

**CONDIÇÕES MORFODINÂMICAS ASSOCIADAS A AFOGAMENTOS.
CONTRIBUIÇÃO À SEGURANÇA NAS PRAIAS OCEÂNICAS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

**Morphodynamic Conditions Related to Drowning Victims.
Contribution to Beach Safety on Rio de Janeiro's Oceanic Beaches**

Eduardo Manuel Rosa Bulhões

Professor Substituto da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Departamento de Geografia

Rio de Janeiro/RJ – Brasil

eduardomrbulhoes@mac.com

Artigo recebido para publicação em 19/09/2009 e aceito para publicação em 16/12/2009

RESUMO: *Nas praias oceânicas da cidade do Rio de Janeiro, o número de resgates realizados por ano é da ordem de milhares. Este estudo visa identificar condições críticas à segurança dos banhistas nas praias oceânicas da cidade, por meio da elaboração de estudos em clima de ondas, propagação de ondas em águas rasas e condições morfodinâmicas nas praias que podem se apresentar como perigosas à integridade dos milhares de banhistas frequentadores das praias cariocas. Os perigos relacionados são a arrebentação das ondas, a topografia móvel do leito praial e a formação de correntes longitudinais e de retorno na zona de surfe. Esses processos naturais são resultado da interação física entre a hidrodinâmica marinha próxima à costa e o relativo reposicionamento do fundo arenoso nas praias que, de fato, expõe banhistas ao risco de afogamentos. A hipótese testada é a de que a partir de estudos em clima de ondas, são identificadas condições médias de ondulação que ao se propagarem até as praias, geram condições morfodinâmicas diferenciadas até mesmo ao longo de um mesmo arco praial. Por sua vez, os estágios morfodinâmicos podem apresentar características perigosas aos banhistas. A análise das estatísticas de salvamentos permite identificar segmentos nas praias onde há maior ou menor concentração de banhistas em situação de risco. Como resultado, chegou-se a um guia de avaliação de risco nas praias, através da correlação entre altura de ondas, nível da maré e estágios morfodinâmicos, que, em último caso, define os qualitativos das praias que expõem os banhistas a riscos.*

Palavras-Chave: Afogamentos. Morfodinâmica de Praias. Correntes Induzidas por Ondas. Rio de Janeiro.

ABSTRACT: *In oceanic beaches of Rio de Janeiro drowning accidents are identified as a major public security problem in recreational environments. The number of rescues of bathers in these beaches reaches 5000 per year. The aim of this study is to identify critical morphodynamic beach conditions on the surfzone that represent hazards and can expose bathers to the risk of drowning and other associated injuries. These hazards are breaking waves, surfzone bottom topography and the formation of longshore and rip currents, named here as nearshore circulation cell. These are a result of physical interaction between hydrodynamic marine conditions promoted by waves with the adjustment of the sandy bottom topography on the surfzone, and while people use these beaches as a recreational place, this can*

promote unsafely conditions for most swimmers. The evaluated hypothesis is that previous identification of hazardous beach conditions, which can be made by the identification of modal wave climate, and the morphodynamic response of each beach for the input of wave energy, can generate differentiated conditions along the beaches and even along the same beach. Morphodynamic analysis can identify several hazards and rescue data can be used to identify areas where the most accidents take place and areas of high concentration of bathers. The result reached is a forecasting guide of hazardous beach conditions, which correlates breaking wave height, tidal oscillations and morphodynamic beach states.

Keywords: Drowning Victims. Beach Morphodynamics. Surfzone Currents. Rio de Janeiro

1. INTRODUÇÃO

As praias oceânicas arenosas são ambientes inerentemente dinâmicos e apresentam algumas características hidrodinâmicas perigosas aos banhistas expondo-os diariamente a riscos quanto à integridade física, à saúde e até a morte. Tal fato foi descrito por Short (1999), ao mencionar que as praias representam a fronteira natural entre o continente e o oceano, que apresentam topografia variável composta por bancos de areia e calhas onde ondas rompentes geram extrema turbulência, e que, na zona de *surfe*, sistemas de correntes induzidos por ondas fluem em direção à praia, em direção longitudinal à praia e em direção ao mar aberto. A estas características comuns a todas as praias, somam-se elementos localizados que podem induzir perigos adicionais, como afloramentos rochosos, recifes de coral, desembocaduras fluviais, ventos fortes e grande amplitude de maré (SHORT, 1999). Cada um destes componentes, isolados ou conjugados, podem expor os banhistas a risco de afogamento e/ou necessidade de resgate ou atendimento médico de emergência. Nas praias da cidade do Rio de Janeiro, o *Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ)* através do *Grupamento Marítimo (G – Mar)* são as autoridades públicas responsáveis pela segurança dos banhistas nas praias e realiza milhares de resgates ano após ano.

Baseado em estudos pretéritos e numa avaliação sistêmica de dados de ocorrências utilizando informações de diversas nações, e com a contribuição de especialistas de mais de trinta países,

a Organização Mundial de Saúde (WHO) publicou em 2003 um guia de gerenciamento da segurança em ambientes recreativos aquáticos. Este guia aponta uma série de características perigosas inerentes às praias (*beach hazards*), suas potencialidades em expor banhistas a riscos e, a partir disto, traça propostas, como algumas medidas preventivas e de intervenção em prol do aumento da segurança dos banhistas nas praias, concluindo que a prevenção é, de fato, o mecanismo principal para redução das taxas de afogamentos em ambientes recreativos aquáticos. Este relatório apresenta alguns riscos aos quais os banhistas estão expostos e o respectivo grau relativo de severidade, justificando os afogamentos e os pré-afogamentos como ocorrências que devem ser tratadas com extrema prioridade. Esta temática tem recebido especial atenção de estudos científicos. Na Europa se destaca o evento *World Congress on Drowning* em 2002, na Holanda, que reuniu dezenas de especialistas em saúde pública, microbiólogos, patologistas, especialistas em resgate e geocientistas de diversos países, resultando na publicação do livro '*Handbook on Drowning: Prevention, Rescue and Treatment*' em 2003.

Na análise de dados sobre afogamentos no período 1988 – 1997 nos EUA, verifica-se que 75% dos acidentes ocorrem em ambientes não monitorados por salva-vidas. Na costa leste da Flórida, um trabalho de classificação morfodinâmica ao longo de 385 km de praias, associando suas características com a problemática da erosão costeira e também com a segurança dos banhistas, revela que as condições mais perigosas se dão pelo

desenvolvimento de correntes induzidas por ondas e pela presença de rochas e fragmentos de estruturas fixas na zona de *surfe* (BENEDET *et al.* 2004).

Na Austrália, trabalhos como os de Short & Hogan (1994) e o capítulo “*Beach Hazards and Safety*”, do livro publicado por Short (1999), tratam das condições hidrodinâmicas e geomorfológicas nas praias, enfatizando a profundidade da zona de *surfe*, a arrebentação de ondas e as células de circulação costeira, principalmente as correntes de retorno associadas aos fundos móveis e aos estágios morfodinâmicos intermediários, como os principais perigos associados ao banho de mar.

No Brasil, trabalhos publicados por Hoefel & Klein (1998) e Klein *et al.* (2003) ao tratarem desta temática no litoral de Santa Catarina, apontam que há predominância em determinantes sociais em relação aos naturais para a questão da segurança nas praias: 86% dos resgates foram realizados sob condições de fracas a moderadas correntes de retorno; e 80% dos casos foram registrados em dias ensolarados com altura de ondas inferiores a 1 metro, ou seja, em condições convidativas ao banho de mar.

2. PERIGOS NA PRAIA: PROFUNDIDADE, ARREBENTAÇÃO E SISTEMAS DE CORRENTES

Os “perigos da praia” são características e elementos comuns da praia e da zona de *surfe* que expõem os banhistas a condições de perigo, injúria ou dano à saúde. De acordo com Short (1999) existem três principais perigos comuns em todas as praias: a profundidade, a arrebentação e as correntes induzidas por ondas.

2.1. Topografia do Fundo e Profundidade da Zona de Surfe

A profundidade relativa, segundo Short (*op. cit.*), refere-se aos perigos que uma praia apresenta por ter a porção próxima submersa, muito profunda, muito rasa ou espacialmente variável.

A topografia da praia se torna funda quando a transição até uma altura maior do que o indivíduo se dá rapidamente, estando associada a elevados gradientes na transição praia-antepraia, ocorrendo comumente em praias do tipo refletivas. Adultos experimentam problemas quando é atingida uma profundidade maior que sua altura e as crianças quando a profundidade atinge a altura da cintura (SHORT, 1999, p. 293). São consideradas praias rasas aquelas com elevado estoque de sedimentos e baixo gradiente praia-antepraia, onde a transição para profundidades maiores que a altura dos indivíduos se dá gradativamente e ocorre de fato em distâncias de dezenas a centenas de metros da praia emersa. Esta situação apresenta-se perigosa quando a arrebentação mesmo moderada em áreas rasas pode levar o banhista a chocar-se violentamente com o fundo, podendo ser responsável por lesões na coluna cervical (WHO, 2003) (FIGURA 1), também nada incomum no litoral australiano (SHORT, 1999 p. 293). Estas situações são típicas de praias dissipativas ou intermediárias do tipo terraço de baixa-mar, onde um longo banco de areia terraciforme se desenvolve anexo à praia emersa e mantém-se exposto ou submerso por uma lâmina d’água de pequena profundidade. As praias de profundidade variável são aquelas que apresentam bancos, calhas, canais transversais, e face da praia de elevado ou baixo gradiente, ou seja, são praias onde a topografia do fundo muda constantemente, ditas intermediárias (FIGURA 2). Apresentam-se perigosas, pois a topografia do fundo pode mudar completamente em questão de poucas horas, bastando alterações significativas na ondulação incidente. A variação longitudinal de topografia é determinada pela incidência oblíqua de ondas atuantes na formação de sistemas de correntes que reposicionam os sedimentos na zona de *surfe*, e que, além disso, podem efetivamente transportar os banhistas de uma área rasa a uma área profunda, ou seja, de uma área segura para uma área insegura (SHORT, 1999, p. 293).



