

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL**

**FELIPE ALMEIDA FONTANA
LUIZ FELIPE MIRANDA DAS NEVES
VINÍCIUS ANNONI MARTINS**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE
RECIFES ARTIFICIAIS EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO PARA
CONTENÇÃO DA ARREBENTAÇÃO MARÍTIMA NO MUNICÍPIO DE
MATINHOS/PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2011

**FELIPE ALMEIDA FONTANA
LUIZ FELIPE MIRANDA DAS NEVES
VINÍCIUS ANNONI MARTINS**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE
RECIFES ARTIFICIAIS EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO PARA
CONTENÇÃO DA ARREBENTAÇÃO MARÍTIMA NO MUNICÍPIO DE
MATINHOS/PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Disciplina Projeto Final 2, do Curso Superior de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli

Co-orientador: MSc. Marcos Gândor Porto Lima

CURITIBA

2011

Ficha Catalográfica

TERMO DE APROVAÇÃO

FELIPE ALMEIDA FONTANA

LUIZ FELIPE MIRANDA DAS NEVES

VINÍCIUS ANNONI MARTINS

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE RECIFES ARTIFICIAIS EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO PARA CONTENÇÃO DA ARREBENTAÇÃO MARÍTIMA NO MUNICÍPIO DE MATINHOS/PR

Trabalho de graduação aprovado como requisito parcial para a conclusão do Curso de Engenharia de Produção Civil, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR

Co-orientador: MSc. Marcos Gândor Porto Lima

Banca: Prof. MSc. Amacin Rodrigues Moreira
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR

Prof. Dr. Wellington Mazer
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR

Curitiba, 12 de Dezembro de 2011.

AGRADECIMENTOS

- Às nossas famílias, que têm papel fundamental na nossa formação e educação, fruto de muito esforço e trabalho.
- Ao nosso orientador Professor André Nagalli e ao co-orientador Marcos Gândor Porto Lima, pela orientação, paciência e incentivo na condução deste trabalho.
- Aos nossos colegas da UTFPR, que sempre nos deram forças e nos apoiaram nos momentos difíceis e que foram essenciais para a realização deste trabalho.

“Onde a força de vontade é grande, as dificuldades não podem sê-lo.”

(Nicolau Maquiavel, O Príncipe, cap. XVII. – 1512)

RESUMO

FONTANA, F. A.; NEVES, L. F. M.; MARTINS, V. A. **Utilização de recifes artificiais em concreto pré-moldado para contenção da arrebentação marítima no município de Matinhos/PR.** 2011. 108p. Trabalho de Conclusão de Curso – (Curso Superior em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba.

Os problemas de erosão que ocorrem no litoral paranaense se devem principalmente à ocupação da faixa litorânea e às ondas de tempestades. Recifes submersos próximos à praia são implantados de forma que a corrente costeira e intensidade das ondas sejam reduzidas. O objetivo do presente estudo foi investigar a viabilidade técnica e econômica da utilização de estrutura em concreto pré-moldado para confecção de recife artificial como dispositivo de redução do processo erosivo e melhoria da surfabilidade da Praia Brava de Matinhos – PR. Os resultados mostraram que a utilização dessas estruturas como solução executiva, são suficientes para resolver o problema com um custo menor (22%) em relação à solução com sacas preenchidas com areia comercial. Além do concreto que compõe a solução proposta, apresentar em sua composição materiais adequados para a construção de estruturas muito semelhantes ao substrato rochoso natural.

Palavras-Chave: Erosão, Recifes Artificiais, Estruturas Pré-moldadas.

ABSTRACT

FONTANA, F. A.; NEVES, L. F. M.; MARTINS, V. A. **Use of artificial reefs in precast concrete to contain the sea surf in the city of Matinhos/PR.** 2011. 108p. . Trabalho de Conclusão de Curso – (Curso Superior em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba.

The erosion problems occurring in the Parana coast are mainly due to occupation of the coastal waves and storms. Submerged reefs are deployed near the beach so that the coastal current and wave intensity are reduced. The aim of this study was to investigate the technical and economic feasibility of using structural precast concrete for construction of artificial reef as a device to reduce erosion and improve surfabilidade Praia Brava Matinhos - PR. The results showed that the use of these structures as a solution executive, are sufficient to solve the problem at a lower cost (22%) compared to the solution with shopping bags filled with sand. Beyond the concrete that makes up the solution, in its present composition suitable materials for the construction of structures very similar to the natural bedrock.

Keywords: Erosion, Artificial Reefs, Pre-cast Structures.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA PRAIA BRAVA DO MUNICÍPIO DE MATINHOS (PR)	16
FIGURA 2: CALÇADA DESTRUÍDA APÓS TEMPESTADE OCORRIDA EM 1979	17
FIGURA 3: RAM UTILIZADO NA PRAIA DE NARROWNECK, <i>GOLD COAST</i> , AUSTRÁLIA	21
FIGURA 4: ILUSTRAÇÃO DOS FUNDOS ARTIFICIAIS PRODUZIDOS PELA ASR	23
FIGURA 5: COMPONENTES DE FUNDO	26
FIGURA 6: ILUSTRAÇÕES DO PROJETO RAM	27
FIGURA 7: RECIFES PRÉ-MOLDADOS DO REBIMAR	28
FIGURA 8: BLOCOS REBIMAR	29
FIGURA 9: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO ONDÓGRAFO S4 ADW UTILIZADO NO PROJETO	30
FIGURA 10: GRÁFICOS DOS VALORES DOS PARÂMETROS DE ONDAS H_{MAX} , T_{MAX} , Θ , COLETADOS DURANTE O PERÍODO DE 11/10/2006 A 17/01/2008. NOTAR O MOMENTO NO REGISTRO (ZOOM) ONDE FORAM OBTIDOS VALORES ELEVADOS PARA H_{MAX} E T_{MAX} , CARACTERIZANDO ONDAS DE TEMPESTADE	31
FIGURA 11: MAPA CONTENDO OS PONTOS BATIMÉTRICOS DO LEVANTAMENTO REALIZADO PELA NATEEC GEOLOGIA E SANEAMENTO LTDA	32
FIGURA 12: BATIMETRIA DO MODELO DE RAM DESENVOLVIDO PARA MATINHOS. NOTAR DIMENSÕES DE COMPRIMENTO TOTAL E LARGURA DO RECIFE	34
FIGURA 13: DISTRIBUIÇÃO DA PROFUNDIDADE NA ÁREA DE DOMÍNIO MODIFICADA DE ACORDO COM O RAM. NOTAR ÁREA DE INTERESSE REPRESENTADA NO DETALHE E RESPECTIVA DISTÂNCIA DO RAM PARA A LINHA DE COSTA.	35
FIGURA 14: DIAGRAMAS DOS RESULTADOS DE ALTURA DE ONDAS PARA AS SITUAÇÕES DA BATIMETRIA ORIGINAL (PERFIL 1) E RAM (PERFIL 2) EM SWAN; E RESPECTIVOS GRÁFICOS DE ALTURA DE ONDAS E PROFUNDIDADE	36
FIGURA 15: DIAGRAMAS DOS RESULTADOS DE ALTURA DE ONDAS PARA AS SITUAÇÕES DA BATIMETRIA ORIGINAL (PERFIL 1) E RAM (PERFIL 2) EM WWM; E RESPECTIVOS GRÁFICOS DE ALTURA DE ONDAS E PROFUNDIDADE	37
FIGURA 16: ESTRUTURA SUBMERSA NA PRAIA DE KOVALAM INDIA. SACOS PREENCHIDOS COM MESMA GRANULOMETRIA DA PRAIA SEDIMENTO DE 38	
FIGURA 17: LANÇAMENTO DE RECIFES PRÉ-MOLDADOS DO PROGRAMA REBIMAR	40
FIGURA 18: PREPARO DE FÔRMA METÁLICA	43

FIGURA 19: ATAQUE CARACTERÍSTICO DEVIDO À CORROSÃO DE ARMADURAS EM ZONA DE VARIÇÃO DE MARÉS.	48
FIGURA 20: VARIAÇÃO DO PH DE TRAÇOS DE CONCRETO COM DIFERENTES TEORES DE MICROSSÍLICA.	50
FIGURA 21: RESISTÊNCIA MECÂNICA À RUPTURA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ENVELHECIMENTO.	52
FIGURA 22: MODELO ESQUEMÁTICO DE UMA ONDA DESLIZANTE	55
FIGURA 23: MODELO ESQUEMÁTICO DE UMA ONDA MERGULHANTE.....	55
FIGURA 24: MODELO ESQUEMÁTICO DE UMA ONDA ASCENDENTE.....	56
FIGURA 25: FLUXOGRAMA DE METODOLOGIA DE ESTUDO	57
FIGURA 26: TERRENO PROPOSTO PARA CANTEIRO.....	60
FIGURA 27: PROPOSTA CANTEIRO	61
FIGURA 28: DISTRIBUIÇÃO DOS NICHOS NA ÁREA DE TRANSPORTE DA Balsa.....	62
FIGURA 29: PILHA DOS BLOCOS REBIMAR.....	62
FIGURA 30: MÓDULO DE RECIFE ARTIFICIAL DA SOLUÇÃO PROPOSTA.....	63
FIGURA 31: FÔRMA DOS RECIFES ABERTA.....	66
FIGURA 32: FÔRMA DOS RECIFES FECHADA.....	67
FIGURA 33: MODELO DE OLHAL PARA FIXAÇÃO NAS PEÇAS.....	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DOSAGEM PARA A CONFECÇÃO DAS PLACAS TESTES PARA AS ESTRUTURAS RAM.	51
TABELA 2: COMPOSIÇÃO DO CONCRETO DOS MÓDULOS.	65
TABELA 3: TRAÇO EM VOLUME DO CONCRETO DOS MÓDULOS.	65
TABELA 4: DIMENSÃO DAS PADIOLAS PARA CONFECÇÃO DO CONCRETO DOS MÓDULOS.	65
TABELA 5: TABELA DE QUANTITATIVOS DE RECIFES ARTIFICIAIS COM SACAS DE AREIA	74
TABELA 6: TABELA DE QUANTITATIVOS DE RECIFES ARTIFICIAIS COM SACAS DE AREIA	75
TABELA 7: TABELA DE QUANTITATIVOS DE RECIFES ARTIFICIAIS COM CONCRETO PRÉ- MOLDADO.....	76

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE APÊNDICES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
LISTA DE TABELAS	11
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 ÁREA DE ESTUDO	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	18
1.3.1 Objetivos Gerais.....	18
1.3.2 Objetivos Específicos	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 RECIFES ARTIFICIAIS.....	20
2.2 RECIFES ARTIFICIAIS MULTIFUNCIONAIS (RAM).....	21
2.2.1 Proteção Costeira.....	21
2.2.2 Aumento da Biodiversidade.....	22
2.2.3 Incremento da Atividade Pesqueira.....	22
2.2.4 Fundos Artificiais para o Surfe	22
2.3 COMPONENTES DE RECIFES ARITIFICIAIS.....	23
2.3.1 Rampas (ramp)	24
2.3.2 Plataformas (plataform).....	24
2.3.3 Foco (focus)	24
2.3.4 Cunha (wedge).....	24
2.3.5 Borda (ledge).....	25
2.3.6 Cordilheira (ridge).....	25
2.4 USO DE RECIFES ARITIFICIAIS NO BRASIL.....	26
2.4.1 Módulos REBIMAR	28
2.5 PREMISSAS PARA DIMENSIONAMENTO DE RECIFES ARITIFICIAIS.....	29

2.5.1	Simulação e resultado do clima de onda.....	30
2.5.2	Batimetria	32
2.5.3	Dimensionamento de RAM.....	33
2.5.4	Modelo de RAM para Praia Brava de Matinhos/PR	33
2.5.5	Avaliação do Modelo de RAM para Praia Brava de Matinhos/PR	35
2.6	TRANSPORTE E IMPLANTAÇÃO DOS RECIFES ARTIFICIAIS.....	37
2.6.1	Processo Construtivo de Recifes Artificiais Multifuncionais (RAM)	38
2.6.2	Descrição do Processo Construtivo de RAM.....	39
2.6.3	Equipamentos para execução de RAM	40
2.7	ONDA	52
2.7.1	Propagação de ondas em águas profundas.....	53
2.7.2	Propagação de Ondas em águas rasas.	53
2.7.3	Quebra da Onda.....	54
2.7.4	Tipos de Quebras de Onda	54
2.8	MATERIAIS.....	41
2.8.1	Concreto.....	41
2.8.2	Diferença entre elemento pré-moldado e pré-fabricado	41
2.8.3	Materiais utilizados	42
2.8.4	Concreto Protendido	Erro! Indicador não definido.
2.8.5	Principais propriedades	Erro! Indicador não definido.
2.8.6	Critérios Normativos e Práticos em Relação à Produção e Dimensionamento	45
2.8.7	Vantagem de emprego de estruturas pré-moldadas	45
2.8.8	Concreto em ambiente marinho	47
2.8.9	Concreto submerso	48
2.8.10	Concreto para Recifes Artificiais	49
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	56
3.1	PROPOSTA EXECUTIVA DO RAM	58
3.1.1	Proposta da utilização dos módulos REBIMAR.....	58
3.2	PROCESSO EXECUTIVO PROPOSTO.....	58
3.2.1	Quantitativo para RAM	58
3.2.2	Canteiro de Obra e Logística.....	59
3.3	ESPECIFICACOES TECNICAS DA SOLUCAO PROPOSTA	63

3.3.1	Dosagem do concreto	64
3.3.2	Fôrma de produção dos módulos.....	66
3.4	DESCRIÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO.....	67
3.5	VIABILIDADE ECONÔMICA.....	69
4	RESULTADOS	71
4.1	ANALISE EXECUTIVA DOS PROCESSOS	71
4.1.1	Vantagens da execução proposta	71
4.1.2	Desvantagens da execução proposta	72
4.2	ANALISE TÉCNICA	72
4.3	ANALISE ORÇAMENTÁRIA	74
4.3.1	Premissas adotadas no orçamento de recifes artificiais utilizando sacas de areia	74
4.3.2	Premissas adotadas no orçamento de recifes artificiais utilizando módulos de concreto pré-moldado	76
4.3.3	COMPARATIVO DE CUSTOS	77
5	CONCLUSÕES.....	79
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

1 INTRODUÇÃO

A instabilidade do meio ambiente na região litorânea sempre foi um problema para particulares e órgãos públicos. Esta instabilidade está ligada às questões naturais e/ou pelas ocupações inadequadas. As questões físicas mais freqüentes se devem aos ciclos da erosão/sedimentação das praias e a erosão causada pelas ondas (ANGULO, 2000).

Nestes casos, as soluções mais usuais funcionam como mitigadora dos efeitos da erosão e não atacam a sua causa, por exemplo: enrocamentos, quebra-mares e muros de contenções. Estes projetos normalmente necessitam de manutenções periódicas já que o resultado não condiz com a proposta inicial (LIMA, 2008).

Uma maneira de controlar a erosão é a utilização de estruturas modulares no assoalho marítimo, conhecidas como recifes (ou arrecifes) artificiais. Dentre as variadas estruturas que podem ser utilizadas, os pré-moldados possuem vantagem construtiva, já que podem ser moldados de acordo com a necessidade, e confeccionados em grandes quantidades.

1.1 ÁREA DE ESTUDO

No litoral paranaense um dos principais locais de veraneio é a região de Caiobá, composta por duas praias: Praia Mansa e Praia Brava. Elas têm esses nomes por estarem a primeira numa enseada, voltada para su-sudeste e a segunda voltada para leste, em mar aberto.

A área de estudo deste trabalho é a Praia Brava que se localiza no Município de Matinhos no Estado do Paraná conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1: Localização da praia Brava do Município de Matinhos (PR)

Fonte: netpar.com.br/lindroth/index.htm

A Praia Brava de Matinhos sofre com a erosão há muito tempo. O primeiro efeito da erosão, segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos de 2007, foi em 1979 quando uma ressaca provocada por uma tempestade destruiu aproximadamente 100 metros de calçada (Figura 2).

Outro local que também sofre com a erosão é a Praia Mansa de Caiobá, que também se localiza no município de Matinhos. Um processo erosivo que começou aproximadamente em 1960 removeu, em menos de 20 anos, uma praia de quase 120 metros de largura, e em meados de 1977 chegou a destruir a Avenida Atlântica e ameaçar as construções lindeiras (ANGULO, 2000).



Figura 2: Calçada destruída após tempestade ocorrida em 1979

Fonte: netpar.com.br/lindroth/index.htm

Anos mais tarde, em 1985, outra ressaca retirou muita areia da praia colocando em perigo os bares situados junto ao mar, na parte sul da praia. Com a ajuda do Governo do Estado, foram executados 1500 metros de gabião para recuperação da praia. Os resultados foram satisfatórios.

Existem duas regiões com problemas erosivos na Praia Brava de Caiobá. Na parte central, e com uma extensão de aproximadamente 1000 metros, encontra-se a zona de maior criticidade. Neste local a erosão acontece principalmente devido às ondas. Já no extremo sul da praia, a causa está associada aos deslocamentos de baixios de areia relacionados à embocadura da Baía de Guaratuba (ANGULO, 2000).

Os problemas com erosão acontecem até hoje. Em 10 de Junho de 2010 o jornal Gazeta do Povo publicou uma matéria que demonstra os efeitos causados pela ressaca nos municípios de Guaratuba e de Matinhos. De acordo com a matéria, a Vila dos pescadores e o Corpo de Bombeiros de Matinhos são os lugares mais afetados. No primeiro, a maré alta chegou a derrubar um dos postes nas imediações da colônia. No segundo, o avanço do mar fez com que o alojamento dos bombeiros tivesse de ser demolido e também comprometeu a estrutura do heliponto que é utilizado durante a temporada de verão.

1.2 JUSTIFICATIVA

A erosão costeira é um problema sério que ocorre no litoral paranaense. Estes problemas já causaram muitos prejuízos para o poder público. Segundo Angulo (2000) na década de 70 foi gasto US\$ 1,32 milhão em obras de contenção para recuperar parte da Avenida Atlântica e algumas construções lindeiras na Praia Mansa de Caiobá.

Além disso, segundo Pizzato (2004), os recifes artificiais podem trazer benefícios diretos para a sociedade que habita a região onde serão instalados:

- a) Aumento e conservação da biodiversidade marinha;
- b) Aumento da biomassa pesqueira;
- c) Turismo ecológico e paisagismo submarino;
- d) Controle da pesca predatória.

Assim, com este estudo será possível propor uma solução para o problema, evitando com que mais recursos sejam gastos com projetos mal sucedidos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos Gerais

Avaliar a viabilidade técnica e econômica de utilização de estrutura em concreto pré-moldado para confecção de recife artificial como dispositivo de redução do processo erosivo e melhoria da surfabilidade da Praia Brava de Matinhos – PR.

1.3.2 Objetivos Específicos

Constituem-se objetivos específicos do trabalho:

- a) Determinar a melhor forma geométrica para confecção da estrutura em pré-moldado;

- b) Especificar as características técnicas e de resistência que as peças pré-moldadas devem atender;
- c) Propor uma nova solução executiva das peças pré-moldadas para realização da obra;
- d) Discutir as vantagens e desvantagens desta nova solução;
- e) Avaliar o custos associados à execução da proposta e compará-los ao sistema construtivo atualmente adotado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RECIFES ARTIFICIAIS

Recife artificial é um termo utilizado para designar um conjunto de estruturas introduzidas propositadamente no fundo do mar. A utilização desse sistema visa à remodelagem do fundo marinho com a implantação de estruturas rígidas de grande porte tais como dejetos industriais ou da construção civil, blocos rochosos, estruturas pré-moldadas, entre outros (PIZZATTO, 2004).

Brandini, Silva e Baracho (2003) descrevem Recifes Artificiais Marinhos como sendo estruturas rígidas de grande porte, normalmente em concreto ou de restos industriais (pneus, carcaças de navio, plataformas de petróleo desativadas, etc.) que quando submersos, propositadamente ou por acidente, no meio aquático marinho, servem de substrato para o desenvolvimento da fauna e flora algal típicas dos ambientes rochosos.

De acordo com a Instrução Normativa nº 125 do IBAMA, recife artificial é toda estrutura construída ou preparada para instalação no meio subaquático, que simule as características dos recifes naturais tendo como finalidade agregação de biomassa e/ou conservação da biodiversidade.

Segundo Travassos (2005), a utilização de recifes artificiais traz alguns benefícios sócio-econômicos e ambientais para os locais aonde são instalados:

- a) Apoio à pesca artesanal devido ao aumento da produtividade e da geração de alternativas de emprego e renda;
- b) Valorização e conscientização dos pescadores artesanais quanto à importância do desenvolvimento sustentável;
- c) Criação de novas fronteiras aquícolas, com o desenvolvimento da maricultura em mar aberto;
- d) Incentivo ao desenvolvimento do turismo ecológico e subaquático;
- e) Aumento e conservação da biodiversidade marinha;
- f) Recuperação de habitat degradados na zona costeira.

2.2 RECIFES ARTIFICIAIS MULTIFUNCIONAIS (RAM)

Quando os recifes artificiais agregam várias funções a uma só estrutura, eles são denominados Recifes Artificiais Multifuncionais (RAM). São elas: proteção costeira, desenvolvimento e manutenção de ecossistemas marinhos, aumento da atividade pesqueira e a prática dos esportes aquáticos, entre outras. Um projeto de RAM bem sucedido foi implantado em *Gold Coast* na Austrália com o objetivo de controlar os processos de erosão e propiciar a atividade do surf para turistas (BLACK e MEAD, 2001).



