

MUDANÇAS DA LINHA DE PRAIA E FEIÇÕES MORFOLÓGICAS NO MUNICÍPIO DE CASCAVEL, ESTADO DO CEARÁ, BRASIL¹

Changes of the coastline and morphological features in
Cascavel County, Ceará State, Brazil

Lidriana de Souza Pinheiro², Jáder Onofre de Moraes³, Carmen Medeiros⁴

RESUMO

Este trabalho, realizado na faixa costeira do município de Cascavel localizado no litoral leste do Estado do Ceará, com maior enfoque na Praia da Caponga, trata da morfodinâmica praial associada ao regime local de ondas, sistema de espraiamento e atividades antrópicas. Foram realizados perfis topo-hidrográficos ao longo da faixa litorânea e coleta de sedimentos para análise textural durante o ano de 2001, com o objetivo de estabelecer a situação atual dos processos hidrodinâmicos costeiros versus degradação ambiental e recuperação praial nas áreas de influência direta dos molhes do tipo gabião. Após a zonação da praia, foram calculados valores médios do volume de sedimentos juntamente com a avaliação da vulnerabilidade dentro das três células de sedimentação para alertar sobre as atividades de ocupação inadequada das áreas de pós-praia. A progradação e retrogradação nos seus trechos respectivos foram definidas em algumas partes como processos cíclicos, mas o maior grau de erosão foi determinado pela abertura da barra do Riacho Caponga Roseira. A ação conjugada da refração e difração das ondas, o uso de veículos nas praias, o vandalismo nas estruturas rígidas e o adensamento urbano nas áreas fornecedoras de sedimentos compõem os processos erosivos. Como resultado, foi sugerido o estabelecimento de normas preventivas à ocupação da zona de pós-praia.

Palavras-chaves: erosão costeira, feições morfodinâmicas, gabiões, Estado do Ceará.

ABSTRACT

This paper aims at studying the littoral morphodynamics stemming from the wave regime, swash and backwash processes and anthropic activities currently at work in the the study area comprised of a stretch of coastline at Cascavel County, Ceará State, Brazil.. Topo-hydrographic profiles, sediment sampling and textural analysis all along the year 2001 have been performed. The results were compared to the previous ones in na attempt to evaluate the state of the art of the coastal hydrodynamics processes and its relationship to the degeneration and/or regeneration of the coastline morphology together with its use and occupation. The beach zonation has been worked out, different compartments and three cells were calculated which allowed the definition of vulnerability inside in each one of the sectors. The progradation and inverse beach shift are thought to be cyclic processes, but wave refraction/diffraction, use of offroad vehicles, vandalism on the rigid structures and human occupation should be held accountable for most erosive processes, mainly around the Caponga Roseira creek's mouth. Those results have conveyed the need to prevent inadequate utilization of the backshore, as it is nowadays taking place.

Key words: coastal erosion, beach morphodynamics, gabions, Ceará State, Brazil.

¹Trabalho baseado no Exame de Qualificação, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Oceanografia na Universidade Federal de Pernambuco.

²Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco.

³ Professor Titular do Departamento de Geociências e Pesquisador I-A do CNPq, Universidade Estadual do Ceará.

⁴ Professor Adjunto do Departamento de Oceanografia e Pesquisador II-B do CNPq, Universidade Federal de Pernambuco.

INTRODUÇÃO

A área estudada encontra-se no Município de Cascavel, litoral leste do Estado do Ceará distante 70 km de Fortaleza e tem no veraneio e na pesca as suas principais atividades econômicas. A extensão da faixa de praia monitorada é de aproximadamente 14 km, englobando os distritos de Balbino, Caponga, Águas Belas e Barra Velha (Figura 1). A faixa de praia situada em Caponga mereceu atenção especial voltada para os resultados produzidos pelo projeto de recuperação da praia e a implementação de espigões do tipo gabião no ano de 1998 (Pinheiro, 2000; Morais & Pinheiro, 2001). Em decorrência destes fatos se fez necessária a avaliação dos dados anteriormente obtidos, comparando-os com extensivos levantamentos de campo ao longo do ano de 2001, quando foram efetuados topografia das praias, análises sedimentológicas com avaliação do comportamento do ambiente praiar em resposta as alternâncias sazonais do clima de ondas, *inputs* e *output* de sedimentos e a funcionalidade das estruturas de proteção. A identificação e zonação da praia em resposta a ação das marés, caracterização morfodinâmica e evolução das taxas de erosão e deposição em curto prazo foram utilizadas como critérios para atribuição do grau de vulnerabilidade e sugestões de uso e ocupação do solo de forma adequada.

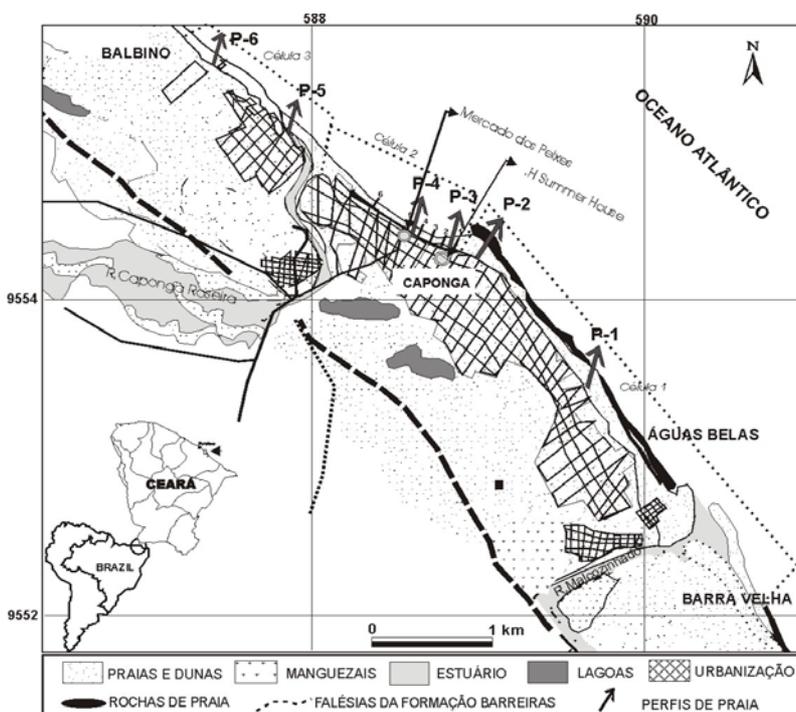


Figura 1 - Localização da área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram delimitadas três células de monitoramento em virtude da variação morfológica da linha de costa, dos diferentes níveis de ocupação, existência de estruturas de proteção e de áreas que foram realimentadas artificialmente como é o caso do núcleo urbano da Praia da Caponga.

Considerando que as variações morfológicas significativas experimentadas pelo perfil transversal de uma praia resultam das relações estreitas entre declive da praia, potência das ondas incidentes e a granulometria dos sedimentos (Short, 1999 e 2000) foram realizados 126 nivelamentos topográficos no período de junho de 1999 a outubro de 2001. O equipamento utilizado foi um nível topográfico da marca Kern Ni 100, auxiliado por miras verticais, posicionadas a cada dez metros e nos pontos de inflexão dos setores de praias (pós-praia, estirâncio e antepraia) de acordo com a metodologia de Emery (1961).

Esses nivelamentos foram feitos sistematicamente, na baixamar das marés de sizígia com coletas simultâneas de sedimentos. Uma vez estabelecido o perfil da praia, por cálculo de área individual, foi feito o cálculo da variação total do volume em m³/metro linear.

Para obtenção da altura das ondas foi utilizada uma mira posicionada verticalmente na zona de espriamento, nivelada com a linha do horizonte (Muehe, 1996). Através da medição de dez ondas consecutivas obteve-se a altura média. O período das ondas foi obtido através da leitura do tempo de 11 ondas consecutivas, medindo-se 10 períodos com o auxílio de um cronômetro. O ângulo de incidência, formado pelo trem de ondas e a linha de costa foi medido utilizando a bússola. Para o nivelamento dos dados hidrodinâmicos foram utilizados bancos de dados do INPH (Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias), do Porto do Mucuripe e do Porto do Pecém, além de informações obtidas na elaboração do EIA-RIMA para a construção do sistema de proteção da área. Os sedimentos foram coletados na superfície em pontos transversais à linha de costa, subseqüentemente analisados texturalmente considerando os valores das médias estatísticas, desvio padrão e assimetria. Os parâmetros estatísticos foram calculados utilizando os gráficos obtidos das curvas de frequência acumulada, geralmente calculados com os dados na escala (ϕ), servindo

para caracterizar a curva em relação a sua tendência central, grau de dispersão, grau de assimetria e grau de agudez dos picos. A análise integrada dessas informações possibilitou a classificação morfodinâmica do ambiente praial segundo a fundamentação teórica de Wright & Short (1984) e Short (1999), subsidiando o estabelecimento do grau de vulnerabilidade da área estudada.