FIGURA 1: Zona de *surfe* plana nos primeiros 30 metros, na praia de Copacabana. Arrebentação mergulhante pode levar o banhista a impacto forte com o fundo. Foto: Eduardo Bulhões.



FIGURA 2: Foto aérea oblíqua da praia da Barra da Tijuca, evidenciando feição morfológica rítmica, alternando áreas profundas e rasas na extensão longitudinal da praia. Foto: Henrique Lins-de-Barros.

2.2. Tipos de Arrebentação

Ao se aproximarem da praia, as ondas sofrem alterações em sua geometria de acordo com o fundo sobre o qual estão se propagando. Estas alterações são normalmente um aumento da altura da onda (H) e uma proporcional diminuição de seu comprimento (L). A relação de esbeltez das ondas é então estabelecida de acordo com H_o/L_o . Os tipos de arrebentação são resultado da forma com que as ondas vão se propagar no gradiente do fundo até atingir uma profundidade limite para depois romperem e espriarem, e foram classificadas como (GALVIN, 1968 *apud* CERC,1984):

- Colapsante: a crista permanece sem quebrar enquanto a face frontal da onda sofre empinamento e depois decai, produzindo uma superfície irregular e turbulenta.
- Mergulhante: a crista curva-se inteiramente sobre a base frontal da onda quase que em queda livre, formando o que se conhece por tubos.
- Progressiva: a crista da onda se torna instável e em forma de cascata rompe gradativamente sobre a porção frontal da onda, produzindo uma espécie de espuma na superfície do mar.

A parametrização do tipo de arrebentação das ondas é dada pelo 'Surf-Similarity Parameter' representado por $\xi_o = \tan\beta (H_o/L_o)^{-1/2}$, onde $\tan\beta$ é o gradiente do sistema praia-antepraia e o subscrito 'o' denota condições de águas profundas. A relação deste parâmetro com os tipos de arrebentação é para ondas do tipo ascendente e colapsante de $\xi_o > 3.3$; para arrebentação mergulhante de $0.5 < \xi_o < 3.3$ e para arrebentação progressiva de $\xi_o < 0.5$. (CERC,1984).

A relação dos estágios morfodinâmicos das praias com os tipos de arrebentação também foi estabelecida e a arrebentação ascendente está associada a praias refletivas e a gradientes topográficos elevados. Já as arrebentações do tipo mergulhante e progressiva estão associadas aos estágios intermediários, podendo inclusive ocorrer

simultaneamente ao longo de uma mesma zona de *surfe*, e ao estágio dissipativo associa-se ondas altas do tipo progressivas, características de topografias com gradientes de baixa declividade (WRIGHT e SHORT, 1984).

A arrebentação das ondas apresenta-se como perigo, pois associada à turbulência gerada, pode derrubar o banhista e mantê-lo debaixo d'água, movê-lo em direção à praia ou transportá-lo lateralmente, se ocorrer de forma oblíqua à praia. (SHORT, 1999). Outro fator importante a ser destacado é que a energia dissipada na zona de *surfe* pelas ondas é proporcional ao quadrado da altura de ondas, portanto, como exemplo, uma onda de 2 m de altura tem quatro vezes a energia de uma onda de 1 m de altura (MUEHE, 1995). A aproximação da morfodinâmica de praias com a temática da segurança dos banhistas faz com que se relacionem às condições de ondas pequenas do tipo ascendentes e colapsantes a condições seguras das praias refletivas de baixa energia e as condições inseguras se dão pela arrebentação de ondas moderadas e fortes do tipo mergulhante nas praias intermediárias de média e alta energia.

2.3. Correntes Induzidas por Ondas

As correntes induzidas por incidência oblíqua e arrebentação de ondas são importantes em vários aspectos. São responsáveis pela renovação da massa d'água nas proximidades da praia, pelo transporte de sedimentos (FIGURA 3) e quando em considerável força, podem ser um perigo iminente aos banhistas (FIGURA 4) (KOMAR, 1976; SHORT, 1999; SHORT & BRANDER, 1999; SHORT & HOGAN, 1994). A célula de circulação costeira (KOMAR, 1976) é composta por correntes longitudinais associadas às correntes de retorno.



FIGURA 3: Identificação visual das *rips*. Foto: Nick Steers.



FIGURA 4: Banhistas em corrente de retorno na praia de Ipanema, Rio de Janeiro. Foto: Eduardo Bulhões.

As primeiras observações científicas das correntes de retorno foram feitas por Shepard, Emery e Lafond (1941, *apud* KOMAR 1976), que relacionaram a velocidade das 'rips' e a distância de alcance do fluxo em direção ao mar como sendo resultado das ondas incidentes. Também reconheceram que a posição das 'rips' pode ser orientada tanto pela topografia da antepraia, como da plataforma continental interna adjacente e, através dos efeitos de refração e difração de ondas, as 'rips' ocorrerão fora dos pontos de convergência de ondas. Desde então a temática das correntes de retorno tem sido aceita como objeto de investigação científica para engenheiros, geólogos e geomorfólogos, e são identificadas como a forma principal de drenagem da massa d'água movimentada pela arrebentação das ondas, principalmente na zona de *surfe* (SHEPARD, 1948).

A configuração morfológica da plataforma continental interna e da antepraia tendem a controlar a distribuição de energia de ondas ao longo da costa e por isso é tido também como um mecanismo fundamental no desenvolvimento dos sistemas de correntes (McKENZIE, 1958, p. 107). Para o autor, a topografia submarina próxima à praia é também um importante elemento na circulação das correntes, visto que em praias íngremes o clima de espraiamento-refluxo na face da praia é suficiente para a drenagem hidrodinâmica, e em praias com o gradiente razoavelmente plano as correntes de retorno se desenvolvem eficientemente, ao contrário de praias extremamente planas onde a energia da onda se dissipa por centenas de metros, onde o sistema de drenagem aumenta em complexidade (McKENZIE, 1958, p.109).

Bowen (1969) publicou um artigo mostrando suas investigações teóricas e experimentais na geração das correntes longitudinais utilizando o conceito de tensão de radiação, que contempla o excesso de massa d'água na zona de *surfe* que longitudinalmente apresenta variações e condiciona a altura das ondas na arrebentação e os mecanismos de drenagem relacionados. Longuet-Higgins (1970a e 1970b) elabora estimativas mais precisas do excesso de 'momentum' relativo à arrebentação de ondas, e

seu componente longitudinal no controle dos fluxos hidrodinâmicos na zona de *surfe*.

A idéia é de pressão dinâmica, elaborada a partir de esforços da não-linearidade que as ondas assumem ao se aproximarem obliquamente à costa. Esse excesso de 'momentum' gera um componente longitudinal da tensão de radiação, que é dado por $S_{xy} = E\eta \sin \alpha \cos \alpha$, onde o eixo x é normal à crista da onda e o eixo y é paralelo a linha de costa, α é o ângulo de ataque do componente normal a crista da onda em relação a linha de praia.

Já numa praia que recebe a aproximação com as cristas das ondas paralelas, existe então um fluxo em direção normal à praia, que é dado em águas profundas por $S_{xx} = E (2\eta - 1/2)$; e em águas rasas onde o componente normal está na direção positiva, ou seja, em direção à praia, tem-se $S_{xx} = 3/16 \rho g H^2$ onde $\eta = 1$ e $E = \rho g H^2/8$ é a energia da onda.

Após alcançar a zona de *surfe* o fluxo hidrodinâmico não simplesmente desaparece, tendo então de ser equilibrado por forças opostas que irão dissipá-lo (KOMAR, 1976 p.171). Parte do 'momentum' será dissipado através da reflexão da onda na praia e parte será dissipada devido à tensão com o fundo. Isso justifica a tensão de radiação como mecanismo responsável por flutuações no nível d'água na zona de *surfe*, gerando gradientes diferenciados e condicionando áreas de maior e menor altura de ondas na arrebentação, visto que estas dependem da profundidade (LONGUET-HIGGINS & STEWART, 1963 e BOWEN, INMAN & SIMONS, 1968 *apud* KOMAR, 1976 p.172). As flutuações no nível d'água dentro da zona de *surfe* ocorrem através do acúmulo e da liberação de massa d'água, processo condicionado por ondas, por ventos e por marés. São designados 'wave set-up' e 'wave set-down', e em conjunto com as correntes longitudinais e de retorno, são esforços-resposta para o equilíbrio do sistema hidrodinâmico, de ondas não lineares, oblíquas e em águas rasas.