Figura 3: RAM utilizado na praia de Narrowneck, *Gold Coast*, Austrália

Fonte: goldcoast.qld.gov.au/t_standard2.aspx?pid=160

2.2.1 Proteção Costeira

A utilização de recifes artificiais próximos à costa sempre apresentou resultados satisfatórios quanto à estabilidade costeira, já que eles dissipam a energia das ondas (LIMA, 2008).

A erosão causada pelas ondas é um problema encontrado em grande parte das cidades litorâneas. Este problema tem sido atenuado com a construção de

quebra-mares, espigões e píers utilizando-se rochas e granitos para conter o avanço do mar (SANTOS e PASSAVANTE, 2007).

2.2.2 Aumento da Biodiversidade

Qualquer substrato rígido submerso é rapidamente colonizado por uma comunidade de algas e animais. A comunidade biológica que abriga estruturas submersas artificiais, tais como pilares de píer, carcaças de navios afundados e pilares de plataformas de petróleo. é semelhante ou até mesmo mais rica que os substrato naturais rochosos adjacentes (PIZZATTO, 2004).

O aumento da biodiversidade devido à implantação dos recifes artificiais envolve também a quantidade de peixes que passam a habitar essas regiões. Esses novos habitats podem ter como princípio a criação de uma área biológica voltada para a pesca artesanal (SANTOS e PASSAVANTE, 2007).

2.2.3 Incremento da Atividade Pesqueira

De acordo com o Programa REBIMAR (Programa de Recuperação da Biodiversidade Marinha) a implantação de recifes artificiais traz importantes vantagens para a pesca, tais como:

- a) Esse tipo de fundo costuma atrair diversas espécies de peixes em busca de alimento ou abrigo;
- b) Pode ampliar as áreas apropriadas para a prática de fundeio ou espera;
- c) Impede a prática de pesca predatória nos locais onde estão instalados os recifes artificiais.

2.2.4 Fundos Artificiais para o Surfe

Fundos artificiais para surfe (FAS) são estruturas projetadas especificamente para a formação de ondas apropriadas para a prática do surfe.

Essas estruturas podem ser desenhadas da maneira que propiciem o tipo de quebra de onda desejado (LIMA, 2004).

Esse tipo de projeto também pode ser idealizado com funções múltiplas: proteção costeira, habitat naturais para seres vivos, mergulho, pesca artesanal. Isto possibilita o uso da estrutura mesmo em dias que a ondulação não está propícia para a prática do surfe (MEAD e BLACK, 2001). Um exemplo de projeto pode ser visto na figura 4.

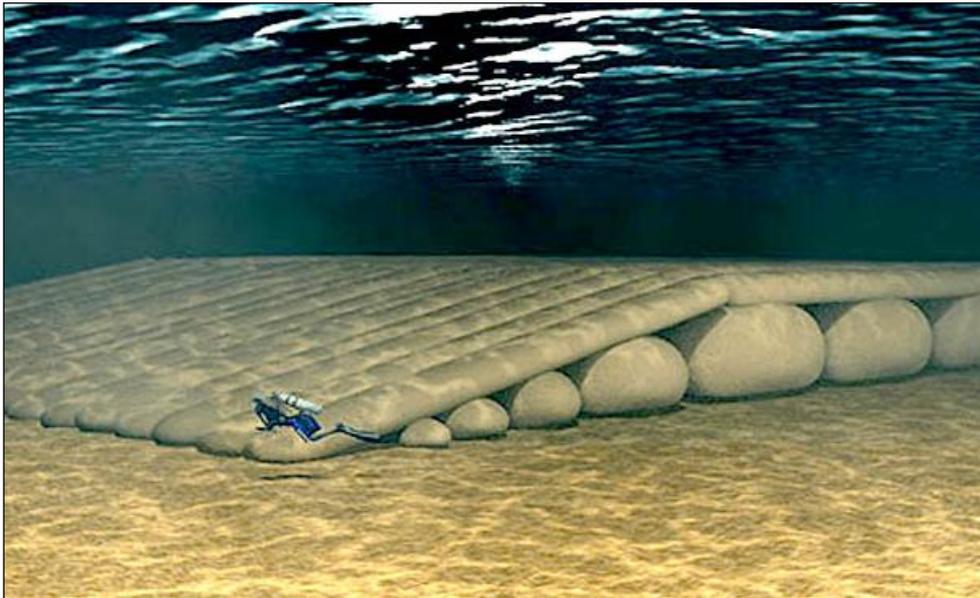


Figura 4: Ilustração dos fundos artificiais produzidos pela ASR

Fonte: ricosurf.globo.com/NoticiasRicosurf2.asp?id=12134

2.3 COMPONENTES DE RECIFES ARITIFICIAIS

Nesse item são descritas as morfologias de fundo necessárias para formar boas ondas para o surfe e para fins de prevenção costeira. Cada componente é diferenciado pelo formato e função. Os componentes foram classificados usando terminologias do surfe como: rampas (*ramp*), plataformas (*platform*), foco (*focus*), cunha (*wedge*), borda (*ledge*), cordilheira (*ridge*) e pico (*pinnacle*).

2.3.1 Rampas (*ramp*)

A principal função das rampas é alinhar as ondas antes de quebrar em outro componente, usualmente a cunha. Segundo Lima (2004) a propagação das ondas de mar aberto para praia, vindo de diferentes direções, irão ser todas refratadas para direção ortogonal favorável. Desta maneira, a rampa atua alinhando ondas que chegam reduzindo a propagação direcional comparada ao espectro de direção de ondas de mar aberto (Figura 5).

2.3.2 Plataformas (*plataform*)

A plataforma é essencialmente uma superfície achatada, plana horizontal, que possui pequeno efeito na trajetória das ondas ortogonais. A função das plataformas é manter as ondas ortogonais no alinhamento estabelecido por uma rampa, ou situação menos comum, um foco (LIMA, 2004), (Figura 5).

2.3.3 Foco (*focus*)

Um foco é uma cordilheira do fundo distendida alinhada de tal modo que ondas ortogonais convergem em direção ao seu ápice quando perto da direção ortogonal favorecida. Convergência de ondas ortogonais sobre um foco forma um pico, o qual é o local onde há o incremento na altura da onda (LIMA, 2004), (Figura 5).

2.3.4 Cunha (*wedge*)

Segundo Lima (2004), uma cunha é similar a uma rampa no formato (componente plana, inclinada em direção ao mar aberto). De qualquer modo, orientação, profundidade e função são distintamente diferentes. Uma cunha é orientada num ângulo para a direção ortogonal favorável, isto também em uma profundidade rasa o bastante para a quebra e refração de ondas longe da onda

ortogonal favorável. Uma cunha é comumente o principal componente de quebra de ondas num local de surfe (Figura 5).

2.3.5 Borda (*ledge*)

Segundo Lima (2004), uma borda pode ser idealizada como uma cunha muito íngreme tendo uma plataforma estendendo-se para praia da sua extremidade. Igualmente a uma cunha, ondas surfáveis quebram ao longo de uma borda.

Ondas atacam a borda e quebram sem tempo de se alinharem aos seus contornos. Isto significa que as ondas precisam ser orientadas perto da direção ortogonal favorável antes de quebrar. Conseqüentemente, bordas trabalham melhor em águas rasas onde alinhamento máximo (refração) pode ocorrer anteriormente ao encontro da borda (Figura 5).

2.3.6 Cordilheira (*ridge*)

A cordilheira modifica uma pequena área de uma onda quebrando. Este componente repousa no topo de cunha ou borda com as isóbatas do lado do mar aberto, alinhado quase perpendicularmente à direção ortogonal favorável e apresenta uma onda com um fundo com gradiente alto (LIMA, 2004), (Figura 5).

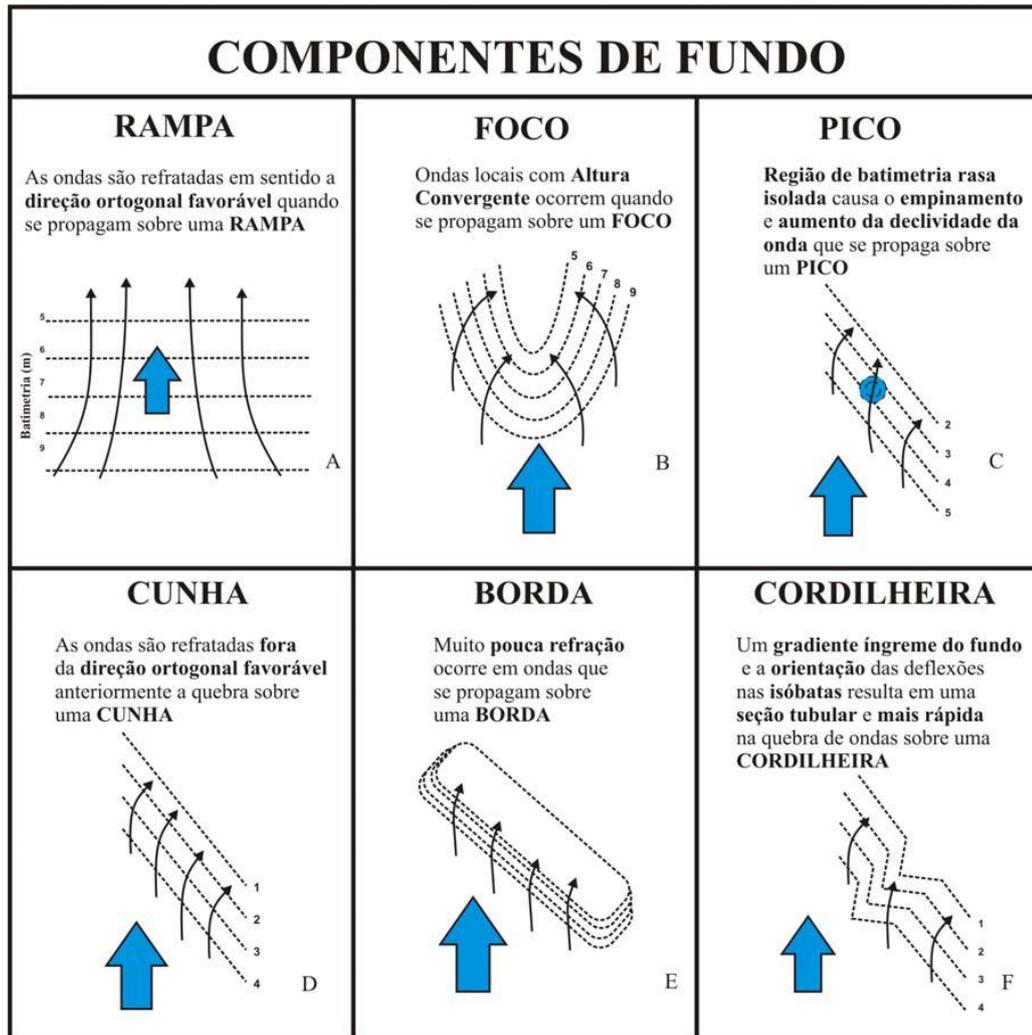


Figura 5: Componentes de Fundo

Fonte: Lima (2008).

2.4 USO DE RECIFES ARTIFICIAIS NO BRASIL

O uso de recifes artificiais no Brasil começou em 1980 quando a Superintendência de Desenvolvimento da Pesca (extinta SUDEPE) afundou estruturas triangulares em uma praia do Rio de Janeiro para evitar a pesca predatória com redes de arrasto para captura do camarão branco (SANTOS e PASSAVANTE, 2007).

Já na década de 90 outros estados como Paraná, Pernambuco, Espírito Santo, Sergipe, São Paulo, entre outros, através de parcerias com

universidades e organizações não governamentais começaram a implementar estruturas que vão de pneus até carcaças de navios em suas plataformas continentais (SANTOS e PASSAVANTE, 2007).

Nesse aspecto o Estado do Paraná se destaca com mais de duas mil estruturas, a maioria feita em concreto, afundados entre as ilhas Itacolomis e Currais. Conhecido como Projeto RAM (Recifes Artificiais Marinhos), teve início em 1997 e é o maior da América Latina. O Instituto ECOPLAN, em parceria com o Centro de Estudos do Mar da UFPR e outras entidades colaboradoras, entre eles o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis), é o executor do programa. Na figura abaixo (Figura 6) pode-se visualizar o trabalho feito por essa instituição.



Figura 6: Ilustrações do Projeto RAM

Fonte: ecoplan.org.br/port/projetos/ram02.html

No estado do Rio de Janeiro, destacam-se três projetos: o primeiro da Universidade Norte Fluminense, inicialmente utilizando-se pneus e, atualmente, estruturas pré-moldadas de concreto; o projeto de Bioprodução da Petrobrás e Universidade Federal do Rio de Janeiro, que utiliza tubulações sem uso na produção de petróleo; e o último, o projeto Orion, que recebe esse nome devido ao afundamento do navio hidrográfico “Orion” implementado pela Petrobrás e pela Marinha do Brasil (SILVA, *et al.*, 2003).

Em São Paulo, no município de Bertioga, entre 1997 e 1998 foram instaladas cem estruturas de concreto e trinta estruturas de aço para recuperação do

ecossistema costeiro e exclusão do arrasto de fundo. Conhecido como projeto PROMAR, em 2000 foi ampliado com a ajuda da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado, sendo colocado mais cem estruturas de concreto sessenta estruturas de aço (ALENCAR, *et al.*, 2003).

2.4.1 Módulos REBIMAR

De acordo com o IBAMA, o primeiro programa de recifes artificiais licenciado no Brasil é o REBIMAR, que tem como foco principal facilitar o recrutamento larval de várias espécies de organismos, incluindo peixes de interesse comercial. Na figura 7 pode-se ver os recifes artificiais desenvolvidos pelo programa.



Figura 7: Recifes pré-moldados do REBIMAR

Fonte: marbrasil.org/home/detalhes/3150/Recife-de-Recrutamento-Larval

O Programa de Recuperação da Biodiversidade Marinha (REBIMAR) implantado pela Associação MarBrasil, é um conjunto de ações socioambientais que têm como base a utilização de Recifes Artificiais para auxiliar a recuperação da biodiversidade marinha e dos estoques pesqueiros.

O modelo de recife artificial usado no REBIMAR tem por finalidade o aumento da biodiversidade para fins pesqueiros, ou seja, o dimensionamento das peças e o material utilizado para os recifes foram estudados para que fauna marinha reproduza e se alimente dos depósitos orgânicos que se formam nos recifes artificiais.

Abaixo a Modulação dos Recifes do Programa REBIMAR.



Figura 8: Blocos REBIMAR

Fonte: rebimar.com.br (2009).

As dimensões principais das peças dos recifes são 40x40x80 cm. O volume de ocupação de cada peça é 0,128m³.

Segundo Janaína (MARBRASIL, 2011), as peças são confeccionadas por uma empresa de pré moldados da região (Tintaço Ltda), que possui uma autonomia de produção de 200 peças por dia. Os lançamentos são realizados em apenas uma viagem aos canais de aplicação, são em média de 600 peças por dia, com o auxílio de uma balsa modificada com pallets e trilhos que facilitam a basculagem dos recifes. Sendo assim quando há programação de lançamento a empresa de pré moldado é solicitada e a produção inicia-se pelo menos três dias antes da viagem a alto mar.

2.5 PREMISSAS PARA DIMENSIONAMENTO DE RECIFES ARTIFICIAIS

A seguir é apresentada a seqüência para o dimensionamento do RAM. Sendo a referência de estudo a tese de Lima (2008), são apresentados os passos tomados por ele para a obtenção do espectro e sua posição de instalação.

2.5.1 Simulação e resultado do clima de onda

O dimensionamento realizado por Lima (2008), baseou-se em um clima de ondas críticas para obtenção do formato do RAM, a partir de modelagens numéricas.

A zonação foi determinada em função do local onde Lima (2008) estabeleceu os cálculos de previsão de onda de sua tese, com o objetivo de aproximar ao máximo os resultados do medido em campo.

Segundo Lima (2008), determinar o clima de ondas de uma região é uma tarefa que requer uma quantidade elevada de dados de campo, coletados através de aparelhos específicos, e em um prolongado espaço de tempo. Para simulação do clima de ondas da Praia Brava de Matinhos, foram realizados cenários específicos a partir dos dados coletados por aparelho ondógrafo S4ADW2 (Figura 09), que é capaz fornecer dados capazes de determinar todas as características do espectro de ondas. Utiliza sensores de pressão e campo magnético para as medições. Sendo analisados durante o período de um ano.

Os Parâmetros de onda para o estudo de simulação de ondas são:

- a) Altura significativa (H_s),
- b) Período (T),
- c) Direção de ondas (θ).

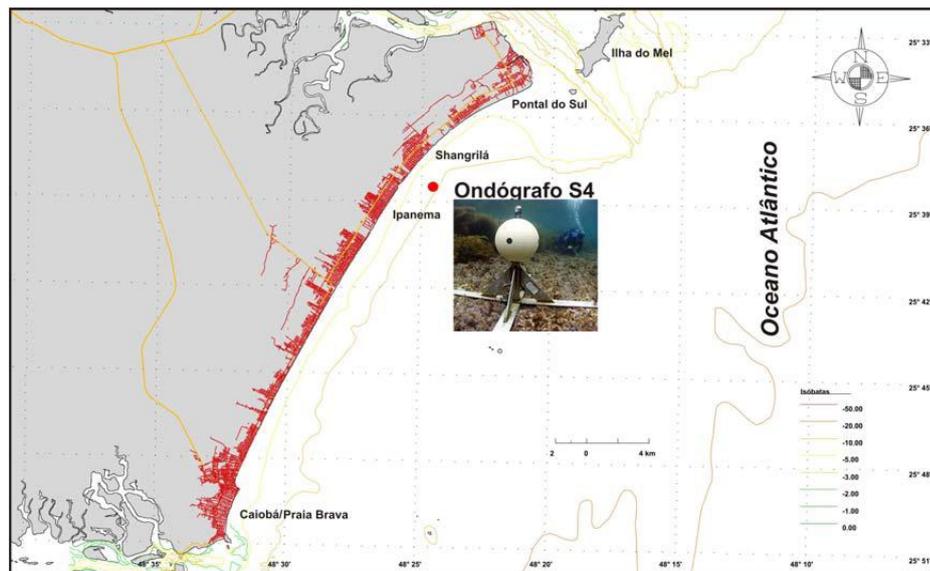


Figura 9: Mapa de localização do ondógrafo S4 ADW utilizado no projeto

Fonte: Lima (2008).

Os parâmetros de ondas analisados nos gráficos foram: altura significativa (H_s), altura máxima (H_{max}), período significativo (T_s), período de pico (T_p), período máximo (T_{max}) e direção de ondas (Θ). O período de registro de ondas analisado por Msc. Marcos Gândor Porto Lima foi de outubro de 2006 a outubro de 2007.

Através dos dados geraram-se um gráfico com análises as condições máximas da região. Após a análise foi selecionado para as simulações numéricas, um momento no registro dos dados que caracterizou ondulação de tempestade atingindo a costa (Figura 10).

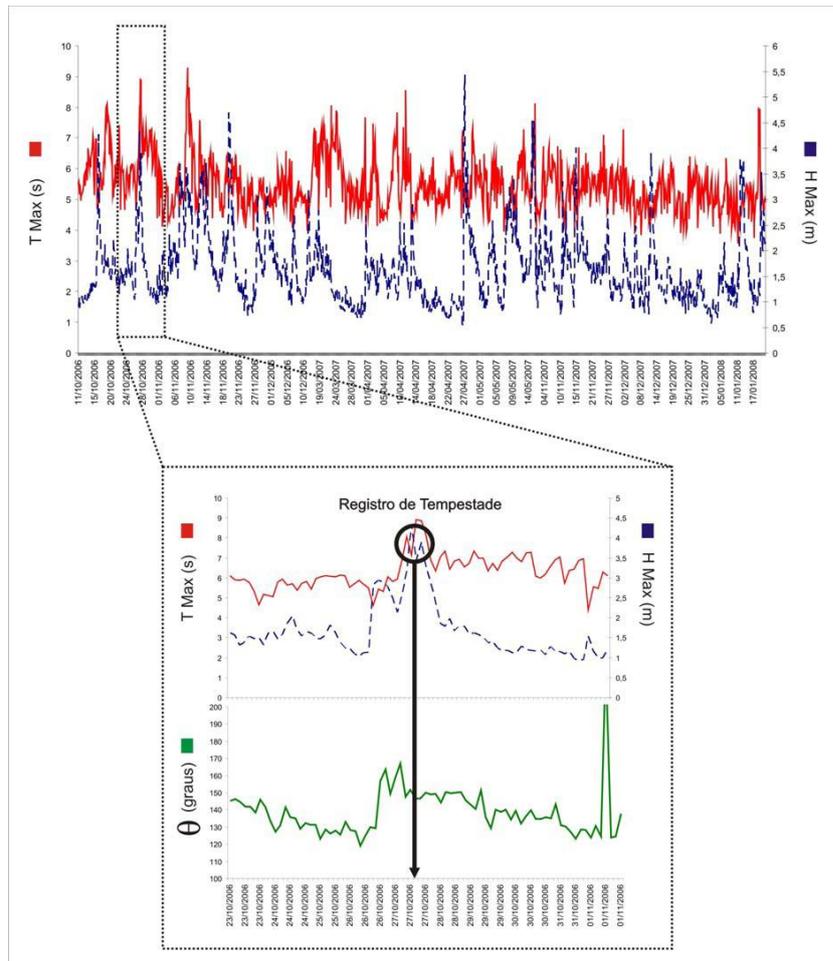


Figura 10: Gráficos dos valores dos parâmetros de ondas H_{max} , T_{max} , Θ , coletados durante o período de 11/10/2006 a 17/01/2008. Notar o momento no registro (zoom) onde foram obtidos valores elevados para H_{max} e T_{max} , caracterizando ondas de tempestade

Fonte: Lima (2008).

