características geotécnicas auxiliaram na compartimentação morfológica e delimitação da dinâmica de escoamento superficial (ravinas e voçorocas), bem como na avaliação do transporte de sedimentos e processos erosivos.

Os principais impactos ambientais foram associados ao desmonte das encostas relacionado com atividades de terraplenagem, retirando sedimentos das falésias para dar origem a espaços mais adequados à construção civil e mineração. As ações antrópicas foram basicamente caracterizadas por:

1. Terraplenagem e impermeabilização do solo;
2. Barreiros e exploração mineral localizados próximos ao destino do material;
3. Muros de arrimo e enrocamento;
4. Implantação de loteamentos;
5. Abertura de estradas carroçáveis para dar acesso aos empreendimentos localizados na zona de berma, entre a linha de preamar média e as falésias;
6. Desmatamento das encostas e plantio de espécies inadequadas às condições pedológicas, topográficas e morfológicas;
7. Incremento do escoamento superficial, na direção das encostas, acelerando o processo de ravinamento e voçorocamento;

8. Locais de acesso de pedestres por vários pontos das encostas, os quais evoluíram para ravinas e voçorocas.

Para ampliar os espaços existentes entre as vertentes íngremes das falésias e a linha de maré alta, objetivando originar terrenos para a construção civil, principalmente nas praias de Quixaba, Majorlândia, Canoa Quebrada, Águas Belas e Morro Branco, foram registradas atividades relacionadas com o desmonte de encostas e a terraplenagem de grandes áreas de falésias. Foram implantadas para originar um novo plano de base de acordo com níveis topográficos associados com a zona de berma.

Essa intervenção produziu o recuo artificial da falésia. A retirada de areia originou um impacto ambiental irreversível e permanente, no que diz respeito às modificações morfológicas e alterações dos processos dinâmicos (MEIRELES; MORAIS, 1993). Também foram observados desmatamentos das áreas de topo das encostas, induzindo ravinamentos nos taludes. A compactação e impermeabilização do solo incrementaram o escoamento superficial e a turbulência do fluxo pluvial, elevando a mobilização de sedimentos e provocando erosão acelerada. Esses processos foram evidenciados pelo desenvolvimento (em série e paralelos aos fluxos superficial e subterrâneo) sistemático de voçorocas e desmoronamento de barreiras. O festonamento das falésias originado pela erosão pluvial é um evento natural, provocando o recuo paralelo da vertente, mas as ações humanas aceleraram os fenômenos erosivos.

A expansão das cidades litorâneas e vilarejos de pescadores originou a necessidade de material para a construção civil. Como resultado, procedeu-se a uma exploração indiscriminada de areia e argila nos tabuleiros pré-litorâneos. Os mineradores instalaram suas atividades nas proximidades das construções

civis (local de consumo), ocupando áreas nos taludes das falésias e cortes de estradas. As atividades de mineração foram sendo transferidas à medida que surgiam novas áreas de expansão urbana. Verificou-se que essa prática de exploração mineral contribuiu para originar uma série de jazidas abandonadas. Além da desconfiguração paisagística (abandono das frentes de lavra sem o devido tratamento), os impactos ambientais também foram relacionados com o desmoronamento das encostas, o acúmulo de água estagnada, a instalação de processos erosivos associados com ravinamentos no sopé dos taludes, promovendo movimentos de massa nas vertentes e interferindo diretamente na geometria do tabuleiro. Esses eventos proporcionaram rápidas transformações topográficas e morfológicas ao longo das falésias e áreas adjacentes.

A construção de rodovias que dão acesso à faixa de praia, aos loteamentos e às casas de veraneio está contribuindo para a implantação de voçorocas e uma nova rede de drenagem, induzida pela construção das vias de acesso. Nas localidades de Quixaba, Majorlândia e Canoa Quebrada, por exemplo, foram registradas aberturas de vias de acesso desde a crista da falésia até à faixa de praia, com cortes verticais que alcançaram mais de 12 m de altura e declividade do leito atingindo valores em torno de 20°. Durante o período chuvoso, atuaram como verdadeiros canais de drenagem pluvial, com redes secundárias associadas aos cortes. A erosão possibilitou o alargamento do leito estradal através de uma sequência de desmoronamentos e voçorocas nos cortes laterais. A progradação do processo erosivo ocorreu na direção de áreas ocupadas por residências e outros equipamentos de infraestrutura. Verificou-se que não foi levada em conta a dinâmica morfológica que envolve a evolução das falésias.

Nos trechos em que as falésias são ocupadas por residências, foram registrados eventos relacionados com solapamento, escorregamento, desprendimento de blocos de rocha e desmoronamento das encostas. Foram edificados muros de forma indiscriminada para a proteção das residências e dos equipamentos públicos. É possível identificar um processo erosivo contínuo nesses setores de falésias, comparando as áreas com proteção à erosão costeira (erosão diferencial vinculada aos muros e espigões para o controle da erosão provocada no sopé das falésias) com as desprovidas de obras de engenharia.

As vias de acesso, casas de veraneio, pousadas e hotéis nas bordas das falésias modificaram o escoamento superficial e alteraram a permeabilidade do solo. Os impactos foram relacionados com o incremento do desmatamento das bordas do tabuleiro e das encostas, da erosão pluvial (inicialmente linear, evoluindo para sulcos e voçorocas), da contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, da extinção de fontes e nascentes de água doce e da artificialização dos componentes topográficos.

O desmonte das encostas para originar espaços adequados à construção civil e à mineração de areia e argila está diretamente relacionado com a indução de processos erosivos e consequentes movimentações de massa. O recuo das encostas é acelerado quando ocorre desmatamento das áreas de topo, compactação, impermeabilização do solo e consequente aumento do escoamento superficial. Essas intervenções produzem, conjuntamente, fenômenos erosivos contínuos em extensos trechos de falésias. Foram amplamente identificados nos setores mais urbanizados, através das voçorocas, deslizamentos generalizados, queda de barreiras e blocos de rocha e fluxos de detritos.

### Quadro 1 – Os Principais Processos de Instabilidades de Encostas e as Características do Movimento, do Material e da Geometria

Processos	Características do movimento, do material e da geometria
<b>Arraste</b> ( <i>creep</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vários pontos de deslizamentos (internos)</li> <li>- velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade</li> <li>- movimentos constantes, sazonais ou intermitentes</li> <li>- geometria indefinida</li> </ul>
<b>Deslizamentos</b> ( <i>slides</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- poucos planos de deslizamento (externos)</li> <li>- velocidades médias (m/h) a altas (m/s)</li> <li>- pequenos e grandes volumes de materiais</li> <li>- geometria e materiais variáveis                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• planares: solos pouco compactos, solos e rocha com um plano de fragilidade</li> <li>• circulares: solos compactos homogêneos e rochas muito fraturadas</li> <li>• em cunha: solos e rochas com planos de fragilidade</li> </ul> </li> </ul>
<b>Quedas</b> ( <i>falls</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sem planos de deslizamento</li> <li>- movimento tipo caída livre ou em plano inclinado</li> <li>- velocidade muito alta (vários m/s)</li> <li>- material rochoso e em blocos</li> <li>- pequenos a médios volumes</li> <li>- geometria variável</li> <li>- rolamento de blocos e desmoronamentos</li> </ul>
<b>Torrentes</b> ( <i>flows</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- muitas superfícies de deslizamentos</li> <li>- movimentos semelhantes a um líquido viscoso</li> <li>- impermeabilizações de terrenos ao largo da drenagem</li> <li>- velocidade média a alta</li> <li>- mobilização de solo, rocha, detritos e água</li> <li>- grandes volumes de materiais</li> <li>- extenso raio de alcance, inclusive em áreas planas</li> </ul>

Fonte: Unesco/Unicamp/Pnuma (1995).

## Quadro 2 – Fatores Relacionados com a Instabilidade das Encostas e os Fenômenos Naturais e Antrópicos Associados

Fatores	Fenômenos naturais e antrópicos
Remoção de material (lateral ou da base)	– erosão, deslizamentos – cortes
Sobrecarga	– peso da água da chuva – acúmulo natural de materiais – peso da vegetação – contração de estruturas de engenharia
Forças dinâmicas	– explosões, trânsito de veículos automotores, sismos provocados
Características inerentes ao material (textura, estrutura, geometria etc.)	– características geomecânicas e estado de tensão inicial dos materiais
Fatores variáveis (troca nas características dos materiais constituintes)	– intemperismo, redução da coesão, ângulo de atrito – elevação do nível da água
Ataque das ondas	– instabilidade das formas solitantes que mantêm o pacote estável – solapamento basal e queda de blocos
Outras causas	– abertura de vias de acesso – ação das raízes das árvores – alterações no volume de areia em trânsito litorâneo – plataforma de abrasão

Fonte: Unesco/Unicamp/Pnuma (1995).

Para ampliar o espaço existente entre as encostas das falésias e a linha de preamar, principalmente nas praias de Quixaba, Majorlândia, Canoa Quebrada, Águas Belas e Morro Branco, foram registradas atividades relacionadas com terraplenagem e produzidos terraços de acordo com os níveis topográficos associados com a zona de berma. Essa atividade, principalmente para a construção civil, produziu o recuo da falésia e a retirada de grandes volumes de material sedimentar, desencadeando impactos ambientais irreversíveis e permanentes, no que diz respeito às modificações morfológicas e alterações nos processos dinâmicos (MEIRELES; MORAIS, 1993).

A expansão das vilas de pescadores, das cidades litorâneas, dos loteamentos e a abertura de novas vias elevaram a demanda de material para a construção civil. Essas atividades promoveram o incremento da exploração de areia e argila dire-

tamente nas encostas e nas bordas das falésias. As lavras foram implantadas nas proximidades das construções civis, ocupando áreas do tabuleiro pré-litorâneo. À medida que foram surgindo novas áreas de expansão urbana, as jazidas foram abandonadas.

Essas intervenções produziram impactos relacionados com os deslizamentos das encostas e a instalação de processos erosivos associados aos ravinamentos no sopé dos taludes. Proporcionam modificações rápidas no sistema morfológico das falésias e descaracterização da paisagem costeira com impactos ambientais de elevada magnitude.

A construção de vias de acesso nas bordas das falésias desencadeou a aceleração no transporte de sedimentos nas ravinas e voçorocas, devido, principalmente, ao incremento do escoamento superficial induzido pela impermeabilização do solo e concentração do fluxo pluvial em determinados setores das bordas e encostas das falésias. Essas intervenções também provocaram a origem de uma nova rede de drenagem associada às vias de acesso. O escoamento superficial possibilitou o alargamento do leito estradal, quando as vias e os acessos foram construídos desde as encostas, através de uma sequência de desmoronamentos e voçorocas ao longo dos cortes laterais.

As ações de manejo e gerenciamento deverão possibilitar a preservação das bordas, encostas e áreas adjacentes às falésias; a retirada das vias de acesso que provocaram a aceleração da erosão e implantação de projetos de manejo (recomposição topográfica e reflorestamento); a supressão da exploração mineral das encostas; a manutenção da cobertura vegetal; a implantação do sistema de drenagem das águas superficiais provenientes do escoamento de áreas urbanas (áreas de risco podem ser evidenciadas nas falésias de Majorlândia, Canoa Quebrada, praia das Fontes, Morro Branco e Iparana) (Figura 5.10); a não imperme-

abilização do solo de modo a manter as áreas de domínio das fontes naturais; o saneamento básico para evitar a contaminação do manancial de água subterrânea; e o dimensionamento adequado de sumidouros e tratamento de efluentes.

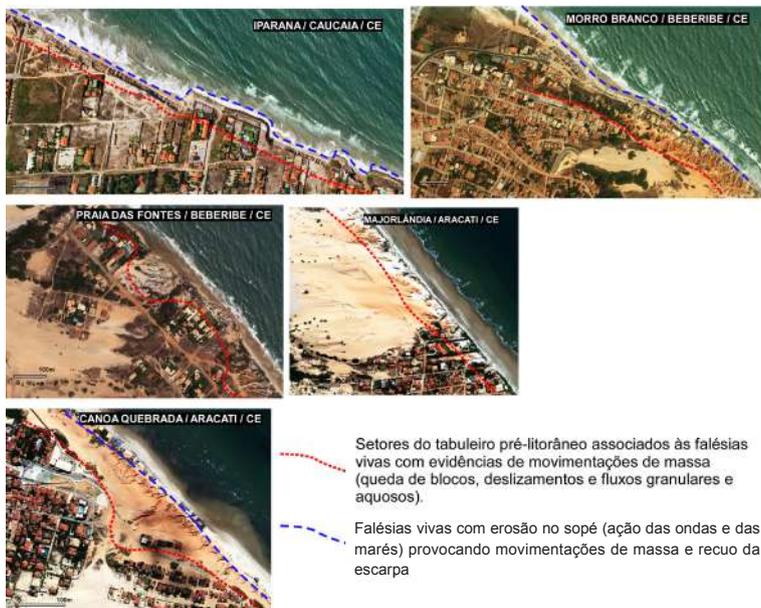


Figura 5.10 – Evolução das falésias associadas aos efeitos erosivos acelerados pela ação humana.  
Fonte: Google Earth.

A delimitação de áreas a serem protegidas de intervenções relacionadas com as atividades descritas acima, bem como a implantação de projetos de controle da erosão, irá possibilitar a acumulação de elementos indicadores de controle erosivo (aporte de sedimentos para a linha de costa, vegetação, escoamento natural, permeabilidade e porosidade).

As falésias definem elementos morfológicos que estruturam a dinâmica da planície costeira de uma elevada quantidade de municípios litorâneos. Em associações com as dunas, a

desembocadura dos estuários e as praias formam a base morfológica do litoral brasileiro. A expansão urbana está contribuindo para a deterioração acelerada das características dinâmicas naturais desses elementos. A realização de um plano diretor deverá levar em conta a manutenção das falésias, definindo uma faixa de proteção que deverá ser dimensionada de acordo com a dinâmica morfogenética local e legislação ambiental.

Considerando que cerca de 45% da população brasileira vive e trabalha na zona costeira e que grande parte dos esgotos é lançada *in natura* diretamente nos corpos de água e o lixo depositado em aterros sem o menor controle sanitário, contaminando o lençol freático, supõe-se que a qualidade da água para contato primário e secundário é o principal fator de risco ambiental para a vida humana, a longo prazo e com dimensões nacionais, na zona costeira brasileira (EGLER, 1996). Regionalmente, as falésias foram submetidas a intervenções que ultrapassaram seu potencial de suporte. Ampliaram as áreas de risco relacionadas com a aceleração da erosão das encostas e vinculadas a deslizamentos, quedas de materiais e fluxos de detritos e lama.

A realização de estudos associados a um banco de dados como monitoramento das encostas, envolvendo equipes interdisciplinares, representa os procedimentos iniciais para fundamentar a gestão costeira. As medidas de proteção das falésias deverão ser implementadas antes de atingir o estágio em que se perceba a necessidade de se delimitar unidades pontuais de preservação, as quais poderiam ser denominadas de áreas com resquícios de falésias vivas do litoral, a exemplo de outras unidades morfodinâmicas e fitogeográficas (biomas) em extinção no território brasileiro.



# 6

---

## LAGOAS

As lagoas costeiras foram relacionadas aos comportamentos morfológicos diante de suas associações com o tabuleiro pré-litorâneo, as planícies fluvio marinhas, as dunas e os terraços marinhos. Serão aquelas que representam relações com os rios que alcançam a linha de costa e associadas com os campos de dunas, com as nascentes de pequenos canais no sopé de falésias vivas e paleofalésias e as dispostas entre as cristas de praia nos terraços marinhos. A confluência dessas morfologias com a diversidade de formas da planície costeira proporcionou os componentes geoambientais, ecológicos e sociais que culminaram com o acúmulo de água superficial. Foram evidenciados os impactos com a ocupação das margens e bacia hidráulica dos sistemas lacustres entre a borda dos tabuleiros pré-litorâneos, as dunas móveis e fixas e a faixa de praia.

Os danos socioambientais analisados foram provocados pela construção de amontoados de lama e areia (“ilhas”) com a dragagem das margens e do fundo da lagoa Seca, no município de Cascavel, litoral leste cearense, um sistema lacustre pertencente à comunidade de pescadores de Balbino descaracterizado para dar lugar ao turismo industrial. Ao final, foi proposta uma série de atividades para a recuperação da qualidade ambiental e melhoria dos processos geoambientais, fundamentados na compreensão da dinâmica morfológica das lagoas costeiras.

As análises morfológicas foram relacionadas com a definição dos eventos erosivos locais, a caracterização dos processos de assoreamento e colmatção e a reativação da dinâmica fluviolacustre e dos induzidos pelos homens.

## Sistemas Lacustres e Associações Morfológicas

As lagoas costeiras de grande parte do litoral nordestino são associadas ao fechamento da desembocadura dos rios pelos campos de dunas e flechas de areia (*spits*). Esses sistemas lacustres foram também relacionados aos eventos de mudanças do nível relativo do mar e climáticas durante a estruturação da atual planície costeira (ver capítulo 1, Figura 1.17). Foram também associadas aos baixos cursos fluviais que promoveram lagoas com fundos arenosos e assoreadas pela ação das dunas móveis; aos meandros abandonados inseridos na planície fluvio-marinha; aos pequenos canais que surgem do sopé das paleofalésias e dunas interiores; à sequência de lagoas disposta em sistemas fluvio-marinhos fragmentados ao serem interceptados pelos campos de dunas, bancos de areia (assoreamento progressivo do canal e baixa competência de transporte durante as fases de estiagem) e flechas de areia.

A diversidade de componentes do relevo litorâneo e dos baixos cursos fluviais (lagoas, lagoas e estuários) é regida pela sazonalidade climática e alternâncias interanuais, disponibilizando suprimentos diferenciados de água superficial e subterrânea. Dessa forma, as lagoas costeiras podem demarcar eventos paleoclimáticos, ao registrar em seus depósitos níveis intercalados de detritos, matéria orgânica (biogeoquímica vinculada à produtividade primária, níveis de salinidade e de circulação da coluna d'água) e cobertura vegetal (palinómorfos).

As lagoas apresentam formas alongadas guardando a morfologia do canal fluvial. Estão comumente associadas ao tabuleiro pré-litorâneo (lagoas de tabuleiro) e com dunas móveis e fixas (fechamento dos canais fluviais). Como estão inseridas em depósitos geológicos que possibilitaram exce-

lentes aquíferos, são normalmente perenes e com um espelho d'água vinculado às variações do nível hidrostático e da vazão fluvial. As Figuras 6.1 e 6.2 mostram lagoas costeiras formadas com o bloqueio do canal fluvial pelas dunas móveis. Os canais de ligação do sistema lacustre com o mar são periodicamente desbloqueados pelo fluxo fluvial (aporte de areia para a deriva litorânea). As imagens de satélite mostram as fases em que o canal fluvial é interceptado em vários trechos, produzindo pequenos sistemas lacustres intermediários.



Figura 6.1 – Lagoas costeiras associadas aos baixos cursos fluviais interceptados pelas dunas móveis.

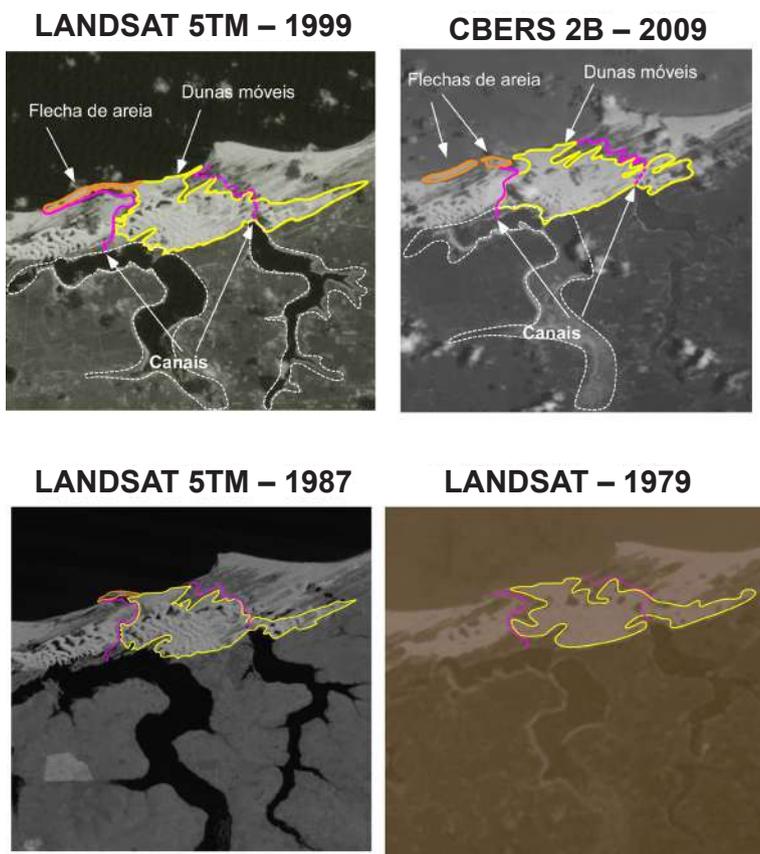


Figura 6.2 – Dinâmica das lagoas costeiras associadas à migração das dunas. Aporte de sedimentos para a planície costeira durante eventos de máxima vazão fluvial. No período de estiagem, as dunas e o tabuleiro fornecem água para a manutenção do lago.

É provável a ocorrência de paleopavimentos lacustres na plataforma continental devido às fases do nível do mar mais baixo que o atual e com registros associados a intercalações de depósitos argilosos (ricos em matéria orgânica e biodetritos) com sedimentos provenientes das vazões fluviais e assoreamento do canal pelas areias transportadas pelo vento.

As dunas parabólicas fixas e semifixas atuaram como morfologias indutoras de sistemas lacustres (ver Figura 1.19). A lagoa Encantada (Terra Indígena Jenipapo-kanindé) representa um sistema lacustre com contribuição da água subterrânea proveniente dos aquíferos barreiras e dunar e de uma drenagem superficial interceptada pelo complexo dunar (Figura 6.3). Denota relação com os eventos eustáticos através das dunas fixas e paleolinhas de praia. Nas proximidades da linha de costa, ocorre uma sequência de sistemas lagunares entre uma faixa de praia originada por processo erosivo, possivelmente associados ao último evento transgressivo, e uma complexa flecha de areia (ilhas barreiras, dunas móveis e praia): um complexo de ambientes fluviais, lacustres e lagunares. Segundo Esteves (1998b, *in* NASCIMENTO, 2010), o sistema associado à faixa de praia e às flechas de areia pode ser classificado como lagoa formada pelo isolamento de enseada ou braços de mar através de cordões de areia.

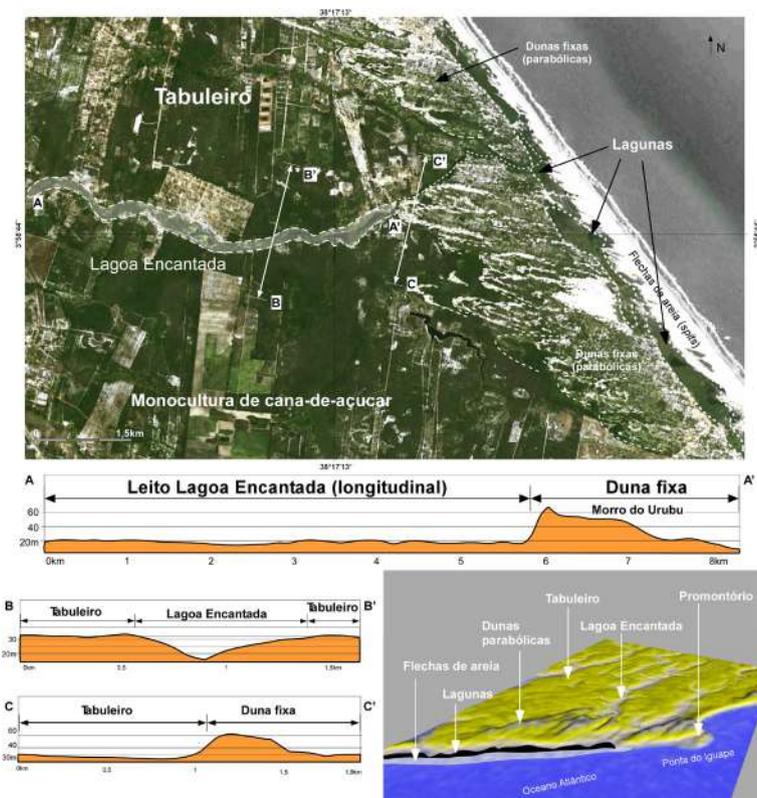


Figura 6.3 – Lagoa Encantada na Terra Indígena Jenipapo-kanindé. Os perfis topográficos e o modelo digital do terreno evidenciaram as associações com as dunas, o tabuleiro, as lagunas e a faixa de praia.

Fonte: Google Earth, Nasa/SRTM.

Como estão associadas a sistemas fluviais, as lagoas costeiras fazem parte de bacias hidrográficas com problemas de qualidade dos efluentes. As áreas urbanas das pequenas e médias cidades passam por problemas de saneamento básico. E as áreas rurais estão vinculadas ao desmatamento das vertentes e lançamento de agrotóxicos. A Figura 6.3 mostra que a Lagoa Encantada também está inserida em um setor do tabuleiro com monocultura de cana-de-açúcar, pequenos roçados e áreas desmatadas

para implantação de loteamentos. Como consequências, temos os impactos relacionados com a eutrofização artificial (TUNDISI; TUNDISI, 2008; MARGALEF, 1992) e a contaminação por elementos e compostos químicos (incluindo metais pesados) que alteram a qualidade da água e a biodiversidade. No caso das lagoas associadas às atividades de usufruto das comunidades tradicionais e indígenas, os impactos comprometem a soberania alimentar dessas comunidades, além de intervirem nos aspectos socioeconômicos das demais atividades de lazer, esporte e turismo comunitário e ecoturismo.

A energia mecânica para a circulação da água provém da força do vento e da exposição do lago à sua direção principal. O vento cria, na superfície da água, uma correnteza por fricção, a qual é rebatida na margem, retornando em sentido contrário, abaixo da camada superficial. Todos esses movimentos influem no funcionamento do ecossistema, pelo transporte de energia, nutrientes e organismos (classificado como dispersão passiva), e nos componentes morfológicos (batimetria e fisionomia das margens). Além dos movimentos mais superficiais da água, a velocidade do vento e a distância de sua aplicação (*fetch*) provocam circulações a diferentes profundidades bem como movimentos de oscilação de todo o corpo da lagoa (MARGALEF, 1992).

Normalmente, os ambientes lacustres costeiros estão vinculados aos tabuleiros pré-litorâneos, terraços marinhos e baixos cursos fluviais (lagoas nos vales fluviais bloqueados pelas dunas). As inseridas nos campos de dunas ocorrem nas superfícies de deflação eólica entre cristas de dunas móveis e sobre as dunas fixas e semifixas.

As características ecológicas das lagoas costeiras resultam da ligação direta ou indireta com o mar. Mesmo não havendo uma ligação direta, pode-se observar uma introdu-

ção permanente de sal através da brisa marinha e das precipitações. Essa salinidade eleva-se quando são originadas zonas de percolação (barranco de dragagem disposto sobre áreas úmidas), o que altera o nível das águas e, conseqüentemente, o incremento nos valores de salinidade. Como dito anteriormente, é mais um indicador de salinização do material acumulado pela dragagem.

## **Evolução dos Processos Geoambientais Locais com a Degradação das Lagoas Costeiras**

A descaracterização geomorfológica e a extinção das lagoas são realizadas de forma sistemática nas proximidades e no interior das cidades litorâneas. Estão comumente relacionadas com o desmatamento e soterramento de suas margens e leitos e normalmente provocadas para ampliar áreas para a especulação imobiliária e a construção de demais equipamentos públicos e privados.

Nas proximidades das áreas em processo de expansão urbana ocorrem problemas com a ocupação das lagoas. A degradação ocorre com o completo soterramento dos sistemas lacustres e a descaracterização morfológica dos relevos associados às lagoas costeiras sobre terraços marinhos e às alterações topográficas devido à erosão eólica (lagoas sazonais) (Figura 6.4).

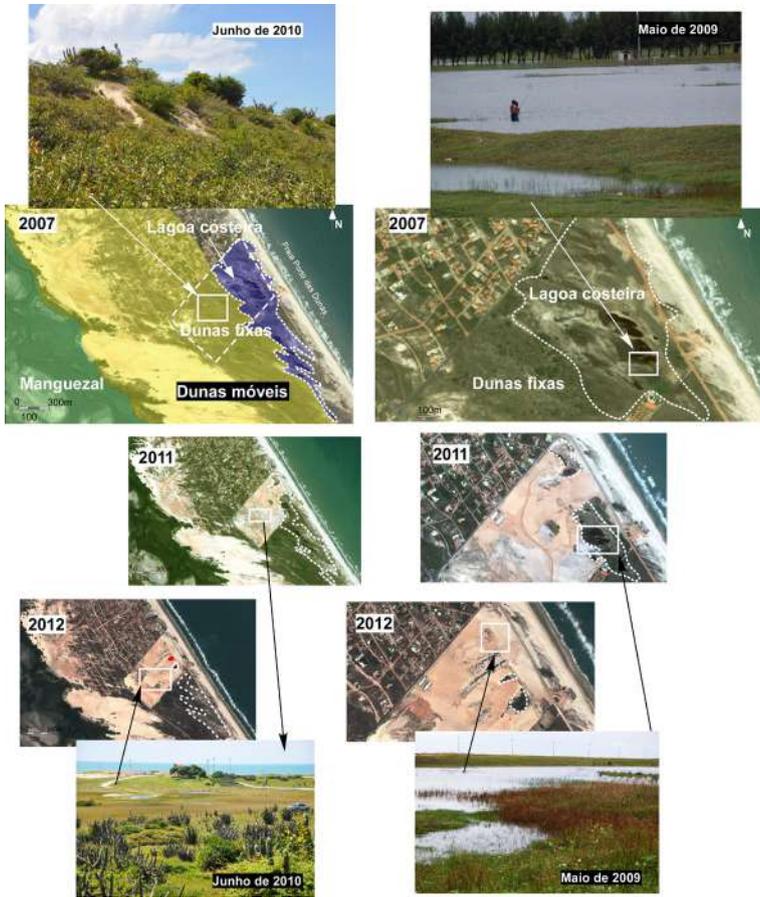


Figura 6.4 – Degradação de um conjunto de lagoas costeiras com a expansão urbana. Essas intervenções são associadas à perda de biodiversidade, qualidade e quantidade de água disponível no lençol freático. A descaracterização dos ambientes lacustres é relacionada com a completa destruição das dunas fixas e móveis da zona de berma (planície costeira de Aquiraz/CE).

Fonte: Google Earth.

No caso da lagoa Seca (comunidade de Balbino, município de Cascavel/CE), os impactos ambientais foram proporcionados pela dragagem de seu leito e suas margens. Foi observado que o fundo da lagoa está constituído por sedimen-

tos predominantemente argilosos, provenientes das camadas argilosas exumadas (substrato alterado) durante a dragagem. Outra fonte de sedimentos argilosos está relacionada com a erosão dos amontoados de material dragado pelo escoamento superficial durante as chuvas.

A dinâmica morfogenética evidenciou que a lagoa foi originada pela relação com o tabuleiro (pequena drenagem na direção do mar) e, posteriormente, com a disponibilidade de areia e competência dos ventos para transportá-la, passando a interagir com o sistema eólico da região. Como os tabuleiros são morfologias relativamente planas a suavemente onduladas, oscilações no lençol freático proporcionaram a origem da lagoa. A presença das dunas eleva o potencial hídrico subterrâneo, regulando os processos sazonais de variação do nível hidrostático.

Como a duna existente na margem norte é um dos principais pontos de recarga do aquífero, o nível da lagoa interage com as condições ambientais locais, principalmente na manutenção de seu espelho d'água (proveniente da água subterrânea disponível nas dunas e no tabuleiro; excelentes zonas de recarga do aquífero). Por essa conjunção de agentes armazenadores e indicadores de disponibilidade de água no subsolo, não existia a necessidade de uma intervenção dessa magnitude, que, até agora, demonstrou que danificou o sistema lacustre natural.

A dragagem de suas margens e leito fez com que toda a sequência de sedimentos fosse completamente alterada, modificando a estrutura, a textura e os componentes geotécnicos básicos dos materiais constituintes. Essa intervenção originou impactos irreversíveis nesse sentido, pois foi alterado um pacote sedimentar complexo, que representava a sucessão evolutiva da lagoa, desde sua origem.

Com o soterramento de grande parte do fundo da lagoa e a disposição geográfica dos amontoados de material dragado, foi profundamente alterada a dinâmica interna. O movimento das águas foi alterado (vinculado aos ventos locais), possivelmente modificando a temperatura da água e os aspectos relacionados com a densidade e níveis de salinidade, provocando impactos à biota e dinâmica de circulação do lago.

As dunas estão em processo de deflação (diminuição no volume das areias devido ao transporte eólico) desencadeado pela urbanização de Caponga e pelos loteamentos (interrupção do aporte de sedimentos da faixa de praia). Essas intervenções provocaram bloqueios das areias (faixa de praia) que alimentavam o campo de dunas. Os demais sistemas morfológicos (Figura 6.5) estão relacionados com o tabuleiro, o manguezal e a faixa de praia.



Faixa de praia

Dunas fixas e semifixas

Manguezal

Lagoa

Lagoa interdunar

Riacho e canal de maré

Tabuleiro pré-litorâneo

Áreas edificadas e loteamentos

Direção preferencial de remobilização das areias em áreas de dunas semi-fixas.

Sentido da deriva litorânea dos sedimentos ao longo da faixa de praia.

Figura elaborada a partir de recobrimento aerofotogramétrico realizado em 1996, escala aproximada 1:10.000.

Figura 6.5 – Aspectos geomorfológicos de uma planície costeira com lagoas entre as dunas e o tabuleiro pré-litorâneo.

Observa-se que a lagoa apresentava a mesma configuração geométrica (ovalada) e as imagens registraram a existência do sistema lacustre nos últimos 55 anos. Foi possível constatar que desde 1958 já se encontrava completamente estruturado (margens, leito,

dunas fixas e semifixas e vegetação de tabuleiro em sua margem sul), interagindo com a dinâmica eólica local e integrada com a sazonalidade climática. Comparando a fotografia aérea mais antiga com as de 1968 e 1996, conclui-se também que a lagoa apresentou uma regularidade em seus aspectos morfológicos, paisagísticos e hidrodinâmicos, conservando-se no tempo e espaço como um recurso hídrico e desenvolvendo as reações ambientais de seus processos ecodinâmicos. Como estava amplamente relacionada com o uso tradicional da comunidade de pescadores, manteve sua capacidade para assegurar os vínculos de subsistência (Figura 6.6).

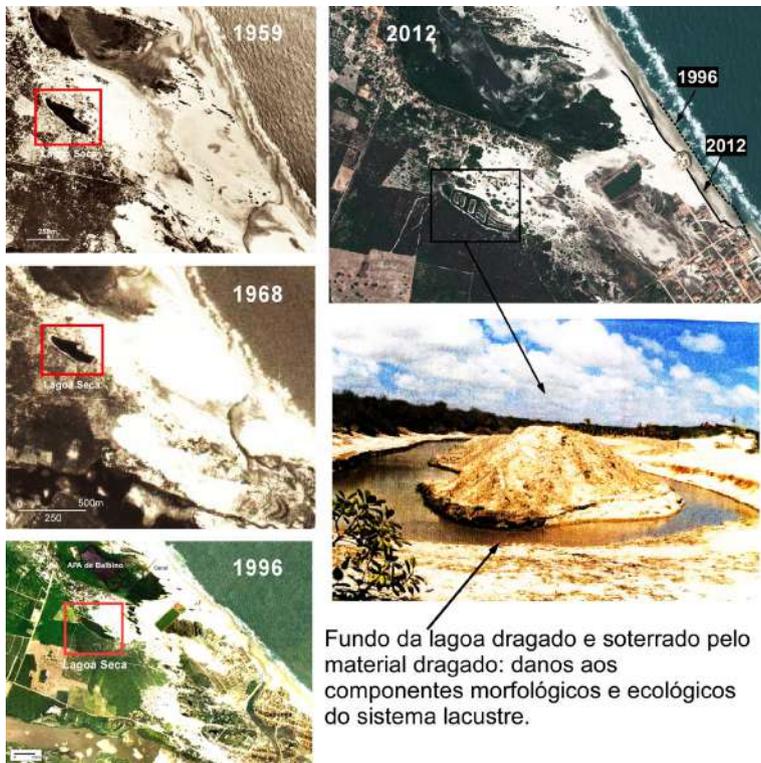


Figura 6.6 – Evolução espaçotemporal da lagoa evidenciando a manutenção do sistema lacustre nos últimos 55 anos. A dragagem alterou os componentes morfológicos e ecológicos da lagoa.

Essa atividade, de dragagem, normalmente é utilizada para elevar o conteúdo de água disponível em reservatórios e para aprofundar o fundo de canais, proporcionando o tráfego de embarcações de maior calado. No entanto, não foi observada nenhuma ação nesse sentido, pois o material proveniente da dragagem foi completamente depositado na lagoa. Os amontoados de lama e areia posicionados sobre seu fundo formaram uma massa de sedimentos com ausente controle geotécnico, tanto em sua geometria como na disposição geográfica.

O material acumulado está submetido a movimentações de massa, iniciadas durante e logo após a construção dos amontoados. Os principais processos evidenciados foram, conforme Augusto Filho (1993a):

1. Quedas: com a exposição do material dragado à insolação, a superfície do pacote foi desidratada, originando torrões de até 40 cm de diâmetro. Como o plano inclinado evidencia uma instabilidade da encosta do aterro, ocorre movimento gravitacional (rolamento e tombamento) dos torrões para o interior da lagoa, procedendo ao asso-reamento dos canais dragados.
2. Escorregamentos: também relacionados com a instabilidade da encosta, acrescida de outros fatores, como a geração de forças de percolação, chuva e heterogeneidade dos materiais. Nas bordas dos amontoados de material dragado já se observa esse tipo de movimentação, direcionado para o interior dos canais dragados. A velocidade de escorregamento é sazonal, de acordo com a precipitação pluviométrica e a quantidade de água disponível na lagoa.

3. Corridas: com movimento semelhante ao de um líquido viscoso, desenvolvem-se ao longo das drenagens pluviais (início do processo de ravinamento e voçorocamento), com velocidade média a alta, envolvendo o deslocamento de volumes de sedimentos na direção dos canais realizados pela dragagem. Esse processo abrange um extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Ressalte-se que a percolação da água (tornando o pacote dragado úmido, devido a seu contato com o nível hidrostático da lagoa) promove a salinização da camada superficial (evaporação da água contida nos interstícios e a precipitação de sais, principalmente cloreto de sódio, conhecido como sal de cozinha), aumento da vulnerabilidade pela contaminação da água subterrânea, recalques e colapsos do solo. Essas alterações provocam repercussões relacionadas com a perda de produtividade de solo ou aceleração de processos erosivos lineares.

Foi verificado que a erosão dos amontoados de material dragado, prognosticada no primeiro parecer técnico, está em pleno desenvolvimento morfológico, favorecendo os agentes geológicos locais (transporte e erosão), que induzem ao acelerado processo de soterramento verificado atualmente. As rampas das estruturas originadas com a dragagem, antes com suas vertentes verticalizadas, foram abauladas e suavizadas pela ação do escoamento superficial e por acomodações internas dos pacotes de material acumulado artificialmente. Dessa forma, foram observados os seguintes eventos (Figura 6.7):

1. Logo após a construção dos amontoados de dragagem, os sedimentos inconsolidados foram submetidos ao transporte por gravidade, em que blocos de mate-

rial agregado (ricos em sedimentos argilosos) rolaram em direção ao fundo da lagoa.

2. Com as primeiras precipitações pluviométricas, a relação existente entre a porosidade e permeabilidade do material dragado favoreceu o escoamento superficial, originando uma rede de ravinas e voçorocas de elevada densidade, presente nas cinco estruturas dispostas no leito da lagoa.
3. A erosão evoluiu ao ponto de formar uma sequência de leques aluviais interconectados no contato entre a base das estruturas de dragagem e o espelho d'água. Nos amontoados localizados mais a oeste, esses leques produziram o soterramento do canal construído entre as estruturas de dragagem, unindo-as de modo a suprimir parte do espelho d'água.
4. No processo de remobilização do material dragado pela chuva, os sedimentos de granulação areia (maiores do que 0,062 mm) concentraram-se nas margens dos amontoados. Os argilominerais e a matéria orgânica foram completamente lançados para o leito da lagoa, elevando a quantidade de material em suspensão e reduzindo a camada fótica (índice de penetração da luz).
5. A erosão provocada pelo escoamento superficial durante as precipitações pluviométricas originou um novo material de fundo, composto basicamente por lama (argila e matéria orgânica), o qual é colocado em ressuspensão durante os períodos de maior turbulência na bacia hidráulica, isto é, quando estão presentes os banhistas.

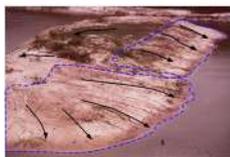
O posicionamento geográfico dos amontoados de material dragado favoreceu a origem de 2 canais principais longitudinais, no sentido leste-oeste (atribuído à extensão do maior eixo da lagoa), e 4 canais perpendiculares, no sentido norte-sul (atribuído à extensão do menor eixo da lagoa). Esses canais perpendiculares e o canal sul estão em avançado processo de soterramento pelo acúmulo de sedimentos no assoalho que restou da lagoa.



Fotografia obtida antes da dragagem. O espelho d'água evidenciando domínio lacustre nas proximidades da margem norte em contato com a duna. Verifica-se a elevada transparência da água, denotando os baixos níveis de material em suspensão (lama e matéria orgânica). Durante o período das chuvas (primeiro semestre do ano), as lagoas armazenam volume máximo de água (contribuição do freático e dos sistemas fluviais). Como estão associadas a excelentes aquíferos, normalmente o volume de água é reduzido durante períodos de estiagem prolongada. Fotografia fornecida por Erivam Nascimento (obtida em 1987).



Mostra o canal artificial transversal mais a oeste do sistema lacustre. Observa-se que a erosão está assoreando o canal. A pouca profundidade, elevada turbidez da água – a luz não penetra em camadas mais interiores – devido à presença de lama (proveniente da erosão dos amontoados de rejeito de dragagem) e a baixa circulação dos ventos nestes canais transversais (os amontoados bloqueiam a ação dos ventos na lâmina d'água), induziram a eutrofização. Observa-se também que o canal paralelo ao eixo principal da lagoa encontra-se praticamente fechado devido ao assoreamento, provocando a redução do espelho d'água. Em primeiro plano, material dragado com movimentação de massa – fluxos granulares e aquosos – invadindo o canal e acelerando o soterramento da lagoa. (Fotografia de 12 de janeiro de 2002).



Elevada densidade de ravinas e voçorocas. Estas estruturas demonstraram que o material dragado está retornando ao fundo da lagoa e tratando de assorear e induzir mudanças progressivas na batimetria. Observa-se que ocorre de forma generalizada, definido pela presença dos leques de sedimentos que avançam no leito da lagoa (movimentação de massa). Devido à elevada umidade dos sedimentos, percolação da água no interior do corpo de material dragado e composição sedimentar (areia, argila e matéria orgânica), foram processados movimentos de retroerosão e solifluxão contínuos e independentes da presença de cobertura vegetal. (Fotografia de 12 de janeiro de 2002).

Figura 6.7 – Assoreamento de sistemas lacustres quando associados a materiais dragados e depositados em seu leito e margens.

Dessa forma, a morfologia da área submersa (superfície de contato entre a água e os sedimentos de fundo da lagoa) encontra-se completamente alterada, principalmente nos canais perpendiculares. Com isso, a ação dos ventos (energia mecânica para a circulação e oxigenação da água) foi bruscamente reduzida, tanto pelas barreiras impostas pelas estruturas dragadas como pelo processo de soterramento, alterando a circulação

interna e a oxigenação da água. A ação dos ventos no espelho d'água após a dragagem vem sendo alterada desde a construção dos amontoados, reduzindo progressivamente a ação da correnteza de fricção.

As relações de interdependência entre o vento e a superfície da lagoa produziram os movimentos hidrodinâmicos que influenciaram nos processos ecossistêmicos e no transporte de nutrientes, organismos e sedimentos (classificado como dispersão passiva), além de terem sido alterados os movimentos superficiais da água, a velocidade do vento e a área de sua aplicação (*fetch*) nos canais longitudinais. Dessa forma, reduzidos os valores mínimos nos canais perpendiculares, induzindo a processos bioquímicos que produziram a eutrofização e sedimentares com a deposição de argilas e areias.

As algas em superfície, de coloração esverdeada (*clorofíceas*), foram observadas nos canais em elevado estágio de soterramento. A pouca profundidade de penetração da luz (água com elevado conteúdo de argila e matéria orgânica) faz com que esses tipos de algas proliferem em superfície (à procura da luz para realizar a fotossíntese), interferindo nos fatores básicos de produtividade primária de um ambiente lacustre (fotossíntese, respiração, pigmentos, assimilação, produção e decomposição, distribuição de nutrientes e alcalinidade).

Nos dois canais longitudinais, a ação do vento é completamente diferenciada, agora atuando de modo a ressuspender os sedimentos argilosos que entraram na hidrodinâmica da lagoa após a dragagem. Como esses canais também estão passando por uma etapa de colmatação, com uma progressiva mudança na batimetria, com o canal sul em estágio mais avançado de soterramento, foi observado que interferiram diretamente na estruturação ecodinâmica da lagoa. A dinâmica dos ventos nesses canais

dispostos na direção preferencial dos alísios de leste e nordeste foi distribuída para os canais perpendiculares, reduzindo a oxigenação do sistema e, mais ainda, elevando a turbidez da água.

Os teores de argilominerais e matéria orgânica presentes em suspensão foram originados após os impactos da dragagem e continuamente elevados pelo processo de erosão das estruturas amontoadas nas margens e leito da lagoa. Devido à entrada desses materiais no sistema hidrodinâmico e bioquímico, aumentou a turbidez da água, tornando-a de coloração escura (em locais mais a oeste, de coloração esverdeada), com índices de penetração da luz (observado através de disco de Secchi), alternados de acordo com a presença dos banhistas (excesso de frequentadores provenientes do turismo de massa).

Constatou-se que, durante a presença dos banhistas, a turbidez alcançou valores extremos, com índice de penetração da luz não superior aos primeiros 35 cm de profundidade (foi utilizado um disco de Secchi, às 11h45). Em períodos de repouso (sem a presença de banhistas), o índice de penetração da luz elevou-se para 60 cm. Esses valores de profundidade de penetração da luz em lagoas costeiras podem alcançar os 2 m. Dessa forma, a presença de argilominerais e matéria orgânica originou danos ambientais relacionados às atividades fotossintéticas da lagoa, reduzindo a camada fótica e alterando as propriedades biofísicas da base da cadeia alimentar.

As ravinas e voçorocas posicionadas ao redor das cinco ilhas artificiais comprovaram o que foi previsto no primeiro parecer (evolução dessas estruturas com o tempo). Dessa forma, ficou nitidamente evidenciado que a lagoa passa por um estágio induzido de soterramento e eutrofização.

As condições hidrodinâmicas atuais não possibilitam a deposição dos sedimentos nas mesmas condições observadas durante a

evolução natural de uma lagoa. Dessa forma, o volume dragado é mais que suficiente para preencher novamente todo o leito.

Toda a sequência de sedimentos que antes fazia parte do substrato da lagoa (superficial e subsuperficial) foi completamente alterada com a dragagem. Observações de campo atestaram que suas características morfológicas não foram retomadas com o tempo. Ao contrário, o comportamento dinâmico (erosão e transporte de sedimentos) e batimétrico gerado com as dragagens favoreceu a retomada da colmatação, alterando a fisiografia do leito da lagoa.

A atividade de dragagem normalmente é utilizada para elevar o conteúdo de água disponível em reservatórios (açudes e lagos), evitar inundações nos canais fluviais assoreados pelo desmatamento da mata ciliar e para aprofundar o fundo de canais portuários. No entanto, não foi observada nenhuma ação nesse sentido, pois o material proveniente da dragagem foi completamente depositado no próprio leito e margem da lagoa. Como essas atividades requerem estudos relacionados com a caracterização do material de fundo, verificou-se que, durante a dragagem, foram atingidas camadas ricas em lama de coloração escura (cinza a negra), que atuaram na turbidez da água.

As atividades de construção dos amontoados de lama e areia no leito e nas margens da lagoa confirmaram que não foi levado em conta aspectos geomorfológicos e geotécnicos básicos. As ações também não foram orientadas por consultas à comunidade de pescadores para relacionar as intervenções com a manutenção da qualidade dos sistemas ambientais de usufruto comunitário.

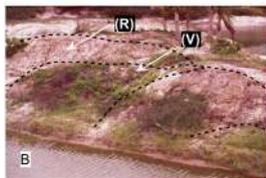
A dinâmica morfológica de um sistema lacustre costeiro submetido à dragagem (com a permanência das estruturas de dragagem) confirmou os processos evolutivos originados (Figura 6.8):

1. Quedas de materiais e agregados de lama e areia: com a instabilidade da encosta do aterro, ocorreram movimentos gravitacionais (rolamento, deslizamento e tombamento) para o interior da lagoa, procedendo ao assoreamento dos canais.
2. Escorregamentos: também relacionados com a instabilidade das encostas, acrescida de outros fatores, como a geração de forças de percolação, escoamento superficial e heterogeneidade dos materiais. A retroerosão provocou o recuo vertical das vertentes de cada um dos amontoados, procedendo-se de forma generalizada como bem demonstrado na documentação fotográfica. O escorregamento foi continuamente acentuado nos intervalos de chuva.
3. Corridas de material arenoargiloso: ficou constatado que a erosão e o transporte de sedimentos foram genericamente processados, acelerando o soterramento da bacia hidráulica da lagoa. A morfologia das cinco ilhas artificiais foi completamente alterada, constatada pela elevada densidade de ravinas e voçorocas direcionadas para o leito da lagoa.
4. Solifluxão: processo definido pelo fluxo do solo na direção do plano de base local (áreas mais rebaixadas no sopé dos amontoados de material dragado). Consistiu no deslocamento do solo, afetando uma massa de material rico em sedimentos argilosos, desencadeado pela presença de água, a qual provoca mudanças na densidade, no peso e no volume do material dragado. Foram originados planos de descontinuidades internos, processando movimentos dos sedimentos na direção da bacia hidráulica.

