



Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza - CCMN

Instituto de Geociências - IGEO

Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG

Dissertação de Mestrado

Condições Morfodinâmicas Associadas a Riscos aos Banhistas.

Contribuição à Segurança nas Praias Oceânicas da Cidade do

Rio de Janeiro, RJ

por

Eduardo M R Bulhoes

Laboratório de Geografia Marinha UFRJ

eduardo_bulhoes@ufrj.br

EDUARDO MANUEL ROSA BULHOES

Condições Morfodinâmicas Associadas a Riscos aos Banhistas.

Contribuição à Segurança nas Praias Oceânicas da

Cidade do Rio de Janeiro, RJ

Dissertação de Mestrado
apresentada à Banca Examinadora
como requisito final para obtenção
do Grau de Mestre em Ciências
pelo Programa de Pós-Graduação
em Geografia da Universidade
Federal do Rio de Janeiro.

ORIENTADOR : Prof. Dr. Dieter Carl Ernst Heino Muehe

RIO DE JANEIRO
SETEMBRO DE 2006

Condições Morfodinâmicas Associadas a Riscos aos Banhistas.

Contribuição à Segurança nas Praias Oceânicas da Cidade do Rio de Janeiro, RJ

Eduardo Manuel Rosa Bulhoes

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – PPGG-UFRJ, como requisito final necessário à obtenção do grau de Mestre em Ciências.

Aprovada por :

Prof. Dr. Dieter Carl Ernst Heino Muehe - Orientador
UFRJ - Professor Titular

Prof. Dra. Maria Naíse de Oliveira Peixoto
UFRJ – Professor Adjunto

Prof. Dr. Guilherme Borges Fernandez
UFF - Professor Adjunto

Rio de Janeiro

2006

Bulhoes, Eduardo Manuel Rosa.

Condições Morfodinâmicas Associadas ao Risco aos Banhistas. Contribuição à Segurança nas Praias Oceânicas da Cidade do Rio de Janeiro / Eduardo Manuel Rosa Bulhoes. Rio de Janeiro : UFRJ/PPGG, 2006.

(Dissertação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. PPGG, 2006. Orientador: Prof. Dr. Dieter Muehe

1. Praias Oceânicas. 2. Condições de Mar. 3. Afogamentos 4. Riscos de Rotina 5. Morfodinâmica de Praias. 6. Geografia Marinha. 7. Geomorfologia Costeira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que direta e indiretamente ajudaram e participaram da realização deste trabalho. Aqueles e aquelas que, ausentes e presentes, conscientes e inconscientemente tiveram plena participação, e nem o imaginam.

Ao citar nomes, devo especial agradecimento ao professor orientador Dieter Muehe, que muito me fez crescer nestes quatro últimos anos, seja pelo exemplo de pessoa e cientista que é, sejam pelas questões levantadas, pelas dúvidas esclarecidas, pela confiança em mim e pelas oportunidades que me ofereceu e que absolutamente não caberiam somente em uma dissertação de mestrado.

Aos colegas do Laboratório de Geografia Marinha, Flávia Lins de Barros, Giseli Modolo, Isabela Azevedo, Mitzi Vidal, Mariana Carvalho pelo tanto que participaram e incentivaram este trabalho durante os dois últimos anos. Ao professor Guilherme Borges Fernandes, mesmo que em outra instituição, esteve presente pelas idéias, pela amizade e pelo constante incentivo.

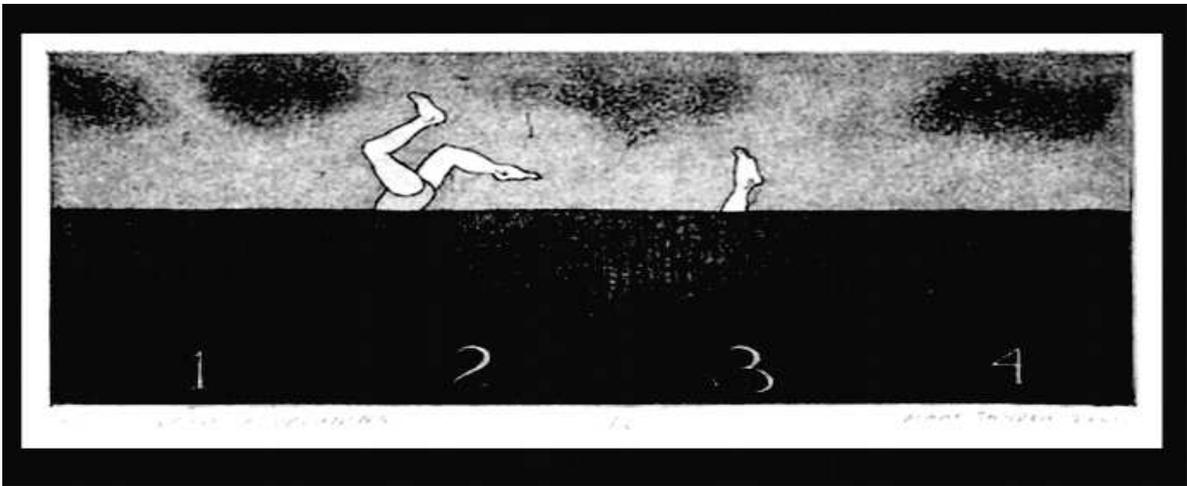
Ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, pelas informações cedidas; À CAPES pelos 24 meses de financiamento fornecido e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ pela apoio em seminários, congressos e por ser a “casa” que me permitiu a aquisição deste título.

Sem dúvida o principal agradecimento a duas pessoas, Carmen Bulhoes e Paulo Rosa, simplesmente por me fazerem existir, pelo carinho, pela educação e por tudo aquilo que ninguém mais pode dar.

À Helena Drummond por ser uma linda e adorável surpresa neste último ano.

meus sinceros agradecimentos,

Eduardo Bulhoes.



How to draw a drowning – Marc Snyder, 2001

www.moma.org

RESUMO

Afogamentos são um sério problema de saúde pública. 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, através 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 arrebatção das ondas, a topografia móvel do leito praiial e a formação de correntes longitudinais e de retorno na zona de surfe. Esses elementos 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 a riscos de afogamentos. Dentro deste cenário de riscos e perigos nas praias, e considerando a cidade do Rio de Janeiro como mais populosa metrópole à beira-mar do país objetiva-se neste estudo identificar e avaliar condições críticas à segurança ao banho de mar através de alguns questionamentos norteadores. A análise é feita a partir de dados em clima de ondas de 2004 e 2005, elaboração de simulações em propagação e refração de ondas, avaliação morfodinâmica em campo e análise das estatísticas em salvamentos nas sete principais praias oceânicas da cidade. O foco é a prevenção aos acidentes, pois isto aparece na literatura como mecanismo fundamental para se minimizar os riscos ao banho de mar. 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 praiial. Por sua vez, os estágios morfodinâmicos podem apresentar características perigosas aos banhistas, como arrebatção de ondas do tipo mergulhante, correntes de retorno e calhas profundas nos primeiros metros da zona de surfe. 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 expõe os banhistas a riscos. Os níveis de risco foram classificados como Risco Baixo, Risco Moderado, Risco Elevado e Risco Muito Elevado, com isto, espera-se contribuir com a prevenção dos afogamentos, visto que as condições de mar atualmente podem satisfatoriamente ser previstas e com isto, acredita-se que os níveis de risco associados a estes ambientes também.

ABSTRACT

SUMÁRIO

Folha de Rosto	ii
Folha de Aprovação	iii
Ficha Catalográfica	iv
Agradecimentos	v
Ilustração	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
Listagem de Acrônimos	xii
Listagem de Figuras	xiii
Listagem de Tabelas	xv

PARTE I – APRESENTAÇÃO

I. 1 – Introdução	01
I. 2 – Riscos e Perigos	05
I.3 - Afogamentos e Segurança em Praias	07
I.4 – Praias do Rio de Janeiro: breve histórico de simbologias, utilização e do salvamento aquático	09
I.5 – Caracterização Ambiental das Praias Oceânicas da Cidade do Rio de Janeiro	12
I.6 – Objetivos	17

PARTE II – DESENVOLVIMENTO

II.1 – Morfodinâmica de praias e níveis de segurança dos Banhistas	19
II.2 - Características dos Estágios Morfodinâmicos Praiais	24
II.3 - Perigos na Praia: profundidade, arrebentação e sistemas de correntes	32

II.3.1 - Topografia do fundo e profundidade da zona de surfe	32
II.3.2 - Tipos de Arrebentação	34
II.3.3 - Correntes Induzidas por Ondas	36

PARTE III – METODOLOGIA

III.1 – Batimetria da Plataforma Continental Interna Adjacente	43
III.2 – Coleta de Informações Morfodinâmicas	44
III.3 – Avaliação do Clima de Ondas para o Litoral da Cidade	45
III.4 – Simulação em Distribuição de Energia de Ondas	46
III.5 – Cobertura Remota	49
III.6 – Levantamento Topográfico na Zona de Surfe	50
III.7 – Estatísticas em Salvamento na Cidade do Rio de Janeiro	51

PARTE IV – RESULTADOS E DISCUSSÕES

IV. 1 - Batimetria da Plataforma Continental Interna Adjacente	52
IV.2 - Clima de Ondas	55
IV.3 - Simulações em refração de Ondas	60
IV.4 - Análise Granulométrica	64
IV.5 - Análise Morfodinâmica das Praias da Cidade	67
IV.6 - Análise Topográfica da Zona de Surfe	69
IV.7 – Tipos de Arrebentação	72
IV.8 - Análise das Estatísticas em Salvamentos no Rio de Janeiro	74

PARTE V – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
--	-----------

PARTE VI – BIBLIOGRAFIA	83
--------------------------------------	-----------

ANEXO A – ANÁLISE MORFODINÂMICA	92
--	-----------

ANEXO B – SIMULAÇÕES EM REFRAÇÃO DE ONDAS	95
ANEXO C – MAPAS	100
ANEXO D – NIVELAMENTO TOPOGRAFICO NA ZONA DE SURFE	110
ANEXO E – CLIMA DE ONDAS 2004 E 2005	122

Listagem de Acrônimos

- *OMS – Organização Mundial de Saúde*
- *WHO – World Health Organization*
- *USLA – United States Life-Saving Association*
- *SOBRASA – Sociedade Brasileira de Salvamento Aquático*
- *CBMERJ – Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro*
- *G-Mar – Grupamento Marítimo*
- *SEDEC – Secretaria de Estado de Defesa Civil*
- *SLSA – Surf Life Saving Australia*
- *DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha Brasileira*
- *DHI – Danish Hydraulic Institute*
- *NSW – Nearshore Spectral Wave*
- *LEO – Littoral Environment Observation*
- *CERC – Coastal Engineering Research Centre*
- *NDRC – Near-Drowning Recuperation Centre*
- *BT – Bancos Transversais*
- *TBM – Terraço de Baixa-Mar*
- *BPR – Banco e Praia Rítmica*
- *BCL – Banco e Calha Longitudinal*
- *ASCE – American Society of Civil Engineers*
- *CRA – Centro de Recuperação de Afogados*

- *CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos*
- *INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*
- *LAMMA – Laboratório de Modelagem de processos Marinhos e Atmosféricos*

Listagem de Figuras

- Figura 01. Total de Resgates por km linear de praia. Anos 2004 e 2005 02
- Figura 02. Gráfico comparativo entre os riscos encontrados nas praias e seus relativos graus de severidade, apontando as prioridades de tratamento. Extraído de WHO (2003). 03
- Figura 03. Resgates de Banhistas na Orla 08
- Figura 04. Resgates de Banhistas na Orla 08
- Figura 05. Posto de Salvamento na Praia de Copacabana (década de 50) 12
- Figura 06. Localização da Área de Estudo 14
- Figura 07. Foto do arco Barra da Tijuca-Recreio 16
- Figura 08. Foto do arco Copacabana-Leme 16
- Figura 09. Foto do Arco Leblon-Ipanema 16
- Figura 10. Foto do Arco São Conrado 16
- Figura 11. Tipologia das feições no ambiente praial 25
- Figura 12. Modelo de morfodinâmica de praias proposto por Wright & Short (1984) . 31
- Figura 13. Zona de surfe plana nos primeiros 30 metros, na praia de Copacabana. Arrebentação mergulhante pode levar o banhista a impacto forte com o fundo, significando perigo à integridade física 33
- Figura 14. Foto aérea oblíqua da praia da Barra da Tijuca, feição morfológica rítmica, alternando. Áreas profundas e rasas (perigosas e seguras) na extensão longitudinal da praia 33
- Figura 15. Foto de onda do tipo progressiva 35
- Figura 16. Foto de onda do tipo colapsante 35
- Figura 17. Identificação Visual das Rips 37
- Figura 18. Banhistas em corrente de retorno na praia de Ipanema 37
- Figura 19. Canais de Retorno em Terraço de Baixa Mar em São Conrado 37
- Figura 20. Áreas controle selecionadas para monitoramento morfodinâmico 44
- Figura 21. Mecanismo de refração das ondas 49
- Figura 22. Fotos do Píer da Barra e do Píer de Ipanema 50

• Figura 23. Postos de Salvamentos do G-Mar na área de estudo	51
• Figura 24. Contorno Batimétrico da Área de Estudo	52
• Figura 25. Superfície Tridimensional da Plataforma Continental da Área de Estudo	53
• Figura 26. Batimetria interpolada e rotacionada em 90°	53
• Figura 27. Batimetria interpolada e rotacionada em 180°	54
• Figura 28. Batimetria rotacionada em 90° até a isolinha de -50 m	54
• Figura 29. Média mensal em altura de ondas ao largo (ho) para o litoral da cidade do Rio de Janeiro	55
• Figura 30. Média mensal em período de ondas para os anos de 2004 e 2005 no litoral da cidade do Rio de Janeiro	55
• Figura 31. Correlação entre Altura de Ondas (Ho) e Período (T) ao largo do litoral da cidade do Rio de Janeiro	56
• Figura 32. Condições de mar para o largo do litoral da cidade do rio de janeiro, ano 2004. Direção de ondas, altura média e % de ocorrência	57
• Figura 33. Condições de mar para o largo do litoral da cidade do Rio de Janeiro, ano 2005. Direção de ondas, altura média e % de ocorrência	58
• Figura 34. Clima de Ventos nos anos de 2004 e 2005	59
• Figura 35. Praia do Leme, diâmetro mediano e velocidade de decantação	64
• Figura 36. Praia de Copa, diâmetro mediano e velocidade de decantação	65
• Figura 37. Praia de Ipanema, diâmetro mediano e velocidade de decantação	65
• Figura 38. Praia do Leblon, diâmetro mediano e velocidade de decantação	65
• Figura 39. Praia de São Conrado , diâmetro mediano e velocidade de decantação	66
• Figura 40. Praia da Barra da Tijuca, diâmetro mediano e velocidade de decantação ...	66
• Figura 41. Praia do Recreio, diâmetro mediano e velocidade de decantação	66
• Figura 42. Correlação entre a declividade da face da praia e Delta	68
• Figura 43. Correlação entre a altura da onda na arrebentação e Delta	68
• Figura 44. Correlação entre o diâmetro mediano dos grãos e Delta	69
• Figura 45. Perfil topográfico transversal. Barra da Tijuca 11.05.2005	70
• Figura 46. Perfil topográfico transversal. Barra da Tijuca 20.05.2005	70
• Figura 47. Perfil topográfico transversal. Barra da Tijuca 27.05.2005	70
• Figura 48. Perfil topográfico transversal. Barra da Tijuca 28.05.2005	71
• Figura 49. Perfil topográfico transversal. Barra da Tijuca 29.05.2005	71
• Figura 50. Superposição dos perfis na barra da tijuca e respectiva variação vertical máxima	71

- Figura 51. Superposição dos perfis na praia de Ipanema e respectiva variação vertical máxima 72
- Figura 52. Percentual de ocorrência dos tipos de arrebentação 73
- Figura 53. Gráficos evidenciando o perfil dos banhistas resgatados. 2004 e 2005 74
- Figura 54. Resgates de Banhistas por praia 74
- Figura 55. Total de banhistas resgatados e percentual de resgates nos finais de semana, 2005 75
- Figura 56. Percentual de Resgates por Posto de Salvamento 76
- Figura 57. Fluxograma do sistema de análise de risco nas praias 79
- Figura 58. Guia de Avaliação de Segurança nas Praias 80

Listagem de Tabelas

- Tabela 1. Correlação numérica entre Ω e os estágios morfodinâmicos Adaptado de MUEHE (1998)..... 22
- Tabela 2. Correlação numérica entre Δ e os estágios morfodinâmicos no instante da observação. Adaptado de MUEHE (1998)..... 23
- Tabela 3. Guia de avaliação de segurança nas praias - Impacto da alteração na altura significativa das ondas em relação à segurança para banho nos diversos estágios morfodinâmicos praias. Adaptado de Short (1999) 24
- Tabela 4. Classes Granulométricas para Sedimentos Costeiros 45

CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO

1.1 - Introdução

Na cidade do Rio de Janeiro, as praias oceânicas arenosas representam a maior e mais utilizada área pública de recreação, sejam pelos frequentadores assíduos ou esporádicos, sejam eles, nativos ou turistas atraídos pelo clima tropical predominante no verão e pelos finais de semana ensolarados e com temperaturas amenas durante quase todo ano.

Trata-se da maior metrópole à beira-mar do país, com elevada densidade demográfica (5.155 hab / km²)¹, onde as características naturais do ambiente costeiro que se traduzem em beleza cênica, balneabilidade e apelo de incremento na qualidade de vida através de atividades esportivas e saudáveis à beira-mar, são os principais atrativos que levam dezenas de milhares de frequentadores, que a partir daqui serão denominados de banhistas, diariamente e principalmente nos finais de semana às praias oceânicas da orla da cidade do Rio de Janeiro.

As praias oceânicas arenosas são ambientes inerentemente dinâmicos e que apresentam algumas características hidrodinâmicas perigosas ao homem que o expõe diariamente a riscos quanto à integridade física, à saúde e até a morte. Tal fato foi recentemente descrito por Short (1999), apontando que as praias representam a fronteira natural entre o continente e o oceano profundo, que apresentam topografia variável, compostas de bancos 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 a perigos adicionais, como afloramentos rochosos, recifes de coral, desembocaduras fluviais, ventos fortes e grande amplitude de maré (SHORT, 1999 p. 293). Cada um destes componentes, isolados ou conjugados, podem expor os banhistas a riscos 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)* e a *Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC)* através do *Grupamento Marítimo*

¹ População estimada em 01/07/2005. FONTE: IBGE cidades@.

(G-Mar) são as autoridades públicas responsáveis pela segurança dos banhistas nas praias e realiza milhares de resgates ano após ano (Figura 01).

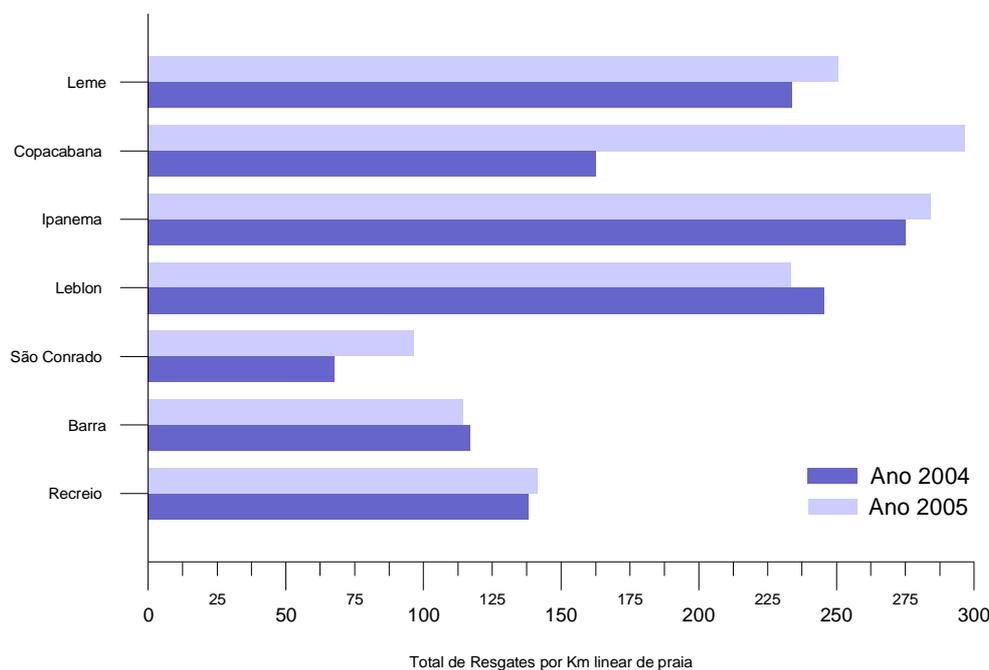


Figura 01 – Total de Resgates por Km linear de praia. Anos 2004 e 2005

Problemas de saúde pública como afogamentos não é exclusividade deste segmento do litoral em questão. Baseados em estudos pretéritos e numa avaliação sistêmica de dados em ocorrências utilizando informações de diversas nações, e com 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, denominado "*Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Vol.1 Coastal and Fresh Waters*" (WHO, 2003). 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 de taxas de afogamentos em ambientes recreativos aquáticos.

A Figura 02 lista alguns dos riscos aos quais os banhistas estão expostos e seu relativo grau de severidade, justificando os afogamentos e os pré-afogamentos como ocorrências que devem ser tratadas com extrema prioridade.

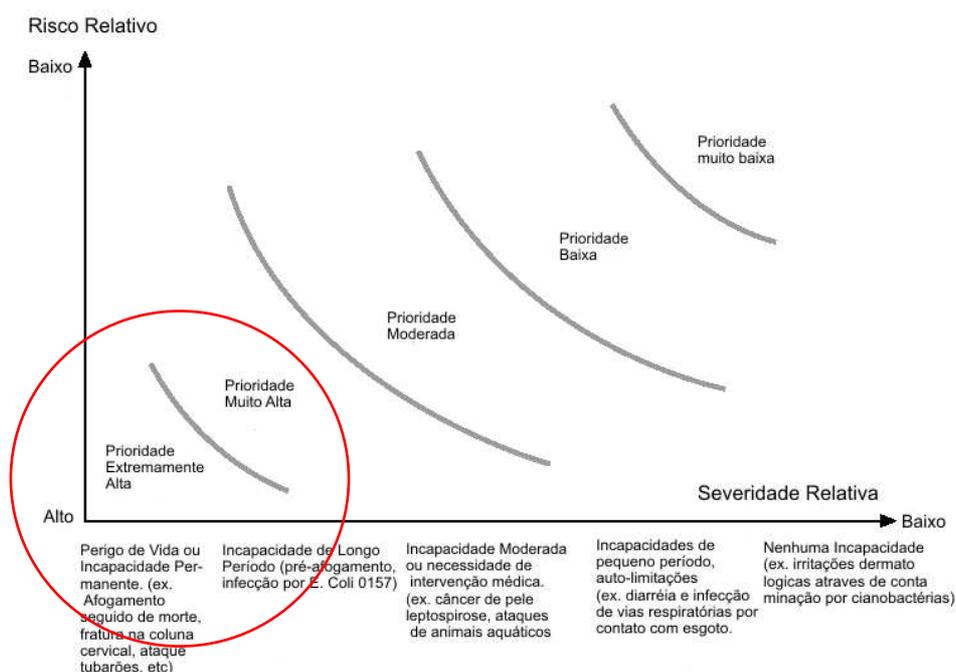


Figura 02. Gráfico comparativo entre os riscos encontrados nas praias e seus relativos graus de severidade, apontando as prioridades de tratamento. Extraído de WHO (2003).

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, culminando com a publicação do livro *‘Handbook on Drowning: Prevention, Rescue and Treatment’* em 2003.

Nos Estados Unidos destacam-se os anuários da *USLA – United States Lifesaving Association*, que trabalha com uma média de 4.000 afogamentos por ano, dos quais cerca de 50 a 75% destes ocorrem em corpos d’água naturais como praias, lagoas e rios (DIETZ & BAKER, 1974 *apud* WHO, 2003). Na análise de dados sobre afogamentos no período 1988-1997 nos EUA, cerca de 75% dos acidentes ocorrem em ambientes não monitorados por salva-vidas, as chances de afogamento em praias monitoradas são de um em dezoito milhões e a presença de salva-vidas desencoraja comportamentos arriscados dos banhistas da mesma forma que a presença da polícia desencoraja os criminosos (BRANCHE & STEWART, 2001). 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, revelam 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, a *SLSA – Surf Life-Saving Australia* é o órgão nacional de salvamento aquático que centraliza dados de resgate, realiza estudos técnicos, elabora treinamentos com salva-vidas e divulga informações sobre afogamentos no litoral australiano, ainda assim, trabalhos como os de Short & Hogan (1994) e o conciso capítulo 13- *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 da temática no litoral de Santa Catarina, apontam que há predominância em determinantes sociais em relação aos naturais para a questão da segurança nas praias assim, 86% dos resgates foram realizados sob condições de fracas a moderadas correntes de retorno (ou ‘rips’) 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. Já os trabalhos de Pereira *et al.* (2003) e Carvalho (2003) ao tratarem deste tema nos litorais oceânicos em praias selecionadas no extenso litoral do estado do Rio Grande do Sul e nas praias oceânicas da cidade de Salvador respectivamente, utilizam fotografias aéreas ortogonais e oblíquas, perfis de praia e dados em afogamentos, para associar riscos aos banhistas a condições morfodinâmicas e ambientais vigentes.

1. 2 – Riscos e Perigos

Inicialmente é necessária a distinção entre os termos risco e perigo (*risk and hazard*) que recorrentemente na literatura científica e no senso comum aparecem com definições bem próximas. O termo risco, segundo Lacey & Pike (1989) *apud* WHO (2003), é definido como o grau de exposição à determinada quantidade de perigo. E o perigo pode ser definido como uma gama de circunstâncias e processos que podem levar aos danos e prejuízos.