2.5.2 Batimetria

A batimetria (ou batometria) é a medição da profundidade dos oceanos, lagos e rios e é expressa cartograficamente por curvas batimétricas que unem pontos da mesma profundidade com equidistâncias verticais, à semelhança das curvas de nível topográfico.

A batimetria da encosta do litoral paranaense foi realizada, pela Nateec Geologia e Saneamento Ltda. Esse levantamento foi utilizado para os estudos e simulações numéricas na tese de Lima (2008). A batimetria local foi realizada originalmente em projeto requisitado pelo Governo do Estado do Paraná para o dimensionamento da recuperação da praia central de Matinhos. O levantamento possui 2.288 pontos batimétricos entre a entrada da Baía de Guaratuba, e o início da Avenida Beira-Mar que leva à Praia de Leste, alcançando uma distância de até 2,5 milhas da costa (Figura 11). A área coberta tem aproximadamente 12 milhas quadradas, atingindo profundidades até 12 m (NATEEC – GEOLOGIA E SANEAMENTO LTDA, 1994).

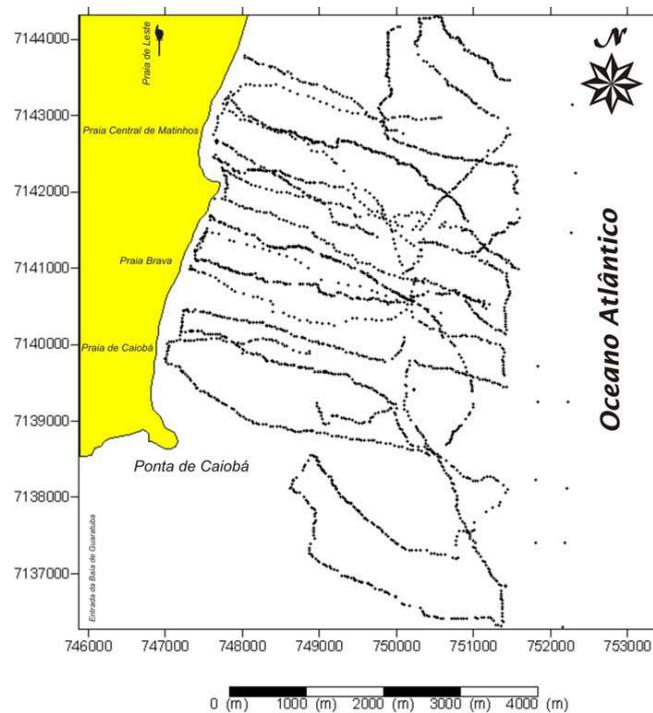


Figura 11: Mapa contendo os pontos batimétricos do levantamento realizado pela Nateec Geologia e Saneamento LTDA

Fonte: Lima (2008).

2.5.3 Dimensionamento de RAM

Com os dados apresentados pelo Ondógrafo e pelo levantamento batimétrico, é possível, com o auxílio de softwares de modelagens numéricas, dimensionar um espectro da estrutura do Recife Artificial Multifuncional.

Nas simulações realizadas por Lima (2008) foram utilizados dois modelos numéricos de refração de ondas. Ambos são modelos utilizados para verificação do comportamento do trem de ondas próximas à costa. O SWAN (*Simulating Waves Nearshore*) foi desenvolvido pelo grupo de modelagem numérica da Universidade Tecnológica de Delft na Holanda, sendo amplamente utilizados em trabalhos pelo mundo; e o WWM (*Wind Wave Model*), foi desenvolvido pela Universidade Nacional de Cheng Kung na China.

SWAN e WWM são modelos numéricos que permitem a aquisição de estimativas realísticas dos parâmetros de ondas em áreas costeiras, lagos e estuários, a partir de condições dadas de vento, de fundo e corrente. Os modelos são fundamentados na equação de equilíbrio da ação de ondas (ou equilíbrio de energia da ausência de correntes) com entradas e saídas.

2.5.4 Modelo de RAM para Praia Brava de Matinhos/PR

O desenho de recife para Matinhos compreende a combinação dos componentes de fundo: rampa, foco e cunha (Figura 12). Segundo Lima (2008), esta combinação particular dos componentes foi escolhida para pré-condicionar o trem de ondas para quebra ao atingir a estrutura (rampa). Após o pré-condicionamento proporcionado pela rampa, o componente foco concentra a energia da onda para quebra pontualmente. Após a quebra pontual no foco, a componente cunha fornece a condição para que o movimento de quebra se desenvolva de forma linear até o término da estrutura. A estrutura possui origem na isóbata principal de 6 m de profundidade, e se estende até a isóbata de 5 m. Com comprimento total de 100 m, largura de 80 m e altura máxima de 3,5 m, o RAM foi disposto na área de interesse a 200 m da costa (Figura 13). A porção mais rasa do recife (crista) foi modelada para estar a 1,5 m de profundidade nas simulações numéricas. A orientação foi definida

de acordo com a isóbata principal, análise do clima de ondas e respectivas cristas de ondas que chegam ao recife. Isto significa que o RAM foi projetado de acordo com a direção favorável a quebra de ondas. A estrutura modelada foi desenvolvida com o objetivo de dissipar a energia de ondas em eventos de tempestade, e desenvolver a formação de saliência na costa.

O dimensionamento adotado para as modulações das peças pré-moldadas partiram desses formatos e orientações. Avaliações condicionarão a estrutura para as vários estados de demanda das ondulações.

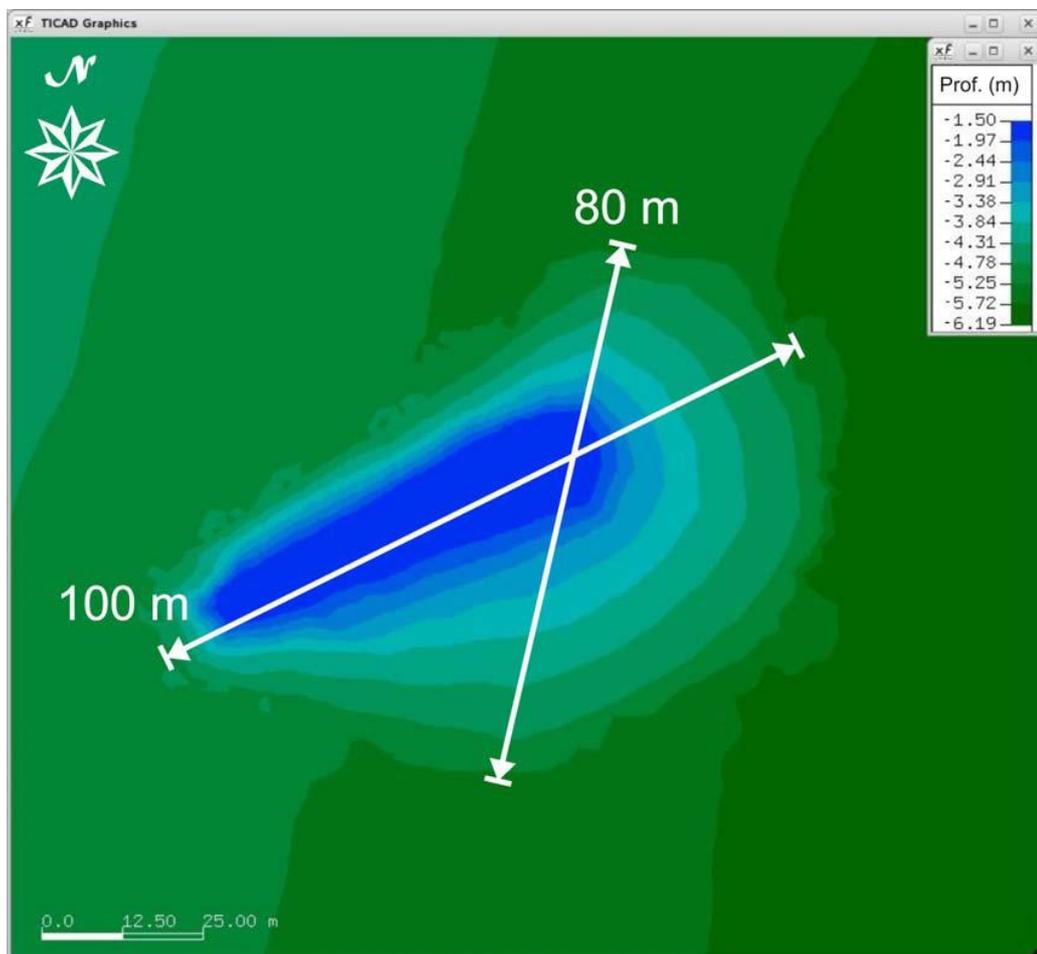


Figura 12: Batimetria do modelo de RAM desenvolvido para Matinhos. Notar dimensões de comprimento total e largura do recife

Fonte: Lima (2008).

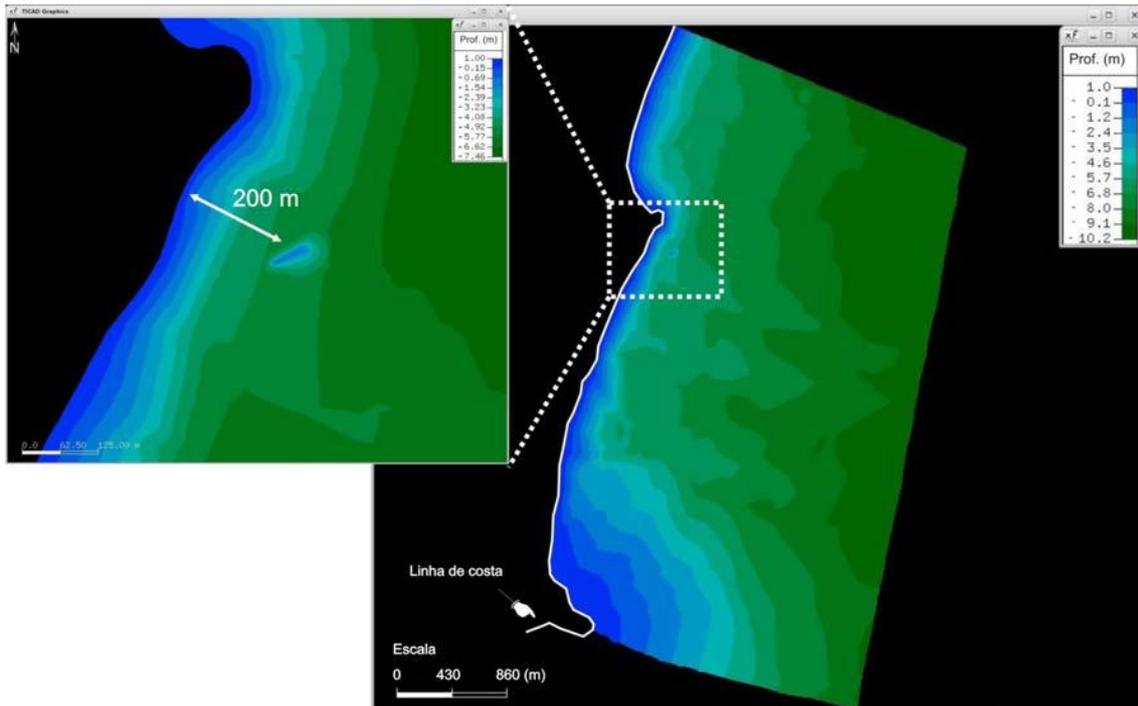


Figura 13: Distribuição da profundidade na área de domínio modificada de acordo com o RAM. Notar área de interesse representada no detalhe e respectiva distância do RAM para a linha de costa.

Fonte: Lima (2008).

2.5.5 Avaliação do Modelo de RAM para Praia Brava de Matinhos/PR

O espectro apresentado foi testado a partir das duas modulações numéricas SWAN e WWM. Tomando como parâmetros as condições críticas analisadas nas medições feitas por Lima (2006-2007).

Analisando os gráficos (Figura 14) gerados pela simulação em SWAN temos os valores de altura de ondas encontrados em ambos os perfis, a uma distância de 220 m, de 2,4 m. Porém, ao nos aproximarmos da costa a uma distância de 150 m, os valores encontrados foram 2,3 m para perfil 1 e 1,4 m para o perfil 2. Isto significa uma queda de 1 m de altura para perfil 2, e 10 cm de altura para perfil 1, em 70 m de distância no perfil.

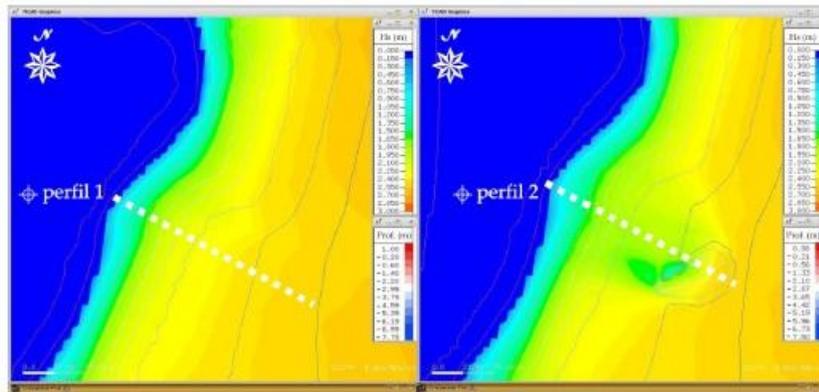


Figura 14: Diagramas dos resultados de altura de ondas para as situações da batimetria original (perfil1) e RAM (perfil 2) em SWAN; e respectivos gráficos de altura de ondas e profundidade

Fonte: Lima (2008).

Da mesma forma, foram gerados diagramas representativos da altura de ondas a partir dos resultados obtidos em WWM (Figura 23). Os valores encontrados também demonstram uma queda vertiginosa da altura de ondas na situação batimetria RAM (perfil 2) na região onde está localizado o recife. O valor de altura de ondas encontrado a 220 m de distância da costa foi de 2,5 m para ambos os perfis. Por outro lado, em concordância com os resultados obtidos em SWAN, de acordo com que avançamos em direção a costa, os valores de altura de ondas encontrados a 200 m de distância em WWM foram de 2,5 m e 1,2 m para perfil 1 e perfil 2 respectivamente. Porém em WWM, a altura de ondas diminui 1,3 m em 20 m de distância para perfil 2 (batimetria RAM). Sendo assim uma diminuição mais impactante do que a modulação SWAN.

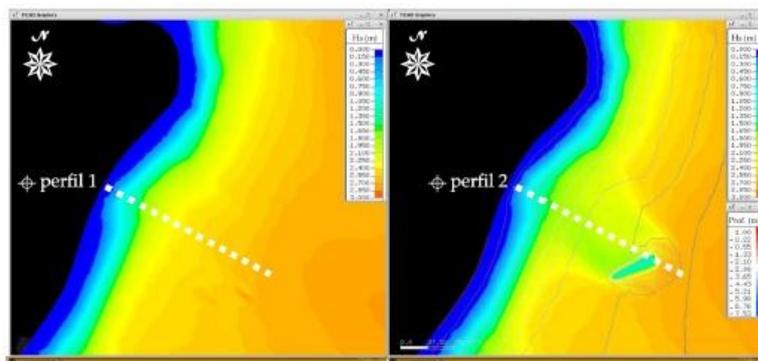


Figura 15: Diagramas dos resultados de altura de ondas para as situações da batimetria original (perfil 1) e RAM (perfil 2) em WWM; e respectivos gráficos de altura de ondas e profundidade .

Fonte: Lima (2008).

2.6 TRANSPORTE E IMPLANTAÇÃO DOS RECIFES ARTIFICIAIS

Para a implantação de recifes artificiais no Brasil a Instrução Normativa nº 125 do IBAMA determina que se devam entregar, previamente para o órgão, os seguintes documentos (no que se refere a transporte e lançamento):

- a) Plano logístico de preparação: composto pelos projetos das novas estruturas, detalhando os materiais utilizados; no caso de embarcações, deverá contemplar todo tratamento necessário para adequar a mesma à finalidade da proposta. Além disso, deverá prever a total remoção de possíveis substâncias poluentes.
- b) Plano de transporte do material: caracterizar o procedimento para o transporte dos recifes artificiais, incluindo descrição dos meios flutuantes envolvidos.
- c) Planta de instalação: caracterizar a metodologia de implantação e os flutuantes necessários; prover cronograma das atividades que serão realizadas; prever medidas para minimização e mitigação de impactos ambientais; apresentar carta batimétrica e carta de tipos de sedimento, com o posicionamento dos módulos do recife sobreposto.
- d) Plano de emergência: contemplar todos os procedimentos de emergência caso haja a necessidade de abortar os procedimentos de instalação dos módulos.

Os técnicos do instituto ECOPLAN, que participam do Programa RAM, desenvolveram e adaptaram diferentes métodos de implantação de estruturas no assoalho marinho. O método mais utilizado no caso em questão é conhecido por “Flutuação e Reboque”, no qual os recifes artificiais são colocados em balsas flutuantes e rebocados por um barco (Rebocador) até o local exato de implantação (PIZZATO, 2004).

2.6.1 Processo Construtivo de Recifes Artificiais Multifuncionais (RAM)

Os recifes artificiais, com as devidas finalidades estudadas e já executados, seguem um padrão construtivo que será descrito para entendimento do processo.

Os projetos que foram aplicados com sucesso, exemplo de Kovalam Coastal Protection, India 2004 (Figura 16) seguem o modelo construtivo composto por sacas de areia. Sendo assim apresentaremos por análise de vídeos e fotos o processo construtivo dessa tecnologia.

Em pesquisa, não foi evidenciado a utilização de concreto, pré-moldado ou in-loco, para a execução de recifes artificiais multifuncionais. Dessa forma o foco da descrição se baseará na tecnologia da sacas de areia.

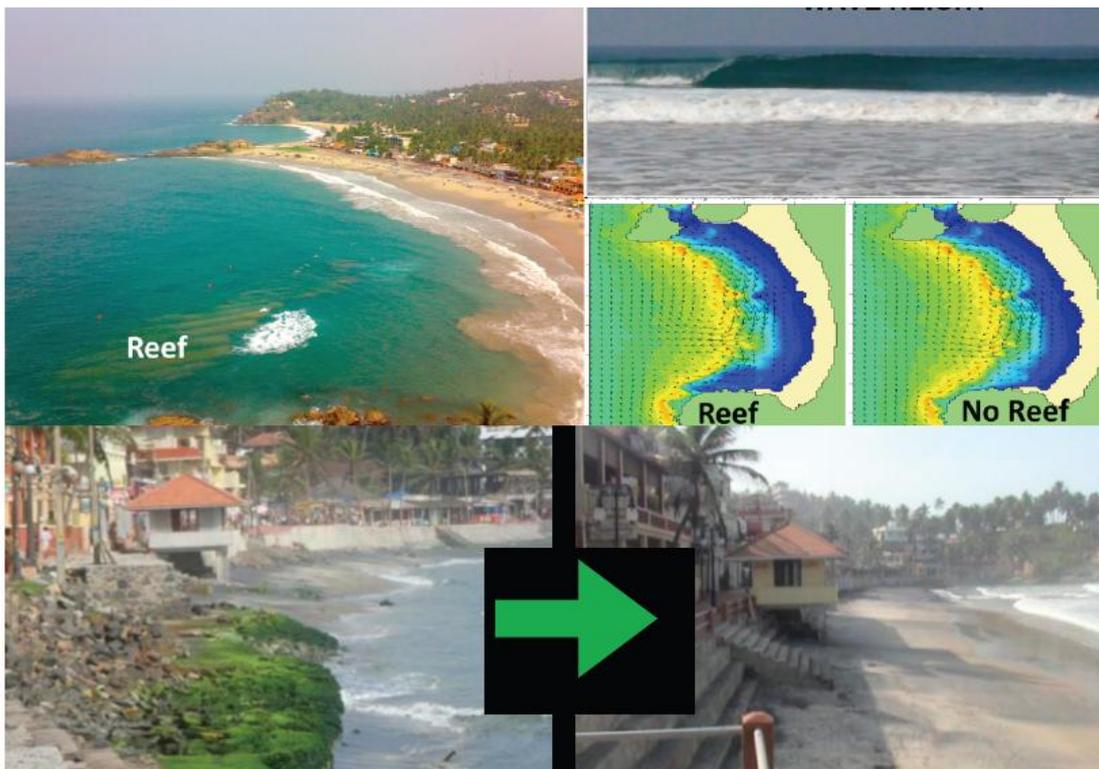


Figura 16: Estrutura submersa na praia de Kovalam India. Sacos preenchidos com sedimento de mesma granulometria da praia

Fonte: Asr (2008).

2.6.2 Descrição do Processo Construtivo de RAM

Empresas com *knowhow* de execução de recifes artificiais estão utilizando ensacados de areia para obter os objetivos impostos a estrutura, sendo esses, zelo da orla praial e/ou melhoria da surfabilidade local.