As correntes de retorno têm sido associadas diretamente aos estágios morfodinâmicos

intermediários, como componente principal de uma célula de circulação costeira que ainda inclui as correntes longitudinais e as correntes alimentadoras (SHORT, 1979; WRIGHT *et al.*, 1979; WRIGHT & SHORT, 1983; WRIGHT & SHORT, 1984; HUNTLEY & SHORT, 1992; SHORT & HOGAN, 1994; BRANDER, 1999; SHORT, 1999 e BRANDER & SHORT; 2001). Efetivamente, a despeito da enorme dificuldade de verificação a partir de dados de campo, diversos estudos têm contribuído para descrever algumas características desta circulação hidrodinâmica como espaçamento, intensidade e relação ou não com a morfologia da praia-antepraia.

Os mecanismos controladores das *rips* ainda não são inteiramente entendidos, principalmente pela dificuldade encontrada em monitorar esse tipo de circulação. Alguns autores sugerem que o mecanismo principal são as ondas de borda (*edge waves*) ditas de longo período, ou infragravidade (BOWEN, 1969; BOWEN & INMAN, 1969; HOLMAN & BOWEN, 1982). Outros autores focam no controle morfológico exercido por canais de *rips* em concentrar e direcionar o fluxo em direção ao mar aberto (SHEPARD, 1948;

McKENZIE, 1958; KOMAR, 1976; WRIGHT & SHORT, 1984; AAGARD *et al.*, 1997; SHORT, 1999; BRANDER & SHORT, 2001). Recentemente alguns autores têm focado em modelos onde as *rips* não são controladas pela batimetria, onde o fundo é uniforme e os mecanismos de drenagem estão associados a flutuações no nível d água na zona de *surfe*, controlados pela incidência oblíqua e arrebatção de ondas, onde as correntes se auto-organizam de acordo com gradientes de massa d água e níveis de maré (MURRAY & REYDELLET, 2001 MURRAY *et al.* 2003).

3. CARACTERIZAÇÃO DAS PRAIAS OCEÂNICAS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

A área de estudo compreende as sete principais praias oceânicas da cidade: Leme, Copacabana, Ipanema, Leblon, São Conrado, na Zona Sul e Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes, na Zona Oeste, que em 2002 responderam por 66 % de todos os resgates em mar efetuados na cidade. Esta extensão compreende aproximadamente 27 km de faixa de areia, somando-se as praias citadas (FIGURA 5).

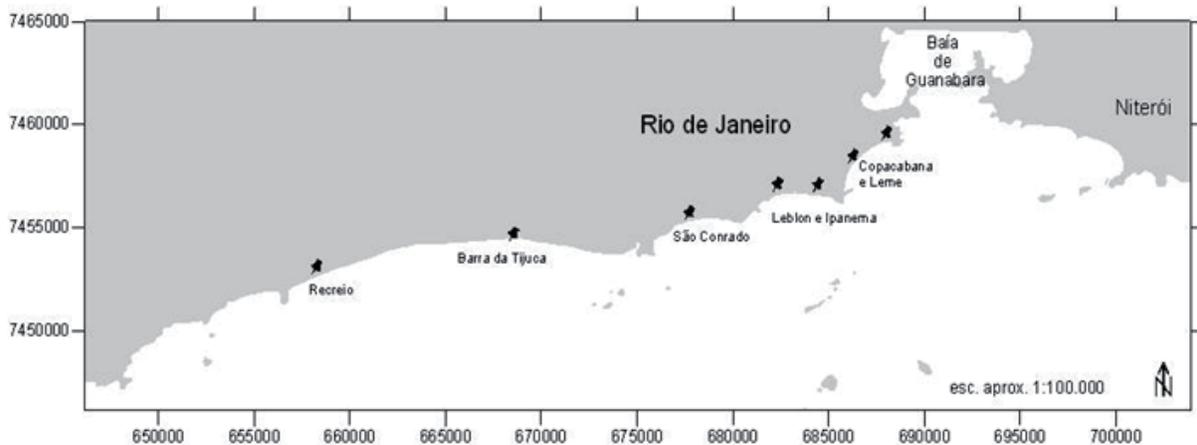


FIGURA 5: Área de Estudo e Áreas Controle selecionadas para monitoramento morfodinâmico.

Na classificação proposta por Muehe (1998 b) para o litoral brasileiro, a área de estudo se encontra no macro-compartimento dos Cordões Litorâneos, no litoral Sudeste brasileiro, onde a partir da brusca inflexão do litoral e da plataforma continental interna

para oeste, resultante da zona de fratura do Rio de Janeiro, fez com que os alinhamentos estruturais do embasamento cristalino (de orientação nordeste-sudoeste) fossem truncados entre o Cabo Frio e Marambaia, já que a orientação geral do litoral é

de leste-oeste. Nesta porção da costa, a despeito do baixo desenvolvimento de planícies costeiras (excetuando-se a Baía de Guanabara e a Baía de Sepetiba), a principal característica geomorfológica foi o desenvolvimento de duplos cordões litorâneos, dispostos paralelamente entre si, separados por depressões estreitas onde se desenvolveram lagunas intra-cordões. A posição atual se deu pela migração dos cordões litorâneos em direção ao continente (MUEHE e CÔRREA, 1989) em consonância com a elevação do nível do mar estando o cordão mais ao interior associado à última transgressão pleistocênica e o cordão frontal associado à transgressão pós-glacial (MARTIN E SUGUIO, 1989 e MUEHE, 1994 *apud* MUEHE, 1998 b). Trata-se de praias oceânicas arenosas apoiadas sobre cordões litorâneos holocênicos, ao qual estão normalmente associados lagunas à retaguarda e pequenos canais de drenagem, separadas por promontórios rochosos cristalinos, expostas a regimes de micro-maré e dominadas por ondas. As praias dominadas por ondas apresentam morfologias tanto em planta quanto em perfil, composição granulométrica e processos dinâmicos na zona de *surfe* resultante da incidência, da distribuição de energia, do período e da arrebentação das ondas. Estas praias são expostas às ondulações de tempestades provenientes do quadrante SW-SE e ondas de tempo bom provenientes do quadrante NE-SE (BULHÕES, 2003).

4. OBJETIVOS

O presente estudo parte do questionamento se as condições morfodinâmicas e morfosedimentares das praias são úteis à identificação destas condições de risco de afogamento. A hipótese é testada utilizando-se a análise das características oceanográficas e meteorológicas – ditas clima de ondas – e a resposta morfosedimentar que cada praia apresenta a determinadas condições de mar. Com isto são definidos os estágios morfodinâmicos das praias que efetivamente expõem banhistas a risco de afogamentos.

Dentro do cenário de riscos e perigos aos banhistas, e considerando o fato da cidade do Rio de Janeiro ser a mais populosa metrópole à beira-mar do país objetiva-se neste estudo identificar e avaliar condições críticas à segurança do banho de mar nas praias oceânicas da cidade e, através do modelo de morfodinâmica de praias, avaliar qualitativos que participam na configuração de ambientes e condições perigosas ao banho de mar.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada segue a idéia principal de análise física do ambiente costeiro com vistas à identificação de elementos e processos que se apresentem como condições perigosas, expondo os banhistas a risco de afogamento e o conjunto desta com os resultados esperados, pode ser inicialmente visualizado no fluxograma abaixo (FIGURA 6):

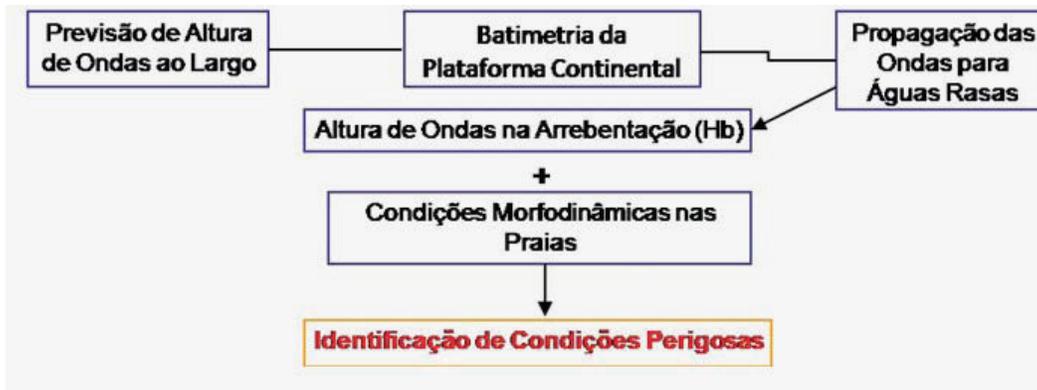


FIGURA 6: Fluxograma do sistema de análise de risco nas praias, passos metodológicos e resultados esperados.

Inicialmente fez-se necessária à produção da base cartográfica batimétrica da área de estudo, para isto foram digitalizadas e georreferenciadas as informações de linha de costa, ilhas, lajes e profundidades batimétricas com o uso do programa *Didger 3.0* da *Golden Software Inc.*, obtidas a partir das Cartas Náuticas e Folhas de Bordo produzidas pela DHN, totalizando uma base batimétrica com aproximadamente trinta mil pontos. As correções e transformações de *datum* e sistema de coordenadas foram feitas utilizando os programas *NOAA Chart Reprojector* e *Geographic Calculator 6.2* e a plotagem dos dados foi feita utilizando o programa *Surfer 8*.