Segundo Cunha (1986) a palavra perigo, originada do latim *periculum*, significa uma circunstância que prenuncia um mal para alguém ou para alguma coisa. E risco significa uma possibilidade de perigo, ou possibilidade de perda, ou de responsabilidade pelo dano, e tem origem etimológica obscura. Em Lins-de-Barros (2005), citando Giddens (1991), o termo '*risk*' aparece como oriundo da língua inglesa no séc. XVII "estando relacionado a um termo náutico espanhol que significa correr para o perigo ou ir contra uma rocha" e ainda, a noção de risco está relacionada à compreensão de que resultados inesperados podem ser atribuídos ao nosso próprio comportamento, atividades ou decisões.

Há uma extensa literatura tratando de temas como riscos, riscos naturais, riscos ambientais, riscos sociais e outros, como em Palm (1990); Burton *et al.* (1993); Adams (1995); Hewwit (1997), Cutter (2001); porém os enfoques em riscos naturais são sobre desastres naturais como terremotos, maremotos, furacões, inundações, secas, tempestades e etc., pelo fato destes serem eventos de extrema severidade podendo ter amplitude espacial restrita ou elevada e períodos temporais reduzidos (como os terremotos) ou elevados (como as secas) e principalmente por colocarem em risco milhares de pessoas e propriedades além de elevadas quantias de capital e recursos. Em recentes publicações, Castro (2004) e Castro *et al.* (2005) apresentam destaque às distintas perspectivas de riscos, seu histórico, sua utilização acadêmica e não acadêmica enfatizando sua dimensão espacial e conceituações entre os termos correlatos e associados como perigo, vulnerabilidade, análise de risco, incluindo ainda riscos sociais, ambientais, biológicos, tecnológicos e etc., revisando toda a discussão conceitual entre os autores acima citados.

Contudo, a despeito da vasta literatura sobre riscos, nenhum foco é direcionado aos perigos da praia (*beach hazards*), porém é interessante destacar o seguinte fragmento:

"There are dangers that seem ever-present in the life, work and habitat of a given society. (...) such problems involve chronic or 'life-style' hazards. They are strongly reflected in gross statistics of a society's health, causes of death, life expectancy ... some result in the largest overall, 'untimely' loss of life. (...) Such risks tend to become integral or accepted, if feared, parts of everyday life. Their treatment is usually or mainly routine. (...) Permanent arrangements for dealing with them may, however,

involve the larger areas of investment in risk reduction or management." (HEWITT, 1997 pg. 4-5)

A partir deste recorte extrai-se a categoria de “riscos de rotina” como sendo aqueles que fazem parte do dia a dia da sociedade e que aparecem na forma de perigos crônicos e comportamentais, engrossando as estatísticas em acidentes e envolvendo consideráveis quantias para tratamento permanente. Em outro trecho, o autor trabalha com o conceito de risco e perigo como algo que está diretamente associado ao sítio geográfico e ao comportamento do homem, e que as questões em segurança pública são direcionadas principalmente em identificar e prever perigos, tentar minimizá-los ou removê-los.

"The idea of 'risk' conveys a fuller sense of the field, in that it embraces exposure to dangers, adverse or undesirable prospects, and the conditions that contribute to danger. Thus, risk analysis considers, especially, potential and assessed dangers. (...) For our purposes, this also directs attention to the human ecology and geography of conditions that promote or reduce safety."

(HEWITT, 1997 pg. 22)

“Questions of public safety and social security, of insurable and disaster risks, have generally focused on adverse outcomes, their likelihood and possibilities for prevention or mitigation.”

(HEWITT, 1997 pg. 23)

No presente trabalho os conceitos de risco e perigo serão interpretados a partir da idéia que o risco é o grau de exposição dos homens e daquilo que estes valorizam, a dados perigos que podem provocar danos e prejuízos à suas vidas. Neste caso os riscos são os de rotina e os perigos são aqueles promovidos substancialmente por características naturais do ambiente praias como a hidrodinâmica marinha e a variabilidade topográfica do fundo na porção próxima à praia, e a preocupação final está focada nas ferramentas que existem para identificar estes perigos, visando medidas preventivas e aqui, também de acordo com toda a literatura específica de riscos e afogamentos citada, a prevenção aparece como mecanismo fundamental para minimizar os riscos ao banho de mar.

1.3 - Afogamentos e Segurança em Praias

Afogamentos são um sério problema de saúde pública. Estima-se que, no ano de 2000, 449.000 pessoas morreram por afogamento em todo o mundo, cerca de 97% destes

ocorreram em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, e a estimativa foi efetuada com utilização de informações registradas, portanto, uma sub-estimativa já que nem todos os acidentes são registrados (PEDEN & McGEE *apud* WHO, 2003). Existe uma crescente discussão sobre a definição de afogamento. Por anos foi utilizado o termo pré-afogamento (*near-drowning*) para designar casos não fatais de afogamento. Em recente publicação, foi proposta uma nova definição visando padronizar a análise de dados pelo mundo, o que teoricamente ajuda a entender e ter uma visão global mais precisa do problema e com isso enfatizar ações preventivas e mitigadoras. Segundo Van Beeck *et al.* (2005) o termo afogamento designa o processo de experimentar parcial ou total impedimento das vias respiratórias por imersão ou submersão em líquido. É também necessário designar se o caso de afogamento é seguido por morte, morbidez ou por nenhuma morbidez.

Efetivamente diversos estudos foram elaborados utilizando dados sobre afogamentos, tanto a nível global (WHO, 2002), quanto a nível continental (SLSA, 1995) na Austrália; a nível regional, (SHORT & HOGAN, 1994) no litoral de *New South Wales*, costa leste da Austrália e a nível local (SZPILMAN, 1997) nas praias da cidade do Rio de Janeiro. Este último é um estudo de classificação utilizando dados em salvamentos aquáticos no litoral da cidade do Rio de Janeiro através de registros entre 1972 e 1991, publicado no periódico de ciências da saúde *CHEST*, visando atualização de um sistema classificatório de afogamentos. Foram analisados cerca de 40 mil casos de resgates em mar no litoral da cidade, devidamente registrados em boletins oficiais pelo corpo de salva-vidas, dentro de uma extensão de apenas 22 km na jurisdição do corpo de salva-vidas da cidade.



03



04

Fig. 03 e 04 – Resgates de banhistas na Orla. Fotos: CBMERJ em 2004.

O trabalho de Szpilman (*op.cit.*) é anterior a nova definição do termo e por isso, o autor considera e define a existência de seis níveis para a análise destas ocorrências: como resgate (*rescue*), o banhista apresenta normal auscultação pulmonar e está sem tosse; como pré-afogamento (*near-drowning*), quando são encontradas quaisquer alterações na auscultação pulmonar e a presença de tosse considerando a aspiração de água e, neste caso, ao banhista é oferecido os primeiros socorros no local do resgate na praia, ou ainda em unidades específicas de atendimento médico hospitalar de emergência (CRA-Centro de Recuperação de Afogados). Através da avaliação de parâmetros clínicos, o autor subdivide o pré-afogamento em quatro fases patológicas distintas, variando de acordo com os níveis de atividade respiratória e interrupção da atividade pulmonar. Afogamento é a *causa mortis*, registrada quando não existe nem pulsação cardíaca e nem função pulmonar espontânea.

O tema desta dissertação não considerará esta classificação como norteadora, porém o trabalho de Szpilman (*op.cit.*) revela dados interessantes. A taxa de mortalidade em 2.273 casos atendidos nos centros de recuperação de afogados é de 12,3%. Homens predominam em 74% dos casos dos quais 46 % afirmaram saber como nadar e que 71% moram distante da praia. As causas indiretas mais frequentes de pré-afogamento foram resultado do consumo de drogas como o álcool (36.2%), da ocorrência de disfunções fisiológicas repentinas (18.1%), de traumatismos (16.3%), seguido por parada cardíaca (14.1%), no exercício de atividades subaquáticas (3.7%) e outros (11,6%). Estes dados não foram registrados de acordo com as respectivas condições de mar e desta forma,

aparecem aqui, junto ao grau de utilização das praias, como condicionantes sócio-comportamentais à segurança dos banhistas.

Das estatísticas em salvamentos na Austrália (SLSA, 2005), cerca de 90% dos afogamentos são registrados na presença de correntes de retorno, as vítimas são majoritariamente homens (84 %), nas faixas etárias de 20-29 e 30-39 anos, dos quais 65% residentes a menos de 10 km da praia. As condições de mar normalmente são de ondas fracas (< 0.5 m) em 48% dos afogamentos e 64% destes ocorreram com ondas rompendo da forma deslizante.

A relação consumo de álcool e afogamentos não é positiva. Em recente trabalho Driscoll *et al.* (2004) acerca de dados de afogamentos nos EUA, revelam que a porcentagem de vítimas de afogamentos atribuídos diretamente ao consumo de álcool aparece entre 10% e 30%, que o risco de afogamento aumenta de acordo com a concentração de álcool no sangue e conclui que o consumo de álcool é amplamente associado aos ambientes recreativos aquáticos e que este comportamento é, de fato, um importante fator a ser considerado em campanhas preventivas já que eleva o risco de afogamento.

1.4 – Praias do Rio de Janeiro: breve histórico de simbologias, utilização e do salvamento aquático.

No plano simbólico, as praias da cidade do Rio de Janeiro constituem um dos mais fortes referenciais da cidade, sendo altamente valorizadas no imaginário social coletivo do país e também no mundo afora, mas nem sempre foi assim. No século XVII, os tratados e estudos médicos europeus começavam a valorizar as virtudes terapêuticas da água fria do mar, creditando-lhe a longevidade de povos vivificados por antiga tradição marítima. No século seguinte, cientistas e filósofos tornariam ainda mais enfática esta prescrição para a cura de doenças ligadas à melancolia e ao sistema nervoso (GASPAR, 2004. p.33-34). Ao analisar o histórico de discurso e poder nas áreas litorâneas da cidade do Rio de Janeiro, Silva (2001) evidencia o discurso médico como de ampla importância e difusão acerca da valoração simbólica das praias, que durante muito tempo foram tidas como áreas insalubres, fontes de geração de doenças e propagadora de epidemias. A partir de meados do século XIX, são observadas mudanças neste

discurso, visto que os focos agora se mudavam para a matéria orgânica, dos resíduos que a cidade em expansão começava a expelir. As condições de moradia precária das comunidades pobres e a ausência de saneamento começaram a preencher os discursos médicos ao mesmo tempo em que o mar perderia gradualmente o significado de criadouro e propagador de doenças e miasmas (SILVA, 2001, p.202).

“A voga do banho de mar, de fato, chegou ao Rio de Janeiro timidamente na segunda metade do século XIX, com os europeus devidamente convencidos que aliado ao sol, ao sal e ao iodo o mar traria benefícios à saúde” (GASPAR, 2004). A partir de 1880, o discurso médico da cidade se volta completamente para as benesses da hidroterapia na água do mar, e assim no final do século XIX, as áreas litorâneas vão ser incorporadas de maneira definitiva ao espaço urbano e à cultura da cidade do Rio de Janeiro.

A tríade praia-beleza natural-saúde experimentou ao longo do tempo, valorações, simbologias e mitos, e ainda despertou uma série de usos deste ambiente ora discriminados, ora regulados e ora incentivados. Um campo rico de investigação geográfica se abre a partir do momento que consideramos uma perspectiva histórica de representações das praias no imaginário social, já que são claramente distintas as valorizações da paisagem e do ambiente de praia, no tempo, e são distintas as expressões materiais e comportamentais neste ambiente, no espaço (SILVA, 2001).

Como exemplo, podemos citar o decreto no. 1143 de março de 1917, onde as autoridades municipais regulamentam o banho nas praias do Leme e Copacabana, com a intenção clara de por ordem e segurança nos excessos de popularidade do banho de mar, que aquela altura já começava a aparecer. A seguir fragmentos do decreto municipal, extraído de Gaspar (2004).

“Artigo 1 – O banho de mar só será permitido de 1º de abril a 20 de novembro, das 6 às 18 horas; e de 1 de dezembro a 31 de março, das 5 às 8 horas e das 17 às 19 horas. (...)”.

Artigo 2 – Os locais destinados ao banho serão assinalados por meio de mastros no perímetro determinado por duas balizas no sentido da praia e para o mar, antes da arrebentação.

Artigo 3 – As pessoas que fizerem uso do banho de mar devem apresentar-se com vestuário apropriado, guardando a necessária decência e compostura de acordo com as exigências da autoridade respectiva.

Artigo 4 – As condições do tempo e o estado do mar serão indicados por sinais convencionais instalados nos mastros que trata o Artigo 2. Parágrafo Único : A cor branca facilitará o uso do banho e a vermelha indicará a sua proibição (...)”.

No mesmo verão do ano de 1917, a prefeitura cria o serviço responsável pela segurança das praias cariocas, instalando botes em alguns pontos selecionados da orla para socorrer às vítimas de afogamentos. Em 1918, inaugura os postos da *sauvatage* que eram observatórios de madeira posicionados nos seis pontos onde o banho era permitido na orla entre o Leme e Copacabana. Neste momento os primeiros salva-vidas eram pescadores, recrutados no atual Posto 6. Foi assim até 1931, quando se abriu o primeiro concurso público para salva-vidas. (GASPAR, 2004. p.46). A partir de então, novas áreas de lazer serão incorporadas ao espaço litorâneo da cidade, com a expansão para os areais de Ipanema e Leblon, porém o ‘boom’ da utilização das praias cariocas se dá a partir de 1970.



Fig 05. Posto de Salvamento na Praia de Copacabana (década de 50). Extraído de Gaspar (2004)

A expressão espacial muda já que, pelo discurso médico, áreas ventiladas começaram a se valorizar e o padrão arquitetônico sofre uma transição, já que as cozinhas e áreas periféricas anexas às residências, que eram voltadas para o mar, dão lugar ao padrão atual de amplas janelas e ‘varandões’ voltados para o oceano (SILVA, 2001 p.204). Até então, esta tímida mudança na valoração dos ambientes de praia, passa do simbólico para o concreto através dos incentivos dos promotores do espaço, até os dias atuais, onde houve total inversão de valores de insalubridade-salubridade (SILVA, 2001), e a expressão espacial se dá pelos promotores imobiliários, turísticos e culturais nas praias da cidade.

1.5 – Caracterização Ambiental 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.

Na classificação de 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 intracordões. 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).

Tratam-se de praias oceânicas arenosas apoiadas sobre cordões litorâneos holocênicos, separadas por promontórios rochosos cristalinos ao qual estão normalmente associados pequenos canais de drenagem, expostas a regimes de micro-maré (amplitude em sizígia menor que 2 m) segundo classificação de Davies (1964) 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 resultantes 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 (BULHOES, 2003).

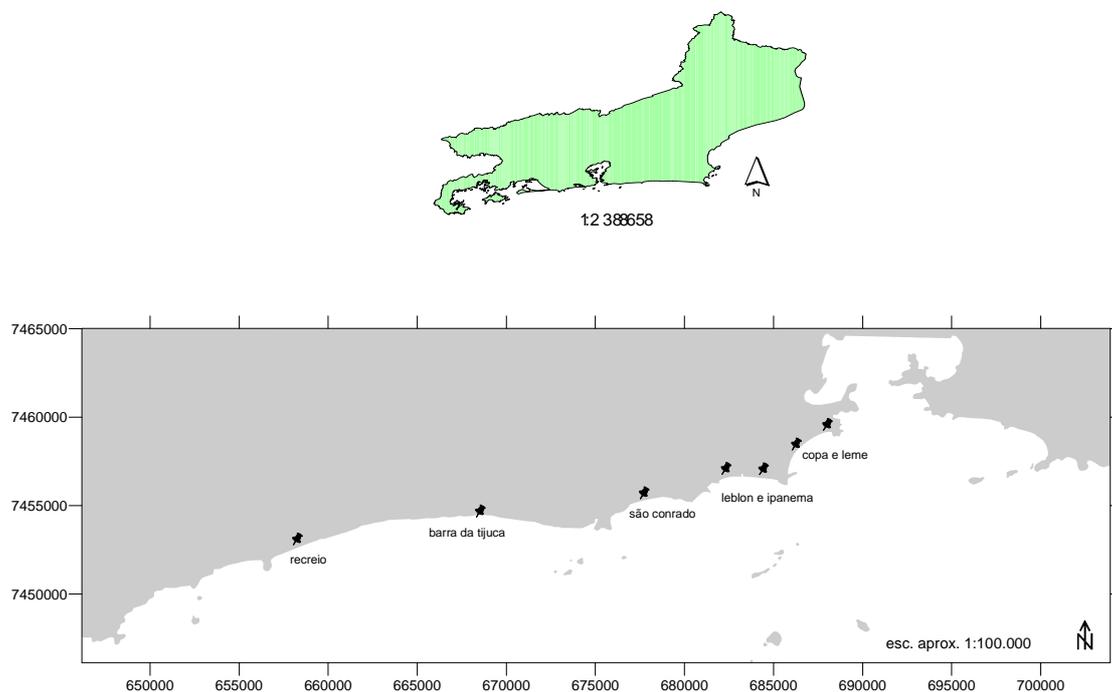


Fig. 06 – Localização da Área de Estudo

A partir da baía de Guanabara em direção à oeste o primeiro arco praiial estudado é o Leme-Copacabana de extensão aproximada de 4,2 km (1,2 km Leme e 3,0 km Copacabana), delimitado em sua extremidade nordeste pelo costão Ponta do Leme e na extremidade sudeste pela Ponta de Copacabana. Nas proximidades desta última extremidade, o arco praiial sofre gradativa inflexão para sul e torna-se exposto frontalmente às entradas de ondulações de leste, leste-sudeste e de sudeste muito comuns no litoral da cidade do Rio de Janeiro.

O arco praiial seguinte Ipanema-Leblon, de extensão aproximada de 4 km (2,6 km Ipanema e 1,4 km Leblon), é delimitado, em sua porção leste, pela ponta do Arpoador, onde se inicia a praia homônima. Em seguida segue a praia de Ipanema que é delimitada à oeste pelo canal de maré do Jardim de Alah², que faz a ligação entre a laguna Rodrigo de Freitas, e o oceano Atlântico. Segue-se então a praia do Leblon, até as proximidades da Ponta Dois Irmãos, onde existe uma outra embocadura de maré.

Defronte ao segmento Ipanema-Leblon, existe o arquipélago das Ilhas Cagarras, um conjunto de ilhas, ilhotas e lajes que, por efeito de difração das ondas, protegem em parte a linha de costa das ondulações de tempestade frontais, advindas do quadrante Sul.

Em seguida o arco praiial de São Conrado é delimitado em sua extremidade leste pela Ponta Dois Irmãos, que é um longo costão rochoso, de extensão longitudinal aproximada de 2,6 km em cuja encosta passa a Avenida Niemeyer. O arco praiial subsequente tem extensão aproximada de 2,5 km e é delimitado em sua porção oeste por outro costão rochoso, também de expressiva extensão, denominado de Ponta da Gávea, onde a proeminência mais ao mar é a Ponta do Marisco.

Finalmente, o mais extenso arco praiial da cidade do Rio de Janeiro, iniciado na praia da Barra da Tijuca estendendo-se ao Recreio dos Bandeirantes, de extensão aproximada de 18 km, delimitado em sua porção leste pelo Canal da Joatinga. Uma feição interessante é que o arco praiial se inicia, neste ponto, a partir do canal de maré que interliga as lagunas costeiras da baixada de Jacarepaguá ao mar. Em conjunto a este sistema lagunar, desenvolveu-se uma extensa planície costeira inteiramente dentro da cidade, e é clara a formação de lagunas intra-cordões, como a de Marapendi. Estes cordões arenosos que já foram estudados por Muehe *et al.* (1973), ainda podem ser observados

² É interessante ressaltar que a tendência natural deste canal, pela ação das ondas rompentes, é de fechamento pois sua abertura se daria naturalmente durante poucos meses do ano. Neste ponto, são feitas, pelo poder público dragagem periódica para manter a circulação hidráulica entre a lagoa e o mar. Os sedimentos dragados por trinta anos, nunca foram repostos à praia, sendo estimados em 100.000 m³, ou seja, um volume bastante significativo para um arco praiial de aproximadamente 4 km (VALENTINI e NEVES, 1989).

na sua forma preservada ou semi-preservada em determinados locais como na Reserva, onde ainda existe uma vegetação de restinga nativa e afloramentos de rochas (arenitos de praia³ ou ‘*beach rocks*’) a aproximadamente 2.5 m de profundidade (observação pessoal).

Para melhor compreensão das condições oceanográficas as quais este litoral está submetido foi efetuado um estudo em clima de ondas utilizando dados de previsão oceânica e elaboradas simulações de refração de ondas, que serão apresentados nos resultados. Periódicos levantamentos em campo permitiram avaliar as condições morfodinâmicas e morfo-sedimentares em sete pontos deste litoral, o que também será apresentado nos resultados.



07



08



09



10

Figuras 07 a 10 – Fotografias da área de estudo; 07. Arco Barra da Tijuca-Recreio; 08. Arco Copacabana-Leme; 09. Arco Leblon-Ipanema; 10. Arco São Conrado.

Fotos: 07, 08 e 09 RIOTUR; 10 Eduardo Bulhoes.

³ Veja em ANEXO C – Mapa 06

1.6 – Objetivos

Através da análise das características oceanográficas e meteorológicas - ditas clima de ondas - e da resposta morfo-sedimentar que cada praia apresenta a determinadas condições de mar, são definidos os estágios morfodinâmicos das praias que, de fato, podem expor banhistas a risco de afogamentos. Os processos hidrodinâmicos que se desenvolvem em águas rasas de cada praia ocorrem em função da mobilidade e da capacidade que estas têm de se adaptar momentaneamente à entrada (*input*) de energia promovida pela ação das ondas, dos ventos e das oscilações das marés, assumindo características diferenciadas em cada uma e mesmo em segmentos distintos de um mesmo arco praial.

Adicionalmente, o estudo das estatísticas em salvamentos de banhistas permite a identificação de segmentos com maior e menor incidência de afogamentos, além de uma avaliação qualitativa do público freqüentador das praias, permite a identificação de grupos risco em relação à segurança ao banho de mar. A literatura científica especializada sugere que a prevenção é o melhor mecanismo de atenuação dos riscos ao banho de mar, dos acidentes fatais e não fatais. A hipótese é que a pré-identificação de condições perigosas nas praias assim como a identificação de segmentos onde se concentram os grupos de maior risco de afogamento, são elementos necessários para a difusão de informativos de prevenção de acidentes durante o banho de mar e ainda, subsidiam campanhas de educação e intervenção diretamente com o público.

Dentro deste cenário de riscos e perigos nas praias, e considerando a cidade do Rio de Janeiro como mais populosa metrópole à beira-mar do país objetiva-se neste estudo identificar e avaliar condições críticas à segurança ao banho de mar através dos seguintes questionamentos norteadores:

- De qual forma e com que intensidade os processos morfodinâmicos, resultantes de complexa interação física entre fluxos hidrodinâmicos e reposicionamento do

fundo arenoso podem ser observados como indicadores qualificantes de condições perigosas ao banho de mar ?

- Como se aplica o modelo de classificação morfodinâmica nas praias oceânicas da cidade e quais os principais perigos a elas associados ?
- Qual a relação dos perigos identificados nas praias com a incidência de afogamentos?
- Existe algum grau de previsibilidade de condições perigosas aos banhistas ?

O desenvolvimento e as respostas a estes questionamentos serão elaborados através da compreensão da dinâmica natural das praias e dos elementos perigosos associados, da elaboração de uma metodologia que permita avaliar as condições de mar nas praias e os riscos associados e ainda, da interpretação dos resultados alcançados.

II.1. Morfodinâmica de praias e níveis de segurança dos banhistas

Para avaliar qualitativos da praia e da zona submarina adjacente, assumindo uma correlação entre hidrodinâmica e variabilidade do fundo marinho móvel, este trabalho está norteado a partir do modelo de morfodinâmica de praias, bastante desenvolvido a partir da década de 1970 pela escola australiana de geografia.

A definição do termo “morfodinâmica de praias” foi feita inicialmente por Wright & Thom (1977 *apud* SHORT, 1999), definido como "ajuste mútuo da topografia e da dinâmica dos fluidos marinhos envolvendo transporte de sedimentos". No sistema praia-antepraia isto significa que existe um ajuste dinâmico da topografia móvel do fundo marinho, que responde às oscilações hidrodinâmicas produzidas por ondas, marés, ventos e outros sistemas de circulação, que ao mesmo tempo irão influenciar a dinâmica destes mesmos processos, através de mecanismos de retroalimentação positiva e negativa.

No final dos anos 70, Short (1979) publica um trabalho identificando seis estágios morfodinâmicos e suas características em dois períodos distintos, o acrescional devido a uma gradativa diminuição da energia das ondas e de sua esbeltez⁴ associado a uma migração dos sedimentos da zona de surfe em direção à praia de forma deposicional até uma condição refletiva; e um outro período, o erosivo, caracterizado pelo gradativo aumento na energia das ondas e também de sua esbeltez, erodindo e transportando os sedimentos da praia e depositando-os ao longo de uma extensa zona de surfe, formando ulteriormente um perfil suave do tipo dissipativo. Como incorpora oscilações laterais na zona de surfe, produzidas pela incidência oblíqua das ondas e por sistemas de correntes por estas induzidos, este é o modelo conhecido como tridimensional.