Ficou também confirmado que a geometria (altura/inclinação/contorno/fisionomia) dos amontoados de lama e areia favoreceu a percolação por capilaridade (movimento ascendente) da água nos corpos de material dragado. Dessa forma, produziu-se a diminuição do efeito de coesão aparente, gerando movimentos de reptação (denominado também de escorregamento plástico e *piping*) (AUGUSTIN; ARANHA, 2006).



Fotografia obtida após dragagem (A). Evidência o leito da lagoa rebaixado com o material dragado sobre o antigo fundo (exposto devido ao rebaixamento do freático). Com a continuidade do assoreamento, a profundidade do canal artificial (futo da dragagem) foi reduzida. Durante o período de estiagem, com o soterramento em pleno desenvolvimento, as vertentes dos amontoados de lama e areia erosionadas. Observa-se no lado esquerdo do rejeito de dragagem a presença de camadas argilosas características de ambiente lacustre (flecha). Após serem dragados, os materiais dessas camadas, compostos por lama e matéria orgânica, foram conduzidos para o leito da lagoa pelo escoamento superficial e movimentos internos (B), alterando as propriedades físico-químicas da água. (Fotografia de Erivam Nascimento).



Detalhes das estruturas de movimento de massa (B). Verifica-se a presença de voçorocas (V), ravinas (R) e solifluxão (linha tracejada). Estão ocasionando a entrada de lama, matéria orgânica e areia para o leito da lagoa (C). A continuidade do movimento de massa proporcionou soterramento dos canais (Fotografia obtida em 12 de janeiro de 2002).



Assoreamento e eutrofização da lagoa (D). A coloração escura da água é devido ao elevado conteúdo de material em suspensão. A retirada dos amontoados de material dragado irá possibilitar a recuperação do sistema lacustre. No lado direito da fotografia, observa-se parte do corpo dunar que tangencia a margem norte da lagoa. Caso migrasse na direção do seu leito, toda essa área já teria sido completamente soterrada – bastaria somente alguns anos – porém, como verificado nos recobrimentos aerofotogramétricos e informações de moradores, a lagoa não é ameaçada pelas dunas. (Fotografia de 12 de janeiro de 2002).



Figura 6.8 – Dinâmica morfológica dos materiais dragados depositados no leito e na margem dos lagos.

O movimento interno de partículas nos amontoados de material dragado, por percolação d'água, desenvolve-se em áreas com gradiente hidráulico crítico (os amontoados encon-

tram-se dentro d'água) e provoca a origem de movimentos de massa de solo, em sentido contrário ao do fluxo d'água. Foram localmente associados aos processos de escoamento superficial, elevando a quantidade de material que atualmente está assoreando a lagoa. Esses agentes causadores de movimento de massa foram acentuados durante a ação chuvosa.

Esse tipo de fenômeno, observado em encostas inclinadas e compostas por sedimentos arenoargilosos, procede-se mesmo com a presença de vegetação, pois não impede que os movimentos internos processem-se de acordo com a força gravitacional e a presença de elevados índices de umidade. Dessa forma, a introdução de gramíneas e coqueiros nas estruturas de rejeitos de dragagem não impede o soterramento da lagoa.

A Figura 6.5 mostra as principais unidades morfológicas circunvizinhas à lagoa Seca. Inicialmente, é necessário evidenciar que as dunas não migram na direção de seu leito. As areias são transportadas de acordo com a direção preferencial dos ventos alísios, portanto, perpendicular à direção de migração que poderia atingir o corpo lacustre. Observa-se também que praticamente a totalidade do sistema eólico é representada por dunas fixas e semifixas.

Caso a intenção do empreendedor fosse a de preservar a lagoa, bastaria a implantação de técnicas de fixação, barrando por completo o acesso das areias à margem leste. Vale salientar que a fixação obteria bons resultados com a introdução de gramíneas e salsa de praia (vegetação nativa local), devido ao elevado grau de umidade existente nos terrenos próximos à bacia hidráulica.

Foi possível constatar que os amontoados de material dragado, dispostos no leito e nas margens da lagoa, estão procedendo ao soterramento do sistema lacustre, e a retirada das estruturas de dragagem proporcionará a definitiva correção dos processos geoambientais que atualmente evoluem para um

estágio de completo soterramento. A retirada do material dragado promoverá a retomada da configuração morfológica, com seu antigo leito e as características hidrodinâmicas existentes em um ambiente lacustre.

## **Considerações Finais**

Amontoados de lama e areia dragados e depositados no leito e nas margens de ambientes lacustres são gradativamente transportados na direção do sistema hídrico. Ocorre através da erosão laminar, ravinas e voçorocas com transporte pluvial. A demora na retirada dessas estruturas artificiais sobre o leito e as margens da lagoa representa elevado risco de perda contínua do sistema hídrico. Ocorre, dessa forma, indução do assoreamento e colmatação, além dos danos ambientais já registrados na qualidade da água (elevada turbidez e eutrofização), nos aspectos paisagísticos, econômicos e socioculturais das comunidades tradicionais.

Ficou claro que o material dragado não apresentou nenhuma melhoria na qualidade ambiental da lagoa. Pelo contrário, alterou completamente seus aspectos paisagísticos, transformando um sistema lacustre costeiro em um ambiente artificializado, incompatível com as características ambientais que classificam ambientes definidos como lagoas costeiras.

Caso o interesse do empreendedor fosse o de “salvar” a lagoa, não teria executado as obras de dragagem com o acúmulo dos rejeitos sobre o leito da lagoa. Na realidade, teria optado pelo manejo das dunas, implantando técnicas de fixação nas margens norte e leste para o controle do acesso das areias provenientes das dunas.

Para a implantação dos procedimentos de retirada dos amontoados de material dragado, deverá ser constituída uma equipe multidisciplinar, com a presença de um geólogo, engenheiro especialista em geotécnica, biólogo e geógrafo com especialidade em geossistemas costeiros.



## 7

---

**GEOMORFOLOGIA INTEGRADA**

A planície costeira de Icapuí foi escolhida para representar os eventos geomorfológicos das variações do nível relativo do mar e possíveis efeitos neotectônicos pós-depositacionais da Formação Barreiras. Foi analisada através da realização de um diagnóstico ambiental, mapas temáticos em escala de detalhe e definição dos principais fluxos de matéria e energia geradores da diversidade de morfologias e ecossistemas. Foram caracterizados terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, gerações de dunas, lagoas, laguna dos Cajuais, estuários da Barra Grande e Arrombado, falésias vivas e paleofalésia (localmente chamados de morros), delta de maré (bando de algas dos Cajuais) e a faixa de praia (Figura 7.1).

Os terraços marinhos foram tomados como elementos morfológicos que registraram os dois últimos eventos transgressivos e regressões subsequentes, inseridos entre uma paleofalésia com aproximadamente 30 km de extensão e o delta de maré diante do estuário Barra Grande. Dessa forma, por meio de cada componente da paisagem costeira e dos agentes morfogenéticos relacionados (processos costeiros que originaram o relevo) – derivas litorânea e eólica, hidrodinâmicas lagunar, estuarina e lacustre, ação da gravidade (encosta das falésias), das ondas e marés e fluxo de água subterrânea – que o modelo de evolução ambiental proposto foi sistematizado.

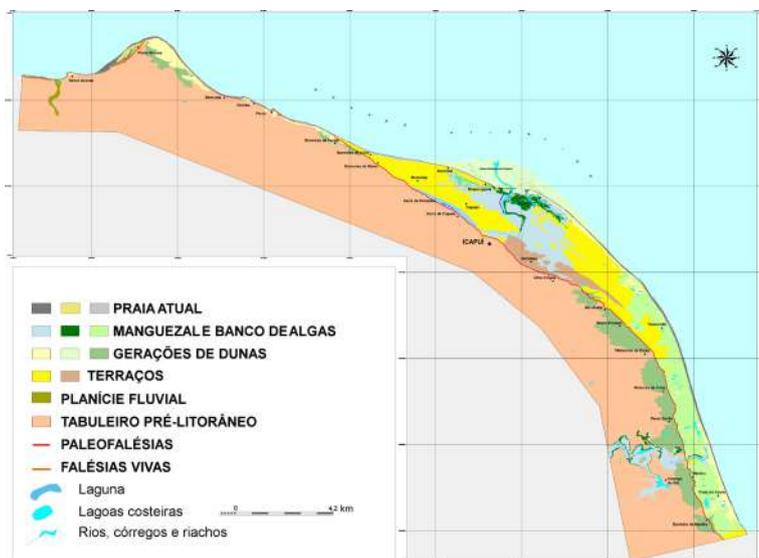


Figura 7.1 – Mapa com os principais componentes geomorfológicos da planície costeira de Icapuí.

Os mapas temáticos – geológico, geomorfológico, unidades de paisagem da planície costeira e os das praias de Ponta Grossa, Barrinha e Requenguela – evidenciam a diversidade de ambientes e ecossistemas. Foi através das informações provenientes desses mapas e com a participação direta dos bolsistas do projeto De Olho na Água que foram evidenciados os pontos ideais para a implantação dos equipamentos de saneamento e melhoria da qualidade ambiental dos ecossistemas – fossas biosséticas e cisternas de ferro-cimento. A síntese desses componentes geoambientais, por comunidades litorâneas (mapas de domínio comunitário para assegurar seus territórios de usufruto ancestral), está disponível no Atlas de Icapuí (MEIRELES; SANTOS, 2012).

A caracterização dos componentes geoambientais em escala de detalhe, ação inédita na planície costeira de Icapuí, também estruturou programas ambientais para a continuidade

das atividades de educação ambiental para a sustentabilidade, orientou projetos de utilização dos sistemas ambientais (água subterrânea, pesca e cultivo de algas), potencializou a biodiversidade das áreas úmidas associadas e forneceu instrumentos cartográficos e um complexo banco de dados para a gestão ambiental.

Para a produção da base cartográfica e dos mapas temáticos, foram utilizadas imagens de satélite (Quick Bird/2005) – Imagem OrtoQuickColor, fusão de 3 bandas multiespectrais, resolução de 2,40 m e 1 banda pancromática com resolução de 0,60 m + Arquivos RBPs (coeficientes polinomiais que permitem que a imagem seja ortorretificada), com resolução radiométrica 8 bits e composição de cores naturais. Para o geoprocessamento das imagens de satélite, foram utilizados os *softwares* de SPRING 1.3.1 e CANVAS 7.0.1. Com auxílio de microcomputador, foram processados dados coletados pelos aparelhos GPS (Global Position System) Geodésico (precisão milimétrica) e de navegação.

Os mapas de uso e ocupação e zoneamento ambiental foram originados em escala de detalhes com a utilização de imagens de satélite. Essas cartas estão disponíveis no banco de dados disponibilizado para as associações comunitárias, escolas e demais instituições da gestão municipal, além de disponíveis no sítio do projeto De Olho na Água.

Com a base cartográfica editada para os trabalhos de campo, foram eleitos os pontos de coleta de água para análises químicas. Foram priorizadas, em primeira instância, todas as vilas dispostas ao longo da planície costeira. Para a definição dos locais a serem contemplados com os equipamentos de tratamento dos efluentes domiciliares (canteiros biossépticos) e cisternas, foram realizadas análises de detalhes (poços e lagoas) das comunidades de Requenguela, Barrinha e Ponta Grossa.

O zoneamento geoambiental foi realizado utilizando-se uma abordagem sistêmica, onde se buscou estabelecer as conexões entre os elementos geoambientais e as diversas formas de uso e ocupação do espaço. As zonas caracterizadas de forma integrada e com a participação da equipe interdisciplinar foram delimitadas com base em critérios estabelecidos pela legislação ambiental, pela fotointerpretação das imagens, pela dinâmica dos agentes morfogenéticos e pelas formas de uso e ocupação da planície costeira. Foram enfatizadas as potencialidades e vulnerabilidades da área em questão.

Para a definição dos fluxos de matéria e energia, foram utilizados os componentes morfológicos da planície costeira, a composição e classificação das estruturas sedimentares nos testemunhos realizados nos terraços marinhos, laguna e delta de maré e a direção preferencial das ondas, das marés, dos ventos e da hidrodinâmica estuarina. Foram também relacionados com a direção preferencial de migração das dunas e fisiografia regional da linha de costa.

## **Diagnóstico Geoambiental**

A planície costeira de Icapuí está localizada no extremo leste do litoral cearense. As cotas batimétricas, desde a plataforma continental proximal ao talude, definiram fisionomias associadas a antigos níveis do mar, atualmente submersos e relacionados a linhas de costa durante as fases transgressivas e regressivas no nível do mar. O contorno das cotas batimétricas dos 5 aos 20 m de profundidade pode estar relacionado com antigas linhas de praia que atualmente estão submersas (Figura 7.2).

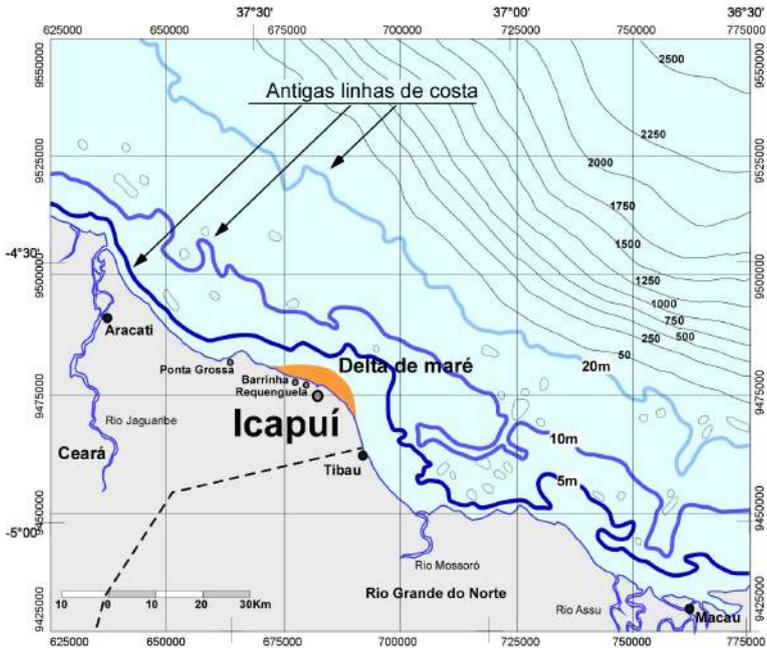


Figura 7.2 – Localização regional da área de estudo incluindo o delta de maré e as cotas batimétricas da plataforma e talude (modificado de GRANT/OCEANSAT, 2002). Evidencia-se a possível fisiografia das antigas linhas de costa, associadas aos eventos eustáticos.

A extensão da faixa de praia atual – entre o Rio Grande do Norte, a leste, e o município de Aracati, a oeste – é de aproximadamente 46 km, ocupando uma área de 196,7 hectares. Foram definidos 3 setores, levando em conta as características dos sedimentos e as relações com os demais componentes geoambientais da planície costeira (Figura 7.3).

O primeiro setor, com aproximadamente 19 km de extensão, está associado aos terraços marinhos e às dunas de terceira geração. A principal fonte dos sedimentos foi proveniente dos terraços marinhos, dunas, canais fluviais localizados mais a leste e biodetritos (fragmentos de conchas). São praias dissipativas (muito planas) e com declividade em torno de 2 graus. A gra-

nulação predominante é de areia fina a média. Sazonalmente, é, em parte, recoberto por uma camada de algas conduzidas até a zona intermaré pelas correntes marinhas.

O segundo setor, na parte central da planície, é vinculado ao canal estuarino Barra Grande e está posicionado na borda mais continental do delta de maré, onde ocorre uma inflexão na fisionomia da linha de costa, passando de uma direção preferencial de sudeste para noroeste. Tem uma extensão de aproximadamente 11 km. Durante a maré baixa, aflora uma faixa de praia que alcança 2 km de largura, abrangendo o banco de algas dos Cajuais (área de 577,3 ha). A dinâmica imposta pela deriva litorânea e o aporte de sedimentos através do canal estuarino foram fundamentais para a diferenciação granulométrica, mineralógica e biodetrítica. A coloração mais escura das areias é devido à presença de fragmentos das carapaças de organismos marinhos (pedaços de conchas de moluscos).

O terceiro setor apresenta uma extensão de aproximadamente 16 km e encontra-se posicionado preferencialmente diante das falésias vivas. Abrange também a praia de Ponta Grossa, a faixa de praia mais larga de Icapuí, com 250 m. Esse setor apresenta blocos de rocha dispersos na praia e plataforma de abrasão (principalmente entre as praias de Picos e Redonda), evidenciando testemunhos de antigas linhas de falésias, recuadas continente adentro durante as flutuações do nível do mar.



Figura 7.3 – Diversidade morfológica da faixa de praia.

A erosão costeira foi detectada em vários trechos nos três setores de praia (Figura 7.4). Nas praias da Barrinha, Barreiras da Sereia e Redonda, a ação das ondas vem acarretando a destruição de moradias, pontos comerciais, portos dos barcos e jangadas e edificações públicas (escolas, vias de acesso, praças e rede de drenagem pluvial e de energia elétrica). Esse fenômeno pode estar relacionado com as formas inadequadas de ocupação dos setores de domínio das marés, como o manguezal da Barra Grande (salinas e fazendas

de camarão) e da zona de berma (volume de areia armazenado entre o limite da maré alta e os terraços, as dunas e as falésias).



Figura 7.4 – Erosão ao longo da faixa de praia.

Os terraços marinhos (praias antigas), formados através das flutuações do nível do mar e mudanças climáticas, com altitudes que alcançaram os 8 m acima do nível atual do mar, ocupam grande parte da planície costeira (com uma área total de 3.065 ha). Foram encontradas camadas de areia contendo conchas de bivalves (organismos associados à zona intermaré) e seixos de concreções carbonáticas (rodolitos que atualmente ocorrem no banco de algas) afastadas da linha de praia atual. As conchas foram submetidas a datações radiométricas, utilizando o método C14 (MORAIS; MEIRELES, 1992; MEIRELES, 2001), e as encontradas a 1,5 m acima do nível de maré alta atual definiram idade por volta de 2.000 anos A.P. (Figuras 7.5 e 7.6).



Figura 7.5 – Paleofalésias, terraços marinhos (praias antigas) e a planície fluviomarinha.



Figura 7.6 – Terraços marinhos (praias antigas) demonstrando relações entre a diversidade de componentes geomorfológicos, mudanças climáticas e do nível relativo do mar.

Como a morfologia dos terraços também foi relacionada aos eventos de marés de tempestade durante as fases regressivas, foram construídas estruturas de cristas e cavas paralelas à linha

de praia atual e definidos cordões litorâneos indicadores de antigas linhas de praia. Entre as cristas normalmente ocorrem canais de maré que se interligam com o estuário Barra Grande e as lagoas alongadas distribuídas em vários setores da planície.

Associados a esse conjunto de terraços e durante o evento regressivo no qual o mar atinge a cota atual, desenvolveram-se os sistemas dunar, lagunar, estuarino e o delta de maré, no qual está instalado o banco de algas. Suas características morfológicas e sedimentares foram descritas, e os depósitos foram posicionados num contexto regional e atribuídos controles transgressivos e regressivos que ocorreram durante o período Quaternário. O limite externo do banco pode estar associado a uma linha de praia construída durante os eventos eustáticos e que atualmente se encontra submersa.

O estuário Barra Grande nasce no sopé da falésia, nas proximidades da área mais urbanizada de Icapuí. Associado ao tabuleiro, à laguna dos Cajuais e aos terraços marinhos, recebe água doce e salobra para a composição dos níveis de salinidade e nutrientes que deram origem ao ecossistema manguezal. Trabalhos realizados por Fairbridge (1980), Dalrymple *et al.* (1992) e Perillo (1995), que trataram de uma revisão de conceitos e propostas de classificação dos estuários, incluíram características ambientais e processos costeiros e marinhos relacionados com a integração entre a água doce proveniente do lençol freático (existente no tabuleiro pré-litorâneo e nos terraços marinhos) e a dinâmica das marés para a origem de estuários do tipo encontrado na planície costeira de Icapuí.

O ecossistema manguezal (com uma área de 168,65 ha) depende diretamente dos processos biológicos, sedimentares e hidrodinâmicos que se desenvolvem nos setores de vegetação de mangue, apicum, canais de maré e bancos de areia que interligam setores mais interiores do manguezal. Vincula-se ao delta de maré através da dinâmica das marés e produção e dispersão de nutrientes, contribuindo para manter, regular e diversificar a biodiversidade local (Figura 7.7). Esse suporte de biomassa relaciona-se com as atividades de subsistência da comunidade de pescadores existente nas proximidades do ecossistema manguezal, do banco dos Cajuais e das praias da região.

Trata-se de um ecossistema fortemente fragmentado pelas salinas e fazendas de camarão, mas atuando, ainda, como suporte ambiental para a pesca e a mariscagem. Favorece a segurança alimentar advinda das atividades de subsistência e os estuques de pescado ao longo da zona costeira e ambiente marinho. Regionalmente, esse ecossistema está vinculado às rotas de migrações, principalmente com a Rota Migratória Atlântica de Aves Neotropicais (WHSRN, 2001). Seu conjunto de unidades e feições específicas (manguezal, apicum, gamboas, canais de maré, bancos e flechas de areia e argila e zonas de transição) constitui um ecossistema de fundamental importância na geração e produção de vida animal, principalmente marinha.



Figura 7.7 – Conjunto de morfologias regido pelas oscilações das marés e eventos eustáticos que promoveram as flutuações do nível relativo do mar. Atualmente, associado ao ecossistema manguezal do estuário Barra Grande.

O último evento regressivo também foi responsável pela origem do delta de maré (banco de algas) (Figuras 7.8 e 7.9). Durante as fases de mínima vazão do estuário, os esporões de areia fecharam o canal (pelo predomínio da deriva litorânea), originando sistema lagunar (MEIRELES *et al.*, 2005). Essas estruturas (atualmente em formação entre o banco de algas e o manguezal) foram sucessivamente abertas com a energia proveniente dos fluxos de água doce em eventos de máxima vazão (contribuições do lençol freático e do sistema lagunar/lacustre). Caso a sequência de 9 esporões de areia (desde o contato com a falésia morta até a faixa de praia atual) tenha evoluído dessa forma, a abertura sequenciada do canal estuarino, através do rompimento das flechas de areia, produziu uma excelente fonte (espasmódica) de sedimentos que contribuiu com a con-

tinuidade do processo evolutivo do delta de maré. Como esses eventos foram associados à fase regressiva, os materiais arenosos e argilosos recobriram os depósitos originados no evento transgressivo anterior (que provavelmente originou as falésias interiores). Fragmentos de flechas de areia isolados, dispersos e sobre a planície de maré da Barra Grande registraram indícios de rompimentos dos esporões arenosos.



Figura 7.8 – Delta de maré (*ebb delta*) localmente associado ao banco de algas dos Cajuais.

A interligação entre os dois sistemas (delta de maré e estuário) é realizada por uma complexa rede de canais que tratam de renovar a água dos respectivos ecossistemas e promovem a distribuição da produção de matéria-prima (nutrientes) para a fauna e a flora. Os canais também atuam de modo a proporcionar aportes de sedimentos (areia, silte, argila, biodetritos e matéria orgânica) para a contínua transformação morfológica do delta de maré.

Os canais de maré sobre o delta, durante a maré baixa, distribuem os propágulos da vegetação de mangue, nutrientes produzidos dentro do ecossistema manguezal e sedimentos, para a

deriva litorânea (ação das ondas e marés ao longo das praias a leste). Esses canais também orientam os setores de expansão do ecossistema manguezal e a dinâmica do aporte de nutrientes para o ecossistema marinho proximal (plataforma proximal). Durante a maré alta, atuam como canalizadores da água marinha para dentro do ecossistema manguezal e planície de maré associada.

A biomassa de algas presente nessa região faz com que o banco dos Cajuais seja caracterizado como o banco de algas mais significativo em todo o estado do Ceará. Soma-se a isso o fato de tratar-se de uma região onde a presença de fanerógamas marinhas é abundante, tornando-se uma área de relevante interesse para a conservação, não somente como área de alimentação do peixe-boi marinho, mas também como área de recrutamento para outras espécies (AQUASIS, 2003). Levando em conta a diversidade de ecossistemas e a produtividade primária, a planície costeira de Icapuí – manguezal, delta de maré e plataforma continental proximal (até a cota batimétrica de 10 m) – é considerada como extremamente crítica para a preservação do peixe-boi marinho. Os conflitos de uso, os danos ambientais na exploração dos recursos e as atividades que ameaçam a espécie foram agrupados como indicadores de perda de biodiversidade.

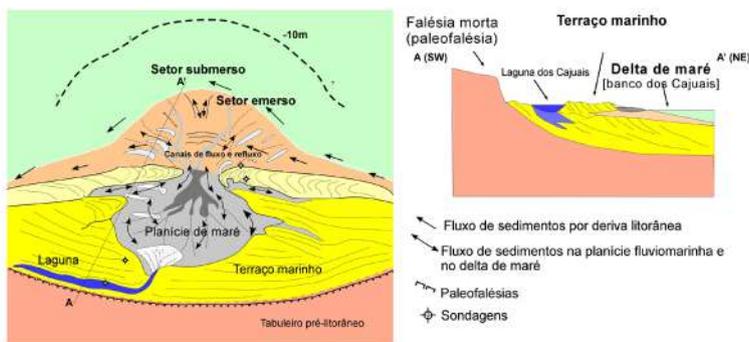


Figura 7.9 – Modelo evolutivo do delta de maré (banco de algas).

Sobre os terraços marinhos holocênicos e posicionadas entre os cordões litorâneos, formaram-se as lagoas costeiras (Figura 7.10). São alongadas no sentido sudeste-noroeste e diretamente vinculadas ao afloramento do lençol freático durante o período das maiores precipitações pluviométricas (primeiro semestre). À medida que se processava a progradação da planície costeira (durante a última fase transgressiva, quando o nível do mar começa a se afastar das paleofalésias), com a formação dos terraços marinhos holocênicos, as lagoas costeiras foram sendo alojadas entre os setores de cristas e cavas.



Figura 7.10 – Lagoa costeira evidenciando a sazonalidade climática (mesma lagoa na estiagem e no período chuvoso).

As dunas ocupam uma área de 643 ha (Figura 7.11) e estão relacionadas com a faixa de praia, os terraços marinhos, o tabuleiro, as lagoas costeiras e o delta de maré. Elas também cobriram antigas falésias originadas quando o nível do mar encontrava-se mais elevado do que o atual. As areias para a formação das dunas foram mobilizadas pelo vento a partir da construção das primeiras faixas de terraço marinho, no início do período regressivo, ainda com o nível do mar nas proximidades das falésias mortas. As dunas estão distribuídas preferen-

cialmente na porção leste da planície costeira. As mais antigas, possivelmente associadas ao processo regressivo após o máximo transgressivo pleistocênico, foram fixadas por uma cobertura vegetal arbórea e estão posicionadas nos extremos da planície costeira, sobre o tabuleiro pré-litorâneo.



Figura 7.11 – Dunas móveis e fixas e lagoas interdunares.

O tabuleiro pré-litorâneo – depósitos pliopleistocênicos representados pelas Formações Barreiras e Potengi – representa a unidade geoambiental de maior abrangência territorial do município. Seu limite com as unidades da planície costeira é delimitado por uma linha de falésias com 34,4 km de extensão (a paleofalésia com 30,4 km e falésia viva com 4 km).

A dinâmica da água subterrânea está associada à laguna dos Cajuais e à planície fluvio-marinha (fontes de água doce no sopé das falésias). Por tratar-se de uma unidade geoambiental em processo acelerado de ocupação, foram detectados proble-

mas com a qualidade da água (precário saneamento básico em áreas de expansão desordenada).

A principal causa da contaminação do lençol freático deve-se a problemas vinculados à falta de saneamento básico. O esgoto doméstico enviado para fossas artesanais foi responsável, em grande parte, pela contaminação dos aquíferos e lagoas costeiras. O despejo dos efluentes domiciliares no mar e no manguezal, através de canalizações clandestinas, foi evidenciado como indicador direto de contaminação dos ecossistemas.

As amostras de água coletadas nas lagoas e riachos e submetidas às análises físico-químicas foram classificadas como impróprias para o consumo humano (inclusive com níveis insatisfatórios de salinidade). Os dados gerados das amostras coletadas nos canais de maré, laguna dos Cajuais e manguezal da Barra Grande evidenciaram os componentes físico-químicos vinculados à água salobra e foram agrupados no banco de dados para a continuidade do monitoramento. A análise bacteriológica da água coletada nas comunidades de Requenguela, Barrinha e Ponta Grossa obtida nas cisternas e proveniente do aquífero Barreiras (lençol freático associado ao tabuleiro) apresentou resultados satisfatórios. As coletadas nas lagoas e nos riachos (vínculo direto com a água subterrânea contaminada com os efluentes domiciliares) foram caracterizadas como impróprias ao consumo.

Os resultados das análises físico-química e bacteriológica evidenciaram que os ecossistemas costeiros estão submetidos à poluição provocada pelas fossas e pelo lançamento direto dos esgotos no solo. Esses dados também demonstraram que o processo de salinização do lençol freático, principalmente nas localidades mais próximas da praia e dos canais de maré (possivelmente pelo excesso de bombeamento e impermeabiliza-

ção do solo), está alterando a qualidade da água utilizada para as atividades domésticas e impedindo o consumo humano. A definição desses parâmetros foi fundamental para justificar a implantação das cisternas (minimizar a exploração do lençol freático, potencializar o volume de água pluvial no aquífero e assim diminuir os níveis de salinidade) e a implantação dos canchais biosséticos (biorremediação dos efluentes domiciliares) nas comunidades de Requenguela, Barrinha e Ponta Grossa. Como foi realizado um diagnóstico da qualidade da água em todas as comunidades, foram gerados dados ambientais para ampliar a implantação desses equipamentos, elevando, de forma integrada, a qualidade ambiental e de vida das comunidades litorâneas da planície costeira de Icapuí.

Para a composição do modelo evolutivo da planície costeira de Icapuí, foi evidenciada a dinâmica sazonal existente entre as precipitações pluviométricas, a insolação e a velocidade dos ventos, sendo necessária para caracterizar os períodos de maiores precipitações e, assim, correlacionar com os impactos associados aos diversos tipos de utilização dos recursos hídricos.

Os índices médios mensais de insolação que apresentaram os menores valores foram registrados durante o período de maior precipitação, devido a uma maior nebulosidade. Os maiores valores situaram-se nos meses com menores índices de precipitação (agosto e outubro) e com valores mais altos de velocidade média dos ventos. Esses se apresentam no litoral como um componente da dinâmica morfológica e fundamental para a composição dos modelos evolutivos propostos. As direções predominantes no litoral cearense são de SE, ESE, E e NE. As médias de velocidade chegam a superar os 4,5 m/seg. nos meses mais secos. No período de estiagem (segundo semestre), há um predomínio dos ventos de SE (são os ventos mais inten-

sos). No início da estação chuvosa, com a chegada da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), registram-se mudanças na direção dos ventos, passando a predominar os de NE.

A integração desses componentes atmosféricos demonstrou que a migração das dunas móveis ocorre no segundo semestre, associada aos valores mais elevados na velocidade dos ventos e na insolação e índices mais baixos de precipitação pluviométrica. Durante o primeiro semestre, o aporte de areia para a faixa de praia diante da área urbana é realizado pela deriva litorânea de sudeste para noroeste, devido à fisionomia da linha de costa e direção preferencial dos ventos de leste e nordeste.

No primeiro semestre do ano, período em que ocorrem os maiores índices de precipitação pluviométrica, as lagoas costeiras de Icapuí elevam seu nível hidráulico, uma vez que se relacionam diretamente com as oscilações do lençol freático. Nesse período, o estuário recebe maiores volumes de água doce provenientes das lagoas e dos vários exutórios e nascentes ao longo das falésias mortas (paleofalésias).

Os eventos que contribuíram para as variações do nível relativo do mar refletiram-se na origem das unidades geoambientais da planície costeira de Icapuí. Em nível regional, podem estar associados aos eventos neotectônicos, como os registrados nos depósitos pós-deposicionais à Formação Barreiras (SOUSA *et al.*, 2008). Em nível global, podem ser relacionados a diversas causas: movimentos tectônicos, sedimentação do piso oceânico, isostasia (glácio, hidro e sedimentar), topografia do fundo oceânico, movimentos geoidais (relação entre a Terra e o Sol), glaciações, mudanças climáticas, falhas geológicas, compactação sedimentar e subsidência, marés, tsunamis e ondas (ver capítulo 1). Localmente, os reflexos desses eventos planetários foram registrados em praticamente todos

os componentes ambientais da planície costeira, descritos acima e representados nos mapas temáticos.

## **Os Fluxos Costeiros e as Interferências Humanas**

A planície costeira de Icapuí é resultado de uma complexa integração dos processos ambientais vinculados às teleconexões entre o continente, a atmosfera e a biosfera (Figura 7.12). Ocorreram durante variações do nível do mar e mudanças globais que também se processaram ao longo do litoral do planeta Terra. Durante os eventos geoambientais e ecodinâmicos descritos acima, o litoral foi construído à medida que os fluxos de matéria e energia proporcionavam a produção de sedimentos e nutrientes, a sua distribuição e deposição ao longo das unidades ambientais e ecossistemas associados, vinculados às flutuações do nível relativo do mar, mudanças climáticas e ação das energias modeladoras atuais (ondas, marés, ventos e hidrodinâmica superficial e subterrânea).

Cada fluxo evidenciou uma elevada diversidade de funções e serviços ambientais que mantêm os componentes ambientais completamente integrados. A conectividade entre os fluxos foi definida tomando como base a área de abrangência das unidades geoambientais e ecodinâmicas definida nos mapas temáticos. Foram correlacionados com a evolução da planície costeira tomando como base processual as flutuações do nível relativo do mar e as mudanças climáticas que ocorreram durante o Quaternário.

A dinâmica que envolve as ondas, a erosão das falésias, a competência dos ventos para transportar areia para dentro do continente, a elevada densidade de canais de maré que afloram na maré baixa sobre o banco de algas, escoamentos superficiais associados à laguna dos Cajuais e ao estuário Barra Grande e

as conexões com o lençol freático (quando aflora, origina as lagoas dispostas sobre a planície) foram evidenciados de modo a configurar a interdependência evolutiva entre os sistemas costeiros descritos a seguir:

1. A integração dos fluxos litorâneos dispostos na planície costeira de Icapuí e os efeitos sazonais das condições climáticas e eventos eustáticos possibilitaram a compreensão dos processos morfogenéticos que geraram a progradação dos terraços marinhos e consequente formação das lagoas, lagunas, estuários, gerações de dunas e a sequência de esporões arenosos. A presença do terraço marinho pleistocênico, juntamente com os depósitos de mangue e planície de maré impulsionaram a dinâmica sedimentar local, durante a regressão subsequente ao máximo transgressivo de 5.100 anos A.P.;
2. As cristas de praia e sulcos (ondulações paralelas à linha de praia que partem do contato dos terraços com a paleofalésia), dispostas ao longo da planície, foram originadas a partir de eventos erosivos durante períodos de marés de sizígia e de tempestades. Na porção leste do estuário Barra Grande, essas cristas estão espaçadas em até 200 m e, na oeste, com uma menor amplitude, espaçadas em média de 50 m. A altura entre as cristas e os sulcos variou de 1 a 3 m. Essas morfologias, paralelas à linha de praia atual, evoluíram para lagoas costeiras regidas pela sazonalidade climática e variações do nível hidrostático do aquífero;

3. O fluxo eólico atuou de modo a formar três gerações de dunas. As areias foram mobilizadas a partir da construção das primeiras faixas de terraço marinho, no início do período regressivo e ainda com o nível do mar nas proximidades das paleofalésias (morros de Icapuí). Os depósitos eólicos estão distribuídos sobre as falésias mortas, terraço marinho e zona de berma, evidenciando uma relação direta com as etapas regressivas do nível relativo do mar e mudanças climáticas ocorridas durante a formação da planície costeira. Esses depósitos estão distribuídos, preferencialmente, na porção leste da planície;
4. A dinâmica das marés atuou como principal vetor de energia e de produção e distribuição de sedimentos. Relaciona-se também com a delimitação das áreas de domínio dos ambientes marinho e misto. Durante eventos de tempestade e marés de ressaca, amplia consideravelmente seu domínio espacial, relacionando-se com setores da planície costeira associados à sede do município de Icapuí, à laguna dos Cajuais e às atividades de produção de sal e carcinicultura;
5. A deriva litorânea dos sedimentos ocorre, predominantemente, de leste para oeste e, localmente, através de duas direções preferenciais de acordo com a fisiografia da linha de costa (sudeste e noroeste) e a direção dos ventos (alísios de leste e nordeste). Correlacionada com a morfologia de esporões de areia que partem do interior da planície e associada à margem direita do estuário Barra Grande, é provável que também tenha mantido essa mesma distribuição durante a construção

dos terraços marinhos. Atualmente, proporciona o transporte de sedimentos e das algas ao longo das praias e sobre o delta de maré. Quando conjugada com o fluxo das marés, nas proximidades da Barra Grande, proporciona as mudanças morfológicas dos canais sobre o banco de algas, direcionando os fluxos de enchente e vazante sobre o sistema marinho proximal. A relação entre a deriva litorânea – representada por morfologias caracterizadas por flechas e bancos de areia – e os materiais provenientes do canal principal foi também responsável pela composição morfológica atual e simetria definida ao longo da faixa mais distal (emersa em maré baixa) do delta (BHATTACHARYA; GIOSAN, 2003). A composição com os demais fluxos de matéria e energia e os eventos de flutuações do nível do mar para o litoral cearense (MEIRELES *et al.*, 2005) definiram uma série de eventos relacionados com a evolução morfológica do delta de maré;

6. O sistema lagunar, localizado no sopé da paleofalésia, hoje fortemente alterado por ações de cultivo de subsistência e construção de comportas para a drenagem e bloqueio do acesso da água das marés, era acessado pelos fluxos de maré durante eventos de marés de sizígia e tempestade e pela água doce proveniente do aquífero (tabuleiro pré-litorâneo). Está vinculado ao último evento transgressivo, possivelmente construído por ilha-barreira e a progradação da planície com a construção dos terraços marinhos holocênicos;

7. O estuário Barra Grande representa um sistema interligado aos fluxos de água doce provenientes do exutório das falésias mortas (nascentes), à dinâmica das marés e às correntes marinhas. Atualmente, está submetido às atividades que promoveram impactos ambientais relacionados com o desmatamento do manguezal, a impermeabilização do solo (vias de acesso, salinas e viveiros de camarão) e a contaminação da água (efluentes domiciliares e industriais) que modificaram a hidrodinâmica de fluxo e refluxo das marés;
8. O delta de maré (banco de algas dos Cajuais) é o sistema costeiro de maior complexidade geoambiental da região, pois se trata do ponto de convergência das reações associadas aos fluxos de matéria e energia produzidos na planície costeira e ambiente marinho adjacente. Relaciona-se diretamente com o aporte de sedimentos e nutrientes provenientes dos demais fluxos que atuaram na construção da paisagem costeira e da plataforma continental proximal. Os fluxos produzidos pela deriva litorânea dos sedimentos e os provenientes das fases de vazão da maré no estuário Barra Grande e da água subterrânea originada pelos aquíferos denominados de Barreiras, terraços marinhos e dunas direcionam-se para o delta de maré, interagindo com o ecossistema localmente representado pelo banco de algas. Da mesma forma, os fluxos produzidos interagem diretamente com os demais, principalmente na disponibilidade de sedimentos e nutrientes produzidos e em parte disponibilizados para os demais ecossistemas (estuário e praias adjacentes) através da dinâmica das marés, das ondas e dos ventos.

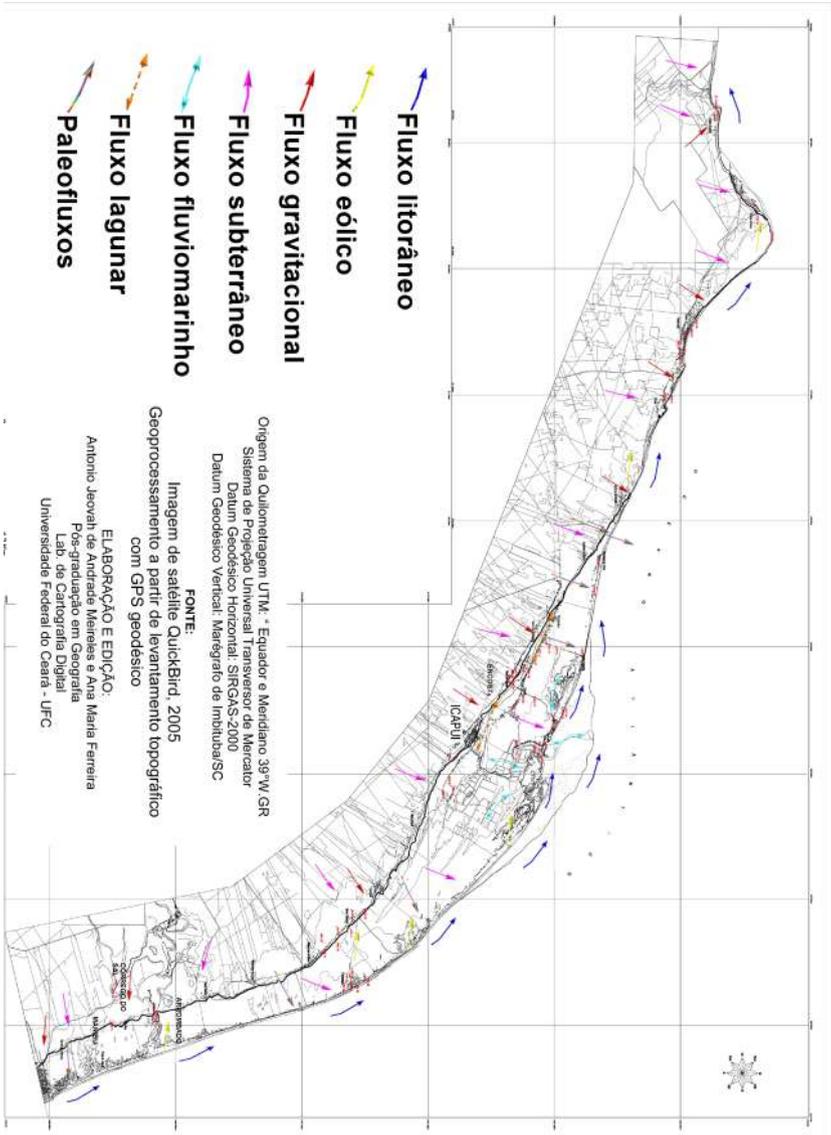


Figura 7.12 – Espacialização qualitativa dos principais fluxos morfogenéticos.

Atualmente, os componentes ambientais da planície costeira passam por processos evolutivos associados às diversas formas de uso e ocupação, interferindo nos fluxos, e relacionados com as atividades de subsistência e usufruto das comunidades tradicionais, e à degradação das falésias e do manguezal (salinas e camarão em cativeiro).

As interferências no ecossistema manguezal promovidas pelo desmatamento e bloqueio dos canais internos pelos diques para produção de sal e de camarão em cativeiro alteraram a dinâmica de distribuição dos sedimentos e nutrientes e o intercâmbio desses componentes com o banco de algas e os terraços. Setores de apicum foram isolados da participação diária das incursões das marés. Foram introduzidos componentes químicos (metabissulfito e carbonato de cálcio) e matéria orgânica (alimento para os camarões) indutores de alteração da produtividade marinha e da qualidade da água.

Atividades de subsistência, como currais de pesca, mariscagem, coleta de algas, pesca em águas rasas, projetos de criatório de ostras, cultivo de algas e atividades de turismo e lazer, desenvolvem-se diretamente no banco de Cajuais e praias adjacentes. Todas essas atividades dependem diretamente da qualidade da água e da produção primária (matéria orgânica, nutrientes e algas) existente no banco de algas e estuário Barra Grande.

## **Zoneamento Ambiental**

Os dados alcançados com o diagnóstico ambiental levaram à elaboração de um mapa – zoneamento ambiental – com o objetivo de evidenciar a integração entre todos os componentes da paisagem litorânea e as diversas formas de interferências humanas de modo a orientar a gestão da planície costeira (Figura 7.13).



Com a definição dos agentes morfodinâmicos e como atuaram na composição dos fluxos de matéria e energia para a composição da paisagem, foi possível caracterizar as vulnerabilidades ambientais. Os critérios definidos foram relacionados com os processos geoambientais e ecodinâmicos vinculados à evolução da zona costeira, quando submetidos às formas de uso e ocupação definidas.

A vulnerabilidade natural de cada unidade de paisagem foi atribuída de modo qualitativo e levou em conta a relação entre a dinâmica morfológica e alterações dos agentes modeladores a partir das interferências humanas. Foi classificada através da análise integrada dos componentes ambientais caracterizados por terraços marinhos, campo de dunas, falésias vivas e mortas, lagoas interdunares, laguna, ecossistema manguezal, banco de algas e faixa de praia. Avaliações complementares foram realizadas através da sazonalidade climática (formação de lagoas, alterações no nível hidrostático e movimentação dos corpos dunares).

As potencialidades dizem respeito à configuração de formas de apropriação dos recursos ambientais de modo a proporcionar a conservação, recuperação e preservação dos componentes geoambientais e ecossistemas. As limitações foram relacionadas à capacidade de suporte de uso e ocupação do solo, susceptibilidade à erosão, poluição dos recursos hídricos que afetam a fauna, a flora e as comunidades tradicionais e étnicas e ao estado de conservação das unidades ambientais.

A seguir, estão enumeradas as zonas propostas e seus respectivos componentes morfológicos:

## Zona de Conservação Ambiental (ZCA)

Delimitou-se essa zona levando-se em conta a necessidade de implantação de programas ambientais para proporcionar a conservação de áreas que apresentam influência direta na manutenção da qualidade socioambiental dos ecossistemas, na perspectiva de protegê-los e de minimizar a degradação ambiental. Os sistemas envolvidos foram evidenciados como detentores de funções e serviços ambientais diretamente vinculados à continuidade das atividades tradicionais.

*Terraços marinhos* – relacionados com os núcleos habitacionais, agricultura de subsistência e coqueiral. As atividades de uso e ocupação deverão ser fundamentadas de modo a não provocar a impermeabilização do solo e lançamento de efluentes domiciliares – ações que acarretaram problemas de recarga do lençol freático e contaminação do aquífero. A vulnerabilidade quanto ao lançamento de efluentes é elevada, devido a sua composição sedimentar apresentar condições favoráveis à infiltração.

*Banco de algas/delta de maré* – parte da pesca artesanal e mariscagem desenvolve-se sobre o banco de algas dos Cajuais. A biodiversidade desse setor está vinculada ao peixe-boi marinho e às aves migratórias. Dessa forma, apresenta elevada vulnerabilidade às atividades que venham a alterar a qualidade da água, ação das marés e a instalação de campo petrolífero. Foi considerado como de conservação ambiental devido à necessidade de utilização dos seus recursos (atividades de baixo impacto ambiental) para a segurança alimentar das comunidades e sua relação com projetos comunitários de cultivo de algas.

*Corredor ecológico que dá acesso à mata de tabuleiro da Fazenda Belém* – interconexão entre as Unidades de Conservação (UCs), contribuindo para a manutenção de áreas que resguardam

ecossistemas em elevado estágio de degradação (desmatamento e queimadas) e retomada da biodiversidade. Elevada vulnerabilidade ao desmatamento, o que promoveria a fragmentação das áreas com cobertura vegetal representativa do tabuleiro.

### **Zona de Preservação Permanente (ZPP)**

As áreas de preservação permanente (APPs) legalmente possuem as mais rígidas normas de preservação ambiental. São espaços territoriais com funções ambientais essenciais para a produção primária existente nos ecossistemas costeiros.

Foram consideradas áreas de preservação permanente as encostas das falésias, o manguezal em toda a sua extensão, as dunas, o delta de maré (continuidade das atividades de subsistência), lagoas e laguna dos Cajuais, área de repasse de sedimentos e de elevada biodiversidade e fragmentos da mata de tabuleiro que abrange Retiro Grande e Ponta Grossa.

### **Zona de Recuperação Ambiental (ZRA)**

Pela importância de suas funções geoambientais e ecológicas, sua recuperação potencializará melhorias na qualidade da água, conservação das encostas das falésias, de modo a minimizar os riscos de escorregamentos (reflorestamento), manutenção de aporte de areia na faixa de praia e expansão da biodiversidade (corredores ecológicos e recuperação do ecossistema manguezal). Nessa zona, o uso deverá ser restrito, com o objetivo de deter a degradação e/ou restaurar a área. Após a restauração, essa zona deverá ser incorporada novamente a uma das zonas existentes.

O diagnóstico ambiental da planície costeira de Icapuí foi realizado de modo a proporcionar a definição da dinâ-

mica geoambiental que atuou na elaboração da diversidade de componentes geoambientais e ecossistemas. A integração dos processos geomorfológicos foi realizada tomando como base a distribuição das energias de transporte de sedimentos e nutrientes, a composição dos recursos ambientais e as formas de uso e ocupação do litoral.

Determinou-se que os terraços marinhos (praias antigas) e o delta de maré (banco de algas dos Cajuais) são localmente sistemas geoambientais originados por meio da evolução dos eventos ambientais relacionados com as flutuações do nível do mar e mudanças climáticas. Os demais componentes morfológicos – dunas, lagoas, laguna, planície de maré e praia atual – integraram-se com os efeitos erosivos e deposicionais, quando o nível do mar atinge a cota atual.

Os mapas temáticos proporcionaram a definição, em escala de detalhe, dos aspectos geomorfológicos, geológicos e as formas de uso e ocupação da planície costeira. Foram fundamentais para a elaboração do zoneamento ambiental, contendo as ações e medidas para a conservação dos recursos naturais e recuperação dos ecossistemas degradados. O modelo evolutivo proposto para esse setor do litoral cearense, originado de um complexo banco de dados, foi fundamental para proporcionar os fundamentos socioambientais para a gestão integrada da planície costeira de Icapuí.