ASR Ltda. e Surf Reef UK, são empresas do ramo que executam o processo e tem alguns projetos desenvolvidos nesse padrão. Sendo assim listou-se os passos utilizados para criação dessa estrutura.

Por ser uma estrutura de apoio direto em solo (geralmente em características arenosas) a fundação mantém-se não aplicável, sendo assim as sacas são depositadas diretamente na área que o espectro foi estudado.

As sacas são preparadas em canteiro próximo a orla marítima para redução de transporte. O material de composição da sacas são polímeros de alta resistência e maleabilidade, a estrutura é montada com recortes dessa malha e sua costura por cordoalhas de nylon.

As modulações de cada saca varia de diâmetros de 100cm a 200cm, as sacas que estão mais ao centro da estrutura são as que possuem diâmetro maior reduzindo ao caminho das bordas. Suas disposições são alternadas perpendicularmente, ou seja, o eixo das sacas do primeiro nível está a 90 graus do eixo das sacas do segundo nível.

Os recortes e moldes depois de costurados são içados por um par de guindastes de 30t, os quais levam os moldes para as balsas via carretas trucadas. As balsas se deslocam até o local de obra e mergulham os moldes de forma em que as malhas fiquem planas ao nível do terreno. Com o auxílio de dragas e maquinários de terraplenagem, a areia da praia é projetada nas malhas de forma que o molde um cilindro, travados com contrapesos de concreto nos cantos do molde.

Esse processo se repete até o espectro ser preenchido pelos moldes de sacas de areia dispostos perpendicularmente. Por final, o espectro é coberto por uma grade de nylon que atinge a projeção de todo o RAM e os cantos também são travados com contrapesos de concreto.

2.6.3 Equipamentos para execução de RAM

2.6.3.1 Rebocador

Rebocador é um barco cuja principal função é empurrar, puxar ou rebocar barcaças. Este tipo de embarcação é caracterizada por ter pequeno porte, motor potente e alto poder de manobra. A escolha do Rebocador é feita por um técnico de Praticagem, que avalia o peso do navio, os ventos, as correntezas e o calado (SCHEIN e LIMA, 2010).

No Programa REBIMAR, as primeiras fases de lançamento contaram com um equipamento específico: um rebocador modificado com caçamba basculante. As condições locais foram determinantes para a escolha deste tipo de embarcação, conforme a Figura 17.



Figura 17: Lançamento de recifes pré-moldados do Programa REBIMAR

Fonte: marbrasil.org/home/detalhes/2896/Instalacao.

2.6.3.2 Balsa de Serviço

Balsa é uma embarcação de fundo chato, com pequeno calado, para poder operar próximo às margens e em águas rasas. Na maioria das vezes as balsas são utilizadas em conjunto com um barco rebocador. De acordo com o Projeto RAM, esta é maneira que eles utilizam para implantar os recifes artificiais.

2.6.3.3 Caminhão Munck

Munck é um tipo de guindaste comandado hidráulicamente que é instalado no chassi de um caminhão. Este tipo de equipamento é utilizado para carga e descarga de materiais. A utilização do mesmo é limitada de acordo com sua capacidade e com o tipo da carga (CODO e CASARIM, 2007).

Para a implantação de recifes artificiais em concreto pré-moldado o caminhão munck é fundamental, pois facilita a carga e o lançamento dos pré-moldados no local estabelecido.

2.7 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

2.7.1 Concreto

O concreto é considerado o material mais adequado para a construção de habitats artificiais. Restos industriais compostos por metais, plásticos e borracha, produzem estruturas instáveis e prejudiciais ao meio ambiente, já o concreto é semelhante ao substrato rochoso natural, podendo ser moldado de modo a atender as condições ideais para reconstruir ou aumentar habitats de importância ecológica (SANTOS; PASSAVANTE, 2007).

2.7.2 Diferença entre elemento pré-moldado e pré-fabricado

Segundo a norma NBR 9062 (ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p.2), elemento pré-moldado é aquele executado fora do local de utilização definitivo na estrutura, produzido em condições menos rigorosas

de controle de qualidade. Esses elementos devem ser inspecionados individualmente ou em lotes, por meio de inspetores do próprio construtor, da fiscalização do proprietário ou organizações especializadas.

Já o elemento pré-fabricado é aquele executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade. Esses elementos devem ser identificados individualmente e, quando conveniente, por lotes de produção. A inspeção das etapas de produção compreende pelo menos a confecção da armadura, as formas, o amassamento e lançamento do concreto, o armazenamento, o transporte e a montagem. Deve ser registrada por escrito em documento próprio onde constem claramente indicados a identificação da peça, a data de fabricação, o tipo de aço e de concreto utilizados e as assinaturas dos inspetores responsáveis pela liberação de cada etapa de produção devidamente controlada (ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p.2).

2.7.3 Materiais utilizados

Os elementos de concreto pré-moldados são construídos com o auxílio de fôrmas, e essas podem ser confeccionadas com materiais diversos. As peças pré-moldadas são constituídas de: cimento, agregados e aditivos.

2.7.3.1 Fôrma

A fôrma para moldagem do concreto é confeccionada de madeira, aço ou alumínio, e pode ser revestida ou não com outros materiais. Ela deve proporcionar fácil desmoldagem para não danificar o elemento concretado, para isso são utilizados produtos anti-aderentes aplicados na superfície interna da mesma. Esses anti-aderentes não devem exercer qualquer ação química sobre o concreto, nem deixar em sua superfície resíduos que venham prejudicar a aplicação de revestimentos (JUNIOR; LACERDA, 2009).



Figura 18: Preparo de fôrma metálica

Fonte: Brumatti (2008, P. 37).

2.7.3.2 Cimento

O cimento é um material finamente pulverizado, que isolado não representa um aglomerante, porém desenvolve propriedades ligantes, como resultado da hidratação. Um cimento é chamado hidráulico quando os produtos da hidratação são estáveis em meio aquoso. O cimento hidráulico mais utilizado para fazer concreto é o cimento Portland, que consiste essencialmente de silicatos de cálcio hidratados, usualmente com uma ou mais formas de sulfato de cálcio como um produto de adição. Os silicatos de cálcio hidratados, formados pela hidratação do cimento Portland, são os principais responsáveis pela sua característica cimentante e são estáveis em meios aquosos (MEHTA, 1994).

Os cimentos mais indicados para a execução de peças pré-moldadas são o CP V-ARI e o CP V-ARI-RS, pois ambos proporcionam elevadas resistências iniciais (JUNIOR; LACERDA, 2009).

2.7.3.3 Agregado

É o material granular, tal como a areia, o pedregulho, a pedra britada ou escória de alto forno, usado com um meio cimentante, para formar um concreto ou uma argamassa de cimento hidráulico. O termo agregado graúdo é utilizado para partículas maiores do que 4,8 mm (peneira nº4), e o termo agregado miúdo é usado para partículas menores que 4,8 mm, porém maiores que 75 µm (peneira nº 200). Pedregulho é o agregado graúdo resultante da desintegração natural e abrasão da

rocha, ou do processamento mecânico (britagem) de conglomerados fracamente cimentados (MEHTA, 1994).

O termo areia é normalmente usado para o agregado miúdo resultante da desintegração natural e abrasão de rochas, ou do processamento de rochas arenosas friáveis. Pedra britada é o produto resultante da britagem industrial de rochas, seixos rolados ou pedras arredondadas graúdas (MEHTA, 1994).

Com relação à utilização dos agregados deve-se ter um cuidado especial para que não sejam utilizados agregados lamelares, alongados e os que possam ter muito pó aderido na superfície. Pois estes podem acarretar manchas na superfície da peça de concreto. Para as peças que irão ficar em contato com ambientes úmidos, tem-se que escolher um agregado quimicamente inerte para evitar possíveis reações com os álcalis do cimento (JUNIOR; LACERDA, 2009).

2.7.3.4 Aditivo

É empregado como um constituinte do concreto ou argamassa e adicionado na betoneira imediatamente antes ou durante a mistura. Tem por finalidade aumentar a plasticidade do concreto sem aumentar o teor de água, reduzir a exsudação e a segregação, retardar ou acelerar o tempo de pega, acelerar a velocidade de desenvolvimento da resistência nas primeiras idades, retardar a taxa de evolução de calor, e aumentar a durabilidade em condições específicas de exposição (MEHTA, 1994).

Os principais aditivos utilizados em pré-moldados são os redutores de água de alta eficiência (polifuncionais e superplastificantes), contudo esses aditivos não devem influenciar no início de pega do cimento e no teor de ar incorporado. Não se recomenda a utilização de aceleradores de endurecimento à base de cloretos, pois esses podem proporcionar a corrosão da armadura. Recomenda-se que para a utilização de qualquer aditivo, sejam realizados ensaios em laboratório (JUNIOR; LACERDA, 2009).

2.7.4 Critérios gerais para o Projeto de Estruturas de Concreto

Está descrito na NBR 6118(ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), procedimentos e critérios para a produção de estruturas de concreto que contribuem para a garantia da qualidade dessas, sobretudo no que diz respeito à sua durabilidade. Nessa norma são apresentadas classes de agressividade dos ambientes, que relacionam às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto. A definição desta classe de agressividade ambiental é fundamental na concepção do projeto estrutural, pois influenciará nos valores mínimos de resistências características que devem ser respeitados.

2.7.5 Critérios Normativos e Práticos em Relação à Produção e Dimensionamento

A NBR 9062(ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001) é quem determina as condições mínimas para projetos, execução e o controle de estruturas pré-moldadas de concreto armado ou protendido, sendo excluídas as que utilizam concreto leve ou outros especiais. Ela aplica-se também a estruturas mistas, que são aquelas que são constituídas de elementos pré-moldados e elementos moldados no local. Os processos de cálculo relativo às estruturas pré-moldadas são basicamente os mesmos utilizados em estruturas moldadas no local. É preciso dimensionar e verificar o elemento em todas as fases que ele possa passar e apresentar condições desfavoráveis quanto ao estado limite último e de utilização. As fases que freqüentemente passam os elementos são: fabricação, manuseio, armazenamento, transporte, montagem e serviço.

2.7.6 Vantagem de emprego de estruturas pré-moldadas

Algumas das vantagens da utilização das estruturas pré-moldadas são:

- a) Produção: sempre foi voltada para a produção em série, portanto, a automatização da produção dos elementos de concreto pré-moldado foi sempre almejada. Isso influencia na necessidade de se investir no desenvolvimento de novos equipamentos (VIERO, 2008);

- b) Materiais: Atualmente, tem-se buscado o desenvolvimento de concretos de alto desempenho, ou seja, que possuam as melhores propriedades de acordo com a sua destinação. Esses concretos são projetados para que tenham as características desejáveis, como resistência, durabilidade, tempo de cura, trabalhabilidade, e outros. A aplicação desse concreto é uma forte tendência mundial, já que o mesmo proporciona um melhor aproveitamento dos seus materiais constituintes (VIERO, 2008);
- c) Projetos: Tem-se procurado a automatização de projetos de forma que possam ser proporcionadas soluções personalizadas. Além de ser proporcionar maior versatilidade às construções, há também uma tendência de se projetar estruturas desmontáveis (VIERO, 2008);
- d) Planejamento da Produção: Independente do local de produção, sempre há necessidade de se estabelecer um programa do sistema de produção (VIERO, 2008);
- e) Re-utilização de formas: As formas são reaproveitadas tantas vezes quantas forem possíveis. Dependendo do material, podem ser mais de 1000 vezes re-utilizadas (VIERO, 2008);
- f) Otimização: Tem como objetivo a redução do volume das peças através da otimização de suas formas. É possível dispensar a aplicação da pró-tensão, o que diminui mais ainda a seção das peças trazendo um menor consumo de concreto (VIERO, 2008);
- g) Redução ou eliminação do cimbramento: quando as peças chegam ao canteiro de obra apenas para serem montadas, já tendo resistência suficiente muitas vezes para suportar as cargas de serviço, é desnecessário o cimbramento (VIERO, 2008);
- h) Rapidez de construção (Montagem): quando o projeto está normatizado segundo os critérios básicos de aceitabilidade dimensional, controle de qualidade e outros, ganha-se uma velocidade considerável de construção (VIERO, 2008);

- i) Canteiro de obra reduzido: devido a maior racionalidade e planejamento impostos pelo sistema executivo de pré-moldados (VIERO, 2008).

2.7.7 Concreto em ambiente marinho

Em ambiente marinho, as estruturas de concreto estão sujeitas à corrosão pela penetração externa de íons cloreto. Esta penetração ocorre devido à constante presença de névoa salina na atmosfera, a qual é a condição mais característica do ataque de cloretos neste ambiente. Além desta condição de exposição, destaca-se o contato direto do concreto com a água do mar e suas ondas e respingos, que ocorre em estruturas localizadas à beira mar, como píeres (ARAUJO, PANOSSIAN, 2010).

Perante essas condições de exposição, o ambiente marinho é apresentado na NBR 12655 (ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006) como uma condição especial, sendo que, na NBR 6118 (ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), este ambiente é classificado como de agressividade forte.

A água salgada é o principal agente responsável por processos físicos e químicos de degradação. Isso se explica pelo fato de que, na água do mar, estão presentes todos os elementos naturais conhecidos da tabela periódica, cada um em uma determinada proporção. É importante lembrar que a concentração desses elementos pode variar consideravelmente com a localização, tempo, estação do ano e especialmente com a atividade biológica (LIMA *et al.*, 2006).

A maioria dos estudos sobre a durabilidade de estruturas de concreto em ambiente marinho resume-se nos temas de corrosão de armaduras ou, em outros poucos casos, ataque por sulfatos. A corrosão das armaduras é uma das patologias mais preocupantes, do ponto de vista estrutural e econômico. Essa corrosão ocorre por causa da penetração de sulfatos e cloretos na camada superficial de concreto. Os cloretos atacam as armaduras e as bainhas, abrindo o caminho para a corrosão do aço pelo oxigênio do ar. A penetração dos íons agressivos é tanto maior quanto maior a porosidade e a permeabilidade do concreto. Na Figura 22 nota-se o ataque em uma mesma região dos pilares e nas estruturas

em contato direto com o ar (aéreas). O maior ataque nessas regiões deve-se ao acesso da água e do oxigênio, necessário à reação de corrosão. Essa observação também é válida para o ataque por sulfatos, o qual, nesse caso, ocorre à matriz de cimento (LIMA *et al.*, 2006).



Figura 19: Ataque característico devido à corrosão de armaduras em zona de variação de marés.

Fonte: Lima *et al.* (2006).

2.7.8 Concreto submerso

É aquele aplicado na presença de água, como em alguns tubulões, estruturas submersas no mar ou em água doce, estruturas de contenção ou em meio à lama bentonítica, como nas paredes diafragma (PORTAL DO CONCRETO, 2011).

Tem como principal característica uma forte coesão entre seus grãos, o que não permite sua dispersão quando em contato com a água. Essa coesão é obtida através da composição da sua mistura, que pode ser diferenciada em função da agressividade do meio aquático no qual será utilizado. Algumas de suas vantagens é sua elevada resistência química a agentes agressivos, e o baixo impacto ambiental que ele causa pela não-contaminação da água (A&G CONSTRUÇÕES, 2011).

Esse concreto deve possuir uma baixa permeabilidade, baixa porosidade, e uma alta alcalinidade. Outro fator importante, que se deve levar em conta para a durabilidade dele, é o recobrimento do mesmo, que é responsável pela

proteção física das suas armaduras. Para se obter um recobrimento satisfatório, deve-se levar em conta a impermeabilidade da estrutura, como também, a utilização de um cimento adequado (A&G CONSTRUCOES, 2011).

Os cimentos mais indicados para concretos submersos são o CP IV-32-RS e o CP V-ARI-RS, pois esses aumentam a durabilidade das estruturas que estão sujeitas ao ataque de sulfatos, tais como esgotos e água do mar, permitindo uma maior vida útil da estrutura e minimizando o risco de gastos com manutenção a curto e médio prazos (VOTORANTIM CIMENTOS, 2011).

A permeabilidade do concreto está diretamente relacionada à relação água/cimento e a resistência do mesmo. É recomendada uma relação água/cimento máxima de 0,4 para concreto exposto à água do mar. Para a maior durabilidade desse concreto em ambiente marinho, a utilização do concreto de alto desempenho (CAD) é altamente recomendada, pois ele resiste melhor à erosão causada pelas ondas, bem como ao ataque de sais, isto porque ele possui menor relação a/c e conseqüentemente menor permeabilidade (A&G CONSTRUCOES, 2011).

Para elementos de concreto que irão permanecer em grandes profundidades deverão ser previstos aditivos especiais, modificadores de viscosidade para gerar maior compacidade sem desagregação em presença de água (CORTESIA CONCRETO, 2011).

Um dos traços indicados para a confecção do concreto submerso é o seguinte: Para 1m³ de concreto: Abatimento (Slump) = 18 a 22 cm; Cimento = 400 kg ; Areia = 720 kg ; Brita 1 (19mm - 9,5mm) = 980 kg; Água = 240 kg ; Plastificante e retardador de pega = 1,2 litros (IME, 2011).

Segundo a NBR 6118(ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) o concreto submerso está sujeito a uma agressividade fraca, classificada como I, o que representa para a estrutura do mesmo um risco de deterioração insignificante.

2.7.9 Concreto para Recifes Artificiais

Foi realizado por Portella *et al.* (2001) um estudo a respeito do desempenho de estruturas de concreto, na forma de placas, feitas com cimento Portland do tipo CP IV-RS, contendo Microssílica, submetidas a 17m de

profundidade junto ao fundo rochoso das Ilhas dos Currais, na Costa do Estado do Paraná. Esse trabalho consistiu em reduzir a alcalinidade do concreto de modo a simular o “habitat” natural das comunidades biológicas.

2.7.9.1 Controle do pH

A correção do pH do concreto é fundamental para evitar processos seletivos de recrutamento de espécies marinhas, pois um substrato muito ácido ou alcalino pode favorecer apenas alguns tipos de organismos. Esses organismos favorecidos colonizarão o recife rapidamente, criando mecanismos de defesa e impedindo outros organismos de se fixarem.

Segundo Silva (2001), para que os recifes artificiais possuam valores de pH, próximos dos encontrados nos substratos consolidados naturais do litoral paranaense, eles devem ser ajustados para atingir aproximadamente 8,5.

Do estudo efetuado por Portella *et al.* (2001), os melhores desempenhos de traços foram obtidos para as composições apresentadas no gráfico da Figura 23. Destes, considerou-se a composição contendo 15 % em Microssilica como sendo a ideal, já que apresentou o menor pH.

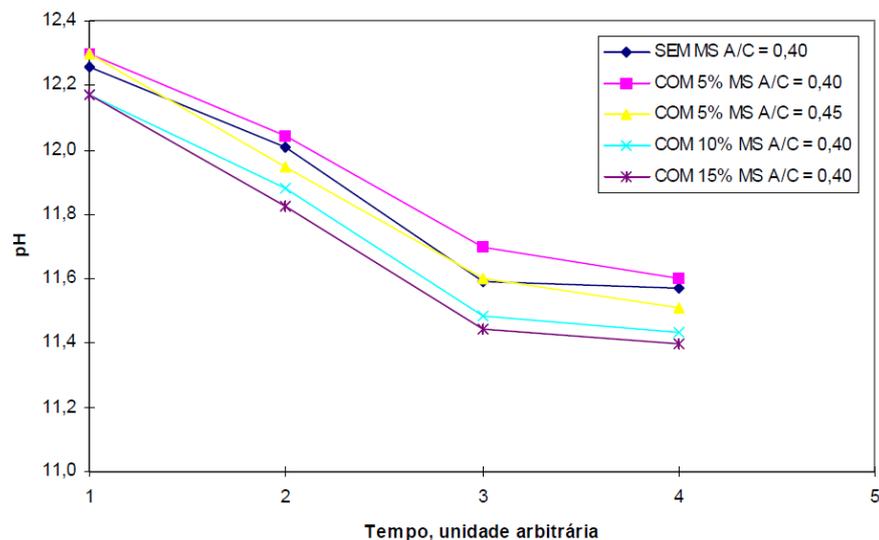


Figura 20: Variação do pH de traços de concreto com diferentes teores de Microssilica.

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

Porém, o alcance do pH ideal deverá ser obtido após sucessivas lavagens, anterior à exposição à água do mar. Outras vantagens do emprego da Microssílica é que, aliado ao abaixamento relativo do pH, os concretos apresentam desempenhos mecânicos superiores, pelo preenchimento dos poros deixados pelo cimento e pela reação desta com o hidróxido de cálcio (PORTELLA *et al.*, 2001).

Teores de Microssílica entre 5 e 10 % em concretos com cimento Portland mostraram influências positivas na redução do ingresso de cloretos. Teores mínimos como 5 % resultaram em coeficientes de difusão de cloretos de 1×10^{-13} m²/s a 5×10^{-13} m²/s após 5 anos de exposição das estruturas nas zonas de arrebenção de marés (PORTELLA *et al.*, 2001).

2.7.9.2 Dosagem do concreto

A produção das placas de concreto no trabalho de Portella *et al.* (2001), foi desenvolvida conforme a dosagem apresentada na Tabela 1, usando cimento Votoran CP IV-RS.

MATERIAL	CONSUMO POR m ³	
	Em peso	Em volume
Cimento	481 kg	168,77 L
Areia Natural	741 kg	277,53 L
Brita 19mm	741 kg	276,49 L
Água	232 kg	232,0 L
Microssílica (pó), 15%	85 kg	38,29 L
Aditivo superplastificante, 0,3%	1,71 kg	1,40 L

Tabela 1: Dosagem para a confecção das placas testes para as estruturas RAM.