No mesmo ano, Wright *et al.* (1979) publicam um trabalho onde mostram os passos de um estudo envolvendo diversas praias da costa leste Australiana. As praias estudadas apresentam ampla variabilidade de processos morfológicos e hidrodinâmicos oriundos

⁴ Esbeltez (*stepness*) da onda é a relação entre as características geométricas de altura e comprimento (H_o/L_o), sendo as ondas de tempestade (vagas) de elevada esbeltez em comparação às ondas de tempo bom (marulhos) de baixa esbeltez. (MUEHE, 1995a) Esta relação também define mecanismos de fluxo de sedimentos em direção ao oceano e em direção ao continente quando em águas rasas.

de diferenças na exposição destas aos processos induzidos por energia de ondas, disponibilidade de sedimentos e condições de contorno morfológicas. Estas diferenças são expressas mesmo em compartimentos praias vizinhos, através de metodologias como o monitoramento mensal das praias e suas condições topográficas, além de um ‘background’ científico de um parâmetro de reflectividade, o ‘*Surf-Scaling Parameter*’ (CARRIER & GREENSPAN, 1958; GUZA & BOWEN, 1975; GUZA & INMAN, 1975) que é dado por:

$$\varepsilon = ai \omega^2 / g \tan^2 \beta \quad (1)$$

Onde ai é a amplitude da onda próxima à arrebentação; $\omega = 2\pi/T$ onde T é o período médio das ondas; g é a aceleração da gravidade; e β é o ângulo de inclinação da praia. Este parâmetro mostra correlação entre características de energia de ondas relacionadas a morfologia do fundo, e com isso, para valores de ε tem-se:

$\varepsilon < 1$ – completa refletividade e nenhuma dissipação;

$\varepsilon < 2.5$ – forte refletividade e ressonância a despeito de reduzida dissipação;

Ondas de baixa esbeltez do tipo ascendentes (*surging*) e praias de gradiente elevado, normalmente com sedimentos mais grossos e a presença das “*edge waves*”, ou ondas de borda, que são ondulações de período igual ($T_e = T$) as chamadas sincrônicas e ou períodos maiores ($T_e = 2T$) ditas sub-harmônicas e ocorrem no sentido praia-antepraia. Estas ondas, ditas de infragravidade, possivelmente são responsáveis pela geração da feição cúspides (GUZA & INMAN, 1975; WRIGHT & THOM, 1977 *apud* WRIGHT *et al.*, 1979).

Para valores de $\varepsilon > 2.5$ as ondas passam a quebrar antes de atingir a face da praia, ou seja, a energia da onda começa a ser dissipada na zona de surfe. Isto ocorre devido a uma suavização no gradiente praias e/ou um aumento na esbeltez das ondas. Um aumento gradual de ε acompanha um gradual aumento na largura da zona de surfe e na dissipação de energia das ondas até estas chegarem na face da praia. Nestes casos as ondas na arrebentação são do tipo mergulhante (*plunging*) e/ou progressiva (*spilling*). Segundo Wright *et al.* (1979) estudos sugerem que partir de $\varepsilon > 33$ as ondas são

progressivas e a praia atinge o máximo de dissipação de energia (GALVIN, 1972 *apud* WRIGHT *et al.* 1979).

Ainda segundo Wright *et al.* (1979), a utilização deste parâmetro e a determinação de características morfológicas acerca do clima de ondas levam a um modelo geral que explica as distinções espaço-temporais das praias.

Alguns autores elaboraram estudos acerca da correlatividade entre parâmetros matemáticos e características específicas das praias. Dean (1973), ao analisar o comportamento dos grãos dentro d'água, correlaciona a característica granulométrica do sedimento envolvido com uma relação de esbeltez das ondas. O parâmetro ômega Ω de Dean é dado pela seguinte relação:

$$\Omega = Hb / \bar{\omega}_s T \quad (2)$$

Onde, Hb é a altura da onda significativa na arrebentação mais externa; $\bar{\omega}_s$ é a velocidade mediana de decantação dos sedimentos coletados na face da praia; e T é o período médio das ondas.

No principal trabalho, Wright & Short (1984) publicam uma síntese dos resultados em estudos intensos em dinâmica de praias entre 1979 e 1982 no litoral australiano, propondo correlatividade entre as variações de valores do parâmetro Ω (DEAN, 1973) e os diferentes estágios modais das praias, concluindo que dependendo das condições ambientais locais, da granulometria dos sedimentos praias e das condições de ondas antecedentes, as praias devem ser dissipativas, refletivas ou intermediárias. Outro ponto é que as contribuições relativas das ondas incidentes, das ondas de infragravidade (ou longo período) e o transporte de massa na zona de surfe variam conforme os estágios morfodinâmicos. E que o estágio morfodinâmico modal reflete as condições ambientais e de ondas mais recorrentes (WRIGHT & SHORT, 1984).

O modelo de morfodinâmica de praias de Wright & Short (1984), incluindo a morfologia da antepraia, zona de arrebentação, zona de surfe e pós-praia, identifica seis estágios morfodinâmicos para as praias arenosas, dois deles extremos: o Dissipativo e o

Refletivo; e quatro intermediários: Banco e Calha Longitudinal (BCL), Banco e Praia de Cúspides (BPC), Bancos Transversais (BT) e o Terraço de Baixa Mar (TBM).

Tabela 1. Correlação numérica entre Ω e os estágios morfodinâmicos. Adaptado de MUEHE (1998a).

Estado Morfodinâmico	Ω	Desvio Padrão
Refletivo	1,5	-
Terraço de Baixa Mar (TBM)	2,4	0,19
Bancos Transversais (BT)	3,15	0,64
Banco de Praia e Cúspides (BPC)	3,5	0,76
Banco e Calha Longitudinal (BCL)	4,7	0,93
Dissipativo	> 5,5	-

Muehe (1998a) mostra uma avaliação crítica da aplicação do parâmetro ômega e dos parâmetros de clima de espraimento a diversos tipos de praias do litoral do estado do Rio de Janeiro, submetidas a condições oceanográficas distintas. Acerca da baixa diagnosticidade do parâmetro Ω para a caracterização do estado praiial, resultado extraído de seu estudo o autor propõe o parâmetro delta Δ , como uma abordagem mais diagnóstica do que o parâmetro Ω de Dean (1973), já que entende a zona de surfe como um filtro cuja função é modificar a onda incidente através da morfologia do fundo e das condições morfodinâmicas no momento da observação. Acrescenta ainda que a comparação entre os parâmetros da onda na zona de arrebenção mais externa (como a altura e período de ondas) e na zona de espraimento na face da praia (como o grau de inclinação da face da praia, distância e período de espraimento) funcionam respectivamente como a entrada e a saída de um sistema estímulo-resposta, que é mediatizado pela zona de surfe. Abaixo, o parâmetro Delta Δ (MUEHE, 1998a):

$$\Delta = \frac{(\text{sen}\beta \cdot \text{Despr}) / Hb}{T_{\text{espr}} / T} \quad (3)$$

Onde, β é a declividade da face da praia; Despr é a distância medida entre o início do espraimento e limite máximo do refluxo da onda na face da praia; Hb é a altura média

das ondas na arrebentação mais externa; $Tespr$ é o tempo resultante do clima de espreamento; T é o período da onda.

Tabela 2. Correlação numérica entre Δ e os estágios morfodinâmicos no instante da observação. Adaptado de MUEHE (1998a)

Estado Morfodinâmico	Δ	Desvio Padrão
Refletivo	> 2,0	-
Terraço de Baixa Mar (TBM)	1,0 - 2,0	0,19
Bancos Transversais (BT)	0,8 - 1,0	0,64
Banco e Calha Longitudinal (BCL)	0,5 - 0,8	0,93
Dissipativo	< 0,5	-

Short & Hogan (1994), ao analisar a temática dos perigos costeiros (*coastal hazards*) e ao identificar que as políticas de gerenciamento estavam relacionadas diretamente à proteção costeira de estruturas urbanas e propriedades particulares diante de eventos extremos relacionados à erosão costeira e alagamentos, a despeito da segurança das pessoas que utilizam as praias diariamente, propuseram uma classificação em segurança dos banhistas em praias na Austrália, de acordo com o grau de utilização e com o modelo morfodinâmico de praias de Wright & Short (1984). Na análise de características físicas das praias que promovem ambientes inseguros ao banho de mar os autores destacam cinco, a saber: profundidade da zona de surfe, variabilidade da topografia do fundo, ondas rompentes, correntezas na zona de surfe e perigos químicos e biológicos (este último apenas citado e não desenvolvido no trabalho). Com isso os autores propõem e consideram uma escala de segurança ao banho de mar que varia de 1 (seguro) a 10 (inseguro) de acordo com o aumento de altura nas ondas numa seqüência das praias refletivas as dissipativas, apontando também características específicas dos estágios modais que podem contribuir ao risco do banho de mar, com destaque aos sistemas de correntes induzidos por ondas, especialmente às correntes de retorno, cuja participação envolve cerca de 90% dos registros de salvamentos na Austrália, e estão associados às praias intermediárias.

Tabela 3. Guia de avaliação de segurança nas praias - Impacto da alteração na altura significativa das ondas em relação à segurança para banho nos diversos estágios morfodinâmicos praias. Adaptado de Short (1999).

Estado morfodinâmico / Altura das ondas	< 0.5	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	> 3.0
Dissipativo	4	5	6	7	8	9	10	10
Banco e Calha Longitudinal	4	5	6	7	7	8	9	10
Banco e Praia Rítmicas	4	5	6	6	7	8	9	10
Bancos Transversais	4	4	5	6	7	8	9	10
Terraço de Baixa-Mar	3	3	4	5	6	7	8	10
Refletivo	2	3	4	5	6	7	8	10

Taxas de segurança para banho

Seguro 1 - 3
Moderadamente seguro 4 - 6
Pouco seguro 7 - 8
Inseguro 9 - 10

-  Ondas grandes associadas a fortes correntes de retorno
-  Correntes de retorno, longitudinais e ondas paralelas
-  Boa profundidade e correntes fracas
-  Ondas quebrando na face da praia

II. 2. Características dos Estágios Morfodinâmicos Praiais

É apresentada uma síntese das principais características dos estágios morfodinâmicos praias de acordo com a literatura (SHORT (1979); WRIGHT *et Al.* (1979); WRIGHT & SHORT (1983); WRIGHT & SHORT (1984); SHORT & HOGAN (1994); MUEHE (1995); MUEHE (1998); SHORT (1999); CALLIARI, *et al.* (2003)), sobretudo no que diz respeito à morfologia, hidrodinâmica próxima a praia e aos perigos associados ao banho de mar. A figura 04 ilustra as tipologias constituintes do ambiente praias.

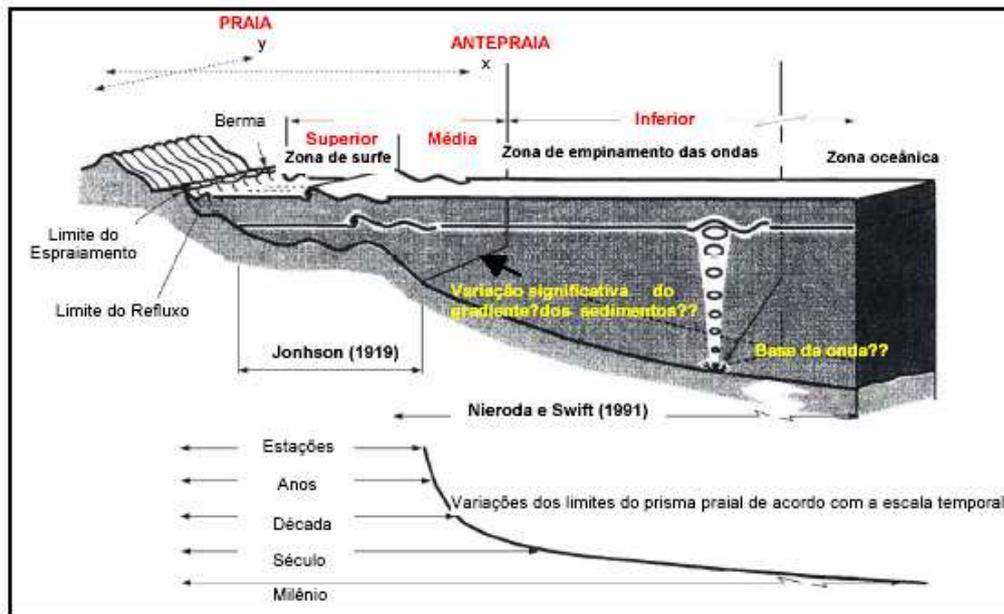


Fig.11 – Tipologia das feições no ambiente praial. (adaptado de SHORT (1999) apud ROSO, 2003).

- **Estágio Dissipativo**

O perfil de uma praia dissipativa caracteriza-se, quanto à morfologia, por uma extensa e plana zona de espraimento que normalmente se estende da base da duna frontal, ou mesmo da vegetação de restinga, até o recuo máximo da onda na face da praia. A zona de surfe também se apresenta extensa e plana, com bancos e calhas suaves e estreitos e que atingem maior amplitude em direção ao mar. A composição granulométrica é normalmente de areias finas a muito finas, bem selecionadas. Ocorrem em praias expostas e de alta energia de marulhos ou mesmo com vagas de tempestades, ondas esbeltas e de curto período que dissipam quase toda energia até atingirem a face da praia, arrebatando em múltiplas linhas, na forma deslizante. Os fluxos na zona de surfe são dominados pela arrebatção deslizante ou progressiva das ondas e com isso os fluxos de retorno existem na forma de fluxos de fundo (*undertow*) e ondas estacionárias (SHORT, 1999). Existe a possibilidade de se formarem fluxos longitudinais, pela presença de bancos e calhas paralelas, mas por serem múltiplas as ocorrências de correntes de retorno ficam restritas a fluxos possivelmente existentes por controle de promontórios, desembocaduras ou estruturas rígidas na zona de surfe.

Quanto à segurança dos banhistas, maior o perigo quanto maior o afastamento da praia por causa do gradativo aumento na amplitude dos bancos e calhas e na altura de arrebatção das ondas. Banho seguro na zona de espraiamento da onda na face da praia, atentando para o ‘*wave-setup*’ ou seja, levantamento do nível da água por empilhamento de ondas.

- **Estágio Refletivo**

As praias refletivas ocorrem no extremo oposto do espectro, mas não necessariamente com ondas fracas. Existem as praias refletivas de alta energia e as de baixa energia. As primeiras são compostas de areias médias a muito grossas, por vezes grânulos, e quanto maior for a granulometria maior é a probabilidade da praia ser refletiva, independente do clima de ondas. No segundo, em praias de areias médias a finas, a praia também pode ser refletiva desde que a altura das ondas não atinja 1,0 m, ou seja, desde que a capacidade da onda em retirar sedimentos da face da praia seja reduzida (SHORT, 1999). No geral, estas praias ocorrem em embaiamentos e estuários, ou seja, em ambientes protegidos de ondas de tempestade e de marulhos altos, ou em praias semi-expostas, por meio de um longo período de ondas de baixa altura e esbeltez, que tendem a deslocar sedimentos para a porção emersa da praia.

Quanto à morfologia, apresentam a pós-praia normalmente estreita com a presença de uma ou duas bermas bem elevadas. O gradiente da face da praia é normalmente elevado e por isso a distância e o tempo do espraiamento das ondas são curtos. A zona de surfe é pouco desenvolvida ou inexistente, pois o gradiente acompanha o da face da praia e também é elevado, impossibilitando a formação de bancos submersos.

Pelo controle da morfologia as ondas tendem a refletir a energia diretamente na face da praia através dos tipos de arrebatção ascendente e colapsante, esta energia refletida volta no sentido oposto, na forma de ondas de borda (*edge waves*). Na praia emersa, não existem alterações longitudinalmente, excetuando a possível presença de cúspides de pequeno espaçamento.

Quanto à segurança, a praia é segura em situações de baixa energia de ondas e arrebentação do tipo ascendente. Em condições de maior energia, os perigos aumentam, pois as ondas colapsantes podem derrubar os banhistas, principalmente crianças ou idosos, ou através de sua reflexão na face da praia, afastá-los da praia em direção ao mar aberto, visto que a transição para profundidades maiores que a altura da pessoa (*chest-height*) é brusca e relativamente próxima à porção emersa da praia.

Estágios Intermediários

As praias intermediárias são aquelas que estão entre os opostos no espectro de energia, ou seja, entre as praias dissipativas de alta energia e as praias refletivas de baixa energia (WRIGHT & SHORT, 1984). São particularmente caracterizadas pela presença de uma zona de surfe composta por bancos e calhas que apresentam grande variabilidade em sua posição, profundidade e em sua forma. Por apresentarem ampla variabilidade em sua morfologia e também por estarem sujeitas a fluxos hidrodinâmicos produzidos por ondas baixas, moderadas e fortes, as praias intermediárias tendem a migrar de um estágio para o outro e por isso foram analisadas por Wright & Short (1984) a partir de quatro subtipos distintos:

- **TBM - Terraço de Baixa-Mar**

É o tipo de praia intermediária mais próxima às praias refletivas. Apresentam um banco de areia, plano e raso, com largura de alguns metros a dezenas de metros, acoplado à praia e normalmente exposto na baixa-mar. As areias variam entre finas e médias e as ondas em altura e energia, são de pequenas a moderadas (normalmente menores que 1.0 m). O banco e o terraço são rasos e, em sua extremidade voltada para o mar, ocorre arrebentação de ondas do tipo mergulhante. A calha, em direção ao mar, é posterior ao terraço e pode atrair correntes que o atravessam. O gradiente da praia é de moderado para íngreme (dependendo da granulometria) e a arrebentação é mais eficiente na baixa-mar ocorrendo na forma mergulhante, na extremidade externa do terraço. Na preamar, as ondas passam sobre o terraço sem arrebentar e a praia se comporta como refletiva (SHORT, 1999).

Quanto à segurança aos banhistas a praia durante a baixa-mar é segura no terraço, porém é necessário atentar para a arrebentação mergulhante na porção voltada para o mar anterior ao terraço e a pequenas correntes de retorno intensificadas pela maré vazante. Dentre as praias intermediárias é o estágio mais seguro.

- **BT - Bancos Transversais**

Este tipo de praia apresenta bancos de areia acoplados transversalmente ou oblíquos à praia, morfologia longitudinal rítmica com cúspides. Grãos de finos a médios e energia de ondas com alturas moderadas acima de 1.0 m na arrebentação. Os bancos transversais à praia são rasos condicionando arrebentação do tipo mergulhante, dissipando a maior parte da energia sobre eles. Estes bancos são espaçados lateralmente por calhas de profundidade potencialmente efetiva para a geração de correntes de retorno. A praia apresenta gradiente plano e suave quando dos bancos acoplados e é íngreme e profunda quando na presença das calhas. Os sistemas de circulação com correntes de retorno são individualizados, moderados e fortes.

Quanto à segurança, a praia pode ser considerada perigosa e insegura pelo pleno e efetivo desenvolvimento de correntes longitudinais que alimentam as correntes de retorno. Mesmo nos bancos, existe o perigo eminente do banhista ser atingido por uma onda forte e carregado por uma corrente longitudinal até áreas mais profundas, com isso nadadores inexperientes, crianças e idosos correm risco de serem transportados por uma corrente de retorno facilmente.

- **BPR - Banco e Praia Rítmicos**

Caracteriza-se pela morfologia longitudinal rítmica (ondulada) da praia, do banco e da calha. A fisiografia da face da praia acompanha a do banco e assim temos a alternância de cúspides (protuberância arenosa em direção ao mar) em forma de terraço plano que são intercalados por embaiamentos com declividade acentuada e presença de escarpa também na face da praia. As cúspides estão formadas e acompanham a mesma direção da porção mais rasa e protuberante do banco e os embaiamentos estão associados aos

canais de ‘rips’ formados pelo refluxo d’água em direção ao mar aberto e que apresentam também um espaçamento quase constante. A separação do banco da praia é feita por uma calha, profunda que também acompanha a ritmicidade da face da praia e do banco, ora estando mais larga (entre os embaixamentos da face da praia e os canais de ‘rips’ no banco) ora mais estreita (entre as cúspides da face da praia e a porção mais rasa do banco). Quanto a hidrodinâmica Short (1999, pg. 187) propõe que as ondas arrebentam na forma mergulhante quando em contato com a porção mais rasa do banco, enquanto que quebram de forma deslizante, ou até mesmo persistem sem quebrar ganhando velocidade, quando passam sobre as porções mais profundas dos canais de rips ou nas calhas, e isto possibilita um gradiente longitudinal na arrebentação das ondas e na direção de sua propagação após a arrebentação. O espriamento da onda na zona de surfe, principalmente na porção próxima ao banco, faz com que se criem correntes alimentadoras (*feeder currents*) que vão se tornar mais eficientes na porção central do embaixamento, onde fluem em direção ao mar como correntes de retorno. No embaixamento, as ondas tendem a não arrebentar devido a maior profundidade até atingirem a face da praia que, por ter um gradiente mais elevado, possibilita o fluxo hidrodinâmico na forma de ondas ascendentes. O espriamento nesta porção gera erosão da escarpa da praia e o refluxo da onda, bem eficiente, soma-se as correntes alimentadoras e potencializa as correntes de retorno. Aliado a uma granulometria de areia fina a média e a ondulações acima de 1.5 m na arrebentação, teríamos aí a possibilidade de desenvolvimento de correntes de retorno fortes na ordem de 1.5 a 2.0 m/s (SHORT, 1999 pg. 187).

Quanto à segurança, apresenta morfologia da praia com extremo dinamismo, podendo mudar em poucas horas. Como o banco é separado da praia por uma calha, normalmente o banhista atinge profundidades maiores que sua altura (*chest height*) logo que entra no mar. Moderadamente seguro na baixa-mar, pois as ondas quebram atrás do banco, razoavelmente distantes da praia. Na preamar, condição perigosa e insegura pelo desenvolvimento das correntes longitudinais e de retorno com real possibilidade de carregar o banhista para o mar aberto.

- **BCL – Banco e Calha Longitudinal**

O perfil da praia intermediária do tipo banco e calha longitudinal é o mais próximo ao das praias dissipativas. Morfológicamente consiste num banco, paralelo a linha de costa, afastado da praia em normalmente 100 a 200 m. Entre o banco e a praia existe uma calha longitudinal que atinge profundidades de 2 a 3 metros. Na face da praia podem existir bermas e dependendo da granulometria, o gradiente da praia pode variar de plano a moderadamente elevado. A linha de costa e o banco normalmente apresentam-se estreitos e o segundo pode ser cortado por canais de '*rips*' com espaçamento entre 250 e 500 m (SHORT, 1999 pg 185).

Quanto a hidrodinâmica, as ondas maiores tendem a arrebentar de forma mergulhante ou deslizante no banco mais externo, dissipando sua energia ao longo da calha, reformando-se e atingindo a face da praia de forma ascendente ou colapsante. O espraiamento das ondas ao longo da zona de surfe pode torná-la com aspecto das praias dissipativas. Apresentam em geral areias finas a médias, ondas entre 1.5 a 2.5 metros na arrebentação.

Quanto à segurança, a praia apresenta-se normalmente insegura, pois se desenvolve em condições de ondas fortes arrebentando na forma mergulhante no banco. A calha que separa a praia do banco, normalmente é profunda e possibilita o desenvolvimento de correntes longitudinais. O banho é seguro durante a préamar na zona de espraiamento das ondas, ou na baixa-mar quando existe a possibilidade da ocorrência de um banco terraciforme estreito anexo à praia.

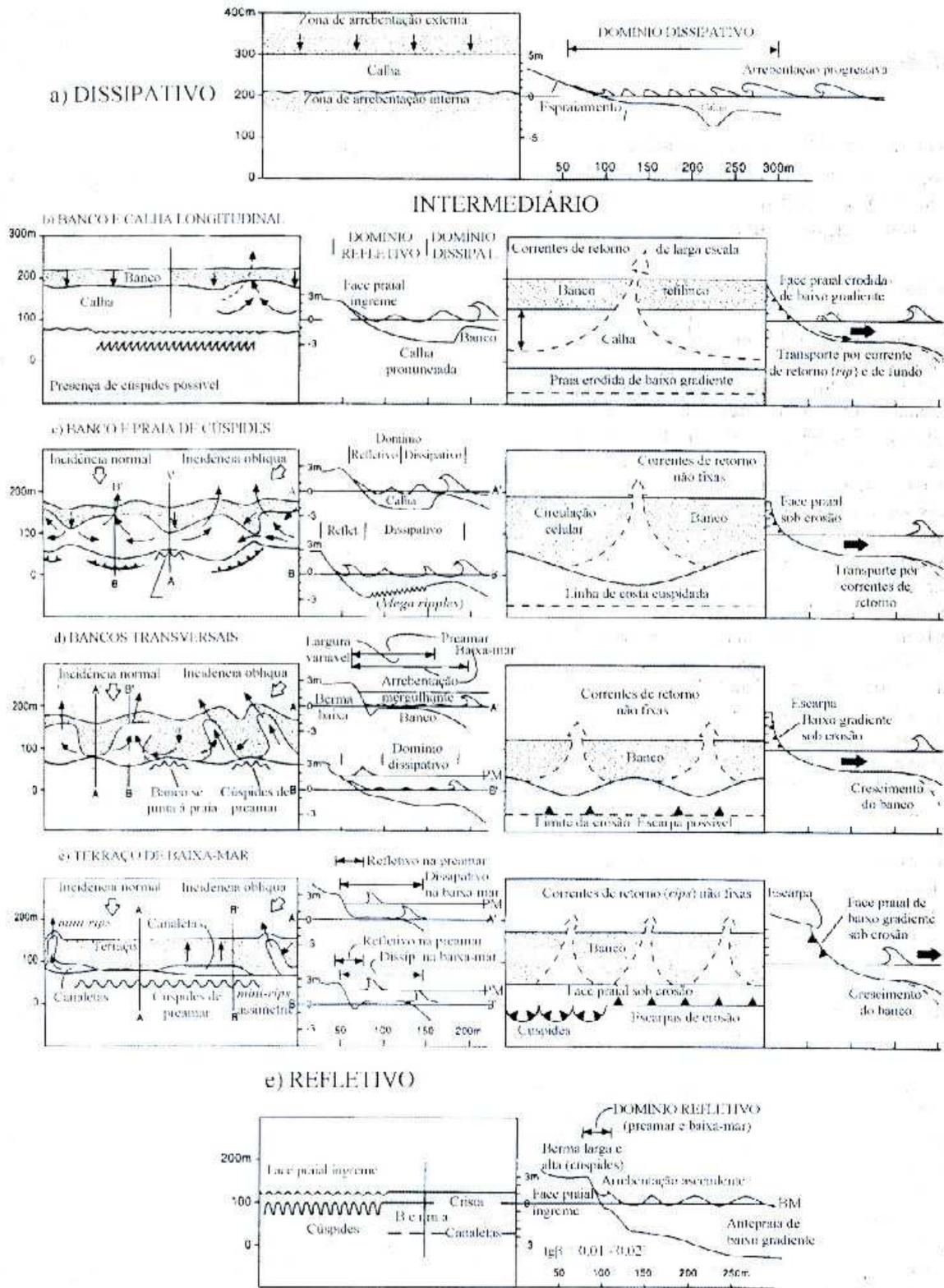


Fig. 12 – Modelo de morfodinâmica de praias proposto por WRIGHT & SHORT (1984)

Extraído de CALLIARI *et Al.* (2003).