## 8

---

### **FUNÇÕES AMBIENTAIS DOS PRINCIPAIS GEOAMBIENTES DO LITORAL**

Com base na dinâmica de aporte de sedimentos para a zona costeira, na evolução espaçotemporal dos fluxos hidrodinâmico (estuarino, lacustre e lagunar), eólico (migração dos campos de dunas), litorâneo (ação das ondas e marés na linha de costa), gravitacional (queda de blocos e deslizamento de materiais sedimentares das falésias) e subterrâneo (disponibilidade de água no lençol freático e curso da hidrodinâmica do aquífero), caracterizaram-se as funções socioambientais dos componentes ambientais litorâneos e da plataforma continental.

Os dados apresentados neste capítulo foram, em parte, originados dos estudos realizados para criação de um mosaico de unidades de conservação no litoral leste cearense. A diversidade de usos e a distribuição dos impactos socioambientais, inclusive abordados em capítulos anteriores, proporcionaram a criação de um grupo de pesquisadores da Universidade Federal do Ceará (UFC) e representações da sociedade civil organizada (Aquasis, Terramar, Fundação Brasil Cidadão, associações comunitárias) para realização e diagnóstico socioambiental. O objetivo geral foi o de efetivar as bases ambientais, culturais e socioeconômicas para criação de uma Área Marinha Protegida (AMP).

As funções ambientais dos componentes morfológicos foram agrupadas de modo a orientar medidas de planejamento e gestão relacionadas com as zonas definidas para atividades de pesca (conservação dos estoques), de conservação e preservação – suprimen-

tos para a recuperação da produtividade marinha – e soberania alimentar das comunidades tradicionais litorâneas e ribeirinhas que se integram com os sistemas ambientais. Dessa forma, foram evidenciados serviços ambientais sistêmicos e extremamente complexos e, portanto, incapazes de atuar como condutores de políticas voltadas para contingenciamentos econômicos com o objetivo de mercantilizar os sistemas ambientais. As relações de interdependência com ecossistemas e formas de uso e ocupação proporcionam atividades culturais, extrativistas e socioeconômicas ao longo da planície costeira e plataforma continental e foram associadas com:

1. a produtividade dos ecossistemas costeiro e marinho;
2. a soberania alimentar vinculada à biodiversidade, aos povos e às comunidades tradicionais;
3. os ecossistemas de suporte para as aves migratórias e peixe-boi marinho;
4. os bancos de algas, cultivo e produtividade marinha do litoral leste;
5. os manguezais e as áreas úmidas;
6. os setores de dunas, falésias, canais fluviomarinheiros e fluviolacustres que proporcionam aporte de sedimentos para a zona costeira;
7. as zonas de recarga e manutenção do aquífero;
8. a faixa de praia, plataforma continental e lagoas costeiras com seus componentes geoambientais e ecológicos voltados para as relações extrativistas.

As funções ambientais dos ecossistemas foram ordenadas de acordo com os fluxos de matéria e energia e a compartimentação dos constituintes morfológicos, impactos ambien-

tais definidos e síntese dos processos geoambientais associada aos recursos hídricos e à paisagem resultante das teleconexões continente-oceano-atmosfera e diversidade de usos definida. Interferências realizadas de forma intensiva, fragmentadas e sem a definição dos impactos cumulativos proporcionaram indicadores de colapso socioambiental – decadência da produtividade pesqueira, perda de biodiversidade, erosão costeira, contaminação dos recursos hídricos e conflitos ambientais com as comunidades e os povos tradicionais.

Como se trata de uma abordagem relacionada aos princípios da geomorfologia, paisagens integradas e ecologia, as categorias analisadas deverão orientar bancos de dados técnico-científicos e com o conhecimento popular, tradicional e étnico para qualificar as principais funções ambientais dos componentes morfológicos. A síntese desses fluxos de matéria e energia, integradores das funções ambientais dos demais componentes de uma determinada planície costeira, foi representada na Figura 8.1 (qualificam as relações de interdependência entre os componentes morfológicos).

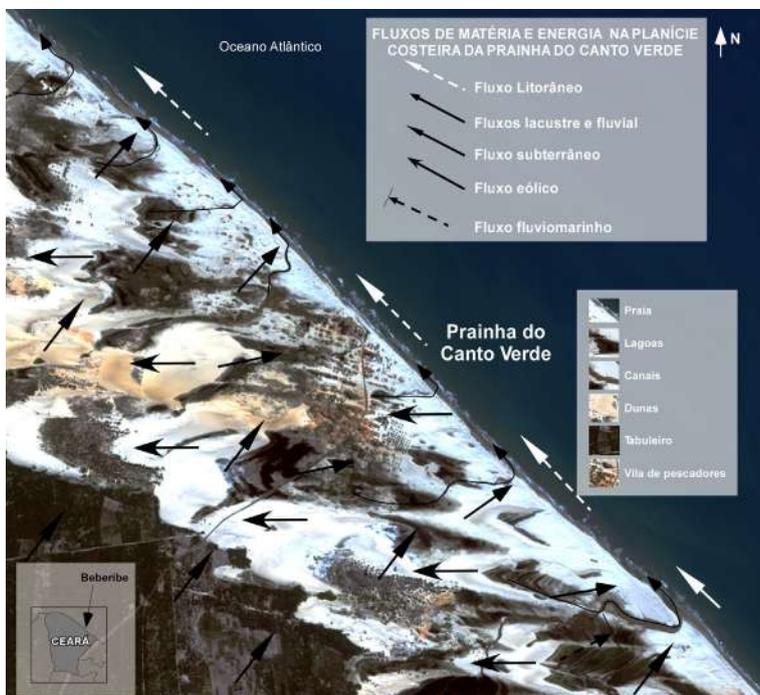


Figura 8.1 – Setor da planície costeira de Beberibe diante da RESEX marinha costeira da Praia do Canto Verde.

Fonte: Meireles (2005).

No que se refere à dimensão socioambiental das funções e dos serviços dos componentes geoambientais e ecossistemas delimitados pela proposta de AMP, evidenciaram-se disputas entre os usos comunitários do território (costeiro, marinho e os baixos e médios cursos fluviais) – comunidade e povos tradicionais – e os interesses da indústria de turismo, carcinicultura, pesca predatória, usinas eólicas, entre outros.

As consequências da apropriação de áreas ocupadas por comunidades tradicionais e de uso comunitário (formas de apropriação não capitalista da natureza) e por

grandes corporações empresariais demonstraram que essa apropriação desenvolve-se através de processos contínuos de destruição da natureza:

A introdução, em tais áreas, de monoculturas e pastagens, projetos viários, barragens, atividades mineradoras, etc. provoca grandes efeitos de desestabilização das atividades nas terras tradicionalmente ocupadas. Trata-se, portanto, dos casos em que, em certas combinações de atividades, o meio ambiente transmite impactos indesejáveis (as ditas “externalidades”) que podem fazer com que o desenvolvimento de uma atividade comprometa a possibilidade de outras atividades se manterem. Nesses casos, espaços produtivos privados transmitem os efeitos nocivos de suas práticas para o meio ambiente comum (ACSELRAD *et al.*, 2009, p. 74).

Em linhas gerais, os componentes ambientais e as formas de uso e ocupação do território propostos foram individualizados para caracterizar as relações de interdependência com a classificação dos componentes energéticos da planície costeira e indicação de conflitos socioambientais associados aos sistemas ambientais que sustentam práticas comunitárias, étnicas e extrativistas, os quais serão vistos a seguir:

1. *Campo de dunas móveis que migram na direção das margens dos estuários* – unidade geoambiental de elevado comportamento dinâmico, indicador de vulnerabilidade ambiental e envolvida na sazonalidade climática local e interanual. Processos regidos essencialmente pelas variações da precipitação pluviométrica, direção e velocidade dos ventos, dinâmica

hidrostática do aquífero e associações fitoecológicas. O bloqueio do fluxo de areia que migra na direção da margem direita dos rios e canais de maré promoverá um colapso de sedimentos nos sistemas estuarino e praial e, conseqüentemente, erosão severa em suas margens e praias associadas, podendo alcançar setores já urbanizados. A conservação e preservação do campo de dunas possibilitarão a manutenção das funções relacionadas ao aporte de sedimentos regulador da dinâmica praial e às lagoas costeiras vinculadas às oscilações do lençol freático e bancos e flechas de areia nos sistemas fluviomarinhos. Ressaltam-se os impactos ambientais dos parques eólicos interferindo na dinâmica ambiental e sítios arqueológicos nos campos de dunas de Aracati (comunidades do Cumbe, Esteves e Canoa Quebrada), Beberibe e Icapuí. As Figuras 8.2 e 8.3 demonstram a importância da manutenção dos fluxos de matéria e energia diante da complexa evolução espaço-temporal dos ambientes costeiros associados aos canais estuarinos (dos rios Choró e Jaguaribe) e campos de dunas do litoral leste cearense.

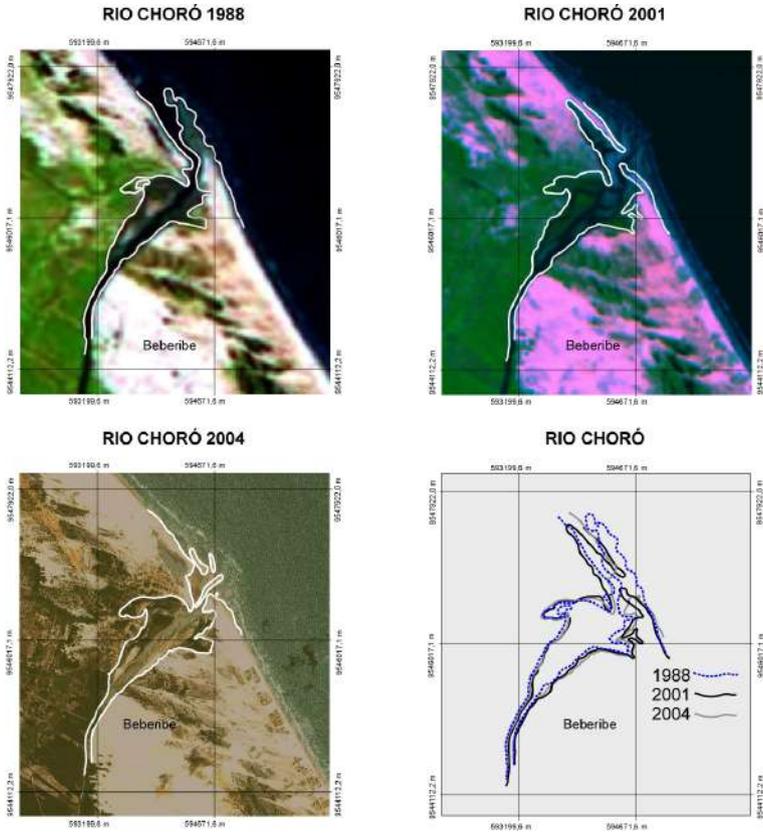


Figura 8.2 – Conjunto de componentes morfológicos – estuário, bancos e flechas de areia, terraços marinhos, rochas de praia, dunas móveis e fixas, lagoas costeiras e tabuleiro litorâneo – que proporciona sedimentos para a faixa de praia, nutrientes para a plataforma continental proximal e reserva estratégica de água doce através do aquífero dunar. Funções e serviços ambientais que também se vinculam ao turismo.



Figura 8.3 – Campo de dunas móveis da planície costeira de Aracati com interferências das usinas eólicas e vias de acesso.

2. *Dunas fixas* – unidade ambiental de preservação permanente que resguarda setores bem conservados da paisagem natural. A preservação das dunas fixas proporcionará baixos riscos de salinização do lençol freático e de extinção das lagoas interdunares, costeiras (associadas à impermeabilização do solo) e das nascentes dos riachos que alimentam com água doce o ecossistema manguezal e demais áreas úmidas. As nascentes de água doce são utilizadas pelas comunidades tradicionais e indígenas para beber e demais atividades domésticas. Nos municípios de Icapuí e Aracati, ocorrem campos de dunas que atuam como indutores de corredores ecológicos entre a mata de tabuleiro, bosque de mangue e vegetação de restinga (ecossistemas localmente associados aos terraços marinhos, superfícies de deflação eólica e zona de

berma). Um conjunto de serviços ambientais que atua na composição dos nichos de produtividade primária, desde os vínculos com o manguezal, bancos de algas, faixa de praia e, mais para o interior do continente, com o tabuleiro pré-litorâneo. Atuam, em conjunto com os demais componentes da flora, na captura de dióxido de carbono e controle da salinização do lençol freático.

3. *Faixas de praia* – tanto as associadas às margens dos canais estuarinos como a barlavento das dunas e terraços marinhos são mantidas pela integração dos transportes de sedimentos através dos ventos, das ondas e das marés. Quando utilizadas de forma inadequada, principalmente com a ocupação dos componentes ambientais associados à ação das ondas e marés, representam sistema morfológico de elevado risco (erosão com a supressão dos portos de jangadas, por exemplo) e associado a mudanças na dinâmica evolutiva, normalmente com consequências cumulativas ao longo do litoral. A dinâmica erosiva foi evidenciada nas praias dos municípios que fazem parte da AMP. Mais recentemente e ao longo das praias de Icapuí (Barrinha e Redonda), Aracati, Fortim e Beberibe, foram definidos trechos contínuos de erosão da faixa de praia, possivelmente associados à ocupação dos setores de aporte de areia proveniente da zona de berma, dunas móveis e canais estuarinos.
4. *Lençol freático* – dunas, terraços marinhos, lagoas costeiras, riachos e sistemas fluviomarinhas e fluviolacustres atuam como ambientes de recarga do aquífero. As dunas associadas à AMP representam

os setores de maior qualidade de reposição de água doce para o lençol freático de seus respectivos municípios, tratando-se de um volume de água estratégico para os ecossistemas e para as demais ações de uso e ocupação, principalmente as relacionadas à disponibilidade de água de qualidade e para as atividades extrativistas de pesca, mariscagem, plantio de vazantes, entre outras. O fluxo hidrodinâmico e a pressão hidrostática exercidos pelo aquífero na zona de contato entre a água doce e a salgada mantêm a disponibilidade de água doce para a região. Os aquíferos associados ao tabuleiro pré-litorâneo e campo de dunas de Icapuí estão vinculados a “olhos d’água” ao longo da plataforma continental – fluxos hidrostáticos aliados às composições litológica e estrutural da plataforma continental, com afloramentos distribuídos em vários pontos –, representando verdadeiros exutórios e ressurgências utilizados pelo peixe-boi marinho para acessar água doce em plena plataforma continental (ocorrem em profundidades que alcançam 10 m). Tratam-se de funções relacionadas com a qualidade do sistema costeiro com a disponibilidade elevada de água subterrânea e inter-relações com os ecossistemas.

5. *Banco de algas dos Cajuais* (Figura 8.4) – instalado diante do estuário Barra Grande, município de Icapuí, foi compartimentado em dois setores, aqui definidos como emerso e submerso. Estão associados com flechas de areias (*spits*), partindo do contato com a linha de falésia morta até uma planície de maré que se envolveu com o sistema

lagunar por intermédio do fechamento do canal estuarino pela deriva litorânea e o rompimento das flechas de areia, e relacionados à deriva litorânea de sudeste para noroeste e terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos. Essa dinâmica foi acompanhada com retenção (trapeamento) de sedimentos pela presença das algas e possíveis afloramentos rochosos (evidenciados mais ao oeste) diante da desembocadura do canal estuarino. A grande quantidade de biomassa de algas presente nessa região faz com que o banco dos Cajuais seja caracterizado como o banco de algas mais significativo desse setor do litoral nordestino. Soma-se a isso o fato de tratar-se de uma região onde a presença de fanerógamas marinhas é abundante, tornando uma área de relevante interesse para a conservação, não somente como área de alimentação do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*), mas também como área de recrutamento para outras espécies (MEIRELLES, 2008). Levando em conta a diversidade dos ecossistemas e a produtividade primária associada, a planície costeira de Icapuí, com manguezais, banco de algas e plataforma continental interna (até a cota de 10 m de profundidade), é considerada como extremamente crítica para a preservação do peixe-boi marinho.

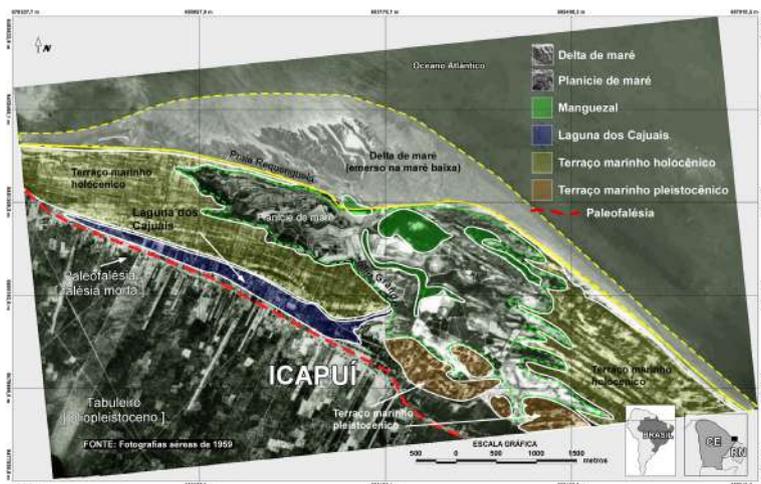


Figura 8.4 – Unidades morfológicas do trecho central da planície costeira de Icapuí. Sua evolução, com os eventos de flutuações do nível relativo do mar e mudanças climáticas durante o Quaternário, proporcionou a origem de um complexo conjunto de terraços marinhos, planície de maré, laguna e lagoas costeiras, campo de dunas e, progredindo para a plataforma continental interna, o delta de maré.

6. *Terraços marinhos* – são unidades morfológicas de médio a baixo risco nos setores afastados da linha de praia e margem dos canais e ecossistema manguezal sujeitos a riscos de contaminação do lençol freático por efluentes domiciliares e erosão de acordo com a dinâmica de transporte sedimentar por deriva litorânea e evolução dos bancos de areia nos canais estuarinos. Estão diretamente associados às atividades de subsistência das comunidades tradicionais, principalmente quando utilizados para o plantio de roçados e coqueirais (terraços marinhos de Icapuí). São também morfologias associadas às vilas de pescadores ao longo do litoral de Icapuí e Beberibe.
7. *Tabuleiro pré-litorâneo (tabuleiro costeiro) e falésias* – desde que evidenciados os riscos de contaminação

do lençol freático, de impermeabilização das zonas de recarga, preservação e conservação da mata de tabuleiro, de setores de domínio dos campos de dunas móveis e de atividades tradicionais de agricultura e pesca, representam a unidade morfológica mais adequada para as atividades de uso e ocupação do solo. As paleofalésias evidenciaram o limite do nível do mar durante os eventos transgressivos em setores mais interiores do continente. As linhas de antigas falésias dispostas ao longo de trechos do litoral leste – em Icapuí ocorre uma faixa com aproximadamente 30 km de extensão – evidenciaram o limite continental dos eventos eustáticos (máximo do último interglacial), demonstrando que os componentes geoambientais representados pela AMP foram integrados pelas oscilações do nível relativo do mar e mudanças climáticas durante o Quaternário. Atuam na formação de nascentes e lagoas costeiras quando em contato com os campos de dunas e terraços marinhos. As falésias vivas, dispostas em setores contínuos entre Icapuí e Aracati e em Beberibe, atuam como sistemas ambientais detentores dos aquíferos. As que ocorrem ao longo da planície costeira de Icapuí, associadas aos depósitos da Formação Barreiras e da Bacia Potiguar (arenitos e calcários), resguardam estruturas geofísicas que promoveram a origem de ressurgências do aquífero de água doce em vários pontos da plataforma continental proximal (olhos-d'água). Associados ao banco de algas dos Cajuais e diante das falésias vivas de Icapuí, os olhos-d'água são fundamentais para a permanência do peixe-boi marinho nesse setor da AMP.

Dessa forma, foi possível definir que os serviços ambientais foram relacionados com a preservação e conservação do aporte de sedimentos para a zona costeira associada à dinâmica dos campos de dunas e hidrodinâmica dos canais estuarinos, das ondas e das marés. As dunas móveis e fixas atuam como reservas estratégicas de água doce (aquífero), integradas com os demais ecossistemas representados na AMP. Intervenções no sentido de fragmentar, redirecionar ou bloquear os fluxos de matéria e energia poderão desviar o sistema para outros níveis de comportamento, normalmente relacionados com a erosão, perda de biodiversidade e degradação dos estoques pesqueiros e da qualidade de vida das comunidades tradicionais. A Figura 8.5 representa parte da complexidade que envolve as funções e os serviços ambientais definidos para esse setor que abrange a AMP. Foram relacionados com a evolução dos componentes geoambientais da planície costeira, canais estuarinos (sistemas mistos) e plataforma continental (marinho).

Foram identificados antigos níveis de base regional (faixa de praia) na plataforma continental, podendo alcançar o talude, atualmente encontrando-se submersos (linhas de costa durante as fases transgressivas e regressivas no nível do mar). Os contornos das cotas batimétricas de 5 e 10 m podem estar relacionados com antigas linhas de praia. De acordo com Dominguez e Bittencourt (1996), as curvas de variação do nível relativo do mar mostram que, após o máximo de 5.100 anos A.P., o nível do mar não desceu de maneira regular. Essa descida foi interrompida por duas oscilações de alta frequência que ocorreram em 4.200-3.600 e 2.900-2.400 anos A.P. Ao longo da planície costeira cearense, Meireles *et al.* (2005) evidenciaram, mediante estudos morfológicos dos campos de dunas e níveis escalonados de plataforma de abrasão marinha, variações do nível relativo do mar de alta frequência.

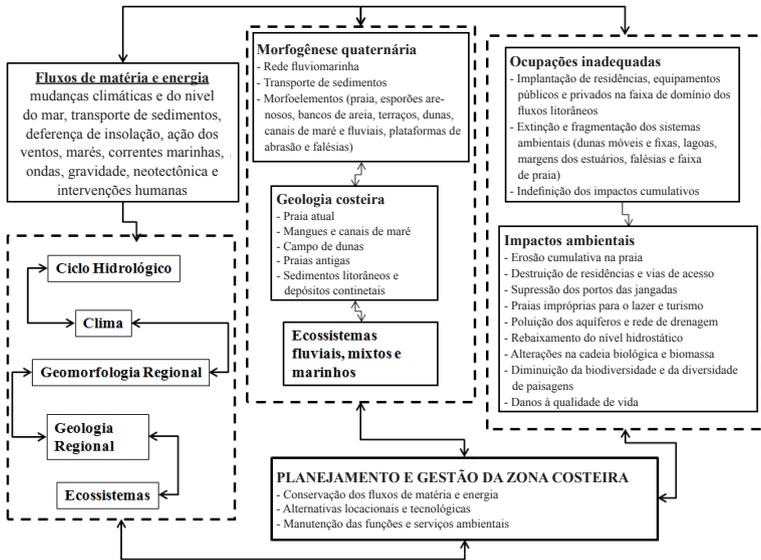


Figura 8.5 – Interconexões entre os fluxos de energia em um sistema costeiro. **Fonte:** Modificado de Meireles e Rubio (1999).

A dinâmica evolutiva para a planície costeira associada à AMP foi caracterizada pela identificação e análise dos indicadores paleogeográficos e paleoclimáticos (reconstrução dos antigos níveis marinhos), registrados pelo conjunto de terraços marinhos, gerações de dunas, plataformas de abrasão marinha (com praias rochosas) e resultantes da morfogênese das falésias, plataforma continental interna e delta de maré (MEIRELES, 2001). Dessa forma, a integração dos fluxos de matéria e energia configura-se através das oscilações do nível relativo do mar e mudanças climáticas durante o Quaternário. O contato erosivo entre um depósito sedimentar plioleustocênico, de características estruturais e mineralógicas tipicamente continentais (Formação Barreiras), e os depósitos sedimentares mistos (estuarino e lagunar) e marinho/costeiro (praia e delta

de maré) demarca o limite continental da planície costeira. Esse contato foi delimitado morfológicamente por uma linha de paleofalésia, no caso da planície costeira de Icapuí, com aproximadamente 30 km de extensão, escarpas com altitude média de 15 m e sentido sudeste-noroeste.

Mudanças bruscas no contorno e tipo de linha de costa (promontórios, falésias, deltas, por exemplo) promovem nova composição de ondas, imprimindo um transporte particular nessa faixa do litoral e originando barras longitudinais, bancos e esporões arenosos na zona de estirâncio e na berma. Essas morfologias e a ação das ondas e marés foram detalhadamente estudadas por Carter *et al.* (1997). A Figura 8.6 mostra modelos evolutivos esquemáticos de setor da planície costeira, evidenciando a dinâmica natural e intervenções (bloqueio do *bypass* de sedimentos) nas funções ambientais relacionadas com os campos de dunas, canais estuarinos e promontórios. A presença de fenômenos erosivos foi combatida com obras de engenharia costeira, representadas por muros e espigões, artificializando as margens do canal e impedindo as trocas laterais entre a planície de maré, áreas de expansão de manguezais, dunas, praias e terraços marinhos. Esses equipamentos atuam localmente com a proteção de uma faixa de praia restrita à área de influência direta. Logo a seguir, fora do domínio do equipamento de proteção, o processo erosivo é reiniciado (ver também Figura 3.4).



Figura 8.6 – Erosão costeira relacionada com os impactos cumulativos no litoral da Região Metropolitana de Fortaleza.

A dinâmica do sistema ambiental da AMP representa para esse setor do litoral cearense a continuidade dos processos morfogênicos e ecodinâmicos definidos pelo IPCC (2007) como fundamentais para amortecer as consequências previstas pelo aquecimento global. O Quadro 1 sintetiza aquelas funções regidas pela integração dos fluxos de matéria e energia.

### Quadro 1 – Síntese das Funções dos Sistemas Ambientais Representados na AMP

Fluxo de Matéria e Energia*	Funções*	Componentes Socioambientais
<b>Produção e regulação dos gases</b>	Regulação da composição química atmosférica (balance de CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> ; níveis de SOx). Produção de gases nas fases de decomposição da matéria orgânica.	Manguezal, dunas fixas, resquícios de mata do tabuleiro e de mata ciliar: captura de carbono, geralmente na forma de dióxido de carbono, associada à evolução do bosque de mangue (CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> ); produção de metano e demais compostos nas fases de oxidação e redução. Territórios de uso tradicional, extrativista e unidades de conservação associados à produção de alimentos e demais usos do bosque de manguezal, dunas fixas e mata de tabuleiro.
<b>Regulação do clima</b>	Temperatura global, precipitação e processos biológicos mediadores de fenômenos climáticos locais e globais (regula o efeito estufa).	Morfologia das dunas fixas e móveis, sistemas fluviolacustres e canais estuarinos: amenizam as condições climáticas locais pelas rajadas de vento direcionadas pelo canal estuarino e bosque de mangue, influenciam, no microclima, evapotranspiração e fotossíntese.
<b>Suplemento de água</b>	Armazenamento e retenção da água (dinâmica dos aquíferos e reservatórios). Conjunto de aquíferos associados aos componentes morfológicos do sistema costeiro.	As dunas fixas e móveis proporcionam as interconexões com os aquíferos dunar e tabuleiro litorâneo; regulam as propriedades físico-químicas por meio dos níveis de salinidade e densidade entre os aquíferos. Disponível para as comunidades tradicionais em poços e quando o lençol freático aflora, originando lagoas interdunares e sobre o tabuleiro. Fluxo subterrâneo de água doce na direção dos vales estuarinos e lagoas costeiras. Sazonalidade expressa localmente pela dinâmica do lençol freático, originando as lagoas. Olhos d'água na plataforma continental como suprimento de água doce para o peixe-boi marinho.

Continuação

<p><b>Proteção da costa contra extremos (climáticos, deslizamentos, enchentes)</b></p>	<p>Amortecimento e integridade das respostas ecossistêmicas, associadas às flutuações ambientais (proteção contra tormentas, enchentes, controle na produção de sedimentos finos e variabilidades ambientais da estrutura vegetal); capacitância.</p>	<p>Dunas móveis e fixas, terraços marinhos, rochas de praia e plataforma de abrasão marinha: conjunto integrado com a evolução dos bancos de areia, produção e distribuição de sedimentos arenoargilosos e dinâmica da cobertura vegetal. Fluxos de matéria e energia consumidos e dissipados pela relação com os demais componentes geoambientais e ecodinâmicos. Flechas de areia que induziram alterações morfológicas associadas à deposição de sedimentos no interior dos canais e na plataforma continental.</p>
<p><b>Regulação hidrológica</b></p>	<p>Atua nos fluxos hidrológicos integrados com a bacia hidrográfica (água para atividades agrícolas, agroecossistemas, envolvendo a produção de hortaliças e extrativismo vegetal).</p>	<p>Mata ciliar e bosque de manguezal associados aos campos de dunas fixas: eventos pluviométricos de elevada turbulência (primeiro semestre) amortecidos e distribuídos sobre o bosque de mangue e setores de apicum, dunas móveis e fixas (recarga do aquífero); sazonalidade climática integrada com as atividades de subsistência ao longo da bacia hidrográfica (plantio de vazantes, pesca e mariscagem). Segurança hídrica para as atividades tradicionais e socioeconômicas ao longo da AMP.</p>
<p><b>Controle da erosão e retenção de sedimentos</b></p>	<p>Conservação do solo dentro do ecossistema (prevenção de deslizamentos e outros processos de remoção de materiais). Fonte de sedimentos para a deriva litorânea e amortecimento de eventos extremos. Disponibilidade de água e fluxo controlado pela presença da vegetação fixadora das dunas, mata de tabuleiro e do bosque de manguezal.</p>	<p>Dunas fixas e móveis, manguezal, praia, bancos e flechas de areia na desembocadura dos estuários: produção de sedimentos pela dinâmica interna dos canais com a evolução dos bancos de areia. Origem das flechas de areia dispostas nas desembocaduras dos complexos estuarinos. Aporte de areia sazonal, vinculado aos sistemas fluviomarinhos e praias. Síntese dos fluxos de matéria e energia para a produtividade primária. Paisagem resguardada para atividades tradicionais de pesca, moradia, pesquisa científica, ecoturismo e lazer.</p>

## Continuação

<b>Formação de solo</b>	Por meio do intemperismo e transporte de materiais derivados das rochas do embasamento cristalino; bacias hidrográficas de produção de matéria orgânica e de biodetritos.	Terraços fluviomarinhos e fluviolacustres, tabuleiro pré-litorâneo e sistema de drenagem com pequenos riachos e fontes de água doce associadas ao campo de dunas. Evolução pedológica relacionada com a distribuição de sedimentos provenientes das bacias hidrográficas e dos demais fluxos de matéria e energia definidos na planície costeira. Contribuição diferenciada e relacionada com o acesso das dunas aos complexos estuarinos e deriva litorânea.
<b>Ciclagem de nutrientes</b>	Armazenamento, ciclagem interna, processamento e aquisição de nutrientes (fixação de N, P e outros elementos do ciclo de nutrientes).	Complexos estuarinos, ambientes fluviomarinhos e fluviolacustres, riachos, lagoas costeiras, sazonalidade climática refletida nas alterações do lençol freático. Integração dos fluxos de água doce, salobra e marinha para a produção de nutrientes, representando a base da biodiversidade regional desse setor do litoral.
<b>Dissipador de matéria e energia</b>	Recuperação, remoção e controle do excesso de nutrientes e compostos orgânicos (controle de poluentes).	Estuários e demais áreas úmidas. As marés e correntes marinhas interligam os complexos estuarinos, efetivando a distribuição de nutrientes e suporte à biodiversidade. Atuam como filtro para as emissões de efluentes domiciliares ao longo dos sistemas fluviolacustres. Banco de algas dos Cajuais como sistema de recrutamento e indutor da produtividade primária e biodiversidade da plataforma continental.
<b>Polinização</b>	Movimento de gametas para a reprodução de populações. Meliponários implantados na planície costeira de Icapuí.	Ecossistemas vinculados às áreas úmidas, fluxo das marés nos estuários e sistemas fluviomarinhos e fluviolacustres, mata de tabuleiro entre as dunas fixas, tabuleiro pré-litorâneo e canais dos riachos e lagoas costeiras. Interconexões dos ecossistemas gerando elevado potencial de produção e distribuição de plântulas e polens (predominantemente pelos fluxos eólico, fluvial, fluviomarinho e deriva litorânea).
<b>Controle biológico</b>	Regulação da dinâmica trófica de populações.	Complexa cadeia alimentar com suporte para o peixe-boi marinho e aves migratórias. Biodiversidade inserida nas atividades tradicionais de pescadores, marisqueiras e ribeirinhos.

## Continuação

<b>Refúgio de vida silvestre</b>	<i>Habitat</i> para populações residentes e migratórias (acolhida de aves migratórias). Setores de reprodução de tartarugas marinhas.	Complexos estuarinos, banco de algas dos Cajuais, faixa de praia, bancos e flechas de areia. Elevada diversidade de avifauna; tartarugas marinhas, peixe-boi marinho; suporte ecossistêmico para as aves migratórias.
<b>Produção de alimento</b>	Parte da produção primária bruta transformada em alimento (peixes, moluscos) com as atividades de pesca e agricultura de subsistência.	Conjunto de componentes ecológicos preservados e conservados na AMP e os demais componentes vinculados à produção de bioquímicos e distribuição de nutrientes para uma diversificada fauna e flora. Atividades humanas inseridas na complexa cadeia alimentar que envolve localmente estuários, lagoas, tabuleiro pré-litorâneo e banco de algas.
<b>Segurança alimentar</b>	Produção de alimento para as comunidades tradicionais litorâneas. Agroecossistemas, hortaliças, agricultura orgânica. Atividades materializadas nos territórios de moradia, pesca, mariscação e extrativismo.	Atividades de produção de alimento (hortaliças, roçados e extrativismo). Plena inserção das comunidades no ecossistema manguezal, fluviolacustres, bancos de algas e plataforma continental por meio da pesca e mariscação. Instrumentos e apetrechos ancestralmente construídos para o manejo e a conservação da biodiversidade. Renda familiar e inserção na cadeia produtiva local por intermédio das associações comunitárias.
<b>Produção primária</b>	Parte da produção primária bruta transformada em matéria-prima.	Reações geoambientais e ecodinâmicas associadas a formação, disseminação e consumo (produção de matéria orgânica) do bosque de mangue, banco de algas e plataforma continental (respectivos componentes florísticos). Vínculos complexos com a produção pesqueira. Base da permanência dos grupos sociais e extrativistas.
<b>Recursos genéticos</b>	Produção de materiais e produtos biológicos para Medicina, material científico, obtenção de genes resistentes a pragas e espécies ornamentais. Resquícios de mata nativa para recuperação de áreas degradadas.	Bacias hidrográficas (baixos cursos com os manguezais), banco de algas e plataforma continental, dunas fixas, mata do tabuleiro e vegetação ciliar. Usos tradicionais da fauna e flora. Banco de mudas para a recuperação e manutenção das áreas degradadas. Setores de cultivo de algas marinhas. Ampliação da cobertura vegetal nas margens das áreas úmidas.

## Continuação

Recreação	Oportunidades para atividades recreacionais, turismo e turismo comunitário.	Atividades de lazer, educação ambiental e patrimonial com as escolas públicas e privadas. Estação Ambiental Mangue Pequeno (EAMP) na planície costeira de Icapuí, sítios arqueológicos, Rede de Turismo Comunitário (rede Tucum).
Cultura	Proporciona oportunidades para atividades não comerciais: estéticas, artísticas, educacionais, espirituais e valor científico dos ecossistemas.	Valores simbólicos relacionados aos demais usos tradicionais e extrativistas. Base do modo de vida das comunidades litorâneas. Atividades ancestrais associadas aos apetrechos de pesca, cultivos de algas na planície costeira de Icapuí.
Amortecimento das consequências previstas pelo aquecimento global	Funções e serviços atribuídos pelo IPCC**. Ações preventivas e corretivas para construção de um bairro ecológico.	Os componentes ambientais para delimitação da AMP são responsáveis pela manutenção das propriedades amortecedoras dos efeitos projetados pelo aumento da temperatura média e subida do nível do mar (erosão costeira, incremento dos extremos climáticos associados às precipitações pluviométricas, salinização do lençol freático, dinâmica dos olhos d'água, produção e distribuição de nutrientes, entre outros), reservas estratégicas de água doce, sedimentos e estoques pesqueiros.

**Fonte:** (\*) Modificados de Mcleod e Salm (2006); Barbier *et al.* (1997); Constanza *et al.* (1997); Rivera e Cortés (2007); Schaeffer-Novelli (1989); World Resources Institute. Millennium Ecosystem Assessment (Ma, 2005).

(\*\*) Síntese dos Relatórios do IPCC (2007). Meireles e Campos (2010).

No que se refere aos aspectos qualitativos, essa lista de serviços e funções foi identificada para os complexos estuarinos, banco de algas e campos de dunas, principalmente os relacionados com a cadeia trófica, com espécies de importância econômica e ecológica (conservação dos estoques pesqueiros), abrigo, reprodução e alimentação de espécies e pouso de aves migratórias. Definiu-se também que os serviços e as funções estão diretamente relacionados com a segurança alimentar e integraram-se com o modo de vida tradicional das comunidades litorâneas de pescadores, ribeirinhos e marisqueiras.

Pesquisas relacionadas com valorações econômicas dos ecossistemas demonstraram extrema complexidade para a definição de índices adequados (RIVERA; CORTÉS, 2007). Para contabilizar o conjunto de serviços, como forma de compreender os requisitos para o “desenvolvimento sustentável”, Mäler *et al.* (2008) afirmaram ser impossível conceber um modelo padronizado para a construção de um sistema que contabilize as riquezas dos ecossistemas e improvável para funções sociais e ambientais vinculadas às soberanias alimentar e territorial das comunidades tradicionais e étnicas (QUEIROZ *et al.*, 2012).

Entretanto, como tentativa de valoração global dos ecossistemas, Constanza *et al.* (1997), com levantamento de dados referentes ao ano de 1994, para uma área total de manguezal de 165 ha·10<sup>6</sup>, definiram um valor médio para cada hectare/ano de 9.990 dólares. Estudos realizados por Hernández *et al.* (2002) estimaram uma média de 13.000 dólares o hectare/ano gerados em bens e serviços pelo ecossistema manguezal (evidenciaram que cada hectare gera entre 1.100 e 11.800 kg de capturas pesqueiras).

As pesquisas relacionadas com valoração dos manguezais revelaram que os resultados variam com o tempo e de acordo com a área de estudo, pelo que se torna impossível atribuir um valor específico (para ser utilizado como referência regional) e, dessa forma, utilizar como critério único para a tomada de decisão. Nesse sentido, já foram evidenciados valores em torno de 35.000 dólares o ha/ano para os manguezais quando relacionados à proteção do litoral contra eventos erosivos (SATHIRATHAI; BARBIER, 2001; BARBIER *et al.*, 2008; MÄLER *et al.*, *op. cit.*; ABURTO-OROPEZA *et al.*, 2008) e mais de 91.000 dólares o ha/ano por atuar na captura de dióxido de carbono (MARTINEZ *et al.*, 2007; COSTANZA, 1997). Os resultados indicaram que a carcinicultura, quando substitui as funções

ambientais do ecossistema manguezal, não é economicamente viável, quando incluídos danos ambientais pela destruição do manguezal e poluição da água. Um hectare de manguezal pode capturar o equivalente a 50 toneladas de dióxido de carbono por ano (LOVELOCK *et al.*, 2011; KAUFFMAN *et al.*, 2011).

Quando associado às relações com a produtividade marinha, pode alcançar valores que superam os 16.750 dólares o ha/ano (RÖNNBÄCK, 1999). No golfo da Califórnia, a taxa anual de produtividade variou de 25.000 a 50.000 dólares, com média de 37.000 dólares o ha/ano (ABURTO-OROPEZA *et al.*, 2008).

Resultados de estudos de valoração de áreas úmidas, incluindo o ecossistema manguezal, definiram valores econômicos por hectare/ano quando analisadas suas relações com a produtividade pesqueira e a defesa da costa contra os eventos de furações. Mas os estudos também evidenciaram a complexidade de quantificar esses serviços, principalmente pelas externalidades negativas vinculadas aos conflitos sociais e danos à biodiversidade (ALIER *et al.*, 2010; GERBER *et al.*, 2009; ACSELRAD, 2009).

Constatou-se, portanto, que, nos casos estudados, os benefícios líquidos para a sociedade com a gestão dos ecossistemas associada às comunidades costeiras (pescadores, marisqueiras, coletores de caranguejos, entre outras) são maiores do que aqueles dos ecossistemas convertidos em fazendas de camarão e outras monoculturas. Os manguezais produzem mais serviços relacionados ao bem-estar humano que a maioria dos outros sistemas ambientais, mesmo aqueles que cobrem grandes áreas, e a destruição dos manguezais por fazendas de camarão é particularmente onerosa e provoca desperdício a longo prazo, de acordo com Stevenson (2007) e Relatório do Milênio (World Resources Institute: MA, 2005).

Ressalta-se que os danos ambientais com a degradação do ecossistema manguezal pela carcinicultura foram contabilizados através de déficits que podem alcançar 5.443 dólares o ha/ano (SHATIRATHAI *et al.*, 2007). Esses valores foram relacionados com a substituição de áreas de bosque de mangue por piscinas para criação de camarão em cativeiro (desmatamento) e a poluição nas diversas fases de produção, incluindo a despesa com utilização de químicos que prejudicam a qualidade da água e demais subsídios. A conversão de manguezais para viveiros de camarão reduziu em 70% o valor econômico dos manguezais em menos de uma década na Tailândia (BALMFORD *et al.*, 2002).

Enquanto as funções dos ecossistemas forem avaliadas como *commodities*, os valores contábeis e financeiros atribuídos, devido à complexidade dos sistemas socioambientais envolvidos, tenderão a subdimensionar o “preço” dos ecossistemas. De outro modo, os vínculos – soberania alimentar e territorial dos povos e comunidades tradicionais e indígenas – (ancestrais, simbólicos, culturais, históricos, entre outros) do manguezal com a sociedade deverão orientar políticas públicas para conservar os valores essenciais para a sociobiodiversidade desse ecossistema.

Portanto, valorar economicamente os componentes da planície costeira e dos baixos cursos fluviais, base da cadeia alimentar e da produtividade marinha, amplamente apropriados pelos povos do litoral – indígenas, ribeirinhos, pescadores, quilombolas, marisqueiras, camponeses, entre outras comunidades extrativistas –, é extremamente complexo e, do ponto de vista do mercado, inadequado para definir formas de apropriação pelo consumo globalizado.



# 9

---

## DINÂMICA SOCIOAMBIENTAL E RELEVO LITORÂNEO

Neste capítulo, serão discutidas as intervenções humanas que interferiram nos componentes geoambientais da planície costeira. Foi possível evidenciar o comportamento (espaço-temporal e sobre territórios) das formas de relevo quando disputadas por distintos grupos sociais. Esse universo complexo será introduzido por meio dos conceitos de conflito e injustiças ambientais (ACSELRAD, 2004; PACHECO, 2005).

Os danos socioambientais foram relacionados com a utilização e a ocupação desordenada dos sistemas ambientais que dão suporte à evolução morfoestrutural e paisagística da zona costeira, à sustentação socioeconômica, cultural e simbólica das comunidades tradicionais e étnicas e à conservação da biodiversidade. Os danos destacados neste capítulo e também analisados nos demais foram relacionados com a utilização inadequada do ecossistema manguezal e do carnaubal para implantação das fazendas de camarão, expansão das cidades e do turismo industrial. Nas dunas e falésias, os danos ambientais foram relacionados a grilagem de terra, especulação imobiliária, implantação de usinas eólicas, loteamentos, hotéis, *resorts* e privatização dos territórios das comunidades tradicionais e indígenas.

Os impactos ambientais derivados das intervenções que não levaram em conta a interdependência existente entre os processos morfogenéticos, os ecossistemas costeiros e o usufruto dos povos do mar acumularam-se em cada uma das unidades socioambientais do litoral. Alteraram a quan-

tidade e a qualidade da água nos estuários, dunas e falésias, a diversidade biológica dos manguezais e da mata ciliar, reduzindo o *habitat* de numerosas espécies e, de forma contínua, a disponibilidade de sedimentos ao longo da linha de praia. Relacionaram-se com a expulsão e migração das comunidades tradicionais, interferindo na qualidade de vida e na soberania alimentar de pescadores, índios e agricultores. A especulação imobiliária, a construção de empreendimentos hoteleiros e a indústria do camarão consumiram vorazmente a paisagem, em detrimento da preservação e conservação dos sistemas que estruturam a base das reações geoambientais e ecodinâmicas e as relações sociais nos territórios das comunidades tradicionais litorâneas.

Demonstraremos que as relações sociedade-natureza pautadas na exploração dos recursos naturais e na exclusão de classes sociais já ultrapassaram os limites da sustentabilidade. Foram amplamente descaracterizadas as conexões entre os fluxos de matéria e energia que fundamentaram a interdependência entre a diversidade dos geossistemas e os processos ecodinâmicos associados. Os processos morfogenéticos foram fragmentados, o que provocou danos sociais na degradação dos complexos morfológicos dos territórios ancestralmente ocupados por pescadores, índios, marisqueiras, camponeses e pequenos agricultores.

As evidências desses processos serão descritas levando em conta a dinâmica morfológica dos componentes do relevo da planície costeira. Parte dos eventos foi descrita de acordo com o conhecimento das comunidades tradicionais, ponto de partida para formular preceitos empíricos para o que iremos chamar de geomorfologia social. A Figura 9.1 mostra a espacialização regional de parte dos conflitos entre a diversidade de usos e as propostas e ações do Estado e da iniciativa privada nos territórios de soberania das comunidades tradicionais e étnicas.

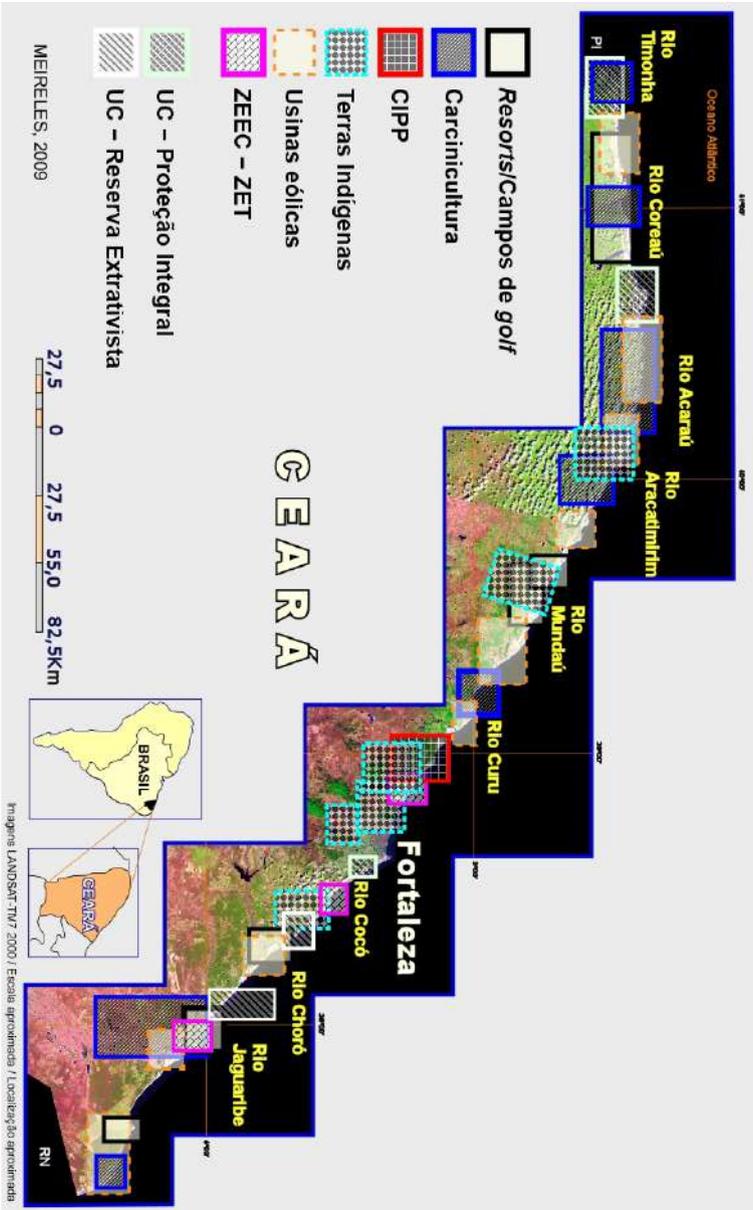


Figura 9.1 – Localização regional dos principais conflitos socioambientais.

## **Indústria do Turismo em Sistemas Ambientais de Usufruto das Comunidades Tradicionais**

A implantação de empreendimentos hoteleiros sobre o campo de dunas promoverá um colapso de sedimentos ao longo da zona costeira cearense e danos a uma reserva estratégica de água doce e à biodiversidade. Os impactos sociais estarão relacionados com a expulsão de comunidades tradicionais de suas terras ancestralmente ocupadas e migrações forçadas. A projeção dos equipamentos planejados para ocupar as margens dos rios e os campos de dunas associados promoverá uma série de alterações ambientais, tais como:

- bloqueio das trocas laterais entre os fluxos de matéria e energia provenientes do canais estuarinos, do sistema fluvial associado, dos manguezais, das dunas e da faixa de praia;
- alterações na dinâmica fluviomarinha através da erosão dos bancos de areia dispostos nos canais de maré e estuários;
- erosão acelerada nas margens dos estuários e faixa de praia pela construção de equipamentos hoteleiros justamente nas áreas de conexão entre os rios, as dunas e a praia;
- danos aos equipamentos urbanos existentes nas imediações das margens dos estuários e faixa de praia;
- soterramento dos equipamentos projetados pela continuidade do processo de migração das dunas;
- impermeabilização do campo de dunas;
- extinção de nascentes, riachos e exutórios de água doce associados às dunas e ao tabuleiro litorâneo;
- soterramento por atividades de terraplenagem e construção de vias de acesso sobre as lagoas costeiras e interdunares;
- danos à fauna e flora;

– expulsão das comunidades de pescadores e índios através da ocupação de suas terras, da extinção das áreas utilizadas para a pesca e a agricultura e alterações no modo de vida e cultura tradicionais.