Em segundo lugar foram definidas áreas de controle a fim de sistematizar uma coleta de dados mensal para caracterização morfodinâmica do ambiente (FIGURA 5), seguindo parâmetros para Ômega (Ω) e Delta (Δ). No campo, análises observacionais foram utilizadas seguindo padronização do LEO – *Littoral Environment Observation Program* (CERC, 1981) para Altura da Onda na Arrebentação (Hb), Período Médio (T), Tipos de Arrebentação e Obliquidade de Incidência de Ondas (α). Adicionalmente dados medidos em campo como declividade da praia ($sen\beta$ e $tan\beta$), distância e período do espraçamento das ondas foram obtidos utilizando trenas e balizas de Emery.

Em terceiro lugar, foi elaborado um estudo em clima de ondas compreendendo os anos de 2004 e 2005. Foram tabelados e analisados dados diários em previsão de ondas para o litoral ao largo da cidade do Rio de Janeiro, contendo informações sobre altura, direção e período de ondas e ainda, direção e intensidade dos ventos. A fonte destas informações é o modelo de previsão *Wavewatch III* (TOLMAN, 1999), que é um modelo de domínio público bastante difundido no Brasil.

Posteriormente foram elaboradas simulações de propagação de ondas para águas rasas de acordo com os resultados da malha batimétrica (incluindo linha de costa, ilhas, lajes e pontos de profundidades) e de acordo com a análise do clima de ondas, para

o litoral da cidade, pois são necessários dados específicos de entrada como Altura de Ondas, Direção da Ondulação, Período de Ondas, Coeficientes de Fricção com o Fundo, Direção e Intensidade dos Ventos e Índice de Arrebentação. Foram respeitadas condições de entrada e de contorno pré-estabelecidas pelo modelo NSW do pacote de modelagem MIKE21. Este é um modelo de ondas de gravidade que descreve o crescimento, o decaimento, o empinamento e a transformação espectral de ondas de gravidade quando em águas intermediárias e rasas.

Para identificação de feições do fundo marinho adjacente à praia (zona de *surfe*) foi utilizado um nivelamento topográfico, utilizando a estrutura fixa do píer de apoio às obras de instalação do emissário submarino da Barra da Tijuca. Com o mesmo objetivo foram re-interpretados dados de topografia da zona de *surfe* obtidos pelo levantamento topográfico ao longo do píer de apoio à construção do emissário submarino de Ipanema realizados por Muehe e Dobereiner (1974). Ambos foram corrigidos de acordo com a altura entre a estrutura do píer e o nível médio do mar e de acordo com as posições de maré no momento dos levantamentos, e plotados com o programa *Grapher 3.0* da *Golden Software Inc.*

Por fim, a análise das estatísticas de afogamentos nas praias da cidade foi restrita às praias analisadas, utilizando dados oficiais adquiridos no 2º e 3º G-Mar (Grupamento Marítimo) nos anos de 2004 e 2005. Foram analisados dados referentes ao número total de resgates de banhistas realizados nas praias da cidade, por dia e por local do socorro. Informações acerca do gênero, da faixa etária e da procedência do banhista resgatado foram obtidas numa perspectiva mensal.

6. RESULTADOS

6.1. Clima de Ondas

Numa perspectiva bi-anual (2004 e 2005) tem-se que as condições médias no período estudado foram: Ondulações de Sul, Sul-Sudeste e Sudeste,

altura de ondas variando em torno de 1.5 m e ondas com períodos entre 7,0 e 9,0 s e ventos de Nordeste (45°) entre 2.0 e 4.0 m/s. A partir disto, e do resultado da elaboração da malha batimétrica foram elaboradas simulações em distribuição de energia de ondas para o litoral da cidade.

Para os dados de ventos a 10 metros da superfície, no período estudado (2004 e 2005) as condições médias são de ventos de NE com intensidade entre 2.0 e 4.0 m/s, conforme a FIGURA 7.

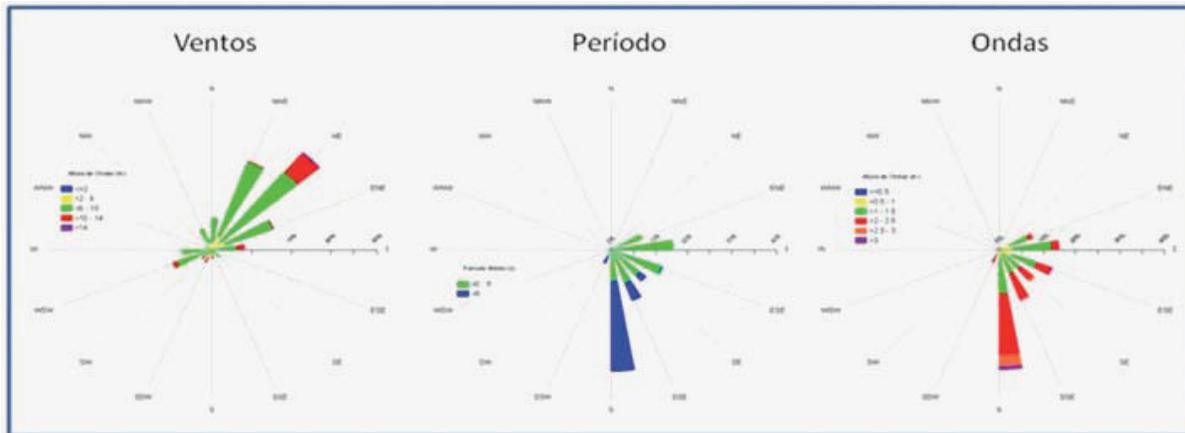


FIGURA7: Padrão Bianual dos dados de Ventos, Período e Ondas (direção e intensidade)

As condições de ondas refletem que as ondulações mais frequentes são as de Sul, com alturas próximas a 2,0 m ao largo e períodos maiores que 9 segundos. Trata-se da condição de *swell* de Sul. Existe também forte indicativo da atuação de ondas do quadrante entre Leste e Sudeste, normalmente ondas com períodos de 6 ou 7 segundos e altura média de 1,5 m. Ambas as situações associam-se à condição de tempo bom. As ondas de tempestade, no período estudado, ocorrem com mais de 3,0 m provenientes do quadrante Sul e Sudoeste.

6.2. Simulações em Refração de Ondas

Os resultados de alturas de onda próximas à linha de praia foram tabelados e transformados em um arquivo 'shape' (.shp) e plotados sobre as ortofotos aéreas (ArcGIS) na porção próxima à zona de arrebenção, identificando nas praias, segmentos com alturas de ondas maiores e menores, para cada simulação acima especificada. Os dados de entrada

correspondem às condições de mar encontradas a partir da análise do clima de ondas e são (FIGURA 8):

Simulação A – Ondulação de Sul-Sudeste (157,5°), Altura de Ondas ao largo (H_o) 1,63 m e Período Médio (T) de 8 s. Ventos de Nordeste (45°) e intensidade de 4 m/s. Esta simulação representa condições médias do mar durante o ano de 2004.

Simulação B – Ondulação de Sudoeste (225°), Altura de Ondas 1,5 m e Período de 10 s. Ventos de Nordeste (45°) e intensidade de 4 m/s. Representando condições moderadas, recorrentes e perigosas aos banhistas.

Simulação C – Ondulação de Sul (180°), Altura de Ondas 2,10 m e Período de 9,2 s. Ventos de Nordeste (45°) e intensidade de 4 m/s. Representando condições moderadas, recorrentes e perigosas aos banhistas.

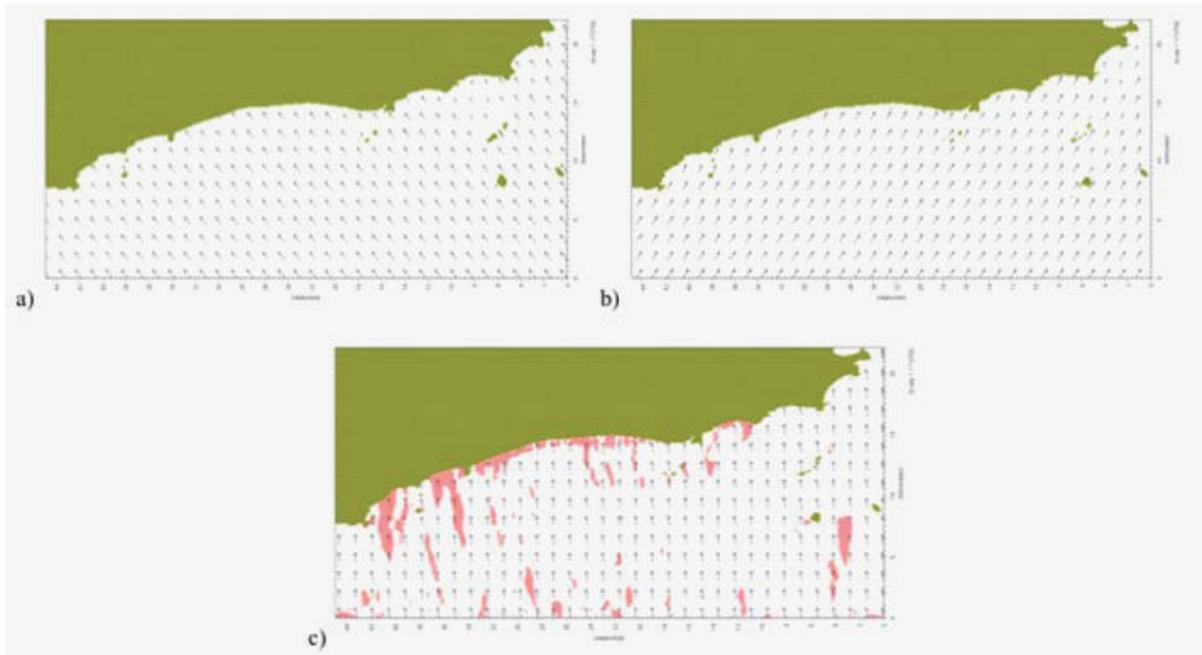


FIGURA 8: Exemplos de Simulações em Refração de Ondas

As simulações em refração de ondas mostram que além da ampla variabilidade aos quais os arcos praias estão expostos, que é possível identificar segmentos, nas praias, onde ocorre um aumento significativo na energia das ondas (convergência) e segmentos onde ocorre uma diminuição da altura das mesmas (divergência). A exposição dos segmentos das praias às ondulações varia em função da sua posição relativa, da direção de propagação