II. 3. Perigos na Praia: profundidade, arrebatção e sistemas de correntes.

Os perigos da praia são características e elementos comuns da praia e da zona de surfe que expõe 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.

II.3.1. Topografia do fundo e profundidade da zona de surfe

A profundidade relativa, segundo o autor, refere-se aos perigos que uma praia apresenta por ter a porção próxima submersa, muito profunda, muito rasa ou espacialmente variável. O que define se uma praia apresenta topografia relativa profunda ou rasa é a altura do indivíduo.

A topografia da praia é funda quando a transição até uma altura maior do que o indivíduo se dá rapidamente, estando associadas então a elevados gradientes na transição praia-antepraia, ocorrendo comumente em praias do tipo refletivas. Para o autor, os 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 gradiente praia-antepraia baixo, 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), 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. 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 disto, 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).



Fig. 13 - Zona de surfe plana nos primeiros 30 metros, na praia de Copacabana. Arrebentação mergulhante pode levar o banhista a impacto forte com o fundo, significando perigo à integridade física. Foto: Eduardo Bulhões.



Fig.14 - Foto aérea oblíqua da praia da Barra da Tijuca, feição morfológica rítmica, alternando áreas profundas e rasas (perigosas e seguras) na extensão longitudinal da praia.

Foto: Henrique Lins-de-Barros.

II.3.2. 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 limite⁵ para depois romperem e espriarem, e foram classificadas como (GALVIN, 1968 apud CERC,1984):

- Ascendente (*surging*): a crista da onda permanece sem quebrar e a base frontal da onda avança sobre a face da praia, sem produzir turbulência.
- Colapsante (*collapsing*): a crista permanece sem quebrar enquanto a face frontal da onda sofre empinamento e depois decai, produzindo uma superfície irregular e turbulenta.
- Mergulhante (*plunging*) : a crista curva-se inteiramente sobre a base frontal da onda quase que em queda livre, formando o que se conhece por tubos.
- Progressiva (*spilling*) : 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:

$$\xi_o = \tan\beta (H_o/L_o) ^{-1/2} \quad (4)$$

onde $\tan\beta$ é o gradiente do sistema praia-antepraia e o sobrescrito ‘*o*’ denota condições de águas profundas. A relação deste parâmetro com os tipos de arrebentação é para ondas do tipo ascendente e colapsante (que são arrebentações de difícil distinção) 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

⁵ Também denominado por índice de arrebentação ou ‘*breaker index*’, McCowan (1891 apud CERC, 1984) teoreticamente concluiu que uma onda arrebenta quando atinge uma profundidade a partir de 78% de sua altura, e esse valor é bastante utilizado em projetos de engenharia, porém estudos posteriores colocam que este índice varia de acordo com o gradiente da praia. (CERC, 1984).

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).



Fig 13. Onda Mergulhante. Fig 14. Onda Ascendente; Fig 15. Onda Progressiva; Fig 16. Onda Colapsante. Fotos: Eduardo Bulhões (13 e 15) e Dieter Muehe (14 e 16).

A arrebentação das ondas apresenta-se como perigo, pois associada à turbulência gerada, pode derrubar o banhista, pode mantê-lo debaixo d'água, movê-lo em direção à praia ou transportá-lo lateralmente, se ocorrer de forma oblíqua à praia. (SHORT, 1999 p.293). 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, 1995a p.266). 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 às praias intermediárias de média e alta energia.

II. 3.3. 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, responsáveis pelo transporte longitudinal de sedimentos e quando em considerável força, podem ser um perigo iminente aos banhistas (KOMAR, 1976, SHORT, 1999, SHORT & BRANDER, 1999, SHORT & HOGAN, 1994). A célula de circulação costeira (KOMAR, 1976) é composta por correntes longitudinais (*'longshore currents'*) associadas às correntes de retorno (*'rip currents'* ou *'rips'*). O termo *'correntes alimentadoras'* (*'feeder currents'*) é também utilizado por Short (1999), pois existe um fluxo longitudinal que se inflexiona na direção perpendicular à zona de surfe, ultrapassando a linha de arrebentação, que "alimenta" os fluxos hidrodinâmicos nas correntes de retorno.



17

Fig. 17 - Identificação visual das *rips*. Foto: Nick Steers.



18

Fig. 18 – Banhistas em corrente de retorno na praia de Ipanema.

Foto: Eduardo Bulhoes.



19

Fig 19. – Canais de Retorno em terraço de baixa-mar na praia de São Conrado.

Foto: Eduardo Bulhoes.

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).

No litoral de *New South Wales* na Austrália, uma das primeiras investigações qualitativas em sistemas de correntes de retorno (McKENZIE, 1958) foi elaborada a partir de seis anos de trabalhos em praias, utilizando observações em campo e fotografias aéreas, o que desde então já era reconhecido como uma ótima ferramenta nos estudos destas correntes. O autor, que também era salva-vidas, identifica os principais fatores que afetam a circulação das correntes de retorno, como o tamanho e a regularidade das ondas através da resposta que as correntes refletem às condições vigentes, concordando com Shepard & Inman (1950 *apud* McKENZIE, 1958 p. 105), que ondas pequenas produzem múltiplas e fracas correntes de retorno e que ondas grandes produzem fortes e um número reduzido dessas correntes e ainda, que essas transições de ondas fracas e fortes são responsáveis pela disposição e migração espacial das correntes de retorno. As marés, ainda segundo o autor, produzem o efeito de concentrar e acelerar o fluxo nos canais de correntes e também controlam sua disposição e migração espacial quando na maré vazante. Já a direção de incidência das ondulações é outro fator controlador dos sistemas de correntes de retorno devido ao ângulo de incidência da onda na praia, que determina o fluxo longitudinal de massa d'água e faz com que se tenham alturas de arrebentação de ondas diferenciadas ao longo do mesmo arco praiial (McKENZIE, 1958 p.106).

A configuração da praia é o elemento que vai controlar a distribuição de energia de ondas ao longo do arco praiial (refração e difração) 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, 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 parece ser muito mais complexo (McKENZIE, 1958 p.109).

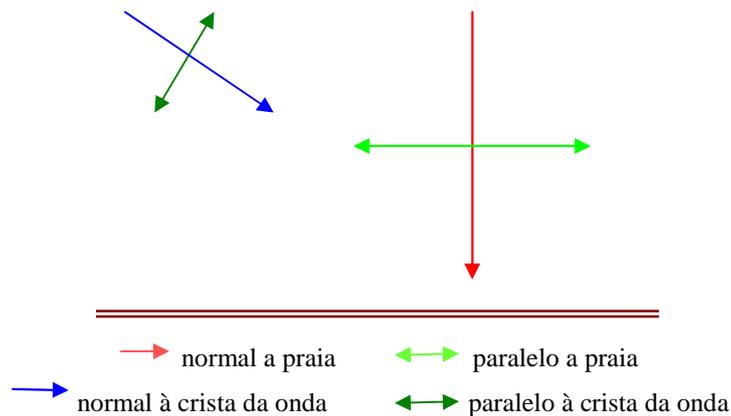
Bowen (1969) publica um artigo mostrando suas investigações teóricas e experimentais na geração das correntes longitudinais utilizando o conceito de tensão de

radiação⁶, 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.

$$S_{xy} = E\eta \sin \alpha \cos \alpha \quad (5)$$

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:

$$S_{xx} = E (2 \eta - 1/2) \quad (6)$$

⁶ Tensão de Radiação ('radiation stress') é uma formulação matemática que dá conta do excesso do fluxo de 'momentum' associado à presença das ondas. Não se observa este excesso longitudinalmente antes da arrebentação das ondas e após estas, temos um gradiente de acúmulo de massa d'água longitudinalmente variável que controla em parte os fluxos hidrodinâmicos na zona de surfe. (Veja também em LONGUET-HIGGINS AND STEWART (1962,1963 e 1964); LONGUET-HIGGINS (1970a e 1970b); BOWEN (1969)).

E em águas rasas onde o componente normal está na direção positiva em direção à praia, tem-se:

$$S_{xx} = 3/16 \rho g H^2 \quad (7)$$

Já que $\eta = 1$ e $E = \rho g H^2 / 8$ é a energia da onda.

Esse fluxo hidrodinâmico após alcançar a zona de surfe 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.

O cálculo da velocidade das correntes longitudinais pode ser obtido utilizando derivadores ou é dado pela relação:

$$V_1 = 1,19 (g \cdot H_b)^{0,5} \text{sen } \alpha_b \cdot \text{cos } \alpha_b \text{ (m/s)} \quad (8)$$

(LONGUET-HIGGINS, 1970 a,b)

Onde, H_b é a altura da onda na arrebentação e α_b é o ângulo de incidência das ondas em relação à linha de costa.

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); AAGARD et al. (1997), BRANDER (1999); SHORT (1999) e BRANDER & SHORT (2001)). Efetivamente, a despeito da enorme dificuldade de verificação a partir de dados de campo, diversos estudos atuais 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 da geração 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 AND INMAN, 1969, HOLMAN AND 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 arrebentação 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)).

Utilizando o modelo proposto por Aagard *et al.* (1997), o cálculo de velocidade das *rips* é função das características das ondas incidentes, do espaçamento entre as *rips* e da área das seções transversais dos canais das *rips*.

$$V_{rip} = (Q_{drift} + Q_{roller}) \lambda / Ra \quad (9)$$

Onde, $Q_{drift} = C B H^2 / h$, sendo C a celeridade da onda, $B = 1/12$ (coeficiente de perfil da onda), H altura da onda e h profundidade. $Q_{roller} = A/T$, onde T é o período da onda, $A = 0.9 H^2$, λ é o espaçamento entre as *rips* e Ra é a área da seção transversal do canal das *rips*.

Ainda segundo o autor, as discrepâncias entre o modelado e o medido em campo se dão pela oscilação das marés, que mesmo em ambientes de micro-marés (DAVIES, 1964), o controle exercido por essas flutuações é sensivelmente relevante.

CAPÍTULO III - METODOLOGIA

III. 1. Batimetria da Plataforma Continental Interna Adjacente

Inicialmente fez-se necessária à produção da base cartográfica batimétrica da área de estudo, pois a partir dela foram elaboradas simulações em distribuição de energia de ondas ao longo do litoral da cidade. Para isto foram digitalizadas e georreferenciadas as informações de linha de costa, ilhas, lajes e profundidades batimétricas com programa *Didger 3.0* da *Golden Software Inc.*, obtidas a partir das Cartas Náuticas e Folhas de Bordo abaixo discriminadas :

- CN 1501 – Baía de Guanabara; Projeção Mercator; Sistema Lat-Long. escala 1:50.000; Datum WGS 1984; Meridiano Central 22° 52',80
- CN 1620 – Barra do Rio de Janeiro à Ilha Grande; Projeção Mercator; Sistema Lat-Long. Escala 1:120.000; Datum Córrego Alegre; Meridiano Central 23° 14',25

- FB 1511 001 / 87 – Atualização da Barra da Baía de Guanabara e Proximidades (Parte Oeste); Projeção Gauss, Sistema UTM; Escala 1:20.000; Datum Córrego Alegre. Meridiano Central 045° W
- ANEXO “A” à FB 1501 002 / 86 – Ilhas Tijucas, Pesquisas de Perigo no. 08-09 10-11 e 12. Projeção Gauss, Sistema UTM; Escala 1:20.000; Datum Córrego Alegre. Meridiano Central 045° W
- ANEXO “C” à FB 1501 002 / 86 – Laje da Redonda, Pesquisa de Perigo no. 14. Projeção Gauss, Sistema UTM; Escala 1:20.000; Datum Córrego Alegre. Meridiano Central 045° W
- ANEXO “D” à FB 1501 002 / 86 – Emissário Submarino de Copacabana, Pesquisa de Perigo no. 17. Projeção Gauss, Sistema UTM; Escala 1:20.000; Datum Córrego Alegre. Meridiano Central 045° W

Todas produzidas pela DHN⁷, totalizando uma base batimétrica com aproximadamente trinta mil pontos. As correções e transformações de datum e sistema de coordenadas foram feitas utilizando o software *Geographic Calculator* da *Blue Marble Geographics* e a plotagem dos dados foi feita utilizando o programa *Surfer* da *Golden Software Inc.*

III. 2. Coleta de Informações Morfodinâmicas

Em segundo lugar foram propostas áreas controle em via de sistematizar uma coleta de dados mensal para caracterização morfodinâmica do ambiente, 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 (H_b), 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 espraiamento das ondas foram obtidos utilizando trenas e balizas de Emery.

⁷ Diretoria de Hidrografia e Navegação. Marinha do Brasil.

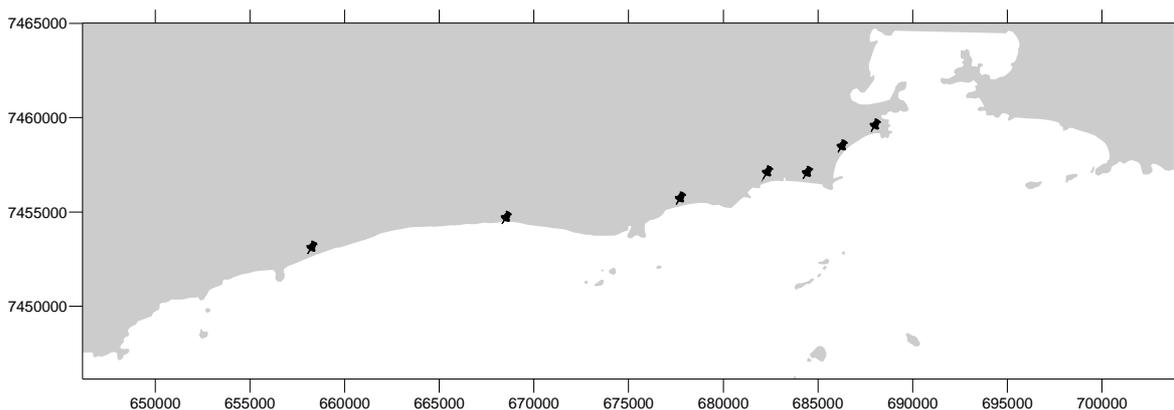


Fig. 20 – Áreas controle selecionadas para monitoramento morfodinâmico.

Procedimentos de laboratório como análise granulométrica por peneiramento a seco⁸, aliados a utilização do programa *Anased 5.0*, determinaram parâmetros estatísticos na caracterização dos sedimentos, de acordo com a classificação proposta por Folk & Ward (1957) para valores de média e mediana. A classificação das amostras segue a tabela 04, adaptada de Wentworth (1922).

Tabela 04 – Classes Granulométricas para Sedimentos Costeiros

terminologia	escala em mm	escala em fi
grânulos	> 2	< -1
areia muito grossa	1 a 2	-1 a 0
areia grossa	0.5 a 1	0 a 1
areia média	0.25 a 0.50	1 a 2
areia fina	0.125 a 0.25	2 a 3
areia muito fina	0.125 a 0.062	3 a 4
silte	0.08 a 0.062	4 a 7
argila	0.004 a 0.08	> 8

Adaptado de MUEHE (1995b)

⁸ O procedimento completo consiste na lavagem das amostras para retirada do sal; secagem na estufa a 110° Celsius; quarteamento das amostras; eliminação de carbonatos; pesagem inicial da amostra; montagem do conjunto de peneiras entre - 2,0 a 4,0 phi (intervalos de 0,5 phi); agitador de peneiras; pesagem da amostra por peneira e determinação do percentual das classes granulométricas.

No total foram realizadas 12 campanhas mensais de coletas de dados em morfodinâmica em cada uma das sete praias, durante os meses de junho de 2004 a maio de 2005.

III. 3. Avaliação do Clima de Ondas para o Litoral da Cidade.

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, 1991, 1999), que é um modelo de domínio público bastante difundido no Brasil. Os dados foram obtidos junto aos sítios eletrônicos do CPTEC INPE e do LAMMA UFRJ e salvos diariamente durante o período bianual citado. A plotagem das informações foi elaborada utilizando o software *Grapher* da *Golden Software Inc.*

As características do modelo *Wavewatch III* resultam da equação de conservação da energia espectral (*'spectral action energy'*) e inclui geração de energia pelo vento, dissipação devido à quebra de ondas em alto mar (*'whitecaps'*) e à fricção com o fundo, refração, advecção e interações não lineares, incorporando ainda as variações espaço-temporais no campo de ondas. As simulações geram dados de previsão para até 120 horas utilizando dados de vento a 10 metros acima da superfície, espaçamento de grade de um grau, cobrindo todo o oceano entre as latitudes 78° Sul a 78° Norte, e a saída é dada em 36 direções para ondas com períodos entre 1,0 e 25 segundos (TOLMAN, 1999). A física do modelo não se adequa a propagação quando em águas intermediárias a rasas, mais especificamente para profundidades menores que 40 m, e por isso, foram a partir das informações geradas por este modelo durante o período bianual (2004-2005) estudado, elaboradas simulações em refração de ondas para águas rasas.

III. 4. Simulação em Distribuição de Energia de Ondas

Ao se aproximarem da costa, a propagação das ondas é influenciada pela configuração morfológica da plataforma continental, pela presença de obstáculos naturais ou artificiais (como ilhas, quebra-mares e outros), pelas correntes e pelas características das ondas. Assim, qualquer alteração nos mesmos ocasionaria uma mudança nos padrões de

propagação das ondas e na maneira como estas arrebentam defronte à praia (MUEHE, 1995). Na costa as ondas assumem características diferenciadas ao longo das praias de acordo com mecanismos de convergência e divergência, este é o processo de refração.

O módulo NSW (*Nearshore Spectral Waves*) do pacote de modelagem hidrodinâmica MIKE 21⁹, 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. Especificamente, o modelo inclui efeitos de refração e mudanças espectrais devido às variações de profundidade, a geração de ondas pela ação do vento e dissipação de energia devido à fricção com o fundo e arrebentação de ondas. As equações governantes do modelo são originadas da equação de conservação da energia espectral das ondas, de acordo com o proposto por HOLTHUIJSEN *et al.* (1989), como um modelo estacionário e direcional cuja parametrização é elaborada através da introdução de um momento zero e um momento inicial do espectro de ondas a serem simuladas, como as variáveis dependentes. Os efeitos de correntes influenciando estes fenômenos também está incluso neste modelo, que deve ser aplicado para as transformações do campo de ondas ao largo, quando estas se aproximam da costa, situação típica que ocorre em praias oceânicas expostas e semi-expostas (DHI, 1995).

As equações básicas do modelo NSW, proposto por HOLTHUIJSEN *et al.* (1989), sugerem basicamente, uma derivação os componentes de velocidade de crista de ondas, nas direções x, y e θ , no momento zero e no momento inicial de entrada de ondas, e são :

$$\frac{\partial(c_{gx}m_0)}{\partial x} + \frac{\partial(c_{gy}m_0)}{\partial y} + \frac{\partial(c_{\theta}m_0)}{\partial \theta} = T_0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial(c_{gx}m_1)}{\partial x} + \frac{\partial(c_{gy}m_1)}{\partial y} + \frac{\partial(c_{\theta}m_1)}{\partial \theta} = T_1 \quad (10)$$

Onde,

⁹ DHI Software

- $M_0(x,y, \theta)$: ‘momento zero’ do espectro de ondas.
- $M_1(x,y, \theta)$: ‘momento inicial’ do espectro de ondas.
- C_{gx} and C_{gy} : componentes nas direções x e y, da velocidade de grupo das ondas (C_g).
- C_θ : Velocidade de propagação representando mudanças na direção teta (θ).
- X e Y: coordenadas cartesianas.
- θ : direção de propagação da onda.
- T_0 and T_1 : termos de entrada de dados.

O conhecimento das condições de mar e das características das ondas (altura significativa, direção de propagação e período) é essencial para estimar a magnitude de ação das ondas na linha de costa. As correntes induzidas por ondas, são geradas pelos gradientes formados pela tensão de radiação (*‘radiation stress’*), que ocorrem na zona de surfe, situação também simulada pelo modelo.

Fisicamente, o processo de refração significa as gradativas alterações espectrais das ondas, que ocorre em função do gradual aumento da tensão com o fundo, ao se aproximarem da costa. Essas mudanças no comportamento das ondas estão relacionadas à mudança de velocidade destas ao longo de sua crista (C), que ocorre através do contato com o fundo e acontece com mínima perda de energia cinética na crista das ondas, ou seja, permanecendo constante. Este processo pode ser descrito pela lei de *Snell* :

$$\frac{\sin \alpha_1}{C_1} = \frac{\sin \alpha_2}{C_2} = \text{constant} \quad (11)$$

Onde α_1 e α_2 são os ângulos adjacentes entre as cristas e o contorno batimétrico e C_1 e C_2 são as velocidades sucessivas das ondas nas duas profundidades, respeitando o comprimento da onda estabelecido pela teoria linear de Airy ((1845) apud DERBYSHIRE, 1979)

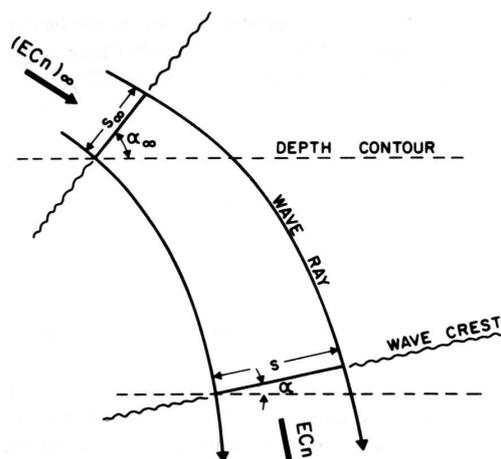


Fig. 21 - Mecanismo de refração das ondas. Extraído de KOMAR (1976)

Foram elaboradas simulações 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.

III. 5. Cobertura Remota

Ortofotografias aéreas na escala de 1:10.000, levantadas no dias 21.06.2004 e 04.07.2004, foram obtidas junto ao Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP). Através dessas, foi montado um mosaico de ortofotografias do litoral da cidade do Rio de Janeiro, desde a Ponta do Leme até a Ponta do Picão, cobrindo toda a área de estudo. As ortofotografias podem ser identificadas no foto-índice da instituição, através das referências: 286-F; 287-E; 287-F; 308-B; 309-B; 308-D; 309-A; 311-A; 310-A e 310-B. Este mosaico, devidamente georreferenciado foi utilizado no software *ArcGIS*, como camada (*layer*) territorial para a espacialização de todos os outros dados levantados neste trabalho.

Fotografias oblíquas das praias cariocas foram analisadas, para identificar o tipo de arrebentação predominante no litoral da cidade. O universo foi de 767 fotos de arrebentação de ondas nas praias da cidade, fotos estas obtidas de acervo pessoal e

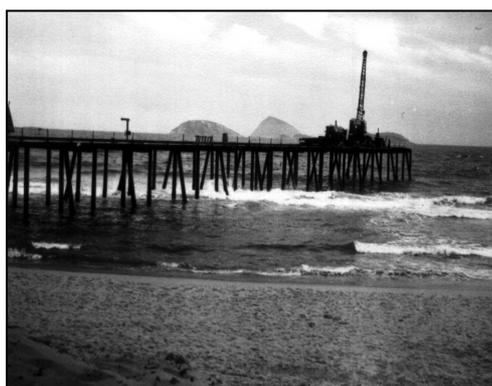
complementadas por acervo do Ricosurf¹⁰, sendo elas 73 em Copacabana, 116 em Ipanema, 80 no Leblon, 70 em São Conrado, 310 na Barra da Tijuca e 118 na praia do Recreio dos Bandeirantes.

III. 6. Levantamento Topográfico na Zona de Surfe.

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.



21



22

Figuras 21 e 22. Píer da Barra da Tijuca (2004, foto por Eduardo Bulhoes)

Píer de Ipanema (1974, foto por Dieter Muehe)

A estrutura do píer, apresenta-se como uma oportunidade excepcional para análise da topografia da zona de surfe. Através destes levantamentos pode-se visualizar a dinâmica momentânea da topografia do fundo e com isso avaliar quantitativamente o posicionamento de bancos e calhas, assim como a variabilidade topográfica do fundo marinho, dentro da zona de surfe.

III. 7. Estatísticas em Salvamento na Cidade do Rio de Janeiro

¹⁰ Sítio eletrônico sobre condições de mar para surfistas, no endereço www.ricosurf.globo.com.

A análise das estatísticas de afogamentos nas praias da cidade foi restrita a área de estudo, 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 obtidos numa perspectiva mensal.

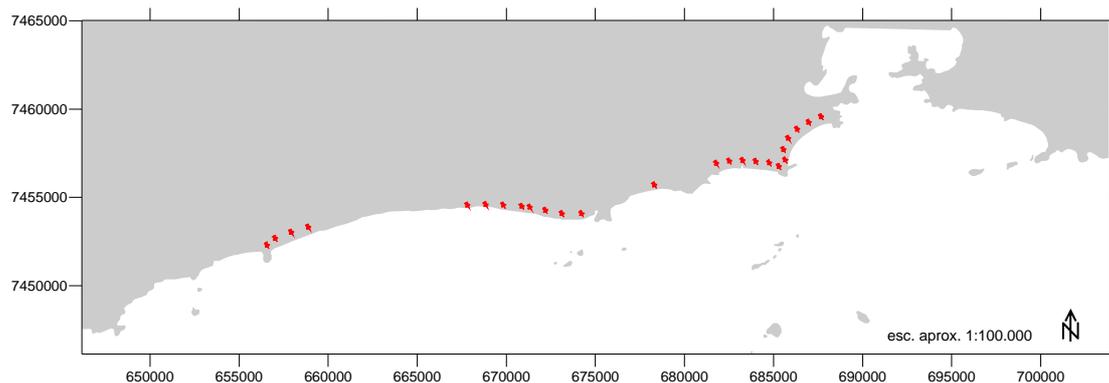


Figura 23. Postos de Salvamentos do G-Mar na Área de Estudo.