As alterações ambientais foram diretamente relacionadas com as mudanças na dinâmica socioeconômica, cultural e de usufruto das comunidades tradicionais costeiras (MEIRELES; MARQUES, 2004).

Impactos socioambientais resultantes da ocupação dos campos de dunas foram associados à especulação imobiliária e à expulsão de pescadores que ancestralmente conviviam com a dinâmica imposta pelas dunas móveis e fixas, dando lugar a empreendimentos que fragmentaram o sistema costeiro e que danificaram seriamente os ecossistemas que tradicionalmente garantiam a permanência das comunidades tradicionais.

Um empreendimento hoteleiro do grupo espanhol denominado de Cidade Nova Atlântida Ltda. planeja construir em terras tradicionalmente ocupadas pelos índios Tremembé de São José e Buriti, em uma primeira fase, 28 hotéis cinco estrelas, 3 campos de golfe, 5 marinas nas margens do manguezal e 6 condomínios residenciais. Os estudos para a implantação dessa estrutura faraônica não levaram em conta a presença indígena, a existência de sítios arqueológicos, os impactos cumulativos, tampouco os custos sociais, ecológicos e culturais.

Campos de dunas móveis e eolianitos, repletos de sítios arqueológicos, reservatórios de água potável, nascedouros de riachos de águas cristalinas, poderão ser ocupados por uma elevada densidade de equipamentos hoteleiros. O tabuleiro litorâneo foi projetado para ser utilizado pelo megaempreendimento justamente onde estão os riachos, as lagoas perenes e sazonais,

a mata de tabuleiro e uma diversificada fauna, incluindo aves migratórias. Ao longo do ecossistema manguezal do rio Mundaú, território de pesca, mariscagem e coleta de caranguejos, foi projetada a construção de cinco marinas e ancoradouros. Também nas margens desse ecossistema de preservação permanentemente ocorreram desmatamentos do manguezal e do carnaubal para a implantação de uma fazenda de camarão (atualmente abandonada). Ao conversar com um índio tremembé (da aldeia São José, de 70 anos), ao lado da tapera de seu bisavô, na margem esquerda do rio Mundaú, disse da importância vital das relações ecológicas e de seu modo de vida interdependente com os demais sistemas costeiros da região: *“a água nasce e se cria na nossa terra, quando desmata, a água se acaba; é a natureza quem aguenta a água”*.

Ocorreram relatos que definiram com precisão a dependência ancestral dos recursos hídricos da terra indígena projetada para o Complexo Turístico Nova Atlântica:

*minha mãe utilizava o “pó divino” (farinha de mandioca) para alimentar eu e meus irmãos desta terra que nunca faltava água para plantação de uma vazante (homem tremembé, 70 anos, da aldeia Buriti durante os trabalhos de campo).*

Como os riachos são perenes (vinculados ao exutório do aquífero Barreiras), verificou-se a presença de uma diversificada fauna e de peixes de água doce.

A ocupação do litoral com *resorts* e megaestruturas imobiliárias está promovendo risco ao direito à posse e ao usufruto exclusivo dos índios sobre as riquezas naturais de sua terra. Constatou-se que serão impedidos de desenvolver suas próprias relações produtivas, segundo seus usos, costumes e

tradições. As atividades tradicionais eficientes e ecológicas de plantio de roçados e vazantes e a pesca, voltadas para a subsistência, poderão ser extintas para dar lugar a hotéis luxuosos para o mercado internacional.

Em setores com campos de dunas e promontórios (pontais ao longo da linha de costa), as dunas que migram continente adentro acabam alcançando a faixa de praia (Ponta do Mucuripe na década de 1940, Ponta Grossa, em Icapuí, Ponta do Pecém, entre outras), aportando areia para o transporte regido pelas ondas. Ao serem ocupados com a implantação de empreendimentos hoteleiros, crescimento das cidades e obras portuárias (praias da Caponga, de Sabiaguaba, do Futuro, da Barra do Ceará e do Pecém), produziu-se um déficit cumulativo de sedimentos em extensos trechos de praia. Como consequência, desencadearam-se eventos erosivos progressivos e de elevada magnitude.

No extremo leste da planície costeira cearense, no município de Icapuí, foi projetada a construção de um poço de prospecção de petróleo sobre um banco de algas, em um sistema morfológico caracterizado por um delta de maré. Comunidades de pescadores, marisqueiras e coletoras e cultivadoras de algas que desenvolvem suas atividades associadas ao estuário Barra Grande não foram devidamente consultadas. Entretanto, relataram riscos de acidentes com derramamento de petróleo e à fauna.

Nas falésias do litoral nordestino estão sendo implantados empreendimentos hoteleiros que já atuam de modo a deslocar as comunidades de pescadores para áreas mais interiores da planície costeira, afastando-as da linha de costa e da proximidade das atividades de subsistência.

Na planície costeira de Camocim, a leste do rio Coreaú, a comunidade de pescadores de Tatajuba está submetida a impactos socioambientais relacionados com a luta pela posse da terra.

A empresa imobiliária Vitória Régia diz ser proprietária de uma faixa de terra com mais de 5 mil hectares, na qual se encontram inseridas as vilas dos pescadores. Um complexo sistema de dunas móveis e fixas, lagoas costeiras e interdunares, canais de maré e manguezal, que fornecem as bases alimentar, cultural e econômica para as comunidades, poderá ser submetido a empreendimentos turísticos com *resorts*, campos de golfe, residências multifamiliares e aeroporto, um conjunto de megaempreendimentos projetado para o turismo industrial, completamente desvinculado do uso tradicional praticado pelas comunidades.

No estuário do rio Ceará, nas terras da etnia Tapeba, verificou-se uma sequência de danos socioambientais com a expansão das cidades de Fortaleza e Caucaia. O ecossistema manguezal foi fortemente degradado pelo desmatamento, pela implantação de salinas e pela ocupação da planície fluvio-marinha com conjuntos habitacionais. Para atender à demanda de areia para a construção civil, a mata ciliar foi suprimida pela exploração mineral de areia e argila. O precário sistema de saneamento básico e os esgotos a céu aberto promovem a contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos por efluentes domiciliares e industriais.

As usinas eólicas estão promovendo impactos ambientais e sociais negativos ao longo do litoral do Nordeste brasileiro (ver capítulo 3). Ocorreram manifestações das comunidades de pescadores revoltadas com a abertura das estradas para o tráfego de caminhões, tratores e guias de grande porte por dentro das vilas, sobre as dunas e sítios arqueológicos. Os parques eólicos estão-se avolumando de forma descontrolada.

## Danos Socioambientais no Ecossistema Manguezal

A carcinicultura possui destaque no contexto do rápido crescimento da aquicultura mundial, sendo, em grande medida, impulsionada pelo declínio dos estoques pesqueiros dos oceanos (NAYLOR *et al.*, 1998, 2000). É um produto proeminente da aquicultura no mercado internacional (FAO, 2002). O crescimento do cultivo de camarão implicou uma elevação na produção mundial desse produto de 30.000 toneladas em 1981 para 1,63 milhão em 2003. Em 1970, o camarão cultivado correspondia a apenas 2% da produção camaroneira global e, em 2003, atingiu o patamar de 35,2% (PAIVA ROCHA *et al.*, 2004). A China, líder mundial do setor, produziu 370.000 toneladas em 2003, representando 22,6% do total (PAIVA ROCHA *et al.*, 2004), levantando-se a ressalva de que a veracidade dos dados chineses é muito questionada, em geral considerados superestimados (FAO, 2002).

Os principais mercados importadores são: Japão, Estados Unidos e União Europeia. Neste último, predominam os mercados da Espanha, Dinamarca e França. Os Estados Unidos importaram em 1998 um total de 316.000 toneladas de camarão, principalmente do Equador, Groenlândia e Dinamarca. O Japão o fez da Indonésia, Índia e Tailândia. A Espanha importou do Equador, Moçambique e Marrocos (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2004). A alta demanda pelo produto por países desenvolvidos (EUA, Japão e Europa), que ainda apresenta expectativa de crescimento a médio e longo prazo, foi o principal vetor da expansão da atividade (PAEZ-OZUMA, 2001a; FAO, 2002). Tais países são responsáveis pelo consumo de praticamente toda produção (99%), que está concentrada em países subdesenvolvidos, nos quais se desenvolveu fomentada por governos locais e agências internacionais devido à sua alta rentabilidade e demanda por capital externo (PRIMAVERA, 1997).

Essa lógica de apropriação do ecossistema manguezal para a monocultura do camarão em cativeiro foi disseminada nos estuários do litoral nordestino. Os danos ambientais e sociais foram estudados de modo a proporcionar informações para assegurar a qualidade socioambiental desses ecossistemas, principalmente para a manutenção das relações de subsistência e soberania alimentar das comunidades tradicionais e étnicas (MEIRELES; QUEIROZ, 2012; QUEIROZ *et al.*, 2013).

A maioria dos empreendimentos proporcionou a disseminação de espécies exóticas, pois não contava com mecanismos de segurança eficientes para evitar a invasão de uma espécie de camarão (*Litopenaeus vannamei*) estranha aos manguezais do Brasil. Definiu-se que somente 21,6% dispunham de licença correspondente à sua fase de implantação e dentro da validade. Nas fazendas abandonadas, os diques continuam como se estivessem em operação, inviabilizando as reações ambientais que dão sustentação à diversidade de fauna e flora do manguezal e dos demais ecossistemas das bacias hidrográficas.

Constatou-se que 77% das fazendas de camarão não contam com bacias de sedimentação (lançam diretamente seus efluentes na água dos rios, das lagoas e dos estuários), o que vem a confirmar os elevados danos ambientais já definidos por pesquisadores de universidades, representantes de Comitês de Bacias, ambientalistas e comunidades tradicionais. Com tais níveis de insustentabilidade ambiental, 67,9% dos criatórios foram acometidos por enfermidades, provocando a morte dos camarões e a provável contaminação de outros organismos nativos (IBAMA, 2005).

Liberar investimentos sob a alegativa de que vai gerar empregos, considerada a mais forte argumentação dos empreendedores, não será mais justificativa, pois foi definido índice de

até 3,20 vezes menor, em média (empregos diretos observados na totalidade das fazendas), do que o divulgado pela Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC, 2004). No rio Mundaú, por exemplo, foi definido um índice 6,3 vezes menor do que o propalado pelos carcinicultores.

Nas terras indígenas Tremembé de Almofala e de São José e Buriti, as fazendas de camarão desmataram o ecossistema manguezal e a mata ciliar. Utilizaram um sistema lacustre de usufruto da comunidade indígena (com mais de 20 ha), promovendo, com isso, a extinção de uma fonte de alimento para os índios e causando danos ao ecossistema vinculado às manifestações étnicas (pesca, mariscagem e caça) e de lazer. Impactos socioambientais, econômicos e culturais de elevada magnitude também foram sentidos. Essa atividade não levou em conta os danos ambientais e as consequências sociais e simbólicas.

Os impactos resultantes da salinização do aquífero foram definidos nas comunidades de pescadores dos estuários dos rios Jaguaribe, Pirangi, Acaraú e Aracatimirim. Seus mananciais de água doce (lagoas, pequenos açudes, riachos, cacimbas e poços artesanais) foram salinizados, de acordo com informações dos moradores. Nas comunidades de Curral Velho de Cima, de Baixo e Aranaú, às margens do rio Acaraú (Figura 9.2), as terras utilizadas para roçados com o plantio de feijão, milho e mandioca, localizadas nas proximidades das fazendas de camarão, foram salinizadas e tornaram-se improdutivas, como atesta a moradora da comunidade de Curral:

*Nossos quintais, com frutas e os caminhos para o porto dos barcos, pesca e a mariscagem, foram substituídos por tanques de criação de camarão. Nossas comunidades ficaram isoladas. Uma situação que salgou nossas águas, o solo e ainda provocou doenças nas crianças e nos mais velhos (marisqueira, 50 anos).*

Os principais danos ambientais causados pela carcinicultura foram (IBAMA, 2005; EMBRAPA, 2004; MEIRELES, 2004; ARAÚJO; ARAÚJO, 2004; GT-CARCINICULTURA, 2004; CASSOLA *et al.*, 2004; LEROY; SILVESTRE, 2004; MEIRELES; VICENTE DA SILVA, 2003; BIOMA/NEMA, 2002; TUPINAMBÁ, 2002; COELHO JR.; SCHAEFFER-NOVELLI, 2000; FIGUEIREDO *et al.*, 2006; QUEIROZ *et al.*, 2013): desmatamento do manguezal, da mata ciliar o do carnaubal; extinção de setores de apicum; soterramento de gamboas e canais de maré; bloqueio do fluxo das marés; contaminação da água por efluentes dos viveiros e das fazendas de larva e pós-larva; salinização do aquífero; impermeabilização do solo associado ao ecossistema manguezal, ao carnaubal e à mata ciliar; erosão dos taludes, dos diques e dos canais de abastecimento e de deságue; empreendimentos sem bacias de sedimentação; fuga de camarão exótico para ambientes fluviais e fluviomarinhos; redução e extinção de *habitats* de numerosas espécies; extinção de áreas de mariscagem, pesca e captura de caranguejos; disseminação de doenças (crustáceos); expulsão de marisqueiras, pescadores e catadores de caranguejo de suas áreas de trabalho; dificuldade e/ou impedimento de acesso ao estuário e ao manguezal; exclusão das comunidades tradicionais no planejamento participativo; doenças respiratórias e óbitos com a utilização do metabissulfito; pressão para compra de terras; desconhecimento do número exato de fazendas de camarão; inexistência de manejo; não definição dos impactos cumulativos e biodiversidade ameaçada.

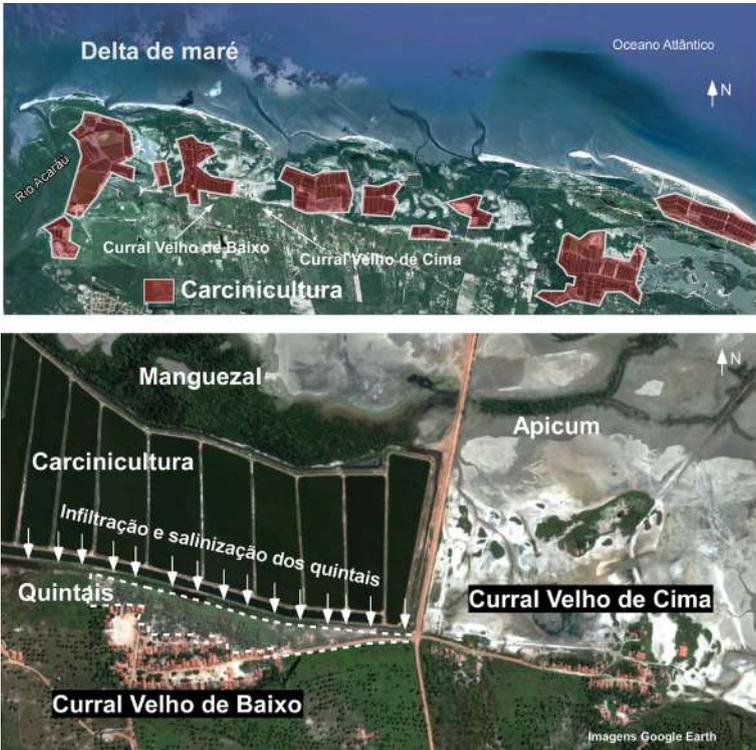


Figura 9.2 – Fazendas de camarão inseridas no ecossistema manguezal. Evidenciam-se a fragmentação do ecossistema, dos fluxos de matéria e energia e a ocupação das áreas utilizadas pelas comunidades tradicionais (as flechas evidenciam salinização dos quintais das casas dos pescadores e marisqueiras).

A Figura 9.3 demonstra os componentes ecológicos subtraídos do usufruto das comunidades tradicionais quando ocupados pela monocultura do camarão em cativeiro. Os impactos foram relacionados com a implantação de vias de acesso, tanques criatórios de larva e de pós-larva, canais de abastecimento e deságue, bacias de sedimentação, construção de laboratórios e depósitos de implementos.

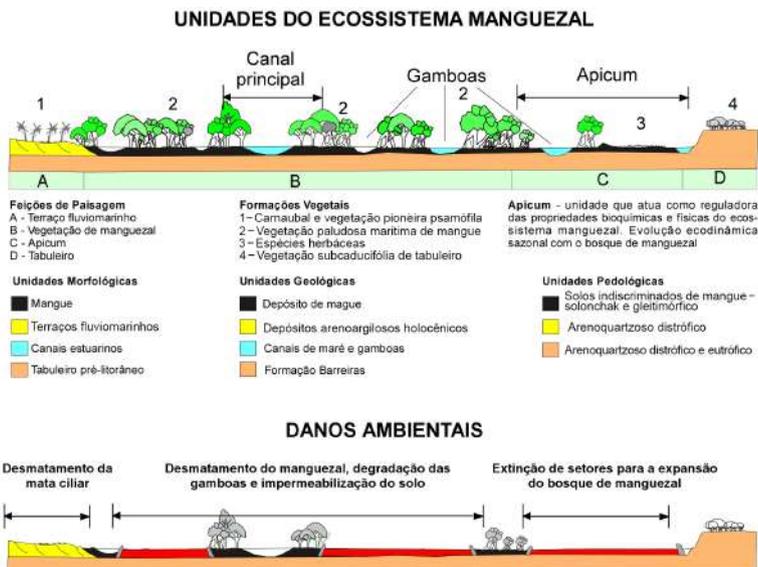


Figura 9.3 – Unidades do ecossistema manguezal e suas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, as feições de paisagem e as formações vegetais. Foram também associados os principais impactos ambientais com a implantação dos viveiros de camarão.

Fonte: Meireles e Vicente da Silva (2003).

Constatou-se que essa atividade levou em conta unicamente as relações de capital financeiro e especulativo, em detrimento dos danos ambientais, ecológicos, culturais, à economia tradicional e à biodiversidade. As comunidades foram expulsas de suas atividades tradicionais e os índios estão em grave perigo de perda de suas bases alimentar e cultural. Pescadores foram torturados, ameaçados de morte e impedidos de pescar quando lutavam pela preservação do manguezal. Agora resta exigir a paralisação das atividades, a recuperação das áreas degradadas e, definitivamente, levar em conta os lamentos dos povos do mar e seus motivos para preservar ecossistemas que irão sustentar a qualidade de vida das futuras gerações.

A Figura 9.4 evidencia a presença das fazendas de camarão no estuário do rio Jaguaribe. Demonstra claramente que foram instaladas dentro do manguezal e que interferiram diretamente nos fluxos fluviomarinho, das águas subterrâneas e eólico. As fazendas de camarão bloquearam as trocas laterais de sedimentos e nutrientes entre o manguezal e o canal estuarino, impermeabilizaram o lençol freático e salinizaram o aquífero associado ao campo de dunas.

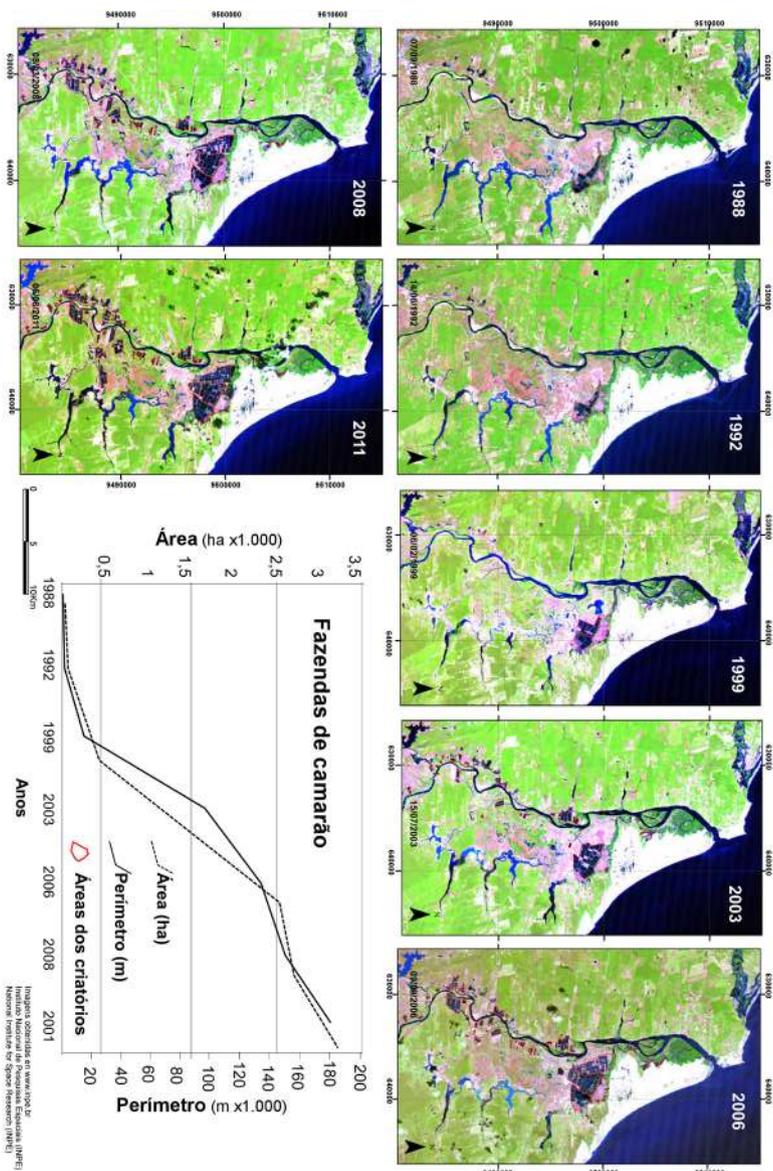


Figura 9.4 – Comunidades de pescadores fortemente impactadas pelas atividades de produção de camarão em cativeiro ao longo do estuário do rio Jaguaribe.

Fonte: Queiroz *et al.* (2013).

Para minimizar os impactos socioambientais ocasionados pelos grandes empreendimentos planejados e em operação em terras ancestralmente ocupadas pelas comunidades tradicionais da zona costeira cearense, são fundamentais as ações integradas e participativas formuladas mediante a percepção dos grupos sociais atingidos. As enumeradas a seguir, em parte, foram dos estudos realizados pelo Ibama (2005), relatório do GT-Carcinicultura (Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e de Minorias da Câmara Federal, 2005), Meireles (2010) e Meireles e Queiroz (2012):

1. Identificar e delimitar a concepção de soberania territorial – componentes ambientais, simbólicos, áreas produtivas e de soberania alimentar, de crescimento populacional e que assegure a continuidade dos vínculos culturais e econômicos –, sistemas ambientais costeiros e marinhos das comunidades tradicionais e étnicas;
2. Configurar a soberania territorial das comunidades tradicionais e étnicas por meio dos mapas sociais, os quais deverão ser inseridos como instrumentos de gestão diante das outras ferramentas institucionais de zoneamento costeiro;
3. Aplicar metodologias de Avaliação de Equidade Ambiental (AEA) para as demais ações voltadas para a gestão dos territórios, tendo em vista a implantação de atividades econômicas a serem licenciadas (FASE, 2011);
4. Atuar, de forma conjunta, com a União, os estados e os municípios, durante as etapas de licenciamento, de monitoramento e de fiscalização, envolvendo os órgãos ambientais, o Ministério Público, as universidades, as ONGs e, principalmente, as comunidades tradicionais direta e indiretamente atingidas pelos empreendimentos;

5. Informar, discutir e deliberar com as comunidades tradicionais em seminários, oficinas, fóruns e audiências públicas sobre as técnicas de instalação, de produção e de industrialização, os potenciais poluentes químicos, as áreas a serem impactadas, os geossistemas, *habitats* e ecossistemas envolvidos;
6. Divulgar amplamente as propostas e os mapas das áreas e sistemas ambientais (ecossistemas e áreas de usufruto comunitário) a serem privatizados, submetidos a riscos de contaminação, uso da água subterrânea e das lagoas costeiras;
7. Inserir licenças ambientais no contexto de AEA com as relações territoriais entre os empreendimentos e as comunidades tradicionais e étnicas: impactos cumulativos e distribuição das fazendas de camarão, *resorts*, campos de golfe, usinas eólicas, torres de alta tensão e condutos elétricos subterrâneos, entre outros;
8. Fortalecer as políticas de fiscalização e de educação ambiental para o combate e a prevenção dos crimes contra a biodiversidade, de extinção de ecossistemas da zona costeira e de *habitats* vinculados diretamente às atividades de subsistência das comunidades tradicionais;
9. Articular e integrar a gestão das atividades de carcinicultura com a gestão das bacias hidrográficas, das florestas, da biodiversidade, do solo e de assentamentos humanos, levando em conta os impactos cumulativos ao longo das bacias hidrográficas e da zona costeira;
10. Vincular a outorga da água a critérios socioambientais, com a renovação da licença dependente de efetiva operação dos equipamentos de controle da qualidade

- de efluentes (carcinicultura, campos de golfe, *resorts* e para as bases de concreto das torres dos aerogeradores);
11. Implementar medidas (programas e projetos) para a efetiva preservação e recuperação do ecossistema manguezal, da vegetação ciliar e do carnaubal, vinculadas ao Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC);
  12. Determinar que os estudos de impactos ambientais (EIA/RIMA) apresentem programas e projetos efetivos (vinculados a dotações orçamentárias) de previsão e de recomposição da paisagem (complexo socioambiental associado) após o abandono da atividade de produção de camarão, *resorts* e usinas eólicas;
  13. Fomentar programas e projetos de recuperação ambiental, de previsão e de recomposição da paisagem apontados pela AEA e nos estudos de impactos ambientais;
  14. Implementar o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), em escala de detalhe (não inferior a 1:10.000) e com a participação efetiva das comunidades tradicionais, prevendo a não fragmentação do ecossistema manguezal, do campo de dunas e da faixa de praia; priorizar o mapeamento e a preservação de corredores ecológicos entre as bacias hidrográficas e respectivos ecossistemas;
  15. Demarcar as faixas marginais de preservação permanente (ecossistema manguezal, mata ciliar, carnaubal e demais sistemas ambientais vinculados) associadas a projetos de revitalização de bacia e proteção integral do solo, da vegetação, da fauna e da flora;

16. Demarcar as terras da União com sua vinculação a uma ação integrada com os órgãos federais, estaduais e municipais de meio ambiente;
17. Assegurar, no processo de demarcação das terras da União, a permanência das atividades tradicionais sustentáveis e de usufruto ao longo das bacias hidrográficas e da zona costeira (terra e mar);
18. Ampliar a participação das entidades representativas das comunidades tradicionais e étnicas nas instâncias deliberativas e de formulação de políticas públicas;
19. Criar mecanismos para assegurar que os recursos das agências públicas para financiamento das atividades de carcinicultura, por exemplo, não envolvam a utilização de áreas de preservação permanente, priorizando a produção consorciada à aplicação de tecnologias limpas e o policultivo;
20. Determinar que os fundos estaduais e municipais de meio ambiente e as agências públicas de financiamento deliberem sobre o financiamento amparados em pareceres técnicos elaborados pela própria agência de financiamento, enfatizando os custos ambientais, ecológicos, sociais, culturais e econômicos;
21. Suspender financiamento de empresas que não cumpram a legislação ambiental e trabalhista;
22. Criar linhas específicas de financiamento para grupos comunitários e étnicos e vinculadas à produção comunitária e cooperativa;
23. Vincular os recursos oriundos de multas e compensações diretamente a áreas/ecossistemas/comunidades tradicionais e étnicas atingidos pelos crimes

ambientais, enfatizando a aplicação na fiscalização, na recuperação de áreas degradadas e em políticas de educação ambiental;

24. Estimular a criação e institucionalização de fóruns de natureza integracional e interinstitucional para incentivar e aprimorar as políticas ambientais, a educação ambiental, a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas sustentáveis; estabelecer parâmetros e normas, propor projetos inovadores e de redes de informação e comunicação. Atuar fundamentalmente como catalizador e disseminador das propostas de preservação do ecossistema manguezal e da melhoria da qualidade de vida das comunidades tradicionais.

A planície costeira cearense sustenta uma paisagem exuberante, completamente integrada e controlada pela dinâmica evolutiva dos seus diversos componentes ambientais (praia, estuários, campos de dunas, falésias, lagoas costeiras e tabuleiro litorâneo). Constatou-se que é amplamente utilizada de forma sustentável pelas comunidades tradicionais, resguardando as relações de interdependência com as diversas formas de usufruto praticadas ancestralmente pelos pescadores, índios, marisqueiras, quilombolas e agricultores. Com as atuais formas de ocupação, como a monocultura do camarão nos manguezais e ambientes fluviais e os grandes empreendimentos hoteleiros, registrou-se uma sequência danosa de impactos socioambientais, amplamente relacionados com as comunidades tradicionais. Com a chegada da energia eólica no litoral nordestino, as dunas, as lagoas costeiras e a praia foram ocupadas por aerogeradores, inviabilizando a continuidade dos vínculos ancestrais e soberania territorial (ver capítulo 3).

Definiu-se que a degradação das áreas de preservação permanente (APP) está relacionada com a mesma matriz dos empreendimentos que promoveram a decadência dos ecossistemas costeiros em vários países, isto é, substituição da biodiversidade dos manguezais por uma monocultura que proporcionou sérios danos ambientais e sociais. Verificou-se que tais empreendimentos levaram em conta apenas os aspectos de mercado e a financeirização da natureza, em detrimento da biodiversidade dos ecossistemas que dá sustentação à vida dos povos do mar e à produtividade dos mares.

# 10

---

## GEOMORFOLOGIA E SOBERANIA TERRITORIAL

A diversidade dos componentes morfológicos integrados com o cotidiano das comunidades tradicionais e étnicas foi analisada de modo a proporcionar informações para consolidar domínios de interdependência e de tradicionalidade. Foi analisada diante da necessidade da manutenção dos vínculos comunitários – sazonalidade climática e roçados; marés e mariscagem; ventos e pesca; sol e lazer, entre outras culturais e simbólicas – em detrimento do licenciamento e da operação de megaempreendimentos. Nesse contexto, os fluxos de matéria e energia foram associados aos domínios tradicionais e étnicos para definir o que iremos chamar de soberania territorial.

Foram verificados especificamente setores impactados pela implantação dos viveiros de camarão e pelos desmatamentos do manguezal, de acordo com as informações do zoneamento ambiental e projeções de uso e ocupação do solo do megaempreendimento de *resorts* denominado de Cidade Nova Atlântida.

O que se tornou evidente foi a disputa dos territórios das comunidades tradicionais e étnicas por corporações internacionais muitas vezes financiadas por instituições financeiras multilaterais e bancos públicos brasileiros. A declaração da IX Assembleia Geral sobre Instituições Financeiras Multilaterais faz uma síntese dessa lógica, que proporciona injustiça ambiental e climática e violação dos direitos humanos:

Hoje, a mercantilização da vida e a financeirização da natureza manifestam-se como expressões do capitalismo neoliberal que, em escala mundial, avança violentamente sobre as populações, cerceando seus direitos, impedindo o acesso ao meio ambiente saudável necessário à sua sobrevivência e reprodução e provocando a desterritorialização. Trata-se de um sistema que depende da ampliação das desigualdades de classe, gênero, raça e etnia para garantir a sua acumulação. Em nome do acúmulo de poder e riqueza, corporações industriais e financeiras se colocam acima do Estado de direito, pressionando para que sejam efetivadas mudanças nas legislações e a criação de políticas públicas em países e setores que possibilitem o desenvolvimento de novos mercados (REDE BRASIL, 2012).

Nas áreas específicas de análise, principalmente as relacionadas com o tabuleiro litorâneo, o ecossistema manguezal, as nascentes dos córregos, as lagoas perenes e sazonais, os campos de dunas e a faixa de praia, foram evidenciadas as relações de subsistência com a biodiversidade que emana do sistema costeiro.

Nesse sentido, comprovou-se a relação direta dos índios com as unidades de paisagem caracterizadas por atividades ancestralmente relacionadas com o manejo sustentável da terra, a biodiversidade, o relevo e a água. A implantação do complexo hoteleiro, em sua primeira fase, com 28 hotéis (podendo atingir 42 *resorts*), campos de golfe, marinas etc., irá interferir diretamente na disponibilidade dos recursos ambientais de subsistência e certamente na continuidade das manifestações culturais do grupo indígena.

Mediante trabalhos de campo para a caracterização dos ecossistemas da terra indígena (TI )Tremembé da Barra do Mundaú, foi definido um conjunto de 5 unidades de paisagem representadas a seguir (Figuras 10.1 e 10.2):

1. Tabuleiro litorâneo/Formação Barreiras;
2. Lagoas;
3. Ecossistema manguezal;
4. Campo de dunas;
5. Faixa de praia.

Essas unidades de paisagem foram caracterizadas a partir de seus aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, pedológicos, cobertura vegetal e ecológicos. Utilizando como critérios os aspectos geoambientais, os agentes deposicionais e erosivos e as intervenções humanas, foram definidas as diversas formas de uso e ocupação e os impactos ambientais.

Os trabalhos de campo geraram informações para a identificação e a descrição das áreas imprescindíveis à preservação dos recursos necessários ao bem-estar econômico, social e cultural do povo indígena. Foram associados com a caracterização das formas de utilização dos recursos naturais, das atividades tradicionais e a origem e evolução dos impactos ambientais.

A compartimentação ambiental foi inicialmente definida por meio da utilização de fotografias aéreas (recobrimento de 1958, escala 1:25.000) e imagens de satélite (LANDSAT TM7 de 2000), seguida dos trabalhos de campo.

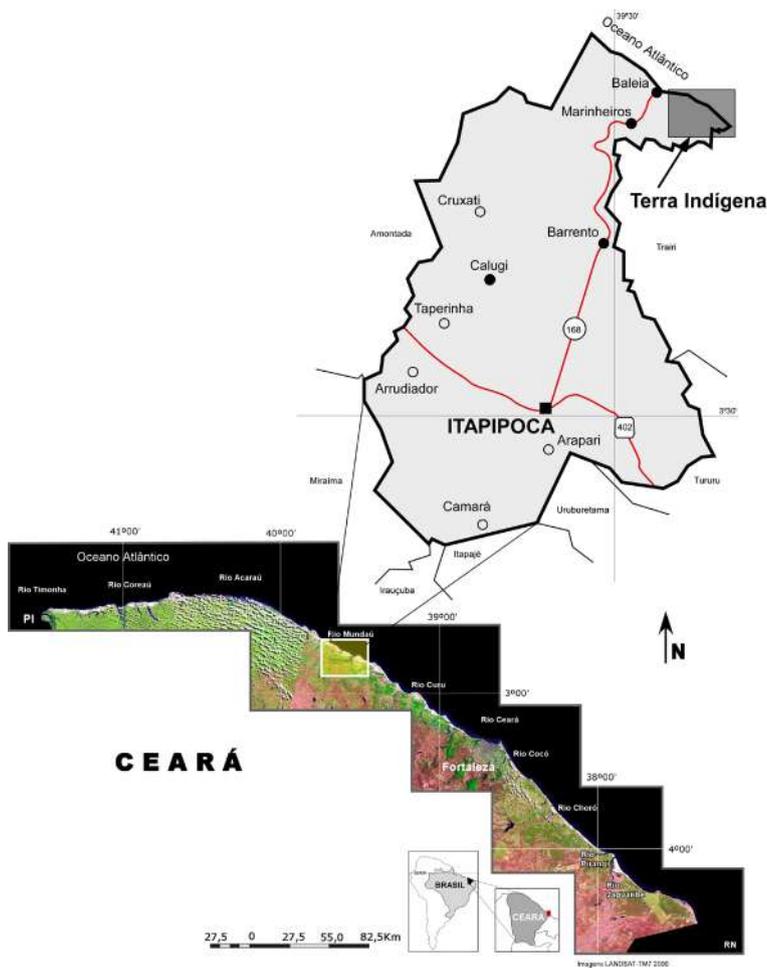


Figura 10.1 – Localização regional da área de estudo na qual está inserida a TI de São José e Buriti, no município de Itaipoca, litoral oeste do estado do Ceará.

Os demais procedimentos e estratégias de campo, análise e interpretação dos dados, dos perfis de campo e das entrevistas, foram subsidiados, guardando as peculiaridades geoambientais e socioeconômicas locais, pelos métodos propostos pela Funai (2002, *Manual do Ambientalista*, PP-G7/PPTAL/FUNAI).

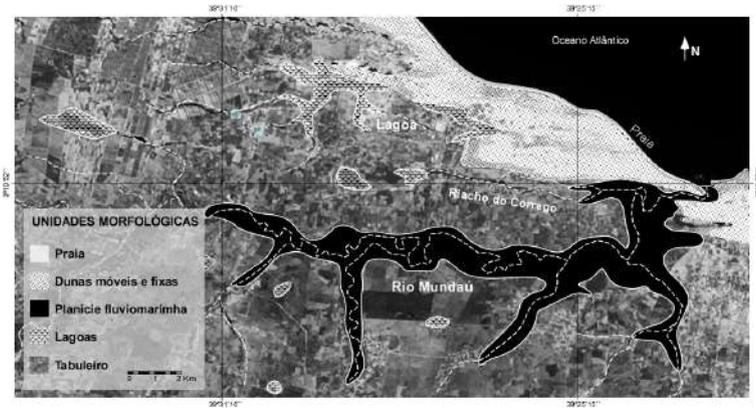


Figura 10.2 – Aspectos geomorfológicos associados à parte do território da etnia Tremembé da Barra do Mundaú.

A dinâmica ambiental associada ao sistema costeiro e vinculada à evolução da paisagem foi definida de acordo com pesquisas realizadas por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986); Freire *et al.* (1989); Nascimento (1993); Pritchard (1967); Pannier e Pannier (1980); Day *et al.* (1989); Coutinho (1986); Freire *et al.* (1991); Perillo (1995); Meireles (2001); Meireles e Vicente da Silva (2002), entre outros citados no relatório. A relação de dependência dos recursos naturais e de usufruto das comunidades indígenas foi realizada levando em conta estudos de Barretto Filho (1987 e 1998), Teófilo Filho *et al.* (1999), Sampaio *et al.* (2002) e Meireles (2006).

A maior parte dos perfis geoambientais realizados ao longo das unidades de paisagem foi acompanhada por lideranças dos tremembés, de modo a fornecerem informações que auxiliaram na caracterização de diversas atividades de uso da terra, formas de extrativismo, acesso às áreas de tabuleiro, do ecossistema manguezal, bosques de carnaubal, campos de dunas e praia. O deslocamento ao longo da terra indígena foi realizado com o auxílio de cavalos.

As principais unidades geomorfológicas foram identificadas com a utilização de imagens de satélite Landsat TM7 (2000). Para a localização dos pontos de descrição dos sistemas ambientais associados aos usos, foi utilizado GPS Gramin 12 SAT 63 e elaborada uma planilha com a descrição dos principais aspectos geoambientais, impactos e demais atividades de usufruto dos recursos naturais existentes na terra indígena.

Partindo da cidade de Fortaleza, o acesso à TI de São José e Buriti pode ser realizado pelas CEs-085 e 168 até a localidade de Marinheiros e, seguindo por uma estrada carroçável, de aproximadamente 4 km, chega-se à aldeia de Buriti.

## **Unidades de Paisagem**

### **Tabuleiro litorâneo/Formação Barreiras**

Trata-se de um depósito sedimentar de idade pliopleistocênica (ALHEIROS, 1982) entre a depressão sertaneja (embasamento cristalino) ao sul, o litoral ao norte e o estuário do rio Mundaú a leste. Ocorre de forma contínua, em uma superfície relativamente plana a levemente ondulada e paralela à linha de costa. Não apresentou ruptura topográfica acentuada com a depressão circunjacente, pois normalmente a gradação lateral é realizada com a presença de drenagem com seus vales de acumulação com fraco entalhe em estreitos terraços fluviais.

Essa unidade de paisagem, entrecortada por nascentes de riachos e lagoas (afluentes do rio Mundaú), envolve uma complexa interação entre as suas várzeas, as vertentes suaves, as diversas formas de utilização do solo pela comunidade indígena e o sistema fluviomarinho do rio Mundaú (Figuras 10.3 e 10.4).

Segundo Brandão (1994), a Formação Barreiras caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica, com intercalações de níveis mais e menos permeáveis, o que lhe confere parâmetros hidrogeológicos diferenciados, de acordo com o contexto local. Essa sequência é constituída por sedimentos arenosargilosos, não ou pouco litificados, muitas vezes com aspecto mosqueado, mal selecionado, de granulação variando de fina a média. De acordo com Bigarella (1964), os sedimentos foram depositados sob condições de clima semiárido sujeito a chuvas esporádicas e violentas, formando amplas faixas de leques aluviais coalescentes em sopés de encostas mais ou menos íngremes. Nesse período, o nível do mar encontrava-se mais baixo que o atual, o que proporcionou o recobrimento de uma ampla plataforma.



Figura 10.3 – Aspectos morfológicos da unidade de paisagem tabuleiro. Terreno plano a suavemente ondulado e com solo arenoso, muito ácidos quando distróficos, acentuadamente drenados e que apresentam perfil pouco evoluído. Esse setor apresenta uma vegetação arbustiva, com o predomínio do murici (*Byrsonima crassifolia*, *Byrsonima gardenerana* e *Byrsonima verbascifolia*), e frequentemente utilizado pelos índios por meio de caminhos para acessar as lagoas perenes e sazonais, os córregos e a margem esquerda do estuário do rio Mundaú. É também nessa unidade que ocorre o plantio de roçados e capoeiras. Segundo dados do EIA/Rima do empreendimento Cidade Nova Atlântida, essa unidade será utilizada para implantação de grande parte dos empreendimentos (campos de golfe, hotéis e residências multifamiliares).



Figura 10.4 – Lagoa vinculada ao riacho Córrego. Disponibilidade de água mesmo no período de estiagem, uma vez que é alimentada pelo lençol freático associado à unidade de paisagem tabuleiro e ao aquífero dunar. Local utilizado pelos índios para a pesca, o plantio de vazantes, o lazer e a dessedentação dos animais. Com a impermeabilização do solo, através dos equipamentos previstos pelo empreendedor, será fortemente impactada, principalmente pela diminuição da qualidade e da quantidade de água que armazena. Mais a jusante, a lagoa encontra-se com o rio. A drenagem é associada ao estuário do rio Mundaú, atuando como manancial para regular as reações geoambientais e ecodinâmicas do ecossistema manguezal.

Ao longo do contato com o canal do rio Mundaú, principalmente na porção mediana da TI, a presença de escarpas de até 15 m demonstrou que ocorreram mudanças no nível de base regional, provavelmente associadas às flutuações do nível relativo do mar que ocorreram no Quaternário.

De acordo com a definição de *geofácies* elaborada por Souza *et al.* (1995), a morfologia que envolve o setor mais ao sul da TI é do tipo tabuleiro arenoso. Trata-se de uma superfície com topografia suave em relação ao litoral, com interflúvios tabuliformes, fraco entalhamento da drenagem de padrão que demanda a linha de costa, com areias quartzosas distróficas revestidas por vegetação arbórea e arbustiva densa.

Os aspectos pedológicos estão associados a sedimentos arenosos inconsolidados (areias quartzosas distróficas), com espessura de 200 cm em média, acentuadamente drenados, muito ácidos quando distróficos e perfil pouco evoluído, com baixa saturação de bases, com presenças de solonetz solodizados e planossolos solódicos associados aos pequenos vales que entalham a superfície plana a suavemente ondulada, na fixa de declive na direção dos pequenos riachos.

A baixa fertilidade, característica desse tipo de solo e de níveis de tecnologia no plantio do roçado, faz com que os Tremembés de São José e Buriti desenvolvam suas atividades agrícolas de forma extensiva. Promove a broca e a queimada da vegetação (vegetação terciária a quaternária, devido a várias gerações de brocas) para o plantio da capoeira e do roçado (mandioca, batata doce, milho e feijão).

Verificou-se que as atividades relacionadas com a produção de alimento são fortemente impactadas pela presença do posseiro, restringindo a utilização de áreas favoráveis ao incremento da produção e autorizando somente a determinado grupo a continuidade dessa atividade tradicional. Conflitos também aconteceram com o posseiro, pelo fato de impedir a ampliação dos sítios e mesmo o plantio de novas mudas de coqueiro, manga e cajú.

A elevada disponibilidade de água dessa unidade, armazenada nos sistemas lacustres, nos córregos perenes (mesmo na estiagem guardam um volume de água estratégico para as atividades agrícolas, dessedentarização dos animais e para o consumo humano), será fortemente impactada caso sejam implantados os equipamentos previstos pelo empreendedor. De acordo com o Master Plan (EIA/Rima da Cidade Nova Atlântida, 2004), todo o setor de tabuleiro será utilizado para a implantação de 28 hotéis 5 estrelas, campos de golfe e edifícios uni e multirresidenciais.

Serão promovidos impactos ambientais de elevada magnitude e relacionados diretamente com as atividades de usufruto da comunidade indígena (roçados, caça, acesso ao ecossistema manguezal e ao rio Mundaú para a pesca e a coleta de caranguejos e mariscos). Esses equipamentos promoverão também a impermeabilização do solo e, conseqüentemente, a

extinção das nascentes dos riachos que drenam o tabuleiro na direção do rio Mundaú.

Os índios referiam-se ao tabuleiro como uma unidade com disponibilidade de alimento proveniente das atividades de caça e pesca:

*sempre teve peixe nesses riachos, principalmente no riacho do Córrego, dando alimento para quem fosse pescar e caçar, através dos riachos a gente alcançava o manguezal, para a pesca do peixe de água salgada (índio tremembé, 70 anos, da aldeia Buriti).*

Dessa forma, verificou-se uma complexa relação de usufruto com o tabuleiro, caracterizada por atividades de agricultura de subsistência, caça, pesca e caminhos para alcançar o manguezal do rio Mundaú.

Nos setores de maior altitude, verificou-se a presença de espécies arbóreas dispersas nos terrenos destinados pelos índios ao plantio de roçado, milho e feijão. O setor de tabuleiro era coberto por uma mata capaz de guardar uma biomassa exuberante (arbórea densa), com marmeleiro, pinheiro preto, sabiá, catingueira e pereiro, mais densas quando nas proximidades dos riachos e associadas à mata sobre o campo de dunas fixas existente mais ao norte do tabuleiro. Segundo homem de Tremembé de São José, 32 anos: “foi a necessidade de plantio de capoeira e de roçado e de lenha e, como a terra é muito arenosa, que tivemos a necessidade de desmatar para produzir o alimento”. Foram também colhidos relatos que caracterizaram esse setor como representante de uma cobertura vegetal densa arbórea, com a melhor reserva da TI para a coleta de plantas medicinais (jucá, ameixa, jatobá, aroeira, timbaúba, entre outras).

Entretanto, foi durante as atividades de produção de algodão, iniciada em meados dos anos 1960, quando os índios trabalhavam para o posseiro, que ocorreu o desmatamento de grande parte da mata nativa: “*todos nós que morava em Buriti e São José trabalhava para o que se dizia dono da terra, brocando para o plantio de grandes roçados de algodão*” (índio tremembé de São José, 64 anos).

Sobre o terreno plano a suavemente ondulado desse setor e nas proximidades dos solos aluviais (relacionados a pequenos riachos), foram encontrados leitos secos de lagoas freáticas. Durante o inverno, principalmente no trimestre mais chuvoso, o nível hidrostático do aquífero aflora, originando espelhos d’água que interagem com a flora e a fauna remanescentes.

Aliadas às propriedades geológicas, geomorfológicas e pedológicas que definem com precisão essas geofácies de tabuleiro arenoso, estão representadas as melhores condições ecodinâmicas naturais da TI, favorecendo a preservação de um excelente conjunto de indicadores de elevada qualidade ambiental – solos com satisfatório conteúdo de matéria orgânica (para as atividades de plantio nas vazantes), cobertura vegetal arbórea nas proximidades dos córregos e dos rios, excelente zona de recarga para o aquífero, recursos hídricos subterrâneos disponíveis, arranjo paisagístico diversificado e potencial de uso sustentado para os índios.

A pecuária associada a essa unidade de paisagem desenvolve-se de forma incipiente, com poucas famílias com criatórios de bovinos, caprinos e ovinos nos seus quintais. Parte da produção de mandioca e a prática de plantação de capim e de cana nas vazantes são destinadas à alimentação do gado, favorecendo a produção de leite e carne.

As atividades potencialmente recomendadas, devido às características naturais dessa unidade de paisagem, estão

relacionadas ao manejo do agroextrativismo e das práticas agroecológicas. Em determinados setores, o tabuleiro deverá ser destinado à expansão dos núcleos indígenas. Devido a características do depósito geológico, é favorável à obtenção de água subterrânea de qualidade. Trata-se de uma morfologia com diversidade ecológica e associada a processos pedogenéticos (devido, principalmente, à baixa densidade de drenagem superficial e declividade) e, assim, inserida nas ações de uso da terra para a soberania alimentar.

Diretamente associada à biodiversidade nessa unidade de paisagem e nas proximidades das nascentes de água doce e do ecossistema manguezal, constatou-se a existência da tapera de índios que ocuparam esse setor do tabuleiro possivelmente no início do século 20. Foram encontrados troncos de coqueiro e árvores frutíferas (mutamba *Guazuma ulmifolia* e goiabeira *Psidium guajava*).

O tabuleiro apresentou graus de vulnerabilidade associados a um ambiente de transição entre a planície costeira, as várzeas, as lagoas perenes e sazonais e o ecossistema manguezal. Suas características geoambientais e ecodinâmicas apresentaram elevada fragilidade, quando destinado às atividades relacionadas com agricultura extensiva, desmatamento, queimadas, extração não seletiva de madeira e caça indiscriminada.

Nas Figuras 10.7 a 10.10, constatam-se que os trabalhos de edificação dos taludes das piscinas para criatórios de camarão (carcinicultura) foram associados ao desmatamento do manguezal e da mata ciliar (composta por um bosque de carnaubal). Com o desmatamento, procedeu-se à retirada da cobertura pedológica e ao nivelamento do terreno. Os tanques foram implantados em áreas de preservação permanente, provocando movimento de materiais na direção da margem do rio e no contato do tabuleiro com a mata ciliar. Essa atividade provocou

também a extinção de pequenas nascentes e riachos afluentes do rio Mundaú. Com o desmatamento, foi desencadeada erosão generalizada desse setor da terra indígena (ver capítulo 5).