EVOLUÇÃO DO SISTEMA PRAIAL

As estruturas urbanas dos distritos litorâneos de Cascavel são totalmente interligadas, totalizando um percentual de ocupação de 60% de toda a costa do município. Os outros 40% correspondem às áreas localizadas entre a foz do Rio Malcozinhado e a foz do Rio Choró, onde o distrito de Águas Belas ocuparia 15%, o que permite assinalar que apenas 25% representam as áreas com características naturais preservadas. A Praia da Caponga, no entanto, compreende o setor de maior adensamento urbano do litoral de Cascavel.

Na década de 80, o estabelecimento de grandes projetos de loteamento dos terrenos à beira mar provocaram a terraplanagem das áreas de dunas e de mangues, principalmente nos setores localizados nas imediações do Riacho Caponga Roseira e na faixa de praia propriamente dita. Aliado a isto, ocorreu a utilização desses ambientes como fornecedores de materiais para construção, notadamente o uso de areias costeiras de dunas e dos arenitos de praia na zona litorânea. Essas intervenções interferiram negativamente na dinâmica costeira e no balanço sedimentar local, resultando no avanço destrutivo do mar sobre as ruas, estabelecimentos e residências (Pinheiro *et al.*, 2000). Como primeira tentativa de amenizar a erosão costeira foi construído um muro de proteção em frente ao núcleo urbano de Caponga margeando a avenida litorânea, no sentido NW. O muro construído praticamente com um ângulo de 90° com a face de praia não suportou a energia de ataque das ondas, resultando em uma erosão localizada no "pé da obra", ocasionando a instabilidade da mesma tornando-a ineficaz na proteção da praia (Morais & Meireles, 1992).

Na década de 90, a urbanização das áreas fornecedoras de sedimentos para a praia resultou em um processo de erosão de grande magnitude, provocando um recuo da linha média de preamar de até 170 m na área de maior adensamento de vias e estruturas urbanas. A ocupação desordenada de dunas e das zonas de domínio das marés, juntamente com a retirada das rochas do pontal, que protegiam a praia, provocou um acentuado processo erosivo através de mudanças no gradiente da praia, que por sua vez

alterou a forma e a posição da zona de arrebentação e espraiamento. Os primeiros trabalhos realizados nessa área foram os de Moraes & Meireles (1992 e 1993) que consideraram toda a orla da praia da Caponga como uma área de elevado risco geológico. A intensidade da erosão costeira resultou na redução do gradiente praial, exumando antigos depósitos de paleomangues na praia (Morais & Pinheiro, 2001).

No final de 1998 foram implantados 6 espigões do tipo gabião cujo principal objetivo é de não comprometer a alimentação das áreas à sotamar da obra, procurando aprisionar o material ali transportado pelas ondas e pelo vento conformando a praia. Para agilizar o processo de recuperação foram lançados 12.000 m³ de areia com granulometria variando de média a fina extraída de jazidas dunares (Ceará. SEMACE, 1997).

A conclusão do projeto, seguida da alimentação artificial, foi no final de 1998. A partir do primeiro semestre de 1999 vem sendo realizados estudos das variações sazonais da morfologia praial e equilíbrio sedimentar nas células de monitoramento.

CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS E CLIMÁTICAS

O arcabouço geológico-geomorfológico encontra-se representado pelos sedimentos Quaternários formadores dos campos de dunas fixas e móveis, terraços marinhos, faixa de praia e estuários do Rio Malcozinhado e Caponga Roseira. Destaca-se ainda a existência de arenitos de praia (*beach rocks*) com cimentação carbonática, que atapetam 55% de toda a zona praial, barras submersas e *spits* arenosos associados aos processos de migração da foz e formação das praias, confirmando que os atuais cursos fluviais não participam de forma ativa na sedimentação das praias e plataforma mais interna.

A precipitação média anual é de 1.500 mm, podendo-se observar meses com máximas de 400 mm. Os meses de março, abril e maio acumulam cerca de 93% das precipitações. A umidade relativa do ar apresenta um padrão de variação semelhante ao da precipitação com máximas nos meses de março e mínimas em setembro. A umidade representa um papel importante do controle e velocidade do transporte eólico para a formação de dunas, pós-praia, deslocamento das areias na zona de estirâncio e formação de *spits* arenosos na desembocadura de rios. A insolação é bastante intensa na área litorânea, atingindo uma média anual de 3.000 h, sendo mais forte no mês de outubro decrescendo no mês de março (180 h) o que corresponde, nos períodos secos, a uma incidência solar média diária em torno de 8 h/dia.

Em virtude do elevado teor de insolação, as médias mensais de evaporação são também bastante elevadas, perfazendo anualmente um total de 1.800 mm, com períodos máximos durante os meses de agosto a novembro, e mínimos de fevereiro a maio. A temperatura média tem valores mensais variando desde 24°C (fevereiro) até 28 °C (dezembro). Os valores de temperaturas máximas variam de 29,4 °C (março) a 31 °C (novembro) e as mínimas de 21,2 °C (julho) a 23,7 °C (janeiro-março). A direção predominante dos ventos está entre os quadrantes E-SE com maior frequência da componente NE nos quatro últimos meses do ano, e sua velocidade aumenta nos meses de julho a novembro, atingindo máximas em setembro e outubro (7–11 m/s), e decaindo gradativamente até o mês de maio (3,5 m/s). Além dos ventos sazonais (alísios), deve-se considerar a importância do sistema de brisas que atua diretamente e condicionam o clima local. A velocidade dos ventos variou de 3,2 a 10 m/s ao longo do ano, padrão de variação que é controlado pela migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), apresentando um ciclo bem definido com máximas nos períodos de estiagem e mínimas nos chuvosos, sendo refletido na ciclicidade dos processos costeiros.

PROCESSOS HIDRODINÂMICOS

As marés que atuam na costa estudada são do tipo semidiurna com amplitudes máximas verificadas de 3,3 m entre os anos de 1999 e 2001. Pela análise integrada de levantamentos históricos, o regime de marés pode ser classificado como de mesomarés com alturas variando de 2 a 4 m (Maia, 1998).

O sistema de ondas que banha a foz do Rio Malcozinhado e a Praia da Caponga tem a sua força geradora no sistema de ventos locais, apresentando alturas médias de 1,54 metros para as máximas e de 0,70 para as mínimas. Observa-se a presença de dois períodos de alturas bem diferenciadas com máximas verificadas em junho e entre os meses de outubro e janeiro (Figura 2).

A direção predominante das ondas é de 100° a 110° ao largo, e de 50° a 75° na arrebentação (Pinheiro, 2000). Os períodos de ondas variaram de 4,5 a 13 s, com predominância de ondas do tipo *sea*. No entanto foi verificado um aumento dos percentuais das ondas do tipo *swell* (0,51% a 27,5%), principalmente nos meses de outubro/1999 e abril/2000.

A direção predominante das correntes longitudinais é de N-NW, com um volume de transporte anual de 882,09 m³ e 1.530,00 m³ nas menores e maio-

res condições de altura, período e direção das ondas (Pinheiro, 2.000). A velocidade da corrente calculada pelos modelos apresentou variações entre os períodos de estiagem e chuvoso, com valores médios de 0,30 e 0,20 cm/s, respectivamente. Na ponta da Caponga foi observada a geração de uma corrente resultante da difração do trem de ondas responsável pela sedimentação dos bancos arenosos na porção interna da linha de *beach-rocks*. No cálculo do volume médio de sedimentos transportado pelas correntes nos dias da realização dos perfis, observou-se valores de 7.917 m³/dia para os períodos de estiagem e de 1.117 m³/dia para os períodos de inverno.

Os resultados apresentaram uma boa correlação com os cálculos realizados no programa do Coastal Engineering Research Center (CERC) para a instalação das obras, dos quais o volume foi de 854,30 m³/ano para as menores condições de ondas.

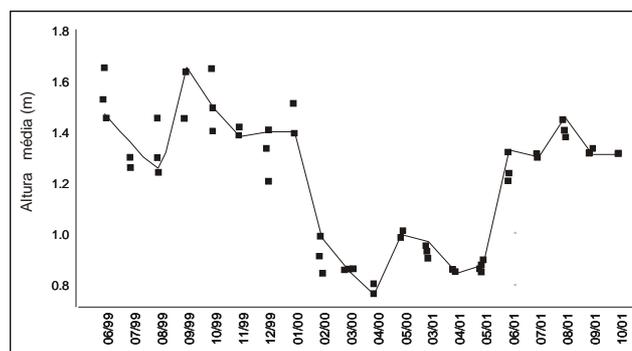


Figura 2 - Altura média das ondas nas células de monitoramento da Praia da Caponga, nos períodos junho/1999-maio/2000 e março-outubro/2001.