As informações foram agrupadas por postos de salvamentos por praia sendo estes na orientação leste-oeste:

- Praia do Leme: Posto 1
- Praia de Copacabana: Posto 2, Posto 3, Posto 4, Posto 5 e Posto 6
- Praia de Ipanema: Posto 7, Posto 8, Posto 9 e Posto 10
- Praia do Leblon: Posto 11 e Posto 12
- Praia de São Conrado: Posto 13
- Praia da Barra da Tijuca: Posto 1, Posto 2, Posto 3, Posto 4, Posto 5, Posto 6, Posto 7 e Posto 8
- Praia do Recreio dos Bandeirantes: Posto 9, Posto 10, Posto 11 e Posto 12

PARTE IV – RESULTADOS e DISCUSSÕES

IV. 1. Batimetria da Plataforma Continental Interna Adjacente

É apresentada a plotagem dos dados batimétricos da área de estudo. As isolinhas batimétricas foram feitas utilizando interpolação linear. Na figura 24 é apresentado o resultado até a isóbata de 110 m de profundidade. Na figura 25 é apresentada uma representação tridimensional da plataforma continental adjacente ao litoral estudado.

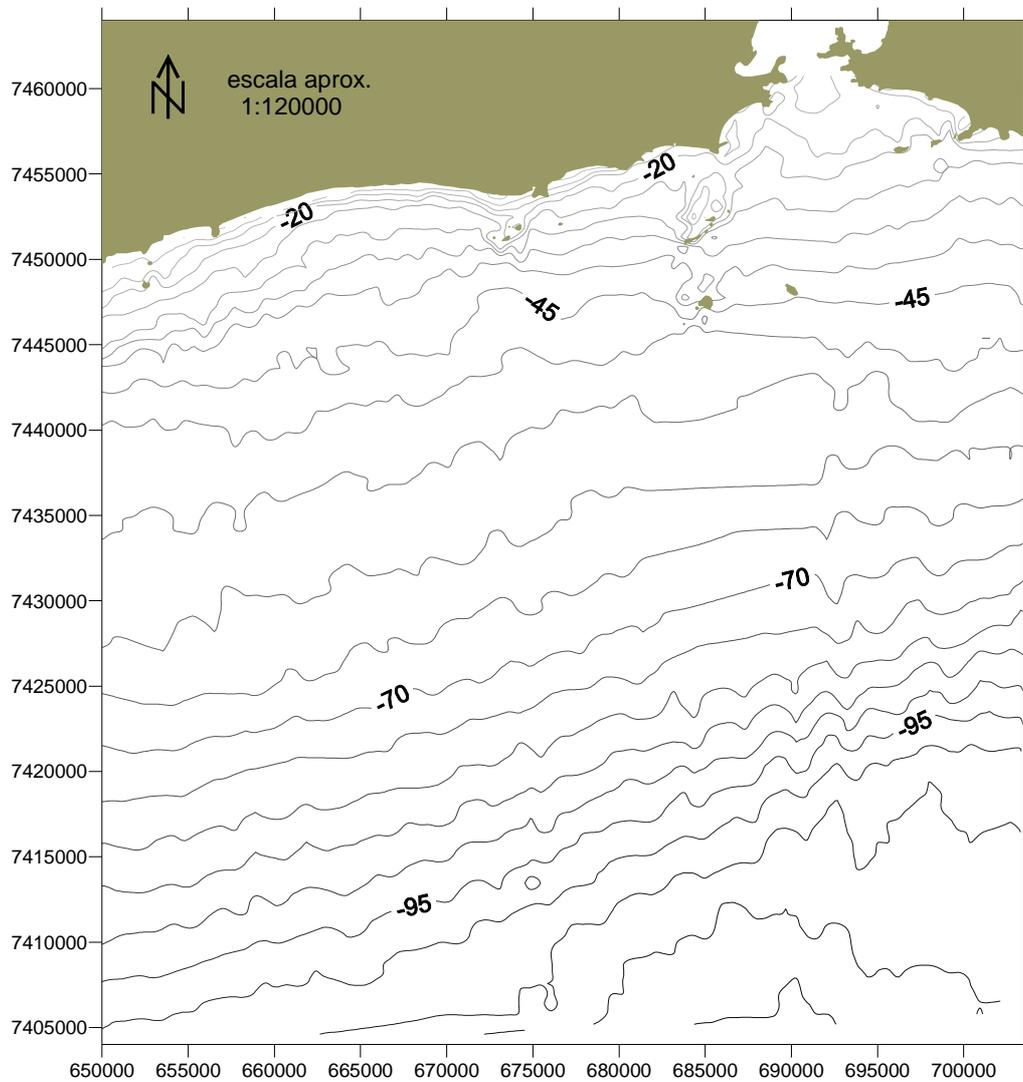


Fig 24. Contornos Batimétricos da Área de Estudo

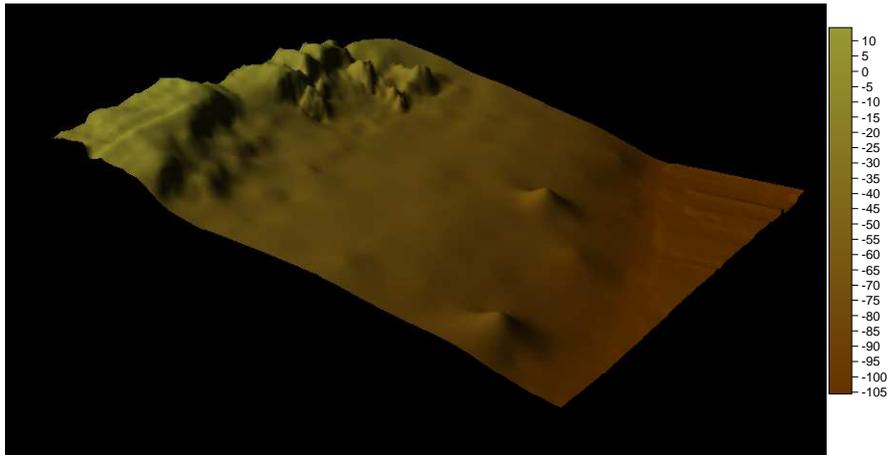


Fig 25. Superfície Tridimensional da Plataforma Continental da Área de Estudo

Na figura 26 são apresentadas a rotação em 90° (sentido horário) e interpolação linear exigida pelo programa de refração de ondas. Essa rotação é necessária para a simulação de entrada das ondulações de Sul (180°), com tolerância até 45°, ou seja até Sudeste (135°) e Sudoeste (225°). Para a simulação de ondas de Leste, Leste-Sudeste e Leste-Nordeste, são necessárias à rotação em 180° (figura 27). Estas rotações são necessárias já que a entrada dos dados de simulação neste modelo funcionam a partir do ‘eixo y’ de cada representação da área de estudo.

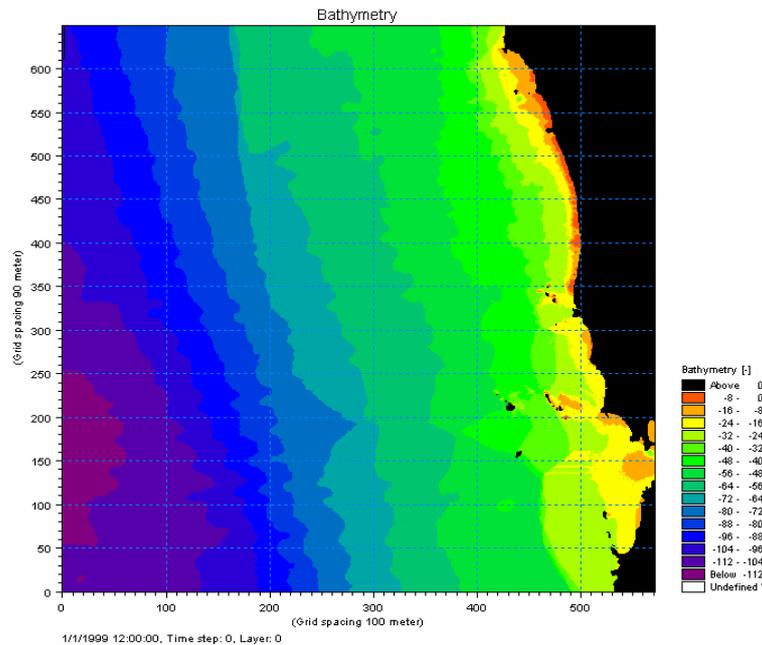


Fig 26. Batimetria interpolada e rotacionada em 90°.

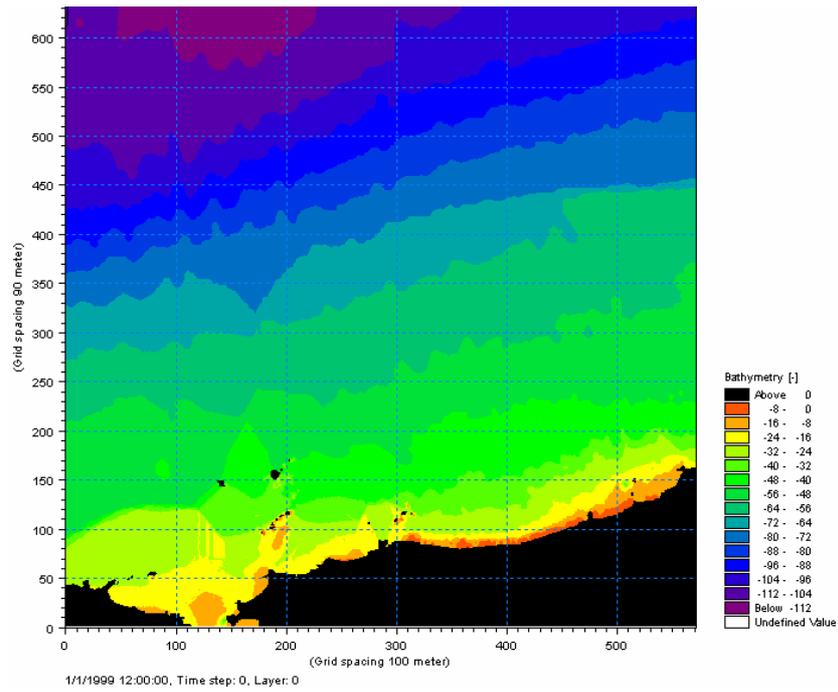


Fig 27. Batimetria Interpolada e Rotacionada em 180°.

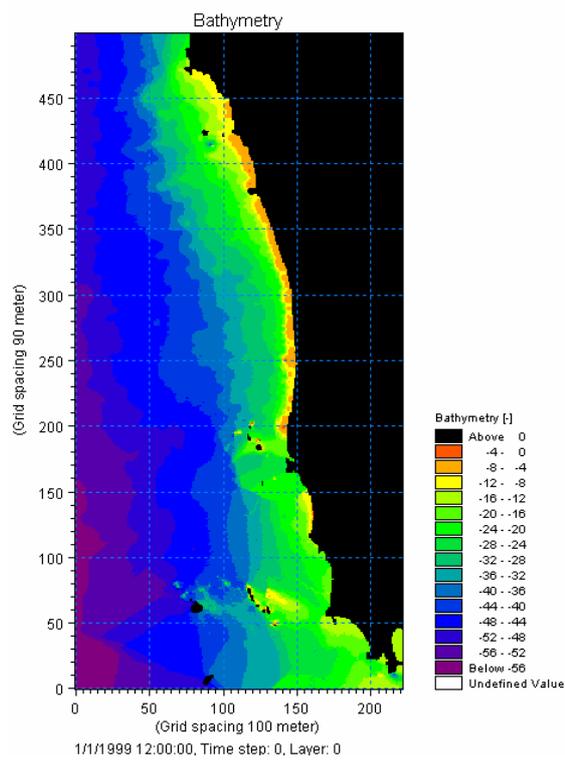


Fig 28. Batimetria rotacionada em 90° até a isolinha de - 50 m

IV. 2. Clima de Ondas

Os dados de Altura de Ondas (H_o), e Período Médio (T_s) foram tabelados e interpretados a partir de gráficos utilizando o software *MS Excel*, e os dados de direção de ondas e ventos a partir do software *Grapher* (*Golden Software Inc.*)

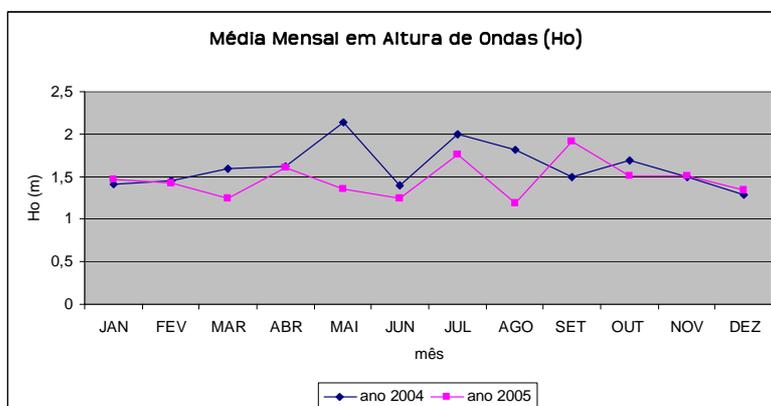


Fig. 29. Média mensal em altura de ondas ao largo (H_o) para o litoral do Rio de Janeiro

O gráfico da figura 29 indica que as maiores médias em alturas de onda ao largo do litoral da cidade ocorreram no ano de 2004, nos meses de maio (2.10 m) e julho (2.0 m). E no ano de 2005 nos meses de setembro (1.90 m) e julho (1.76 m). As menores médias ocorreram nos meses de junho (1.40 m) e janeiro (1.45 m) para o ano de 2004 e nos meses de junho (1.24 m) e agosto (1.18 m) para o ano de 2005. As condições médias situam-se em torno de 1.53 m para os anos de 2004 (1.61 m) e 2005 (1.46 m).

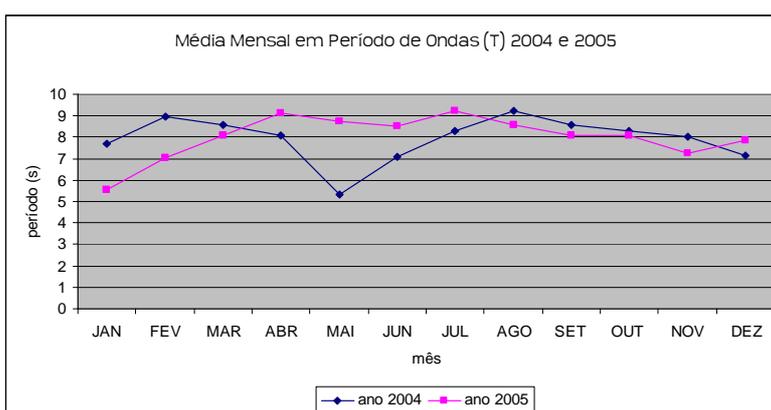


Fig 30. Média mensal em período de ondas para os anos de 2004 e 2005.

No gráfico da figura 30, foram plotadas as médias mensais em período médio de ondas (T) para os anos de 2004 e 2005, e há a indicação dos maiores períodos de ondas nos meses de agosto (9.22 s) e fevereiro (9.22 s) no ano de 2004 e nos meses de julho (9.22 s) e abril (9.10 s) para o ano de 2005. Os valores mínimos foram nos meses de maio

(5.35 s) e junho (7.06 s) de 2004 e nos meses de janeiro (5.66 s) e fevereiro (7.04 s) no ano de 2005. As condições médias em períodos de onda são de 7.94 s para o ano de 2004 e 8.01 s para o ano de 2005.

A partir destes dados foi plotado um gráfico (fig. 31) relacionando altura e período de ondas, utilizando o somatório de dados para os anos de 2004 e 2005. Há a indicação de um aumento do período das ondas acompanhado de um aumento na altura das mesmas, e para ondas fortes, acima de 2.0 m de altura, os períodos de situam normalmente acima de 10 s, caracterizando a condição de marulho (*swell*) moderado a forte, bastante recorrente nos meses de inverno.

Para a condição média de ondas no litoral da cidade, 1.5 m de altura, temos a distribuição de ondas curtas, provavelmente produzidas localmente por tempestades (4 s) e de ondas de marulhos (8 e 9 s) como sendo a condição média de ondas no litoral ao largo da cidade do Rio de Janeiro durante os anos de 2004 e 2005.

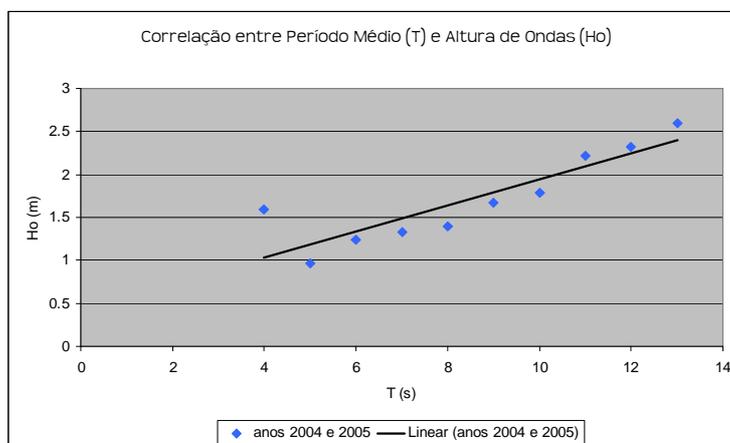


Fig. 31 - Correlação entre Altura de Ondas (H_o) e Período (T) ao largo do litoral da cidade do Rio de Janeiro.

Na análise de dados sobre incidência das ondulações e direção dos ventos que atingem o litoral da cidade, foram plotados os dados referentes às 16 posições (cardiais, colaterais e sub-colaterais) incluindo todas as direções no sentido horário, a saber: 0° Norte (N); $22,5^\circ$ Nor-Nordeste (NNE); 45° Nordeste (NE); $67,5^\circ$ Leste-Nordeste (ENE); 90° Leste (E); $112,5^\circ$ Leste-Sudeste (ESE); 135° Sudeste (SE); $157,5^\circ$ Su-Sudeste (SSE); 180° Sul (S); $202,5^\circ$ Su-Sudoeste (SSW); 225° Sudoeste (SW); $247,5^\circ$ Oeste-Sudoeste

(WSW); 270° Oeste (W); 292,5° Oeste-Noroeste (WNW); 315° Noroeste (NW); e 337,5° Nor-Noroeste (NNW).

Para direção de ondas, as figuras 32 e 33 a seguir, apresentam dados de altura média, direção de ondas e percentual de ocorrência destas para os anos de 2004 e 2005 respectivamente.

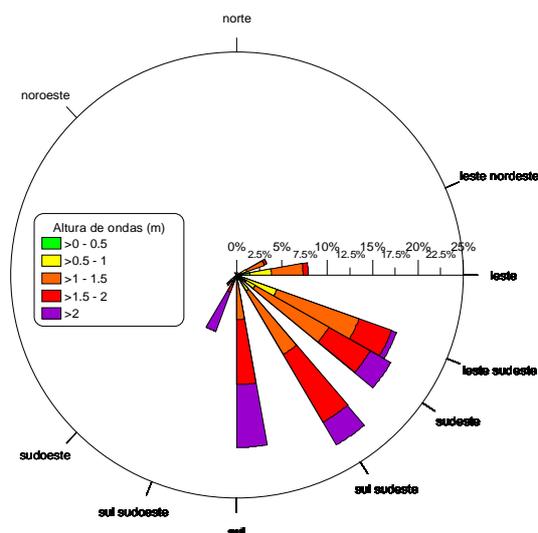


Fig. 32 - Condições de mar para o largo do litoral da cidade do rio de janeiro, ano 2004. Direção de ondas, altura média e % de ocorrência.

Para o ano de 2004, as direções de onda que apresentam maior incidência são de Su-Sudeste (21,35%), seguido por Sul (19%) e Leste-Sudeste (18,72%). Outra indicação é que as ondulações mais fortes (> 2,0 m) têm origem majoritariamente de Sul e representam cerca de 19% das ondulações que atingem a costa. Já as ondulações mais comuns entre 1.0 e 1.5 m (38%) têm origem majoritariamente nas direções do quadrante SE (Su-Sudeste, Sudeste e Leste-Sudeste). As ondas ao largo com altura média entre 1.5 e 2.0 m, aparecem em cerca de 29 % do ano e são normalmente oriundas da direção Su-Sudeste e Sul.

No ano de 2005 as direções predominantes são às ondulações provenientes de Sul com cerca 30.87% no ano, seguidas por Su-Sudeste (17,44%), Sudeste (16,77%) e Leste-Sudeste (16,44%). Outra indicação são as ondulações fortes, maiores que 2,0 m de altura de ondas, durante 15% do ano e estas, são majoritariamente de Sul. As condições

médias são representadas pelas ondulações de 1.0 a 1.5 m de altura de ondas durante 34% do ano, provenientes de todas as direções do quadrante Sul-Leste, seguidas das ondulações entre 1.5 e 2.0 m com 26%, oriundas das direções Leste-Sudeste até Sul.

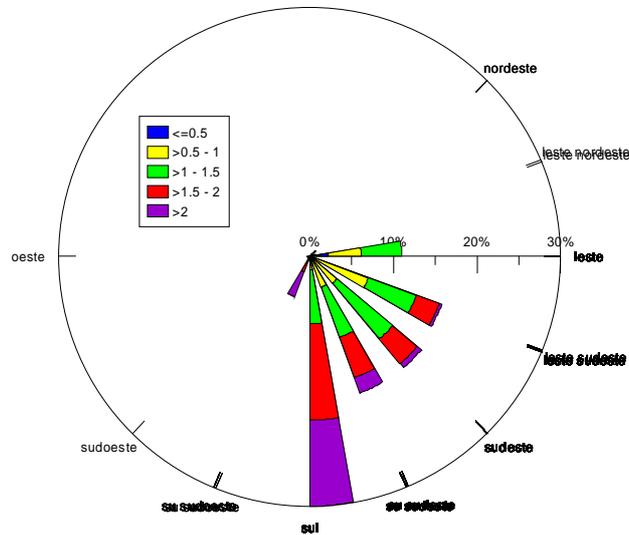


Fig. 33. Condições de mar para o largo do litoral da cidade do Rio de Janeiro, ano 2005.
Direção de ondas, altura média e % de ocorrência.

Para os dados de ventos a 10 metros da superfície, numa perspectiva bianual, as condições médias são de ventos de NE com intensidade entre 2.0 e 4.0 m/s.

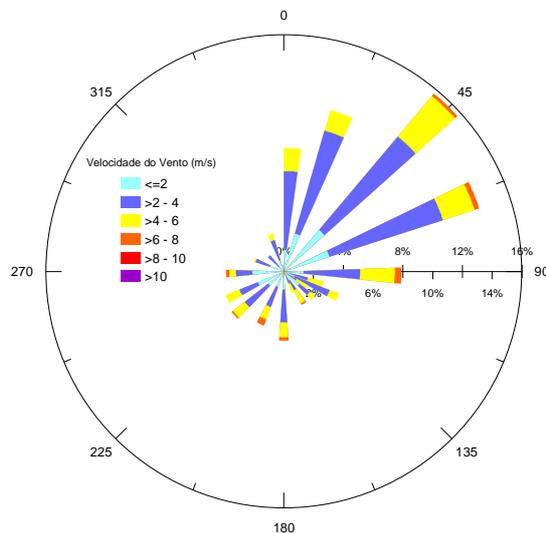


Fig. 34 - Clima de Ventos nos anos de 2004 e 2005

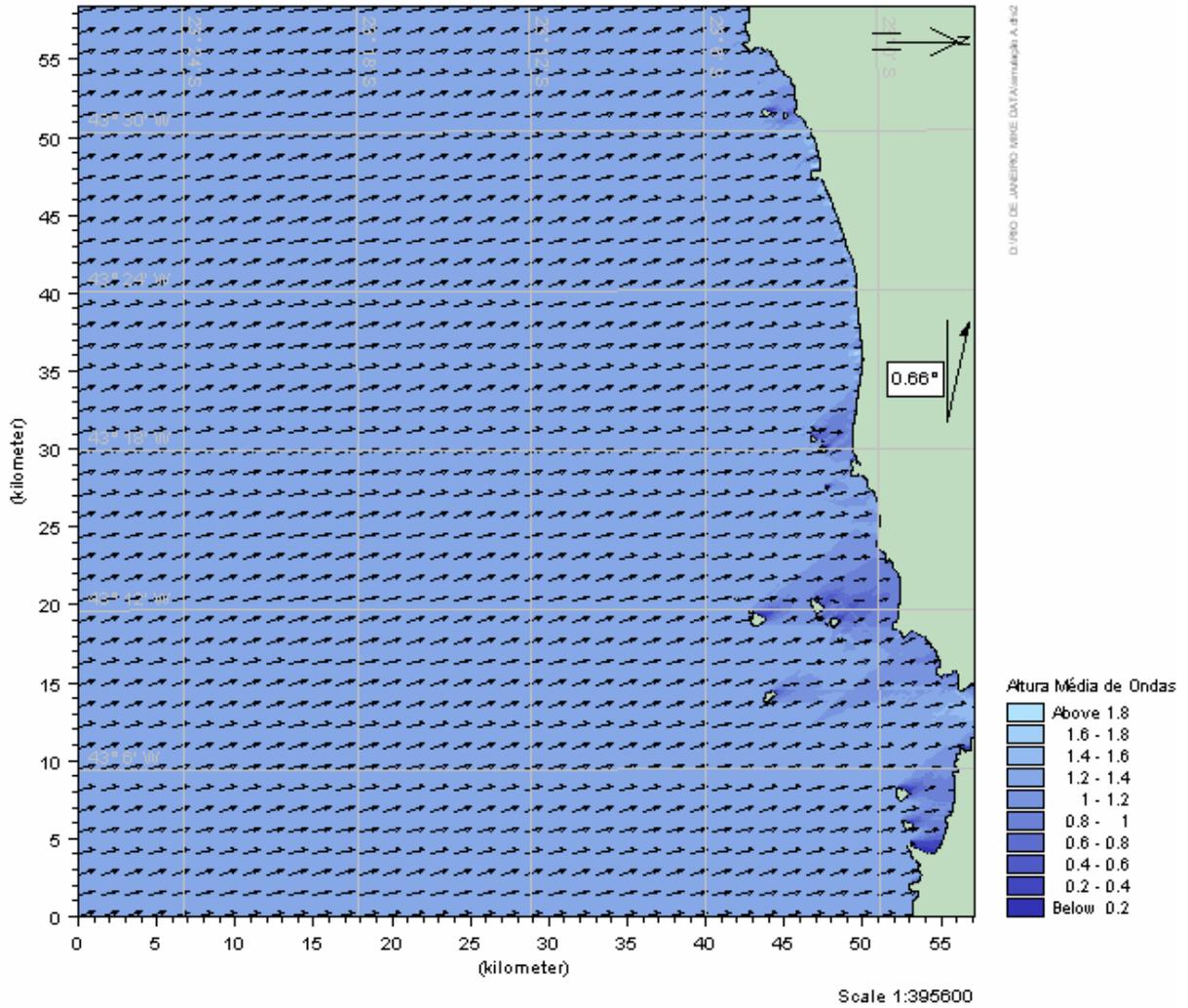
Numa perspectiva bi-anual (2004 e 2005) tem-se que as condições médias no período estudado foram: Ondulações de Sul, Su-Sudoeste e Sudoeste, altura de ondas variando em torno de 1.5 m e ondas com períodos entre 7,0 e 9,0 s e ventos de Nordeste (45°) entre

2.0 e 4.0 m/s. A partir disto, e do resultado da plotagem de dados batimétricos da plataforma continental interna entre a Baía de Guanabara e a Restinga de Marambaia, foram elaboradas simulações em distribuição de energia de ondas para o litoral da cidade.