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

2.7.9.3 Resistência à ruptura

A resistência à ruptura das placas de concreto, envelhecidas por 14 meses em ambiente subaquático marinho, apresentou uma ligeira elevação (cerca de 10 %). A curva correspondente à resistência mecânica à flexão, em função do tempo de imersão está mostrada na Figura 24. No período não foram observados visualmente danos nos materiais submersos, o que indica bom desempenho mecânico às solicitações impostas e resistência química à condição ambiente (PORTELLA *et al.*, 2001).

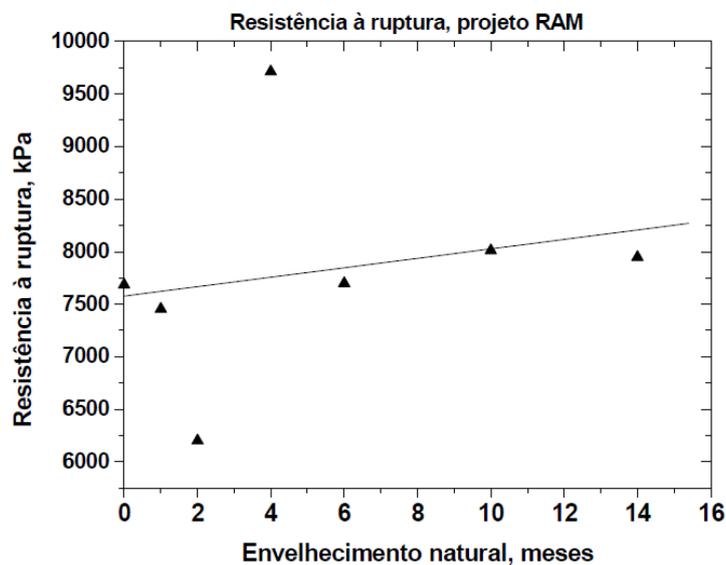


Figura 21: Resistência mecânica à ruptura em função do tempo de envelhecimento.

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

2.8 ONDA

A observação das ondas em todos os litorais de nosso planeta ocorre desde tempos muito antigos, Aristóteles (384-322 a.C.) já havia observado a existência de uma relação entre o vento e as ondas.

Os processos que envolvem a quebra das ondas de gravidade foram analisados e equalizados a partir de interações não lineares. Ondas se formam na interação entre a atmosfera e o oceano devido à ação do vento, e por terremotos, forças planetárias gravitacionais e disposição de fundos para interações com a terra.

2.8.1 Propagação de ondas em águas profundas

A dispersão de ondas ocorre devido a diferenças na celeridade de ondas de períodos diferentes, no qual ondas de longos períodos se movem com velocidades maiores do que ondas de períodos menores. Se L é comprimento de onda (distância horizontal entre cristas de ondas sucessivas), a onda se desloca em uma distância L no tempo T (período de onda), isto é velocidade de propagação denominada celeridade, C (KOMAR, 1998). A seleção das ondas por período é a principal responsável pela uniformidade das ondulações que, em sua formação, eram complexas e desencontradas. Após a seleção, as ondas formam grupos de períodos semelhantes. Os grupos de ondas com maiores períodos vão à frente, sendo seguidos por grupos de ondas com períodos menores. Balsas F'andreis tem uma área útil para o carregamento dos módulos de 480m^2 ($12 \times 40\text{m}$), elas são compostas por um casco de carga e um rebocador.

2.8.2 Propagação de Ondas em águas rasas.

Em águas profundas, um grupo de ondas de ondulação apresenta um perfil vertical na forma senoidal, com cristas e cavas longas e curtas. À medida que estas começam a se propagar em águas progressivamente mais rasas, as ondas passam a sofrer transformações no padrão orbital de propagação (KOMAR, 1998). O momento em que as ondas começam a interagir com o fundo ocorre quando a profundidade atinge aproximadamente a metade do comprimento da onda em águas profundas, e se torna significativa com um quarto do comprimento da onda em águas profundas (KOMAR, 1998). A velocidade e o comprimento das ondas vão progressivamente diminuindo, e a altura aumenta conforme um grupo de ondas se propaga para águas rasas (apenas o período vai permanecer constante).

2.8.3 Quebra da Onda

As ondas quebram devido a fatores que modificam o padrão de propagação das ondas em águas muito rasas. Assim, alguns critérios devem ser observados para o entendimento deste processo.

A maneira com pela qual as ondas quebram, depende diretamente da natureza do fundo e de características da onda. Segundo Komar (1998), as ondas quebram basicamente quando a sua altura atinge um determinado valor limite relativo ao seu comprimento, e a profundidade. Conforme a onda se move por águas progressivamente mais rasas, uma série de processos alteram seu padrão de propagação em águas profundas devido à interação com o fundo. O padrão orbital das partículas é modificado para um padrão elíptico, sendo que as partículas da crista passam a ter uma velocidade orbital maior do que as da base que estão em atrito com o fundo.

A utilização de recifes artificiais faz com que essa interação com o fundo altere os padrões de propagação, gerando uma quebra da melhor forma estudada.

2.8.4 Tipos de Quebras de Onda

Komar (1998) indica três tipos de ondas facilmente reconhecíveis, ondas deslizantes, ondas mergulhantes e ondas ascendentes.

2.8.4.1 Ondas Deslizantes

Ondas do tipo deslizante são caracterizadas como ondas de grande esbeltez, se propagando num fundo com baixa declividade (KOMAR, 1998). A superfície da água próxima à crista derrama-se (desliza-se) sobre a face da onda conforme a crista se empina, devido à diminuição progressiva da profundidade.

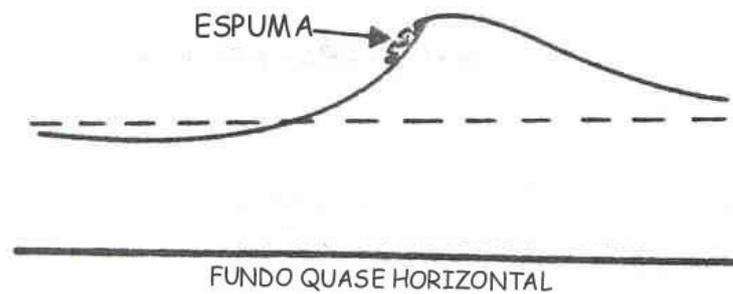


Figura 22: Modelo esquemático de uma Onda Deslizante

Fonte: Komar (1998).

2.8.4.2 Ondas Mergulhantes

Ondas do tipo mergulhantes possuem grande esbeltez, sendo observadas em fundos com declividade relativamente acentuada. A forma da onda torna-se assimétrica com a face da onda, se tornando vertical, e a crista se empina sobre a face da onda (KOMAR, 1998).



Figura 23: Modelo esquemático de uma Onda Mergulhante

Fonte: Komar (1998).

2.8.4.3 Ondas Ascendentes

Ondas do tipo ascendente são caracterizadas por ondas com uma baixa esbeltez se propagando sobre um fundo de declividade acentuada (Fig. 12). Este tipo de onda apresenta uma assimetria vertical semelhante a de uma onda mergulhante (KOMAR, 1998).

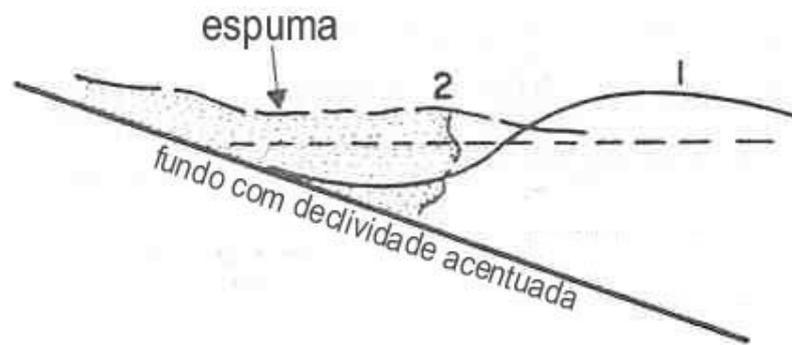


Figura 24: Modelo Esquemático de uma Onda Ascendente

Fonte: Komar (1998).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O Método escolhido para essa pesquisa consiste no levantamento de dados bibliográficos dos seguintes temas:

- a) Dados Fisiográficos e Morfodinâmicos da Praia Brava de Matinhos/PR;
- b) Dimensões do espectro de RAM aplicado à Praia Brava de Matinhos/PR, para fins de zelo costeiro;
- c) Características e propriedades técnicas e executivas de estruturas pré moldadas em concreto para ambientes marítimos.
- d) Levantamento do Custo executivo da solução aplicada atualmente (sacas de areia).

Em cima de todas as condicionantes estipuladas por Lima (2008) (dimensões, formatos e região de aplicação), é estabelecida uma situação hipotética de obra, a qual indica o espectro de RAM apresentado como estrutura a ser executada.

Frente às dificuldades apresentadas pela atual forma de execução, anteriormente citada, estabelece-se uma estratégia de análise técnica para melhorias executivas dos RAM.

São apontados os principais fatores que viabilizam tecnicamente a execução de recifes artificiais em tecnologia de concreto pré-moldado. Dentre os principais pontos:

- e) Vida Útil da Estrutura de Concreto Pré Moldado, que está diretamente relacionado aos materiais utilizados para confecção de estruturas para ambientes marítimos;
- f) Levantamento do orçamento da obra apontando os baixo custo relacionado a equipamentos, mão de obra e materiais;
- g) Modulação das peças, viabilizando transporte;
- h) Facilidade na execução de estruturas de Concreto Pré Moldado, bem como a redução do prazo de obra.

Para que ao fim do trabalho possa se obter a melhor geometria e modulação das peças de concreto pré moldado, apresentando as vantagens e desvantagens da utilização dessa tecnologia.

Para melhor entendimento e visualização do processo, é apresentado a metodologia do estudo com o fluxograma a baixo (Figura 16).

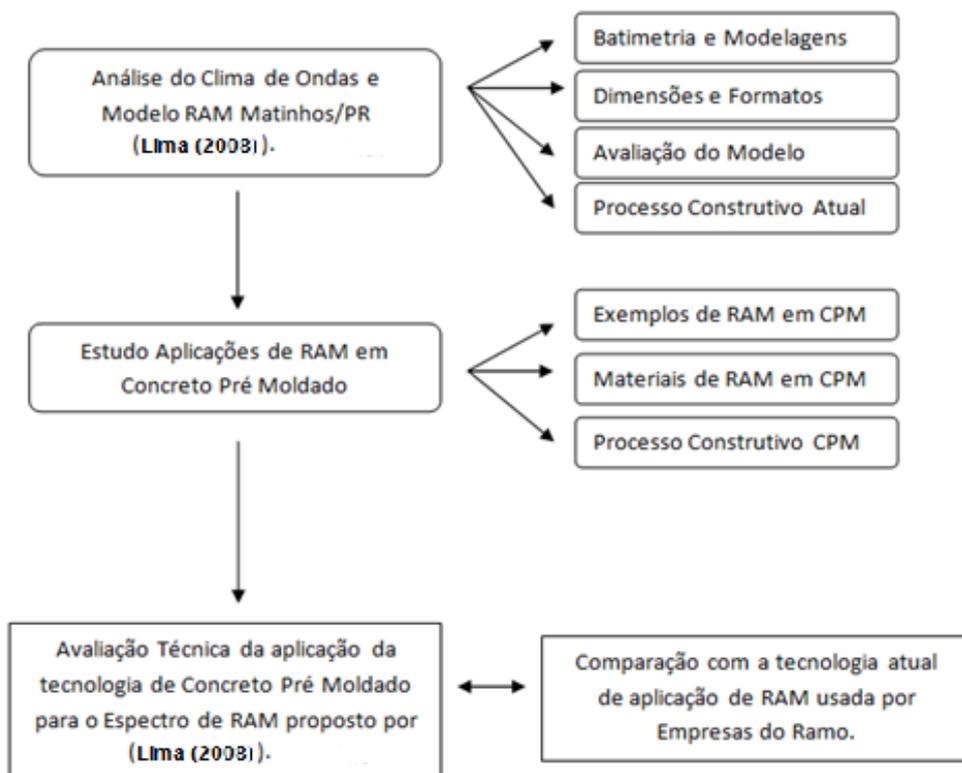


Figura 25: Fluxograma de Metodologia de Estudo

Fonte: Adaptado de Lima (2008).

3.1 PROPOSTA EXECUTIVA DO RAM

Para avanço do estudo de execução do RAM, uma nova forma executiva será hipoteticamente proposta para obter a mesma finalidade, criar um Recife Multifuncional nas dimensões apresentadas anteriormente na encosta marinha da Praia Brava de Matinhos/PR.

3.1.1 Proposta da utilização dos módulos REBIMAR

Diferente da solução que vem sendo aplicada pelas empresas do ramo (ensacados de areia), a nova proposta traz uma modulação adaptada a modulação utilizada no REBIMAR (2011).

Como a localização do RAM de Lima (2008) está referenciada atrás da Zona de Arrebentação, ou seja, região aonde não há transporte de sedimentos, sua função estrutural não se aplica, isso devido ao baixo período de onda (\emptyset) e a profundidade da região (h).

Assim será utilizado um modelo de bloco de concreto não armado para atingir o volume total do RAM, que será mais bem especificado no próximo tópico.

3.2 PROCESSO EXECUTIVO PROPOSTO

3.2.1 Quantitativo para RAM

Em visita à Associação MarBrasil (Pontal do Sul/PR) e acompanhamento da Oceanógrafa Janaína Bumbeer, realizado no dia 14/10/2011, tratou-se uma série de questionamentos quanto à forma executiva dos recifes e dos materiais utilizados. Pontos importantes referentes à forma construtiva dos recifes, concreto e aditivos usados, logística das peças, acompanhamento e manutenção são tratados nesse tópico.

Para confecção das peças são utilizadas fôrmas metálicas para molde das dimensões do bloco e polietileno expandido (isopor) para o nicho central. Citado anteriormente tem um volume de ocupação de cada peça de 0,128m³. Segundo

Brumber (MarBrasil, 2011) “devido seu formato cúbico e a disposição irregular dos módulos ao serem lançados, seu volume de ocupação real (25% a mais) pode chegar a 0,16 m³ por peça.” Janaina ainda complementa “ o formato que cada grupo de recife deve assumir é Piramidal, e sua altura deve ser de 1 à 1,5m com inclinação média de 30 graus até o pico, isso auxilia no encrustamento de material orgânico”.

O espectro proposto por Lima (2008) assume um comprimento de 100m, largura de 80m e uma altura média de 2,5m. Os formatos variam conforme a batimetria do local, se for mais profunda (4 à 6m) com inclinação alta (maior que 30°) a forma é de uma ‘rampa’ e se a batimetria for mais rasa (1 à 3 m) e inclinação leve (menor que 15°) o formato é de ‘borda’.

Para atingir o volume do RAM aplicado à encosta de Matinhos/PR, estima-se uma comparação de volumes para quantificar quantas peças são necessárias. O volume do espectro é de aproximadamente 20.000 m³, assim para ocupar o espectro por um todo é preciso 125.000 peças com o volume de ocupação 0,16 m³/cada.

As principais restrições para o tamanho das peças se dão pela interação da logística de lançamento e produção das peças. Quanto aos fatores que resultam nas melhorias de biodiversidade, estes devem ser analisados experimentalmente após sua aplicação. Dessa forma propõem-se o aumento dos módulos para aproveitar melhor a disposição e reduzir o gasto de concreto e de logística que estão diretamente atrelados a essas variantes.

Assim, o módulo proposto possui as seguintes dimensões 1x1x1,5 m, resultando em uma quantidade de 10.750 peças, considerando o volume de ocupação real de cada recife.

3.2.2 Canteiro de Obra e Logística

A proposta de lançamento de 10.750 peças para obtenção do RAM implica em uma discussão mais elaborada de como será a produção das peças e a logística de lançamento.

Para o dimensionamento do canteiro de obra e plano logístico atribui-se um prazo de 130 dias para execução da obra como um todo.

Primeiramente pesquisou-se um terreno que se adaptaria a área de produção das peças e que seja próximo de um ponto de embarque das peças. O terreno que encontrou-se livre para aluguel é o que está representado pela forma em vermelho, a área é de posse do proprietários da F` Andreis (Figura 26) , que está localizada a frente do portão de embarque das balsas que fazem a travessia dos carros Caiobá-Guaratuba. (fonte: MURASKI Imóveis Guaratuba/PR).

A área tem 19 metros de fachada por 36 de comprimento, possuindo uma área para canteiro de obra de 684m² (Figura 27). Os custos de aluguel são mais bem discriminados no orçamento da solução.

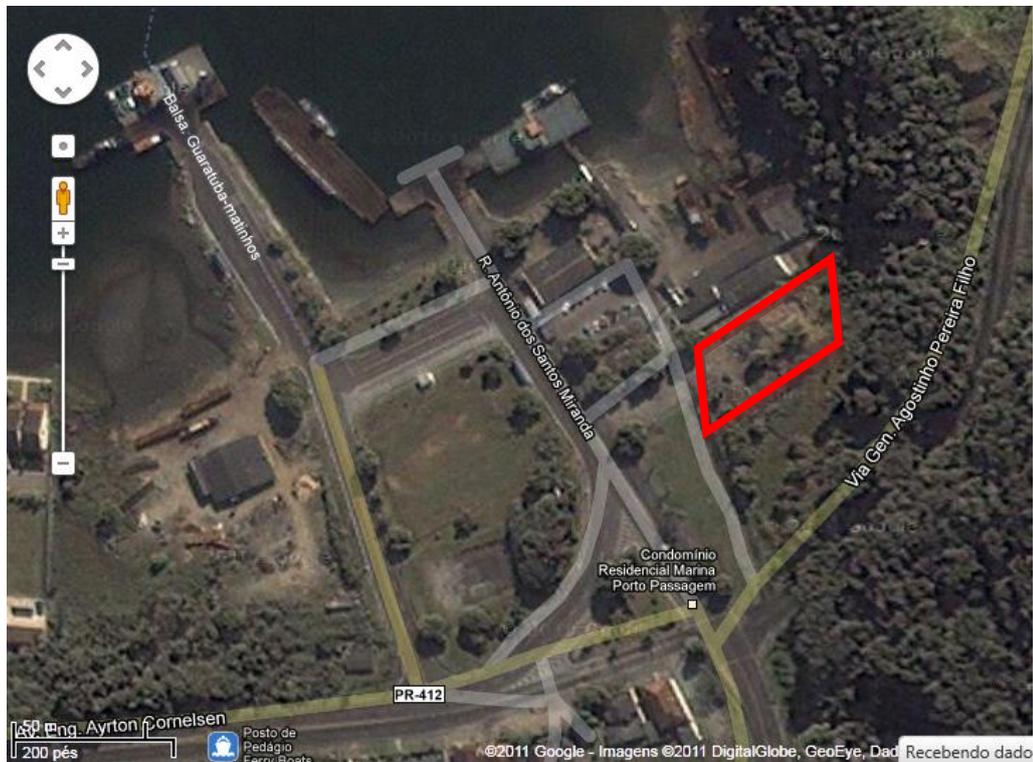


Figura 26: Terreno proposto para canteiro.

Fonte: muraskimoveis.com.br (2011).

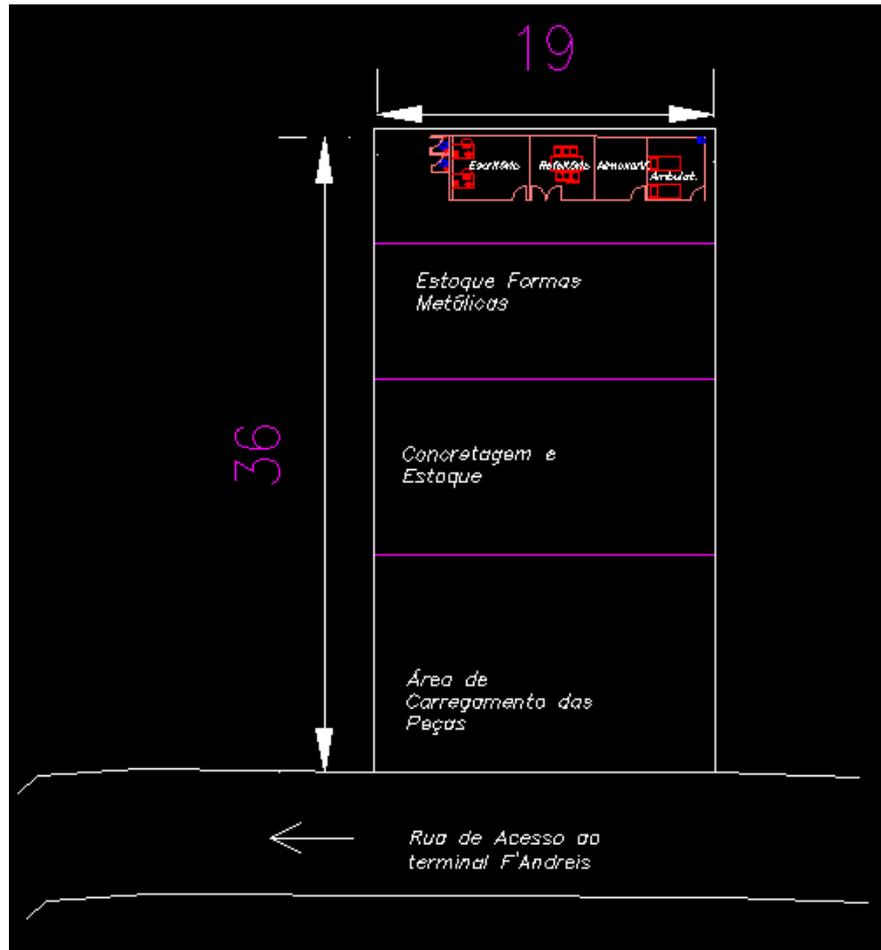


Figura 27: Proposta Canteiro

Fonte: rebimar.com.br (2009).