das ondas incidentes, da proteção promovida por ilhas, lajes e promontórios rochosos e com o grau de embaixamento de cada segmento. A partir destas simulações (FIGURA 9), pode-se evidenciar e, até certo ponto, justificar a variabilidade morfodinâmica dessas praias, ou seja, do ajuste da topografia e da arrebentação das ondas, de acordo com a energia de ondas incidente.

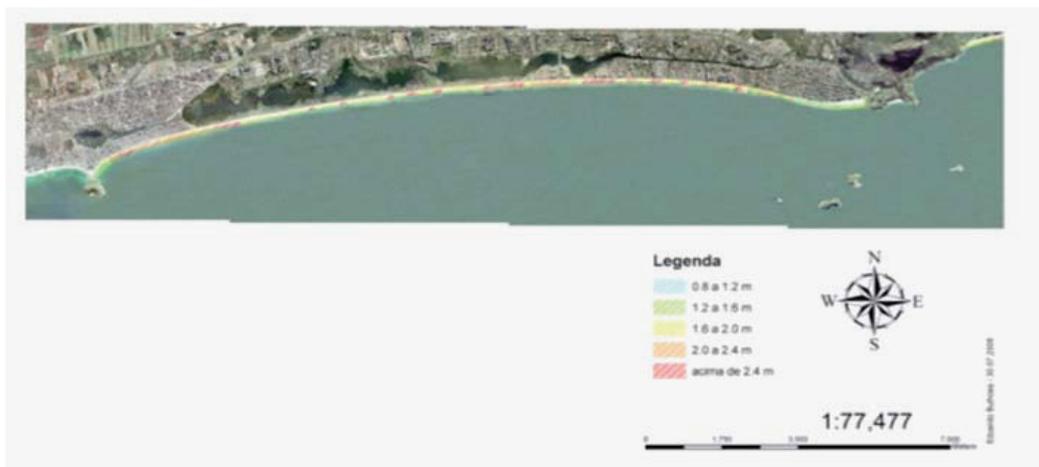


FIGURA 9: Exemplo de resultados gerados a partir das simulações

6.3 Análise Morfodinâmica das Praias da Cidade

Levantamentos acerca dos estágios morfodinâmicos das praias da cidade, através do parâmetro Delta (MUEHE, 1998a) mostram que existe intensa variabilidade. As praias variam entre os estágios refletivo e intermediários, de acordo com, principalmente, a variação na altura de ondas na zona de arrebenção. Os estágios intermediários parecem ser a característica modal destas praias, ocorrendo

no resto do espectro de ondas que atinge o litoral da cidade.

Correlações entre o parâmetro Delta com a declividade da face da praia e com a altura de ondas sugerem uma diminuição dos valores de Delta, de acordo com um aumento na altura de ondas, e um aumento dos valores de Delta com o aumento da declividade da face da praia. A FIGURA 10 espacializa os estágios morfodinâmicos nas praias da cidade.

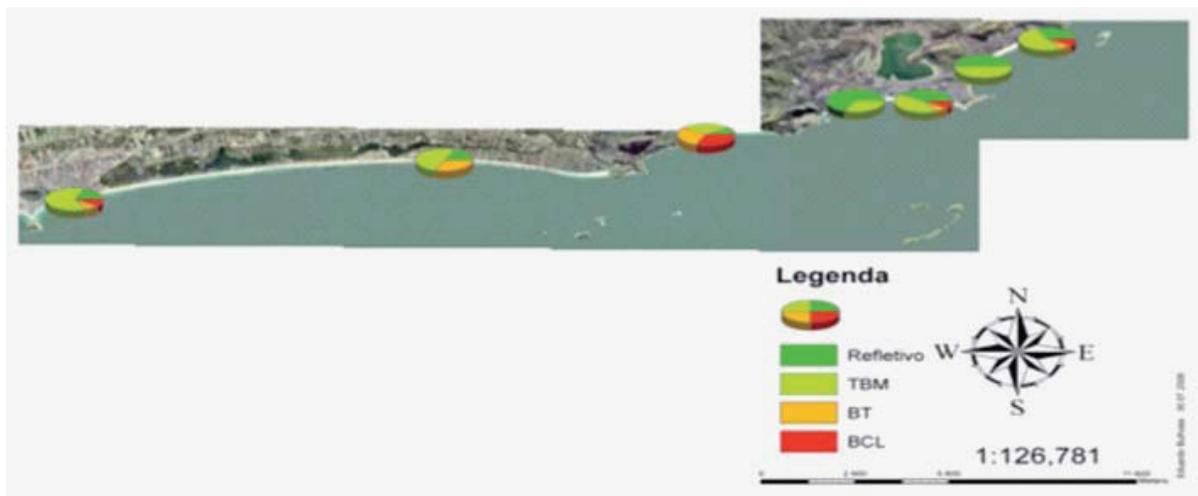


FIGURA 10: Variabilidade Morfodinâmica das Praias da Cidade do Rio de Janeiro

Levantamentos topográficos na zona de *surfe*, utilizando a estrutura fixa do píer de apoio à instalação do emissário submarino da Barra da Tijuca, mostram a variabilidade do fundo arenoso nesta área que está diretamente sujeita a ação das ondas e de correntes por elas induzidas, apontando uma topografia variável de bancos e calhas que, de fato, contribuem atenuando ou potencializando ambientes perigosos aos banhistas. O foco está na feição zona de *surfe*, que por definição, é o segmento compreendido entre a zona de arrebenção e a face

da praia, área onde ocorre o espraiamento das ondas.

No gráfico abaixo (FIGURA 11) é apresentada a superposição dos perfis e a respectiva variação vertical máxima ao longo do perfil, de dez em dez metros. As variações máximas ocorrem na ordem de até 2.80 m, por efeito de ondas, em posições a cerca de 30 a 50 metros da praia emersa. Já as variações horizontais do contato da face da praia com o nível médio, ou seja, ponto de recuo máximo da onda ocorreram na ordem de 20 metros.

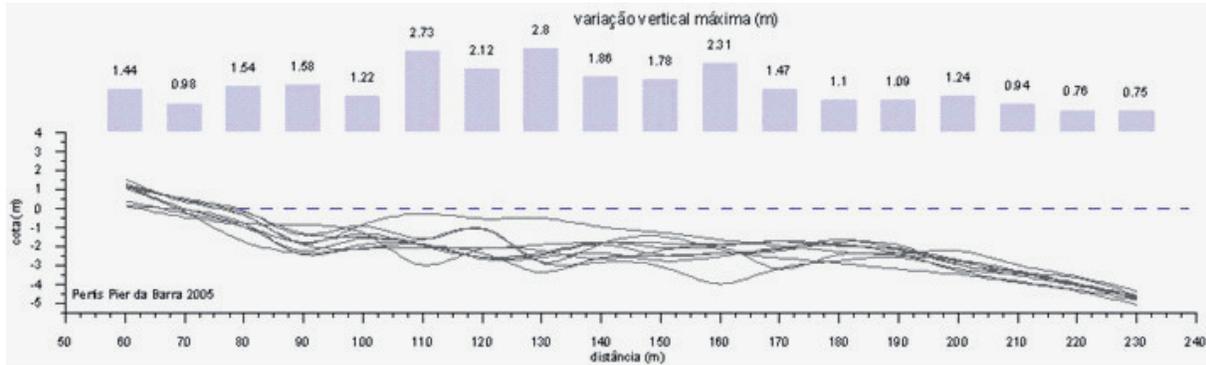


FIGURA 11: Superposição dos Perfis na Barra da Tijuca e respectiva variação vertical máxima

Foram reinterpretados perfis de praia elaborados por Muehe e Dobereiner (1977) que utilizaram o procedimento descrito, utilizando o píer de apoio à construção do emissário submarino de Ipanema, no ano de 1974. As variações verticais e horizontais da topografia da zona de *surfe* também

foram calculadas através da superposição dos perfis transversais e apresentam-se na ordem de até 2.5 m verticalmente na zona de *surfe*, e cerca de 30 m de variação horizontal no ponto de contato entre a face da praia e o nível médio do mar (FIGURA 12).