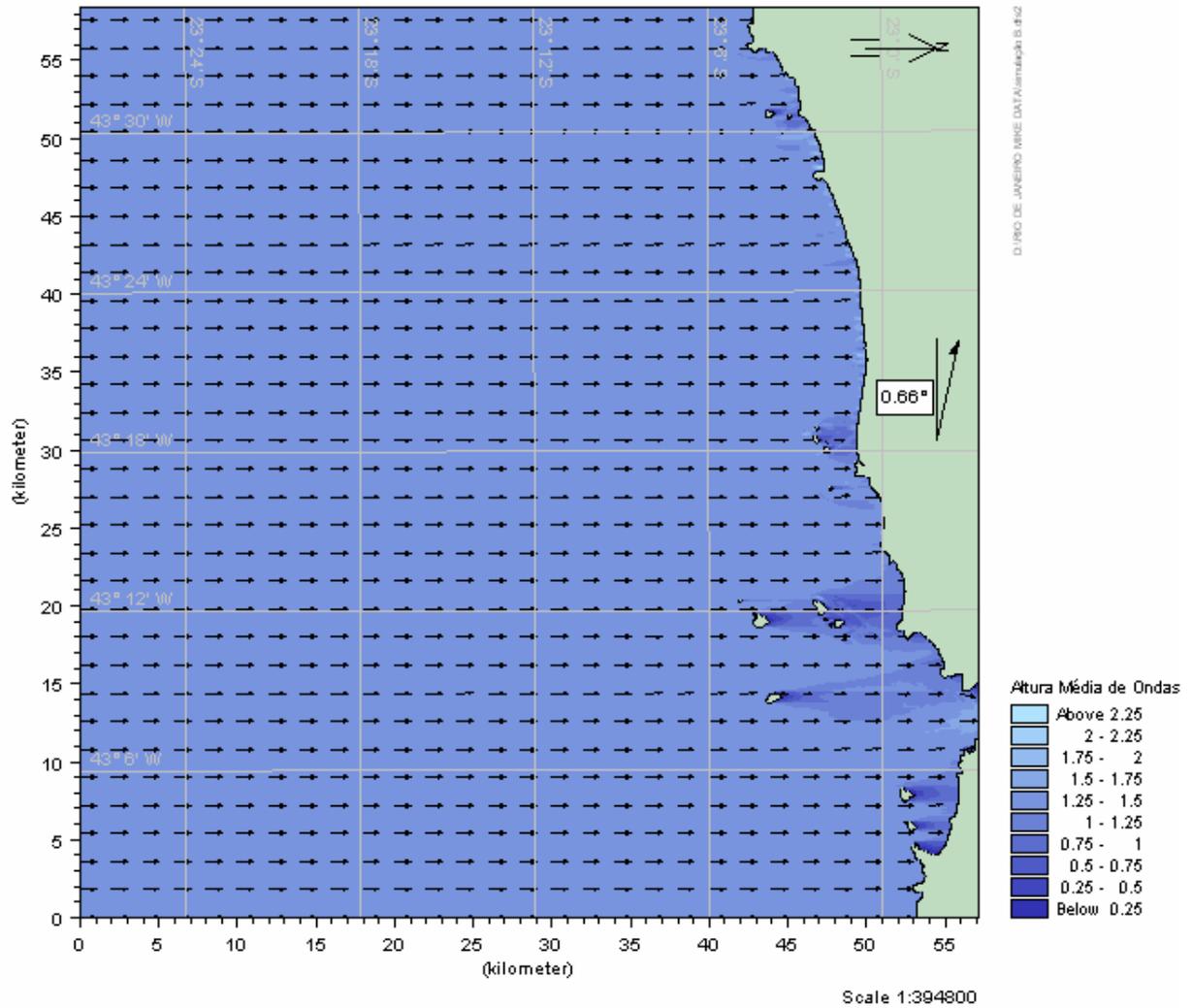
IV. 3. Simulações em Refração de Ondas

A partir da formatação da batimetria, digitalizada a partir das folhas de bordo anteriormente citadas, foram elaboradas simulações em refração de ondas, utilizando o módulo *NSW* do programa *Mike 21*. Os dados de entrada correspondem às condições de mar encontradas a partir da análise do clima de ondas e são:

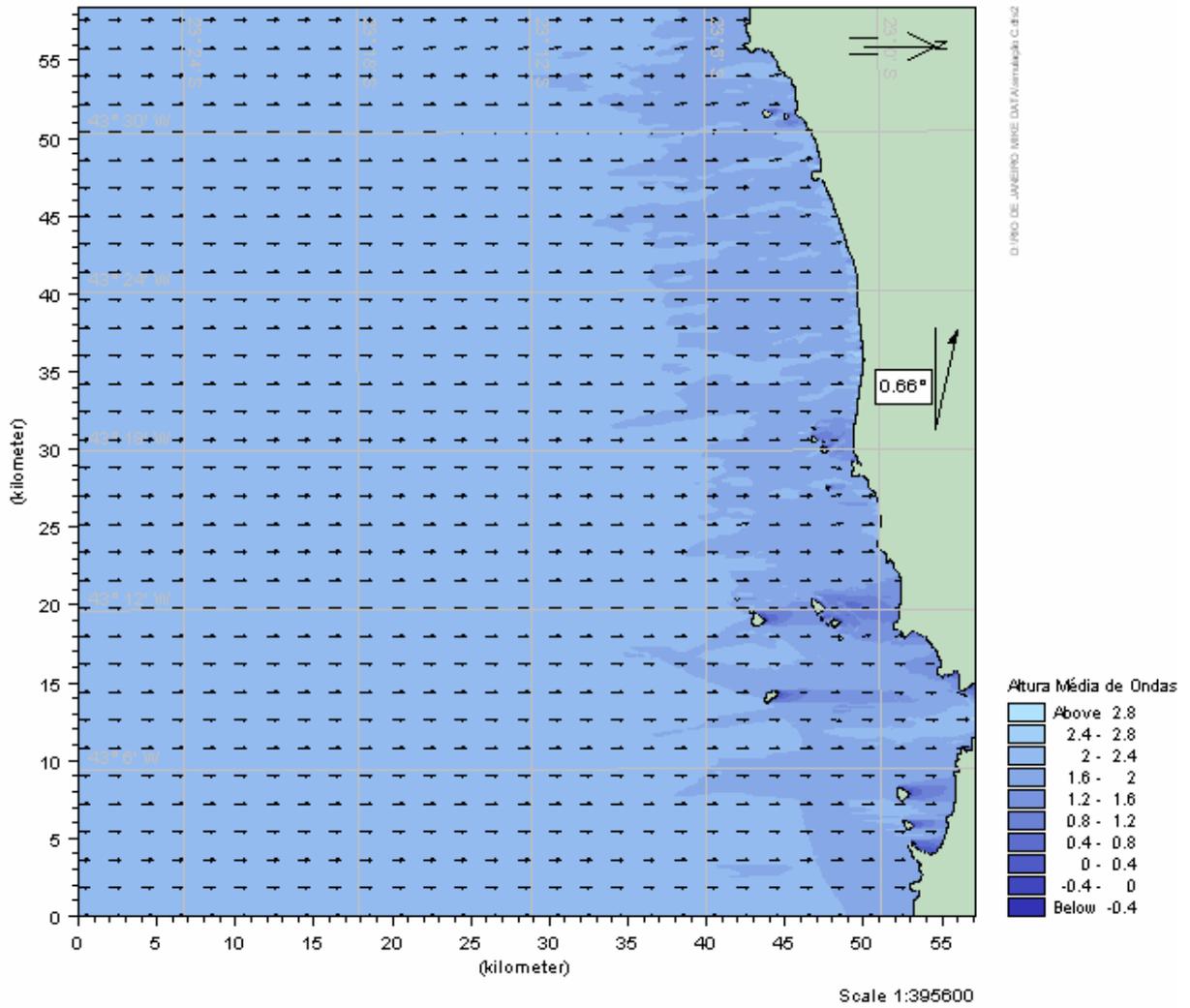
- **Simulação A** – Ondulação de Su-Sudeste ($157,5^\circ$), Altura de Ondas ao largo (H_o) 1,63 m e Período Médio (T) de 8 s. Ventos de Nordeste (45°) e intensidade de 4 m/s. Esta simulação representa condições médias do mar durante o ano de 2004.



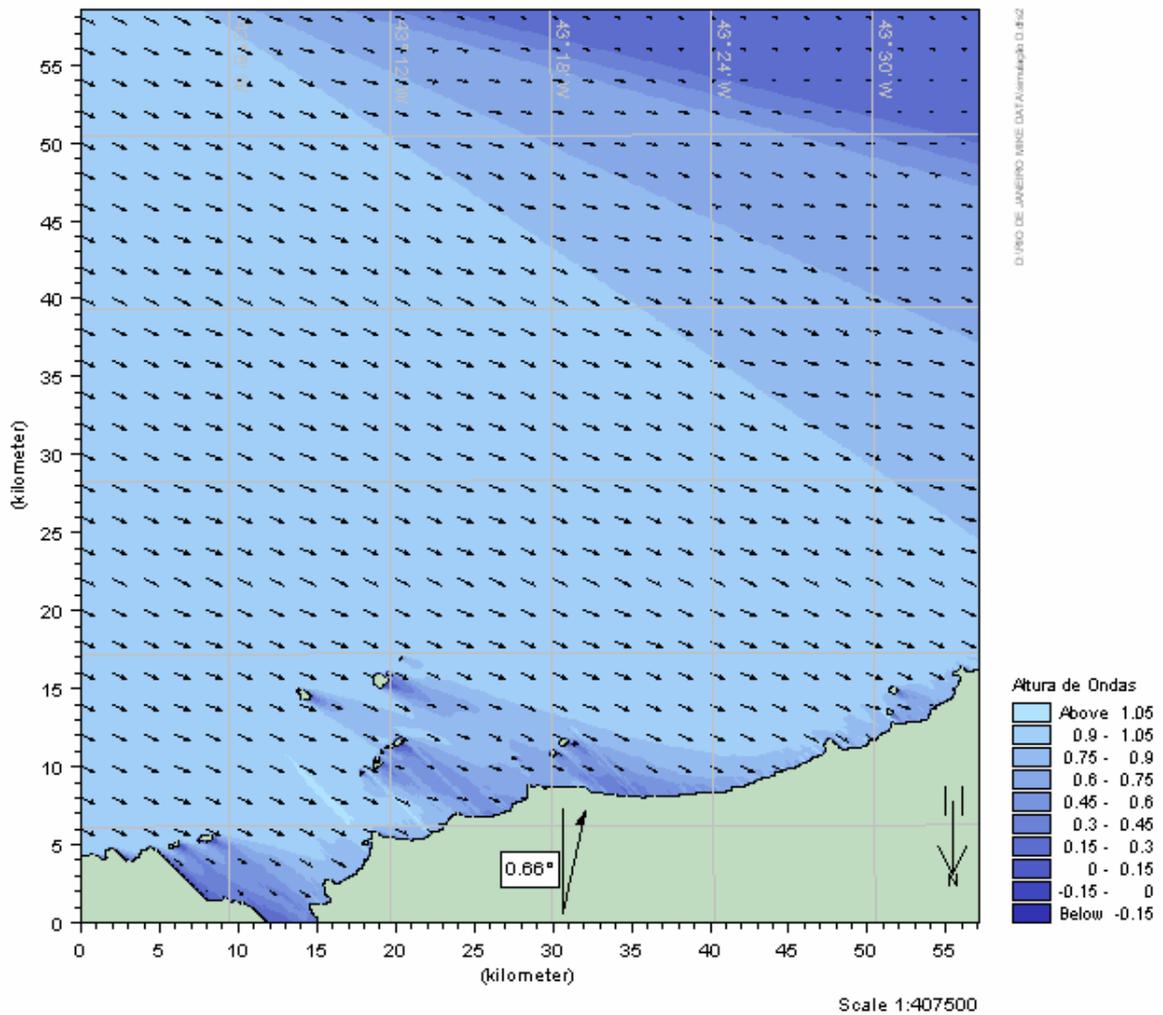
- **Simulação B** – Ondulação de Sul (180°), Altura de Ondas ao largo (H_o) 1.46 m e Período Médio (T) de 8 s. Ventos de Nordeste (45°) e intensidade de 4 m/s. Representando condições médias do mar no ano de 2005.



- **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.



- **Simulação D** – Ondulação Leste-Sudeste, Altura de Ondas (H_o) 1,0 m, Período Médio (T) 6 s. Ventos de Nordeste (45°) e intensidade de 4 m/s. Representando condições de ondas de baixa energia.



Para melhor visualização foram plotadas a batimetria e elaboradas simulações em refração de ondas, limitando a plataforma continental interna na batimetria de 50 m de profundidade. Foram respeitadas as mesmas condições de ondas apresentadas nas simulações acima quando estas estavam próximas a isolinha dos -50 m. Os resultados de alturas de onda próximas à linha de praia foram tabelados e passados para um arquivo 'shape' (.shp) e posteriormente plotados com as ortofotos aéreas (ArcGIS), identificando nas praias, segmentos com alturas de ondas maiores e menores, para cada simulação acima especificada (ANEXO C).

IV. 4. Análise Granulométrica

A análise granulométrica dos grãos por meio de peneiramento a seco, utilizando peneiras de intervalo de 0.5 fi, mostra a variabilidade granulométrica dos diâmetros

medianos nas praias estudadas ao longo de apenas duas classes das areias: areia grossa e areia média. Os resultados numéricos (ANEXO A) e gráficos permitiram a interpolação dos valores medianos para valores de velocidade de decantação, utilizando a curva de Short and Fotheringham (1986, pg. 31) e para determinação de ω . Apesar de estarem sujeitas a um mesmo clima de ondas, não foi verificada uma tendência comum na distribuição dos diâmetros medianos dos grãos, fato que possivelmente pode ser associado à disponibilidade dos sedimentos nas praias e nas zonas de surfe adjacentes de cada sub-embaixamento, que são diferenciados e que confirmam também a variabilidade morfodinâmica entre elas.

Os resultados de diâmetro mediano e velocidade de decantação das amostras coletadas durante doze campanhas, são demonstrados nos gráficos abaixo:

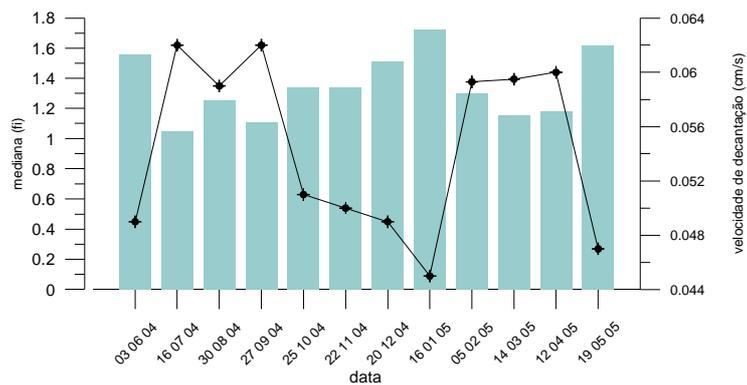


Fig. 35. Praia do Leme, diâmetro mediano e velocidade de decantação

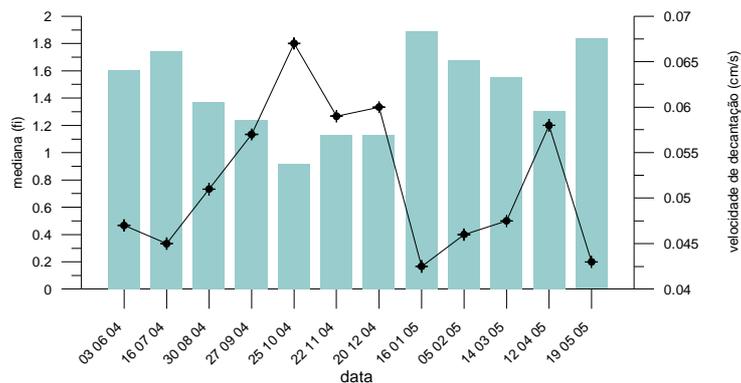


Fig. 36 - Praia de Copacabana, diâmetro mediano e velocidade de decantação

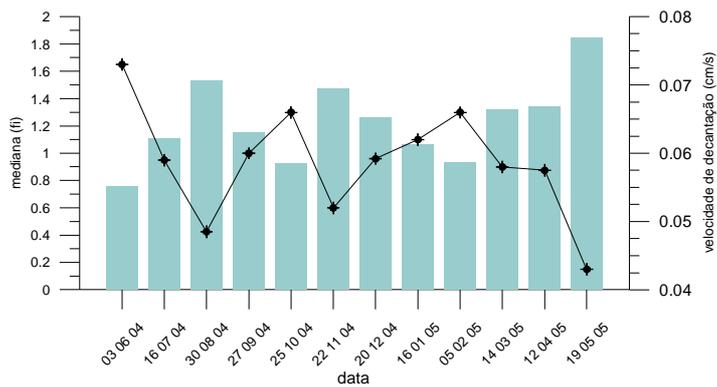


Fig. 37 - Praia de Ipanema, diâmetro mediano e velocidade de decantação

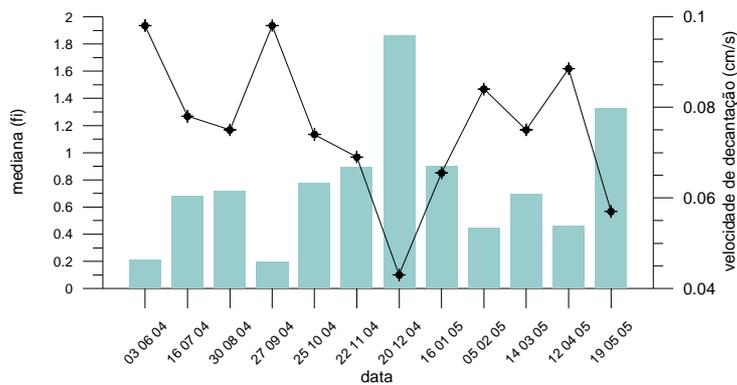


Fig. 38 - Praia do Leblon, diâmetro mediano e velocidade de decantação

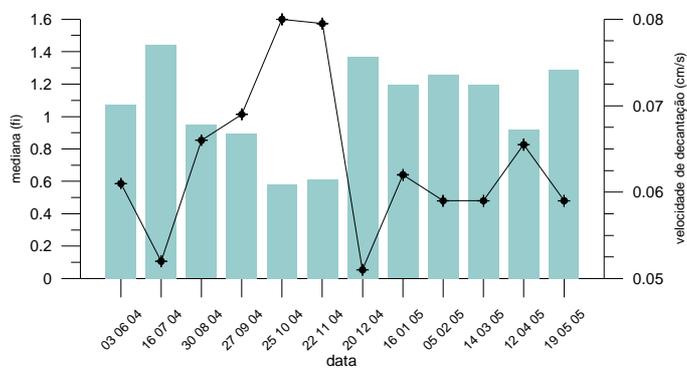


Fig. 39 - Praia de São Conrado, diâmetro mediano e velocidade de decantação

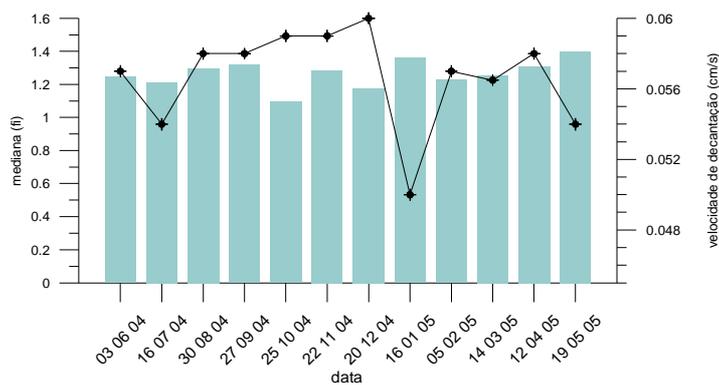


Fig. 40 - Praia da Barra da Tijuca, diâmetro mediano e velocidade de decantação

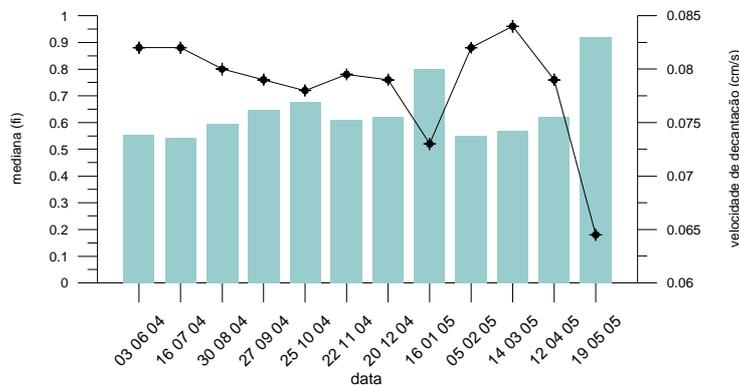


Fig. 41 - Praia do Recreio dos Bandeirantes, diâmetro mediano e velocidade de decantação

Observando os resultados, tem-se que a praia da Barra apresenta a menor variabilidade granulométrica durante o período, e a praia do Leblon a maior. O grau do selecionamento dos grãos está associado à disponibilidade e sortividade dos sedimentos, além da exposição a condições de energia de ondas variáveis. A praia do Leblon está localizada entre duas embocaduras de maré (Canal do Jardim de Alah e Canal da Rua Visconde de Albuquerque), fato que pode justificar o grau de selecionamento deficitário desta em relação à Praia da Barra da Tijuca, onde os sedimentos foram classificados como muito bem selecionados durante todas as campanhas, e não há aparente fonte de sedimentos senão a plataforma próxima.

IV. 5. Análise Morfodinâmica das Praias da Cidade

Levantamentos acerca dos estágios morfodinâmicos das praias da cidade, através do parâmetro Delta (MUEHE, 1998) 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 arrebentação. Os primeiros normalmente ocorrem com altura de ondas inferiores a 0,5 m, e os estágios intermediários parecem ser a característica modal destas praias, ocorrendo no resto do espectro de ondas que atinge o litoral da cidade.

A praia do leme responde em 51% no estágio Terraço de Baixa-Mar, 33% no estágio Refletivo, 8% para os estágios Bancos Transversais e também 8 % para Banco e Calha Longitudinal. A praia de Copacabana variou apenas entre os estágio Refletivo (50%) e

Terraço de Baixa-Mar (50%). A praia de Ipanema variou entre os estágios Refletivo e Terraço de Baixa-Mar com 42% cada e os estágios Bancos Transversais e Banco e Calha Longitudinal representaram 8% das análises cada. A praia do Leblon assume majoritariamente características Refletivas (67%) e em condições de ondas um pouco maiores ao estágio Terraço de Baixa-Mar em 33% do período estudado. A praia de São Conrado, respondeu amplamente às variações no clima de ondas passando pelos estágios Banco e Calha Longitudinal (33%), Terraço de Baixa-Mar (34%), seguido por Bancos Transversais (17%) e os estágios extremos Refletivo e Dissipativo responderam a 8% do período estudado. Trata-se de uma típica praia Intermediária que assume características morfológicas variadas às condições de ondas, ora se aproximando do estágio Refletivo, ora do estágio Dissipativo. A praia da Barra da Tijuca apresenta também características intermediárias respondendo em 50% do período estudado com o estágio Terraço de Baixa-Mar, seguido do estágio Bancos Transversais (33%) e do estágio Refletivo com 17%. Já a praia do Recreio dos Bandeirantes, responde em 67% com o estágio Terraço de Baixa-Mar, seguido do estágio Refletivo (17%) e dos estágios Bancos Transversais e Banco e Calha Longitudinal com 8% cada.

Os gráficos abaixo, mostram respectivamente as correlações do parâmetro Delta com a declividade da face da praia, com a altura de ondas e com o diâmetro mediano das amostras coletadas. Este último é uma correlação indireta, já que o diâmetro dos grãos não é um variante dentro do parâmetro Delta, por isso e por serem majoritariamente areias médias, foi verificada baixa sensibilidade na reta de ajuste. A correlação sugerida é 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.