O plano logístico para o lançamento das peças será feito por viagens com balsas de serviço BERTOLINI, que tem uma área útil para o carregamento dos módulos de 1520m² (20x76m) e carga de transporte de 1.486 t. Essa área permite que as 10.750 unidades dos blocos, resultando 1092 t, sejam lançadas em 12 viagens, distribuídas em 12 nichos de 24 m², onde a distribuição dos blocos, considerando um sistema cartesiano, se dá por 6 blocos no plano X, 3 Blocos em Y e 4 blocos em Z (Figura 28).

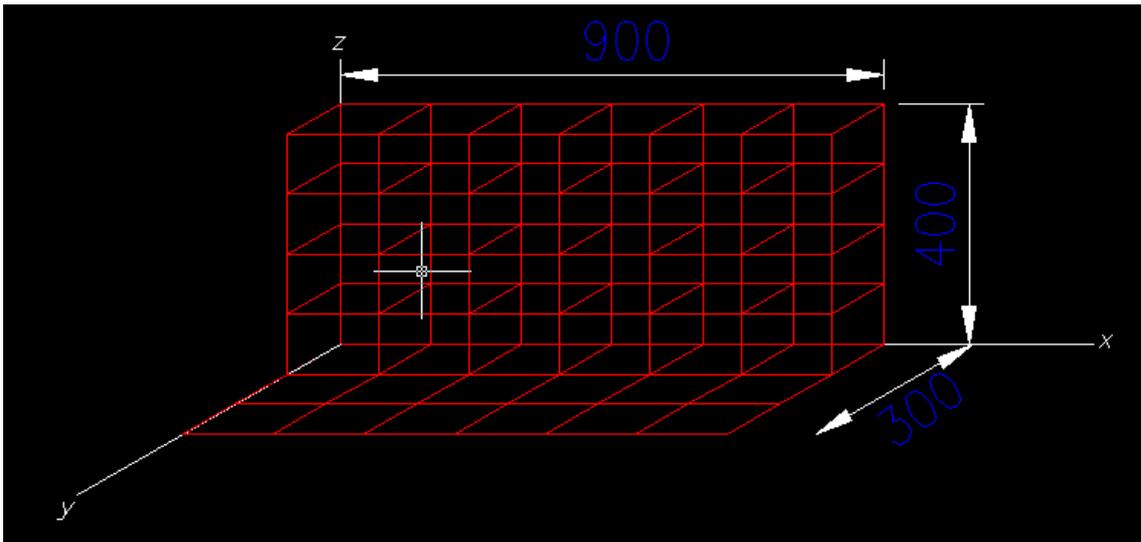


Figura 28: Distribuição dos nichos na área de transporte da balsa.

Fonte: rebimar.com.br (2009).



Figura 29: Pilha dos Blocos Rebimar.

Fonte: rebimar.com.br (2009).

O transporte interno das peças até a balsa será feito por uma retro escavadeira que acompanhará a viagem para o lançamento em alto mar. Estima-se que o período para embarque das peças até o lançamento seja de 2 dias.

Sendo assim para cada viagem, será necessário que canteiro produza 864 peças.

Visando atendimento do prazo de 130 dias, mesmo prazo para a execução na solução em sacas de areia, que será mais bem exemplificado nos resultados. Cada viagem será realizada, considerando o ciclo de produção e de lançamento, de 11 dias úteis.

3.3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA SOLUÇÃO PROPOSTA

Para desenvolver a solução proposta, foi analisado o estudo realizado por Portella *et al.* (2001) para determinar os materiais componentes dos recifes artificiais e suas proporções. É esperado que esses módulos de recifes artificiais suportem mecanicamente as diferentes correntes marítimas sazonais, sem se romperem e sem se degradarem frente às condições químicas agressivas da água do mar.

Os módulos tem como base para produção, o formato e a composição dos usados no programa REBIMAR (2011). Essa composição foi determinada a partir de dados técnicos fornecidos pela empresa Tintaço (2011), encarregada de produzir recifes artificiais marinhos para a organização não governamental Mar Brasil.

Esses módulos são blocos quadriláteros feitos de concreto, confeccionados com cimento Portland resistente a sulfatos (CP IV RS), areia natural, pedra brita, pedrisco, aditivo superplastificante e sílica ativa. Eles medem 1,0 x 1,0 x 1,5m, pesam aproximadamente 1406,25kg e possuem uma cavidade central perfurada ocupando cerca de 60% de seu volume total. Assim para produzir um módulo, como o ilustrado na Figura 30, é necessário 0,6m³ de concreto.

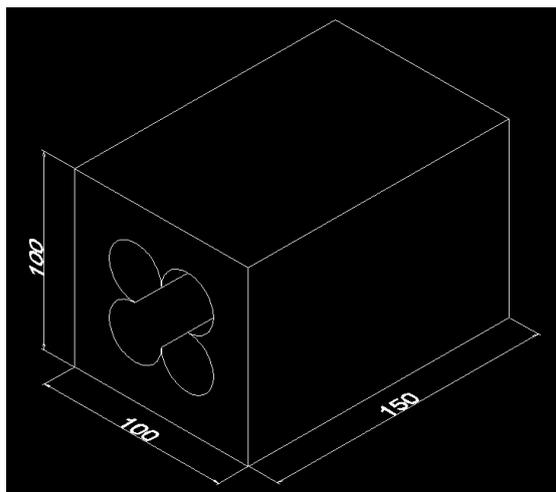


Figura 30: Módulo de recife artificial da solução proposta.

Fonte: rebimar.com.br (2009).

3.3.1 Dosagem do concreto

O concreto utilizado na confecção dos módulos deve apresentar as características a seguir.

3.3.1.1 Características da dosagem

Esses dados foram estabelecidos com base nas características encontradas nos módulos utilizados no REBIMAR (2011), e também devido a classe de agressividade que segundo a NBR 6118 (ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) para o meio submerso é fraca, exigindo para a mesma o uso de um concreto com no mínimo 20MPa de resistência característica a compressão (f_{ck}).

Concreto para produção dos módulos de recifes artificiais:

- $f_{ck} = 25$ MPa;
- Abatimento (“*slump test*”) = 200 ± 10 mm.

3.3.1.2 Composição

A composição do concreto usado na produção dos módulos esta descrita na Tabela 2.

Materiais	Traço	Consumo (kg/m³)
Cimento CP IV RS Votoran	1,00	385
Areia Natural (media)	2,00	775
Pedrisco	0,98	380
Brita 1	1,48	570
Água	0,46	195
Silica Ativa MC Bauchemie Centrlit Fume S	8% (sobre o peso do cimento)	34kg pó + 34kg liq.= 68kg/m ³
Aditivo Superplastificante MC- Powerflow1290	1,5% (sobre o peso do cimento)	5,790kg/m ³

Tabela 2: Composição do concreto dos módulos.

São realizadas correções em função da umidade contida nos agregados miúdos.

- Consumo de cimento por metro cúbico de concreto = 386kg/m³
- Densidade do concreto fresco = 2368kg/m³.

3.3.1.3 Traço em volume

Cimento (sc 50kg)	Areia (l)	Pedrisco (l)	Brita (l)	Água (l)	Fator a/c
50	66	37	56	23	0,46

Tabela 3: Traço em volume do concreto dos módulos.

3.3.1.4 Dimensão das Padiolas

	Areia	Pedrisco	Brita
Dimensão	2x(35,0x35,0x27,0cm)	1x(33,3x33,3x33,3cm)	1x(38,2x38,2x38,2cm)

Tabela 4: Dimensão das padiolas para confecção do concreto dos módulos.

3.3.1.5 Ordem de colocação dos insumos na betoneira

1. Parte da água
2. Brita 1 e pedrisco
3. Sílica ativa
4. Cimento
5. Areia
6. Restante da água
7. Aditivo

Como a sílica é líquida (50% é pó e 50% é água) sua quantia que seria de 34kg/m^3 é dobrada para 68kg/m^3 . Também é descontado 34kg dos 195kg/m^3 de consumo de água.

3.3.2 Fôrma de produção dos módulos

A fôrma utilizada para a produção dos recifes artificiais é composta por chapas metálicas, e é dividida em duas partes através de uma articulação que facilita a desmoldagem das peças. A estrutura responsável por gerar uma cavidade ao módulo, é formada por quatro tubos metálicos ligados entre si, preenchidos com polietileno expandido (isopor), e apoiados sobre uma chapa metálica. Quando a fôrma é fechada, essa estrutura de tubos metálicos fica centralizada no bloco (Figura 31).



Figura 31: Fôrma dos recifes aberta.

Fonte: marbrasil.org (2007).

Além do sistema de articulação e de trava da fôrma, são instalados nela duas hastes e duas meias circunferências metálicas, que ajudam na movimentação da mesma (Figura 32).



Figura 32: Fôrma dos recifes fechada.

Fonte: marbrasil.org (2007).

3.4 DESCRIÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

Seguindo as especificações técnicas apresentadas para composição do concreto dos módulos, faz-se necessário um processo produtivo para executar a demanda de cada viagem.

Para produzir 864 peças em 10 dias, e considerando que 2 desses dias serão para carga e 1 dia para lançamento dos módulos, o canteiro deverá produzir uma média de 108 blocos de concreto.

Para o processo de concretagem, tendo em vista o reuso das fôrmas e a facilidade de desmolde, prioriza-se o uso de formas metálicas como indicado anteriormente. Assim, para que a demanda seja atingida, um jogo de 108 formas, nas dimensões de 1x1x1,5m, deve fazer parte do canteiro. A área disposta para estocagem desse jogo é de 190m².

As fôrmas metálicas serão alocadas na parte mais ao fundo do terreno do canteiro, para que a área de concretagem e estoque esteja livre para a movimentação de caminhões betoneiras e as retroescavadeiras.

O concreto deverá ser usinado, com fornecimento atendendo às especificações apresentadas no item 3.3 . Considerando que cada caminhão betoneira possui 8m³ e para cada fôrma metálica tem-se um volume de preenchimento de 0,6m³, o processo demanda uma quantidade diária de concreto

de 65m³, ou seja, 8 viagens de caminhões betoneiras. As viagens deverão ser distribuídas e 8 horas diárias de trabalho, tendo a média de 1 hora de concretagem para cada caminhão. O concreto deverá ser descarregado com auxílio de bomba estacionária e mangote de borracha evitando assim desperdícios do insumo e facilitando a mobilização da equipe, o adensamento do concreto será realizado com vibrador elétrico, inserindo-o em 3 pontos por bloco e mantendo por no máximo 15 segundos, evitando assim a água de amassamento exude.

Após o processo de vibração, uma armadura auxiliar (caranguejo) deve ser inserida na face livre concretada, essa armadura irá facilitar o remanejamento das peças no canteiro.



Figura 33: Modelo de Olhal para fixação nas peças.

Fonte: marbrasil.org (2007).

A desforma do grupo de 108 blocos deve durar 1 dia, uma retroescavadeira estará disponível para o auxílio ao desmolde. Após a desforma os blocos deverão ser alocados na área de estoque em pilhas de até 4 blocos, sempre deixando as armaduras (caranguejos) livres para que com cordoalhas de aço a retroescavadeira possa carregar-los nas carretas.

Ao término do oitavo dia as 864 peças deverão ser carregadas em dois caminhões trucks que possuem capacidade de carga de 28 toneladas cada. Assim

para cada viagem de carreta 28 peças serão embarcadas, o total de 30 viagens serão necessárias.

Plano de navegação, em atenção à NORMAM 08 da Marinha do Brasil (item 103) em que pede-se atender por completo às exigências, procedimentos e informações sobre o tráfego de embarcação e plataformas de reboque. Este documento deve conter o nome das embarcações envolvidas e a cada alteração de direção deverá constar a nova coordenada geográfica, o novo rumo e velocidade média de deslocamento entre os pontos.

Quanto as áreas de navegações, deve se analisar as restrições quanto a batimetria e calado (parte do casco abaixo d'água) da embarcação. Na NORMAM 08, uma planilha deve ser preenchida solicitando autorização para navegação na área especificada, no caso proposto a área é a 5ª DN RIO GRANDE, informando também todas a descrição da embarcação. Junto ao documento de solicitação, custos de utilizações de serviços de faróis são contabilizados.

A descarga em alto mar deve ser feita com que cada nicho seja empurrado em pontos fixos, a decantação dos blocos de cada nicho deve assumir uma altura teórica de 2,5m. A descarga deve ser acompanhada de um trator esteira sobre piso madeirado, que auxilia na mobilização do maquinário pesado. Após cada lançamento, uma bóia deve ser ancorada a um dos blocos para localização e por conseqüente seguir o procedimento de deposito das peças.

3.5 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para se analisar a viabilidade de um empreendimento um dos fatores que pesa muito na tomada de decisão entre as diversas alternativas é o econômico. Desta forma, neste estudo de caso de implantação de recifes artificiais na praia brava de Matinhos são elaboradas duas estimativas de preços: uma para o método executivo com sacas de areia e outra para o método com módulos pré-moldados.

Nestas estimativas de preços são avaliados todos os custos necessários para a construção dos recifes artificiais, desconsiderando os impostos, seguros, custos ligados a licenças ambientais e outras taxas necessárias para a execução de uma obra.

O primeiro passo é a análise dos custos diretos (CD) dos serviços através da elaboração das composições de preços unitários (CPU's). Depois serão calculados os custos indiretos (CI) necessários para a realização dos métodos executivos de recifes artificiais com sacas de areia e módulos pré-moldados.

Com os custos diretos e indiretos determinados será possível calcular o BDI (Bonificação por Despesas Indiretas), e logo após será calculado o preço de venda (PV) dos serviços através das seguinte fórmulas:

$$PV = CD / (1 - (AC + IMP + L + I))$$

$$BDI = PV / CD$$

Os índices de AC (administração central), IMP (imprevistos), L (lucro) e I (impostos) devem ser porcentagem (%).

Após o cálculos dos preços de vendas é possível analisar qual das alternativas é viável economicamente.

4 RESULTADOS

Após a realização dos estudos, e as dimensões básicas pré-estabelecidas, é possível avaliar o modelo do recife artificial em concreto pré-moldado.

Assim, é feita uma comparação entre o processo de implantação dos recifes artificiais utilizado pelas empresas do ramo e os processos necessários para a execução e implantação dos mesmos em concreto pré-moldado, sempre analisando os custos para execução de cada solução. Desta forma são estabelecidos parâmetros que possibilitam a adaptação destes processos da melhor forma possível.

Também é analisado o comportamento dos materiais utilizados na concepção dos recifes para que os mesmos possam ser definidos. Sempre analisando a diferença de pesos específicos para auxílio na execução dos mesmos.

E por fim, é realizada a avaliação técnica da aplicação da tecnologia de concreto pré-moldado para o espectro RAM estabelecido por Lima (2008).

4.1 ANÁLISE EXECUTIVA DOS PROCESSOS

Ao analisar as duas soluções construtivas para o RAM, pode-se listar as vantagens e desvantagens da utilização do método proposto em concreto pré moldado em relação a solução atualmente utilizada (sacas de areia).

4.1.1 Vantagens da execução proposta

São apresentadas algumas vantagens que viabilizam tecnicamente a execução do processo construtivo das peças em concreto pré moldado.

O histograma de equipamentos é mais enxuto. Visto que a solução de sacas de areia demanda uma maior quantidade de equipamentos, entre eles guindastes, balsas de transporte dragas com capacidade de 100m³/h, uma escavadeira de capacidade nominal de 20 toneladas e caminhões basculantes (no caso de areia comercial), é de melhor aplicação a solução proposta, sendo que os

equipamentos utilizados serão somente uma balsa de carga, uma retro escavadeira e um trator de esteira.

O histograma de mão de obra mais enxuto. Para a execução das sacas serão necessários 30 serventes, 14 pedreiros e 1 operador de escavadeira hidráulica. Já para a solução proposta a quantidade de Mão de obra é inferior, sendo 17 serventes, 8 carpinteiros, 8 pedreiros, 2 armadores. Também não haverá a necessidade de trabalho submerso, ao contrario da solução dos ensacados, na qual dispunha de uma equipe de mergulho composta por 3 mergulhadores e um barco de apoio para fixação dos contra-pesos e instalação dos bocais das dragas.

Os principais insumos para confecção das peças pré moldadas serão adquiridos por compras regulamentadas, assim não haverá necessidade de utilização de areia em larga escala, que seria retirada da área das praias, ou por empréstimo de bancos de material, que é regida pela Lei Federal no 6.567, de 24 de setembro de 1978 (Lei de Registro de Extração de Areia).

4.1.2 Desvantagens da execução proposta

Dentre as desvantagens existentes, a que atrela mais peso executivo ou trabalho agregado é a necessidade de 12 viagens de balsas a alto mar, isso faz com que a solução fique dependente de um sistema de aprovação burocrático, regido pela LEI NORMAM 08 da Marinha do Brasil

O cronograma da solução proposta é mais extenso (130 dias trabalhados). Em comparação à proposta de sacas de areia (105 dias trabalhados).

Propensão ao erro na descarga das peças devido a complexidade do assentamento e a irregularidade do fundo, geram dificuldade ao assumir a forma proposta por Lima (2008) do RAM.

4.2 ANÁLISE TÉCNICA

Nessa análise é feita uma avaliação dos resultados obtidos nos estudos realizados por Portella et al. (2001), quanto ao desempenho do concreto para a construção de recifes artificiais marinhos instalados no litoral paranaense.

Também são avaliados os materiais que compõem o concreto utilizado nos módulos da solução proposta, e a viabilidade da utilização de artefatos pré-moldados.

A metodologia alternativa para a fabricação de recifes artificiais em concreto, possui uma composição adequada tanto para a ancoragem e desenvolvimento de organismos subaquáticos marinhos quanto para o suporte dos esforços mecânicos solicitados. Ao analisar os resultados do estudo de Portella et al. (2001) é verificado que ao longo do período de envelhecimento natural, a estrutura desenvolveu um aumento de resistência mecânica de cerca de 10 %, sem apresentar danos ou defeitos superficiais visíveis.

Os sulfatos e outros produtos químicos presentes na água do mar, atacam quimicamente as ligações carbonáticas do concreto, diminuindo sua resistência e facilitando a ocorrência de fraturas nas estruturas. Os agregados e a microsilica utilizados na solução proposta, proporcionam a obtenção de um concreto com porosidade muito baixa, e com maior resistência aos ataques químicos da água marinha.

O cimento Portland utilizado é produzido com calcário e pozolanas. A rocha calcária é composta principalmente de carbonato de cálcio, substância formadora de recifes de coral que não é nociva aos organismos incrustantes se o seu pH for ajustado e adequado a níveis próximos de 8,5. Além disso o cimento CP IV-RS usado nos módulos, tem a capacidade de aumentar a durabilidade das estruturas que estão sujeitas ao ataque de sulfatos, como a água do mar, proporcionando uma maior vida útil para a estrutura e dispensando gastos com manutenções a curto e médio prazos.

As grandes vantagens da utilização de peças de concreto pré-moldadas são: a produção em série que pode ser realizada, o reaproveitamento contínuo das formas metálicas, o desenvolvimento de concretos de alto desempenho que proporcionam estruturas com alta durabilidade, a elaboração de projetos de fôrmas personalizados, e a formação de estruturas muito semelhantes com o substrato rochoso natural, que são excelentes para a fixação e desenvolvimento de organismos marinhos.

4.3 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA

4.3.1 Premissas adotadas no orçamento de recifes artificiais utilizando sacas de areia

Para a realização do orçamento dos recifes artificiais alguns parâmetros foram adotados a fim de estabelecer critérios para o presente estudo de caso.

No caso do método executivo utilizando-se sacas de areia os parâmetros de projeto adotados são os seguintes:

Sacas	Diam.	Comp.	Quantidade	Fundo (m2)	Área de manta (m2)	Volume (m3)
Longit.	2,00	100,00	20,00	8.000,00	20.560,00	6.280,00
Longit.	1,00	100,00	40,00	4.000,00	16.560,00	3.140,00
Longit.	1,00	100,00	40,00	4.000,00	16.560,00	3.140,00
Transv.	1,50	80,00	67,00	8.000,00	33.245,60	9.467,10
					86.925,60	22.027,10

Tabela 5: Tabela de quantitativos de recifes artificiais com sacas de areia

As sacas longitudinais e transversais são posicionadas conforme a Figura 4.