Como os taludes estão a menos de 10 m da vegetação de mangue remanescente, toda estrutura edificada encontra-se dentro da APP do manguezal. Ainda como parte da APP, as nascentes e o carnaubal foram fortemente impactados pela atividade de terraplenagem (Figuras 10.5 e 10.6).

Tratando ainda dos impactos dessa atividade, registrou-se um depoimento que demonstra a importância ambiental da mata e dos riachos degradados: “*a água nasce e se cria na nossa terra, quando desmata a água se acaba; é a natureza quem aguenta a água*” (índio tremembé, 70 anos, da aldeia São José).

A unidade de paisagem tabuleiro litorâneo representa uma reserva de biomassa que deverá ser destinada ao crescimento vegetativo, para o favorecimento à retomada da biodiversidade (manejo de culturas, do solo e da caça) e para a segurança alimentar da comunidade indígena. Representa um compartimento do território de usufruto culturalmente comprovado para a continuidade das atividades tradicionais.

A utilização tradicional dos sistemas ambientais inseridos no modo de vida étnico foi amplamente caracterizada. Trata-se de uma unidade de paisagem de elevado potencial para a coleta de plantas medicinais e sementes para a confecção de artesanato; repleta de caminhos frequentemente utilizados para a pesca, mariscagem e coleta de caranguejos nos córregos e no manguezal, fundamental para a continuidade das atividades produtivas através dos roçados e capoeiras e para a caça. Foram registradas insatisfações relacionadas com o acesso a esse setor, realizado, muitas vezes, de forma clandestina.



Figura 10.5 – Movimento de terra e nivelamento do terreno para a construção de viveiros de camarão. Verifica-se que, inicialmente, procedeu-se à retirada da mata ciliar e, com os tratores de esteira, alterações na topografia do terreno. No lado esquerdo da foto, verifica-se a presença de uma drenagem superficial, associada à nascente de um riacho que foi degradado. Na área desmatada e terraplenada, constatou-se ainda a presença de mais 4 nascentes degradadas (afluentes do rio Mundaú).



Figura 10.6 – Vista panorâmica da área de preservação permanente degradada para a implantação de uma fazenda de camarão. Verifica-se que a área utilizada para a construção dos viveiros está sendo retomada por uma cobertura vegetal de mata secundária.



Figura 10.7 – Talude para a implantação de viveiros de camarão. Verifica-se que foi edificado em área de APP e associado ao desmatamento do manguezal e do carnaubal. Sobre os taludes, observou-se a presença de sulcos de erosão, evidenciando a não continuidade das atividades. Atualmente, encontra-se abandonado, sem nenhuma atividade de manutenção.

## Lagoas

As lagoas representam mananciais disseminados por todas as unidades de paisagem existentes na TI. As relações com o substrato sedimentar, o arranjo topográfico, a altitude do terreno, a sazonalidade climática e as formas de utilização pela comunidade tremembé promoveram a identificação de formas de utilização distintas.

As lagoas mais representativas (em área e disponibilidade de água potável e peixes) estão diretamente vinculadas aos córregos que drenam a unidade de paisagem tabuleiro pré-litorâneo (Figuras 10.8 e 10.10). Associam-se às atividades tradicionais indígenas, principalmente as relacionadas com a obtenção de água para consumo, banho, lazer, pesca, caça, água de beber para os animais e plantios de vazantes. Os relatos evidenciaram que essas atividades ainda são cotidianas, mas com impactos socioambientais relacionados com a presença do posseiro.

As que ocorrem dispostas sobre o tabuleiro arenoargiloso são lagoas sazonais que comportam um espelho d'água durante os períodos de maiores precipitações pluviométricas e vinculam-se diretamente às flutuações do nível hidrostático do lençol freático e sazonalidade climática (Figura 10.10). Durante o período das chuvas, formam-se lagoas por todo o tabuleiro, as quais se relacionam a um relevo suavemente ondulado, definindo um solo predominantemente arenoquartzoso distrófico e, nas proximidades do leito lacustre, vertissolos e de aluviões. Suas margens são constituídas por sedimentos arenoargilosos (na faixa mais exterior do leito lacustre) e argiloarenosos, ricos em matéria orgânica e com coloração variando de cinza-escuro a negro.



Figura 10.8 – Setor da lagoa do Córrego (também denominado de Levada), nas proximidades da aldeia São José. Disponibilidade de água, de peixe e de vazantes para o plantio de agricultura de subsistência mesmo nos eventos de estiagem prolongada. Unidade de paisagem utilizada cotidianamente pela comunidade indígena.



Figura 10.9 – Contato da lagoa do Córrego com o tabuleiro. Durante o período de estiagem, com o nível hidrostático mais baixo, aflora uma densa cobertura vegetal. Setor da lagoa frequentemente utilizado para a pesca e o plantio de vazante. Devido a problemas de acesso com o posseiro, essas atividades estão sendo prejudicadas.



Figura 10.10 – Lagoas sazonais associadas à unidade de paisagem tabuleiro. Disponibilidade de água mesmo durante os eventos de estiagem. Verifica-se elevada umidade do solo, com afloramento d'água mesmo no período de estiagem. Essa unidade de paisagem também está associada à mata ciliar e representa ecossistemas de alimento e refúgio para uma diversificada fauna e flora.

Os impactos ambientais foram amplamente previstos pela comunidade indígena, quando se referiram à extinção das lagoas pela construção dos hotéis e campos de golfe previstos pelo empreendedor da Cidade Nova Atlântida Ltda.:

*com nosso Pai Tupã, não vamos deixar que os brancos tomem nossas terras, que desmatem o manguezal e matar nossa natureza, ferindo o que é de mais sagrado para nós (índia tremembé da aldeia São José, 30 anos).*

Esses equipamentos de engenharia estão relacionados com a utilização de grandes áreas para a impermeabilização do solo, abertura de frentes de mineração para a prospecção de materiais de construção, terraplenagem sobre as lagoas sazonais e riachos e a exploração de elevados volumes de água subterrânea, provocando o rebaixamento do aquífero.

Os índios utilizam caminhos sobre o tabuleiro para acessar as lagoas e realizar atividades de pesca e lazer. Foi possível constatar que as lagoas associadas aos córregos ainda preservam uma diversificada mata ciliar. São áreas com elevada umidade em suas várzeas e atuam como ecossistemas que fornecem alimento e refúgio para uma diversificada fauna (inclusive com a presença de aves migratórias).

Essa unidade de paisagem apresenta restrições de uso relacionadas com atividades que poderão alterar as propriedades ecológicas, a qualidade da água, a morfologia da bacia hidráulica, a biodiversidade e a produtividade pesqueira. Deverão ser respeitados os períodos reprodutivos das principais espécies de peixes, com manejo de acordo com as atividades de pesca tradicional da comunidade indígena. Estudos mais detalhados sobre a fauna deverão ser realizados para determinar a necessidade de peixamento artificial com a inclusão de alevinos e o manejo da mata ciliar com plantios de árvores nativas, ação primordial para evitar processo de assoreamento e disponibilidade para a comunidade indígena de um fundamental recurso hídrico para a continuidade das atividades tradicionais.

Ao longo da área úmida mais expressiva da TI, entre o tabuleiro e o ecossistema manguezal, foi prevista pelo empreendedor a construção de parques temáticos. Evidenciou-se que, no mapa de zoneamento ambiental (Vol. III – Anexos do EIA/Rima), a delimitação da APP não foi executada. Constatou-se também que representa um ecossistema fundamental para o refúgio e a reprodução da avifauna.

## Ecosistema manguezal

O rio Mundaú, com o ecossistema manguezal disposto ao longo de toda a faixa de terra a leste da TI, representa um fundamental manancial de biodiversidade e de disponibilidade de recursos naturais para a comunidade (Figura 10.11).

A vegetação perenifólia paludosa marítima de mangue constitui a cobertura vegetal natural do sistema estuarino. O conjunto florístico é constituído por quatro espécies de árvores: *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), *Avicennia germinans* (mangue-preto), *Avicennia schaveriana* (mangue-preto) e *Conocarpus erecta* (mangue-botão) (VICENTE DA SILVA, 1998).



Figura 10.11 – Margem esquerda do ecossistema manguezal desmatada. No lado direito da fotografia, observa-se uma cerca de arame de propriedade do posseiro instalada na área de preservação permanente.

Para os índios, o manguezal constitui uma fundamental fonte de alimento e lazer. Trata-se de *habitat* com uma grande biodiversidade faunística. Seus principais grupos são: moluscos, crustáceos, peixes e aves. Grande parte deles é utilizada cotidianamente, demonstrando, assim, que, além de suas funções ecológicas, o estuário possui uma relevante importância econômica e social para a comunidade indígena.

No limite interior do estuário, foi possível identificar uma gradação lateral entre os depósitos tipicamente mistos e os flu-

viais. Esse limite, do ponto de vista geológico, foi definido pela presença de bancos de sedimentos tipicamente fluviais localizados dentro do canal e nas suas margens (de acordo com imagem de satélite Landsat TM7 de 2000 e trabalhos de campo).

De acordo com os depoimentos, o rio já era utilizado pelos ancestrais que moravam em suas margens: “*foi neste lugar que morou meu bisavô, vivendo somente da pesca no rio, da caça na mata (tabuleiro) e da água doce dos córregos*” (índio tremembé, 70 anos, da aldeia São José).

A pesca no manguezal é uma atividade de subsistência. Os principais instrumentos são o “choque” e as redes de pesca que inicialmente foram trançadas com linhas de algodão. Para acessar o manguezal, os índios realizam caminhadas pelo tabuleiro (cruzando-o de oeste a leste), pela faixa de praia e pelas margens dos córregos e das lagoas.

O desmatamento do manguezal (área de preservação permanente) foi identificado em duas áreas da terra indígena: a primeira, localizada ao norte da TI e associada à implantação de uma fazenda de camarão; a segunda, localizada nas proximidades da desembocadura (Figura 10.12), envolvendo uma área de aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup>. Segundo informações dos índios, o desmatamento foi realizado pelo posseiro. Foram atingidos setores caracterizados pela presença de *Rhizophora mangle* e uma fauna associada a caranguejos e aves do manguezal.



Figura 10.12 – Mostra uma faixa do manguezal desmatado pelo posseiro (segundo informações dos índios tremembés que acompanharam os trabalhos de campo). Esse desmatamento foi denunciado pelos índios.

O conjunto de unidades geoambientais e ecodinâmicas associado ao ecossistema manguezal do estuário do rio Coreau ainda guarda áreas com uma exuberante composição florística e avifauna, aliado a bancos de areia e argila que afloram durante a maré baixa. A largura do canal principal do rio e o manguezal associado definem uma faixa de APP que pode variar de 50 a 500 m.

Nos estudos apresentados pelo EIA/Rima da Cidade Nova Atlântida Ltda., essa faixa de preservação permanente foi definida de forma contínua e com apenas 30 m ao longo de toda a margem do rio Mundaú. Como a largura do canal principal ultrapassa os 500 m, a demarcação foi executada de forma equivocada. Dessa forma, verificou-se a projeção de equipamentos de engenharia (hotéis, vias de acesso, residências multifamiliares e campos de golfe, de acordo com o Master Plan) em áreas efetivamente de preservação ambiental.

Nas proximidades da desembocadura do rio, bem como ao longo de toda sua faixa paralela à TI, o canal estuarino é repleto de ilhas de manguezal originadas inicialmente pela presença dos bancos de areia e argila. A Figura 10.13 mostra uma das ilhas coberta pelo manguezal, em um setor do estuário com mais de 500 m de largura. São ambientes de elevada biodiver-

cidade e frequentemente utilizados como áreas de alimento e refúgio para a fauna do manguezal. Evidenciou-se a presença de ninhais de garça e de aves migratórias. Os vínculos comunitários com o manguezal relacionaram-se diretamente com esses setores por meio da pesca e mariscagem.



Figura 10.13 – Ecossistema manguezal localizado nas proximidades da desembocadura do rio Mundaú.

Os setores de apicum foram identificados acompanhando as margens do estuário. Tratam-se de unidade fundamental do ecossistema manguezal, atuando na regulação, no processamento e na distribuição de nutrientes. A comunidade indígena utiliza o apicum para a mariscagem, a pesca e como via de acesso para os demais setores do manguezal. A Figura 10.14 mostra o apicum associado à TI e a leste das aldeias de Buriti e São José, nas proximidades do setor do tabuleiro, no qual foram identificadas duas taperas.



Figura 10.14 – Setor de apicum que acompanha a margem esquerda do estuário do rio Mundaú.

Segundo informações existentes no EIA/RIMA, sobre os empreendimentos previstos para a Cidade Nova Atlântida Ltda., tanto o apicum como o manguezal foram utilizados para a projeção de portos e marinas, equipamentos que requerem a implantação de obras de engenharia em uma unidade de paisagem de preservação permanente e de amplo domínio das comunidades indígenas e ribeirinhas.

### **Campo de dunas**

O campo de dunas vinculado à terra indígena dos tremembés está localizado em seu extremo norte, entre o tabuleiro e a faixa de praia. Foram definidas dunas dos tipos móveis (transversais e barcanoides) e fixas (as edafisadas e os eolianitos cimentados por carbonato de cálcio).

Localizado ao longo da linha de costa, o campo de dunas tem início na margem esquerda do rio Mundaú, cuja parte dos sedimentos foi proveniente dos bancos de areia existentes no leito do rio e que alcançam a faixa de estirâncio. É associado ao campo de dunas existente na margem direita do rio através do *bypass* de sedimentos, quando as dunas atingem o canal estuarino, fornecendo sedimentos para os bancos de areia.

As dunas móveis são as mais elevadas (com até 30 m de altitude) e localmente apresentaram uma largura média de 1,5 km. Devido à elevada e contínua disponibilidade de água (lençol freático), mesmo durante o período de estiagem, especificamente os setores interdunares são frequentemente utilizados pelos índios como área de pastoreio, de roçados nas vazantes dos riachos e como área de lazer.

A Figura 10.15 mostra o contato do campo de dunas com o tabuleiro (em primeiro plano). São dunas móveis que migram de leste para oeste, muitas vezes soterrando a mata arbórea sobre o tabuleiro. O campo de dunas está vinculado a uma complexa associação de pequenos riachos e lagoas interdunares originadas do exutório de água doce no sopé das dunas e às oscilações sazonais do lençol freático. Localiza-se na faixa mais interna da planície costeira e nas proximidades das aldeias de Buriti e São José.



Figura 10.15 – Contato entre as unidades de paisagem campo de dunas e tabuleiro. Setor localizado nas proximidades da aldeia de Buriti. Atualmente, as dunas móveis migram sobre o tabuleiro, cobrindo uma vegetação de dunas fixas e de tabuleiro de porte arbóreo. No sopé dessa duna, nasce um riacho que drena água doce de excelente qualidade na direção da faixa de praia.

As estruturas de fluxo sobre o campo de dunas móveis, originadas pela movimentação dos sedimentos por meio da energia eólica, foram utilizadas para definir a direção preferencial de migração das dunas (direção comprovada por imagens de satélite). A Figura 10.16 mostra parte da superfície do campo de dunas móveis entre o tabuleiro e o setor de lagoas interdunares mais ao norte, com as estruturas sedimentares que denunciaram a direção preferencial de migração.



Figura 10.16 – Superfície dos campos de dunas móveis. Verifica-se a presença das marcas de ondulação associadas à direção preferencial de migração dos sedimentos (estruturas sedimentares de fluxo). Dunas dos tipos transversais e barcoides.

Os índios tremembés utilizam frequentemente essa unidade para acessar a faixa de praia, para as atividades cotidianas de manutenção de seus roçados (em faixas interdunares) e quando vão à praia da Baleia. Os roçados (mandioca e capim) estão associados às áreas úmidas dos riachos e das lagoas interdunares, originadas do aporte de água doce do lençol freático.

Os eolianitos ocorrem mais ao norte dessa unidade de paisagem. Estão dispostos entre o campo de dunas móveis, os setores interdunares e de aspersão eólica e a faixa de praia. São cimentados por carbonato de cálcio e foram utilizados como indicadores de mudanças climáticas e de flutuação do nível relativo do mar durante o Quaternário (MEIRELES, 2001). Como são excelentes aquíferos (devido à boa

porosidade e elevada permeabilidade), também atuam como reguladores da drenagem dos riachos e disponibilidade de água para a origem das lagoas interdunares. As Figuras 10.17 e 10.18 mostram um riacho cuja nascente está associada aos campos de dunas móveis e aos eolianitos.



Figura 10.17 – Setor pertencente à unidade de paisagem campo de dunas. Repleto de nascentes de riachos e lagoas interdunares. Em primeiro plano, um riacho que atravessa sítios e roçados dos tremembés, disposto sobre uma planície de aspersão eólica (trânsito de areia transportada pelo vento); em segundo plano, estão os eolianitos.



Figura 10.18 – Eolianitos (ao fundo) em contato com a faixa de berma (pertencente à unidade de paisagem praia). Verifica-se a presença de cercas de arame que delimitam todo o campo de dunas em seu contato com a faixa de praia.

Em um largo setor interdunar, localizado entre as dunas móveis e os eolianitos, constatou-se que os índios tremembés desenvolvem ancestralmente atividades de subsistência. Os roçados são implantados aproveitando as áreas mais úmidas e associados aos riachos com nascentes nas dunas. Realizam o plantio de mandioca, milho, feijão e capim (Figuras 10.19 e 10.20).



Figura 10.19 – Lagoas interdunares utilizadas para as atividades de subsistência. Os tremembés utilizam essas unidades ambientais para o plantio de capim, coqueiros e culturas de vazante.



Figura 10.20 – Índio tremembé em seu sítio (Sítio da Barrinha) localizado em um setor interdunar. Verifica-se a presença de água corrente no riacho mesmo no período de estiagem. Realiza atividades de subsistência relacionadas com o plantio de mandioca, milho e feijão. Verificou-se também o cultivo de bananeira, árvores frutíferas (ata, mamão, cajueiro e manga) e capim para os animais.

Várias taperas e restos de construção de uma casa de farinha foram identificados em setores interdunares (como na localidade denominada de As Baixas). Segundo índio tremembé, de 70 anos, da aldeia de São José: “*quando criança, eu e meus pais moramos nas Baixas, existiam várias casas de taipa e de tijolo cru, com água das lagoas e mais perto do mar, de onde tirávamos o peixe*”. Foi certamente devido à ação das areias, no processo de migração do campo de dunas na direção das antigas moradias, que os índios se mudaram para onde atualmente é a aldeia de São José. Entretanto, ainda utilizam essa faixa de terra para a produção de alimentos.

A Figura 10.21 mostra parte do setor interdunar antes utilizado para a moradia e as demais atividades de subsistência, como o plantio de roçados e o extrativismo. Verificou-se a presença de riachos e lagoas freáticas (interdunares) como suporte ambiental (água doce e solo para o plantio) para a subsistência do grupo indígena. Esse agrupamento também atravessava as dunas móveis e os eolianitos para acessar a faixa de praia para as atividades de pesca.



Figura 10.21 – Vista panorâmica da unidade de paisagem campo de dunas, destacando um setor em que foi identificada a presença de taperas e de restos de uma antiga casa de farinha. Área utilizada ancestralmente pelos tremembés para a moradia e as atividades tradicionais de roçado e pesca. Nas proximidades, estão sítios com famílias tremembés e roçados dos que atualmente moram na aldeia de São José.

Nas proximidades da antiga aldeia, ocorrem as maiores lagoas interdunares dessa unidade de paisagem (denominada pelos

índios de “baixadas”). Durante o período de inverno (evento com as maiores precipitações pluviométricas) e por estarem posicionadas entre as dunas, formam espelhos d’água em que algumas alcançam 6 ha. A Figura 10.22 mostra uma dessas lagoas. Durante o início do período de estiagem, são utilizadas para o plantio de subsistência. As lagoas interdunares também atuam como ecossistemas destinados à alimentação e ao abrigo de uma diversificada fauna.



Figura 10.22 – Setor interdunar com uma das maiores lagoas freáticas dessa unidade de paisagem (entre o campo de dunas móveis e os eolianitos). Áreas utilizadas para a pesca e o plantio de vazantes.

Nas proximidades da localidade As Baixas, mais a leste dos sítios dos tremembés existentes nos setores interdunares, foi possível registrar a presença de sítios arqueológicos. Foram identificados artefatos utilizados para a construção de moradia e áreas indicativas de um sambaqui. A Figura 10.23 evidencia restos de ossos e conchas de bivalves (provavelmente coletadas no manguezal ou nas plataformas de abrasão localizadas no faixa de praia) com a presença de fragmentos líticos.



Figura 10.23 – Sítio arqueológico com restos de artefatos de construção de antigas moradias e um sambaqui. Localizado nas proximidades da localidade denominada As Baixas (antiga aldeia dos tremembés).

## Faixa de praia

Essa unidade de paisagem é representada por um depósito originado pela ação das ondas, das marés e das correntes. A disponibilidade de sedimentos ao longo da faixa de praia está relacionada com as areias provenientes do *bypass* através do rio Mundaú (com as dunas de sua margem direita fornecendo grande parte dos sedimentos).

Acompanha a linha de costa desde a flecha de areia disposta na margem esquerda do rio Mundaú em direção à praia da Baleia, entre o mar e o campo de dunas. Está associada a diversos riachos que deságuam ao longo da linha de praia (*inlets*), com suas nascentes localizadas ao longo da unidade de paisagem caracterizada como campo de dunas (Figura 10.24).



Figura 10.24 – Faixa de praia durante a maré baixa, com perfil dissipativo e apresentando um setor de estrâncio com aproximadamente 100 m de largura (setor do perfil de praia entre as marés alta e baixa). O setor de berma está em contato com os eolianitos (em segundo plano). Sobre esse setor, verificou-se a presença de pequenos riachos cujas nascentes estão localizadas no campo de dunas. Constata-se que a cerca de arame está sobre terreno de marinha.

Com a ação predominante dos ventos de leste e nordeste e a fisionomia da linha de costa, a deriva dos sedimentos ocorre localmente de sudeste para noroeste a partir da desembocadura do rio Mundaú.

Foram evidenciadas estruturas de fluxo (*sandwave*, canais e cristas longitudinais, flechas arenosas e bancos de areia submersos) e uma faixa de berma que caracterizaram a interação das ondas e marés com um aporte regular de sedimentos em deriva litorânea, sem a presença de indicadores morfológicos de eventos erosivos.

As areias dispostas na zona de berma (Figuras 10.25 e 10.26) são utilizadas para a reposição de sedimentos em deriva litorânea, caso as ondas necessitem desse material para a manutenção morfológica não erosiva do sistema costeiro (MEIRELES; MORAIS, 1994). Durante o período das marés de tempestade (ressacas), as ondas atingem setores mais internos da berma, provocando o transporte de maiores volumes de areia.



Figura 10.25 – Setor de berma ao longo da faixa de praia.



Figura 10.26 – Contato entre o setor de berma e o de estirâncio. Verifica-se que a ação das ondas alcança a cerca de arame farpado, nitidamente edificada em terreno de marinha.

Foi possível registrar depoimentos de membros da comunidade que atestaram dificuldades em acessar a faixa de praia: *“antes era possível chegar na praia de qualquer lugar de nossas terras, agora está completamente cercada por arame”* (índio tremembé da aldeia de São José, 70 anos). Os tremembés alcançam a linha de praia por meio de caminhos sobre os campos de dunas e das margens dos riachos.

## Implantação de *Resorts* e Impactos Ambientais na Terra Indígena

De acordo com o EIA/Rima e o Parecer Técnico nº 4.049/04, Copam/Nucam, “o Projeto Turístico Nova Atlântida Cidade Turística Residencial e de Serviços compreende uma área total de 1.000 ha que serão ocupados de modo gradativo, de forma integralizada na concepção de uso total do terreno”.

Acrescenta ainda o mesmo parecer técnico que as zonas de uso (Núcleo Urbano “ZR0”, Zona de Alta Densidade de Ocupação Litorânea “ZR1”, Zona Residencial de Média Ocupação Litorânea “ZR2”, Zona Residencial de Baixa Ocupação “ZR3”, Zona de Edificação Reduzida “ZE1” e Zona dos Parques Temáticos “ZE2”) terão uma densidade de ocupação diferenciada, dependendo dos fatores de atração de cada segmento. Adianta ainda que foi definida a instalação de 11 grupos corporativos, os quais implantarão 28 empreendimentos hoteleiros, todos de padrão internacional (5 estrelas), e que no núcleo São José serão edificadas pequenas pousadas.

Segundo notícias veiculadas em um jornal especializado em economia e finanças (Disponível em: <http://www.invest-news.net>, acesso em: 21 dez. 2004), o empreendimento conta com uma segunda fase, utilizando uma área total de 3.200 ha (a primeira com 1.100 ha):

os planos dos investidores, que não dispensam requinte nas construções, aliam como atrativo a construção de marinas e campos de golfe, considerados importantes na hora de conquistar o turista internacional. O Cidade Atlântida, na praia da Baleia, município de Itapipoca, a cerca de 130 quilômetros de Fortaleza, prevê três campos na fase inicial, que inclui 14 hotéis e 13 resorts, todos cate-

goria 5 estrelas, e seis condomínios residenciais. O projeto, conduzido pelo grupo espanhol Nova Atlântida, e estruturado de forma auto-sustentável, envolve 42 empreendimentos, oferta de 120 mil leitos com 8 campos de golfe, e área de 3,2 mil hectares, no global. Os trabalhos da gigantesca cidade começam pelas obras de base e seguem com a construção de um hotel escola para formação de mão-de-obra, com capacidade de 200 unidades habitacionais. A primeira fase – orçada em US\$ 1,5 bilhão para os próximos oito anos – envolve área 1.100 hectares, para 27 empreendimentos, com capacidade para 42 mil leitos, distribuídos entre hotéis e resorts, todos temáticos, com equipamentos complementares entre si, e liberados aos hóspedes. O presidente do grupo, Juan Ripoll Mari, diz que a ideia é construir estrutura em condições de competir com destinos como Cancun, no Caribe, Pontosa Cana, na República Dominicana, e Ibiza, na Espanha, por exemplo, e atrativos que não se repetem de um resort para outro.

O parecer técnico da Semace evidenciou que o

abastecimento regular de água a todas as zonas e projetos específicos será através de poços de captação de água local e um futuro abastecimento misto que utilize também o abastecimento em rede da CAGECE, quando o abastecimento este primeiro não for suficiente para suprir a demanda gerada.

Entretanto, não foram realizados estudos que evidenciassem a possibilidade de riscos à soberania territorial das comunidades indígenas e de pescadores, com a utilização da água subterrânea, lagoas e riachos, para sustentar a necessidade de água para tantos hotéis e campos de golfe.

Com base nas estruturas previstas no Master Plan e nos anexos do EIA/Rima do empreendimento Cidade Nova Atlân-

tida Ltda. e suas formas de espacialização nas unidades de paisagem definidas, os impactos ambientais afetarão os seguintes processos ambientais, as composições morfológicas e as atividades de usufruto da comunidade indígena:

1. Impermeabilização do solo, principalmente na unidade de tabuleiro litorâneo, uma vez que “as edificações serão preferencialmente horizontalizadas” (Parecer Técnico nº 4.049/04 – Copam/Nucam). Serão ocupadas as áreas ancestralmente destinadas ao plantio de roçados pelos índios tremembés.
2. Com a impermeabilização do solo, ocorrerão alterações no volume de água armazenada no aquífero, rebaixando o nível hidrostático e interferindo na disponibilidade de água nas lagoas sazonais (sobre o tabuleiro) e lagoas perenes. Promoverá também a extinção das nascentes e da mata ciliar associada aos pequenos riachos. Será fortemente alterada a disponibilidade de recursos hídricos superficiais e subterrâneos amplamente utilizados pela comunidade indígena e demais moradores da região.
3. A demarcação das áreas de preservação permanente (APPs) associadas ao canal principal do rio Mundaú, ao ecossistema manguezal, às nascentes, às lagoas perenes e sazonais e à restinga, bem como a implantação dos taludes da fazenda de camarão não levaram em conta as exigências da Resolução Conama 303/2002.
4. A cerca de arame farpado edificada ao longo da faixa de praia e disposta sobre a berma está nitidamente em terreno de marinha.

5. Devido à elevada quantidade de equipamentos urbanos previstos e associados a uma também elevada potencialidade de utilização dos recursos hídricos subterrâneos (prevista no Parecer Técnico nº 4.049/04 – Copam/Nucam), poderá ser gerado risco de salinização do lençol freático.
6. Será bloqueado e/ou dificultado o acesso dos índios ao manguezal, às lagoas e aos riachos, uma vez que utilizam caminhos naturais sobre o tabuleiro para as atividades de pesca no rio Mundaú.
7. Será também bloqueado o acesso para as unidades de paisagem campo de dunas e faixa de praia, bem como interferências nas atividades relacionadas com o usufruto das lagoas interdunares, dos setores interdunares com os sítios, roçados, vazantes e demais atividades de lazer da comunidade indígena.
8. Com a urbanização dos setores interdunares, serão danificados (mudanças no aporte de água superficial e subterrânea) e/ou extintos as lagoas interdunares, os riachos associados aos exutórios do aquífero no campo de dunas e as nascentes dos córregos que alcançam atualmente a linha de praia.
9. Durante os trabalhos de campo, foi possível identificar setores do ecossistema manguezal desmatados e localizados nas proximidades da desembocadura do estuário (segundo os índios, o desmatamento foi realizado pelo posseiro) e mais ao sul, para a implantação de uma fazenda de camarão (as atividades estão paralisadas). Os impactos ambientais foram relacionados diretamente com danos à biodiversidade, pois suprimiram o bosque de manguezal e a mata ciliar.

10. Ao longo da margem esquerda do estuário e em locais associados ao ecossistema manguezal, foram planejadas instalações de 5 marinas (com portos de pesca e esportivos). Estão dispostas em APP e não foram realizados estudos sobre os impactos ambientais (interferências na ecodinâmica estuarina, nos fluxos hidrodinâmicos e na qualidade da água), culturais, sociais e econômicos (alterações na disponibilidade e no acesso aos recursos pesqueiros pelas comunidades tradicionais).
11. Apesar de o EIA/RIMA fazer referências a “importantes acervos antropológico e paleontológico retratados em inscrições rupestres” (foram destacados 5 sítios com o predomínio de inscrições rupestres em rochas), não foram realizados estudos, por parte do empreendedor, sobre esses aspectos na área de influência direta do empreendimento. Durante os trabalhos de campo para a realização desse parecer técnico, foram demarcados 5 sítios arqueológicos na unidade de paisagem campo de dunas (trabalhos de detalhamento deverão ser realizados para a prospecção de possíveis novas ocorrências). Dessa forma, não foram elaborados planos e programas especiais, com legislação federal específica, relacionados com as ocorrências arqueológicas em áreas previstas para serem ocupadas por empreendimentos (zona classificada pelo empreendedor como de alta capacidade de ocupação e destinada a hotéis e *resorts*) e ainda não caracterizados de forma sistemática.
12. Os aspectos culturais e religiosos relacionados com o cemitério da aldeia de São José não foram tratados no EIA/RIMA do empreendimento. Trata-se de um lugar sagrado para índios e não índios e de um sim-

bolismo religioso e de raízes ancestrais que deverá ser integralmente preservado e, do ponto de vista antropológico, étnico e cultural, detalhadamente estudado por especialistas.

13. Os impactos socioambientais relacionados com a polarização do empreendimento, acarretando certamente a origem de novos núcleos urbanos, não foram levados em conta, principalmente quando associados às comunidades tradicionais representadas por índios, pescadores, marisqueiras e agricultores da região.
14. Os impactos cumulativos (ambientais, étnicos, culturais, sociais e econômicos), vinculados aos equipamentos previstos para a Cidade Nova Atlântida Ltda. e demais empreendimentos (hotéis, campos de golfe, marinas, vias de acesso etc.), já foram aprovados pela Semace para o litoral oeste.

Durante os trabalhos de campo e na reunião realizada na sede comunitária da aldeia de Buriti, os impactos ambientais do empreendimento Cidade Nova Atlântica foram amplamente debatidos. Referiram-se inicialmente aos conflitos com seus parentes e ao medo constante do empreendedor, que impede a construção de novas moradias e acesso aos sistemas ambientais de subsistência.

Segundo uma índia tremembé, de 45 anos, da aldeia de Buriti, quando se referiu aos impactos ambientais do empreendimento: *“vai mexer com as raízes de nosso povo, com as nossas matas, as nossas águas, os nossos peixes, a nossa terra. Tudo que é sagrado para nós”*, evidenciando a integração e a interdependência entre as unidades de relevo, bem como a dependência e tradicionalidade para a continuidade da etnia. Uma compreensão

que demonstrou a concepção comunitária e de vínculos com os componentes morfológicos e da soberania territorial.

O cemitério (Figura 10.27) da etnia, localizado na vertente suave da unidade de paisagem tabuleiro, no aldeamento São José, é afirmado como local de “habitação” de parentes. Os índios Seu André e Teteu (o primeiro bisavô do Seu Leo) foram sepultados nessa localidade. Não foram encontradas referências no EIA/Rima do empreendimento sobre a sua importância religiosa e cultural.



Figura 10.27 – Cemitério sobre a unidade de paisagem tabuleiro no aldeamento São José. Em segundo plano, a várzea do riacho do Córrego (riacho Santa Maria).

## Considerações Finais

A complexidade dos processos geoambientais, socioeconômicos e culturais e as diversas formas de usufruto foram amplamente representadas a partir da compartimentação da Terra Indígena de São José e Buriti em unidades de paisagem.

Segundo Teófilo da Silva (1999), a população indígena tremembé manteve-se próxima ao litoral cearense quando, após vários processos de expropriação promovidos por regionais, pecuaristas e agroindustriais, além de fenômenos de ordem geológica (como o “movimento das dunas” nas praias e as secas) em um processo que já perdura por mais de um século, diversas famílias migraram e passaram a ocupar com roçados e residências, sempre em caráter permanente, as margens dos córregos da região.

O nomadismo exprime o nível de dependência dos autóctones em relação ao meio, dependência que gera deslocamentos frequentes e em busca de alimentos, pois a pesca, a caça e a agricultura praticadas individualmente não forneciam quantidade de produtos suficientes para alimentar a tribo. Portanto, o fluxo de tribos a habitar o litoral e dirigido para o interior, em sentido contrário, é frequente em determinadas épocas do ano. A título de exemplo, temos: a) os tremembés, habitantes do litoral, deslocavam-se no inverno para o interior, buscando mel e frutos silvestres na serra de Uruburetama; b) os cariris, habitantes do sertão, na época de Martim Soares Moreno, deslocavam-se durante os meses de outubro e novembro para o litoral, para escapar dos rigores do clima semiárido e aproveitar-se da época do caju e/ou dos frutos do mar (POMPEU SOBRINHO, 1967, *in* DANTAS, 2000).

A distribuição geográfica dos índios tremembés ao longo da zona costeira, a proximidade dos índios das aldeias de São José e Buriti com os de Almofala e os laços de parentescos foram caracterizados nos depoimentos dos índios mais idosos. Segundo Teófilo da Silva (1999), os registros sobre os tremembés têm acompanhado as profundas transformações nas condições de existência e reprodução cultural dos mesmos enquanto grupo étnico.

Pesquisas antropológicas apontaram que os tremembés históricos eram caçadores, pescadores e coletores, atividades que provocavam o mínimo de impacto sobre o meio ambiente. Contudo, com a chegada dos portugueses e a ocupação histórica do estado do Ceará, a área foi sendo ocupada por atividades extrativistas (agricultura e pecuária), promovendo forte impacto nos ecossistemas locais (SAMPAIO *et al.*, 2002; VICENTE DA SILVA *et al.*, 2002).

Segundo os mesmos autores, nas décadas mais recentes, a vulnerabilidade dos sistemas ambientais tem-se acelerado,

principalmente motivada pela ocupação da área da comunidade tremembé por empresas que exploram em escala industrial os recursos naturais, tais como o côco e o peixe, e pela invasão de agricultores (posseiros) que, além de degradarem os recursos naturais, geraram sérios conflitos pela posse da terra.

Verificou-se que os índios tremembés de São José e Buriti foram expostos a um sistema de patronagem (índios com idades entre 60 e 70 anos relataram relações com posseiros), submetidos a trabalhos que tinham por obrigação “pagar renda” sobre seus roçados e o comércio da farinha e da castanha de caju.

As unidades de paisagem foram caracterizadas de forma integral, evidenciando inicialmente suas características físicas e ecológicas e, em continuação, as diversas formas de apropriação dos recursos naturais. É fundamental salientar que foi possível definir um conjunto de paisagem imprescindível à subsistência física e cultural dos índios tremembés.

A sazonalidade dos processos geoambientais, intimamente relacionada com as condições climáticas locais, e as relações da comunidade tremembé com as atividades de reprodução foram evidenciadas de modo a caracterizar a dinâmica ambiental. Dessa forma, verificou-se a necessidade de planos e programas operacionais de manejo das atividades produtivas, recuperação de áreas degradadas e gestão adequada dos recursos naturais para a melhoria da qualidade da terra e de vida da comunidade indígena.

As imagens de satélite e as fotografias aéreas foram utilizadas de modo a auxiliar na definição dos limites e contatos das unidades de paisagem, na caracterização das formas de utilização do território proposto e na dinâmica evolutiva dos ecossistemas.

O limite sul da TI foi caracterizado pela unidade de paisagem denominada de tabuleiro litorâneo. Está intimamente relacionado com as atividades de extrativismo da palha de carnaúba, plantio de culturas de subsistência, pesca e, ocasionalmente, a caça. O elevado potencial hídrico, com a existência de lagoas perenes, nascentes, riachos e lagoas sazonais, representa um importante recurso ambiental para a comunidade indígena. Os dados de uso e ocupação dessa unidade de paisagem obtidos no Master Plan da Cidade Nova Atlântida irão promover impactos ambientais de elevada magnitude, principalmente associados a impermeabilização do solo, desmatamento, extinção de riachos e nascentes e bloqueio ao acesso dos índios durante suas atividades de pesca no ecossistema manguezal.

Os resquícios de mata de tabuleiro (ao longo de riachos e nas proximidades do campo de dunas móveis) deverão ser manejados de modo a proporcionarem a retomada da biodiversidade nas demais áreas intensamente degradadas e como suporte para atividades de reflorestamento em áreas desmatadas. A utilização dos componentes ambientais deverá ser incentivada de modo a sistematizar medidas de proteção ambiental, manejo de plantas medicinais e conservação das áreas para a expansão física do grupo indígena.

A unidade de paisagem ecossistema manguezal ocorre ao longo da margem esquerda do estuário do rio Mundaú. Foi amplamente definido e inserido no cotidiano das atividades ancestrais da comunidade indígena. Foi tratado como ambiente essencial para a continuidade de suas atividades tradicionais, principalmente as relacionadas com a soberania alimentar, envolvendo ações de pesca (peixes, crustáceos e moluscos) e a coleta de mariscos e caranguejos.

O setor mais ao norte da TI é fortemente marcado pelas unidades de paisagem campo de dunas e faixa de praia. São ancestralmente utilizados para atividades de moradia, de roçado e para o plantio de vazantes ao longo dos riachos e das lagoas interdunares.

Para a continuidade do modo tradicional de aproveitamento dos recursos naturais e, conseqüentemente, melhoria das condições geoambientais e ecodinâmicas e a reprodução física e cultural do grupo tremembé, é fundamental a recuperação dos danos ambientais. Deverão ser potencializados os setores da mata ciliar e do manguezal degradados. Trata-se de área favorável à retomada das práticas tradicionais, como a coleta de sementes, plantas medicinais, caça seletiva e agroextrativismo. Essas práticas são de baixa magnitude, e, ao serem efetivadas como usufruto indígena, gerar-se-á um instrumento social para a gestão adequada dos recursos naturais, suprimindo os danos provocados pelos posseiros.

Com a efetiva demarcação dos sistemas ambientais de preservação permanente da terra indígena, levando em conta a presença das nascentes, dos riachos, das lagoas sazonais e perenes e a preservação dos corredores ecológicos de integração entre esses sistemas, principalmente com o ecossistema manguezal, as dunas, o tabuleiro e a praia, a proposta de utilização apresentada no Master Plan do empreendimento Cidade Nova Atlântida Ltda. torna-se completamente inadequada para a área prevista.

A Terra Indígena Tremembé de São José e Buriti, com a realização de estudos ambientais vinculados à caracterização geoambiental e ecodinâmica das suas unidades de paisagem, deverá ser demarcada de modo a orientar as demais formas de

uso e ocupação do solo previstas para a costa oeste. Sua potencialidade ambiental fundamentada especialmente na elevada diversidade geoambiental e ecológica, aliada aos complexos modos de aproveitamento dos recursos naturais, certamente fornecerá o suporte adequado para a continuidade da reprodução física e cultural desse grupo indígena.

# 11

---

## GEOMORFOLOGIA PARA A SOCIEDADE

Esta proposta metodológica evidencia o desenvolvimento de trabalhos multidisciplinares, objetivando a realização de cartas temáticas, de uso projetado e zoneamento ambiental. Foi elaborada da necessidade de estudos ambientais relacionados com a compartimentação, caracterização e integração dos geoelementos que compõem uma planície costeira, de modo a proporcionar a definição dos processos interativos entre componentes físicos, bióticos, sociais e econômicos.

Os estudos propostos fornecerão elementos para constituir as bases de modelos evolutivos para a composição de abordagens de uso e ocupação do solo, métodos e técnicas de monitoramento, planos e programas de manejo, controle e recuperação de áreas degradadas. Estão inclusos ainda nesses estudos implantação de projetos de educação ambiental, cartografias sociais, elaboração de prognósticos para o gerenciamento do território e avaliação de equidade ambiental.

As etapas apresentadas poderão ser modificadas e reestruturadas de acordo com a escala de trabalho. Deverão ser planejadas para gerar informações destinadas ao dimensionamento adequado das intervenções, garantir os territórios das comunidades tradicionais e indígenas e minimizar os impactos ambientais. Dessa forma, a maioria dos procedimentos propostos é relacionada com a participação efetiva de representantes comunitários e étnicos, potencializando os conhecimentos tradicional e étnico na elaboração das cartas temáticas.

As etapas dos trabalhos deverão fornecer os elementos para os estudos básicos de projetos de utilização dos recursos naturais, como, por exemplo, implantação de equipamentos e atividades turísticas, caracterização de processos erosivos no litoral, delimitação de territórios de usufruto das comunidades tradicionais e indígenas, entre outros. Cada tipo de intervenção deverá direcionar especificidades técnicas e produtos na metodologia proposta. A dependência de dados e informações sobre as reações ambientais – transporte de sedimentos, declividade das encostas, perfis topográficos, condições climáticas, dinâmica costeira, atividades socioeconômicas, mobilidade da população – irá definir as diversas modalidades de cartas temáticas, os custos e o tempo necessários para a implantação, a operação e o monitoramento do projeto.

As modalidades de atividades humanas identificadas na área delimitada para a realização dos mapas temáticos deverão ser associadas às características naturais (“naturais”), como, por exemplo, intemperismo predominante, ação dos ventos, ondas e marés, condições climáticas, declividade dos terrenos, entre outras. Irão fornecer os indicadores de erosão, remobilização do solo, desmoronamentos, dinâmica do perfil de praia, migração de dunas, fonte de sedimentos, em síntese, as interferências nos fluxos de matéria e energia. As modalidades são um dos pontos de partida para evidenciar os vínculos entre os processos geoambientais e as representações cosmológicas estabelecidos entre os fluxos de matéria e energia e as comunidades tradicionais e grupos étnicos.

Esses indicadores geoambientais poderão ser definidos e plotados em cartografia, elevando a consistência na definição e caracterização de riscos e degradações ambientais, áreas de preservação, conservação e manejo dos sistemas naturais a serem

recuperados. Os usos tradicionais e étnicos e as relações com a dinâmica morfológica deverão ser efetuados, o que demonstra a inserção do conhecimento popular na caracterização da diversidade de configurações (e disputas) territoriais. Ressalta-se que podem ocorrer representações cartográficas incompletas.

A seguir serão apresentados os fundamentos metodológicos e as diversas fases que tratam de um trabalho de pesquisa relacionado com a construção dos mapas temáticos, implementados através dos estudos e levantamentos de dados em etapas de campo e laboratório. Esses estudos fundamentarão a realização de cartas-sínteses e zoneamento ambiental dos meios abiótico, biótico e socioeconômico.

## **Fundamentos Metodológicos**

A abordagem que se pretende enfocar nos estudos a serem realizados em planícies costeiras, com ênfase na definição das unidades ambientais e para o planejamento de uso e ocupação do território, foi fundamentada na interdependência entre estas unidades e a diversidade de usos tradicionais e étnicos. Dessa forma, a melhor metodologia a ser empregada está relacionada à Teoria Geral de Sistemas em Geografia Física e às demais categorias que analisam o território.

Uma primeira vertente do pensamento sistêmico foi originada de estudos biológicos. Os biólogos foram os primeiros a estabelecer formas de pensar em termos de globalidades (biológicas), e foi um biólogo, L. von Bertalanffy, quem sugeriu pensar em termos de qualquer globalidade, não somente a biológica. A segunda vertente do pensamento sistêmico procede de uma fonte muito diferente: a Engenharia de Controle e Comunicação (FIGUERAS, 1997).

Segundo Bertalanffy (1976), que introduziu o termo Teoria Geral de Sistemas (TGS), um sistema pode ser definido como um complexo de elementos interatuantes. Interação significa que elementos  $p$  estão em relações  $R$ , de sorte que o comportamento de um elemento  $p$  em  $R$  é diferente de seu comportamento em outra relação  $R'$ . Se os comportamentos em  $R$  e  $R'$  não diferem, não ocorre interação, e os elementos comportam-se de maneira independente com respeito às relações  $R$  e  $R'$ .

Para o mesmo autor, um sistema aberto é definido como sistema que troca matéria com o meio circundante, que exhibe importação e exportação, constituição e degradação de seus componentes materiais. Diante da possibilidade de interdependências entre os componentes morfológicos – a faixa de praia, por exemplo, resultante dos componentes geológicos, geomorfológicos, tectônicos, clima e evolução geoambiental da borda das crostas continentais – de uma planície costeira, Chorley e Kennedy (1971) definiram o que denominaram de eficiência operacional do sistema, em uma perspectiva de reajustamentos das variáveis para produzir um novo “equilíbrio”. Ressalta-se que essa condição de “equilíbrio” será aqui tratada como um novo estado de reajustes morfológicos, sempre dinâmico e afastando-se da condição de reversibilidade.

Hevia (1998) definiu sistemas, de acordo com as exigências da termodinâmica, como um conjunto de elementos articulados de maneira que possam utilizar uma fonte de energia para produzir um trabalho. A Teoria Geral de Sistemas busca, em essência, compreender de forma global os processos que regem o funcionamento dos sistemas e, em especial, compreender a forma em que aparecem suas propriedades, quando se encontram em funcionamento. Essas propriedades, que somente se apresentam quando o sistema funciona e que não residem

nos componentes da estrutura do sistema, recebem o nome de propriedades emergentes; entretanto, não se pode prever seu aparecimento antes de funcionar.

O Diagrama de Fluxo 1 trata das relações gerais entre os paradigmas mecanicistas da ciência e a Teoria Geral de Sistemas, realizado a partir dos trabalhos de Figueras (1997). Foram acrescentadas mudanças para representar uma abordagem sistêmica relacionada com a geomorfologia, pondo em evidência as interações entre essa ciência e as demais reducionistas. Inten-tou-se a fusão das disciplinas para a definição da hierarquia/complexidade do conjunto de fenômenos relacionados com a origem das planícies costeiras.

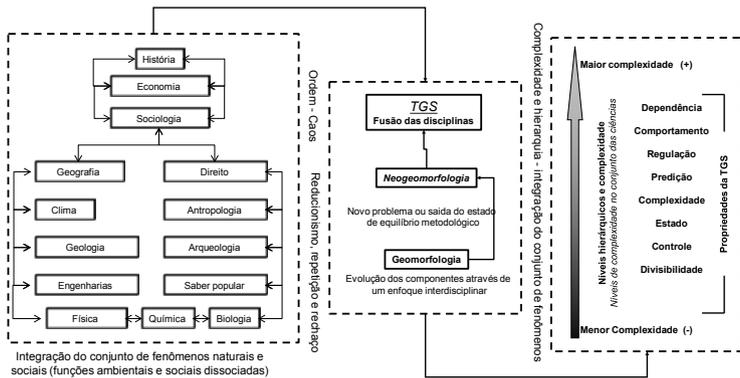


Diagrama de Fluxo 1 – A geomorfologia e abordagem sistêmica (TGS – Teoria Geral dos Sistemas).

Como as interações entre os geoelementos e as ações humanas no território são complexas e agregam energias provenientes de diversas fontes (incluindo a energia gerada pela intervenção humana), torna-se necessária a compartimentação da área a ser estudada em temas (enfoque reducionista), para tentar elaborar um conjunto mais consistente que trate da evolução dos processos e das energias, para uma previsão mais

efetiva do comportamento dinâmica, com vistas a uma intervenção planejada, fundamentada na manutenção dos processos e das energias modeladoras do sistema costeiro.

Ainda está por se encontrar uma boa definição para o termo complexidade (HEVIA, 1998) aplicada ao estudo de sistemas. Um sistema complexo apresenta um comportamento intrinsecamente imprevisível, devido a um ou mais dos fatores descritos abaixo:

1. Regras de funcionamento complicadas;
2. Número muito elevado de componentes;
3. Estrutura complexa, o que significa relações complicadas entre seus componentes;
4. Alta conectividade. O comportamento de um componente influi em todos os demais;
5. Uma grande inércia, seja por ter um grande tamanho ou por apresentar mecanismos que se opõem a mudanças;
6. Presença de mecanismos acumuladores de energia potencial (gravitacional, química, elástica, entre outras) e presença de mecanismos que podem liberar bruscamente a energia acumuladora, provocando comportamentos catastróficos no interior do sistema (criticidade);
7. Desajustes nos tempos de resposta dos mecanismos de controle destinados a devolver o sistema ao equilíbrio.