MORFODINÂMICA PRAIAL

O equilíbrio de uma praia depende em primeiro lugar, da possibilidade de se manter invariável o volume sedimentar nela retido. Para garantir essa estabilidade é necessário que as entradas de sedimentos na praia as compensem em volume útil, sem que a erosão se instale de forma irreversível (Short, 1999). Desta forma, o perfil transversal de uma praia varia com o ganho ou perda de areia, de acordo com a energia das ondas. Na área estudada o regime de ondas se diferencia significativamente entre verão e inverno, onde a praia desenvolve perfis sazonais típicos de acumulação e erosão, denominado de perfil de verão e perfil de inverno (Muehe, 1996).

As ondas de verão, mais suaves movem a areia para as partes mais altas da praia, depositando-as. Na transição para inverno, representado pelas maiores marés e ondas, a areia é retirada das partes

altas da praia e transportada para a antepraia acumulando sob a forma de barras, cuja configuração tende a ser modificada pela atuação dos demais processos costeiros. Este processo funciona de forma semelhante ao que acontece com as oscilações do nível do mar, como visto através da regra de Bruun (Short, 2000). A manutenção do estado de erosão e/ou deposição, por um período maior, implica em alterações no balanço sedimentar. Os resultados desse balanço foram agrupados em três células, correlacionando-os com a morfologia e os processos existentes.

Célula 1

A célula 1 compreende a faixa litorânea entre a foz do Rio Malcozinhado e a Ponta da Caponga onde foi possível acompanhar a evolução do sistema praiar em áreas fora da influência das estruturas de proteção, a montante do conjunto de gabiões (considerando a corrente de deriva litorânea).

Perfil de controle 1 – Praia de Águas Belas

A área em que está implantado o ponto de controle 1, a noroeste da desembocadura do Rio Malcozinhado, apresenta um perfil com as zonas praias bem definidas, com a estaca de demarcação cravada nos terraços marinhos holocênicos a uma altitude de 5,9 m acima do nível do mar. Este perfil está localizado em um trecho ocupado por casas de veraneio, que mantém uma distância de aproximadamente 50 m do início das construções até a linha de maré mais alta.

O perfil apresenta uma área de 150m² e um volume médio de 444,03 m³/m, com valores máximos registrados de 584,15 m³/m em fevereiro/2000 e mínimos de 249,87 m³/m em maio/2001 (Figura 3). O período entre dezembro/19099 e abril/2000 foi o de maior acréscimo, o período de maior erosão é entre agosto e outubro para os três anos monitorados. A variação no balanço sedimentar entre 1999 e 2001 foi de 336,44 m³/m, com oscilações máximas nas taxas de -207,68 m³/m e 158,75 m³/m. Foi calculado o volume de 584,15 m³/m para o equilíbrio morfológico deste perfil.

O aumento da erosão entre agosto de 2001 e outubro de 2001 foi bastante expressivo. O balanço volumétrico entre maio e outubro de 2001 apresentou uma certa estabilidade, no entanto, encontra-se 30% abaixo do volume necessário ao equilíbrio morfológico e 9,91% abaixo da média anual (Figura 3).

Esses valores refletem o avanço da cota zero, quebra da ciclicidade, exposição dos pacotes de arenitos de praia e o aumento da inclinação da praia em

virtude da erosão e solapamento das escarpas dos terraços. O que se pode concluir é que não está ocorrendo a recuperação do perfil, ou seja, existe processo erosivo instalado, principalmente no estirâncio (Figura 4). Apesar disso, o nível de riscos nas estruturas instaladas é bastante baixo tendo em vista o espaçamento de aproximadamente 40 m em relação a linha de preamar máxima.

Outro fato verificado é a importância do transporte eólico na zona de pós-praia e estirâncio superior, principalmente pelo suprimento de sedimentos de cordões arenosos localizados à retaguarda, que contribuem no equilíbrio dinâmico do referido perfil.

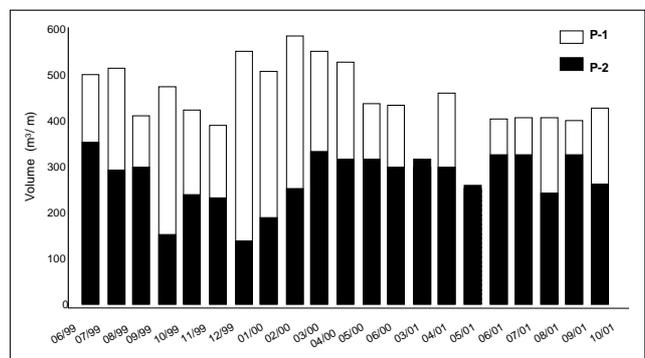


Figura 3 - Variação volumétrica dos perfis de praia 1 e 2 nos períodos de junho/1999 - junho/2000 e março-outubro/2001.

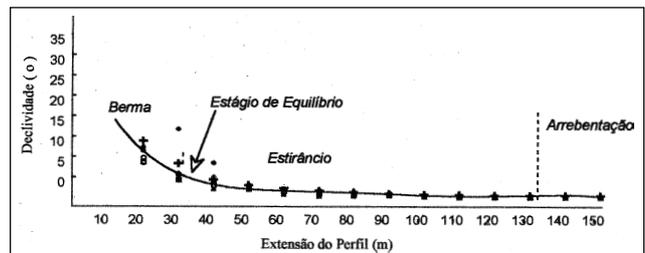


Figura 4 - Declividade média do perfil 1 entre os anos de 1999 e 2001.

Perfil de controle 2 – Pontal da Caponga

Esse perfil tem a função principal de acompanhar as modificações da morfologia na inflexão da linha de costa e o comportamento hidrodinâmico nas imediações do pontal rochoso. Encontra-se localizado no início do núcleo urbano de Caponga, em uma área abrigada por paredões rochosos que formam a Ponta da Caponga a uma altitude de 4,892 m e com 150 m de extensão, que vai desde o início da urbanização até a linha de rochas de praias.

A zona de pós-praia encontra-se toda ocupada por casas de veraneio, apresentando uma pequena zona de berma, sazonal, com comprimento variando

em torno de 6-7 m e altura entre 0,60 e 1 m. Como pode ser observado na Figura 5, a dinâmica na movimentação transversal de sedimentos é bastante intensa nessa faixa da costa que tem volume médio de aproximadamente 267,03 m³/m. Os valores máximos registrados foram de 351,73 m³/m em junho/2000 e mínimos de 135,77 m³/m em dezembro/1999, com um desvio padrão de 58,74 m³/m.

Os valores registrados em dezembro/1999 correspondem a uma instabilidade acentuada do perfil morfológico, com destruição da berma e ataque das ondas nas estruturas urbanas. No período entre agosto/1999 e janeiro/2000 houve um pico de erosão invertendo a situação para processo deposicional no período de março a abril de 2000. Em outubro de 2001 o volume do perfil encontrava-se 40% abaixo do valor esperado para o equilíbrio dinâmico e 20,6% em relação à média.

Nesse período além do deslocamento transversal de sedimentos, foi verificado um transporte lateral no estirâncio que serve de sumidouro para a formação dos bancos na extremidade da ponta da Caponga. Na antepraia foi verificada a formação de bancos de areias barrados pelas rochas, resultante do fluxo e refluxo das ondas associados aos ciclos das marés.

A partir de fevereiro/2000 houve uma lenta recuperação da zona de estirâncio superior e médio, devido ao deslocamento dos bancos de areia através do retrabalhamento progressivo das ondas desse período do ano. A variação em volume deslocado entre as maiores taxas de erosão e deposição é de 233,56 m³/m em todo o período monitorado. A declividade média do perfil é de 7°, sendo mais acentuada no estirâncio e nas proximidades das estruturas rígidas, aqui consideradas como os muros e as calçadas das casas de veraneio.

Neste quadro de alta susceptibilidade aos impactos da erosão costeira, e a forte dinâmica verificada, o perfil apresenta uma certa estabilidade em relação ao balanço volumétrico médio, ocorrendo ciclicidade entre os períodos de deposição e erosão apesar dos valores modais de erosão. A linha de arenitos de praia paralela a linha de costa amortece a energia das ondas incidentes preservando estacionalmente o perfil.

