

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AS BASES DE UM PROJETO DE RECUPERAÇÃO COSTEIRA O CASO DE CONCEIÇÃO DA BARRA-ES

Wagner Scisinio¹ & Paulo Cesar Maiorano²

Resumo – O projeto de recuperação de uma linha de costa devido a sua erosão, com perdas de sedimentos de suas praias, normalmente trata-se de um complexo mecanismo de balançamento. De um lado as tensões das marés, ondas, ventos, sedimentos e correntes que ao longo do tempo são passíveis de mudanças e de outro a configuração geográfica da linha de costa, a ocupação humana sem planejamento sistemático de curto, médio e de longos prazos. Conhecer os parâmetros envolvidos no processo é de fundamental importância para o sucesso das obras de recuperação. No caso, a execução de levantamentos de campo, estudos em modelos físicos e/ou matemáticos tem sido de grande valia para melhor situar o comportamento das futuras soluções. Procurar ao máximo diminuir os impactos negativos das proposições são mostrados. Neste trabalho é apresentado o projeto de recuperação costeira da barra de Conceição da Barra, localizado no litoral norte do Estado do Espírito Santo já construído e tido como bem sucedido.

Abstract - The project of recovery of a shoreline due its erosion, with losses of sediments of its beaches, normally is about a complex mechanism of the balance. Of a side the tensions of the tides, waves, winds, sediments and chains that throughout the time are possible of changes and another one the geographic configuration of the shoreline, the occupation human being without short, average systematic planning of and of long stated periods. To know the involved parameters in the process is of basic importance for the success of the recovery workmanships. In the case, the execution of surveys of field, studies in physical and/or mathematical models has been of great value better to point out the behavior of the future solutions. To look for to the maximum to diminish the negative impacts of the proposals they are shown. In this work the project of coastal recovery of the bar of “Conceição da Barra”, city located in the coast is presented north of the State of the constructed and had Espirito Santo already as successful.

¹: Engº do INPH – Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH, SEP – Secretaria de Portos, Rua General Gurjão 166 - Caju – Rio de Janeiro. Cep: 20 941-040. Tel: 21 3978 6088. Email: wag1953@gmail.com. Site: www.inph.com.br.

²: Engº do INPH – Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH, SEP – Secretaria de Portos, Rua General Gurjão 166 - Caju – Rio de Janeiro. Cep: 20 941-040. Tel: 21 3978 6070. Email: maioranopc@ig.com.br. Site: www.inph.com.br.

1- INTRODUÇÃO

O INPH – Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias foi contratado pelo Governo do Estado do Espírito Santo – ES para desenvolver estudos que minimizem o crescente processo erosivo próximo a barra do Rio Cricaré em Conceição da Barra que fica a 256 km de Vitória-ES. A sua história, como cidade teve início em 1554, quando os portugueses chegaram através do grande rio, chamado pelos índios de Cricaré. O nome da cidade surgiu de uma homenagem que os nativos que decidiram prestar a Nossa Senhora da Conceição, padroeira do então povoado de Barra de São Mateus. Em 1891 o local passou a se chamar Conceição da Barra.



Figura 1 – Vista panorâmica da Barra do Rio Cricaré em Conceição da Barra – ES no ano de 1970