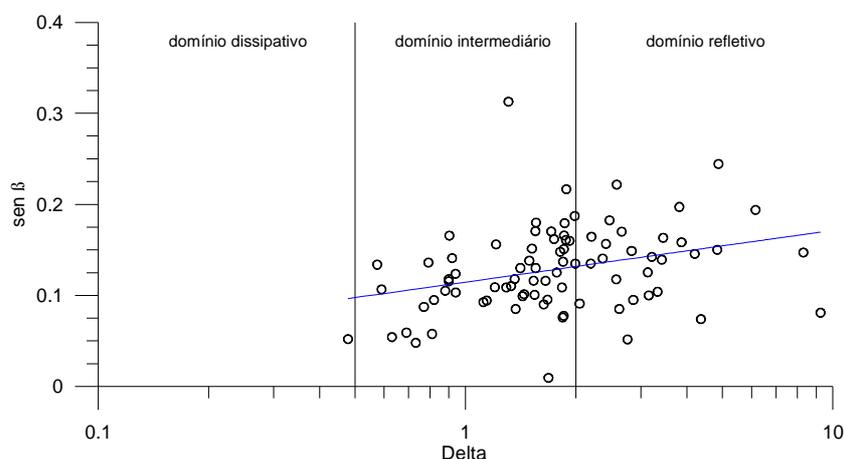


Fig. 42. Correlação entre a declividade da face da praia e o parâmetro Delta (Muehe,1998 a)

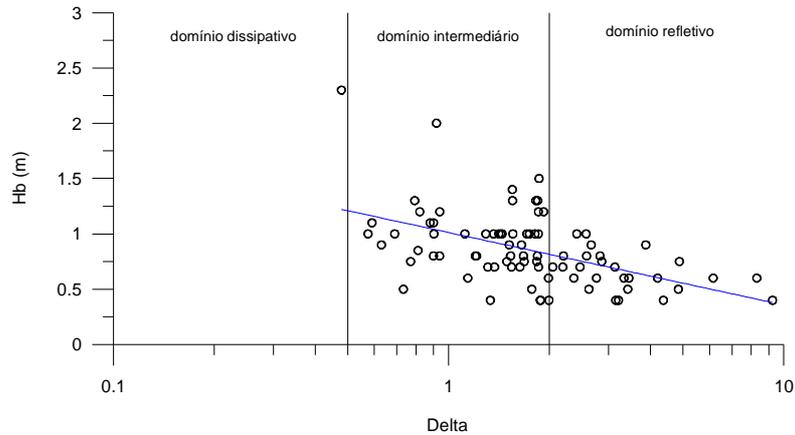


Fig. 43. Correlação entre a altura da onda na arrebentação e o parâmetro Delta (Muehe,1998 a)

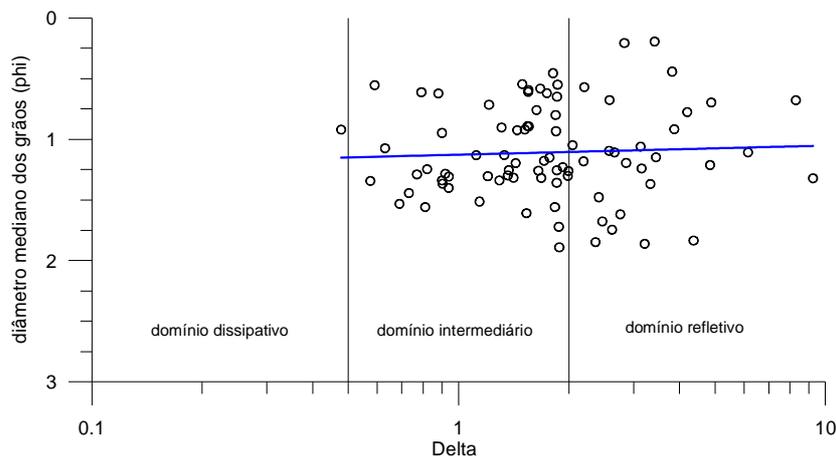


Fig. 44. Correlação entre o diâmetro mediano dos grãos e o parâmetro Delta (Muehe,1998 a)

IV.6. Análise Topográfica da Zona de Surfe

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 arrebentação e a face da praia, área onde ocorre o espraçamento das ondas.

O perfil do dia 11.05.05 (fig. 45) mostra o terraço acoplado à praia tornando o banho seguro nos primeiros trinta metros de zona de surfe, devido à baixa profundidade e topografia aplainada.

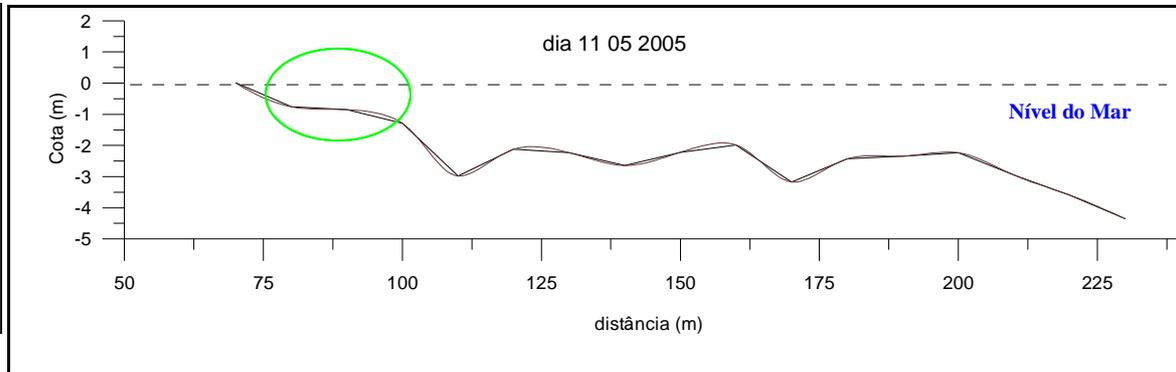


Fig. 45. Perfil topográfico transversal, Barra da Tijuca 11.05.2005

No perfil do dia 20.05.05 (fig. 46), bancos e calhas com pequena profundidade e arrebentação distante quase 70 metros da praia, indicam condições favoráveis ao banho.

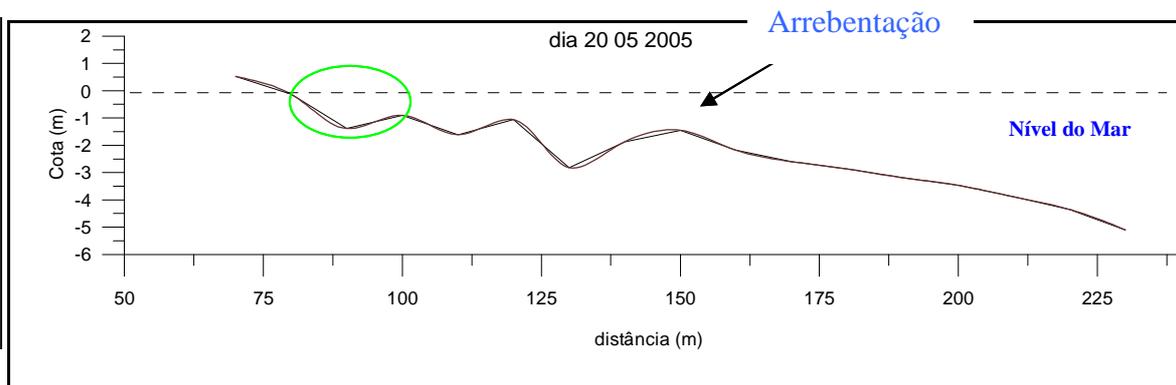


Fig. 46. Perfil topográfico transversal, Barra da Tijuca 20.05.2005

O perfil do dia 27.05.05 (fig. 47) alerta para uma profundidade de aproximadamente 2 m a uma distância menor que 30 metros da linha de praia, potencializando a ocorrência de correntes longitudinais e a perda de sustentação do banhista.

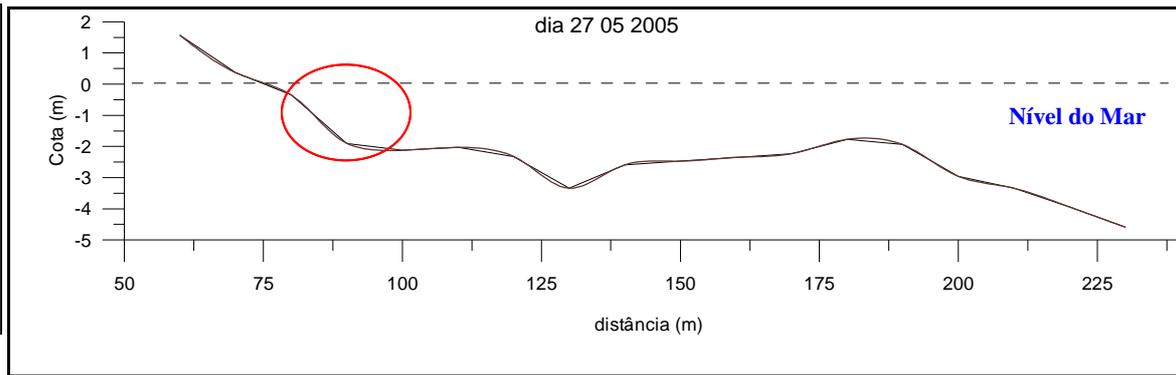


Fig. 47. Perfil topográfico transversal, Barra da Tijuca 27.05.2005

Acompanha-se para o perfil do dia 28.05.05 (fig. 48) o aumento da inclinação da face da praia pode significar um risco adicional aos banhistas que rapidamente a partir da praia aproxima-se de áreas profundas. No perfil do dia 29.05.05 (fig. 49) acentua-se esta tendência.

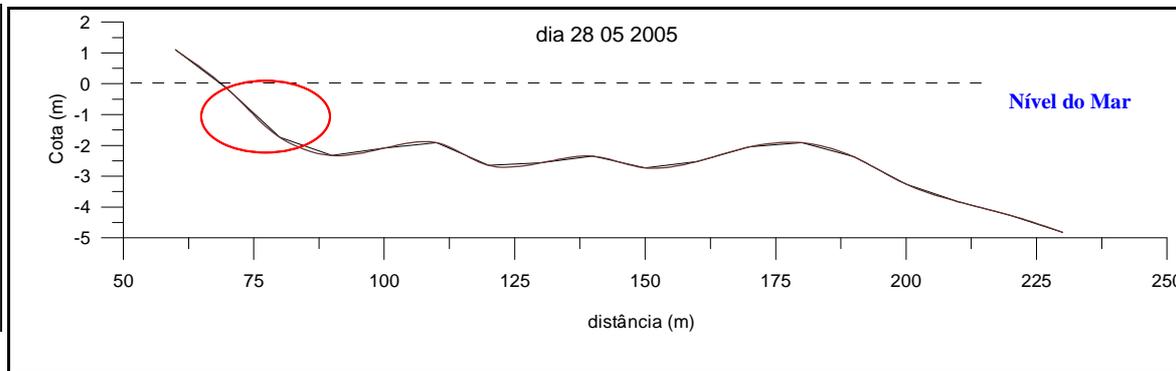


Fig. 48. Perfil topográfico transversal, Barra da Tijuca 28.05.2005

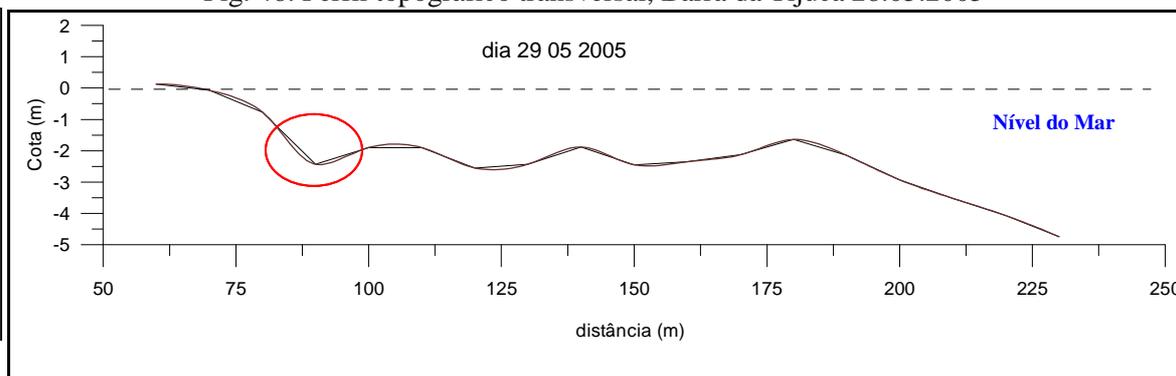


Fig. 49. Perfil topográfico transversal, Barra da Tijuca 29.05.2005

No gráfico abaixo (fig. 50) 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.

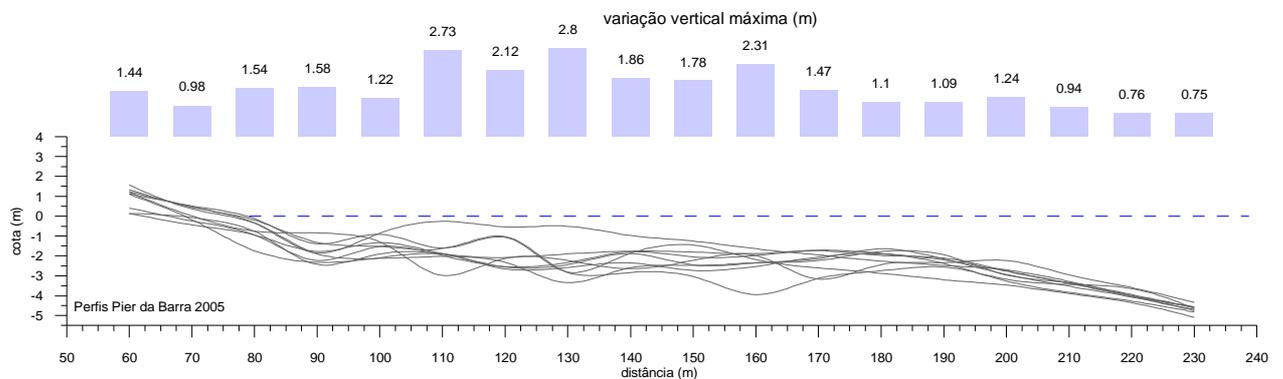


Fig. 50. Superposição dos perfis na barra da tijuca e respectiva variação vertical máxima

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.

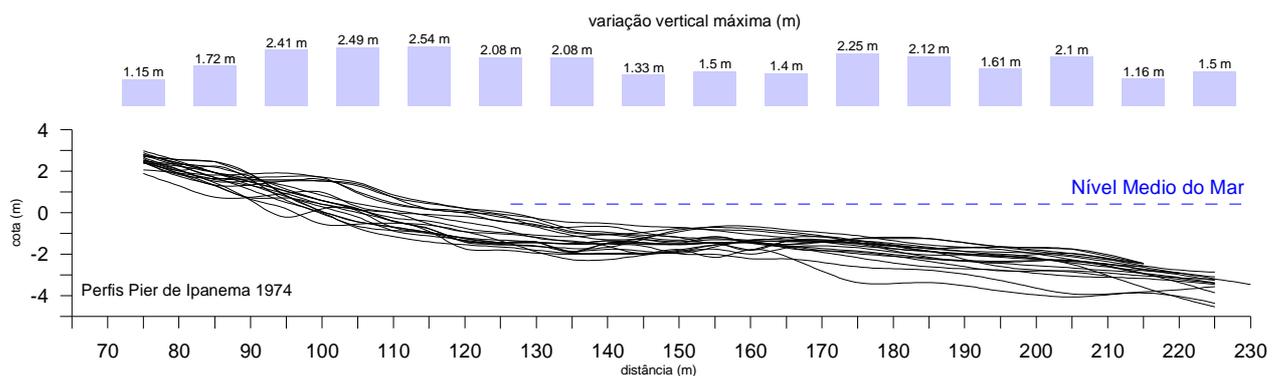


Fig. 51. Superposição dos perfis na praia de Ipanema e respectiva variação vertical máxima

IV. 7 – Tipos de Arrebentação

A análise de 767 fotos de arrebentação de ondas nas praias da cidade, sendo elas 73 em Copacabana, 116 em Ipanema, 80 no Leblon, 70 em São Conrado, 310 na Barra da

Tijuca e 118 na praia do Recreio dos Bandeirantes, permitiram a identificação e classificação visual dos tipos de arrebenção dentre os três mais comuns : progressiva (*spilling*), mergulhante (*plunging*) e colapsante (*collapsing*). O gráfico abaixo (fig. 52) foi elaborado com os percentuais de ocorrência em cada praia estudada, excetuando-se a praia do Leme, onde não haviam fotografias disponíveis.

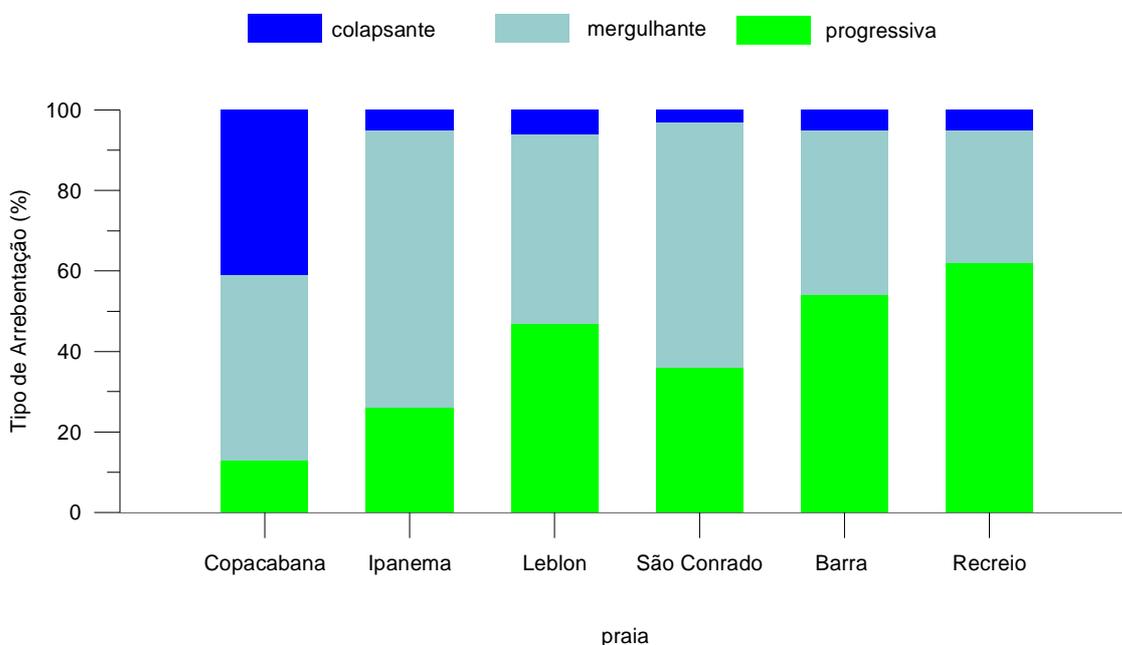


Fig. 52 – Percentual de ocorrência dos tipos de arrebenção

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

IV. 8 – Análise das Estatísticas em Salvamentos no Rio de Janeiro

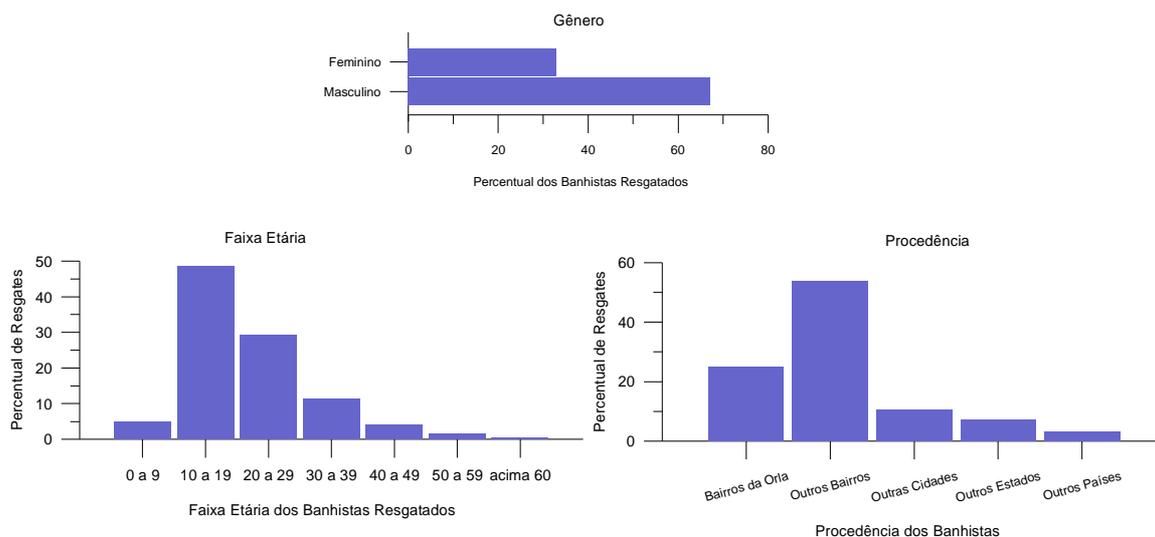


Fig. 53 – Gráficos evidenciando o perfil dos banhistas resgatados. Anos 2004 e 2005.

Numa perspectiva totalizada bianual, o perfil dos banhistas resgatados nas sete praias estudadas tem-se majoritariamente homens (67%), na faixa etária de 10 a 19 anos (48,5%), procedentes principalmente de bairros que não os da orla (53%).

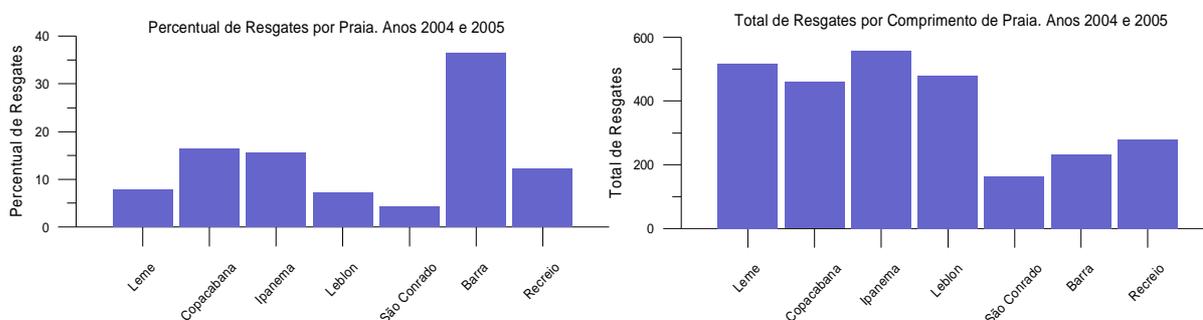


Fig. 54 – Resgates de Banhistas por Praia

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.

A análise destas informações nos permite avaliar diretamente a densidade e o grau de uso e ocupação destas praias, já que segundo Short & Hogan (1994) e Short (1999), a ocorrência de afogamentos é diretamente proporcional à densidade 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.

Outra informação interessante é o sobre o percentual de resgates nos finais de semana. Tem-se no gráfico, abaixo uma correlação entre número absoluto de resgates nas praias por ano (barra vertical) e o percentual médio mensal de banhistas resgatados nos finais de semana (pontos). A praia de Copacabana é que apresenta a maioria dos banhistas resgatados durante os dias da semana e a praia da Barra da Tijuca, apresenta a maior parte dos banhistas resgatados nos finais de semana. (Fig. 55)

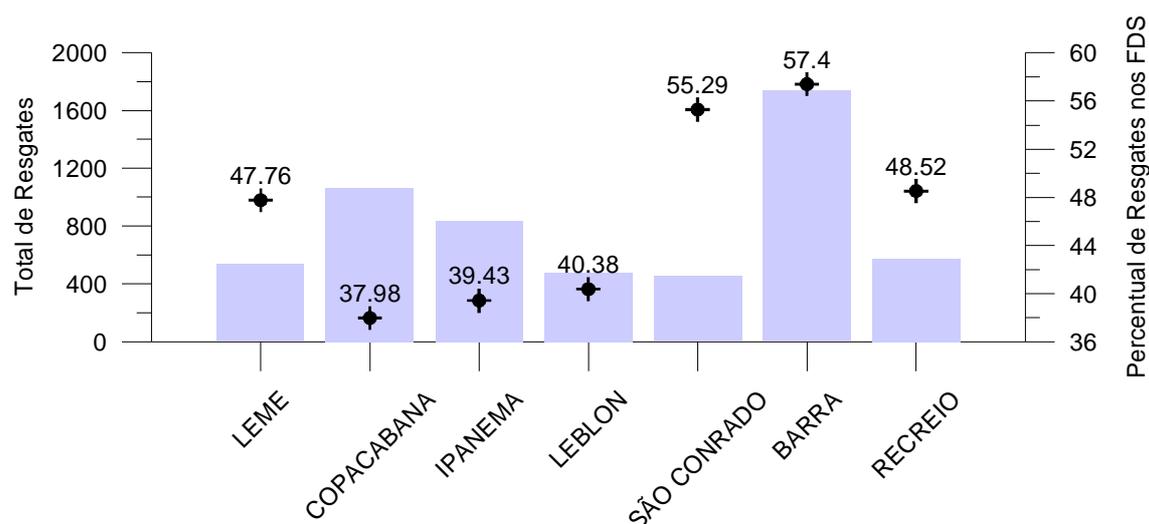


Fig. 55 – Total de banhistas resgatados e percentual de resgates nos finais de semana. 2005

Este resultado revela algo a mais sobre o grau de utilização das praias, pois percebe-se pela avaliação dos resgates, que as praias da Zona Sul são mais utilizadas durante a semana do que as praias da Zona Oeste, fato refletido no número de resgates.