Segundo Romero (1996), na perspectiva temporal, qualquer sistema tem como objetivo (finalidade do ponto de vista físico) alcançar a permanência (continuidade sistêmica). Para isso, regula o gasto de energia (mínimo gasto), fato que, dado ao atual nível de conhecimento, os sistemas são estudados através da determinação de uma possível dinâmica (funcionamento provável) das inter-relações entre os geoelementos. A diversi-

dade dos processos morfodinâmicos (ecológicos, geológicos, climáticos) evidencia a constante morfogênese em ambientes costeiros, com um constante intercâmbio de matéria e energia sempre de maneira crescente a favor do “neotodo”.

Chorley (1962) apresentou uma série de postulados para a aplicação da Teoria Geral de Sistemas nos estudos geográficos, fundamentado em relações processuais para definir os modelos de evolução do relevo. Em linhas gerais, considerou que o sistema geomorfológico (generalizando os objetos de estudo) é aberto e não cabe o conceito de estado final ou estático, uma espécie de clímax, como utilizado em Biologia. Introduz a instabilidade permanente e valoriza o “equilíbrio”, segundo seja a tendência a uma nova mudança de estado, tratando-se dos primeiros passos para uma geomorfologia mais integral. Outras abordagens sobre geomorfologia e a Teoria Geral de Sistemas foram realizadas por Chorley e Kennedy (1971), Hart (1980) e Gilsanz (1996).

Para a definição dos processos geomorfológicos em planícies costeiras, relacionados com a origem dos geoelementos, imposta pelas flutuações do nível relativo do mar e mudanças climáticas no Quaternário, com a aplicação dos conceitos básicos da Teoria Geral de Sistemas (*divisibilidade, controle, estado, complexidade, predição, regulação, comportamento e dependência*), foram escolhidos como elemento de integração os terraços marinhos. Devido à complexidade das reações geoambientais e à elevada quantidade de inter-relações, foi necessário aplicar de imediato a *divisibilidade* do sistema a ser estudado. Entretanto, os terraços representam as unidades de relevo mais complexas, sendo impossível estudá-las sem um enfoque reducionista (início da abordagem integrada).

Portanto, um processo geodinâmico (“neogeomorfologia”) foi definido como um sistema de relações que se estabelece entre as ações desenvolvidas pelos agentes da dinâmica geoambiental –

teleconexões continental, marinha, atmosférica, biológicas, entre outras, e em distintas escalas temporais e espaciais – e o comportamento dos fluxos, como os agentes de transferência de energia e matéria (deriva litorânea, p. ex.), e de acordo com os processos geomorfológicos analisados. Nesse caso, de formulação de uma abordagem integrada à perspectiva geoambiental, a identificação das partes (primeira etapa na abordagem sistêmica) foi relacionada com os procedimentos metodológicos da geomorfologia com o conhecimento popular e étnico dos processos morfogenéticos. Dessa forma, o sistema é influenciado pelas distintas formas de observação. Ressalta-se que é nessa fase dos estudos que se irão configurar duas racionalidades, enquanto concepções de desenvolvimento: a primeira, hegemônica – imposição de estabelecimentos industriais e a expansão dos setores de comércio e dos serviços como aceleradores do crescimento, e a segunda, das comunidades locais – melhoramento das condições de vida a partir das potencialidades culturais, sociais e ambientais no local (LASCHEFSKI, 2011).

Os diagramas de fluxo mostram uma síntese teórico-metodológica com a definição dos geoelementos planetários, guardando as fronteiras com o objeto de estudo – os terraços marinhos – e os respectivos níveis de interação (Diagrama de Fluxo 2).

No sistema planetário, com as teleconexões continente, oceano e atmosfera, foram introduzidas as mudanças do nível do mar e flutuações climáticas como geradoras das reações ambientais para a formação dos depósitos geológicos (continentais, costeiros e marinhos), dos ecossistemas e das morfologias associadas. Foram acrescentadas as interferências com o uso do território (socioesfera), para a caracterização das reações ambientais (impactos) na planície costeira. Essas teleconexões foram relacionadas com a energia gravitacional, diferentes

níveis de insolação, eventos eustáticos, neotectônica, mudanças climáticas durante o Quaternário, teoria de Milancovitch, marés, correntes marinhas, ondas e uso e ocupação do território, entre outros.

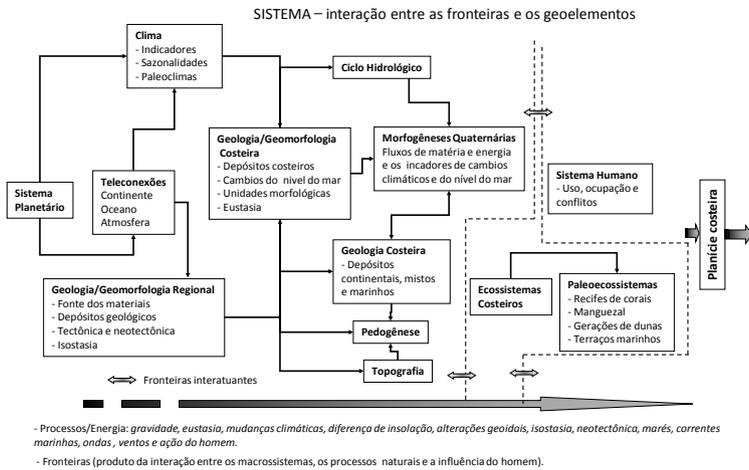


Diagrama de Fluxo 2 – Apresenta as teleconexões e os elementos planetários, com suas respectivas fronteiras, relacionadas com o objeto morfológico (de integração) individualizado para desenvolver uma abordagem sistêmica: os terraços marinhos.

Fundamentado no diagrama anterior, foi originado o Diagrama de Fluxo 3, com as diferentes unidades morfológicas que compõem a planície costeira, definindo uma das propriedades dos geossistemas, a *divisibilidade*. Foram inclusos os principais geoelementos e suas relações com o ciclo hidrológico e os processos climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e ecossistêmicos. Essas energias foram responsáveis pela origem da rede fluvio-marinha, transporte de sedimentos, terraços marinhos, gerações de dunas, mangues, lagunas, praia atual e cobertura vegetal. Ao serem individualizados os geoelementos, proporcionam reflexões voltadas para a definição dos constituintes de cada componente do relevo. Como estão

associados aos demais componentes sociais, cada unidade de relevo poderá ser analisada de modo a definir impactos específicos, evidenciando os primeiros componentes relacionados com a fragmentação dos fluxos de matéria e energia. Os vários tipos de usos e de apropriações comunitárias e étnicas e demais interesses socioeconômicos – *divisibilidade* dos componentes socioambientais –, inseridos na planície costeira, proporcionam a elaboração de mapas temáticos específicos, inclusive os associados à cartografia social.

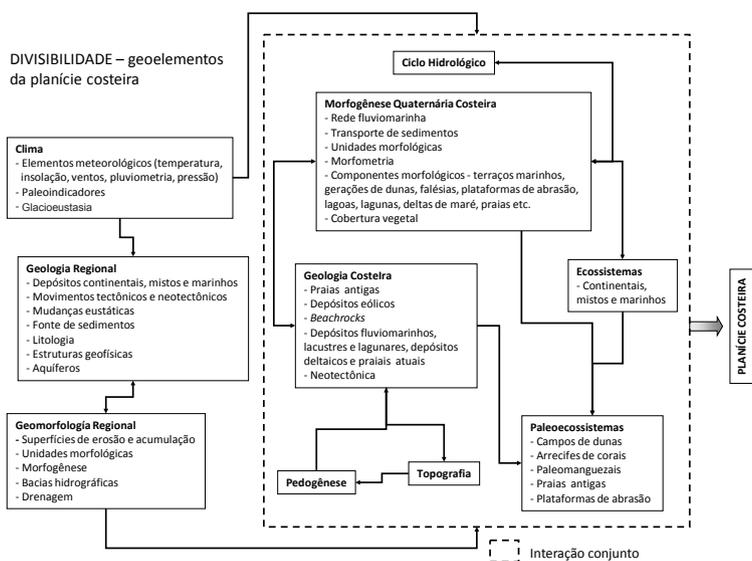


Diagrama de Fluxo 3 – Apresenta os diversos goeolementos em uma planície costeira e suas relações de interdependência.

O Diagrama de Fluxo 4 – *controle* – apresenta as principais interações geossistêmicas que controlaram a dinâmica geoambiental para origem e evolução dos terraços marinhos, promovendo transporte e deposição (interação com os agentes de transporte e os fluxos continentais, mistos e marinhos), movimentos tectônicos

(isostáticos) e eustáticos, ação do vento, ondas e marés. A interação entre as energias e a convergência entre os fluxos, em constante evolução espaçotemporal, controlaram o surgimento e a evolução dos geoelementos. Esse controle evidencia também a dinâmica de exposição ou soterramento de componentes geomorfológicos, como, por exemplo, as plataformas de abrasão marinha elaboradas em uma fase transgressiva (aflorem na praia) cobertas por dunas e terraços marinhos durante evento regressivo. Os elementos morfológicos interativos são submetidos aos efeitos das mudanças climáticas induzidas pelo aquecimento global antropogênico.

CONTROLE – evolução dos terraços marinhos

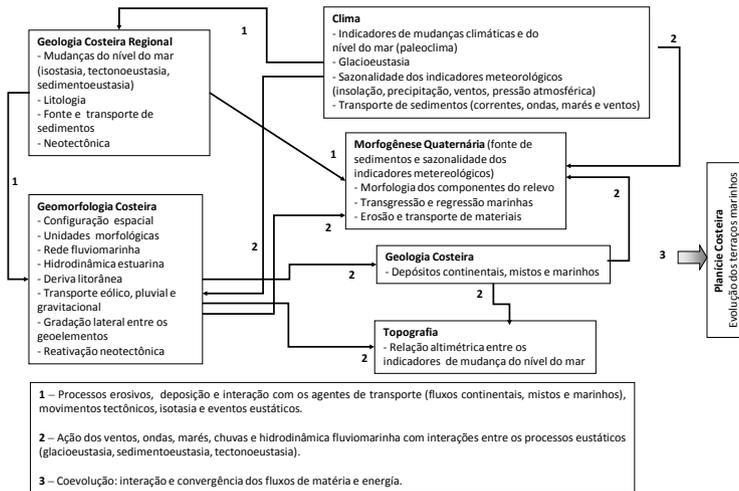


Diagrama de Fluxo 4 – Principais interações geossistêmicas que controlaram os processos geoambientais para origem e evolução dos terraços marinhos.

A caracterização dos fenômenos geoambientais relacionados com movimentos tectônicos (fluxos de primeira e segunda ordens), erosão, transporte, sedimentação, mudanças climáticas e ação do vento, correntes, marés e ondas define o *estado* (Diagrama de Fluxo 5) dos geoelementos dispostos na planície costeira (rela-

ções que impossibilitam a estabilidade ou o equilíbrio do sistema morfológico). As mudanças do nível do mar e suas interações com a planície costeira, evidentes nos processos de transgressão e regressão marinha, foram responsáveis pela morfogênese e a formação dos depósitos geológicos, inclusive com a definição da altitude dos indicadores morfológicos (falésias, plataformas de abrasão, terraços pleistocênicos e holocênicos, paleomangue, entre outros). Essa fase da abordagem sistêmica poderá ser associada aos conflitos socioambientais que podem ser definidos pelas perspectivas geomorfológica (fixação artificial das dunas e desencadeamento de erosão costeira) ou socioambiental (desmatamento do ecossistema manguezal, incremento da erosão costeira e insegurança alimentar das comunidades tradicionais).

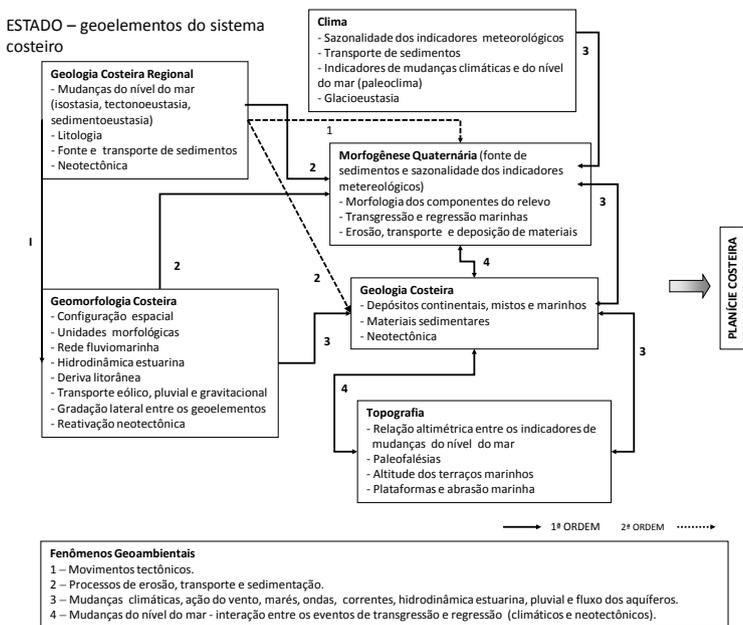


Diagrama de Fluxo 5 – Evidencia a configuração atual dos geoelementos presentes na planície, enfatizando suas inter-relações e os processos dinâmicos.

O Diagrama de Fluxo 6 mostra a *complexidade* do sistema em análise. Para a aplicação desse conceito, foram individualizados os terraços marinhos como ponto de partida para a aplicação da Teoria Geral de Sistemas (TGS). As mudanças do nível do mar foram responsáveis pelas complexas reações geossistêmicas que originaram a planície costeira. Os terraços marinhos são compostos de diversas estruturas sedimentares e níveis topográficos que caracterizaram essas mudanças. Com o estudo desses componentes, através da confecção de mapas temáticos, análises granulométricas, químicas e datações radiométricas, poderão ser definidos os principais níveis de complexidade. Os níveis de complexidade serão mais elevados quando definidos para os territórios em conflito. O Diagrama 1 mostra a necessidade de desenvolver as relações entre dinâmica costeira e soberania das comunidades étnicas e tradicionais diante dos conflitos socioambientais. Para os níveis mais elevados de complexidade é imprescindível a inclusão do conhecimento popular e étnico, isto é, de diagramas de construção coletiva.

COMPLEXIDADE – interações para a origem do sistema costeiro

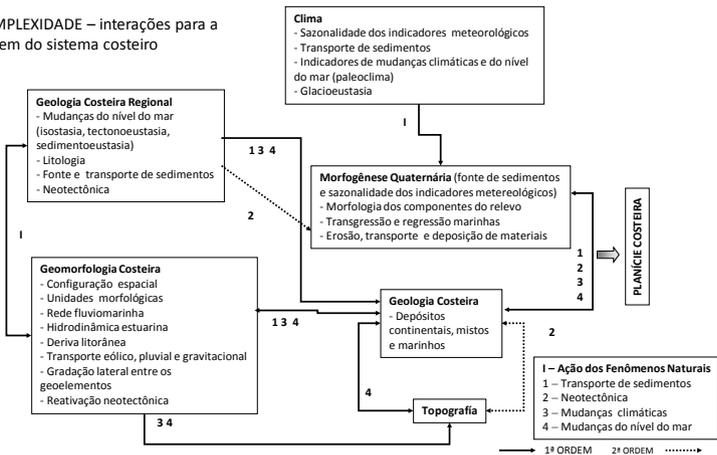


Diagrama de Fluxo 6 – A complexidade relacionada com uma abordagem geossistêmica, de modo a configurar a origem e evolução de uma planície costeira.

O Diagrama de Fluxo 7 trata dos estudos necessários para a *predição* através da caracterização quantitativa e qualitativa, inclusive com o monitoramento dos processos que originaram os terraços marinhos e os demais componentes, principalmente aqueles relacionados com as energias atuais (ondas, marés, ventos, hidrodinâmica estuarina, entre outras). Os principais modelos a serem estudados foram relacionados com a quantificação direta, indireta e a aplicação de métodos qualitativos. Os vetores representativos dos fluxos de matéria e energia poderão representar prognósticos e, assim, direcionar decisões preventivas. Na definição dos conflitos ambientais, deve-se evidenciar as unidades de conservação (UCs) e suas interferências nas terras indígenas e de comunidades tradicionais, de modo a evitar superposição e, assim, priorizar os territórios comunitários e de usos ancestrais e étnicos.

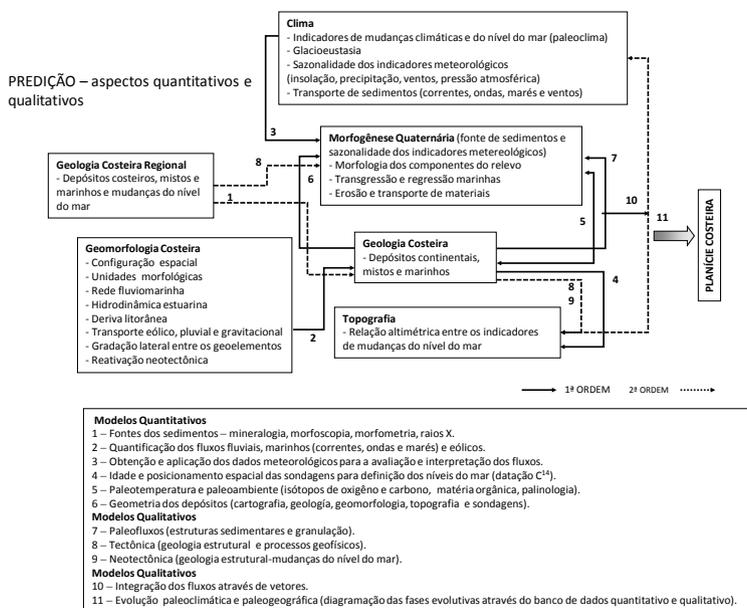


Diagrama de Fluxo 7 – Representa as inter-relações e as diversas formas de evidenciar quantitativa e qualitativamente os processos geoambientais, de modo a gerar um modelo evolutivo dinâmico e com elementos que definam as reações espaço-temporais.

### Modelos Quantitativos:

1. Fontes dos sedimentos – mineralogia, morfoscoopia, morfometria, raios X;
2. Medições dos fluxos fluviais, marinhos (correntes, ondas e marés) e eólicos;
3. Obtenção e aplicação dos dados meteorológicos para a interpretação dos fluxos;
4. Idade e situação espacial dos indicadores de mudanças do nível do mar (datação radiocarbométrica, palinologia);
5. Paleotemperatura (isótopos de oxigênio);
6. Geometria dos terraços (cartografia, geologia, geomorfologia, topografia e sondagens).

### Modelos Qualitativos:

7. Paleofluxos (estruturas sedimentares);
8. Tectônica (geologia estrutural e processos geofísicos);
9. Neotectônica (geologia estrutural – mudanças do nível relativo do mar);
10. Integração dos fluxos (vetores);
11. Evolução paleoclimática e paleogeográfica (blocos de diagramas das fases evolutivas definidas nos modelos diretos).

A *regulação* do sistema (Diagrama de Fluxo 8) pode ser definida pelo monitoramento dos fatores e processos que originaram o sistema costeiro. Poderá ser realizada através de métodos diretos (dinâmica atual): monitoramento dos processos geológicos e morfogenéticos (controle de transferência de matéria e energia); monitoramento das mudanças climáticas, por meio do controle dos indicadores meteorológicos e dos processos costeiros – ondas, marés e correntes; e métodos indiretos (paleodinâmicos): definição

das flutuações do nível do mar e do clima, através das estruturas e superfícies de erosão (efeitos erosivos) e regressão (crescimento da planície costeira, progradação sobre os níveis erosivos). Os métodos estão relacionados com a definição dos parâmetros climáticos, morfogênese quaternária, geologia costeira e topografia. A diversidade de uso e os conflitos gerados representam interações sistêmicas fundamentais na definição dos parâmetros a serem monitorados. Deverá, dessa forma, vincular processos regionais e globais das mudanças climáticas (ver capítulo 1) com os efeitos erosivos, contaminação do solo e da água, fixação artificial das dunas móveis, entre outras. Esses procedimentos atuam para definir os processos morfogenéticos e os impactos ambientais.

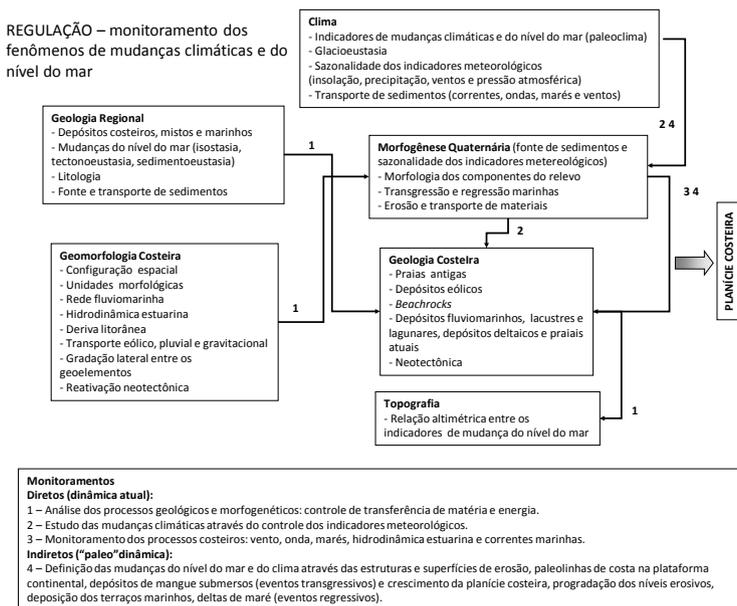


Diagrama de Fluxo 8 – Representa um modelo de monitoramento integrado dos processos costeiros, compartimentados em diretos e indiretos, com respeito aos eventos espaçotemporais.

O *comportamento* (Diagrama de Fluxo 9) dos fluxos de matéria e energia, diante da impossibilidade do equilíbrio (um estado estável do qual não se pode extrair energia), foi definido pelos indicadores meteorológicos, neotectônica, e pelos fenômenos relacionados com os eventos glaciais e interglaciais (e suas relações). A composição e a hierarquia dos geoelementos foram definidas para a compreensão das interações possíveis para a formação dos terraços marinhos (aplicável aos demais componentes morfológicos da planície costeira). Quando analisado para imprimir ações de gestão, o *comportamento* favorece decisões mais precisas, uma vez que está relacionado com as demais propriedades da TGS e, principalmente, com aquelas que definem o *estado*, a *complexidade* e a *predição* dos processos geoambientais ao longo da planície costeira. Ao ser enfocado para a definição de conflitos, identificação e delimitação de territórios tradicionais e étnicos, determinação dos impactos ambientais, por exemplo, o *comportamento* do sistema entra em níveis mais complexos. Esses níveis podem ser compatíveis com a complexidade dos ecossistemas (os sistemas biológicos são mais complexos do que os físicos), com a necessidade de aprofundar os níveis tróficos para garantia da soberania territorial.

COMPORTAMENTO – interação dos geoelementos para composição do sistema costeiro

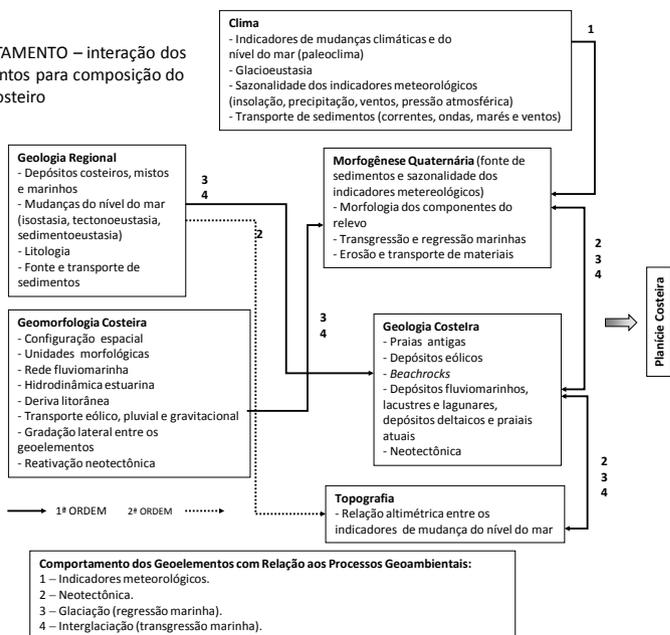


Diagrama de Fluxo 9 – Comportamento do geossistema costeiro quando integrado com as principais energias modeladoras dos geoelementos.

O Diagrama de Fluxo 10, com o maior nível de hierarquia/complexidade, apresenta a *dependência* existente entre os geoelementos e suas interações entre os componentes meteorológicos e mudanças climáticas, processos geológicos e geomorfológicos; morfodinâmica atual (influência da temperatura, insolação, pluviometria, ventos, pressão atmosférica, entre outros), mudanças e sazonalidade dos indicadores meteorológicos, geologia e dinâmica quaternária (ação espaçotemporal das mudanças do nível do mar e efeitos paleoclimáticos, erosão através dos processos de transgressão e construção dos terraços em eventos de regressão marinha), mudanças climáticas, processos geológicos atuais (disponibilidade, erosão e transporte de sedimentos) e interação entre os fenômenos naturais ao longo da planície costeira. Os efeitos destrutivos e catas-

tróficos (caos), com a ação de energias previsíveis, aleatórias e fenômenos episódicos, foram considerados como fortes indicadores de *dependência* entre os geoelementos. Ao inserir elementos relacionados com conflitos socioambientais, é possível analisar esses componentes como indutores dos vínculos entre a manutenção dos processos geoambientais e ecodinâmicos (usos ancestrais das comunidades tradicionais e terras indígenas, p. ex.) e os colapsos ambientais (erosão costeira cumulativa diante da degradação dos manguezais pela monocultura do camarão e fixação artificial das dunas móveis para a produção de energia eólica).

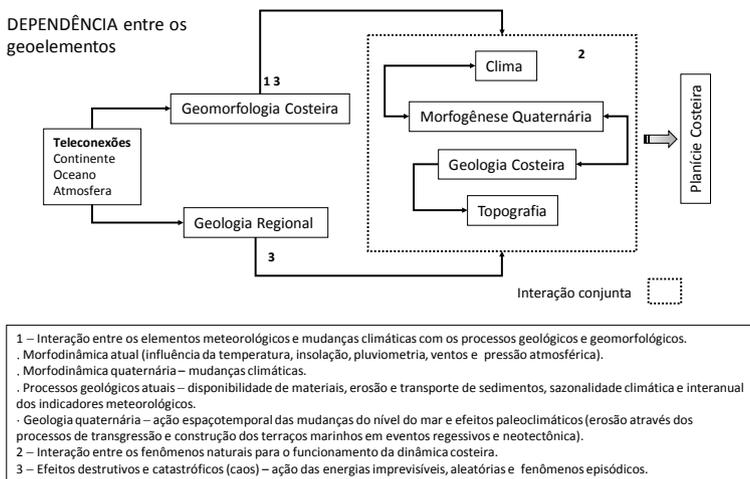


Diagrama de Fluxo 10 – Um panorama geral das interações entre os geoelementos.

## Integração

A Tabela 1 mostra a integração das propriedades do sistema costeiro, com uma análise multivariável dos geoelementos e suas relações com os fluxos de primeira ordem: caracterização direta dos processos geoambientais (trans-

porte, erosão, migração das dunas pela ação dos ventos, neotectônica e mudanças de altitude dos terraços, entre outras) e de segunda ordem: interferência indireta ou não possível de determinar com o atual banco de dados sobre os fluxos de matéria e energia. Para os fluxos de primeira ordem, foram considerados os processos geodinâmicos que atuaram de maneira preponderante na origem das unidades morfológicas; os de segunda foram definidos como processos que possivelmente atuaram na origem das unidades, mas que tiveram participação secundária no que diz respeito ao produto originado pela ação dos agentes (meios de transferência de energia).

Foram analisados os diferentes níveis de relação entre as propriedades de *controle, estado, predição e regulação*. Os geoelementos definidos e analisados foram relacionados com clima (Clim), morfologia quaternária (Moqu), geologia costeira (GeCost), topografia e declividade (ToDc), neotectônica (Netec), mudanças do nível do mar (MdMar) e litologia (Lito). Os constructos – números adimensionais que representam graus de relação/interação com os níveis de complexidade –, para a análise multivariada, foram estabelecidos com os valores 10 para os fluxos de primeira ordem e 5 para os de segunda.

**Tabela 1 – Relação entre as Variáveis Geoambientais para a Abordagem Sistêmica**

	Controle		Estado		Predição		Regulação		Soma	
	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos								
<b>Clim</b>	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	40	
	GeCost	GeCost	GeCos	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	40	
	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	10	15
	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec		
	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	40	
	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	20	10
	Subtotal									150
<b>MoQua</b>	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	20	
	GeCost	GeCost	GeCos	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	40	
	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	20	5
	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	20	10
	MdMa	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMa	MdMar	40	
	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito		20
	Subtotal									140
<b>GeCost</b>	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQ	MoQu	MoQu	MoQu	40	
	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	20	5
	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	40	
	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	30	5
	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	40	
	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	20	10
	Subtotal									190

## Continuação

	Controle		Estado		Predição		Regulação		Soma	
	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos
ToDc	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	20	
	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCos	GeCost	40	
	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	40	
	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	40	
	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	30	5
	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	20	10
	Subtotal									190
	Controle		Estado		Predição		Regulação		Soma	
	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos
Netec	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	20	10
	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim		
	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	30	5
	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	30	5
	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMa	MdMar	20	10
	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito		10
	Subtotal									100
	Controle		Estado		Predição		Regulação		Soma	
	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos
Lito	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	MoQu	40	
	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim		10
	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	40	
	GeCos	GeCost	GeCos	GeCost	GeCost	GeCost	GeCo	GeCost	40	
	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	MdMar	10	5
	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec		10
	Subtotal									130

Continuação

	Controle		Estado		Predição		Regulação		Soma		
	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	1ª Ordem 10 Pontos	2ª Ordem 5 Pontos	
MdMar	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	Clim	40	5	
	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	GeCost	40		
	MoQu	MoQu	MoQ	MoQu	MoQ	MoQu	MoQu	MoQu	40		
	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	Netec	10	15	
	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	ToDc	40		
	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	Lito	40		
	Subtotal								210	20	
	SOMA								1.110	180	
	TOTAL DE PONTOS								1.680 100%	840 100%	
	PERCENTUAL								66,1%	21,13%	
	Valoração:  Relações de primeira (10 pontos) e segunda (5 pontos) ordem entre a diversidade de abordagens (variáveis) e os níveis de integração para uma abordagem sistêmica.					Variáveis: Clim → Clima MoQu → Morfologia quaternária GeCost → Geologia costeira ToDc → Topografia e declividade Netec → Neotectônica MdMar → Mudanças do nível do mar Lito → Litologia Legenda: Netec Inter-relações de 1ª e 2ª ordens					

Fonte: Modificada de Meireles e Romero (2000).

A variável *mudanças do nível do mar* foi a que mais pontos obteve, com um total de 210 para os fluxos de primeira ordem e 20 para os de segunda. Foi a responsável, em grande parte, pelas forças geradoras e direção de conectividade de encontro à complexidade do sistema costeiro, dentro dos eventos geoambientais no Quaternário. A evolução dos processos associados aos eventos regressivos e transgressivos foi dependente das interconexões (demais variáveis) para proporcionar o estado atual da planície costeira. A *geologia costeira* e *topografia e declividade* obtiveram 190 pontos para os de primeira ordem. Essas variáveis foram seguidas pelo *clima*, com 150 pontos para os fluxos de primeira ordem e 25 para os de segunda, e pela *morfologia quaternária*, com 140 pontos para os de primeira

ordem e 35 para os de segunda. As variáveis *litologia* e *neotectônica* foram as que obtiveram menor pontuação, 130 e 100 pontos (fluxos de primeira ordem) respectivamente. Os valores caracterizaram uma abordagem sistêmica, pois os constructos foram atribuídos em 66,1% para os fluxos de primeira ordem e 21,13% para os de segunda, das relações entre os fatores que definem uma abordagem geossistêmica. De um total de 1.680 pontos (possíveis relações entre os geoelementos), para os fluxos de primeira ordem, foram obtidos 1.110. Para um total de 840 pontos para os de segunda ordem, foram correlacionados 180 pontos. Esses resultados revelaram uma abordagem sistêmica, quando se trata dos terraços marinhos como ponto de partida para estudos fundamentados na integração entre os demais geoelementos da planície costeira. Essa análise foi iniciada com os resultados definidos por Meireles e Romero (2000) e aprimorada com as informações sistematizadas sobre os efeitos neotectônicos e as mudanças climáticas.

## **Etapas para uma Abordagem Sistêmica**

Os apontamento a seguir foram resultados de sínteses orientadas pelos trabalhos de pesquisadores interessados na compreensão dos níveis de complexidade dos sistemas geoambientais. Os trabalhos evidenciaram que os mapas temáticos, o zoneamento ambiental, os mapas sociais e os diagnósticos devem ser elaborados por equipes multi e interdisciplinares. Os aspectos socioambientais serão evidenciados ao se definir os componentes integrados com a diversidade dos territórios, podendo ser individualizados em cartas temáticas. É com a participação comunitária, inserção do conhecimento popular (cosmovisões e cosmorrelações), avaliação de equidade ambiental e mapas sociais que será

aprofundado o conhecimento das disputas e dos conflitos nesse território, proporcionando, como elemento fundante das fases dos estudos propostas adiante, instrumentos de poder étnico e comunitário para assegurar a identificação e delimitação das terras indígenas e demais sistemas de comunidades tradicionais. Dessa forma, os componentes geoambientais e as demais compartimentações socioeconômicas espacializadas irão orientar a elaboração de políticas públicas para visibilizar a diversidade de interesses e os conflitos e assegurar direitos fundamentais aos povos e comunidades tradicionais e étnicas.

Os fluxos de matéria e energia deverão ser espacializados, em uma primeira etapa, para definir os vínculos entre os elementos do sistema e os processos morfogenéticos e elaborar prognósticos ambientais. Foi diante dessas relações sistêmicas que foram propostas as três fases dos estudos. Foram agrupadas de modo a definir a “organização” do território (sistema), levando em conta uma abordagem conduzida pela Teoria Geral de Sistemas (TGS). Assim, os aspectos morfológicos, os ecossistemas associados e as atividades socioambientais não foram completamente edificados, definitivamente elaborados; a morfogênese contínua está diante da evolução espaço-temporal e regida pelos distintos grupos sociais que disputam a “natureza” do território.

Para conduzir as etapas propostas, com o objetivo de elaborar cartografias temáticas – estudos e levantamentos de dados dos meios físico e socioeconômico, cartas-sínteses, zoneamento ambiental e cartografia social –, foram evidenciados estudos realizados por Mateo (1997), Hevia (1998), Rubio (1996), Sochava (1978), Chorley e Kennedy (1971), Bertalanffy (1976), Bertrand e Dollfus (1973), Meireles (2006), Pacheco (2008), Mateo (1991), Acselrad (2008), Lobatón (2009), Prigogine (2011), entre outros.

Ressalta-se que a diversidade social foi estruturada de modo a agrupar em mapas populacionais, técnico-informacionais (mapas temáticos e de zoneamento ambiental), territórios de uso ancestral, extrativistas, étnicos e comunitários (cartografia da visibilidade da diversidade de povos e comunidades tradicionais e étnicas). Esses indicadores do domínio dos territórios pelos grupos sociais foram representados pelos mapas elaborados pelas comunidades, consolidando a diversidade de funções e o domínio dos fluxos de matéria e energia (relações cosmológicas) que configuram a soberania territorial. Ressalta-se, ainda, que as formas de representação cartográficas, relacionadas aos aspectos morfológicos, não deverão ser desassociadas das disputas e dos conflitos socioambientais, pois daí surgem diversidades de representações – das monoculturas, por exemplo, e subsequentes mapas da evolução do desmatamento, erosão do solo, movimentações de massa, contaminação por agrotóxicos, deslocamentos forçados de grupos sociais – apropriadas por distintos grupos sociais. Portanto, segundo Acsehrad e Coli,

[...] podemos considerar que na política dos mapeamentos estabelece-se uma disputa entre distintas representações do espaço, ou seja, uma disputa cartográfica que articula-se às próprias disputas territoriais. Essas disputas, por sua vez, tendem a acirrar-se, mais ou menos explicitamente, quando as formas socioterritoriais estabilizadas sofrem alterações significativas – como é o caso das transformações sócio-espaciais associadas à liberalização das economias no final do século XX – ou quando a própria atividade mapeadora sofre os efeitos de mudanças técnicas que permitem expandir seu campo de ação e o universo de sujeitos nela envolvidos, como é o caso recente do advento das tecnologias digitais na produção cartográfica (2008, p. 14).

As modalidades de atividades humanas identificadas na área delimitada para a realização dos mapas temáticos deverão ser associadas às características naturais (“naturais”), como, por exemplo, intemperismo predominante, ação dos ventos, ondas e marés, condições climáticas, declividade dos terrenos, entre outras. Irão fornecer os indicadores de erosão, remobilização do solo e movimentação de massa, desmoronamentos, dinâmica do perfil de praia, migração de dunas, fonte de sedimentos, em síntese, as interferências nos fluxos de matéria e energia. É um dos pontos de partida para evidenciar os vínculos entre processos geoambientais e representações cosmológicas estabelecidas entre os fluxos de matéria e energia (dinâmica etnogeomorfológica) e as comunidades tradicionais e grupos étnicos.

Foi nesse contexto que surgiu a necessidade de avançar em conceitos sobre a compreensão da diversidade de componentes do relevo e dos processos associados a partir da percepção dos diversos grupos sociais étnicos e tradicionais. A dinâmica geoambiental dos estuários com a evolução dos canais de maré (gamboas), das planícies hipersalinas (apicum), paleofalésias (morros), níveis de conchas em terraços marinhos (buzaral) e dos eolianitos (cascudos) representa elemento essencial para a evolução da planície costeira diante das apropriações comunitárias; portanto, conceitos que deverão ser elaborados para evidenciar os princípios da etnogeomorfolgia.

### **1ª Fase – estudos e levantamentos de dados dos meios físico e socioeconômico**

Tratam-se dos trabalhos iniciais de uma pesquisa envolvendo a coleta e sistematização de dados sobre o tema e áreas afins, relacionados com os objetivos do diagnóstico ambiental,

zoneamentos e mapas sociais. Momento em que é constituída a equipe multidisciplinar e se define a coordenação dos trabalhos, que deverá ser composta por técnicos das diversas áreas das ciências naturais, humanas e da saúde. Os objetivos dos estudos deverão ser conhecidos por todos os membros da equipe, de modo a iniciar com as etapas de compreensão e interpretação integradas das metodologias empregadas pelas diversas áreas de estudo e utilizadas para a confecção do diagnóstico ambiental e das fases seguintes. Quando relacionadas à elaboração de avaliação de equidade ambiental, representações das comunidades deverão compor todas as fases dos estudos, principalmente para a percepção integrada do conhecimento popular e demais relações de usufruto, ancestralidade e simbólicas registradas nas composições morfológicas (geológicas, ecológicas, topográficas) da planície costeira.

#### *Bibliografia/fotografias aéreas/imagens de satélite*

São atividades básicas em qualquer projeto de confecção de diagnóstico e mapas temáticos: coleta de relatórios técnicos, artigos em revistas especializadas, consultas em bibliotecas das universidades e de órgãos administrativos, cartórios e arquivos públicos. Um levantamento sobre as pesquisas anteriores e as diversas formas de abordagem dos problemas relacionados com os objetivos propostos deve ser realizado. As fotografias aéreas e imagens de satélite, obtidas em diferentes intervalos de tempo, irão fornecer informações essenciais para a definição de uma base metodológica, principalmente quando se evidencia a elaboração de modelos evolutivos da paisagem e prognósticos fundamentados na vulnerabilidade e potencial de suporte das unidades ambientais. Os registros e apontamentos realizados por representações da diversidade de grupos sociais, as entrevistas e

a caracterização dos modos de vida comunitário e étnico deverão ser referenciados para orientar as discussões sobre a identificação e delimitação dos territórios indígenas e de domínio das comunidades tradicionais, das cartografias sociais e de autoafirmação dos grupos étnicos e tradicionais (soberania territorial).

*Aspectos geológicos/geomorfológicos/recursos minerais*

Através de investigações em cartas existentes e complementações a serem efetuadas, incluindo a organização e sistematização de informações relevantes para o planejamento territorial, deverá ser elaborado pela equipe multidisciplinar um diagnóstico associado diretamente aos métodos de análises qualitativos e quantitativos, de modo a configurar os depósitos geológicos, os domínios geomorfológicos, as ocorrências e as especificações minerais. Esses dados deverão ser utilizados para a composição de cartas temáticas, sintetizando informações básicas para a superposição e as interações com outras cartas. Nessa etapa, os aspectos geoambientais deverão ser associados às projeções dos impactos das atividades de exploração mineral, o que requer a espacialização com os núcleos habitacionais e as demais atividades rurais e industriais inseridas nas bacias hidrográficas. Esses aspectos, na fase inicial dos estudos interdisciplinares, deverão ser abordados de modo a correlacioná-los com os conflitos socioambientais. Dessa forma, fazem-se necessárias a representação das comunidades tradicionais e étnicas, a realização de audiências públicas para contextualizar os demais componentes a serem representados em mapas temáticos e a avaliação de equidade ambiental e cartografia social.

A gênese dos ambientes deposicionais, as características dos processos denudacionais, a dinâmica dos agentes de transporte e o movimento de massa deverão ser interpretados

de modo a configurar as bases de um modelo evolutivo da paisagem. Esses dados deverão ser correlacionados na análise e caracterização de áreas em processo de erosão e assoreamento, zonas propícias a inundações e escorregamentos, mineração, expansão das cidades, desmatamentos, entre outras.

### *Aptidão agrícola/pedológica*

Com um estudo detalhado sobre os aspectos pedológicos, definindo os principais fatores de formação do solo, compartimentação dos tipos existentes e capacidades e potencialidades de uso, deverão ser desenvolvidos cadastros relacionados com produtividade, métodos a serem utilizados e níveis tecnológicos recomendados. Essa abordagem deverá ser associada a outros temas e interagir a aspectos naturais (bióticos, físicos e climáticos) e os impactos existentes (desmatamentos, erosão do solo, queimadas, agrotóxicos, entre outros), visando à manutenção da qualidade e à recuperação desse sistema essencial a produção de alimento, matérias-primas e soberania alimentar. Faz-se necessário analisar as tendências dos solos segundo sua aptidão, objetivando gerar indicativos para o melhor uso em atividades agropastoris, agroflorestais e demais atividades produtivas.

Deve-se utilizar imagens de satélites e de fotografias aéreas com recobrimentos de diferentes épocas e composição de canais representativos com resoluções que delimitem a dinâmica pedológica e a cobertura vegetal, instrumentos que possibilitam individualizar zonas relacionadas com o conteúdo de matéria orgânica e culturas existentes. Os relatórios irão orientar a formulação das aptidões básicas dos diversos tipos de solo.

A compartimentação pedológica deverá levar em conta as relações com sistemas hídricos e cobertura vegetal, delineando indicadores de aptidões relacionados com a dinâmica geossistê-

mica desse componente essencial para a produção socioeconômica. Os contatos entre os diversos tipos de solos deverão ser representados em cartografia através de contrastes (gradacionais) coloridos e legendas que facilitem a leitura pelos diversos segmentos socioeconômicos envolvidos com produção agrícola, usos tradicionais e étnicos, manejo e conservação.

### *Meio biótico*

Os estudos deverão ser realizados de modo a qualificar e quantificar as principais espécies da fauna e flora e a dinâmica dos ecossistemas envolvidos. Deverão ser constituídos inventários das espécies que compõem os biomas em escalas regionais e serão definidas relações entre os ecossistemas e respectivos domínios ecológicos (levando em consideração a escala de trabalho) para subsidiar as cartas temáticas. A divisão dos estudos em unidades, de acordo com compartimentações morfológicas e fitogeográficas, auxilia na elaboração de modelos evolutivos da biota. A representação da fauna e flora deverá manter as características regionais, pois esses dados serão fundamentais para especificar os ecossistemas a serem estudados para o acompanhamento evolutivo e monitoramento. Os estudos associados à etnobiologia deverão fazer parte da abordagem multidisciplinar, efetivando a dimensão da soberania territorial através dos domínios da sabedoria popular. Os aspectos geoambientais serão associados aos usos tradicionais e incluídos na abordagem sistêmica mais ampla, efetivando mais elementos a serem associados aos mapas sociais.

A compartimentação cartográfica deverá delimitar domínios fitogeográficos e áreas com evidências de uso e ocupação do solo. A escala irá definir aspectos fitossociológicos e tipos a serem representados. A caracterização da cobertura vegetal deverá gerar elementos para a interação com o comportamento dos processos

dinâmicos relacionados com erosão e assoreamento, movimento de massa, reativação do processo migratório de dunas e mudanças na qualidade e quantidade da cobertura pedológica.

### *Uso e ocupação do solo*

A constatação de domínios e zonas de uso e ocupação do solo, através de imagens de satélite e fotografias aéreas com diferentes épocas de recobrimentos, associada às atividades de cadastramentos, irá proporcionar a atualização de informações e evidenciar processos seletivos de atribuições relacionadas com técnicas preventivas e corretivas, riscos, utilização e manejo. Serão utilizados para a adequação dos critérios para a cartografia temática, pois a integração dos dados oriundos da equipe multidisciplinar deverá formular indicadores de vulnerabilidade e potencialidade, definindo a capacidade de uso e ocupação do solo, além de proporcionar a definição de áreas e dos fatores de conflitos entre as diversas formas de uso e ocupação do solo e os fluxos de matéria e energia, de modo a indicar e operacionalizar as interferências na produtividade primária e evolução dos ecossistemas envolvidos, principalmente nos vales fluviais e planícies costeiras. A abordagem integrada deverá realizar interconexões entre os usos do solo e as formas de apropriação (pelo agronegócio e pelas comunidades tradicionais e étnicas), para espacializar os danos ambientais e sociais na bacia hidrográfica e dos componentes de relevo da planície costeira.

Etapa para evidenciar a estrutura fundiária e a presença das comunidades tradicionais e étnicas para regularizar e regulamentar as atividades ancestrais e agrupar os componentes socioeconômicos e históricos para caracterizar formas de usufruto especiais, principalmente no que se refere a etnias quilombolas, pescadores, ribeirinhos, entre outras.

Os conflitos entre formas de utilização de determinadas unidades ambientais e as reações físicas da paisagem (erosão de encostas, por exemplo) deverão ser indicados para posterior correlação com categorias de utilização e zoneamento ecodinâmico. Os territórios de domínio das comunidades tradicionais e indígenas deverão ser identificados e delimitados antes das demais formas de gestão apresentadas, por exemplo, pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC/Lei nº 9.985).

### *Recursos hídricos superficiais e subterrâneos*

Neste item, serão definidos os principais divisores d'água e bacias hidrográficas associadas. Essa atividade envolve cadastramento dos recursos hídricos e relações dinâmicas e de interdependência com as interferências humanas, associadas, principalmente, às intervenções que provoquem erosão e assoreamento dos canais fluviais e bacias hidráulicas de açudes e lagoas, como a classificação das redes de drenagem e associações com estruturas geológicas, tipos de rochas, cobertura vegetal e condições climáticas. A delimitação dos aquíferos deverá ser realizada de acordo com domínios litológicos, estruturais e geomorfológicos, caracterizando a porosidade e permeabilidade dos materiais. A definição da diversidade de usos dos recursos hídricos deverá ser associada aos impactos (contaminação por agrotóxicos e efluentes industriais e domiciliares), para introduzir elementos que irão espacializar a abrangência dos danos socioambientais. A compartimentação em domínios auxilia a integração dos dados e evidencia a delimitação de fluxos subterrâneos. Os componentes do relevo, declividade e topografia, litologia e aspectos climáticos e meteorológicos serão utilizados para a definição das funções ambientais e sociais. A avaliação de equidade ambiental deverá utilizar como elemento indutor a

apropriação comunitária e étnica da água, os vínculos ambientais e culturais para assegurar a soberania hídrica.

Com a utilização de bases cartográficas e o auxílio de imagens de satélites e fotografias aéreas, deverão ser delimitados os interflúvios, as redes hidrográficas associadas, a disponibilidade dos recursos hídricos e os tipos de drenagem superficial. A cartografia dos aquíferos e das águas superficiais deverá obedecer relações com indicadores geológicos, geomorfológicos, estruturais e de cobertura vegetal. As atividades relacionadas com desmatamento, terrenos com matas secundárias, condições climáticas e tipo de intemperismo, associadas à declividade, à topografia e ao escoamento superficial, irão fornecer os indicadores de erosão, remobilização da camada pedológica, desmoronamentos, assoreamento dos rios e bacias hidráulicas e interferências no fluxo dos aquíferos.

#### *Qualidade da água e do ar*

Apresentam-se os temas vinculados aos níveis de alteração da qualidade dos recursos hídricos e qualidade do ar relacionada com poluição da água, solo e ar. Tratam-se de cartas distintas, mas que deverão ser realizadas integrações com uso e ocupação do solo, principalmente em áreas urbanizadas e destinadas a lançamentos de efluentes, projetos agropecuários e utilização de agrotóxicos, indústrias envolvidas com a produção de substâncias quimicamente ativas, entre outras. Os indicadores serão mapeados mediante a intensidade dos contaminantes da água, do solo e do ar, os riscos e as potencialidades de alterações de qualidade associadas às atividades existentes.

### *Declividade*

Serão definidas em cartografia planialtimétrica as variações na declividade do terreno, de modo a auxiliar na delimitação das áreas indicativas dos processos morfogenéticos e pedogenéticos. Os intervalos de declividade deverão mostrar intervalos representativos e associados à compartimentação topográfica (rugosidade, inclinação das vertentes). Esse mapa é essencial para definir áreas de uso e ocupação do solo e níveis de instabilidades erosivas relacionadas com riscos de movimentação de massa. A definição de intervalos de declividade a serem delimitados deverá levar em consideração os processos dinâmicos, a escala de trabalho e deverá delinear uma classificação topográfica, definir o nível de base local e regional e fornecer indicadores que demonstrem as relações entre processos morfogenéticos e pedogenéticos.