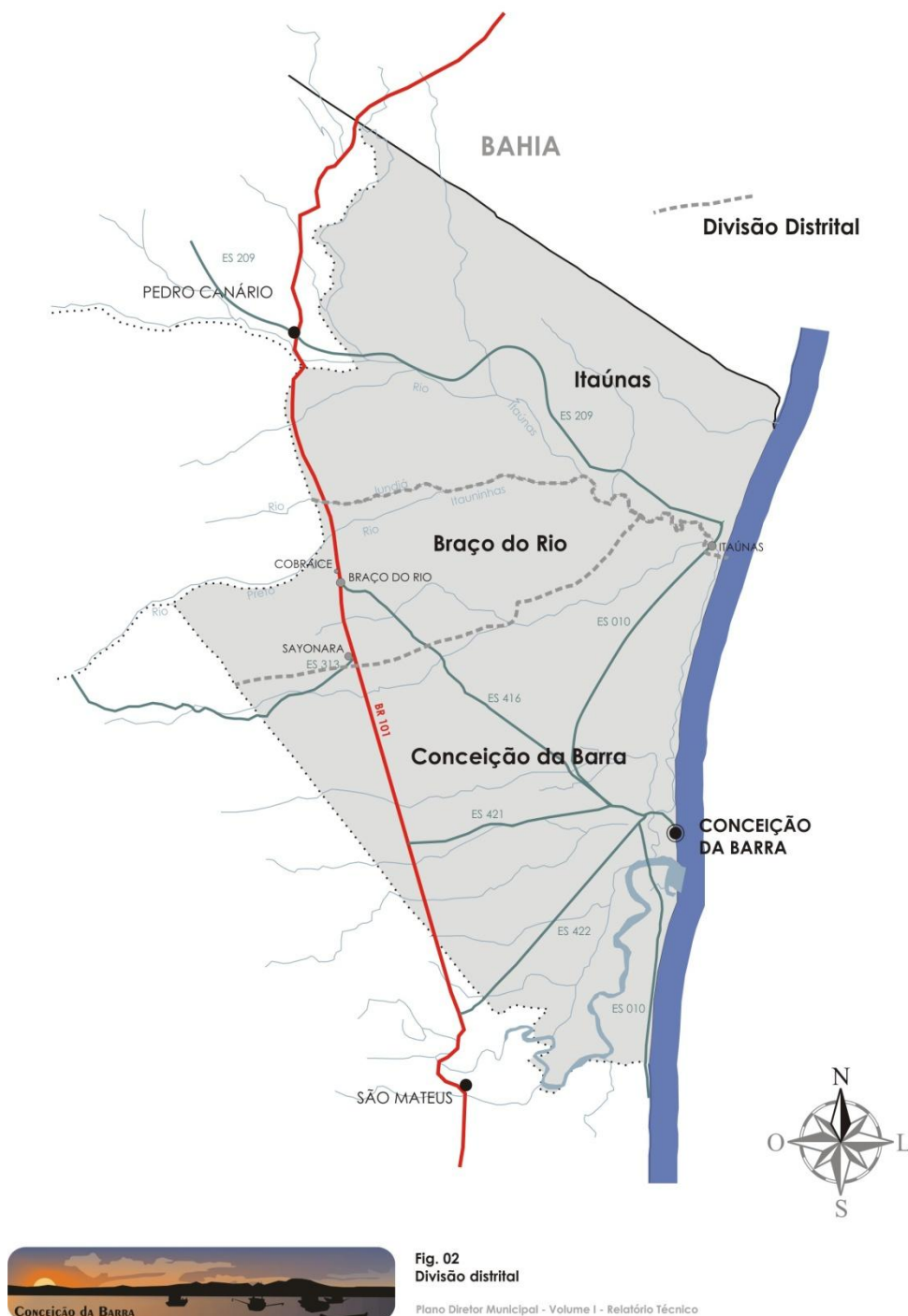


Figura 2 – Divisão distrital de Conceição da Barra

2- ESTUDOS DESENVOLVIDOS

Para a realização do projeto básico de recuperação foram necessários os desenvolvimentos de uma série de estudos que podemos citar:

- Levantamento topohidrográfico da barra do rio Cricaré, parte do rio e praias adjacentes a sua embocadura;
- Perfis de praia visando verificar o nível de equilíbrio/desequilíbrio ali presente;
- Coleta de matérias superficiais de fundo e o mapeamento de sua granulometria;
- Identificação de jazidas de matérias para a reposição das áreas em erosão;
- Medições de marés, correntes e coleta de dados do clima de ventos e ondas da região;
- Identificação de pedreiras próximas e qualidade do material;
- Estudos em modelagem matemática de circulação d'água e sedimentos.

2.1- Levantamento Topohidrográfico

Os procedimentos com vistas à realização da batimetria tiveram início no dia 15/09/2009 e término no dia 25/09/2009.

Entre os dias 15/09/2009 e 17/09/2009 foram realizados: - planejamento da campanha, - teste do equipamento, - aferição do equipamento nos marcos topográficos conhecidos, - preparação da embarcação, nivelamento da régua maregráfica e arranjos gerais.

Tendo em vista a não existência de marcos da DHN no local, foi considerado um ponto específico para medição das variações das marés visando à redução das sondagens. Foi instalada uma régua nivelada. E o zero da régua, nesse caso, ficou estabelecido em 1310 mm acima do zero da régua (vide figura 3).