Célula 2

A célula 2 compreende à faixa de praia localizada em frente ao núcleo urbano de Caponga, que vai deste o pontal rochoso até o mercado dos peixes (SE-NW). Nessa célula, a zona de pós-praia encontra-se totalmente ocupada por casas de veraneio e estradas de acesso aos outros setores da praia. A distância do início das construções ao estirâncio superior é

apenas de 16 metros, separadas por uma avenida construída no processo de recuperação da praia. O monitoramento do balanço sedimentar entre os anos de 1999 e 2001 encontra-se representado na Figura 5.

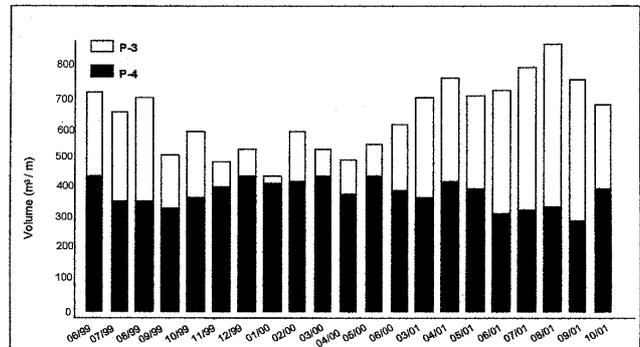


Figura 5 - Variação volumétrica dos perfis de praia 3 e 4 nos períodos de junho/1999 - junho/2000 e março-outubro/2001.

Perfil de controle 3 – Hotel Summer House

O perfil de controle n.º 3 está amarrado no antigo muro de proteção, em frente ao Hotel Summer House, a uma altitude de 4,8 m e uma extensão média de 220 m. O alinhamento do antigo muro de proteção serviu de orientação para a construção do muro de proteção dos gabiões, sendo nesse ponto construído o gabião de n.º 1, com 60 m de comprimento.

As perdas e ganhos de material apresentaram um caráter cíclico, caracterizando os perfis típicos de erosão e deposição. O volume médio do perfil é de 641,34 m³/m, com valores máximos de 819,60 m³/m em agosto/2001 e mínimos de 444,54 m³/m em janeiro/2000 (Figura 6). A variação no balanço sedimentar foi de 338,58 m³/m com oscilações nas taxas de deslocamento desde 185,12 m³/m (erosão) a 153,45 m³/m (deposição). O período de maior erosão foi registrado entre os meses de setembro/1999 e janeiro/2000. A partir de maio/2000 a deposição teve um aumento linear até agosto/2001, e posteriormente com decréscimos em setembro-outubro/2001. Esses decréscimos representam uma diferença de apenas 17% do volume considerado ideal (equilíbrio morfológico), tendo em vista que em outubro/2001 o volume encontra-se 6% acima do volume médio.

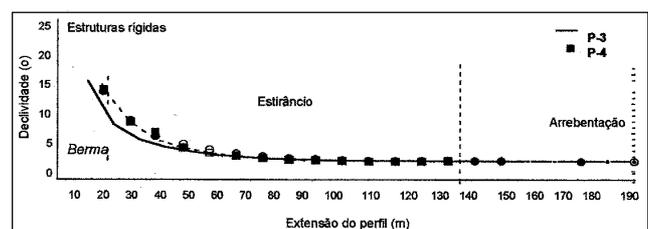


Figura 6 - Declividade dos perfis de praia 3 e 4.

A declividade do perfil é de 2,81° com um desvio padrão de 5,3 conferindo ao mesmo uma característica de estabilidade. As maiores modificações ocorrem na antepraia em direção às áreas mais profundas, que são marcadas pela existência de extensos bancos arenosos. Pode-se observar que grandes volumes de sedimentos são transportados mensalmente dentro dessa própria zona através do processo de refração e difração de ondas, que é bastante intenso neste trecho que se localiza na inflexão do pontal rochoso.

Além disso, deve ser considerado o transporte de sedimentos pela corrente paralela criada na zona de estirâncio entre os perfis 2 e 3. A análise dos resultados entre os anos de 1999 e 2001 permite concluir que os gabiões atuaram nessa área como elemento imprescindível na estabilização do estirâncio, principalmente nos períodos das maiores amplitudes de marés. A linha de preamar atualmente encontra-se a 60 m do referencial de nível local em uma cota de 3,5 m, o que demonstra tendência de progradação.

Para a manutenção e a recuperação mais rápida do perfil, é necessário o controle da ocupação e a retirada das barracas localizadas próximas ao estirâncio. Essas estruturas dificultam a mobilização de sedimentos pela deflação eólica na baixamar. Para isto há de se levar em conta que o volume calculado de sedimentos para manutenção do equilíbrio praiado foi 719,32 m³/m.

Perfil de controle 4 – Mercado dos Peixes

O perfil morfodinâmico 4 está localizado em uma área fortemente ocupada do distrito de Caponga a uma altitude de 4,9 m acima do nível médio do mar, e uma extensão de 150 m. O perfil encontra-se fixado em frente ao Mercado dos Peixes, em um poste da rede elétrica no início da Avenida Beira-Mar, onde pode ser verificado a ocupação total da zona de pós-praia.

A função desse perfil é controlar as variações da morfologia e volume no trecho localizado entre os espigões 04 e 05 que recebem a influência direta das ondas difratadas na ponta da Caponga, e onde os processos erosivos são mais acentuados. O volume médio do perfil é de 388,24 m³/m, com variações máximas e mínimas de 446,34 m³/m e 296,72 m³/m, respectivamente, sendo que o volume máximo atingido em março/00 foi responsável pelo recobrimento total da manta e dos espigões. A variação média no balanço sedimentar foi de 149,61 m³/m ao longo do período monitorado, com oscilações nas taxas de deslocamento de -81,55 m³/m (erosão) e 106,40 m³/m (deposição). O comportamento da morfologia e oscilações nas taxas foram proporcionais às variações sazonais dos regimes de pluviometria, ventos e de

energia das ondas. Os períodos de maior deposição corresponderam aos meses de dezembro/1999 a maio/2000, e erosão de julho a novembro de 1999. Em outubro/2001, o perfil encontra-se 10% abaixo do volume ideal e 3% acima do valor médio anual. O volume ideal calculado para o equilíbrio dinâmico neste perfil foi de 446,34 m³/m. A declividade média do perfil é de 4°, com modificações mais significativas na zona de estirâncio e antepraia (Figura 6).

Este perfil apresenta uma forte susceptibilidade à retomada dos processos erosivos, principalmente por localizar-se em um trecho da linha de costa onde é verificada a entrada de ondas com ângulos de até 50° em relação a face de praia, resultantes da refração produzidas pelos bancos de areia. Além disso, essa área recebe pouca contribuição eólica, devido as áreas fornecedoras estarem completamente estabilizadas .

Considerando todas essas observações, pode-se concluir que os gabiões estão sendo imprescindíveis na manutenção do equilíbrio praiado e no potencial de balneabilidade da praia, tendo em vista a acumulação de sedimentos em um quadro onde os parâmetros de hidrodinâmica verificados ao longo do ano, imprimem tendências erosivas nos perfis de praia.

Célula 3

A célula 3 compreende à faixa costeira localizada a sotamar das estruturas de proteção, abrangendo trechos intercalados com a zona de estirâncio totalmente ocupada e outros com circulação normal. Os pontos de monitoramento localizam-se no extremo noroeste da área estudada, apresentando uma faixa de praia onde as zonas de estirâncio e berma, quando existentes, totalizam um comprimento de 160 m, sendo representado por 155 m e 5 m, respectivamente. A função dos perfis 5 e 6 é controlar as variações da morfologia das praias localizadas a sotamar das estruturas, e verificar se houve alguma influência dos gabiões na erosão e/ou deposição dessas áreas. O perfil 5 encontra-se plotado nas proximidades da foz do Riacho Caponga Roseira, em frente ao Resort Caponga Barra Village, a uma altitude de 4,242 m acima do nível do mar. O volume médio é de 369,32 m³/m com variações máximas de 539,75 m³/m em maio/2000 e mínimas de 268,45 m³/m em outubro/1999 (Figura 7).