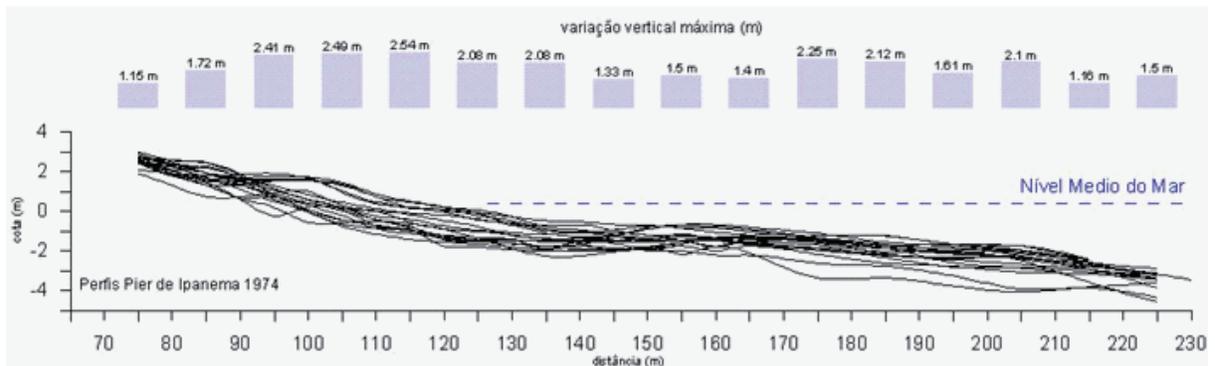


FIGURA 12: Superposição dos perfis na praia de Ipanema e respectiva variação vertical máxima

A análise e reinterpretação destes levantamentos topográficos indicam condições intermediárias dessas praias, de acordo com a presença e dinâmica de reposicionamento de terraços, bancos e calhas, de acordo com condições de ondas variáveis. Além da análise observacional e parametrização das praias, a interpretação de perfis é um eficiente método de classificação do estado morfodinâmico destes ambientes.

Já a análise de 967 fotos de arrebatção de ondas nas praias da cidade permitiram a identificação e classificação visual dos tipos de arrebatção dentre os três mais comuns: progressiva (*spilling*), mergulhante (*plunging*) e colapsante (*collapsing*). O gráfico abaixo (FIGURA 13) foi elaborado com os percentuais de ocorrência em cada praia estudada, excetuando-se a praia do Leme, onde não haviam fotografias disponíveis.

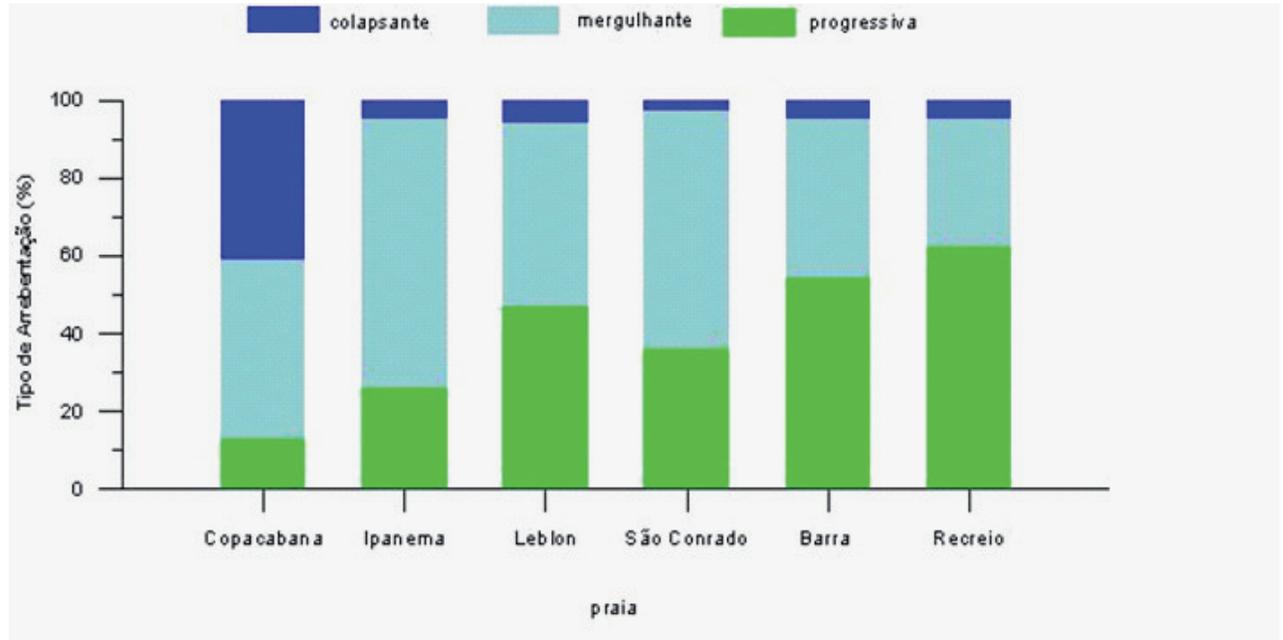


FIGURA 13: Percentual de ocorrência dos tipos de arrebatamento

Os resultados mostram que na praia de Copacabana ocorrem preferencialmente as arrebatamentos do tipo mergulhante (46%), seguido da colapsante (41%) e da progressiva (13%). Na praia de Ipanema, predomina a arrebatamento do tipo mergulhante (69%) seguido da progressiva (26%) e da colapsante (5%). Na praia do Leblon tem-se um equilíbrio entre os tipos de arrebatamento progressiva e mergulhante com 47% cada e a colapsante acontece em 6%. Na praia de São Conrado tem-se em primeiro lugar a arrebatamento do tipo mergulhante (61%) seguido da progressiva (36%) e colapsante em apenas 3%. Na praia da Barra da Tijuca, predomina a arrebatamento do tipo progressiva com 54%, seguido da mergulhante com 41% e da colapsante em 5 % dos casos. Finalmente, a praia do Recreio apresenta em 62% arrebatamento do tipo progressiva, seguido da arrebatamento mergulhante (33%) e da colapsante em 5% das fotografias oblíquas analisadas.

6.4. Salvamentos Aquáticos

Numa perspectiva totalizadora dos anos de 2004 e 2005, a análise do perfil dos banhistas resgatados nas sete praias estudadas, mostra que são majoritariamente homens (67%), na faixa etária de 10 a 19 anos (48,5%), procedentes principalmente de bairros que não os da orla (53%).

Ao avaliar o total de resgates de banhistas por praia, também numa perspectiva bianual, tem-se que a Barra da Tijuca apresenta cerca de 36% (3383) do total de resgates na orla, seguido da praia de Copacabana (20% ou 1515) e Ipanema (15% ou 1454) porém, utilizando dados de resgates divididos pelo comprimento linear de praia, avalia-se a densidade de resgates por praia, e assim, a praia de Ipanema aparece em primeiro lugar, seguida da praia do Leme e da praia de Copacabana, portanto, estas três últimas são as praias com maior concentração em resgates de banhistas.

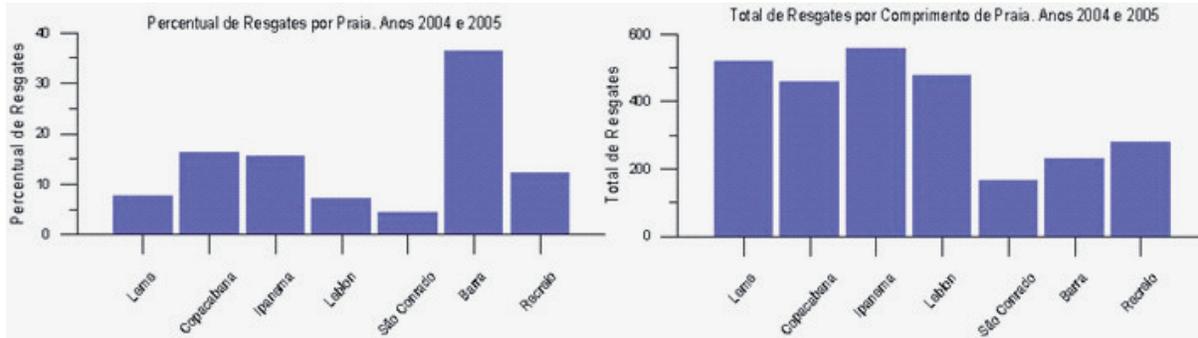


FIGURA 14: Resgates de banhistas por praia na cidade do Rio de Janeiro. Anos 2004 e 2005.

Fonte: CBMERJ

A análise destas informações nos permite avaliar diretamente a intensidade de uso destas praias, já que segundo Short & Hogan (1994) e Short (1999), a ocorrência de afogamentos é diretamente proporcional à intensidade de uso das praias. Temos então um grau de utilização mais intenso das praias da Zona Sul, quando as comparamos com as praias da Zona Oeste.

Na análise de dados referentes a afogamentos por postos (FIGURA 15), pôde-se obter a informação discretizada por posto e com isso a identificação de segmentos nos arcos praias em que ocorrem a maioria dos afogamentos, seja pela maior frequência ou por realmente representarem áreas em que o ambiente expõe sensivelmente os banhistas a riscos.