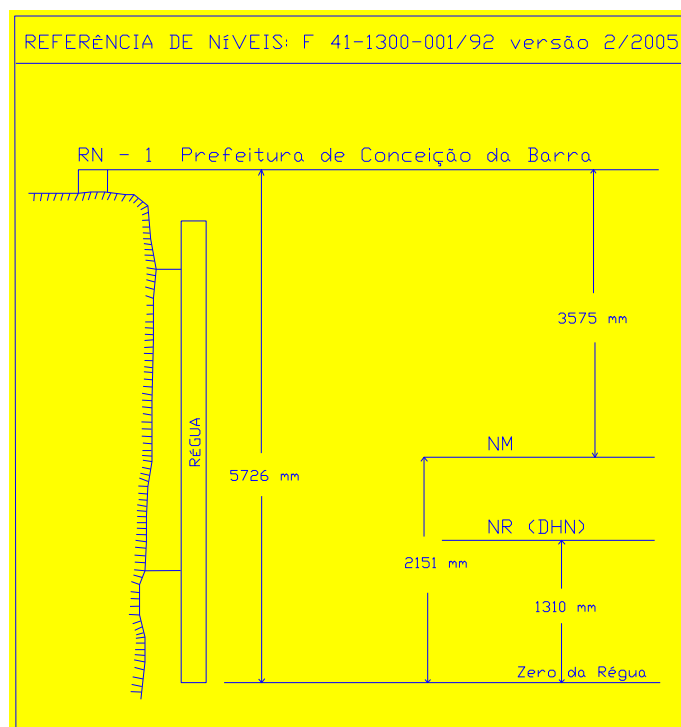


Figura 3 – Relação entre cotas oficiais

A figura 3 mostra as relações existentes entre o zero da régua utilizado e o NR conforme os procedimentos utilizados pela DHN.

O Datum Horizontal do levantamento está referenciado ao WGS-84.

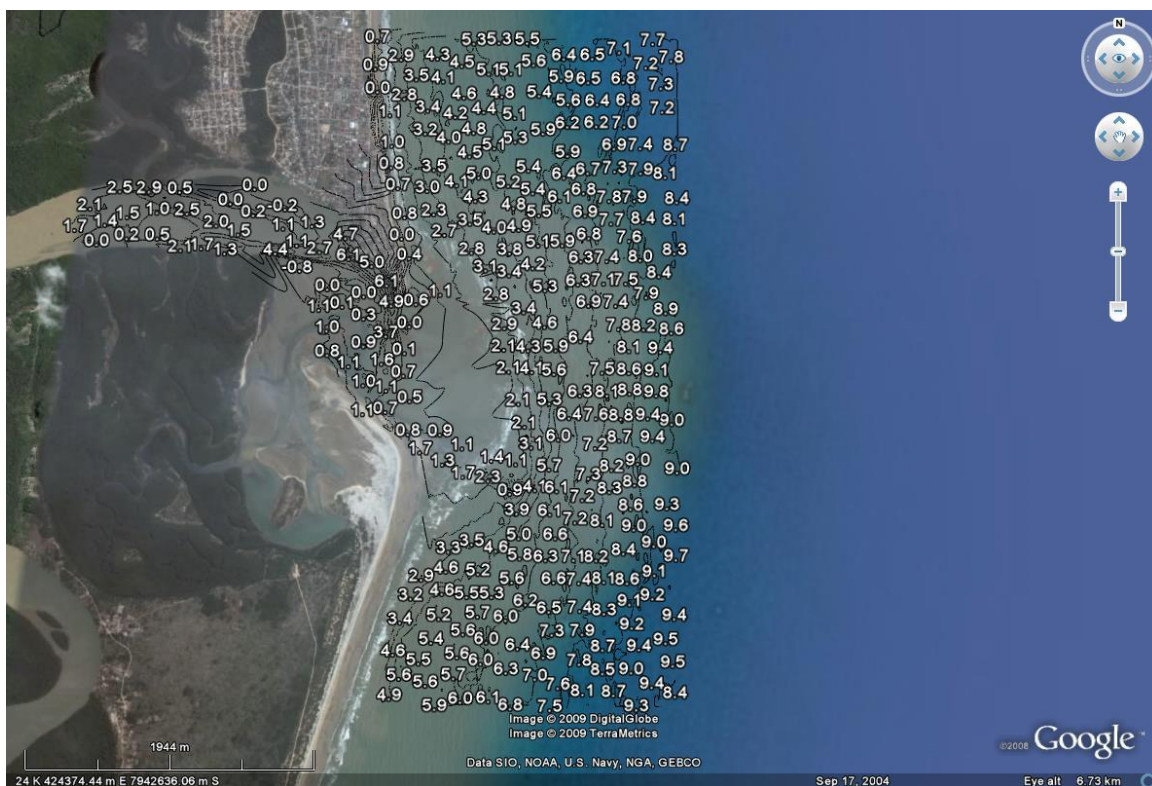


Figura 4 – Localização da área do levantamento batimétrico com as cotas das profundidades