A zona de pós-praia encontra-se toda ocupada por casas de veraneio, apresentando uma pequena zona de berma, sazonal, com comprimento variando em torno de 4 a 6m. A movimentação transversal de sedimentos é bastante intensa nessa faixa da costa que tem volume médio de aproximadamente

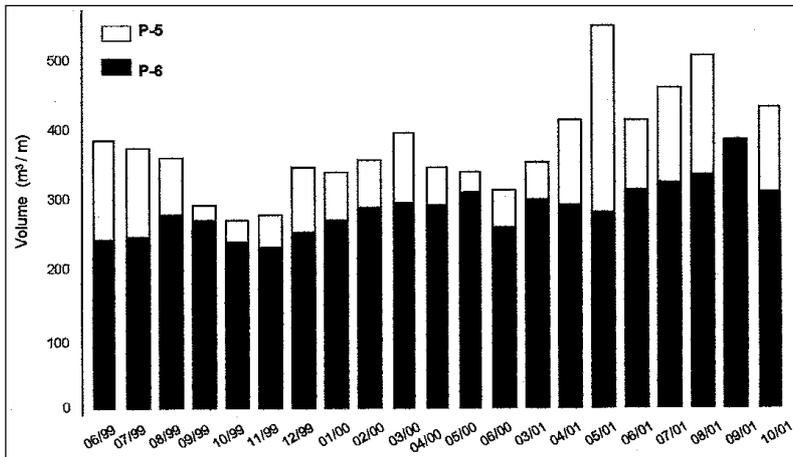


Figura 7 - Variação volumétrica dos perfis de praia 5 e 6 nos períodos de junho/1999 - junho/2000 e março-outubro/2001.

369,31 m³/m. Os valores máximos registrados foram de 539,75 m³/m em maio/2001 e mínimos de 268,00 m³/m em outubro/1999, com um desvio padrão de 15 m³/m. Os valores registrados em outubro/99 correspondem a uma instabilidade acentuada do perfil morfológico, com destruição da berma e ataque das ondas nas estruturas urbanas. O volume de sedimentos necessário para o equilíbrio dinâmico deste perfil foi de 569,15 m³/m. As médias volumétricas apresentam uma ciclicidade em resposta às variações climáticas sazonais, sendo que o período de agosto a novembro é típico de erosão e de fevereiro a maio, deposição. Em outubro/2001 o volume do perfil encontra-se 20% abaixo do valor esperado para o equilíbrio dinâmico e 15% acima da média.

Nesse período, além do deslocamento transversal dos sedimentos, é verificado um transporte lateral no estirâncio que contribui na formação de cordões arenosos e aumento da cota do estirâncio. Desde abril/01 o volume do perfil submarino tem um crescimento linear bem maior do que o perfil subaéreo, o que indica a permanência prolongada dos bancos arenosos na antepraia. A existência dessas feições faz parte da adaptação do perfil às variações sazonais da energia das ondas. Esse processo é cíclico e o normal seria o retorno das areias para zona de estirâncio em condições de energia baixa, verificada no primeiro semestre do ano, no entanto, o processo inverso resulta em erosões localizadas em virtude da refração das ondas incidentes. Vale mencionar que a contribuição da deflação eólica é bastante expressiva na sedimentação do estirâncio.

A erosão é acentuada quando ocorre a abertura da barra do riacho Caponga Roseira, que corta perpendicularmente o perfil de praia a uma distância de 40 m do Referencial de Nível. Como pode ser visto na Figura 8, o desnível das cotas provoca a aceleração da massa d'água após a arrebenção na maré alta gerando uma resultante longitudinal que erode o estirâncio e solapa as areias na base das estruturas rígidas.

Esse processo se estende em toda a área de influência do canal, podendo estar relacionado com a destruição de muros e calçadas de áreas a jusante (Figura 9-a). Vale ressaltar como fato característico

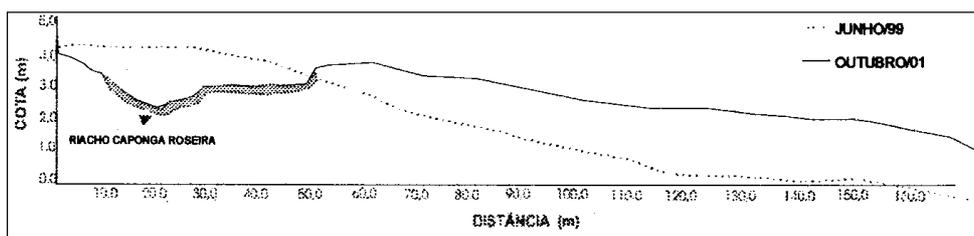


Figura 8 - Variação morfológica do perfil 5 nos meses de junho/1999 e outubro/2001.

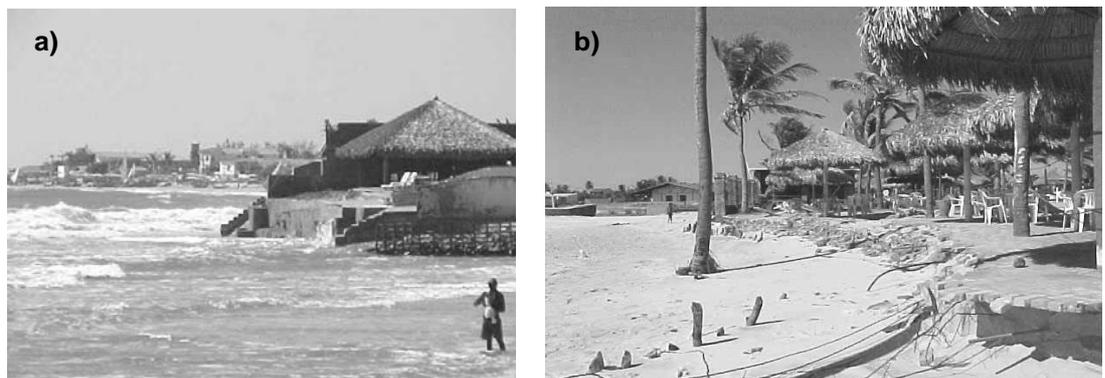


Figura 9 - (a) Edificações instaladas no estirâncio que, nas marés de sizígia, são atacadas pelas ondas; (b) Erosão resultante da migração lateral do Riacho Caponga Roseira (agosto/2001).

dessa célula, o início da urbanização após o estirâncio, que na época das maiores marés são atacadas pelas ondas (figura 9-b). Nesse setor os proprietários das casas de veraneio estão colocando barreiras de proteção com material britado.

Outro fato verificado é o trabalho das retroescavadeiras fechando e/ou modificando a barra do Riacho Caponga Roseira. Esse procedimento é muito arriscado, tendo em vista que os operadores, sem nenhuma recomendação técnica, remobilizam o material da pós-praia de forma aleatória, criando áreas de erosão localizada que danificam as estruturas nos períodos das maiores marés.

Perfil de controle 6 – Praia do Balbino

O perfil 6 encontra-se fixado na última casa de veraneio localizada no extremo oeste da praia da Caponga. O ponto encontra-se fixado no muro da referida casa, a uma altitude de 4,650 m acima do nível do mar. Este ponto está zoneado em dunas frontais, bermas sazonais, estirâncio e antepraia, porém, na realização do perfil morfodinâmico foram consideradas as três últimas feições.

A variação morfológica desse perfil representada de forma bem clara as variações sazonais características desse ambiente, mas a partir de março/2001 apresentou um crescimento linear da média volumétrica. O volume médio é de 282,51 m³/m, com máximas de 379,13 m³/m registradas em setembro/2001 e mínimas de 228,17 m³/m em novembro/1999. Em outubro de 2001 o perfil encontrava-se 18,23% do volume esperado e 8% acima da média anual. A concentração é verificada na porção submarina, com o aumento do declive da zona de estirâncio, fazendo com que os processos hidrodinâmicos sejam semelhantes aos do perfil 5. Os valores máximos de deslocamento de sedimentos foi de 74,30 m³/m (erosão) e 124,70 m³/m (deposição). O declive médio anual do estirâncio é de 4°. A zona de antepraia é marcada pela existência de bancos arenosos submersos.

Do ponto de vista hidrodinâmico esse setor apresenta-se comprometido, principalmente a zona de estirâncio, com exumação de material argiloso e troncos de vegetação de mangue. O volume de sedimentos necessário ao equilíbrio dinâmico neste trecho de praia foi de 379,13 m³/m. Os impactos das erosões localizadas resultam da ocupação da zona de pós-praia e que hoje estão sob influência direta das marés, além do prolongamento da foz do Riacho Caponga Roseira (Figura 10). No entanto, é de necessidade imperiosa a proibição de construções sobre as áreas que ainda apresentam cordões arenosos, compreendida entre o Hotel Caponga Village Barra Mar até a praia do Balbino.



Figura 10 - Ataque frontal das ondas na faixa de praia entre a foz do Riacho Caponga Roseira e a Praia do Balbino (agosto/2001), gerando erosão com exposição de afloramentos de paleomangues e material argiloso.