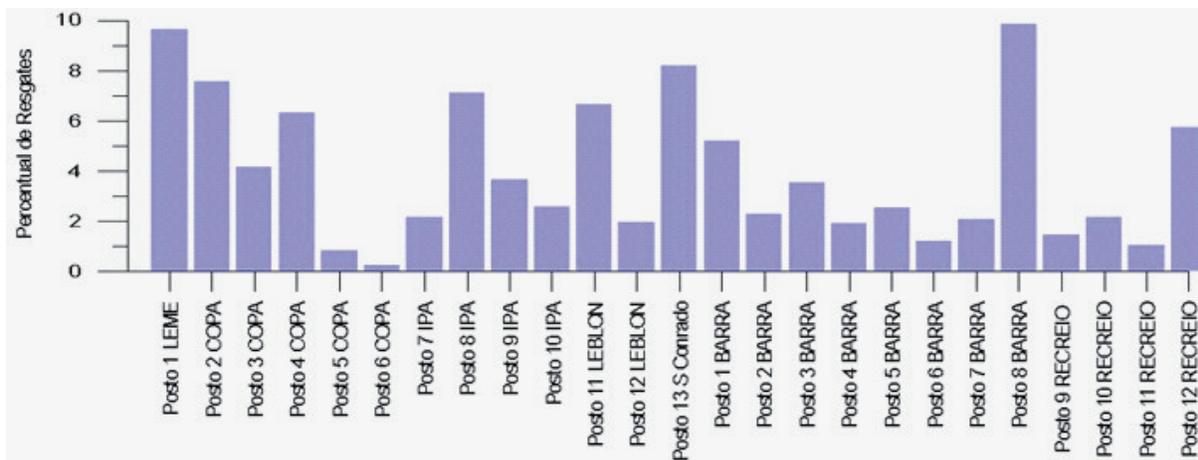


Figura 15: Percentual de Resgates por Posto de Salvamento.

Os postos onde ocorrem os maiores números de resgates são o Posto 8 na Barra da Tijuca, o Posto 1 no Leme e o Posto 13 em São Conrado. Os números absolutos demonstram talvez uma falsa

idéia comparativa, pois cada posto de salvamento tem uma área de atuação onde ocorrem e são registrados os resgates e esta não é constante ao longo da orla. (FIGURA 16)

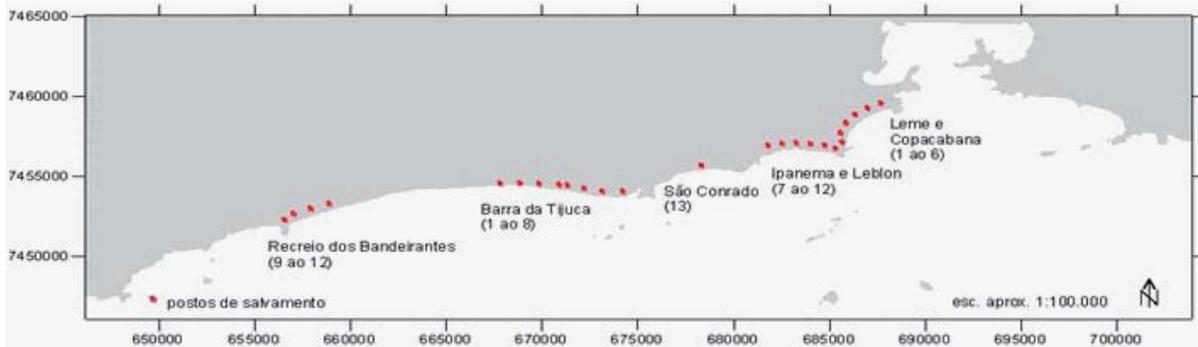


FIGURA 16: Postos de Salvamentos do G – Mar na Área de Estudo.

7. CONCLUSÕES

A análise morfodinâmica das praias oceânicas da cidade do Rio de Janeiro foi realizada a partir da confirmação da idéia que ondas previstas para alto-mar respondem através do modelo de distribuição em energia de ondas, diferenciadamente em cada praia e até mesmo em um mesmo arco-praial, principalmente no que diz respeito à altura e ao tipo de arrebentação. Desta forma, ao analisar a propagação de uma mesma ondulação nas diferentes praias têm-se praias mais expostas e menos expostas à ação das ondas, e isso se reflete na altura destas na arrebentação e em último caso na variabilidade morfodinâmica que estas praias assumem.

A arrebentação das ondas irá influenciar a mobilidade do fundo e esta pôde ser verificada através de perfis topográficos em dois pontos selecionados, mostrando alterações topográficas verticais na zona de *surfe* na ordem de 2 a 3 m. As formas que os fundos arenosos assumem nas praias são resultado do espectro de ondas incidentes, da variabilidade e do selecionamento granulométrico que cada praia apresenta. O parâmetro Delta (MUEHE, 1998 a) teve capacidade diagnóstica efetiva ao relacionar características de ondas incidentes com a geometria da forma que os sedimentos assumem nas praias, leia-se, declividade da face da praia. Adicionalmente, os estágios morfodinâmicos propostos por Wright & Short (1984) e parametrizados por Delta (MUEHE, *op.cit.*) evidenciam informações qualitativas do ambiente praial na medida em que assumimos as

características principais que os definem. O estágio refletivo está associado à altura de ondas baixas, com potencial pequeno em gerar risco aos banhistas, já que estas ondas arrebentam de forma colapsante e sem capacidade de gerar fluxos longitudinais e de retorno. O estágio Terraço de Baixa-Mar está associado às condições seguras e moderadamente seguras, pois a topografia aplainada da face da praia expõe uma área submersa próxima normalmente segura quando associadas a ondas menores que 1 m. Em todo caso, assume-se que estes terraços incluem pequenos canais de ‘rips’ em sua extremidade, cuja eficiência aumenta e se torna perigosa à medida que se aproxima da baixa-mar. Nesta última, ainda existe o perigo associado à arrebentação de ondas que se tornam mergulhante agindo sobre um terraço de baixa profundidade, fato que pode levar o banhista à impacto forte com o fundo. Nos estágios Bancos Transversais e Banco e Calha Longitudinal, assume-se que a principal característica associada é o pleno desenvolvimento de células de circulação costeira, e neste caso, os perigos aumentam à medida que a altura da onda se torna potencialmente eficiente gerando fluxos com velocidades substanciais para arrastar os banhistas. Soma-se a isto a variabilidade topográfica da zona de *surfe*, que pode apresentar calhas profundas onde a perda de sustentação do banhista é consequente. Nestes casos alternam-se condições pouco seguras e inseguras aos banhistas, na medida em que aumentam a altura das ondas e intensificam-se os fluxos por elas gerados.

Estas características comuns às praias

intermediárias puderam ser discretizadas e em conjunto com a altura das ondas na arrebenção e com a variação das marés – que mesmo de pequena amplitude, têm capacidade efetiva em expor terraços, potencializar fluxos e alterar as características morfodinâmicas das praias – levam a um modelo qualitativo de predição de condições morfodinâmicas, que é apresentado na forma de Guia

de Avaliação de Segurança nas Praias (FIGURA 17) cujas variáveis independentes são a altura das ondas na arrebenção e a variação das marés, que determinam o comportamento morfodinâmico nestas praias e a variável dependente é o estágio morfodinâmico parametrizado por Delta, que em último caso, qualifica os ambientes como de risco baixo, risco moderado, risco elevado e risco muito elevado.

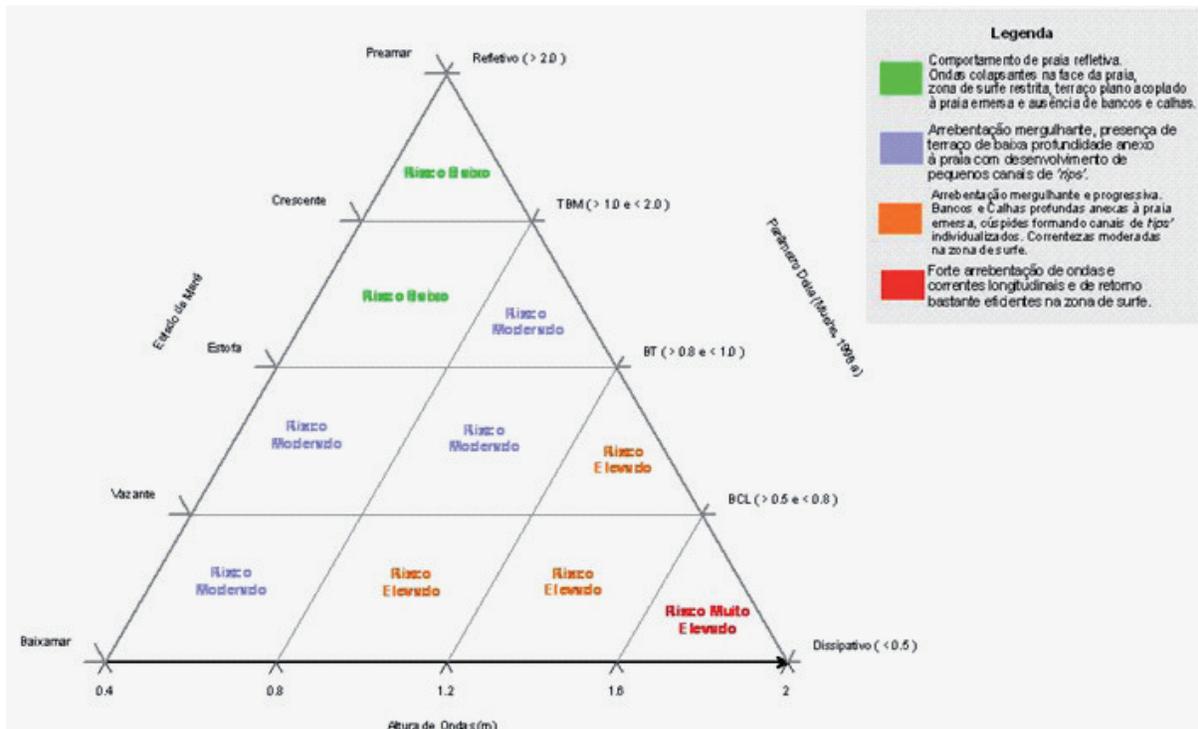


FIGURA 17: Guia de Avaliação de Segurança nas Praias proposto para análise de risco ao banho de mar nas praias oceânicas da cidade do Rio de Janeiro.