Foram consideradas duas alternativas para o orçamento deste método executivo. Utilizando areia dragada do leito do oceano (opção 1) e areia comercial (opção 2). A partir da tabela de quantitativo acima se elaborou uma planilha de quantidades com os seguintes serviços:

PLANILHA DE VENDA				
Opção 1				
Descrição	Unid.	Quantidade	Preço Unitário	Total
Batimetria	ud	1,00	26.237,53	26.237,53
Fornecimento, preparo e lançamento das sacas	m ²	86.925,60	25,16	2.187.048,09
Dragagem de areia para preenchimento das sacas de areia	m ³	22.027,10	51,55	1.135.497,00
Lançamento e posicionamento dos contrapesos de concreto	ud	167,00	1.995,86	333.308,62
			Total	3.682.091,24
Opção 2 - areia comercial				
Descrição	Unid.	Quantidade	Preço Unitário	Total
Batimetria	ud	1,00	22.132,15	22.132,15
Fornecimento, preparo e lançamento das sacas	m ²	86.925,60	21,22	1.844.561,23
Dragagem de areia para preenchimento das sacas de areia	m ³	22.027,10	124,64	2.745.457,74
Lançamento e posicionamento dos contrapesos de concreto	ud	167,00	1.683,57	281.156,19
			Total	4.893.307,31

Tabela 6: Tabela de quantitativos de recifes artificiais com sacas de areia

A planilha de serviços, as composições de preços unitários, o cronograma físico, a planilha de custos indiretos, a planilha de cálculo de BDI e a planilha de venda estão demonstrados no APÊNDICE I. Para facilitar o orçamento, os equipamentos náuticos e guindastes foram colocados nos custos indiretos.

4.3.1.1 Descrição dos serviços a serem executados

4.3.1.1.1 Fornecimento, preparo e lançamento das sacas

Este serviço será realizado com o auxílio de dois guindastes sobre esteiras com capacidade nominal de 30 toneladas, um rebocador, uma balsa de serviço para a, equipe de mergulho composto por três mergulhadores e um barco de apoio, além de mão de obra capaz costurar as sacas de areia. O material utilizado para as sacas de areia é manta geotêxtil não tecida.

4.3.1.1.2 Lançamento e posicionamento dos contrapesos de concreto

Após o preparo e lançamento das sacas, são lançados contrapesos de concreto a fim de evitar algum deslocamento. Neste lançamento serão utilizados um guindaste, equipe de mergulho, balsa de serviço um rebocador e um barco de apoio.

4.3.1.1.3 Dragagem de areia para preenchimento das sacas de areia

Para a execução deste serviço foram estudadas duas maneiras: a primeira delas utilizando-se areia dragada do leito do oceano; a segunda através de areia comercial.

Para o estudo de caso em questão, previu-se o uso de uma draga com capacidade de produção de 100 m³/hora, escavadeira hidráulica para a carga de areia e caminhão basculantes (no caso de areia comercial).

4.3.2 Premissas adotadas no orçamento de recifes artificiais utilizando módulos de concreto pré-moldado

No orçamento dos recifes artificiais através do método executivo utilizando módulos de concreto pré-moldado para o estudo de caso da Praia Brava de Matinhos os seguintes quantitativos e serviços foram levantados:

Descrição	Unid.	Quantidade
Execução dos módulos de concreto pré-moldado	ud	10.750,00
Lançamento dos módulos de concreto pré-moldado	ud	10.750,00

Tabela 7: Tabela de quantitativos de recifes artificiais com concreto pré-moldado

Da mesma maneira como no caso anterior, os equipamentos náuticos foram considerados como custos indiretos. A planilha de serviços, as composições de preços unitários, o cronograma físico, a planilha de custos indiretos, a planilha de cálculo de BDI e a planilha de venda estão demonstrados no APÊNDICE B.

4.3.2.1 Descrição dos serviços a serem executados

4.3.2.1.1 Execução dos módulo de concreto pré-moldado

Para este estudo de caso da Praia Brava de Matinhos, previu-se utilização de formas metálicas e concreto usinado. Para adensamento do concreto será utilizado vibrador de imersão. Os módulos seriam concretados em canteiro de obras como citado anteriormente.

4.3.2.1.2 Lançamento dos módulo de concreto pré-moldado

No lançamento dos módulos de concreto, previu-se utilização de rebocador, balsa de serviço com madeiramento, 2 retroescavadeiras, 2 carretas e barco de apoio.

4.3.3 COMPARATIVO DE CUSTOS

Após a análise dos custos envolvidos para a execução dos recifes artificiais nos dois métodos executivos discutidos no trabalho tem-se os seguintes valores finais:

- a) Para os recifes artificiais com sacas de areia e utilização de areia proveniente do leito do oceano (opção 1) o preço final é de R\$ 3.989.872,84 (três milhões, novecentos e oitenta e nove mil, oitocentos e setenta e dois reais e oitenta e quatro centavos);
- b) Para os recifes artificiais com sacas de areia e utilização de areia comercial (opção 2) o preço final é de R\$ 5.201.570,23 (cinco milhões, duzentos e um mil, quinhentos e setenta reais e vinte e três centavos);
- c) Para os recifes artificiais utilizando módulos de concreto pré-moldados o preço final é de R\$ 4.081.990,00 (quatro milhões, oitenta e um mil, novecentos e noventa reais).

Caso o valor monetário fosse o quesito mais importante para a escolha dos métodos executivos de recifes artificiais para a Praia Brava de Matinhos, a alternativa “a” seria a preterida.

Analisando as três alternativas é possível perceber que a utilização de recifes artificiais com sacas de areia só é vantajosa no caso de dragagem de areia do leito do oceano, sendo que a diferença para a alternativa com módulos pré-moldados não é muito grande. Por outro lado, se for preciso a utilização de areia comercial, esta alternativa fica totalmente inviável.

5 CONCLUSÕES

A utilização de recifes artificiais em módulos de concreto pré-moldado se mostrou uma solução viável para resolver os problemas de erosão da Praia Brava de Matinhos. Comparada com a solução atual na qual os recifes são projetados com sacas de areia, a nova solução proposta é satisfatória tanto economicamente quanto tecnicamente.

Analisando-se somente os valores finais, a escolha da alternativa ficaria entre a utilização de sacas de areia com areia dragada do leito do oceano e a utilização de recifes artificiais com módulos de concreto pré-moldado já que os valores são muito parecidos.

Tecnicamente a alternativa utilizando módulos de concreto pré-moldados proporciona uma solução com grande vida útil, que pode ser produzida em grande escala com fôrmas metálicas, usando-se um concreto com composição adequada para a confecção de estruturas muito semelhantes ao substrato rochoso natural.

Outro ponto de suma importância para a escolha do método com elementos pré-moldados, é a possibilidade de moldar o concreto de modo a gerar estruturas com superfícies benéficas para o desenvolvimento de habitats biológicos, através do crescimento de organismos incrustantes.

Portanto a solução adotada além de atender os fins propostos para a estrutura RAM, estaria em harmonia com o meio ambiente, favorecendo o crescimento da biodiversidade marinha.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1.1 Sugestões para trabalhos futuros

- a) Estudo de dosagem que proporcione um concreto com durabilidade adequada para a construção dos recifes artificiais, e com baixo custo de produção;

- b) Desenvolvimento de novos formatos para as peças pré-moldadas visando a diminuição do peso das mesmas e a facilidade na execução da obra.
- c) Estudo detalhado do impacto ambiental na aplicação da solução apresentada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A&G CONSTRUÇOES. Disponível em: <<http://aegconstrucoe.blogspot.com/>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12655 – Concreto - Preparo, controle e recebimento.** 1989.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** 2003.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7197 – Projeto de estruturas de concreto Protendido.** 1989.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.** 2001.

ALENCAR, C. A. G; SILVA, A. S.; CONCEIÇÃO R. N. L. **Texto básico de nivelamento técnico sobre recifes artificiais marinhos.** Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República, (SEAP-PR), Brasília, 51 p., 2003.

ANGULO, R. J. **As Praias do Paraná: Problemas Decorrentes de uma Ocupação Desordenada.** Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba, n. 99, p. 97-103, jul./dez. 2000.

ARAUJO, A.; PANOSSIAN, Z. **Durabilidade de estruturas de concreto em ambiente marinho: estudo de caso.** 2010.

BRUMATTI, DIONI O. **Uso de Pré-Moldados - Estudo e Viabilidade.** Vitória, 2008.

BRANDINI, F.; SILVA, A. S.; BARACHO, R. **Recifes artificiais marinhos: Uma proposta de conservação da biodiversidade e desenvolvimento da pesca artesanal.** Disponível em <<http://www.brasilmergulho.com.br/port/artigos/2003/002.shtml>>. Acesso em: 10 de Maio de 2011

CODO, M. A.; CASARIM, W. **Equipamento de Elevação e Transporte.** International Paper do Brasil Ltda. 2007.

CORTESIA CONCRETO. Disponível em: <<http://www.cortesiaconcreto.com.br/Manual%20do%20Concreto.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

ECOPLAN. **Programa RAM recifes artificiais marinhos.** Internet, outubro, 1998. Disponível em: < <http://www.ecoplan.org.br/>>. Acesso em: 10 de Maio de 2011.

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de Praias Arenosas Oceânicas: Uma Revisão Bibliográfica.** Itajaí: Editora da Univali, 1998.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis. 2006. **Recifes artificiais - Recursos pesqueiros - Implantação – Procedimentos.** Instrução normativa nº 125, 18 de outubro de 2006.

JUNIOR, E. C; LACERDA, L. S. S. N. de. **Concreto Pré-moldado.** 2009.

KOMAR, P. D. **Beach Processes and Sedimentation.** Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. Second edition, 1998.

LIMA, M. G. P. **Controle da erosão em praias arenosas pelo método de recifes submersos: Praia Brava de Matinhos - PR.** 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado).

Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2008.

LIMA, M. G. P. **Fundos Artificiais para o Surfe: Estudo para o aumento da surfabilidade do parcel de Balneário Camboriú – SC.** 2004. 237 f. Monografia de Graduação. Laboratório de Oceanografia Geológica. Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí 2004.

LIMA, M. G. de; MAZER, W.; BRITO, P. C.; MORELLI, F.; LENCIONI, J. W. **Durabilidade de estruturas de concreto em ambiente marinho – importância dos estudos envolvendo micro-clima.** 2006.

LINDROTH, G.. **Um modelo em proteção e recuperação de praias atacadas pela erosão marinha.** Disponível em: <<http://www.netpar.com.br/lindroth/index.htm>>. Acesso em: 03 maio 2011.

MEAD, S. and BLACK, K. **Field Studies Leading to the Bathymetric Classification of World-Class Surfing Breaks.** Journal of Coastal Research, SI29, 5-20, 2001.

MEAD, S. and BLACK, K. **Functional Component Combinations Controlling Surfing Wave Quality at World-Class Surfing Breaks.** Journal of Coastal Research, SI29, 21-32, 2001.

MEAD, S. BLACK, K. **Predicting the Breaking Intensity of Surfing Waves.** Journal of Coastal Research, SI29, 51-65, 2001.

MEHTA, P. K. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais.** São Paulo, Editora Pini Ltda, 1994.

PIZZATTO, R. **Avaliação dos impactos ambientais do programa recifes artificiais marinhos do Paraná – Programa RAM.** Monografia de Graduação, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 71 p., Curitiba, 2004.

PORTAL DO CONCRETO. Disponível em:
<<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/sub.html>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

PORTELLA, K. F.; NOGUEIRA, J. R. G.; KORMANN, A. C. M.; BARON, O.; CANTÃO, M. P.; HENKE S. L.; JOUKOSKI, A.; KENNY, E. D.; SILVA, A. S.; CERON, C. **Estudo de dosagem e desempenho de concreto para a construção de recifes artificiais marinhos. Um ano de envelhecimento natural a 17 m. de profundidade na Costa do Estado do Paraná.** In: 43º CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO. Foz do Iguaçu, 16 a 20 agosto 2001.

PRATEANO, V. Ressaca causa destruição no litoral. Gazeta do Povo, Curitiba, 10 jun. 2010. Disponível em:
<<http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/conteudo.phtml?id=1012360>>. Acesso em 03 maio 2001.

REBIMAR. **Programa de Recuperação da Biodiversidade Marinha.** Internet. Disponível em: < <http://marbrasil.org/home/detalhes/2435/Rebimar>>. Acesso em: 10 de Maio de 2011.

SANTOS, D. H. C. dos; PASSAVANTE, J. Z. O. **Recifes artificiais marinhos: Modelos e utilizações no Brasil e no mundo.** Boletim Técnico-Científico. CEPENE, Tamandaré, v. 15, n. 1, p. 113-124, 2007.

SCHEIN, D.; LIMA, M. L. P. **Uma metodologia para o dimensionamento de frota de rebocadores em terminais portuários: Uma aplicação ao Porto do Rio**

Grande. Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, Rio de Janeiro, v.2, n.2, p. 119-139, maio a agosto de 2010.

SILVA, A. S. **Estrutura e dinâmica de comunidades epilíticas de habitats artificiais e suas relações com os fatores ambientais na plataforma rasa do estado do Paraná.** 2001. 166 f. Tese (Doutorado em Zoologia) – Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

SILVA, A. S.; SANTOS P.; MAURO, J. **Uso de estruturas descomissionadas de grande porte como recifes artificiais: o caso do projeto Orion.** Sociedade Brasileira de Engenharia Naval, Rio de Janeiro, 2003.

TRAVASSOS. **Instituto Ecológico Aqualung.** Internet, 2005. Disponível em: <http://www.institutoaqualung.com.br/info_recifes_artificiais_60.html>. Acesso em: 10 de Maio de 2011.

TINTAÇO. **Materiais de Construção.** Internet. Disponível em: <http://maps.google.com.br/maps/place?rlz=1T4SNNT_en___BR373&gs_upl=0I0I0I3307IIIIIIII0&um=1&ie=UTF-8&q=tintaco+lt+paranagua&fb=1&gl=br&hq=tintaco+lt&hnear=0x94db9ae5c93dd3ed:0xa7b55278e4a8ae8b,Paranagu%C3%A1+-+PR&cid=15255670789501013571>. Acesso em: 14 jun. 2011.

VIERO, L. K. **Industrialização da Construção Civil - Pré-Fabricados em Concreto.** Rio Grande do Sul, 2008.

VOTORANTIM CIMENTOS. Disponível em: <<http://www.votorantimcimentos.com.br/hotsites/cimento/site.swf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

APÊNDICE I – ORÇAMENTO EXECUTIVO COM SACAS DE AREIA

Opção 1				
Descrição	Unid.	Quantidade	Preço Unitário	Total
Batimetria	ud	1,00	15.000,00	15.000,00
Fornecimento, preparo e lançamento das sacas	m ²	86.925,60	14,38	1.249.990,12
Dragagem de areia para preenchimento das sacas de areia	m ³	22.027,10	29,47	649.138,63
Lançamento e posicionamento dos contrapesos de concreto	ud	167,00	1.141,03	190.552,01
			Total	2.104.680,76
Opção 2 - areia comercial				
Descrição	Unid.	Quantidade	Preço Unitário	Total
Batimetria	ud	1,00	15.000,00	15.000,00
Fornecimento, preparo e lançamento das sacas	m ²	86.925,60	14,38	1.249.990,12
Dragagem de areia para preenchimento das sacas de areia	m ³	22.027,10	84,47	1.860.629,13
Lançamento e posicionamento dos contrapesos de concreto	ud	167,00	1.141,03	190.552,01
			Total	3.316.171,26

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO						
Serviço: Batimetria				Código:		Unid: ud
EQUIPAMENTO	Quantidade	Utilização		Custo		Custo
		Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo	Horário
					(A) TOTAL	0,00
MÃO DE OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	Quantidade	Salario Base	Custo Horar.
					(B) TOTAL	0,00
(C) PRODUÇÃO DA EQUIPE	1,00			CUSTO HORARIO TOTAL (A+B)		0,00
(D) CUSTO HORARIO DA EXECUÇÃO [(A)+(B)]/(C)=(D)						0,00
MATERIAIS			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unit.
Serv. espec.: Batimetria			vb	15.000,00	1,00	15.000,00
					(E) TOTAL	15.000,00
TRANSPORTE	DMT(T)	DMT(P)	DMT(Total)	Custo	Consumo	Custo Unit.
					(F) TOTAL	0,00
CUSTO UNITÁRIO TOTAL: (D)+(E)+(F)						15.000,00
BONIFICAÇÃO:						0,00
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						15.000,00

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO							
Serviço: Fornecimento, preparo e lançamento de manta geotêxtil não tecido					Código:		Unid: m²
EQUIPAMENTO	Quantidade	Utilização		Custo		Custo	
		Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo	Horário	
Equipamento p/ costura de manta (diesel)	0,20	1,00	0,00	22,72	18,72	4,54	
						(A) TOTAL	4,54
MÃO DE OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	Quantidade	Salario Base	Custo Horar.	
Servente			1,00	0,30	10,74	3,22	
Pedreiro			1,00	0,15	15,22	2,28	
						(B) TOTAL	5,50
(C) PRODUÇÃO DA EQUIPE	1,00	CUSTO HORARIO TOTAL (A+B)				10,04	
(D) CUSTO HORARIO DA EXECUÇÃO [(A)+(B)]/(C)=(D)						10,04	
MATERIAIS			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unit.	
Manta geotêxtil não tecida			m²	4,25	1,02	4,34	
						(E) TOTAL	4,34
TRANSPORTE	DMT(T)	DMT(P)	DMT(Total)	Custo	Consumo	Custo Unit.	
						(F) TOTAL	0,00
CUSTO UNITÁRIO TOTAL: (D)+(E)+(F)						14,38	
BONIFICAÇÃO:						0,00	
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						14,38	

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO							
Serviço: Dragagem de areia para preenchimento das sacas de areia					Código:		Unid: m³
EQUIPAMENTO	Quantidade	Utilização		Custo		Custo	
		Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo	Horário	
Escavadeira hidráulica	1,00	1,00	0,00	156,93	124,93	156,93	
						(A) TOTAL	156,93
MÃO DE OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	Quantidade	Salario Base	Custo Horar.	
						(B) TOTAL	0,00
(C) PRODUÇÃO DA EQUIPE	100,00	CUSTO HORARIO TOTAL (A+B)				156,93	
(D) CUSTO HORARIO DA EXECUÇÃO [(A)+(B)]/(C)=(D)						1,57	
MATERIAIS			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unit.	
Serv. espec.: dragagem			m³	27,90	1,00	27,90	
						(E) TOTAL	27,90
TRANSPORTE	DMT(T)	DMT(P)	DMT(Total)	Custo	Consumo	Custo Unit.	
						(F) TOTAL	0,00
CUSTO UNITÁRIO TOTAL: (D)+(E)+(F)						29,47	
BONIFICAÇÃO:						0,00	
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						29,47	

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO							
Serviço: Lançamento e posicionamento dos contrapesos de concreto					Código:		Unid: ud
EQUIPAMENTO	Quantidade	Utilização		Custo		Custo	
		Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo	Horário	
Guindaste sobre esteiras (30 ton)	1,00	1,00	0,00	291,03	201,03	291,03	
					(A) TOTAL	291,03	
MÃO DE OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	Quantidade	Salario Base	Custo Horar.	
					(B) TOTAL	0,00	
(C) PRODUÇÃO DA EQUIPE		1,00	CUSTO HORARIO TOTAL (A+B)			291,03	
(D) CUSTO HORARIO DA EXECUÇÃO [(A)+(B)]/(C)=(D)						291,03	
MATERIAIS			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unit.	
Contra-peso de concreto pré-moldado			ud	850,00	1,00	850,00	
					(E) TOTAL	850,00	
TRANSPORTE		DMT(T)	DMT(P)	DMT(Total)	Custo	Consumo	Custo Unit.
					(F) TOTAL	0,00	
CUSTO UNITÁRIO TOTAL: (D)+(E)+(F)						1.141,03	
BONIFICAÇÃO:		0,00				0,00	
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						1.141,03	

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO							
Serviço: Dragagem de areia para preenchimento das sacas de areia (areia comercial)					Código:		Unid: m³
EQUIPAMENTO	Quantidade	Utilização		Custo		Custo	
		Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo	Horário	
Escavadeira hidráulica	1,00	1,00	0,00	156,93	124,93	156,93	
					(A) TOTAL	156,93	
MÃO DE OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	Quantidade	Salario Base	Custo Horar.	
					(B) TOTAL	0,00	
(C) PRODUÇÃO DA EQUIPE		100,00	CUSTO HORARIO TOTAL (A+B)			156,93	
(D) CUSTO HORARIO DA EXECUÇÃO [(A)+(B)]/(C)=(D)						1,57	
MATERIAIS			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unit.	
Areia para dragagem posto obra (areia suja)			m3	55,00	1,00	55,00	
Serv. espec.: dragagem			m²	27,90	1,00	27,90	
					(E) TOTAL	82,90	
TRANSPORTE		DMT(T)	DMT(P)	DMT(Total)	Custo	Consumo	Custo Unit.
					(F) TOTAL	0,00	
CUSTO UNITÁRIO TOTAL: (D)+(E)+(F)						84,47	
BONIFICAÇÃO:		0,00				0,00	
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						84,47	