DISCUSSÃO SOBRE OS ESTÁGIOS PRAIAIS

Os resultados obtidos levaram a discussão do comportamento dos perfis em três estágios: um período inicial de erosão de agosto a dezembro, seguido de um período de flutuações entre janeiro e abril; e um período de recuperação iniciando em maio. Nos meses de março e abril de 2000, os perfis localizados em frente ao núcleo urbano de Caponga, precisamente entre os gabiões de n.º 1 e 5 apresentaram erosão em todas as feições devido à entrada de ondas de longos períodos provenientes de direções mais ao norte, que nesta época do ano representa uma anomalia.

Aliado a isto, a existência de barras arenosas submersas nestes perfis são responsáveis pela refração das ondas, influenciando no ângulo da arrebentação das ondas o que ocasiona uma diferença na energia transmitida, resultando numa resposta diferenciada do perfil em seu estado morfológico, no caso gerando áreas de erosão localizada numa mesma célula de monitoramento.

Considerando que a distribuição das alturas das ondas são cíclicas, a morfologia da praia respondeu a estas variações cíclicas através de dois perfis básicos caracterizados a seguir:

- Perfis de erosão que são verificados entre os meses de agosto a dezembro, cuja configuração apresenta erosão da parte interna, com destruição de bermas e recuo da linha de praia, de acordo com aproximações da cota zero (DHN). O material erodido é transportado para as áreas mais internas na forma de barras arenosas. Grande parte deste material retorna à praia e outra é carregada para as isóbatas superiores a 3 m.

- Perfis de assoreamento que são desenvolvidos durante a ação das ondas de baixa energia, constituindo um processo inverso ao anterior. Predomina o transporte na face de praia, onde o material erodido é depositado na forma de barras arenosas submersas que retornam ao perfil reconstituindo-o e provocando o avanço do mesmo. Neste período a contribuição eólica é bastante importante para a remobilização da areia no estirâncio e na formação dos cordões litorâneos na pós-praia como pode ser observado no perfil 1.

Pela análise integrada da morfologia pode-se concluir que a área de influência direta dos gabiões encontra-se numa fase intermediária de reabilitação. Observa-se que apesar de não contar com uma grande frequência de observações de campo, na ordem de dias, o intervalo de observações consideradas apresenta-se suficiente e compatível com as análises, devido a constância das condições climáticas.

Distribuição transversal dos sedimentos

A granulometria dos sedimentos dos perfis variou de areias médias a muito finas, com predomínio das areias médias (Tabela I). O perfil 6, no extremo oeste da área, apresenta as maiores variações, desde areias finas até areias grossas com cascalhos esparsos. O maior valor de D50 (0,783 mm) foi observado entre os meses de março e maio de 2000.

Esses meses correspondem aos períodos das maiores precipitações, o que significaria o aporte de sedimentos fluviais, no entanto este fato não acontece, pois o perfil não se encontra próximo dos cursos fluviais da área, além disso os mesmos não tem competência para transportar essa fração granulométrica. O que ocorreu nesse ponto foi a erosão localizada do estirâncio e berma e remobilização da fração mais fina para a zona de antepraia com a entrada de ondas com períodos maiores do que a média registrada para a área (períodos = 8,9 s e 7,0 s).

Nos perfis de influência direta dos gabiões, ocorre a variação entre areias médias e areias finas, com predominância das areias finas. Na linha de arrebentação observa-se um significativo percentual de areias finas, o que é um caso atípico tendo em vista o nível de energia dessas zonas. Na verdade a granulometria predominante é o resultado do transpasse das areias de dunas utilizadas na recuperação da cota

base da praia e no recobrimento das mantas geotêxteis que protege e reconstituiu o estirâncio.

A análise conjunta dos sedimentos dos perfis de praia apresenta uma boa relação com as características de erosão e recuperação, pois observa-se que o diâmetro médio (D50) e a assimetria aumentam em setembro e diminuem em março, apresentando um ciclo anual. No caso da Caponga, as variações mais significativas aconteceram predominantemente na classe de areia fina e média.

O elevado índice de areia fina observado na antepraia é resultado do deslocamento pelas ondas do material utilizado na realimentação de praia, sendo esta classe modal atípica para uma área de arrebentação das ondas, que é de alta energia. As variações de curtose são resultantes da alimentação artificial, onde foi inserido na praia um material sedimentar característico de outro ambiente de deposição, que no caso da Caponga foram obtidos de jazidas dunares.

O material predominante é constituído por grãos de quartzo sub-arredondados, bastante esféricos e brilho vítreo. Os componentes organogênicos apresentaram 3% do material, sendo compostos por fragmentos de conchas e algas.

Classificação morfodinâmica

A integração dos dados de hidrodinâmica, sedimentologia e perfis de praia possibilitaram o enquadramento da praia da Caponga nos estágios de morfodinâmica praial propostos por Wright & Short (1984) e Short (1999). Para a avaliação dos estágios morfodinâmicos no período de reabilitação foram utilizados os valores mais representativos para aplicação no modelo adimensional do parâmetro Dean (1973 *apud* Muehe, 1996) expresso pela seguinte equação:

$$\Omega = (Hb/Ws)T$$

onde, Ω = parâmetro de Dean; Hb = altura da onda na arrebentação (m); Ws = velocidade de sedimentação das partículas em suspensão (m/s); T = período da onda (s).

Este parâmetro indica a tendência de deslocamento de um grão colocado em suspensão pela energia da onda. Os valores de velocidade de queda do

Tabela I. Intervalo de variação do D50 das amostras coletadas nos perfis morfodinâmicos.

PONTO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Berma	0,330-0,449	0,244-0,409	0,238-0,330	0,131-0,436	0,234-0,359	0,183-0,459
Estirâncio	0,183-0,472	0,163-0,315	0,175-0,318	0,231-0,348	0,154-0,453	0,165-0,783
Antepraia	0,176-0,560	0,184-0,299	0,134-0,294	0,151-0,322	0,138-0,534	0,173-0,435

grão (W_s foram obtidos na tabela proposta por Raudkivi (1990). Para isto foram cruzadas as informações de temperatura média do ambiente, forma do grão (obtidos nos trabalhos de morfoscopia) e o peso específico do quartzo, devido a este ser o material predominante na antepraia.

Considerando que o clima de ondas e as características sedimentológicas apresentaram poucas variações, observa-se o predomínio dos estágios intermediários, com valores de Ω mais elevados na maior parte do ano, seguidos pelo estágio dissipativo. Esses valores demonstram uma condição de estabilidade morfológica com entradas e retiradas de sedimentos controladas e correspondentes as variações cíclicas das ondas (Figura 11).

Na plotagem dos dados não foram observados valores de Ω representando os estágios morfológicos reflectivos. Apesar dos percentuais moderados dos estágios morfológicos intermediários com características reflectivas, observou-se uma tendência de crescimento para todos os perfis, isto não significa que toda a faixa de praia esteja com processos erosivos instalados, mas que, apesar do gabiões estarem mantendo o equilíbrio morfodinâmico através da proteção do espigão e aprisionamento de sedimentos pelo colchão, a área de influência direta apresenta uma alta susceptibilidade à retomada da erosão (Tabela II).

Essa susceptibilidade é criada pela limitação da circulação dos sedimentos que entram no sistema praiar, devido a estabilização das zonas de pós-praia pelas urbanizações, o que dificulta a adaptação do perfil, principalmente nos períodos das grandes amplitudes de marés.

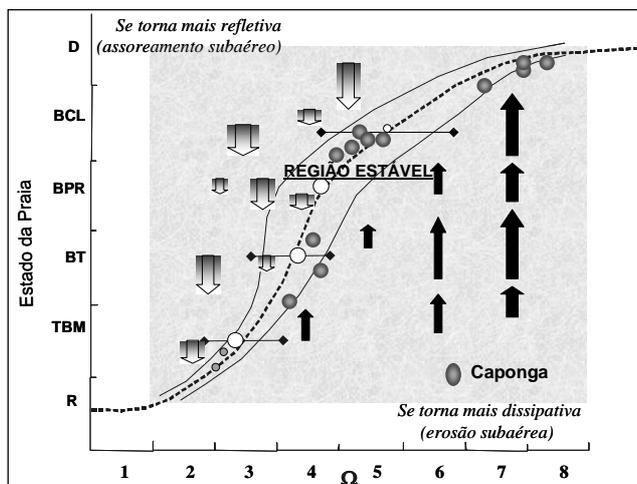


Figura 11 - Equilíbrio dos estágios da praia em relação ao parâmetro de Dean (W). A linha central da região pontilhada indica a associação de equilíbrio médio entre o estado da praia e os valores de W calculados para a Praia da Caponga (adaptado de Short, 1987).