### *Condições climáticas*

Esta etapa inicia-se com a coleta e o tratamento estatístico dos dados meteorológicos disponíveis, definindo médias, desvios padrões e tendências. A classificação climática e integração com os principais indicadores (vegetação, relevo, altitude, vapor d'água, entre outros) irão possibilitar a definição de processos climatológicos do território. É necessária a confecção de gráficos que representem amostragens históricas e as relações entre os elementos meteorológicos. Deve-se relacionar os dados disponíveis com aspectos geomorfológicos (barlavento/sota-vento de barreiras geomorfológicas), evidenciando se foram obtidos em áreas urbanas ou rurais, analisando as influências humanas (urbanização em torno das estações meteorológicas) e representando séries temporais significativas. Deve-se ainda relacionar os resultados deste estudo com aspectos geológicos (processos

fluviais, erosão, assoreamento, escorregamento de encostas, migração de dunas, hidrodinâmica estuarina, entre outros).

A obtenção desses dados em diversos pontos de monitoramento dispostos no território facilitará a composição de zonas climáticas e a delimitação cartográfica dos tipos de clima existentes. A coleta de dados deve ser realizada visando manter correlações de uso e ocupação do solo, de modo a definir técnicas e métodos mais adequados para produção socioeconômica.

Uma série de cartas, relacionadas com a classificação climática e elementos meteorológicos, com a configuração regional das condições climáticas sazonais, deverá ser confeccionada com resultados de análises históricas e com dados obtidos em estações meteorológicas dispostas ao longo do território, evidenciando elementos que possam interagir com os objetivos básicos da pesquisa, como, por exemplo, a produção agropecuária, a industrialização, o turismo e o lazer, e registrando áreas em que as condições climáticas originam modificações morfológicas e pedogenéticas através da utilização inadequada do solo e relacionadas com processos de desertificações, voçorocas, entre outros.

A definição das condições climáticas regionais deverá ser evidenciada de modo a abarcar sazonalidades inseridas nas diversas manifestações étnicas e tradicionais que caracterizam seus territórios e representadas em cartografia.

### *Infraestrutura urbana e social*

Essas atividades relacionam-se com o levantamento e a definição dos equipamentos de infraestrutura, principalmente os de malha viária, transporte, comércio, serviços, educação e saúde. Esses dados irão definir a dinâmica urbana e as relações

sociais, bem como zonas de transição entre o urbano e o rural, evidenciando áreas de expansão das atividades de infraestrutura e serviços. Compartimentações locais e regionais auxiliam na confecção de diagnósticos e integração dos elementos definidos para a elaboração de modelos evolutivos.

Os elementos ambientais e socioeconômicos identificados e analisados no diagnóstico deverão ser integrados de forma a delimitar as reações de interdependência existentes no geossistema. A formulação de modelos evolutivos integrados e relacionados essencialmente com paleogeográficos, paleoclimáticos, utilização do solo, expansão urbana, migração, industrialização, entre outros, irá dar consistência aos prognósticos associados com a manutenção do estado dinâmico dos processos ambientais.

#### *Poluição industrial e doméstica*

Esta etapa refere-se a pontos de lançamentos de efluentes industriais e domésticos e elemento poluente associado, com referência à abrangência territorial. Deverá apresentar cadastro das fontes poluidoras e plotar em cartografia, relacionando com escoamento superficial e subterrâneo, que deverão estar representados através de vetores que indiquem direção e sentido dos fluxos, e definir as áreas de risco para a realização de atividades de produção agropecuária, utilização de agrotóxicos, fertilizantes e poluição atmosférica. Etapa que deverá estar representada para delinear com precisão atividades preventivas e corretivas.

#### *Infraestrutura de transporte*

Um conjunto de elementos estruturantes dos fluxos socioeconômicos a ser definido em cartografia temática com infraestrutura de transporte, principalmente quando relacionado com

industrialização, turismo e lazer. A compartimentação evidenciada a partir de impactos associados às vias de acesso e expansão da urbanização deverá ser representada de modo a denotar níveis de ocupação e indicadores econômico e social. É evidente em cartografia social a necessidade de demonstrar as manifestações dos grupos sociais, as redes de transporte dos diversos modos de apropriação dos territórios (rios, caminhos, lagos, estradas, sistemas de transportes) e os vínculos entre os lugares que habitam e que utilizam para as demais atividades produtivas e simbólicas.

#### *Atividades agrárias e industriais*

São componentes relacionados com as cartografias das culturas agrícolas, das áreas não utilizadas para este fim e dos setores com baixos índices de produtividade e má utilização do solo; os projetos de produção sistemática, com irrigação; reforma agrária e reservas florestais para a produção de madeira (desertos verdes); as indústrias e matérias-primas associadas e os parques e distritos industriais. É necessário envolver dados de riscos relacionados com posicionamento morfológico, estrutural e escoamento superficial para caracterizar a relação das indústrias e derivados (utilização de agrotóxicos, por exemplo) com as bacias hidrográficas e lençol freático, direção preferencial dos ventos e escoamento superficial.

#### *Demografia*

São as representações das áreas urbanizadas e rurais com níveis populacionais e empregando como elementos a serem zoneados os níveis socioeconômicos básicos, tais como população economicamente ativa, níveis educacionais e econômicos, renda média, educação, migração e emigração, entre outros.

Etapa relacionada com a definição das unidades com concentrações demográficas e os núcleos que irradiam e concentram populações.

### *Terras indígenas*

Etapa para realizar a definição, em escala de detalhe, e inserida no contexto de zoneamento ambiental (gestão de acordo com os planos municipais, estadual e federal), para direcionar as demais etapas e produtos relacionados com os mapas temáticos. Procedimentos metodológicos específicos (Decreto nº 1.775, de 8 de janeiro de 1996, que dispõe sobre o procedimento administrativo de demarcação das terras indígenas e dá outras providências) deverão ser operacionalizados. É imprescindível a participação efetiva de representações das etnias (“representado segundo suas formas próprias, participará do procedimento em todas as suas fases”) e dos entes federados, em uma equipe de pesquisadores interdisciplinar coordenada por antropólogo. Os sistemas ambientais de usufruto deverão ser evidenciados de modo a delimitar a soberania territorial, o que envolve a integração dos processos geoambientais com as formas de uso e simbólicas de apropriação dos fluxos de matéria e energia. Todas as formas de uso evidenciadas pela etnia deverão ser identificadas, tendo como base da identificação das unidades as delimitações propostas pelos índios. Esta etapa requer a determinação dos vínculos da terra indígena com as demais formas de uso do entorno (bacias hidrográficas, vertentes, aquíferos, direção dos ventos) para delimitar impactos regionais e orientar medidas de gestão socioambiental. Os procedimentos metodológicos propostos pela Avaliação de Equidade Ambiental (FASE, 2011) são essenciais para aprofundar a abordagem integrada para a identificação e delimitação das terras indígenas e das comunidades tradicionais.

Para a definição dos territórios étnicos, a compartimentação morfológica deverá ser evidenciada de modo a representar a continuidade dos compartimentos de relevo diante das nomenclaturas dos grupos étnicos (etnogeomorfologia).

### *Unidades de conservação*

Uma das etapas de síntese desta primeira fase associada ao mapeamento das áreas institucionais destinadas à conservação e proteção integral (UCs), com a necessidade de evidenciar componentes morfológicos, estruturais, pedológicos e ecológicos que possibilitem a definição de índices de dinâmica ambiental (evolução da paisagem). Dessa forma, evidenciam-se em cartografia as áreas de transição e de influência direta e indireta de cada unidade de conservação (caracterizar e diagnosticar enclaves e áreas nucleares). Procedimentos para classificar as áreas de conservação de acordo com os indicadores ambientais de suporte de fauna e flora e dos diversos usos relacionados com as atividades das comunidades tradicionais e étnicas que mantêm usos ancestrais. Esses estudos possibilitarão a definição da superposição de UCs e demais formas de uso. Ações para a demarcação adequada, a definição das categorias e a inter-relação dos objetivos das UCs com a continuidade das atividades que histórica e culturalmente proporcionaram a conservação dos recursos, a biodiversidade e os usos tradicionais e étnicos.

## **2ª Fase – cartas-sínteses**

As cartas-sínteses deverão ser confeccionadas de modo a representar a multidisciplinaridade entre os diversos elementos dos geossistemas definidos, proporcionando a elaboração de

modelos evolutivos, os quais irão contemplar os processos dinâmicos e as reações ambientais que evidenciaram interdependências e interações entre as unidades ambientais mapeadas. Dessa forma, as cartas-sínteses irão apresentar uma sequência ordenada de informações a serem coletadas, analisadas, correlacionadas e espacializadas para orientar abordagens e utilizações adequadas ao meio ambiente, através da configuração sistêmica de cada tema abordado para a confecção do zoneamento ambiental, mapas de vulnerabilidades e das cartas sociais.

#### *Diagnósticos temáticos e descritivos dos trabalhos*

Deverão ser apresentados relatórios descritivos contendo as etapas desenvolvidas e técnicas aplicadas que levaram à configuração de cada carta temática. Os objetivos e as metas dos diagnósticos devem ser enumerados de modo a formalizar o conteúdo das informações processadas pela equipe de trabalho, utilizando metodologias que proporcionem uma abordagem qualitativa e quantitativa das inter-relações entre os temas definidos. A individualização de cada elemento temático deverá ser elaborada mediante rígidos critérios técnicos e científicos, de modo a definir os tipos de uso e ocupação do solo e indicadores para ordenamento territorial, caracterizando a capacidade de suporte dos espaços que pretendem ser ocupados, ordenados e recuperados. Serão avaliadas as técnicas e atividades socioeconômicas, de modo a compatibilizar e/ou modificar metodologias, as atividades existentes para a manutenção dos fluxos de matéria e energia que mantêm o sistema em evolução (guardando suas propriedades que o realizam como unidade geoambiental).

A cartografia social, como elemento estruturante dos vínculos das comunidades e dos grupos étnicos com a diversidade de componentes do relevo, deverá ser acompanhada da descri-

ção dos processos associados ao conhecimento popular. É nesta etapa dos trabalhos que a equipe de pesquisadores – interdisciplinaridade, diversidade metodológica e saberes popular e étnico – realizará os apontamentos sobre etnobiologia e a espacialização e temporalidade dos fluxos de matéria e energia na perspectiva cosmológica (ritmos da natureza e sazonalidade).

*Definições, correlações e desenvolvimento interativo entre os componentes ambientais*

A compartimentação de cada tema auxiliará na delimitação dos processos morfogênicos regulados pela diversidade de reações ambientais em um determinado território. Os componentes ambientais serão interligados através dos fluxos de energia que modelam a paisagem (transferência de grandes volumes de materiais) e níveis tróficos interconectados pelos ecossistemas e biomas (biomassa). São os procedimentos metodológicos – as teleconexões para o início da fusão das disciplinas – para orientar as ações planejadas de uso e ocupação do solo. A definição e delimitação dos componentes ambientais proporcionarão a compartimentação dos espaços físico, biológico e socioeconômico, com a interação entre os componentes ambientais efetivada através da perspectiva sistêmica. As relações entre morfogênese e pedogênese e interações com atividades de uso e ocupação do solo promovem a movimentação de massa e deposição de sedimentos que poderão ser reativados pela retomada da morfogênese. A avaliação de equidade ambiental e elaboração dos mapas sociais representam instrumentos para evidenciar os níveis de complexidade ambiental. Serão resultantes das correlações sociais, econômicas e ambientais na disputa pelos sistemas ambientais (recursos naturais, do ponto de vista da financeirização da natureza) da planície costeira.

*Definições, correlações e desenvolvimento de indicadores de qualidade ambiental*

A compartimentação do território em unidades ambientais possibilitará a definição da estrutura dinâmica do meio ambiente, principalmente através das correlações existentes entre as entidades físicas do espaço e as tendências e necessidades de uso e ocupação do solo, relacionadas com a implantação de equipamentos destinados às atividades essenciais de habitação, educação, saúde, transporte, comunicação, turismo e lazer, entre outros. As ações deverão ser formuladas dentro de alternativas tecnológicas, locacionais e monitoramento das reações produzidas com a utilização do território.

Os indicadores de qualidade ambiental deverão ser definidos a partir da escala de trabalho, tomando como base os fluxos de matéria e energia e suas interações com o uso e ocupação do solo, efetivando potencialidades e vulnerabilidades dos componentes e sistemas ambientais mapeados.

A utilização de imagens de satélite, enfocando indicadores da dinâmica paisagística – processos degradacionais, domínios fluviais e marinhos, fluxos e transferência de materiais sedimentares, condicionantes climáticos, cobertura vegetal, topográficos e morfodinâmicos – e impactos – urbanização, crescimento populacional, uso e ocupação do solo, fatores econômicos, entre outros –, e a compartimentação temática da paisagem e correlações entre os indicadores possibilitarão a composição de um diagnóstico interdisciplinar consistente a respeito da qualidade ambiental, evidenciando uma ordem de interferências para a gestão e manutenção das potencialidades ambientais.

Os indicadores de qualidade ambiental possibilitam a ordenação de projetos e programas de uso e ocupação terri-

torial, através da utilização dos diagnósticos elaborados, fato que demanda a confecção de propostas integradas de monitoramento dos principais indicadores ambientais, e que poderão estar relacionados com: 1) erosão diferenciada de vertentes e encostas e conseqüente assoreamento de vales fluviais e de bacias hidráulicas de açudes e lagoas, devido à aplicação de métodos extensivos na agricultura e pecuária, priorizando o desmatamento; 2) recuo da linha de costa devido à aceleração de processos erosivos provenientes da ocupação de dunas bordajantes à faixa de praia e zonas de promontórios. Esses processos irão também gerar indicadores de qualidade de vida, pois interferem na produção de alimentos, moradia e lazer.

Com esses exemplos, percebe-se que os indicadores ambientais interagem com os macrossistemas, naturais e socioeconômicos, através de atividades de uso e ocupação do solo e da energia gerada através de processos pluviais, fluviomarinhos, eólicos e marinhos, entre outros. Para a composição dos diagnósticos ambientais, relacionados com cada tema a ser investigado pela equipe multidisciplinar, deverão ser sistematizados os indicadores de qualidade ambiental.

O monitoramento representa uma ferramenta de fornecimento de dados para a atualização dos diagnósticos temáticos. O elenco de indicadores a serem efetivados durante o diagnóstico – notadamente configurados em cartografia temática – e designados aos meios físico, biológico e socioeconômico irá refletir, em um intervalo de tempo, nos processos geossistêmicos, na sustentabilidade ambiental, nas ações preventivas e corretivas, no manejo ambiental, nas restrições de uso e ocupação e no cenário ambiental ocorrente.

As correlações entre as formas de uso e ocupação do solo, os impactos ambientais e as ações integradas para definição das

formas adequadas de utilização do território só poderão ser efetivadas com as demais relações cosmológicas representadas pelas comunidades tradicionais e étnicas. Etapa dos estudos que requer a incorporação dos registros realizados pelas representações das comunidades introduzindo seus conceitos de qualidade ambiental.

*Prognóstico/tendências de uso e ocupação do solo*

Reflexões sobre processos evolutivos dos meios físico (geológicos, estruturais, geomorfológicos, paleogeográficos, paleoclimáticos, pedológicos, recursos hídricos), biológico (evolução ecossistêmica) e socioeconômico (evolução demográfica, organização social, uso e ocupação do solo, infraestrutura urbana e social) deverão ser utilizadas como principais instrumentos para a elaboração de prognósticos e projeções de uso e ocupação do solo. Deverão ser elaboradas por meio da interação interdisciplinar com tratamento e sistematização das informações que fazem parte dos diagnósticos ambientais e das cartas temáticas. Esse momento reflete a necessidade de implantação de projetos de monitoramento dos principais indicadores ambientais, pois irão auxiliar na operacionalização e no monitoramento dos equipamentos e das técnicas para exploração socioeconômica adequada do meio ambiente. As reflexões proporcionarão as bases para a manutenção das características ambientais, preservação, conservação e recuperação de áreas submetidas às interferências socioeconômicas. Essas sínteses irão também definir o desempenho ambiental durante um determinado tempo e espaço, associadas aos instrumentos de produtividade (ações de uso e ocupação), manejo e mitigação dos impactos.

### 3ª Fase – zoneamento ambiental e cartografia social

#### *Definição das classes de uso*

A definição das classes de uso deverá ser formulada a partir dos modelos elaborados com o tratamento das informações contidas nos diagnósticos ambientais. Como sugestão, poderão ser definidas áreas potencialmente adequadas à *preservação* (utilizadas somente com fins de pesquisa científica e educação ambiental); à *proteção* (nível de utilização com normas de controle bastante rigorosas), *conservação* (ocupação sob condições adequadas de manejo) e de *uso intensivo e sistemático* (através da delimitação sistemática da capacidade de suporte); à *recuperação* (áreas onde os recursos naturais deverão ser reabilitados ou manejados para a retomada dos fluxos de matéria e energia que proporcionam a retomada da qualidade ambiental – ecodinâmica e morfodinâmica), de acordo com as bases elaboradas por Clark (1976) e Asmus *et al.* (1988). Sobre as composições mais complexas do território, envolvendo as formas de usufruto e demais apropriações do território, as “zonas” podem assumir configurações espaciais a serem atribuídas, identificadas, classificadas e delimitadas pelas comunidades tradicionais e étnicas. A classificação deverá ser empregada utilizando os resultados da cartografia temática e dos mapas sociais.

A definição da capacidade de suporte dos sistemas ambientais, conforme a análise multidisciplinar de cada compartimentação temática, possibilitará análises de vulnerabilidade e potencialidade do território, proporcionando a elaboração de diretrizes básicas para a confecção de planos e programas de ordenamento e gestão territorial.

Assim, para a elaboração de recomendações para o uso do solo, deverão ser consideradas fundamentalmente as informações que irão gerar as bases para as técnicas de avaliação e carac-

terização dos processos morfogenéticos, considerando a escala cartográfica de trabalho. A integração metodológica orientará a elaboração dos mapas de risco à erosão e a classificação das áreas a serem definidas para a continuidade da dinâmica costeira regional (zonas de *bypass* de areia associadas aos promontórios, p. ex.).

### *Capacidade-suporte e vulnerabilidade*

O conhecimento da vulnerabilidade e potencialidade ambiental é crucial para as propostas de uso e ocupação do solo. De sua análise e síntese irão resultar as orientações e restrições à apropriação dos territórios, fundamentadas através da compartimentação temática e compreensão da distribuição espacial da energia (processos morfogenéticos) que impulsiona as transformações estruturais dos sistemas naturais (áreas de preservação) e socioeconômicos.

A vulnerabilidade dos geossistemas, como resultado de impactos com a implantação e operação de equipamentos urbanos e rurais, poderá ser relacionada a componentes mais elementares do meio ambiente, porém, associados à dinâmica dos indicadores de qualidade ambiental. Para iniciar com a definição de vulnerabilidade do meio ambiente, poderão ser analisados os seguintes fatores: *físicos* – relacionados com a dinâmica das ações humanas e interferências nos processos energéticos naturais; *bióticos* – relações ecossistêmicas submetidas a pressões que ultrapassam o potencial de suporte; *econômicos* – distribuição de renda, mão de obra efetiva e qualidade de vida; *sociais* – educação, cultura e saúde. Esses componentes irão definir graus de vulnerabilidade de acordo com as intervenções no meio ambiente com o uso e ocupação, monitoramento dos indicadores ambientais, gerenciamento dos métodos e das técnicas empregados e manejo integrado visando à sustentabilidade ambiental. Essa abordagem interfere na mitigação dos impactos ambientais e,

portanto, está relacionada com a composição de indicadores de qualidade ambiental e a definição das reações ambientais com as intervenções existentes e planejadas.

A aplicação de técnicas corretivas e de controle dos processos morfológicos pode alterar o grau de vulnerabilidade de uma área já intensamente ocupada. As falésias, por exemplo, tratam-se de morfologias com elevado grau de vulnerabilidade, pois a dinâmica morfológica é rapidamente incrementada com ação pluvial e solapamento basal com o ataque das ondas. A implantação de equipamentos urbanos nessas áreas promove riscos de desmoronamento, pois interferem no escoamento superficial e acarretam erosão acelerada. Caso as intervenções sejam direcionadas para áreas afastadas das vertentes e encostas íngremes, bem como conservada a cobertura vegetal e implantado um sistema de drenagem, os processos morfogenéticos atuarão de modo a estabelecer uma erosão natural. A aceleração do fenômeno erosivo pode desencadear um desordenado sistema de drenagem, provocando desmoronamento e ampliação das voçorocas.

Utilizando imagens de satélite, através dos sistemas Landsat ou Spot, e estruturas computacionais auxiliares, como os sistemas de tratamento de imagens digitais e de informação geográfica, serão alcançados níveis mais elevados de resolução na coleta de dados e análise integrada das informações ambientais. A elaboração de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) –, voltado para a análise, o mapeamento e o gerenciamento de dados, possibilitando a superposição digital de planos de informações (mapas), favorecerá uma sequência de dados analíticos que serão empregados para definir a capacidade de suporte das unidades ambientais, bem como subsidiará o macrozoneamento ambiental.

Com a coleta de informações de uso e ocupação, utilizando fotografias aéreas e imagens de satélites, será possível elaborar mapas atualizados que permitirão uma avaliação das discrepâncias entre as formas de ocupação mais adequadas (indicadas a partir de procedimentos de classificação da capacidade de uso das terras) e aquelas efetivamente observadas. Essas discrepâncias concorrem para a degradação dos solos e, conseqüentemente, demandam um esforço técnico-financeiro para a recuperação e reabilitação do ambiente. A caracterização de riscos ambientais deverá evidenciar níveis de vulnerabilidade e potencialidade dos sistemas analisados, possibilitando a adequação de uso e a compartimentação de classes de uso.

Portanto, a capacidade de suporte ambiental será definida como a habilidade dos ambientes em acomodar, assimilar e incorporar um conjunto de atividades socioeconômicas sem que suas funções naturais sejam fundamentalmente alteradas em termos de produtividade primária (biodiversidade) e que proporcionem níveis de qualidade de vida às populações que habitam esses ambientes. O macrozoneamento será então fundamentado para tornar evidente a delimitação desses componentes interativos e sistêmicos, resultando na definição de técnicas, projetos e programas relacionados com o manejo ambiental e os fundamentos para a pesquisa, proteção e recuperação ambiental, bem como ações de educação para uma nova atitude e postura de abordagem ambiental.

As comunidades tradicionais e étnicas são as que deverão definir a capacidade de uso dos sistemas ambientais, etapa relacionada à identificação dos problemas ambientais relacionados às pressões externas de uso que proporcionaram erosão do solo, contaminação da água subterrânea dos tabuleiros e campo de dunas, perda de biodiversidade, entre

outros. Essa etapa dos estudos com as informações relacionadas aos danos advindos das ações de uso e ocupação deverá orientar a caracterização dos conflitos socioambientais. A presença de atividades industriais e de monoculturas – como os danos provocados pelos aerogerados e pela carcinicultura (ver capítulos 3 e 4) – vulnerabiliza as relações comunitárias e altera a disponibilidade dos sistemas ambientais que promovem a soberania territorial. Dessa forma, a capacidade-suporte e vulnerabilidade deverão ser definidas levando em conta a avaliação de equidade ambiental, podendo ser representadas nos mapas sociais.

A diversidade de componentes da “natureza” e seus vínculos com as distintas formas de apropriação de seus sistemas ambientais foram evidenciados de modo a proporcionar representações (cartografias) que visibilizem comunidades tradicionais e étnicas. As representações foram permeadas pelos sujeitos desses territórios diversos e construídas diante da necessidade das instituições evidenciarem as relações sociais que historicamente forem invisibilizadas, levando em conta os instrumentos metodológicos, reflexos do conhecimento tradicional e étnico, ancorados nas sínteses interdisciplinares. E, de acordo com Acsehrad (2000, p. 14):

Esse tipo de ZEE poderá tornar-se um fio na trama em que se costuram os pactos sociais de sustentação de modelos alternativos de desenvolvimento. Nele, por certo, o meio ambiente não seria visto nem como mera “oportunidade de negócios”, nem como “camisa de força restritiva” do desenvolvimento, mas sim como uma instância de construção territorializada de justiça.

### *Cartografia social*

A cartografia social representa, em uma primeira etapa, a definição da diversidade de componentes socioambientais, econômicos e culturais dos territórios em disputa. Trata-se de mapas elaborados para definir território de grupos sociais que lutam para visibilizar a diversidade de relações espaciais construídas em territórios diversos e constantemente ressignificados pela dinâmica social, cultural, simbólica, de memória e de vínculos ancestrais e étnicos. Os conflitos serão mapeados conforme a perspectiva dos grupos sociais envolvidos nos territórios por eles delimitados, diante do risco de serem financeirizados por instrumentos do capital materializados pela especulação imobiliária, *resorts*, agronegócio, complexos industriais, por exemplo. Em uma segunda etapa dos trabalhos, os mapas elaborados pelas comunidades serão utilizados para conduzir processos de afirmação de seus territórios, fundados nos princípios de equidade, ampla participação social, mobilidade e direitos à cidade, terra e moradia digna. Trata-se, dessa forma, de um conjunto de atividades para envolvimento das comunidades em um processo de autcartografia, diante das ameaças de deslocamentos forçados (a reestruturação urbanística com as obras de infraestrutura projetadas para a Copa do Mundo de 2014); contaminação dos sistemas ambientais de soberania alimentar; degradação dos manguezais pela monocultura do camarão, entre outras. Dessa forma, a cartografia social, como meio técnico, busca registrar relatos e as representações socioespaciais no processo de automapeamento, além de identificar situações de conflitos na forma de uso do território pelas comunidades tradicionais e étnicas. É impor-

tante levar em conta que os conhecimentos tradicionais que eram pensados como “expressão cultural” estão-se tornando uma categoria do direito e um instrumento político de defesa dos territórios indígenas, quilombolas e dos demais povos e comunidades tradicionais (BERNO, 2010).

Os mapas sociais (cartografia social) são instrumentos cartográficos comunitários a serem utilizados para fundamentar ações populares estratégicas para, por exemplo, definir a delimitação dos territórios comunitários, das terras indígenas, de espaços simbólicos apropriados pela diversidade cultural e étnica. A realização das cartografias é associada à formação das representações sociais e elaboração de instrumentos para a caracterização da diversidade socioambiental do território, a especialização dos conflitos ambientais envolvendo usos tradicionais e étnicos e a mercantilização dos ecossistemas de usufruto comunitário. Poderá ser elaborada diante da necessidade de evidenciar instrumento cartográfico para a proposição e o monitoramento de políticas públicas para assegurar os vínculos ancestrais como território em disputa.

Para a elaboração da cartografia social, deverão ser realizadas as atividades enunciadas a seguir (exemplo relacionado às estratégias metodológicas para os mapas sociais a serem elaborados pelas comunidades atingidas pelas obras projetadas para a Copa 2014). Foram planejadas duas oficinas em cada uma das três áreas da cidade definidas como de conflito:

1. Na primeira oficina, serão discutidos com todos os participantes os procedimentos para a definição das escalas de trabalho (tamanho e detalhes das representações cartográficas) e dos temas a serem abordados na elaboração das cartografias temáticas. Assim, os mapas constarão

inicialmente de setores denominados de representações de base – ruas e a distribuição das habitações com os participantes das oficinas identificando suas casas, espaços de convivência comunitários, vias de acesso que possam polarizar redes de deslocamentos e mobilidades no bairro e na cidade, entre outras, para introduzir elementos cartográficos potencializadores dos temas a serem definidos pelos participantes. Poderão ser elaborados mapas temáticos em categorias específicas para cada uma das áreas (definidas pelos participantes da oficina), dependendo da diversidade dos aspectos simbólicos, ambientais, socioeconômicos, serviços, impactos, características das obras previstas para a Copa de 2014, entre outras.

2. Para a elaboração das cartografias temáticas durante a primeira oficina, serão utilizados pelos participantes imagens de satélite impressas em diferentes escalas para a individualização dos principais setores a serem cartografados (setores classificados de acordo com a percepção dos participantes e que potencializem a relação comunitária com o território em disputa). Após essa fase dos trabalhos, será realizada uma atividade de campo com a utilização de aparelhos GPS Modelo Garmin Etrex H Portátil (fornecidos pelo Laboratório de Cartografia Digital do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará), para identificar e detalhar os elementos urbanos (sociais, culturais, de serviços, saúde, impactos ambientais, áreas a serem removidas, entre outros) a serem introduzidos nas cartografias (postos de saúde, centros comunitários, áreas de risco, área de remoção, vazios urbanos, entre outros). Durante essa etapa da oficina,

serão formados 2 grupos (moradores, pesquisadores do Departamento de Geografia da UFC, bolsistas do Laboratório de Cartografia Digital e representantes do Comitê da Copa) com temas específicos a serem delimitados nos mapas impressos contendo as representações de base. Os temas e a diversidade de elementos serão definidos na oficina e também orientarão as atividades de campo.

3. Ao término das atividades de campo, os mapas compostos pelos temas classificados pelos participantes, com a elaboração das legendas e delimitação dos setores, serão utilizados para, em uma segunda oficina em cada uma das três áreas, definir a cartografia social (mapa-síntese) de acordo com a integração dos componentes territoriais definidos e visibilizados nos mapas elaborados pelos participantes da oficina.

A elaboração das representações temáticas em mapas das três áreas, contendo a diversidade de legendas e integração dos espaços de acordo com a compreensão e definição popular (moradores, lideranças, juventude, professores e estudantes das escolas, entre outros participantes das oficinas) de seus territórios, será conduzida para uma segunda e última etapa.

Será realizada com uma terceira oficina em cada um dos territórios cartografados pelas comunidades para definir as distintas formas de utilização das cartografias sociais e decidir a utilização das ferramentas cartográficas de elaboração comunitária e popular para delinear processos de afirmação e consolidação das propostas cartografadas e, dessa forma, fortalecer os movimentos sociais para assegurar os territórios e direitos. Nesta etapa, os mapas serão utilizados como instrumentos de discussão em

audiências públicas e reuniões com os técnicos da prefeitura e do estado, pois representam as propostas elaboradas diante dos princípios da equidade e direito à cidade e moradia digna.

Durante as oficinas, serão utilizadas imagens de satélite Quik Bird e Landsat (regionais), ortofotocartas disponíveis no Laboratório de Cartografia Digital. Para a materialização dos mapas sociais, serão impressas imagens das três comunidades em diferentes escalas para orientar a definição dos temas a serem cartografados.

Todas as etapas de trabalho serão registradas por meio de fotografias e filmagens para análise e aprimoramento metodológicos e elaboração de um documentário. Serão também derivados documentos para disponibilizar nas redes sociais.

Esses apontamentos metodológicos deverão culminar com a melhoria da qualidade de vida das pessoas e comunidades, o que necessita de inserção direta dos diversos grupos sociais na elaboração dos projetos de uso e manejo dos sistemas ambientais. Dessa forma, os instrumentos de licenciamento ambiental deverão ser fundamentados na Avaliação de Equidade Ambiental (AEA), desde as primeiras etapas que deverão tratar da compreensão das lógicas hegemônicas de apropriação dos territórios étnicos e tradicionais. Ressalta-se que essa lógica deverá levar em conta que (LEFF, 2009, p. 42):

A deterioração ambiental, a devastação dos recursos naturais e seus efeitos nos problemas ambientais globais (perdas de biodiversidade, desmatamento, contaminação da água e do solo, erosão, desertificação e, inclusive, a contribuição da América Latina ao aquecimento global e diminuição da camada de ozônio) são em grande parte consequências dos padrões de industrialização, centralização econômica, concentração urbana, capitalização do campo, homogeneização do uso do solo e uso de fontes não renováveis de energia.

### *Cronograma*

O cronograma deverá abranger desde a formação da equipe técnica até a confecção dos relatórios finais. As atividades poderão ser efetuadas em intervalos curtos de tempo, como, por exemplo, a realização de um mapa geomorfológico e indicações de fluxos de sedimentos. Entretanto, quando envolverem a sazonalidade dos fenômenos ambientais, o monitoramento das reações ecodinâmicas, a realização de perfis praias, a implantação de técnicas de manejo e o gerenciamento das atividades recomendadas pelos estudos realizados pela equipe multidisciplinar, o planejamento deverá envolver, no mínimo, um ano de pesquisas, incluindo constantes reavaliações das técnicas empregadas.

Para os mapas sociais, a temporalidade é orientada pelas relações cosmológicas e demais evidências processuais entre tempo e territórios. A diversidade de percepções comunitária, étnica, simbólica e cultural dos territórios e seus sistemas ambientais são representações, configurações, uma temporalidade complexa que deverá ser vinculada a cronogramas específicos e que deverá orientar os demais procedimentos para os estudos de Avaliação de Equidade Ambiental (AEA).

### *Fluxogramas metodológicos*

Os fluxogramas metodológicos evidenciaram sequências básicas para definição das conexões inter e multidisciplinares para os estudos ambientais. Mostram uma integração com ciências naturais e humanas, visando a caracterização, diagnóstico, monitoramento, cartas temáticas e sínteses, zoneamento, uso projetado, prognósticos e estratégias de implantação.

As adequações deverão ser realizadas a cada tema ou objetivos a serem alcançados, como, por exemplo, a elabora-

ção de estudos relacionados com o plano diretor municipal, a definição do potencial de suporte das unidades morfológicas para a expansão urbana, a implantação de equipamentos de controle erosivo em falésias e praias, a construção de reservatórios para abastecimento e irrigação, os estudos ambientais para saneamento, a recuperação de áreas degradadas pela mineração e a construção de vias de acesso.

Em territórios em disputa por recursos e com riscos de provocar danos ambientais que promovam a vulnerabilização às comunidades étnicas e tradicionais e aos demais grupos sociais urbanos e rurais (vulnerabilizadas pela carcinicultura, por exemplo), a cartografia social deverá ser parte de um processo de Avaliação de Equidade Ambiental (AEA). Os mapas elaborados deverão levar em conta a garantia da soberania territorial desses grupos, certamente relacionada com a qualidade da água, do solo e das funções ambientais dos ecossistemas de usufruto ancestral e a diversidade das paisagens e suas relações simbólicas. Dessa forma, a cartografia (elaboração de zoneamento, por exemplo) deverá evidenciar relações complexas, desde que atue enquanto instrumento sociopolítico para a garantia de territórios e direitos:

A cartografia integrada a um processo de planejamento ou manejo de territórios que se quer participativo entende ligar os atores e o território, construir o território com os atores e mobilizar estes atores através do território sob a hipótese de que, nesta relação, uns e outros se transformarão (ACSELRAD; COLI, 2008, p. 38).

As fases propostas, os mapas temáticos definidos, os prognósticos e as diversas formas de caracterização dos impactos ambientais foram evidenciados de modo a abranger a diversidade de interesses pelo domínio do território. Portanto, são

fundamentais a participação e a representatividade da sociedade, para que os resultados evidenciem a efetiva equidade socioambiental para concretamente construir abordagens multidisciplinares para orientar a sustentabilidade.

## Referências Bibliográficas

---

ABCC – Associação Brasileira de Criadores de Camarão. *Projeto executivo para apoio político ao desenvolvimento do camarão marinho cultivado*. Recife, 2004. Disponível em: <[http://www.mcraquacultura.com.br/arquivos/projeto/Marco\\_04.pdf](http://www.mcraquacultura.com.br/arquivos/projeto/Marco_04.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2005.

ABURTO-OROPEZA, O.; EZCURRA, E.; DANEMANN, G. *et al.* Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America (PNAS)*, July 29, 2008, v. 105, n. 30, 10456-10459p.

ACSELRAD, H.; COLI, L.R. Disputas territoriais e disputas cartográficas. In: ACSELRAD, H. (Org.). *Cartografias sociais e território*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional (IPPUR), 2008, p. 13-43. (Coleção Território, Ambiente e Conflitos Sociais, n. 1).

\_\_\_\_\_. *Cartografias sociais e território*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional (IPPUR), 2008. 168 p. (Coleção Território, Ambiente e Conflitos Sociais, n. 1).

ACSELRAD, H. O zoneamento ecológico-econômico e a multiplicidade de ordens socioambientais na Amazônia. *Revista Novos Cadernos*, v. 3, n. 2, 2000, p. 5-15.

\_\_\_\_\_.; MELLO, C.C.A. do; BEZERRA, G.N. das. *O que é justiça ambiental*. Rio de Janeiro: Garamond Editora, 2009. 160 p.

ALBUQUERQUE, M. F. C. *Zona costeira do Pecém: de colônia de pescador a região portuária*. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia), Universidade Estadual do Ceará (UECE), 2005, 212 f.

ALIER, J.M. *et al.* Sustainable de-growth: mapping the context, criticisms and future prospects of an emergent paradigm. *Ecological Economics*, London, v. 69, n. 9, 2010. 1741-1747 p.

ALLEN, J.A.; EWEL, K.C. and JACK, J. Patterns of natural and anthropogenic disturbance of the mangroves on the Pacific Island of Kosrae. *Wetlands Ecology and Management*, v. 9, p. 279-289, 2001.

ALMEIDA, H.L.P.S. *Indicadores de qualidade de vida: instrumento para o monitoramento participativo da qualidade de vida de comunidades costeiras tradicionais – o caso da Prainha do Canto Verde*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Ceará (UFC/PRODEMA), 2002. 210 f.

ALONGI, D.M. Present state of future and the world's mangrove forests. *Environ. Conserv. J.*, v. 29, p. 331-349, 2002.

ALVES, M.D.O. *Peixe-boi marinho, Trichechus manatus manatus: ecologia e conhecimento tradicional no Ceará e Rio Grande do Norte, Brasil*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco, Brasil, 2007.

ALVES, J.M.B.; COSTA, A.A.; SOMBRA, S.S. *et al.* Um estudo inter-comparativo de previsão sazonal estatística-dinâmica de precipitação no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 354-372, 2007.

ANGULO, R.J. and LESSA, G.C. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananeia regions. *Marine Geology*, v. 140, p. 141-166, 1997.

\_\_\_\_\_.; SUGUIO, K. Re-evaluation of the Holocene sea-level maximum for the state of Paraná, Brasil. *Palaeogeography, Palaeoclimatic, Papaleoecology*, v. 113, p. 385-393, 1995.

\_\_\_\_\_. Morfologia e gênese das dunas frontais do litoral do estado do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 23, n. 1, p. 68-80, 1993.

ANNEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Relatórios 2003 e 2006*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/15.htm>>. Acesso em: 17 abr. 2010.

AQUASIS – Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos. *A zona costeira do Ceará: diagnóstico para a gestão integrada*. Coordenação de Alberto Alves Campos... *et al*. Fortaleza: AQUASIS, 2003. 248 p. + 45 lâminas.

\_\_\_\_\_. *Avaliação de locais para implantação de pontos fixos para monitoramento do peixe-boi marinho (Trichechus manatus manatus) no litoral leste do Ceará*. Relatório Técnico enviado ao CMA/IBAMA, 2000. 6 p.

ARAÚJO, F. R. & ARAÚJO, Y.M.G. Metabissulfito de sódio e SO<sub>2</sub>: perigo químico oculto para os trabalhadores que realizam a despesca do camarão em cativeiro. *Relatório Técnico*. [s.l.]: Delegacia Regional do Trabalho (DRT/CE), 2004. 10 p.

ARIMATEA DA SILVA, J. *Manguezal do estuário Barra Grande em Icapuí-CE: da degradação ao processo de recuperação e mudança de atitude*. Universidade Federal do Ceará, Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Geografia da UFC; Fortaleza/CE, 2012. 120 f.

ARRUDA, M. G. C. *Parque Nacional de Jericoacoara: zoneamento para gestão e uso público*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Geografia da UFC, Fortaleza, 2007, 132 f.

ASMUS, H.E.; HARKOT-GARRETA, P.E. y TAGLIANI, P.R. Geologia ambiental da região estuarina da Lagoa dos Patos, Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 7, Belém (PA), 1988. **Anais...** v. 1, 408-423 p.

ASSUMPÇÃO, M. Patterns of focal mechanism and seismic provinces in Brazil. In: CONG. SOC. BRAS. GEOFÍSICA, 1, 1989. **Anais...** 467-472 p, 1989.

\_\_\_\_\_.; *et al.* (1989): Seismic activity in Palhano/CE, October 1988, Preliminary results. *Rev. Bras. Geofís.*, v. 7, 11-17 p, 1989.

AUBREY, D.G.; EMERY, K.O. and UCHUPI, E. Changing coastal levels of South America and the Caribbean region from tide-gauge records. *Tectonophysics*, 1988, v. 154, 269-284 p.

AUGUSTIN, C.H.R.R.; ARANHA, P.R.A. Piping em área de voçorocamento, noroeste de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, n. 1, 2006, 9-18 p.

AUGUSTO FILHO, O. *Cartas de risco de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP*. São Paulo: [s.n.], 1993. 99 p.

BALMFORD, A. *et al.* Ecology-economic reasons for conserving wild nature. *Science*, v. 297, n. 5583, p. 950-953, 2002.

BAGNOLD, R.A. *The physics of blowsand and desert dune*. London, 1941. 265 p.

BARBIER, E.B.; ACREMAN, M. y KNOWLER, D. *Valoración económica de los humedales: guía para decisores y planificadores*. Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza, 1997. 155 p.

\_\_\_\_\_. Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values. *Science*, v. 319. n. 5861, January, p. 321-323, 2008.

BARNHARDT, A. W.; SHERROD, L.B. Evolution of a holocene delta driven by episodic sediment delivery and seismic deformation, Puget Sound, *Sedimentology*, Washington, USA. v. 53, p. 1211-1228, 2006.

BARRETO FILHO, H.T. Economia tapeba: atividades econômicas e suas formas de organização. *Rel. de Pesquisa*, Rio de Janeiro, 1987. 55 p.

\_\_\_\_\_. Tapeba. In: POVOS Indígenas no Brasil: Instituto Socioambiental, Disponível em: <[www.socioambiental.org](http://www.socioambiental.org)>, Brasília/DF, 1998.

BARTH, Ortrund M.; BARRETO, Cíntia F.; COELHO, Luciane G. *et al.* Pollen record and paleoenvironment of a 4210 years B.P. old sediment in the Bay of Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2004) 76(3): 549-551.

BERNO, A.W. Uma nova agenda de temas e problemas. Conflitos entre o poder das normas e a força das mobilizações pelos direitos territoriais. *Caderno de Debates Nova Cartografia Social*, v. 1, n. 1, p. 9-18, 2010.

BERTALANFFY, L. von; ASHBY, W.R. y WEINBERG, G.M. *Tendencias el la teoría general de sistemas*. Madrid: Alianza, 1978. 320 p.

\_\_\_\_\_. *Teoría general de los sistemas – fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. en español, Fondo de Cultura Económica. México: Madrid y Buenos Aires, 1976. 311 p.

BERTRAND, G.; DOLLFUS, O. Le paysage et son concept. *L'espace géographique*, Paris, France, 1973, n. 3, 161-164 p.

BHATTACHARYA, J.; GIOSAN, L. Wave-influenced deltas: geomorphological implications for facies reconstruction. *Sedimentology*, v. 50, p. 187-210, 2003.

BIGARELLA, J.J. The barreiras group in northeastern Brasil. *An. Acad. Bras. Ciên.*, Rio de Janeiro: v. 47 (supl.), p. 365-393, 1957.

\_\_\_\_\_. Variações climáticas no Quaternário superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método carbono 14. *Paleoclimas.*, São Paulo, 1971, v. 1, 22p.

BIOMA/NEMA. *Estudo técnico de caracterização do ecossistema manguezal. Grupo de trabalho: ocupação da zona costeira – Licenciamentos de Atividades e Obras na Zona Costeira – “Patrimônio Nacional (C.F. art. 225, § 4º). Ministério Público Federal Procuradoria Geral da República – 4a Câmara de Coordenação e Revisão Meio Ambiente e Patrimônio Cultural. Relatório Técnico, 2002.*

BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L. *et al.* Quaternário costeiro do estado de Sergipe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador. *Resumos e Breves Comunicações. Boletim*, n. 2, Salvador: SBG, 1982.

BOLOS, M. *Manual de ciencia del paisaje: teoría, métodos y aplicaciones*. Barcelona, España: Edit. Masson, 273 p. 1992. (Colección Geográfica).

BORGES, E.F. Técnicas de segmentação de imagens e classificação por região: mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo, Mucugê-BA. *Mercator*, v. 8, n. 17, 2009, set./dez. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/258/254>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

BOUILLON, S.; BORGES, A.V.; CASTAÑDA-MOYA, E. *et al.* Mangrove production and carbon sinks: a revision of global budget estimates. *Glob Biogeochem Cycl*, v. 22, 2008: doi: 10.1029/2007GB003052.

BRANDÃO, R.L. *Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza*. [s.l.]: CPRM, 1994. 88 p.

BRASIL. *Capacidade de geração do Brasil*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. 2009a. Acesso em: 23 maio 2011.

\_\_\_\_\_. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Ministério das Minas e Energia. *Leilão de Energia de Reserva – Eólica*. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20090716\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20090716_1.pdf)>. Acesso em: fev. 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente /MMA. 2003. Instrução Normativa nº 3, de 26 de maio de 2003. *Lista nacional das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção*. Brasília: MMA.

BRESSOLIER, C.; FROIDEFOND, J. M.; THOMAS, Y. F. Chronology of coastal dunes in the south-west of France. In: BAKKER, T.W.; JUNGERIVES, P.D.; KLIJN, J.A. (Ed.). *Dunes of European coasts—Geomorphology—Hydrology—Soils*. *Journal of the international society of Soil Science*, Supplement 1990, 18, p. 101-107.

BROECKER, W. S. Was the medieval warm period global? *Science*, v. 291, 2001, 1497-1499 p.

\_\_\_\_\_. e DENTON, G.H. ¿Que mecanismo gobierna los ciclos glaciares? *Libros de Investigación y Ciencia – Scientific American*. 1991. 18-27p.

BRUUN, P. Sea level rise as a cause of shore erosion. *Amer. Soc. Civil Engineer Proc. Jur. Waterways and Harbors Div.*, v. 88, 177-130 p., 1962.

BURFORD, M.A.; COSTANZO, S.D. *et al.* A synthesis of dominant ecological processes in intensive shrimp ponds and adjacent coastal environments in NE Australia. *Marine Pollution Bulletin*, v. 46, p. 1456-1469, 2003.

BURJACHS, F.; PEREZ-ODIOL, R.; ROURE, J. M. *et al.* Dinâmica de la vegetacion durante el holoceno en la Isla de Mallorca. Trabajos de Palinología Básica y Aplicada. In: SIMPOSIO DE PALINOLOGÍA (A.P.C.E.), 10, Universidad de Valencia, Valencia, 199-210 p. 1994.

CABANES, C.; CAZENAVE, A.; PROVOST, C.L. *Sea level rise during past 40 years determined from satellite and in situ observations*. *Science* 294, 840 (2001); DOI: 10.1126/science.1063556

CABOGIM, J.B.P.; CARBOGIM, M.L.V.; MEIRELES, A.J.A. *Estratégia para a sustentabilidade*. [s.l.]: Ed. Fundação Brasil Cidadão para a Ciência, Tecnologia, Meio Ambiente e Educação (FBC), 2009. 82 p.

CACHO, I.; GRIMALT, J. O.; PELEJERO, C. *et al.* Dansgaard-Oeschger and Heinrich event imprints in Alboran Sea temperatures. *Paleoceanography*, v. 14, p. 698-705, 1999.

CARTER, R.W.G.; HESP, P.A. and NODSTROM, K.F. Erosional landforms in coastal dunes. Ed. by NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N. & CARTER, BILL; Coastal dune – from land to process, 1997. 217-250 p.

CASSOLA, R. S.; VIVEIROS, E. B.; RODRIGUES JUNIOR, C. E. *et al.* O impacto da carcinicultura nas áreas de proteção ambiental federais costeiras do Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 4, **Anais...** [s.l.], em 8 set. 2004.

CASTRO, E. Território, biodiversidade e saberes de populações tradicionais. In: DIEGUES, A. C. (Org.). *Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos*. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 2000. p. 165-182.

CHAFFE, C.; PHILLIPS, B. *Pré-avaliação parcial da pesca da lagosta na comunidade da Prainha do Canto Verde, Brasil para o MSC*. Marine Stewardship Council. World Wildlife Fund, Program of Community Based Certification. Relatório de Julho de 2000. 12 p.

CHEN, J.S.; *et al.* A remote water source helps giant sand dunes to stand their ground in a windy desert. *Nature*, v. 432, 2004, p. 459-460.

CHIVAS, A.; CHAPPELL, J.; POLACH, H. *et al.* Radiocarbon evidence for the timing and rate of island development, beach-rock formation and phosphatization at Lady Elliot Island, Queensland, Australia. *Marine Geology*, v. 69, n. 3-4, 1986, p. 273-287.

CHORLEY, R.J. Geomorphology and general systems theory. *Theoretical papers in the hydrology and geomorphic sciences*, 1962, p. 1-9.

\_\_\_\_\_. y KENNEDY, B.A. *Physical geography: a systems approach*. London: Prentice Hall, 1971.

CHURCH, J. A.; GODFREY, S.; JACKETT, D.R. *et al.* A model of sea level rise caused by ocean thermal expansion. *J. Climate*, v. 4, n. 1991, p. 438-456. doi: Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1175/15200442\(1991\)004<0438:AMOSLR>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/15200442(1991)004<0438:AMOSLR>2.0.CO;2)>.

CLARK, R.B. *Marine pollution*. 4th ed. Oxford: [s.n.], 1997. 213p.

COELHO JUNIOR, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Considerações teóricas e práticas sobre o impacto da carcinicultura nos ecossistemas costeiros brasileiros, com ênfase no ecossistema manguezal. In: \_\_\_\_\_. *Proceeding of Mangrove*. Recife: International Society for Mangrove Ecosystems – Mangrove 2000.

COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE, DEFESA DO CONSUMIDOR E DE MINORIAS DA CÂMARA FEDERAL. *GT-Carcinicultura*. Relatório Final. Relator: Dep. Federal João Alfredo Melo Teles, 2004. 117 p.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 303/2002. *Define as Áreas de Preservação Permanente (APP)*. MMA/CONAMA. Brasília/DF: [s.n.], 2002.

CONSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R. de *et al.* The value of the world's ecosystem service and natural capital. *Nature*, v. 387, 17 may 1997, 253-260 p.