DESPESAS INDIRETAS				
1. Administração				1.879.360,00
1.1. Mão de Obra	salário mensal	quantidade	prazo da obra	subtotal
Escritório Administrativo:				
Engenheiro	8.000,00	1	4,00	32.000,00
Encarregado Geral	4.500,00	1	4,00	18.000,00
Administrativo	4.500,00	1	4,00	18.000,00
Apoio:				
Motorista de veículo (van)	1.200,00	0	4,00	0,00
Apontador	850,00	1	4,00	3.400,00
Vigia	850,00	4	4,00	13.600,00
subtotal		8		85.000,00
encargos sociais		120%		102.000,00
total m.o.				187.000,00
1.2. Refeição		Dia	Prazo da obra	Total
Número de Pessoas	50,00			
Café (R\$)	2,00			
Almoço (R\$)	8,00			
Jantar (R\$)	8,00			
Alimentação (R\$)	18,00	30,00	4,00	108.000,00
total refeição				108.000,00
1.3. Despesas Administração	Custo (R\$)	Quant.	Prazo da obra	Total
Canteiro de Obra:				
Sanitário (container)	650,00	1,00	4,00	2.600,00
Escritório (container) - engenharia	450,00	1,00	4,00	1.800,00
Escritório (container) - administração	450,00	1,00	4,00	1.800,00
Despesas escritório (luz/água/telefone)	200,00	1,00	4,00	800,00
Galão de água	8,50	150,00	4,00	5.100,00
Telefones Celulares inclusive Conta	250,00	2,00	4,00	2.000,00
Uniforme/Epi	75,00	42,00	4,00	12.600,00
total despesas administrativa				26.700,00
1.4. Veículos, Equipamentos (Data base: Set/2011)	Custo (R\$)	Quant.	Prazo da obra	Total
Veículo e Equipamento:				
Veículo sedan	1.500,00	2,00	4,00	12.000,00
Veículo utilitário	2.000,00	1,00	4,00	8.000,00
Van	4.000,00	1,00	4,00	16.000,00
Apoio:				
Equipe de mergulho	86.500,00	1,00	3,00	259.500,00
Equipamentos:				
Balsa de serviço pl/ guindaste 30 ton	90.000,00	1,00	4,00	360.000,00
Balsa de apoio	70.000,00	1,00	4,00	280.000,00
Rebocador	42.000,00	1,00	4,00	168.000,00
Barco de apoio (piloto, combustível)	22.000,00	1,00	4,00	88.000,00
Guindaste 30 ton (400 h/mês)	42.000,00	2,00	4,00	336.000,00
Madeiramento (pranchões)	10.000,00	1,00	1,00	10.000,00
Poitas ou âncoras, bóias de sinalização	10.000,00	1,00	1,00	10.000,00
			sub-total:	1.547.500,00
Diesel	2,00	400,00	4,00	3.200,00
Gasolina	2,90	600,00	4,00	6.960,00
			sub-total:	10.160,00
total veículos e equipamentos				1.557.660,00
2. Mobilização				2.700,00
Mobilização (equipamentos)	1,00	1.200,00	1,00	1.200,00
Mobilização (Instalações provisórias)	3,00	500,00	1,00	1.500,00
3. Desmobilização				2.700,00
Desmobilização (equipamentos)	1,00	1.200,00	1,00	1.200,00
Desmobilização (Instalações provisórias)	3,00	500,00	1,00	1.500,00
TOTAL GERAL				1.884.760,00

CALCULO DO B.D.I. AREIA DO LEITO DO OCEANO

Obra: Execução de arrecifes artificiais com sacas de areia
Local: Matinhos/Pr
Prazo de Execução: 4 meses

CUSTOS DA OBRA	VALOR	IMPREVISTO		IMPOSTO		TOTAL
		%	VALOR	%	VALOR	
PREÇO DE VENDA (PV)	3.989.440,76	0,00%	-	0,00%	-	-
CUSTO DIRETO DA OBRA	2.104.680,76	0%	-			2.104.680,76
INDIRETO	1.884.760,00					1.884.760,00
TOTAIS	3.989.440,76		-		-	3.989.440,76
B.D.I.	89,55		0,00		0,00	89,55
MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO	100,00		0,00		0,00	100,00

PV 3.989.440,76

%CD	100,00
%CI	89,55
Desp. Financeiras(%)	0,00%
Esc. Central(%)	0,00%
lucro (%)	0,00%
Imposto (%)	0,00%
%BDI	189,55

PV 3.989.440,76
BDI 1,8955

CALCULO DO B.D.I. AREIA COMERCIAL

Obra: Execução de arrecifes artificiais com sacas de areia
Local: Matinhos/Pr
Prazo de Execução: 4 meses

CUSTOS DA OBRA	VALOR	IMPREVISTO		IMPOSTO		TOTAL
		%	VALOR	%	VALOR	
PREÇO DE VENDA (PV)	5.200.931,26	0,00%	-	0,00%	-	-
CUSTO DIRETO DA OBRA	3.316.171,26	0%	-			3.316.171,26
INDIRETO	1.884.760,00					1.884.760,00
TOTAIS	5.200.931,26		-		-	5.200.931,26
B.D.I.	56,84		0,00		0,00	56,84
MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO	100,00		0,00		0,00	100,00

PV 5.200.931,26

%CD	100,00
%CI	56,84
Desp. Financeiras(%)	0,00%
Esc. Central(%)	0,00%
lucro (%)	0,00%
Imposto (%)	0,00%
%BDI	156,84

PV 5.200.931,26
BDI 1,5684

PLANILHA DE VENDA				
Opção 1				
Descrição	Unid.	Quantidade	Preço Unitário	Total
Batimetria	ud	1,00	28.432,64	28.432,64
Fornecimento, preparo e lançamento das sacas	m ²	86.925,60	27,26	2.369.591,85
Dragagem de areia para preenchimento das sacas de areia	m ³	22.027,10	55,87	1.230.654,07
Lançamento e posicionamento dos contrapesos de concreto	ud	167,00	2.162,84	361.194,28
			Total	3.989.872,84
Opção 2 - areia comercial				
Descrição	Unid.	Quantidade	Preço Unitário	Total
Batimetria	ud	1,00	23.525,32	23.525,32
Fornecimento, preparo e lançamento das sacas	m ²	86.925,60	22,56	1.961.041,53
Dragagem de areia para preenchimento das sacas de areia	m ³	22.027,10	132,48	2.918.150,20
Lançamento e posicionamento dos contrapesos de concreto	ud	167,00	1.789,54	298.853,18
			Total	5.201.570,23

CURVA ABC INSUMOS - Areia Dragada do Fundo do Oceano					
Descrição	Unid	Qtd Orçada	Preço Unitário	Preço Total	% Acum
Serv. espec.: dragagem	m ³	22.027,10	27,90	614.556,09	29,20
Equipamento p/ costura de manta (diesel)	h	17.369,82	22,72	394.642,31	47,95
Manta geotêxtil não tecida	m ²	88.766,38	4,25	377.257,12	65,88
Servente	h	26.061,49	10,74	279.900,40	79,17
Pedreiro	h	13.021,71	15,22	198.190,43	88,59
Contra-peso de concreto pré-moldado	ud	167,00	850,00	141.950,00	95,34
Guindaste sobre esteiras (30 ton)	h	167,00	291,03	48.602,01	97,65
Escavadeira hidráulica	h	220,27	156,93	34.566,97	99,29
Serv. espec.: Batimetria	vb	1,00	15.000,00	15.000,00	100,00
Areia para dragagem posto obra	m3		55,00		100,00

CURVA ABC DE INSUMOS - Areia comercial					
Descrição	Unid	Qtd Orçada	Preço Unitário	Preço Total	% Acum
Areia para dragagem posto obra	m3	22.027,10	55,00	1.211.490,50	36,53
Serv. espec.: dragagem	m ³	22.027,10	27,90	614.556,09	55,07
Equipamento p/ costura de manta (diesel)	h	17.369,82	22,72	394.642,31	66,97
Manta geotêxtil não tecida	m ²	88.766,38	4,25	377.257,12	78,34
Servente	h	26.061,49	10,74	279.900,40	86,78
Pedreiro	h	13.021,71	15,22	198.190,43	92,76
Contra-peso de concreto pré-moldado	ud	167,00	850,00	141.950,00	97,04
Guindaste sobre esteiras (30 ton)	h	167,00	291,03	48.602,01	98,51
Escavadeira hidráulica	h	220,27	156,93	34.566,97	99,55
Serv. espec.: Batimetria	vb	1,00	15.000,00	15.000,00	100,00

Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5
Ordem de serviço	105 dias	Qui 10/11/11	Qua 22/02/12					
Mobilização de equipamentos	15 dias	Qui 10/11/11	Qui 24/11/11					
Saca longitudinal d=2,00m	23 dias	Sex 25/11/11	Sáb 17/12/11					
Fornecimento, preparo e lançamento das sacas	15 dias	Sex 25/11/11	Sex 09/12/11					
Dragagem de areia para preenchimento das sacas de a	8 dias	Sáb 10/12/11	Sáb 17/12/11					
Lançamento e posicionamento dos contrapesos de con	1 dia	Sex 09/12/11	Sex 09/12/11					
Saca longitudinal d=1,00m	15 dias	Sáb 10/12/11	Sáb 24/12/11					
Fornecimento, preparo e lançamento das sacas	12 dias	Sáb 10/12/11	Qua 21/12/11					
Dragagem de areia para preenchimento das sacas de a	3 dias	Qui 22/12/11	Sáb 24/12/11					
Lançamento e posicionamento dos contrapesos de con	1 dia	Qua 21/12/11	Qua 21/12/11					
Saca longitudinal d=1,00m	15 dias	Qui 22/12/11	Qui 05/01/12					
Fornecimento, preparo e lançamento das sacas	12 dias	Qui 22/12/11	Seg 02/01/12					
Dragagem de areia para preenchimento das sacas de a	3 dias	Ter 03/01/12	Qui 05/01/12					
Lançamento e posicionamento dos contrapesos de con	1 dia	Seg 02/01/12	Seg 02/01/12					
Saca transversal d=1,50m	36 dias	Ter 03/01/12	Ter 07/02/12					
Fornecimento, preparo e lançamento das sacas	24 dias	Ter 03/01/12	Qui 26/01/12					
Dragagem de areia para preenchimento das sacas de a	12 dias	Sex 27/01/12	Ter 07/02/12					
Lançamento e posicionamento dos contrapesos de con	1 dia	Qui 26/01/12	Qui 26/01/12					
Desmobilização de equipamentos	15 dias	Qua 08/02/12	Qua 22/02/12					

APÊNDICE II – ORÇAMENTO EXECUTIVO COM MÓDULOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Descrição	Unid.	Quantidade	Preço Unitário	Total
Execução dos módulos de concreto pré-moldado	ud	10.750,00	217,37	2.336.727,50
Lançamento dos módulos de concreto pré-moldado	ud	10.750,00	44,63	479.772,50
			Total	2.816.500,00

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO						
Serviço: Execução de módulos de concreto pré-moldados				Código:		Unid: ud
EQUIPAMENTO	Quantidade	Utilização		Custo		Custo
		Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo	Horário
(A) TOTAL						0,00
MÃO DE OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	Quantidade	Salário Base	Custo Horar.
(B) TOTAL						0,00
(C) PRODUÇÃO DA EQUIPE		108,00	CUSTO HORARIO TOTAL (A+B)			0,00
(D) CUSTO HORARIO DA EXECUÇÃO $[(A)+(B)]/(C)=(D)$						0,00
MATERIAIS		Unidade	Custo	Consumo	Custo Unit.	
Forma metálica		ud	18,24	1,00	18,24	
Colocação da armadura de auxilio para carga das peças		ud	1,72	2,00	3,44	
Lançamento de concreto fck=25Mpa (pré-moldado)		m²	326,15	0,60	195,69	
(E) TOTAL						217,37
TRANSPORTE	DMT(T)	DMT(P)	DMT(Total)	Custo	Consumo	Custo Unit.
(F) TOTAL						0,00
CUSTO UNITÁRIO TOTAL: (D)+(E)+(F)						217,37
BONIFICAÇÃO:						0,00
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						217,37

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO						
Serviço: Forma metálica				Código: Aux.001		Unid: ud
EQUIPAMENTO	Quantidade	Utilização		Custo		Custo
		Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo	Horário
(A) TOTAL						0,00
MÃO DE OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	Quantidade	Salario Base	Custo Horar.
Carpinteiro			1,00	1,00	15,22	15,22
(B) TOTAL						15,22
(C) PRODUÇÃO DA EQUIPE		1,50	CUSTO HORARIO TOTAL (A+B)			15,22
(D) CUSTO HORARIO DA EXECUÇÃO $[(A)+(B)]/(C)=(D)$						10,15
MATERIAIS			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unit.
Desmoldante para forma			l	11,11	0,02	0,22
Conjunto de forma metálica			ud	650,00	0,01	7,87
(E) TOTAL						8,09
TRANSPORTE	DMT(T)	DMT(P)	DMT(Total)	Custo	Consumo	Custo Unit.
(F) TOTAL						0,00
CUSTO UNITÁRIO TOTAL: (D)+(E)+(F)						18,24
BONIFICAÇÃO:						0,00
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						18,24

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO							
Serviço: Colocação da armadura de auxílio para carga das peças					Código: Aux.002		Unid: ud
EQUIPAMENTO	Quantidade	Utilização		Custo		Custo	
		Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo	Horário	
(A) TOTAL						0,00	
MÃO DE OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	Quantidade	Salario Base	Custo Horar.	
Armador			1,00	0,08	15,22	1,22	
(B) TOTAL						1,22	
(C) PRODUÇÃO DA EQUIPE		1,00	CUSTO HORARIO TOTAL (A+B)			1,22	
(D) CUSTO HORARIO DA EXECUÇÃO $[(A)+(B)]/(C)=(D)$						1,22	
MATERIAIS			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unit.	
Armadura de auxílio para carga das peças			ud	0,50	1,00	0,50	
(E) TOTAL						0,50	
TRANSPORTE	DMT(T)	DMT(P)	DMT(Total)	Custo	Consumo	Custo Unit.	
(F) TOTAL						0,00	
CUSTO UNITÁRIO TOTAL: (D)+(E)+(F)						1,72	
BONIFICAÇÃO:						0,00	
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						1,72	

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO						
Serviço: Lançamento de concreto fck=25Mpa (pré-moldado)				Código: Aux.029		Unid: m³
EQUIPAMENTO	Quantidade	Utilização		Custo		Custo
		Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo	Horário
Vibrador de imersão	1,00	1,00	0,00	3,85	2,85	3,85
(A) TOTAL						3,85
MÃO DE OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	Quantidade	Salario Base	Custo Horar.
Servente			1,00	2,00	10,74	21,48
Pedreiro			1,00	1,00	15,22	15,22
(B) TOTAL						36,70
(C) PRODUÇÃO DA EQUIPE		1,00	CUSTO HORARIO TOTAL (A+B)			40,55
(D) CUSTO HORARIO DA EXECUÇÃO $[(A)+(B)]/(C)=(D)$						40,55
MATERIAIS			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unit.
Concreto usinado Fck = 25 MPa			m3	260,00	1,02	265,20
Taxa de bomba			m3	20,00	1,02	20,40
(E) TOTAL						285,60
TRANSPORTE		DMT(T)	DMT(P)	DMT(Total)	Custo	Consumo
(F) TOTAL						0,00
CUSTO UNITÁRIO TOTAL: (D)+(E)+(F)						326,15
BONIFICAÇÃO:		0,00				0,00
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						326,15

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO						
Serviço: Lançamento de módulos de concreto pré-moldados				Código:		Unid: ud
EQUIPAMENTO	Quantidade	Utilização		Custo		Custo
		Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo	Horário
Retroescavadeira	16,00	1,00	0,00	84,96	72,96	1.359,36
Trator de esteira D6	8,00	1,00	0,00	180,49	120,46	1.443,92
Carreta	16,00	1,00	0,00	115,34	91,34	1.845,44
(A) TOTAL						4.648,72
MÃO DE OBRA SUPLEMENTAR			K ou R	Quantidade	Salário Base	Custo Horar.
Servente			1,00	16,00	10,74	171,84
(B) TOTAL						171,84
(C) PRODUÇÃO DA EQUIPE		108,00	CUSTO HORARIO TOTAL (A+B)			4.820,56
(D) CUSTO HORARIO DA EXECUÇÃO $[(A)+(B)]/(C)=(D)$						44,63
MATERIAIS			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unit.
(E) TOTAL						0,00
TRANSPORTE		DMT(T)	DMT(P)	DMT(Total)	Custo	Consumo
(F) TOTAL						0,00
CUSTO UNITÁRIO TOTAL: (D)+(E)+(F)						44,63
BONIFICAÇÃO:						0,00
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						44,63

DESPESAS INDIRETAS				
1. Administração				1.259.994,00
1.1. Mão de Obra	salário mensal	quantidade	prazo da obra	subtotal
Escritório Administrativo:				
Engenheiro	8.000,00	1	4,00	32.000,00
Encarregado Geral	4.500,00	1	4,00	18.000,00
Administrativo	4.500,00	1	4,00	18.000,00
Apoio:				
Motorista de veículo (van)	1.200,00	0	4,00	0,00
Apontador	850,00	0	4,00	0,00
Vigia	850,00	4	4,00	13.600,00
subtotal		7		81.600,00
encargos sociais		120%		97.920,00
total m.o.				179.520,00
1.2. Refeição		Dia	Prazo da obra	Total
Número de Pessoas	47,00			
Café (R\$)	2,00			
Almoço (R\$)	8,00			
Jantar (R\$)	8,00			
Alimentação (R\$)	18,00	30,00	4,00	101.520,00
total refeição				101.520,00
1.3. Despesas Administração	Custo (R\$)	Quant.	Prazo da obra	Total
Canteiro de Obra:				
Aluguel de terreno	5.000,00	1,00	4,00	20.000,00
Sanitário (container)	650,00	1,00	4,00	2.600,00
Escritório (container) - engenharia	450,00	1,00	4,00	1.800,00
Despesas escritório (luz/água/telefone)	200,00	1,00	4,00	800,00
Galão de água	8,50	141,00	4,00	4.794,00
Telefones Celulares inclusive Conta	250,00	2,00	4,00	2.000,00
Uniforme/Epi	75,00	40,00	4,00	12.000,00
total despesas administrativa				43.994,00
1.4. Veículos, Equipamentos (Data base: Set/2011)	Custo (R\$)	Quant.	Prazo da obra	Total
Veículo e Equipamento:				
Veículo sedan	1.500,00	2,00	4,00	12.000,00
Veículo utilitário	2.000,00	1,00	4,00	8.000,00
Equipamentos:				
Balsa de apoio	70.000,00	1,00	4,00	280.000,00
Rebocador	42.000,00	1,00	4,00	168.000,00
Barco de apoio (piloto, combustível)	22.000,00	1,00	4,00	88.000,00
Equipe de mergulho	86.500,00	1,00	4,00	346.000,00
Diversos:				
Madeiramento	10.000,00	1,00	1,00	10.000,00
			sub-total:	912.000,00
Diesel	2,00	2.000,00	4,00	16.000,00
Gasolina	2,90	600,00	4,00	6.960,00
			sub-total:	22.960,00
total veículos e equipamentos				934.960,00
2. Mobilização				2.700,00
Mobilização (equipamentos)	1,00	1.200,00	1,00	1.200,00
Mobilização (Instalações provisórias)	3,00	500,00	1,00	1.500,00
3. Desmobilização				2.700,00
Desmobilização (equipamentos)	1,00	1.200,00	1,00	1.200,00
Desmobilização (Instalações provisórias)	3,00	500,00	1,00	1.500,00
TOTAL GERAL				1.265.394,00

CALCULO DO B.D.I.						
Obra: Execução de arrecifes artificiais com módulos pré-moldados						
Local: Matinhos/Pr						
Prazo de Execução: 4 meses						
CUSTOS DA OBRA	VALOR	IMPREVISTO		IMPOSTO		TOTAL
		%	VALOR	%	VALOR	
PREÇO DE VENDA (PV)	4.081.894,00	0,00%	-	0,00%	-	-
CUSTO DIRETO DA OBRA	2.816.500,00	0%	-			2.816.500,00
INDIRETO	1.265.394,00					1.265.394,00
TOTAIS	4.081.894,00		-		-	4.081.894,00
B.D.I.	44,93		0,00		0,00	44,93
MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO	100,00		0,00		0,00	100,00
					PV	4.081.894,00
		%CD	100,00			
		%CI	44,93			
		Desp. Financeiras(%)	0,00%			
		Esc. Central(%)	0,00%			
		lucro (%)	0,00%			
		Imposto (%)	0,00%			
					PV	4.081.894,00
					BDI	1,4493
		%BDI	144,93			

PLANILHA DE VENDA				
Descrição	Unid.	Quantidade	Preço Unitário	Total
Execução dos módulos de concreto pré-moldado	ud	10.750,00	315,03	3.386.572,50
Lançamento dos módulos de concreto pré-moldado	ud	10.750,00	64,69	695.417,50
			Total	4.081.990,00

ABC de INSUMOS					
Descrição	Unid	Qtd Orçada	Preço Unitario	Preço Total	% Acum
Concreto usinado Fck = 25 MPa	m3	6.579,00	260,00	1.710.540,00	60,73
Carreta	h	1.592,59	115,34	183.689,33	67,25
Servente	h	14.492,59	10,74	155.650,42	72,78
Trator de esteira D6	h	796,30	180,49	143.724,19	77,88
Retroescavadeira	h	1.592,59	84,96	135.306,45	82,69
Taxa de bomba	m3	6.579,00	20,00	131.580,00	87,36
Carpinteiro	h	7.166,67	15,22	109.076,72	91,23
Pedreiro	h	6.450,00	15,22	98.169,00	94,72
Conjunto de forma metálica	ud	130,16	650,00	84.604,00	97,72
Armador	h	1.723,39	15,22	26.230,00	98,65
Vibrador de imersão	h	6.450,00	3,85	24.832,50	99,53
Armadura de auxilio para carga d	ud	21.500,00	0,50	10.750,00	99,92
Desmoldante para forma	l	212,87	11,11	2.364,99	100,00