A interpretação deste guia é feita a partir da altura da onda, pois esta, quando menor que 0.4 m leva ao comportamento tipicamente refletivo das praias e à medida em que vai crescendo sugere migrações dentre os estágios morfodinâmicos parametrizados por Delta, e gradativamente diminui o nível de segurança do ambiente para o uso recreativo.

As condições tipicamente seguras se dão com ondas até 0.4 m. A partir disto, no estágio Terraço de Baixa-Mar tem-se condições de Risco Baixo com

ondas até 0.8 m em condições de maré crescente ou preamar, pois a praia tende a se comportar como refletiva e um terraço plano submerso normalmente se desenvolve anexo à face da praia. Em condições de maré vazante e baixa, este estágio se torna de Risco Moderado, pois a tendência é de se acelerarem os fluxos de retorno e aumentem a esbelteza das ondas, que quebram na forma mergulhante. O estágio Banco Transversal ocorre normalmente com ondas superiores a 1.0 m, onde condições de Risco Moderado e Risco Elevado alternam-se em virtude

da altura das ondas e do estado da maré, pois o perigo normalmente associado a este estágio é a topografia do fundo, onde áreas rasas (bancos) e áreas profundas (calhas) alternam-se na extensão longitudinal da praia. O estágio Banco e Calha Longitudinal normalmente ocorre com ondas acima de 1,5 m na arrebentação e o nível de segurança se torna de Risco Elevado não só em virtude da altura das ondas, como também pela possibilidade morfológica de se desenvolverem fluxos longitudinais moderados numa calha normalmente acoplada a praia emersa, e fluxos de retorno moderados e fortes, regularmente espaçados por canais de *rips*, desenvolvidos no banco submerso. Como condições de Risco Muito Elevado, ondas próximas a 2,0 m de altura na arrebentação estão associadas a este último estágio, e geram extrema turbulência com capacidade efetiva de gerarem fluxos longitudinais e de retorno, com velocidades comparáveis à dos nadadores profissionais de competição. A análise do modelo proposto foi elaborada com base nas condições de mar e das condições morfodinâmicas, recorrentes nas praias da cidade.

Por outro lado, a análise espacial da distribuição dos resgates efetuados por salva-vidas ao longo dos anos, permitiu identificar segmentos nas praias onde existe uma carência de informação e de segurança, fato que é refletido nas estatísticas. Evita-se a tentação de comparar diretamente níveis de distribuição de acidentes, pois as praias apresentam características naturais e público frequentador bem diferenciado qualitativa e quantitativamente e, além disso, a espacialização dos postos de salvamentos só é constante nos arcos de Leme – Copacabana e Ipanema – Leblon. Evita-se também correlacionar número de resgates de banhistas com altura de ondas, pois, se por um lado esta última é indicada nesse trabalho como indutora dos processos que podem levar o ambiente natural a ser um elemento perigoso à segurança dos banhistas, por outro lado, tem-se consciência que o elemento primordial associado ao número absoluto de resgates é o número de frequentadores da praia. Este fato pode ser justificado de diversas formas, visto que a maioria dos acidentes ocorre no verão, nos finais de semana com condições convidativas ao banho de mar, ou seja, sol e mar calmo. Uma

observação interessante é aquela que correlaciona o perfil dos banhistas com o número de salvamentos, pois os postos com o maior número de salvamentos são em ordem o Posto 8 na Barra da Tijuca, o Posto 1 no Leme, o Posto 13 em São Conrado, o Posto 2 em Copacabana, o Posto 8 em Ipanema seguido do Posto 11 no Leblon. Não surpreende que estes Postos estão localizados próximos a pontos terminais de ônibus ou seja, próximos aos locais onde os banhistas que utilizam o transporte público, e que via de regra moram distante da praia, são identificados como os ‘grupos de risco’ a sofrerem afogamentos.

REFERÊNCIAS

- BENEDET, L.; FINKL, C.W.; KLEIN, A.H.F. *Morphodynamic Classification of Beaches on the Atlantic Coast of Florida: Geographical Variability of Beach Types, Beach Safety and Coastal Hazards. Journal of Coastal Research, Special Issue 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium)*. 2004.
- BIERENS, J. (Org.). *Handbook on Drowning: Prevention, Rescue and Treatment*. Springer Press. Deutschland. 2004
- BULHÕES, E.M.R. *Caracterização Físico-Ambiental do Litoral da Cidade do Rio de Janeiro*. 2003. Monografia (Graduação em Geografia) – Dpto. de Geografia UFRJ. Rio de Janeiro, 2003.
- CERC – Coastal Engineering Research Center. *The Littoral Environment Observation (LEO). Data Collection Program*. Coastal Engineering Technical Aid no. 81.5. 1981.
- CERC – Coastal Engineering Research Center. *Shore Protection Manual (4th Edition)*. Waterway Experiment Station, Corps of Engineers, Vicksburg. 1984.
- DHI – DANISH HYDRAULIC INSTITUTE. *MIKE 21 Nearshore Spectral Wind-Wave Module, Release 2.7, User Guide and Reference Manual*. DHI Software, Denmark. 1995

- HOEFEL, F. and KLEIN, A.H.F. *Environmental and Social Decision Factors of Beach Safety in the Central Northern Coast of Santa Catarina, Brazil. Notas Técnicas da Facimar*, vol.2, 1998. p.155 – 166.
- HOLTHUIJSEN, L.H.; BOOIJ, N. and HERBERS, T.H.C. *A Prediction Model for Stationary Short – Crested Waves in Shallow Water with Ambient Currents. Coastal Engineering*, 13, 1989. p. 23-54.
- KLEIN; A.H.F.; SANTANA, G; DIEHL, F and MENEZES, J. *Analysis of Hazards Associated with Sea Bathing: Results of Five Years Work in Oceanic Beaches of Santa Catarina State, Southern Brazil. Journal of Coastal Research*, Special Issue 35: Brazilian Sandy Beaches, 2003. p.107 – 116.
- MUEHE, D. *Geomorfologia Costeira*. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S.B. (Org). *Geomorfologia: Atualização de Bases e Conceitos*. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil. 1995. p. 253 – 308.
- MUEHE, D. *Estado Morfodinâmico Praial no Instante da Observação: uma Alternativa de Identificação. Revista Brasileira de Oceanografia*, 46 (2) 1998a. p. 157 – 169.
- MUEHE, D. *O litoral Brasileiro e sua Compartimentação*. In: Guerra, A J T & Cunha, S.B. (Org). *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1998b.
- MUEHE, D.; DOBEREINER, C. *Dinâmica do Fundo Marinho ao Longo do Pier de Ipanema, Rio de Janeiro*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, vol.49 (2). 1977.
- SLSA, *2005 National Surf Safety Report. Surf Life Saving Australia*, Sydney. 2005.
- SHORT, A.D. *Three Dimensional Beach – Stage Model. Journal of Geology*, vol.87, 1979. p. 553 – 571.
- SHORT, A.D. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chinchester. 1999.
- SHORT, A.D.; HOGAN, C.L. *Rip Currents and Beach hazards: Their Impact on Public Safety and Implications for Coastal Management. Journal of Coastal Research*, Special Issue no.12: Coastal Hazards, 1994. p.197 – 209.
- TOLMAN, H.L. *A Third – Generation Model for Wind Waves on Slowly Varying, Unsteady and Inhomogeneous Depths and Currents. Journal of Physical Oceanography*, 21, 1991. p. 782 – 797.
- WHO – World Health Organization. *Guidelines for Safe Recreational Water Environments, vol.1 Coastal and Fresh – waters*. Geneva. 2003.
- WRIGHT, L.D.; THOM, B. *Coastal Depositional Landforms, a Morphodynamic Approach. Progress in Physical Geography*, 1, 1977. p. 412 – 459.
- WRIGHT, L.D.; CHAPPELL, J; THOM, B; BRADSHAW, M.; COWELL, P. *Morphodynamics of Reflective and Dissipative Beach and Inshore Systems: SE Australia. Marine Geology*, 32, 1979. p.105 – 140.
- WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D.; *Morphodynamics of Beaches and Surf Zones in Australia*. In: KOMAR, P. D. *CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion*. CRC Press Inc. Boca Raton – FL. 1983.
- WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. *Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: a Synthesis. Marine Geology*. 56, 1984. p. 93 – 118.