CRISTIENSEN, C.; DALSGAARD, K.; MOLLER, J.T. *et al.* Coastal dune in denwark chronology in relation to sea level. In: BAKKER, T.W.; JUNGHERIVES, P.D.; KLIJN, J.A. (Ed.). *Dunes of European coasts–Geomorphology–Hydrology– Soils*. *Journal of the international society of Soil Science*, Supplement 18, 1990. p. 61-70.

CROWLEY, T. J.; NORTH, G. *Paleoclimatology*. Oxford monographs on geology and geophysics, n. 18, 339 p. 1991.

DALRYMPLE, W.M.; ZAITLIN, B.A.; BOYD, R. A conceptual model of estuarine sedimentation. *J. Sediment. Petrol.*, 1992, v. 62, p. 1130-1146.

DANTAS, E.W.C. *Mar à vista: estudo da maritimidade em Fortaleza*. Fortaleza: Museu do Ceará/Secretaria da Cultura e Desporto do Ceará, 2002. p. 145.

DAVIES, J.L. Geographical variation in coastal development. *Geomorphology*, Text 4. Ed. By K. M. Clayton, 1962. 204 p.

DIAS, R. *Planejamento do turismo: política e desenvolvimento do turismo no Brasil*. São Paulo: Atlas, 2003.

DIEGUES, A.C. *Ecologia humana e planejamento em áreas costeiras*. 2. ed. São Paulo: Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas em Áreas Costeiras, USP, 2001.

DNPEA-SUDENE. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do estado do Ceará. *Boletim Técnico nº 28*, Divisão de Pesquisa Pedológica (DNPEA) do Ministério da Agricultura. Recife, 1973. 301 p. (Série Pedológica nº16 da DRN-SUDENE/MI)

DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L. & BITTENCOURT, A. C.S.P. Climate change and episodes of severe erosion at the Jequitinhonha Strandplain – SE Bahia, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 2006, v. 39, p. 1894-1897.

EHLERS, J. *Quaternary and glacial geology*. New York: Editora Jhon Wiley 6 Sons Ltda., 1996. 578 p.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Questões ambientais da carcinicultura de águas interiores: o caso da bacia do baixo Jaguaribe/Ceará*. Documento 96, Fortaleza/CE, 2004. 51 p.

EMERY, K. O.; UCHUPI, E. *The geology of the atlantic ocean*. New York: Springer-verlag, 1984. 925 p.

\_\_\_\_\_; AUBREY, D.G. *Sea levels, land levels and tide gauges*. New York: Springer-verlag, 1991. 237 p.

ESTEVEES, F.A. *Ecologia das lagoas costeiras: Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé/RJ*. Rio de Janeiro: NUPEM; Depto. de Ecologia da UFRJ, 1998a.

FAIRBRIDGE, R.W. The estuary: its definition and geodynamic cycle. In: OLAUSSON, E.; CATO, I. (Ed.). *Chemistry and biogeochemistry of Estuaries*. New York: Wiley, 1980. 1-35 p.

\_\_\_\_\_. The estuary: its definition and geodynamic cycle. In: OLAUSSON, E.; CATO, I. (Ed.). *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*. New York: Wiley, 1982. p. 1-35.

FARNSWORTH, E.J.; ELLISON, A.M. The global conservation status of mangroves. *Journal of the Human Environment*, v. 16, n. 6, 1997, p. 328-334.

FASE. *Solidariedade e Educação*. Relatório-Síntese do Projeto Avaliação de Equidade Ambiental como instrumento de democratização dos procedimentos de avaliação de impactos de projetos de desenvolvimento. FASE e pelo ETTERN – Laboratório Estado, Trabalho, Território e Natureza do IPPUR/UFRJ; Rio de Janeiro, 2011, 176 p.

FEITOSA, E.A.N. do; PEREIRA, A.L. de; RODRIGUES SILVA, et al. *Panorama do potencial eólico no Brasil*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2003. 68 p.

FELLER, I.C.; et al. Biocomplexity in Mangrove Ecosystems. *Annu. Rev. Mar. Sci.*, 2010. 2:395-417p. doi: 10.1146/annurev.marine.010908.163809.

FIGUEIREDO, M.C.B. de; *et al.* Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 3, p. 231-240, 2006.

FONTELES, J.O. Comunidade de pescadores de Jericoacoara – Ceará entra na rota turística. In: VASCONCELOS, Fábio Perdigão (Org.). *Turismo e meio ambiente*. Fortaleza: UECE, 1998.

\_\_\_\_\_. *Turismo e impactos socioambientais*. São Paulo: Aleph, 2004.

FRANCISCO, T.P. The practice of coastal zone management in Portugal. *Journal of Coastal Conservation*, 2004, v. 10, p. 147-158.

FREIRE, G.S.S. *Estude hydrogique et sedimentologique de l'estuaire du Rio Pacoti (Fortaleza – Ceará – Brasil)*. (These de Doctorat), Université de Nantes, Faculté des Sciences et des Techniques, 1989. 250 f.

\_\_\_\_\_.; *et al.* Natureza do material em suspensão do estuário do Rio Pacoti. *Rev. de Geologia*, 1991, v. 4, p. 13-20.

FUNAI. *Manual do ambientalista*. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil – PP-G7. Programa Integrado de Proteção às Terras e Populações Indígenas da Amazônia Legal – PPTAL. Brasília, 2002. p. 40. (PP-G7/PPTAL/FUNAI, 2002).

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Naturais – Governo do Estado do Ceará. *Relatórios Internos e Boletins*, Fortaleza, 2011. Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

GARY, M.; MCAFEE, R.; WOLF, C.L. *Glossary of geology*. Washington: American Geological Institute, 1972. 560 p.

GERBER, J.F.; VEUTHEY, S.; ALIER, J.M. Linking political ecology with ecological economics in tree plantation conflicts in Cameroon and Ecuador. *Ecological Economics*, London, v. 68, n. 12, p. 2885–2889, 2009.

GISCHLER, E. *Comment on “Corrected western Atlantic sea-level curve for the last 11,000 years based on calibrated 14C dates from Acropora palmate framework and intertidal mangrove peat”* by Toscano and Macintyre. *Coral Reefs* 22:257–270 (2003), and their response in *Coral Reefs* 24:187–190 (2005). *Coral Reefs* (2006) v. 25: 273–279p. doi 10.1007/s00338-006-0101-1.

GITAY, H.; SUÁREZ, A.; WATSON, R. *Cambio climático y biodiversidad*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Documento técnico V, 2002, 85 p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2011.

GOMES, A.O.; OLIVEIRA, A.A.R. de. A construção social da memória e o processo de ressignificação dos objetos no espaço museológico. *Museologia e Patrimônio*, v. 3, n. 2, jul./dez. 2010. Disponível em: <<http://revistamuseologiaepatrimonio.mast.br/index.php/ppgpmus>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

GÓMEZ ORTIZ, A. Acerca del interes de la geografía física en la ordenación del territorio: ideas claves y reflexiones. El ejemplo de la montaña. *Cartografía, Geografía y Manejo del Paisaje*, pub. de la Escuela de Cienc. de la Tierra de la Facultad de Ingen. de la Universidad Bernado O’Higgins y el Dep. de Geog. Física de la Universidad de Barcelona, 1999. p. 42-60.

GOUDIE. A. *Environmental change: contemporary problems in geography*. 2. ed. [s.l.]: Calarendon Pres Oxford, 1983. 258 p.

GRIBBIN, J. *El clima futuro*. Salvateds, España, Barcelona, 1994. 241 p.

HALLAM, A. *Phanerozoic sea-level changes*. Columbia University Press, 266 p. 1992.

HERNANDÉZ, E.; HAGLER, M. y LÓPEZ, E. Financiación del Banco Mundial a la MdMaronicultura em America Latina. Estudio de casos. Greenpeace, 2002. 57 p. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/financiacion-del-banco-mundial.pdf>>.

HEVIA, I. M. La teoría de sistemas en las ciencias de la tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1998. p. 61-72.

HOLANDA, S. M. M. *Análise das Expectativas e percepções dos segmentos de turistas da APA de Jericoacoara quanto à oferta de produtos turísticos: uma abordagem baseada em variável subjetiva*. Fortaleza, Dissertação (Mestrado), 2001.

HOPLEY, D. Beachrocks as a sea-level indicator. In: PALASSCHE, Orson van de. *Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data*. v. 6. 1986. 157-174 p.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis. *Diagnóstico da Carcinicultura no Estado do Ceará: relatório final*. Diretoria de Proteção Ambiental (DIPRO). Diretoria de Licenciamento e Qualidade Ambiental (DILIQ) e Gerência Executiva do Ceará (GEREX-CE). V. I, 2005. 177p. (Textos).

IMBRIE, J. Modeling the Climatic Response to Orbital Variations. *Science* [0036-8075], v. 207, iss: 4434 (1980), p. 943-953.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. *Perfil Básico Municipal de Jijoca de Jericoacoara*, Fortaleza: IPECE, 2005.

IPCC. *Cambio climático 2007: informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 2007. 104 p. Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2010.

IPLANCE – Fundação Instituto de Informação e Pesquisa do Ceará. *Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) 2000*. Fortaleza: Edições IPLANCE, 2002. 107 p.

MARTÍNEZ, M.L. *et al.* The cost of our world: ecological, economic and social importance. *Ecological Economics*, London, v. 63, n. 2-3, p. 254-272, 2007.

MARTÍNEZ, J. Ignacio; YOKOYAMA, Yusuke; GOMEZ, Andres *et al.* Late Holocene marine terraces of the Cartagena region, southern Caribbean: The product of neotectonism or a former high stand in sea-level? *Journal of South American Earth Sciences* 29, 2010, p. 214-224.

MATEO, J. *Geoecologia de los paisajes*. Mérida: Editora de la ULA, 1991.

JELGERSMA, S. *Sea-level changes during the last 10.000 years*. Ed by J. A. Steers, Introduction to coastline development, 1971. 25-48 p.

JOMELLI, V.; KHODRI, M.; FAVIER, V. *et al.* Irregular tropical glacier retreat over the Holocene epoch driven by progressive warming. *Nature*, v. 474, 2011, p. 196-199. doi: 10.1038/nature1015.

KAUFFMAN, J.B.; HEIDER, C.; COLE, T.G. *et al.* *Ecosystem Carbon Stocks of Micronesian Mangrove Forests*. *Wetlands* 2011 31:343–352. doi: 10.1007/s13157-011-0148-9.

KING, C.A.M. Some problems concerning marine planation and formation of erosion surface. *Trans. Pap. Inst. Brit. Geogr.*, 1963, p. 29-43.

KOCUREK, G.; EWING, R.C. Aeolian dune field self-organization – implications for the formation of simple versus complex dune-field patterns. *Geomorphology*, v. 72, 2005, p. 94-105.

LAMB, A.L.; WILSON, G.P. A.; LENG, M.J. A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using  $\delta^{13}\text{C}$  and C/N ratios in organic material. *Earth-Science Reviews*, v. 75, 2006, p. 29-57.

LANCASTER, N. *Geomorphology of desert dunes*. London: [s.n.], 1996. 290 p.

LASCHEFSKI, K. Licenciamento e equidade ambiental: as racionalidades distintas de apropriação do ambiente por grupos subalternos. In: ZHOURI, Andréa (Org.). *As tensões do lugar: hidrelétricas, sujeitos e licenciamento ambiental*. Belo Horizonte: Editora UFMG (Humanitas), 2011. p. 21-60.

LEÃO, Z.M.A.N.; DOMINGUEZ, J.M.L. Tropical Coast of Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 41, n. 6, 2000, 12-122 p.

\_\_\_\_\_.; KIKUCHI, R.K.P.; OLIVEIRA, M.D.M. Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano. *Biota Neotrop.*, v. 8, n. 3: 2008. Disponível em: <<http://www.biota-neotropica.org.br/v8n3/pt/abstract?article+bn00808032008>>.

LEDRU, M. P.; BRAGA, M.P.; SOUBIES, F. *et al. The last 50.000 years in the neotropics (Southern Brazil): Evolution of vegetation and climate; Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* v. 123, 1996, p. 239-257.

LEFF, E. *Ecologia, capital e cultura: a territorialização da racionalidade ambiental*. Petrópolis/RJ: Ed. Vozes, 2009. 439 p.

LEONEL, V. *El holoceno*. Mérida-Venezuela: [s.n.], 1984. 266 p.

LEROY, J.P; SILVESTRE, D.R. *Populações litorâneas ameaçadas: carcinicultura, pesca industrial, turismo, empreendimentos públicos e população*. Relatório da missão a Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte. Relatoria Nacional para o Direito Humano ao Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.dhescbrasil.org.br/media/Relatorio%20DHMA%20-%20Populacoes%20Litoraneas%](http://www.dhescbrasil.org.br/media/Relatorio%20DHMA%20-%20Populacoes%20Litoraneas%20)>. Acesso em: 10 nov. 2005.

LESSA, G.C.; ANGULO, R.J. *Oscilations or not oscilations, that is the question - Reply*. Marine Geology, v. 150, 1998, p. 189-196.

LIMA, L. C.; SILVA, A. M. F. da. *O local globalizado pelo turismo: Jeri e Canoa no final do século XX*. Fortaleza: EDUECE, 2004.

LIMA, M. C. de. Pesca artesanal, carcinicultura e geração de energia eólica na zona costeira do Ceará. *Revista Terra Livre* (AGB), 2009.

LOBATÓN, S.B. Reflexiones sobre sistemas de Información Geográfica Participativos (sigp) y cartografía social. Cuadernos de Geografía, *Revista Colombiana de Geografía*, 2009, n. 18, 9-23 p.

LOVELOCK, C.E.; RUESS, R.W.; FELLER, I.C. CO2 Efflux from Cleared Mangrove Peat. *PLoS ONE*, 2011, v. 6, n. 6 e 21279. doi:10.1371/journal.pone.0021279.

LOWE, J. L.; WALKER, M.J.C. Reconstructing quaternary environments. *Logman*, Scientific & Technical, Burnt Mill. 1984, 389 p.

MAIA, L. P. *Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza NE-Brasil – implicaciones para una gestión costera ordenada*. Tesis (Doctorado), Universidad de Barcelona, 1998. p. 368.

MÄLER, K.G.; ANIYAR, S. and JANSSON, A. Accounting for ecosystem services as a way to understand the requirements for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America (PNAS)*, July 15, 2008, v. 105, n. 28, 9501-9506 p.

MALEY, J. Middle to Late Holocene changes in tropical Africa and other continents: paleomonsoon and sea surface temperature variations. In: \_\_\_\_\_. *Third Millenium BC Climate Change and Old World Collapse*. Ed. by H. Nüzhet Dalfes, George Kukla y Harvey Weiss. Nato Series, Springer, 1996. p. 611-640.

MARENGO, J.A.; UVO, C.B. Variabilidade e mudança climática no Brasil e América do Sul. *Climanálises*: boletim de monitoramento e análise climática – edição especial comemorativa de 10 anos; Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/mudanca.html>>. Acesso em: 10 out. 2006.

\_\_\_\_\_.; TOMASELLA, J.; UVO, C.R.B. Long-term stream flow and rainfall fluctuations in tropical South America: Amazônia, Eastern Brazil and Northwest Peru. *J. Geophys. Res.* v. 103, 1998, p. 1775-1783.

MARGALEF, R. *Ecología*. Edição Revisada. Barcelona: Editorial Planeta, 1992. 255p.

MARINE STEWARDSHIP COUNCIL (MSC). *Certificação de pescarias sustentáveis*: documento informativo. Londres: MSC, 1998.

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS-BOAS, G.S. Principais ocorrências de corais pleistocênicos da costa brasileira. Datação do máximo da última transgressão. *Ciência da Terra*, v. 1, 1982, p. 16-17.

\_\_\_\_\_. *et al.* Oscillations or not oscillations, that is the questions: Comment on Angulo, R. J. and Lessa G. C. "The Brazilian sea-level curves. A critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia Regions" [Mar. Geol. 140, 141-166]. *Marine Geology*, v. 150, 1998, p. 179-187.

\_\_\_\_\_.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. Shell middens as a source for additional information in Holocene shoreline and sea-level reconstruction: example from the coast of Brazil. In: \_\_\_\_\_. *Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data*. Ed. by Orson van de Palassche. 1986, p. 503-523, v. 18.

MARTINEZ, M.L.; *et al.* Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of Mexico. *Environmental Conservation*, 2006, v. 33, n. 2, p. 109-117.

MATEO, J. La ciencia del paisaje a la luz del paradigma ambiental, conferencia magistral impartida en el *Taller Internacional sobre Ordenamiento Geocológico de los Paisajes*, 2, Cuba al día, año VII, n. 37 y 38, diciembre de 1997, p. 7-11.

MATHEUS, F. M. *A transformação de uma área protegida: Jericoacoara*. (Monografia), São Paulo, Faculdade Senac de Educação Ambiental, 2003, 120 f. il.

MATIAS, L. Q.; NUNES, E. P. Levantamento florístico das áreas de proteção ambiental de Jericoacoara, Ceará. *Acta Botânica Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 35-43, 2001.

MCGRANAHAN, G.; BALK, D.; ANDERSON, B. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment & Urbanization International Institute for Environment and development (IIED)*. v. 19, n. 1, 2007, p. 17-37.

MCLACHLAN, A.; BURNS, M. Headland bypass dunes on the South African coast: 100 years of (mis)management. *Coastal dunes*, Carter, Curtis & Sheehy-Skeffington (Eds). Belkema, Rotterdam, p. 71-79, 1992.

MCLEOD, E. and. SALM, R.V. *Managing mangroves for resilience to climate change*. IUCN Global Marine Programme: Resilience Science Group Working Paper Series, n. 2, Gland, Switzerland. 2006. 64 p.

MEEHL, G.A. *et al.* Global Climate Projections. In: SOLOMON, S., D. *et al.* (Eds.). *Climate Change 2007: the physical science basis*. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge: United Kingdom and New York, NY, USA.

MEIRELES, A. J. A. *Análise dos impactos ambientais originados pelas atividades de carcinicultura na área de influência direta da Comunidade Indígena Tremembé/Almofala – Itarema/CE*. Laudo Técnico, 2004. 38 p.

\_\_\_\_\_.; VICENTE DA SILVA, E. Diagnóstico e impactos ambientais associados ao ecossistema manguezal do rio Acaraú/ce, nas proximidades da comunidade de Curral Velho de Cima. *Parecer Técnico, Procuradoria da República no Estado do Ceará*. [s.l.]: Ministério Público Federal, 2003, 32 p.

\_\_\_\_\_.; CASTRO, J.W.A.; LIMA VERDE, A. Sedimentologia e dinâmica costeira entre as praias do Futuro e Iparana – Fortaleza, Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 36, Natal/RN. *Anais...* 1990, v. 2, p. 796-805.

\_\_\_\_\_.; ANDRADE, E.; MORAIS, J.O.; FREIRE, G.S.S. (1989): Caracterização hidrodinâmica e sedimentar do estuário do rio Ceará. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12, Fortaleza CE. *Atas...* v. 1, p. 54-56.

\_\_\_\_\_.; MORAIS, J.O.; FREIRE, G.S.S. *et al.* Geologia ambiental da planície costeira de Icapuí, extremo leste do estado do Ceará: mapa de categorias de utilização. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE (SBG/NE), 14, Pernambuco-PE, 1991. **Atas...** p. 100 a 103.

\_\_\_\_\_. Danos socioambientais na zona costeira do Ceará. In: HERCULANO e PACHECO. *Racismo ambiental: Brasil sustentável e democrático BSD/Fase e Laboratório de estudos de Cidadania, Território, Trabalho e Ambiente LACTTA/UFF*, 2006. p. 73-87.

\_\_\_\_\_.; RUBIO, R. P. Geomorfologia litoral: una propuesta metodológica sistémica en la llanura costera de Ceará, nordeste de Brasil. *Revista de Geografía*, Universidad de Barcelona, v. 33, p. 165-182, 1999.

\_\_\_\_\_.; SILVA, E. V. Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e gestão em ambientes fluviomarinhos. *Scripta Nova – GeoCrítica*, Universidad de Barcelona, Barcelona, Espanha, v. VII, n. 118, p. 1-25, 2002.

\_\_\_\_\_. Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e gestão em ambientes fluviomarinhos. *Scripta Nova, GeoCrítica, Universidad de Barcelona (UB)*, Espanha, v. 8, n.118, p. 1-25, 2002. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-118.htm>>.

\_\_\_\_\_. *Morfología litoral y sistema evolutivo de la costa de Ceará Nordeste de Brasil*. Tese (Doutorado), Barcelona – España: Universidad de Barcelona, Faculdade de Geografia e Análises Geográfico Regional, 2001, 356 p.

\_\_\_\_\_.; SERRA, J.R.; THIERS, P.R.L. Aspectos Geodinâmicos do Delta de Maré da Planície Costeira de Icapuí/Ce. In: BORZACCIELLO, J.S.; DANTAS, E.W.; MEIRELES, A.J.A. *Litoral e sertão: natureza e sociedade no Nordeste Brasileiro*. v. 1 Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p. 367-382.

\_\_\_\_\_.; ARRUDA, M.G.C.; GORAYEBE, A. *et al.* Integração dos indicadores geoambientais de flutuação do nível relativo do mar e de mudanças climáticas no litoral cearense. *Revista Mercator*, v. 8, p. 109-134, 2005.

\_\_\_\_\_.; VICENTE DA SILVA, E.; THIERS, P.R.L. Os campos de dunas móveis: fundamentos dinâmicos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira. *Revista GEOUSP*, v. 20, p. 101-119, 2006.

\_\_\_\_\_.; CAMPOS, A.A. Componentes geomorfológicos, funções e serviços ambientais de complexos estuarinos no nordeste do Brasil. *Revista da ANPEGE*, v. 6, 2010, 89-107 p.

\_\_\_\_\_.; GURGEL JR., J. B. Dinâmica costeira em áreas com dunas móveis associadas a promontórios, ao longo do litoral cearense. In: CONG. BRAS. DE GEOLOGIA, 38, Balneário de Camboriú/SC. *Anais...* v. 1, 1994, p. 403-404.

\_\_\_\_\_.; MARQUES, M. Estudos e levantamentos ambientais, antropológicos e arqueológicos na Terra Indígena Tremembé de São José e Buriti, município de Itapipoca/CE. *Lauda Técnico*, 2005. 125 p.

\_\_\_\_\_.; MORAIS, J. O. Potencial de suporte das falésias vivas do litoral leste do estado do Ceará – delimitação de uso e ocupação. In: SIMPÓSIO SOBRE PROCESSOS SEDIMENTARES E PROBLEMAS AMBIENTAIS NA ZONA COSTEIRA NORDESTE DO BRASIL, 1, Centro de Tecnologia e Geociências da UFPE, Recife: 1995. *Anais...* v. 1, p. 9-11.

\_\_\_\_\_.; SERRA e RAVENTOS, J. Um modelo geomorfológico integrado para a planície costeira de Jericoacoara/CE. *Revista Mercator*, Fortaleza, 2002, v. 1. 79-92 p.

\_\_\_\_\_.; SERRA, J.R. Evolução paleogeográfica da planície costeira de Jericoacoara/Ceará. *Mercator – Revista de Geografia da UFC*, v. 1, n. 1, p. 79-94, 2002.

\_\_\_\_\_.; VICENTE DA SILVA, E. Diagnóstico e impactos ambientais associados ao ecossistema manguezal do rio Acaraú/CE, nas proximidades da comunidade de Curral Velho de Cima. *Laudo Técnico*, Procuradoria da República no Estado do Ceará, Ministério Público Federal, 2003, 32 p.

\_\_\_\_\_.; MAIA, L.P. Indicadores morfológicos de los cambios del nivel del mar en la llanura costera de Ceará – nodeste de Brasil. In: A. Gomes ORTIZ y F. SALVADOR FRANCH (Ed.). *Investigaciones recientes en Geomorfología española*. Barcelona, 1998. p. 325-332.

\_\_\_\_\_. Impactos ambientais decorrentes da ocupação de áreas reguladoras do aporte de areia: a planície costeira da Caponga, município de Cascavel, litoral leste cearense. *Confins*, Número 2 / Numéro 2, 1º semestre 2008 / 1er semestre 2008, [En ligne], mis en ligne le 13 mars 2008. Disponível em: <<http://confins.revues.org/document2423.html>>. Acesso em: 19 maio 2011.

\_\_\_\_\_., ANDRADE, E. MORAIS, J.O. de, FREIRE, G.S.S. Caracterização hidrodinâmica e sedimentar do estuário do Rio Ceará; SIMP. DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12, Fortaleza-CE.; Atas, v. VI, 1989, p. 54-56.

\_\_\_\_\_.; ARRUDA, M.G.C.; GORAYEB, A.; THIERS, P.R.L. Integração dos indicadores geoambientais de flutuações do nível relativo do mar e de mudanças climáticas no litoral cearense. *Revista Mercator*, Fortaleza, Departamento de Geografia da UFC, n. 8, 2005, p. 109-134.

\_\_\_\_\_.; CASSOLA, R.S.; TUPINAMBÁ, S.V.; QUEIROZ, L.S. de. Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, Nordeste do Brasil. *Revista Mercator*, Fortaleza, Departamento de Geografia da UFC, n. 12, 2007, p. 83-106.

\_\_\_\_\_.; MORAIS, J.O.; FREIRE, G.S.S. Os terraços holocênicos da planície costeira de Icapuí – extremo leste do estado do Ceará. In: CONG. BRAS. GEOL., 36, Natal/RN. *Anais...* 1990, v. 2, p. 709-718.

\_\_\_\_\_.; SANTOS, A.F. Evolução geomorfológica da planície costeira de Icapuí, extremo leste do Ceará, Nordeste do Brasil. *Revista da Associação de Geografia Teorética*, Rio Claro-SP, v. 36, n. 3, set./dez. 2011, p. 519-534.

\_\_\_\_\_.; SERRA, J. R.; MONTORI, C.B. Evolução paleogeográfica da planície costeira de Jericoacoara, litoral oeste cearense. *Revista Paranaense de Geografia*, 2001, v. 7, 1-12p.

\_\_\_\_\_.; SERRA, J.; SABADIA, J.A.B. Sea level changes in Jericoacoara – Ceará coastal plain. *The Mediterranean, Newsletter*, 2000, v. 22, 87-88 p.

\_\_\_\_\_.; SILVA, E. V. Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e gestão em ambientes fluviomarinhos. *Scripta Nova – GeoCrítica*, Universidad de Barcelona, Espanha, v. 7, n. 118, 2002. p. 1-25.

\_\_\_\_\_.; DANTAS, E.W.C.; VICENTE DA SILVA, E. *Planície costeira de Jericoacoara: nas trilhas da sustentabilidade*. Fortaleza: Edições UFC, 2011. 125 p.

MENDONÇA, T.C.M. de. *Turismo e participação comunitária: Prainha do Canto Verde, a “Canoa” que não quebrou e a “Fonte” que não secou*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/CFCH/IP/EICOS), 2004, 209 f.

MEULEN, D. European dunes: consequences of climate changes and sea level rise. In: BAKKER, T.W.; JUNGERIVES, P.D.; KLIJN, J.A. (Ed.). *Dunes of European coasts–Geomorphology–Hydrology– Soils*. *Journal of the international society of Soil Science*, Supplement 18, 1990, p. 209-223.

MORAIS, J.O.; MEIRELES, A.J.A. Evidências de variações relativas do nível do mar durante o Quaternário no litoral leste do estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, SP, 1992. **Anais...** v. 1, p. 71 a 73.

\_\_\_\_\_. Processos de sedimentação e erosão costeiros na praia da Caponga, município de Cascavel, Ceará. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO – ABEQUA, 4, São Paulo, SP, 1993.

\_\_\_\_\_. Riscos geológicos associados à dinâmica costeira na praia de Caponga, município de Cascavel, Estado do Ceará. *Revista de Geologia*, n. 5, 1992, p. 139-144.

\_\_\_\_\_. Evidências de variações relativas do nível do mar durante o Quaternário no litoral leste do estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, SP, 1992. Simpósios, *Boletim de Resumos Expandidos*, 1992, v. 1, p. 71-73.

MORENO, A.; CACHO, I.; CANALS, M. *et al.* Saharan dust transport and high latitude glacial climatic variability: the Alboran Sea record. *Quaternary Research*, v. 58, 2002, p. 318-328.

MÖRNER, N.A. Eustasy and geoid changes as a function of core/mantle changes. In: MÖRNER, N.A. (Ed.). *Eart rheology, isostasy and eustasy*. Inglaterra: John Wiley y Sons, 1980. p. 535-553.

\_\_\_\_\_. Eustasy and geoid changes. *Journal of Geology*, v. 84, 1976, p. 123-151.

\_\_\_\_\_. Sea level changes along the west european coasts. In: SIMPOSIO SOBRE LA MARGEN IBERICO ATLÁNTICA, 3, v. 1, 2000, 411-412 p.

MOURA, G.B.A.; ARAGÃO, J.O.R. de; MELO, J.S.P. de *et al.* Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 4, p. 462-469, 2009.

NASA – National Aeronautcs and Space Administration. A Chilling possibility. Disponível em: <[http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2004/05mar\\_arctic/](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2004/05mar_arctic/)>. Acesso em: 18 dez. 2012.

NASCIMENTO, A.P. do. *Análise dos impactos das atividades antrópicas em lagoas costeiras*: Estudo de Caso da Lagoa Grande em Paracuru – Ceará / Adriana Pereira do Nascimento, 2010. 110 p.

NASCIMENTO, S. Estudo da importância do “apicum” para o ecossistema de manguezal. *Relatório Técnico Preliminar*. Sergipe: Governo do Estado do Sergipe, 1993. 27p.

NAYLOR, R.L.; GOLDBURG, R.J.; MOONEY, H. *et al.* Nature's Subsidies to Shrimp and Salmon Farming, *Science* 30 October (1998), v. 282 (5390), p. 883-884. [DOI:10.1126/science.282.5390.883].

NEVES, L. G. Os índios antes de Cabral. In: SILVA, A. L.; GRUPIONI, L. D. B. (Orgs.). *A temática indígena na escola*. Brasília: MEC/MARI/UNESCO, 1995.

NICOLAS, A. *Las Montañas bajo el mar: expansión de los océanos y tectónica de placas*. Springer – Verlag Ibérica, Barcelona, 1995. 200 p.

NOBRE, P. *A variabilidade interanual do Atlântico Tropical e sua influência no clima da América do Sul*. [s.l.]: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), 1997. 49 p.

OLIVEIRA, J.P. de. *Ensaio em Antropologia Histórica*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1999. 272 p.

PACHECO, T. Inequality, environmental injustice, and racism in Brazil: beyond the question of colour. *Development in Practice*, v. 18, n. 6, 2008, Print/ISSN 1364-9213 Online 060713-13 # 2008 Oxfam GB). Disponível em: <<http://racismoambiental.net.br/textos-e-artigos/tania-pacheco/textos-e-artigostania-pachecoinequality-environmental-injustice-and-racism-in-brazil-beyond-the-question-of-colour/>>. Acesso em: 22 dez. 2012.

PAIVA ROCHA, I.; RODRIGUES, J.; AMORIM, L. A carcinicultura brasileira em 2003. *Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC)*, ano 6, nº1. Recife, março de 2004. Disponível em: <[www.abcc.com.br](http://www.abcc.com.br)>. Acesso em: nov. 2012.

PALMER, A.J.M.; ABBOTT, W.H. Diatoms as indicators of sea-level change. In: PALASSCHE, Orson van de (Ed.). *Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data*. v. 18, 1986. 457-489 p.

PANNIER, R.; PANNIER, F. Estrutura y dinámica del ecosistema de manglares: um enfoque global de la problemática. 46-55 p. In: \_\_\_\_\_. *Memorias del Seminario sobre el Estudio Científico e Impacto Humano en el Ecosistema de Manglares*. Coli, 1980.

PERILLO, G.M.E. Definitions and geomorphologic classifications of estuaries. In: G. M. E. Perillo. *Geomorphology and Sedimentation of Estuaries. Developments in Sedimentology*, n. 53, Elsevier Science, 1995, v. 2, p. 17-43.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; MEDEIROS, C. *et al.* The gabions for the protection of Caponga Beach, Ceará/Brazil: Hazards and Management. *Journal of Coastal Research*, Itajaí, v. 39, p. 235-245, 2004.

PINTO, M.F.; MOURÃO, J.S. da; ALVES, R.R.N. Ethnotaxonomical considerations and usage of ichthyofauna in a fishing community in Ceará State, Northeast Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, Disponível em: <<http://www.ethnobiomed.com/content/9/1/17/#ins2> V. 9:19 2013>. Acesso em: abr. 2013.

PIRAZZOLI, P.A. Marine notches. In: PALASSCHE, Orson van de. *Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data*. v. 18, 1986, 361-400 p.

\_\_\_\_\_. Present and near future global sea-level changes. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, v. 75, 1989, 241-258 p.

\_\_\_\_\_. *Sea-level changes: the last 20.000 years*. Wiley, Chichester, 1998. 211 p.

\_\_\_\_\_. World atlas of holocene sea-level change. *Elsevier Oceanography Series*, n. 58, 300 p., 1991.

PONTES, E.S. *Análise da paisagem: instrumentos para o turismo comunitário na Prainha do Canto Verde*. Dissertação (Mestrado), Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará (UECE), 2005. 196 p.

PRIGOGINE, Y. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo: Editora Unesp, 2011. 205 p.

PRISKIN, J. Physical impacts of four-wheel drive related tourism and recreation in a semi-arid, natural coastal environment. *Ocean & Coastal Management*, v. 46, n. 1-2, 2003, p. 127-155.

PRITCHARD, D. W. Observations of circulation in coastal plain estuaries. p. 37-44. In: LAUFF, G.H. (Ed.). *Estuaries. American Associating Advancing Scientifics*, Washington, v. 83, 1967.

PYE, K.; NEAL, A. Late holocene dune formation on the Sfton coast, northwest England. In: PYE, K. (Ed.). *The dynamics and environmental context of aeolian sedimentary systems. Geological Society Sedimentary*, n. 72, 1993. 201-218 p. (Special Publication).

QUEIROZ, L.S. ; ROSSI, S. ; MEIRELES, A. J. A. *et al.* Shrimp aquaculture in the federal state of Ceará, 1970e2012: trends after mangrove forest privatization in Brazil. *Ocean & Coastal Management*, v. 73, 2013, 54-62 p.

RAMSAY, P. J. 9000 Years of sea-level change along the southern African coastline. *Quaternary International*, v. 31, 1996, 71-75 p.

REDE BRASIL. Rede Brasil sobre instituições financeiras multilaterais. In: PINTO, João Roberto Lopes (Org.). *Ambientalização dos bancos e financeirização da natureza: um debate sobre a política ambiental do BNDES e a responsabilização das Instituições Financeiras*. Brasília: [s.n.], 2012, 204 p.

RIGNOT, E.; *et al.* Acceleration of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise. *Geophysical Research Letters*, v. 38, 2011, L05503, doi: 10.1029/2011GL046583, 2011.

RISER, J. *Le Quaternaire: géologie et milieux naturels*. Paris: Dunod, 1999. 320 p.

RIVERA, E.S. y CORTÉS, I.S. Las experiencias del Instituto Nacional de Ecología en la valoración económica de los ecosistemas para la toma de decisiones. *Gaceta ecológica*, México: Inst. Nac. de Ecol., número especial 84-85, 2007. p. 93-105.

ROBERTS, N. *The holocene: an environmental history*. Basil Blackwell Ltda., 1989, 277 p.

RODRIGUES DA SILVA, J.G. *Ciclos orbitais ou ciclos de Milankovitch*. Textos de Glossário Geológico Ilustrado, 2007; Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/glossario/>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

RODRIGUES, M. A. Conceitos básicos de sistemas de informações geoambientais e áreas de aplicação em cadastro técnico municipal. In: CONGRESSO DE CARTOGRAFIA, 15, **Anais...**, São Paulo, v. 3, 1991, p. 542-546.

RODRIGUEZ, J. M. M.; VICENTE DA SILVA, E.; CAVALCANTI, A. P. B. *Geoecologia das paisagens: uma visão geosistêmica da análise ambiental*. Fortaleza: Editora UFC, 2004.

ROMAN, C.T.; NORDSTROM, K. F. Environments, processes and interactions of estuarine shores. In: NORDSTROM, Karl F.; ROMAN, Charles T. (Eds.). *Evolution, environments and human alterations*. [s.l:s.n.], 1996. 1-12 p.

ROSSETTI, D.F.; *et al.* Late Quaternary sedimentation in the Paraíba Basin, Northeastern Brazil: Landform, sea level and tectonics in Eastern South America passive margin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2011, v. 300, 191-204 p.

RUBIO, R. P. La teoría general de sistemas y el paisaje. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, n. 41, v. XI, 1996, p. 91-104.

RUZ, M. H.; MEUR-FERE, C. Influence of high water levels on aeolian sand transport: upper beach/dune evolution on a macrotidal coast, Wissant Bay, northern France. *Geomorphology*, v. 60, 2004, p. 73-87.

SAAD, A.; TORQUATO, J.R. Contribuição à neotectônica do estado do Ceará. *Revista de Geologia*, v. 5, 1992, 5-38 p.

SAHLINS, M. D. *Sociedades tribais*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1983.

SAM, P. A.; DRIES, B.; ERIC, C. *et al.* Ecology, management and monitoring of grey dunes in Flanders. *Journal of Coastal Conservation*, v. 10, p. 33-42, 2004.

SAMPAIO, J.L.F.; VERÍSSIMO, M.E.Z.; SOUZA, M.S. *A comunidade tremembé: meio ambiente e qualidade de vida*. [s.l.]: Edições INESP, 2002. 177 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha*. Porto Seguro-Bahia, 1999. Disponível em: <<http://www.bdt.fat.org.br/workshop/costa/>>. Acesso em: 17 out. 2004.

\_\_\_\_\_. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha*, 1999. Disponível em: <<http://www.bdt.org.br/workshop/costa/mangue/relatorio.>>. Acesso em: 17 out. 2004.

\_\_\_\_\_.; CINTRÓN, G. Guia para estudos de áreas de manguezal: estrutura, função e flora. *Caribbean Ecol. Research*, São Paulo, 150 p. 1986. (3 apêndices).

\_\_\_\_\_. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o sistema manguezal. *Publ. Especial do Inst. Oceanogr.*, São Paulo, v. 7, p. 1-16, 1989.

\_\_\_\_\_. *Tabela referente ao Módulo 2 “Os ambientes costeiro e marinho: aplicação dos conhecimentos científicos a um adequado manejo”*; Sessão 7 “Ecossistemas costeiros brasileiros”, organizada por ocasião do “Course on the Integrated Management of Coastal and Marine Areas for Sustainable Development”, realizado no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Brasil, 9 a 20 de maio de 1994, sob a égide da ONU.

SCHÄRER, R. *A small start: an experiment in Prainha do Canto Verde tests the MSC’s principles and criteria for community-based certification of a fishery*. Índia: ICSF – International Collective in Support of Fishworkers. 2001. p. 26-29. (Samudra n. 29).

SCHLACHER, T.A.; SCHOEMAN, D.S.; DUGAN, J. *et al.* Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. *Marine Ecology*, v. 29, Suppl. 1, p. 70-90, 2008.

SELLEY, R.C. *Medios sedimentarios antiguos*. Rosario, Madrid: H.B. Eds., 1976. 251 p.

SHACKLETON, N.J. Oxigen isotope, ice and sea-level. *Quaternary Science Reviews*, v. 6, p. 183-190, 1987.

SIFEDDINE, A.; ALBUQUERQUE, A.L.S.; LEDRU, M. P. *et al.* A 21 000 cal years paleoclimatic record from Caçó Lake, northern Brazil: evidence from sedimentary and pollen analyses Palaeogeography. *Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 189, 2003, p. 25-34.

SILVA, B.B.; *et al.* Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste brasileiro. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.*, v. 6, n. 3, Campina Grande, Sept./Dec. 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662002000300009>>.

SILVEIRA, I.M. da *et al.* Carta de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo para a área entre Guamaré e Macau-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 2, Hotel Glória, Rio de Janeiro, de 15 a 18 jun. 2003. **Anais...** Disponível em: <<http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/2/6081.pdf>>. Acesso em: set. 2009.

SILVEIRA, C.S. ; COSTA, A. A. *et al.* Sazonalidade da precipitação sobre o nordeste setentrional brasileiro nas simulações do IPCC-AR4. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, p. 125, 2012.

SIMÕES, J.C. Glossário da língua portuguesa de neve, do gelo e termos correlatos. *Pesquisa Antártica Brasileira*, n. 4, 1-36 p., 2004. Disponível em: <<ftp://ftp.cnpq.br/pub/doc/proantar/pab-12.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2012.

SOCHAVA, V.B. *Introducción al estudio de los geosistemas*, Nauka, Novosibirsk, 1978. 318 p.

\_\_\_\_\_. *O estudo dos geossistemas*. São Paulo: USP, 1977. 48 p. (Traduzido da versão inglesa *The Study of Geossystems*).

SOUSA, D.C. do; JARDIM DE SÁ, E.F.; VITAL, V. *et al.* *Falésias na praia de Ponta Grossa, Icapuí, CE: importantes deformações tectônicas cenozoicas em rochas sedimentares da Formação Barreiras*. Trabalho divulgado no site da SIGEP. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep>>. Acessos em: 24 set. 2008 e 9 out. 2012.

SOUZA, M. J. N. ; BRANDÃO, R. L. ; CAVALCANTE, I. N. *Diagnóstico Geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da RMF*. Fortaleza: CPRM, v. 1, 1995. 120 p.

\_\_\_\_\_. Contribuição ao estudo das unidades morfo-estruturais do estado do Ceará. *Revista de Geologia*, Fortaleza, v. 1, n. 1, 1988, 73-91p.

\_\_\_\_\_. *et al.* *Complexo industrial e portuário do Pecém: relatório de impacto ambiental*. v. 1. Fortaleza: Superintendência Estadual do Meio Ambiente, SEMACE, 1996.

STEINBACK, J. *Study of Cape Cod Seashore Finds Off-road Vehicles Harmful To Beach Fauna*. University Of Rhode Isla. Disponível em: <<http://www.sciencedaily.com/releases/>>, 2004. Acesso em: 22 fev. 2011.

STEPHENSON, G. Vehicle impacts on the biota of sandy beaches and coastal dunes. A review from a New Zealand perspective. *Science for Conservation*, v. 121, 1999, 48 p.

STEVENSON, N.J. Disused shrimp ponds: Options for redevelopment of mangroves. *Coastal Management, USA*, v. 25, n. 4, p. 425-435, 2007.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. *et al.* Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 15, n. 4, 1985, p. 273-286.

SUNAMURA, T. *Geomorphology of rock coast*. Japan: University of Tsukuba, 1994. 301 p.

TEIXEIRA, A. L. de A. *et al.* *Introdução aos sistemas de informação geográfica*. Rio Claro: Edição do Autor, 1992. 80 p.

TELES, J. A. M. G.T. *Carcinicultura: relatório final*. Comissão de Meio Ambiente. Defesa do Consumidor e de Minorias da Câmara Federal. Relator: Dep. Federal João Alfredo, 2005.

TEÓFILO DA SILVA, C. (Coord.). *Terra indígena córrego do João Pereira: relatório circunstanciado de identificação e delimitação*. FUNAI, 1999. 173 p.

THOMPSON, L.G.; MOSLEY-THOMPSON, E.; DAVIS, M.E. *et al.* Late Glacial Stage and Holocene Tropical Ice Core Records from Huascarán, *Science*, Peru, 269, 1995, p. 46-50.

TILTENOT, M. *et al.* Sedimentological and geochemical indicators of river supply along the Brazilian continental margin. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS IAS, 14, Abstract: D77. 1994.

TRENHAILE, A.S. *The geomorphology of rock coastal*. Oxford University press, 1987. 384 p.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. *Limnologia: oficina de textos*. São Paulo: [s.n.], 2008. 632 p.

TUPINAMBÁ, S. V. *Do tempo da captura à captura do tempo*. terra e mar: caminhos da sustentabilidade. Fortaleza: Dissertação (Mestrado). Fortaleza, PRODEMA – Programa Regional de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará. 1999. 183 p.

\_\_\_\_\_. *O rio que corria rei: o rio Jaguaribe e a criação de camarão no Ceará*. Propostas Alternativas – Memórias do Patrimônio Natural do Ceará I. Nº 20, 2002. p. 16-23.

UNESCO. *Memórias del simnario sobre el estudio científico e impacto humano en el ecossistema de manglares*. Montevideu: ROSTLAC, 1980.

VALIELA, I.; BOWEN, J. L.; YORK, J. K. Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. *Bioscience*, OCT, 2001, v. 51, n. 10, p. 807-815.

VIANA, V.P.; SANTOS JÚNIOR, V. dos. Estudos arqueológicos na área de intervenção das usinas de energia eólica UEE Bons Ventos 50 MW, UEE Canoa Quebrada 57 MW e UEE Enacel 31,5 MW, município de Aracati – Ceará. Etapa I – prospecção. Volume I, Diagnóstico – Relatório apresentado ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e a Bons Ventos Geradora de Energia S.A., 2008, 135 p.

VICENTE DA SILVA, E. *Dinâmica da paisagem: estudo integrado de ecossistemas litorâneos em Huelva (Espanha) e Ceará (Brasil)*. Tese (Doutorado), Rio Claro, UNESP, 1993.

\_\_\_\_\_. *Modelo de aproveitamiento y preservación de los manglares de Marisco Y Barro Preto*. Dissertação (Mestrado), Aquiraz, Zaragoza, IAMZ, 1987.

\_\_\_\_\_. *Dinâmica da paisagem: estudo integrado de ecossistemas litorâneos em Huelva (Espanha) e Ceará (Brasil)*. Tese (Doutorado), Rio Claro: UNESP – Universidade Estadual Paulista, 1993. 76 p.

\_\_\_\_\_. *Geoecologia da paisagem do litoral cearense: uma abordagem a nível de escola regional e tipologia*. Tese (Doutorado), Departamento de Geografia. Fortaleza: UFC, 1998. 282 p.

\_\_\_\_\_. TELES, M.S.L.; VERÍSSIMO, M.E.Z.; PEREIRA, R.C.M. Caracterização dos elementos naturais da paisagem e utilização dos recursos naturais. In: \_\_\_\_\_. *A comunidade tremembé: meio ambiente e qualidade de vida*, [s.d.].

WHSRN Western Hemisphere Shorebird Reserve Network. Disponível em: <<http://www.whsrn.org>>. Acesso em: 20 jan. 2006.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 2005. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/es/Synthesis.aspx>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

YAKZAN, A.M.; HASSAN, K. Palinology of late quaternary coastal sediments, Perak, Malasia. *Journal of Soil Science – Hydrology – Geomorphology*. Special Issue – Morphodynamics and Sedimentation in the Fluvial – Coastal Environment, v. 30, n. 4, 1997, 391-406 p.

ZACHOS, J.; PAGANI, M.; SLOAN, L. *et al.* Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. *Science*, v. 292, p. 683-693, 2001.

ZAGWIJN, G. The Pliocene/Pleistocene boundary in western and southern Europe. *Boreas*, n. 3, 1974, 75-97 p.

### Todo Cambia

Cambia lo superficial  
Cambia también lo profundo  
Cambia el modo de pensar  
Cambia todo en este mundo

Cambia el clima con los años  
Cambia el pastor su rebaño  
Y así como todo cambia  
Que yo cambie no es extraño

Cambia el mas fino brillante  
De mano en mano su brillo  
Cambia el nido el pajarillo  
Cambia el sentir un amante

Cambia el rumbo el caminante  
Aunque esto le cause daño  
Y así como todo cambia  
Que yo cambie no es extraño

Cambia todo cambia  
[...]

Cambia el sol en su carrera  
Cuando la noche subsiste  
Cambia la planta y se viste  
De verde en la primavera

Cambia el pelaje la fiera  
Cambia el cabello el anciano  
Y así como todo cambia  
Que yo cambie no es extraño

Pero no cambia mi amor  
Por mas lejo que me encuentre  
Ni el recuerdo ni el dolor  
De mi pueblo y de mi gente  
Lo que cambió ayer  
Tendrá que cambiar mañana  
Así como cambio yo  
En esta tierra lejana

Cambia todo cambia  
[...]

Pero no cambia mi amor...

*Mercedes Sosa*







Impressão e Acabamento Imprensa Universitária da  
Universidade Federal do Ceará – UFC  
Av. da Universidade, 2932, fundos – Benfica  
Fone/Fax: (85) 3366.7485 / 7486 – CEP: 60020-181  
Fortaleza – Ceará – Brasil  
[iu.arte@ufc.br](mailto:iu.arte@ufc.br) – [www.imprensa.ufc.br](http://www.imprensa.ufc.br)

No longo de toda sua existência, a Universidade Federal do Ceará (UFC) vem contribuindo de modo decisivo para a educação em nosso país. Grandes passos foram dados para sua consolidação como instituição de ensino superior, hoje inserida entre as grandes universidades brasileiras. Como um de seus avanços, merece destaque o crescimento expressivo de seus cursos de pós-graduação, que abrangem, praticamente, todas as áreas de conhecimento e desempenham papel fundamental na sociedade ao formar recursos humanos que atuarão na preparação acadêmica e profissional de parcela significativa da população.

A pós-graduação brasileira tem sido avaliada de forma sistemática nas últimas décadas graças à introdução e ao aperfeiçoamento contínuo do sistema nacional de avaliação. Nesse processo, o livro passou a ser incluído como parte importante da produção intelectual acadêmica, divulgando os esforços dos pesquisadores que veiculam parte de sua produção no formato livro, com destaque para aqueles das áreas de Ciências Sociais e Humanas. Em consonância com esse fato, a *Coleção de Estudos da Pós-Graduação* foi criada visando, sobretudo, apoiar os programas de pós-graduação *stricto sensu* da UFC. Os objetivos da coleção compreendem:

- Implantar uma política acadêmico-científica mais efetiva para viabilizar a publicação da produção intelectual em forma de livro;
- Oferecer um veículo alternativo para publicação, de modo a permitir maior divulgação do conhecimento, resultante de reflexões e das atividades de pesquisa nos programas de pós-graduação da UFC, considerando, principalmente, o impacto positivo desse tipo de produção intelectual para a sociedade.

Em 2012, ano de sua criação, a *Coleção de Estudos da Pós-Graduação* apoiou a edição de 21 livros, envolvendo diversos cursos de mestrado e doutorado.