Os estágios morfodinâmicos mais frequentes observados na Caponga estão discriminados na Figura 11.

Como conclusão, observa-se que apesar de não contar com uma grande frequência de observações de campo, na ordem de dias, o intervalo de observações consideradas apresenta-se suficiente e compatível com as análises, haja vista a constância das condições climáticas. Pela associação dos dados de variação de volume dos perfis e clima de ondas foi possível observar uma boa estimativa dos estágios morfológicos, o que permite concluir que o parâmetro omega se enquadra bem nas condições observadas na praia da Caponga.

Tabela II. Relação de equilíbrio entre os estados morfodinâmicos da praia e a porcentagem de cada estado para os dados da praia da Caponga.

Estado	Ω	Desvio-padrão	% casos	No. Dias
Reflectivo (R)	<1,50	-	0	0
Terraço de baixa -mar (TBM)	2,40	0,19	2,27	8
Barra transversal (BT)	3,15	0,64	13,63	49
Barra e praia em cúspide (BPC)	3,50	0,76	31,81	117
Barra e calha longitudinal (BCL)	4,70	0,93	47,72	174
Dissipativa (D)	5,50	-	4,54	17

Grau de vulnerabilidade à erosão costeira

O grau de vulnerabilidade de uma zona costeira ou, mais especificamente de uma praia, é determinado em função do deslocamento da linha de costa, como também da estabilidade e das características da mesma, refletindo o comportamento com que um processo ou um elemento do sistema sofre agressões de agentes impactantes. Como pode ser observado na Figura 12, o grau de vulnerabilidade da Praia da Caponga foi estabelecido pelo comportamento do ambiente em relação a associação integrada dos fluxos de energia existentes entre o conjunto da energia, geometria, material da praia e o grau de urbanização e de intervenções na zona costeira.

A vulnerabilidade da zona costeira pode ser determinada levando-se em conta a estabilidade da praia. Assim, associando-se o grau de urbanização e as intervenções antrópicas presentes na faixa costeira, a vulnerabilidade pode fornecer uma análise do risco presente em cada trecho (Dal Cin & Simeoni, 1994).

À luz dessas discussões foram determinados três graus de vulnerabilidade:

Baixo – caracteriza uma praia com pós-praia e estirâncio bem desenvolvido e ausência de obras de contenção;

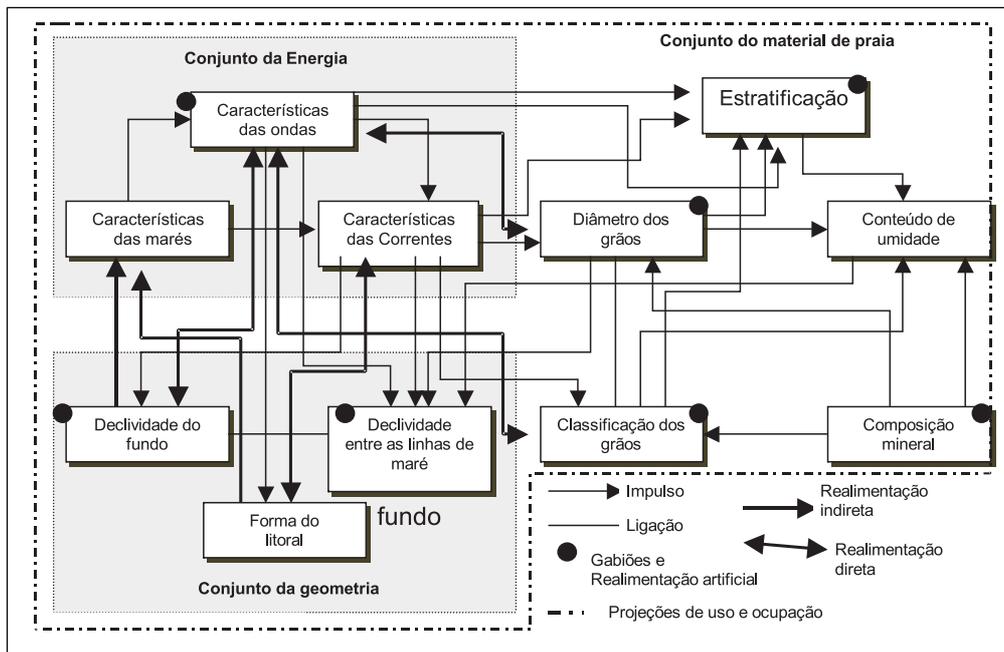


Figura 12 - Modelo das relações entre as variáveis ambientais e antrópicas da faixa de Praia da Caponga (adaptado de Christofolletti, 1999).

Médio – quando a praia apresenta uma frágil estabilidade, com obras de fixação no setor de pós-praia;

Alto – ausência de pós-praia, reduzido estirâncio e forte presença de estruturas de proteção.

A área em estudo apresentou os três graus de vulnerabilidade distribuídos nas células de monitoramento da seguinte forma:

Célula 1 – (Setor I) – estende-se desde o limite este da área (Praia de Barra Velha) onde começam os afloramentos de arenitos de praia, indo até a foz do Rio Malcozinhado. Caracteriza-se pela presença de rochas de praia, que representam verdadeiros anteparos naturais protegendo a linha de costa, em toda a sua extensão. Apresenta uma área de intensa deflação eólica, com a livre circulação de sedimentos entre a praia e sistema de dunas locais e cordões arenosos da pós-praia. A disponibilidade de sedimentos e os processos hidrodinâmicos favorecem a formação de *spits* arenosos e por conseguinte a migração lateral do rio Malcozinhado. A ausência de urbanização, confere a este setor o grau de vulnerabilidade 1.

Célula 1 – (Setor II) – estende-se desde a foz do Rio Malcozinhado até o pontal rochoso da Caponga. Caracteriza-se pela presença contínua das rochas de praia na zona de estirâncio, protegendo a praia da ação erosiva das ondas (figura 13). Neste ponto ocorre a estabilização das antigas zonas de deflação eólica e de terraços marinhos pela ocupação das casas de veraneio. A existência das rochas e de um pequena zona de pós-praia confere a este setor o grau de vulnerabilidade 2.

Célula 2 – estende-se desde a ponta da Caponga até a desembocadura do Riacho Caponga Roseira, com uma extensão de aproximadamente 3km. Este trecho (figura 14) corresponde à área de influência direta dos espigões, com um alto adensamento urbano. As ondas na maré alta arrebentavam na primeira linha de urbanizações e que hoje se encontram em fase de reabilitação. Apesar desta célula ter apresentado estabilidade morfológica, ela apresenta uma alta vulnerabilidade a retomada dos processos erosivos.

Célula 3 – estende-se desde a barra do riacho Caponga Roseira até as imediações da praia do Balbino, com 1,5 km de extensão. Apresenta trechos intercalados



Figura 13 – Setor II da célula de monitoramento 1. Observar que, apesar de o cordão de rochas protegerem a praia dos efeitos erosivo das ondas, as construções na zona de pós-praia e no estirâncio propriamente dito conferem a este trecho uma frágil estabilidade ambiental.

com forte e moderada ocupação da zona de pós-praia. A sua faixa de praia tem em média 150m de extensão com considerável estoque de sedimentos na antepraia na forma de barras arenosas submersas. As maiores variações observadas são decorrentes da abertura da barra do riacho nos períodos das maiores precipitações e das mudanças nos padrões de arrebentação das ondas nas imediações do cais pesqueiro, gerando uma zona de sombra. Esta célula apresenta, pelo conjunto das suas variáveis ambientais, grau de vulnerabilidade 2 e tendência de crescimento para 1 (Figura 15).

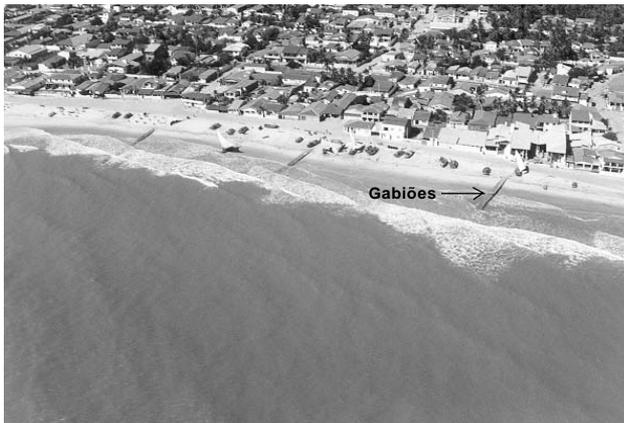


Figura 14 - Célula de monitoramento 2. Observar que, apesar de os espigões protegerem a praia dos efeitos erosivo das ondas, as construções na zona de pós-praia e no estirâncio propriamente dito conferem a este trecho uma frágil estabilidade ambiental.