Na análise de dados referentes a afogamentos por postos, podê-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 à riscos.

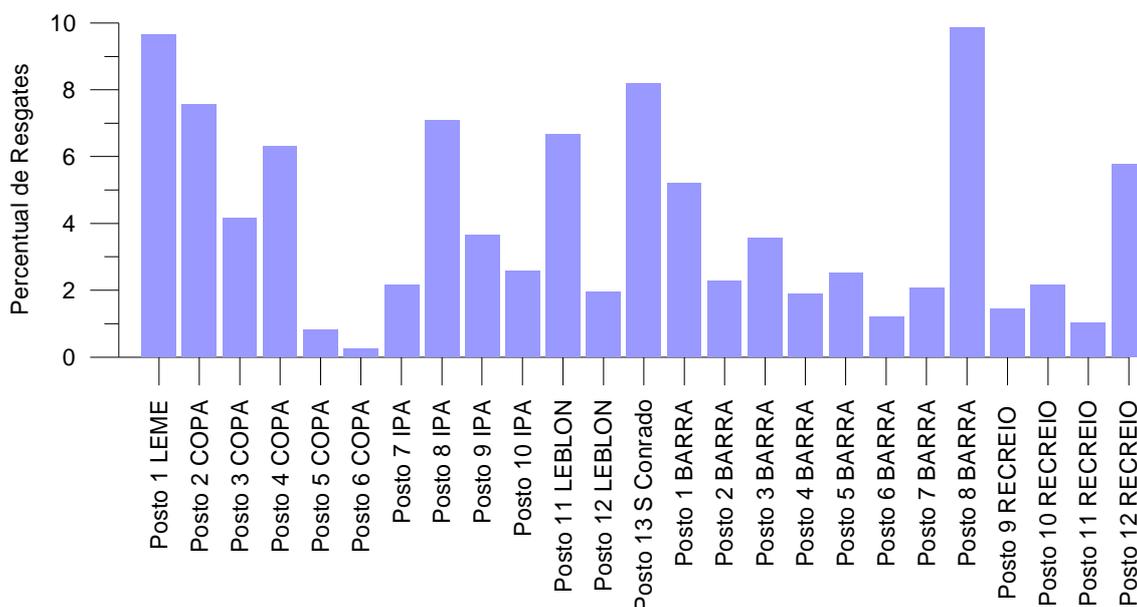


Fig. 56 - Percentual de Resgates por Posto de Salvamento

Os postos de salvamentos 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 hinterlandia (ou área de atuação) onde ocorrem e são registrados os resgates e esta não é constante ao longo da orla.

PARTE V – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise morfodinâmica das praias oceânicas da cidade do Rio de Janeiro foi realizada a partir da confirmação da hipótese 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 (ANEXO C - Mapas 01 a 04) e em último caso na variabilidade morfodinâmica que estas praias assumem.

O modelo australiano de morfodinâmica de praias foi elaborado a partir de estudos intensos de praias naquele país. Aplica-se em praias arenosas, de micro-marés, expostas e semi-expostas, onde as ondas incidentes são responsáveis pela maior parte dos processos costeiros. No Rio de Janeiro, as praias oceânicas apresentam características semelhantes tanto em seu espectro de energia de ondas e grau de exposição quanto à composição mineral e granulométrica. Esta resposta pôde ser confirmada a partir da análise descritiva dos ambientes estudados nos trabalhos de Short (1979), Wright et al. (1979), Wright & Short (1983, 1984) nas praias do sudeste australiano.

A arrebentação das ondas irá influenciar a mobilidade do fundo e esta pôde ser verificada através de perfis topográficos em dois pontos selecionados (ANEXO D), 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 da sortividade granulométrica 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. Já o parâmetro Ômega (Dean, 1973) apresentou baixa correlatividade, devido principalmente à variabilidade granulométrica, que é pequena. Uma observação conceitual deve ser levada em consideração, já que o parâmetro Delta, visa dar respostas à análise do ambiente no momento da observação, e o parâmetro Ômega visa, por definição, avaliar condições modais das praias, respondendo pelas suas características mais recorrentes.

Adicionalmente, os estágios morfodinâmicos propostos por Wright & Short (1984) e parametrizados por Delta (Muehe, *op.cit.*) evidenciam informações qualitativas do

ambiente praias 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 conseqüente. 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.

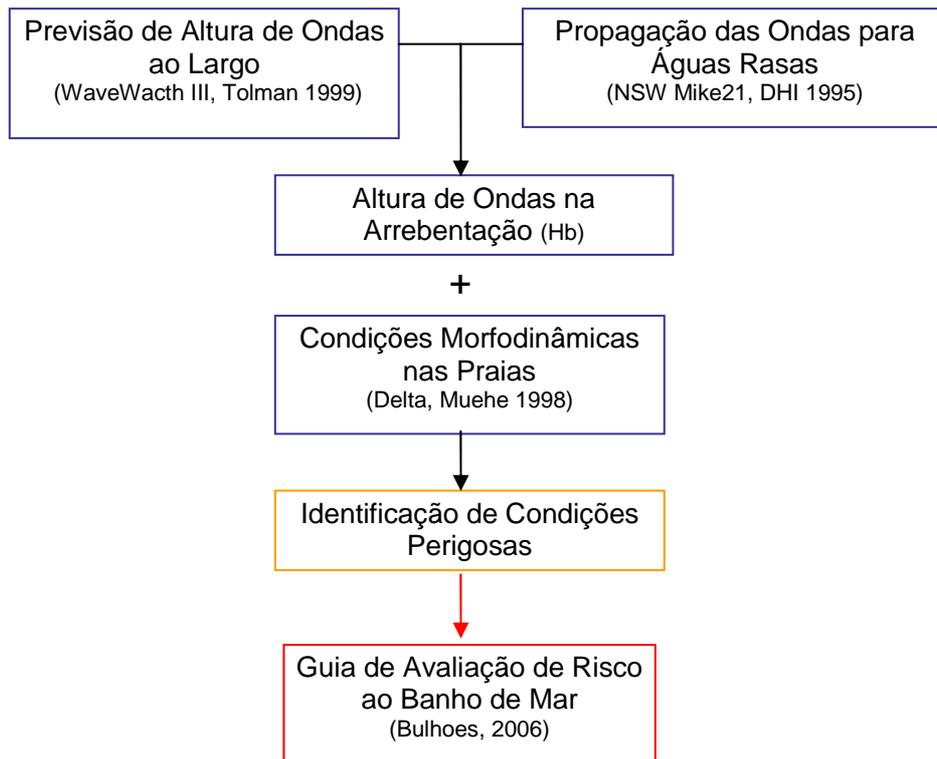


Fig. 57 – Fluxograma do Sistema de Análise de Risco nas Praias

Estas características comuns às praias intermediárias puderam ser discretizadas e em conjunto com a altura das ondas na arrebentação e com a variação das marés – que mesmo de pequena amplitude, têm capacidade efetiva em expor terraços, potencializar fluxos e alterar às 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 (fig. 58) cujas variáveis independentes são a altura das ondas na arrebentação 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.

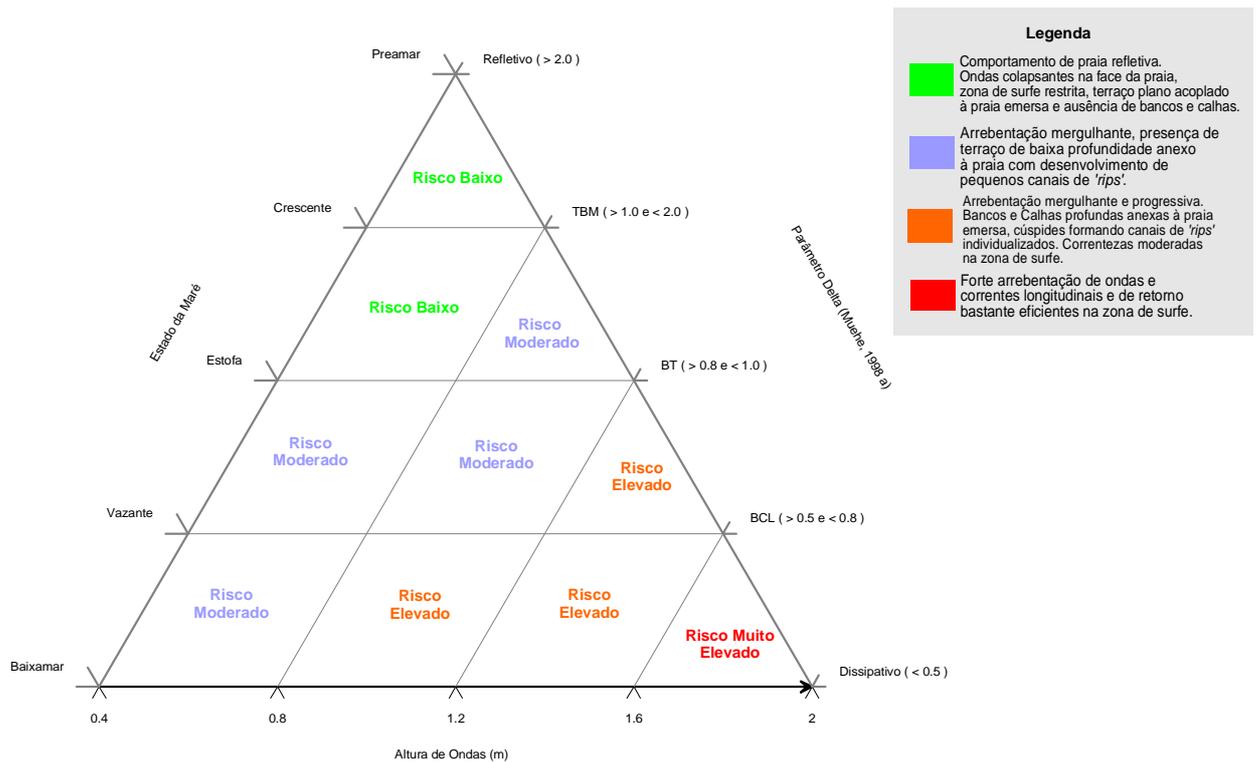


Fig. 58. Guia de Avaliação de Segurança nas Praias

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 a 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.

Às 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 (ANEXO C – Mapa 07). Evita-se a tentação de comparar diretamente níveis de distribuição de acidentes, pois as praias apresentam características naturais e público freqüentador 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 freqüentadores 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 à 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.

Através da interpretação dos resultados, acredita-se que os elementos associados aos processos induzidos por ondas somam como agravantes nas estatísticas de salvamentos, e com isso, a identificação de áreas potencialmente perigosas ao banho de mar tem como objetivo alertar banhistas e autoridades públicas sobre a contribuição que os estudos em dinâmica de praias pode oferecer à segurança dos cidadãos.

A atuação do Grupamento Marítimo (G-Mar) de salva-vidas que atuam na cidade é efetiva visto à baixa taxa na correlação resgate / óbito. Em todo caso, pouco se tem feito para a prevenção dos acidentes. Sugerem-se campanhas públicas educacionais em favor do reconhecimento dos perigos que as praias oferecem, principalmente aos grupos identificados como sujeitos a riscos de afogamento. Estas campanhas também devem ser expandidas ao comportamento arriscado comum às pessoas que normalmente são vítimas dos perigos nas praias.

Como proposta futura, visa-se à elaboração de um Projeto de Segurança nas Praias, em conjunto com as autoridades públicas, através da obtenção de informações quantitativas e qualitativas sobre condições de mar associadas às ocorrências de resgates nas praias pois, através disso, um passo maior na identificação do controle exercido pelas condições ambientais à segurança nos banhistas pode ser dado, objetivando assim máxima redução de acidentes e otimização de gastos públicos.

PARTE VI – REFERÊNCIAS

AAGARD, T.; GREENWOOD, B.; NIELSEN, J., (1997) *Mean Currents and Sediment Transport in a Rip Channel*. Marine Geology 140 (25-45).

ADAMS, John., (1995) *Risk: The Policy Implications of Risk Compensation and Plural Rationalities*. UCL Press. London.

Van BEECK, E.F.; BRANCHE; C.M.; SZPILMAN, D.; MODELL, J.H.; & BIERENS, J.J.L.M., (2005). *A New Definition of Drowning: Towards Documentation and Prevention of a Global Public Health Problem*. Bulletin of the World Health Organization. November 2005, 83 (11).

BENEDET, L.; FINKL, C.W.; KLEIN, A.H.F., (2004) *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).

BIERENS, J. (Org.), (2004) *Handbook on Drowning: Prevention, Rescue and Treatment*. Springer Press. Deutschland.

BOWEN, A. J., (1969) *The Generation of Longshore Currents on a Plane Beach*. Journal of Marine Research. Vol. 27 p. 206-215.

BRANCHE C.M. and STEWART S., (Editors). (2001) *Lifeguard Effectiveness: A Report of the Working Group*. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control. Atlanta.

BRANDER, R.W., (1999) '*Field Observations on the Morphodynamic Evolution of a Low-Energy Rip Current System*'. Marine Geology, Vol.157. pp 199-217.

BRANDER, R.W. and SHORT A.D., (2001) *Flow Kinematics of Low-Energy Rip Current Systems*. Journal of Coastal Research, 17 (2) 468-81.

BULHOES, E.M.R., (2003) *Caracterização Físico-Ambiental do Litoral da Cidade do Rio de Janeiro*. Monografia de Graduação. Dpto. de Geografia UFRJ. Rio de Janeiro.

BURTON, Ian; KATES, Robert W. and WHITE, Gilbert F., (1993) *The Environment as a Hazard*. 2nd edition. The Guilford Press, New York.

CALLIARI, L.; MUEHE, D.; HOEFEL, F.; and TOLDO JR., (2003) *Morfodinâmica Praial: uma Breve Revisão*. Revista Brasileira de Oceanografia vol. 51 p.63-78

CARRIER, G. F. and GREENSPAN, H.P., (1958) *Water Waves of Finite Amplitude on a Sloping Beach*. *Journal of Fluid Mechanics* Vol. 4 pp 97-109

CASTRO, C. M., (2004) *Vulnerabilidade dos Sistemas Hídricos e Riscos Ambientais em Volta Redonda (RJ)*. Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado. PPGG/IGEO. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; PIRES DO RIO, G. A., (2005) *Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas*. Anuário do Instituto de Geociências UFRJ. Vol.28 p. 11-34.

CERC (1981) Coastal Engineering Research Center. *The Littoral Environment Observation (LEO) Data Collection Program*. Coastal Engineering Technical Aid no. 81.5

CERC (1984) Coastal Engineering Research Center. *Shore Protection Manual* (4th Edition) Waterway Experiment Station, Corps of Engineers, Vicksburg.

CUNHA, Antonio Geraldo da., (1986) *Dicionário Etimológico Nova Fronteira da Língua Portuguesa*. 2ª edição, Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira

CUTTER, S., (2001) *The Changing Nature of Risks and Hazards*, American Hazardscapes, The regionalization of Hazards and Disasters. Washington, D C Joseph Henry Press.

DAVIES, J. L., (1964) *A Morphogenic approach to world shorelines*. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 8 pp127-142.

DEAN, R. G., (1973) *Heuristic Models of Sand Transport in the Surf Zone*. Conference of Engineering Dynamics in the Surfzone. Sydney. Australia. 7p.

DERBYSHIRE, E; GREGORY, K. J.; HAILS, J. R., (1979) *Geomorphological Processes (Studies in Physical Geography)*. BUTTER WORTHS. London. 312 pp.

DHI – DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (1995) *MIKE 21 Nearshore Spectral Wind-Wave Module, Release 2.7, User Guide and Reference Manual*. DHI Software, Denmark.

DRISCOLL, T.R.; HARRISON, J.A. and STEENKAMP, M., (2004) *Review of the Role of Alcohol in Drowning Associated with Recreational Aquatic Activity*. *Injury Prevention*, 10 (107-113).

FOLK, R. L. and WARD, W. C. (1957) *Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters*. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27 (3-26).

GASPAR, Claudia Braga, (2004) *Orla Carioca: História e Cultura*. São Paulo. Ed. Metalivros. 2004

GIDDENS, Anthony (1991) *As Conseqüências da Modernidade*. Tradução de Raul Fiker. São Paulo, Editora da UNESP.

GUZA, R.T. and BOWEN, A.J., (1975 a) *Edge Waves and Surf Beat*. *Journal of Geophysical Research*, Volume 83, Issue C4, p. 1913-1920.

GUZA, R.T. and BOWEN, A.J., (1975 b) *The Resonant Instabilities of Long Waves Obliquely Incident on a Beach*. *Journal of Geophysical Research*, 80, 4529-4534

GUZA, R.T. and INMAN, D.L., (1975) *Edge Waves and Beach Cusps*. *Journal of Geophysical Research*, 80 2997 – 3012.

HEWITT, K., (1997) *Regions of Risk, a Geographical Introduction to Disasters*. Addison Wesley Longman Ltd. England.

HOEFEL, F. and KLEIN, A.H.F., (1998) *Environmental and Social Decision Factors of Beach Safety in the Central Northern Coast of Santa Catarina, Brazil*. *Notas Técnicas da Facimar vol.2 p.155-166*

HOLMAN, R. A. and BOWEN, A. J. (1982) *Bars, Bumps and Holes : Models for the Generation of Complex Beach Topography*. Journal of Geophysical Research, 87, 457-468.

HOLTHUIJSEN, L.H.; BOOIJ, N. and HERBERS, T.H.C., (1989) *A Prediction Model for Stationary Short-Crested Waves in Shallow Water with Ambient Currents*. Coastal Engineering, 13, pp. 23-54.

HUNTLEY, D.A. and SHORT, A.D., (1992) *On the Spacing Between Observed Rip Currents*. Coastal Engineering, 17 211-225.

KING, C.A.M., (1972) *Beaches and Coasts*. 2nd edition. Edward Arnold. London

KLEIN; A.H.F.; SANTANA, G; DIEHL, F and MENEZES, J., (2003) *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 p.107-116

LANFREDI, N. and SCHMIDT, S., (1983) *Currents Generated by Waves*. Shore and Beach, October 1983 p.40-43

LINS DE BARROS, F.M., (2005) *Risco e Vulnerabilidade à Erosão Costeira no Município de Maricá, RJ*. Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado. PPGG/IGEO. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LONGUET-HIGGINS M.S., (1970 a) *Longshore Currents Generated by Obliquely Incident Sea Waves, 1*. Journal of Geophysical Research. Vol. 75 No.33. p.6778-6789

LONGUET-HIGGINS M.S., (1970 b) *Longshore Currents Generated by Obliquely Incident Sea Waves, 2*. Journal of Geophysical Research. Vol. 75 No.33. p.6790-6801.

LONGUET-HIGGINS M.S. and STEWART, R.W., (1962) *'Radiation Stress and Mass Transport in Gravity Waves'* J. Fluid Mechanics 13, pp 481-504

LONGUET-HIGGINS M.S. and STEWART, R.W., (1963) 'A note on wave setup' Journal of Marine Research, Vol. 21, pp 4-10

LONGUET-HIGGINS M.S. and STEWART, R.W., (1964) 'Radiation stresses in water waves, a physical discussion, with applications' Deep-Sea Research, Vol. 11, pp. 529-62

McKENZIE, P., (1958) *Rip-Current Systems*. Journal of Geology. Vol.66 No.2

MASSENLINK, Gerhard. and HUGHES, Michael (2003) *Introduction to Coastal Processes & Geomorphology*. Arnold, London.

MARTIN, L. e SUGUIO, K. (1989) *Excursion Route Along the Brazilian Coast between Santos (SP) and Campos (RJ)*. International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary. Special Publication no.2. 136 p.

MUEHE, D. (1995a) *Geomorfologia Costeira*. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S.B. (org). *Geomorfologia: Atualização de Bases e Conceitos*. Editora Bertrand Brasil p. 253-308. Rio de Janeiro.

MUEHE, D. (1995b) *Geomorfologia Costeira*. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S.B. (org). *Geomorfologia : Exercícios, Técnicas e Aplicações*. Editora Bertrand Brasil p. 191-237. Rio de Janeiro.

MUEHE, D. (1998 a) *Estado Morfodinâmico Praial no Instante da Observação: uma Alternativa de Identificação*. Revista Brasileira de Oceanografia 46 (2) p. 157-169

MUEHE, D. (1998 b) *O litoral Brasileiro e sua Compartimentação*. In: Guerra, A J T & Cunha, S.B. (org). *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 392 p.

MUEHE, D. e CORRÊA, C.H.T. (1989) *The Coastline Between Rio de Janeiro e Cabo Frio*. In: NEVES, C & MAGOON, O. T. (ed.) *Coastlines of Brazil*. Publish.: American Society of Civil Engineers, New York. P. 110-123.

MUEHE, D. e DOBEREINER, C. (1977) *Dinâmica do Fundo Marinho ao Longo do Píer de Ipanema, Rio de Janeiro*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, vol.49 (2).

MUEHE, D. ; PEREIRA, M.L.F.; MARQUES, J.S.; AMADOR, E.; XAVIER DA SILVA, J. (1973) *Análise da Variação Granulométrica de Sedimentos na Barra da Tijuca*. Revista Brasileira de Geografia no. 35 (1) 105-140.

MURRAY, A.B. and REYDELLET, G. (2001) *A Rip-Current Model Based On A Hypothesized Wave/Current Interaction*. Journal of Coastal Research, 17, 517-530.

MURRAY, A.B.; LeBARS, M. and GUILLON, C. (2003) *Tests of a new hypothesis for Non Bathymetrically Driven Rip Currents*. Journal of Coastal Research, 19 (2) 269-277

NODA, E.K. (1974) *Wave-Induced Nearshore Circulation*. Journal of Geophysical Research. Vol. 79, No. 27, pgs 4097-4106.

PALM, R. (1990) *Natural Hazards: an Integrative Framework for Research and Planning*.

The Johns Hopkins University Press, London

PEREIRA, P. S.; CALLIARI, L. J.; LÉLIS, R. J. F.; FIGUEIREDO, S. A. (2003) *Riscos Associados ao Banho de Mar e sua Relação com a Heterogeneidade Morfodinâmica das Praias do Rio Grande do Sul, Brasil: Projeto de Segurança nas Praias*. Anais (em CD) do IX Congresso da ABEQUA 2003, Recife, Brasil.

ROSO, R.H. (2003) *Avaliação da Aplicabilidade de Conceitos da Morfodinâmica de Praia no Planejamento de Desembarques Anfíbios*. Dissertação de Mestrado PPGG/UFRJ. Rio de Janeiro.

SILVA, M.G.F. (2001) *A Praia e o Imaginário Social: Discurso Médico e Mudança de Significados na Cidade do Rio de Janeiro*. In: ROSENDAHL, Z. e CORRÊA, R.L. (Org.) Paisagem Imaginário e Espaço. Coleção Geografia Cultural. Ed.UERJ, 2001, 228 pgs.

SLSA, (1995) *Surf Lifesaving Training Manual*. Surf Life Saving Australia, Sydney 252 pp.

SLSA, (2005) *2005 National Surf Safety Report*. Surf Life Saving Australia, Sydney 14 pp.

SHEPARD, F.P.; (1948) *Submarine Geology*. Harper & Bros. New York.

SHORT, A.D. (1979) *Three Dimensional Beach-Stage Model*. Journal of Geology, vol.87, p. 553-571

SHORT, A.D. (1999) *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chichester.

SHORT, A.D. and BRANDER, R.W. (1999) *Regional Variations in Rip Density*. Journal of Coastal Research, Vol. 15 (3), 813-822. Royal Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208

SHORT, A. D.; FOTHERINGHAM, D.G.; BUCKLEY, R.C. (1986) *Coastal Morphodynamics and Holocene Evolution of the Eyre Peninsula Coast, South Australia*. Coastal Studies Unit Technical Report. No.86/2. Department of Geography, University of Sidney. Australia.

SHORT, A.D. and HOGAN, C.L. (1994) *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 p.197-209

SILVA, M.G.F. (2000) *O Papel dos Médicos na Valorização das Áreas Litorâneas da Cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado. PPGG/IGEO. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SONU, C. and RUSSEL, R. (1966) *Topographic Changes in the Surfzone Profile*. Technical Report no. 50 Coastal Studies Institute, Louisiana State University.

SZPILMAN, D., (1997) *Near-Drowning and Drowning Classification: a Proposal to Stratify Mortality Based on the Analysis of 1.831 Cases*. CHEST vol.112 (3)

TOLMAN, H.L., (1991) *A Third-Generation Model for Wind Waves on Slowly Varying, Unsteady and Inhomogeneous Depths and Currents*. Journal of Physical Oceanography, 21, 782-797

TOLMAN, H.L., (1999) *User Manual and System Documentation of WAVEWATCH-III version 1.18*. NOAA / NWS / NCEP / OMB Technical Note 166, 110 pp.

VALENTINI, E. and NEVES, C.F. (1989) *The Coastline of Rio de Janeiro from a Coastal Engineering Point of View*. In: *Coastlines of Brazil 89'*. ASCE, New York, USA.

WENTWORTH, C. A. (1922) *Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments*. Journal of Geology, 30 (377-392)

WHO - World Health Organization (1998) *Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Coastal and Fresh-waters*. Draft for consultation. Geneva.

WHO - World Health Organization (2002) *The Injury Chart Book: a Graphical Overview of the Global Burden of Injuries*. Geneva

WHO - World Health Organization (2003) *Guidelines for Safe Recreational Water Environments, vol.1 Coastal and Fresh-waters*. Geneva.

WRIGHT, L.D. and THOM, B. (1977) *Coastal Depositional Landforms, a Morphodynamic Approach*. Progress in Physical Geography, 1, 412-459.

WRIGHT, L.D.; CHAPPELL, J; THOM, B; BRADSHAW, M. and COWELL, P., (1979) *Morphodynamics of Reflective and Dissipative Beach and Inshore Systems: SE Australia*. Marine Geology 32, p.105-140

WRIGHT, L.D. and SHORT, A.D. (1983); *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.

WRIGHT, L.D. and SHORT, A.D., (1984) *Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: a Synthesis*. Marine Geology, 56 p. 93-118.