Figura 15 - Vista de um trecho da célula de monitoramento 3 onde deságua o Riacho Caponga Roseira. Observar a ocupação da zona de pós-praia e a construção de um cais pesqueiro com material retirado da Ponta da Caponga.

CONCLUSÕES

1 - As mudanças da linha de praia e feições morfológicas em Cascavel, envolvendo as praias de Águas Belas, Caponga e Balbino estão detalhadamente discutidas com afirmações conclusivas nos itens de morfodinâmica praial, distribuição transversal dos

sedimentos, classificação morfodinâmica da área de influência direta dos gabões, e potencialidades e grau de vulnerabilidade do sistema praial, consubstanciando um arcabouço de informações extremamente úteis e necessárias à implantação de qualquer equipamento desenvolvido nesta região, incluindo visão prospectiva dos processos costeiros. Algumas feições características das células e compartimentações são assinaladas de forma conclusiva nos itens a seguir.

2 - Na célula 1 o perfil apresenta estabilidade em relação ao balanço volumétrico médio. Neste caso a linha de rochas de praia amortece a energia das ondas preservando sazonalmente o perfil. Além disso, o pontal de Caponga na extremidade desta célula ajuda na obstaculização dos sedimentos carreados em deriva litorânea o que aliado à presença das beach rocks facilita a progradação. Na área do Pontal há um aumento do deslocamento transversal dos sedimentos o que associado ao deslocamento lateral provoca formação de bancos arenosos na zona do estirâncio. Apesar desta célula ter apresentado uma certa estabilidade morfológica, ela apresenta uma média vulnerabilidade aos processos erosivos, haja vista os valores de volume de sedimentos encontrados refletindo o avanço da cota zero, quebra da ciclicidade, exposição dos pacotes de arenitos de praia na zona interdital e o aumento da inclinação da praia em virtude da erosão e solapamento das escarpas dos terraços. Em face destes aspectos, se conclui que no último semestre de 2001 não está ocorrendo a recuperação perfeita do perfil, ou seja, existe processo erosivo instalado principalmente na zona interdital do perfil. Apesar disso, o nível de riscos nas estruturas instaladas é bastante baixo tendo em vista o espaçamento de aproximadamente 40 m em relação à linha de preamar máxima.

3 - Na célula 2, os gabões desempenharam um papel fundamental na preservação desta área situada em frente ao núcleo urbano de maior adensamento populacional, em que os parâmetros hidrodinâmicos imprimem tendências erosivas na praia porque não há contribuição do transporte eólico, cujas fontes foram barradas neste trecho. A erosão natural é cíclica, podendo, no entanto, provocar destruição nos novos arruamentos, se acionada pelo vandalismo no local das estruturas rígidas e pela presença desordenada de barracas na zona de estirâncio dificultando a deflação eólica. No entanto, no local junto ao mercado dos peixes onde a incidência da onda é quase frontal há forte susceptibilidade à retomada de erosão. A progradação e retrogradação da linha de costa é praticamente um sistema cíclico. No entanto esta ciclicidade desaparece muitas vezes em virtude da ocupação inadequada e mais especificamente na

área dos gabiões em virtude da falta de educação ambiental dos usuários deste trecho de praia na depredação destas estruturas. A presença de bugres é um dos motivos do incremento erosional.

4 - A célula 3, por situar-se a sotamar da deriva litorânea e não dispor de estruturas de proteção, está sujeita a degradação ambiental. Há ainda o agravante de que nos períodos de maré de sizígia e/ou equinócio conjugados as épocas de cheias na foz do Caponga Roseira há destruição intensa, como aconteceu em 2001 nas imediações do Hotel Resort Caponga Barra Village. Recomenda-se que o processo de retroescavadeira na remobilização de sedimentos de pós-praia deve ser feito com a máxima cautela para que não tenham resultados inversos ao esperado, ou seja, provoquem mais erosão.

5 - As observações feitas ao longo do período deste estudo no que diz respeito à declividade de praia, a dissipação das ondas, movimento de fluxo e refluxo, variação das marés, valores de sedimentos na parte sub-área da praia e na região de ante-praia e adjacências submersas, levaram à conclusão de que os volumes de sedimentos a serem mantidos no prisma praial de cada perfil observado são os relacionados a seguir: (a) na célula 1, os perfis 1 e 2 apresentaram respectivamente os valores de 584,15 m³/m e 351,73 m³/m; (b) na célula 2, os perfis 3 e 4 apresentaram valores respectivos de 819 m³/m e 446,34 m³/m; (c) na célula 3, local da ação de expansão de foz do Riacho Caponga Roseira. Reserva em época de cheia, os volumes aquilatados para o perfil 5 foi de 569,15 m³/m e para o perfil 6 foi de 379,13 m³/m.

7 - O volume médio transportado pela corrente de deriva longitudinal foi de 7.917 m³/dia nos períodos de estiagem e de 1.117 m³/dia nos períodos de inverno. Recomenda-se, portanto, que antes da implantação de qualquer obra de engenharia civil, exploração de jazidas de agregados industriais e outros tipos de projetos de desenvolvimento, ou mesmo de implantação dos já existentes, sejam observados os valores acima mencionados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ceará-SEMACE. *Relatório de Impacto ao Meio Ambiente. Projeto de Engenharia para deter o avanço do mar a fim de amenizar os processos erosivos em área costeira da Caponga-Cascavel-Ceará*. Associação Técnico Científica Eng. Paulo de Frontin/Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado do Ceará, v.1. 250 p., Fortaleza, 1997.
- Christofolletti, A. *Modelagem em sistemas ambientais*. Editora Edgard Blücher, 236 p., São Paulo, 1999.
- Dal Cin, R. & Simeoni, U. A model for determining the classification, vulnerability and risk in the southern coastal zone of the Marche (Italy). *J. Chulotterville Research*, v.10, n.1, p.18-29, 1994.
- Emery, K. O. A simple method of measuring beach profiles. *Limn. Oceanogr.*, v.6, n.1, p. 90-93, 1961.
- Maia, L.P. Processos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-BRASIL): implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. *Tese de Doutorado*, Universidade de Barcelona-ES, 269 p., Barcelona, 1998.
- Morais, J. O. & Meireles, A.J.A. Riscos geológicos associados a dinâmica costeira na Praia da Caponga, Município de Cascavel, Estado do Ceará. *Rev. Geol., Fortaleza*. v. 5, p. 139-144, 1992.
- Morais, J. O. & Meireles, A.J.A. *Processos de sedimentação e erosão costeira na praia da Caponga, Município de Cascavel - Ceará*. IV Encontro Nacional da ABEQUA, p. 123-130, São Paulo, 1993.
- Morais, J. O. & Pinheiro L. S. Características sedimentológicas da Praia de Caponga - CE. *Essentia*, Sobral, v.3, n.1, p. 93-111, 2001.
- Muehe, D. Geomorfologia costeira, p. 191-238, in Guerra, A. J. T. & Cunha, S.B. (orgs.), *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Editora Bertrand, 2ª edição, Rio de Janeiro, 1996.
- Pinheiro, L. S. Compatibilização dos processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos com o uso e ocupação da praia da Caponga-Cascavel-CE. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual do Ceará, 164 p., Fortaleza, 2000.
- Pinheiro, L. S & Moraes, J. O *Estudo da variação morfológica e sedimentológica da faixa de praia da Caponga, Cascavel-Ceará*. Anais do V Encontro de Pesquisadores da UECE, Fortaleza, 1999.
- Pinheiro, L. S.; Moraes, J. O. & Pitombeira, E. S. Caponga shoreline rehabilitation assesment, p. 395-397, in Klein, A. H. F. (org.), Anais do simpósio brasileiro sobre praias arenosas: morfodinâmica, ecologia, usos, riscos e gestão, Editora UNIVALI Itajaí, 2000.
- Raudkivi, A. J. Loose boundary hydraulics. Pergamon Press, 3rd edition, 627 p., London, 1990.
- Short. A. D. Note on the controls of beach type and change, with SE Australian examples. *J. Coast. Res.*, Charlottesville, v.3, n.3, p. 387-395, 1987.
- Short, A. D. *Handbook of beach morphodynamics*. John Willey and Sons Ltd., 372 p., London, 1999.
- Short, A. D. *Beaches of the Queensland coast: Cooktown to Cooklandgatta*. University of Sydney Press, 360 p., Sydney, 2000.
- Wright, L. D & Short, A. D., Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Mar. Geol.*, Amsterdam, v.56, p. 93-118, 1984.