2.2 – Perfis de Praia

O levantamento dos perfis de praia possibilitou a junção da topografia com a batimetria feita para região em erosão. Procurou-se aproximar ao máximo as isobatimétricas e as curvas de nível levantadas nos perfis ao longo da linha de costa nas adjacências da embocadura do rio Cricaré. A seguir é apresentada uma seção transversal características da região.

S1a N

Estaca	Este	Norte	Cota no NR	Distância	Acumulada
639	423098	7943277	1439	0	0,00
640	423100	7943278	1385	2,24	2,24
641	423124	7943275	982	24,19	26,42
642	423146	7943274	217	22,02	48,45
643	423165	7943274	-247	19,00	67,45
644	423200	7943278	-812	35,23	102,67
645	423230	7943282	-251	30,27	132,94
646	423277	7943284	-110	47,04	179,98
647	423379	7943299	-534	103,10	283,08

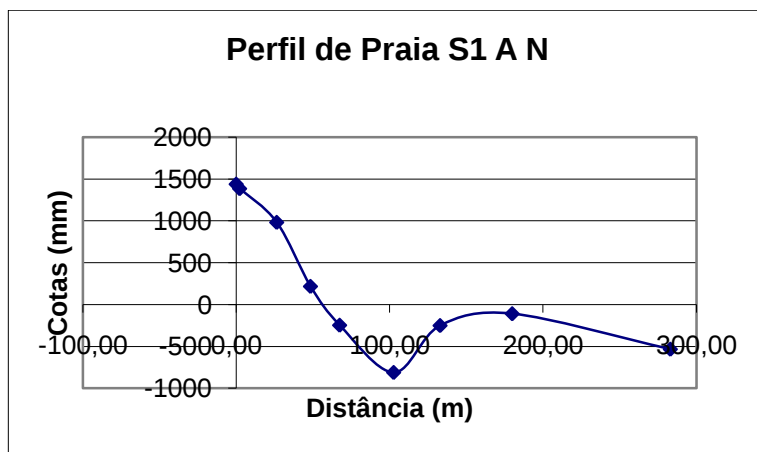


Figura 5 – Exemplo de perfil de praia

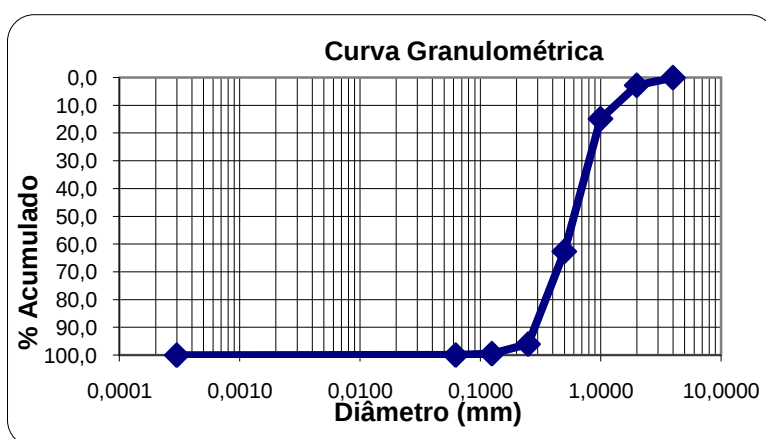
2.3 – Materiais Superficiais do Fundo

O mapeamento da granulometria do material superficial do fundo é de fundamental importância para calibrar o modelo de transporte de sedimentos na região, bem como identificar as possíveis fontes de material para a recomposição dos trechos das praias em erosão. Procurou-se mapear toda área estudada e feita centenas de coletas dos materiais de fundo, bem como é apresentado um exemplo do resultado da análise granulométrica da amostra 4 de um ponto de coleta do material.

Posição da Amostra 4 - Conceição da Barra –ES

422252.1 E – 7943679.28 N

AMOSTRA 4				
Diâmetro		Peso (g)	Percentual	
mm	Classificação		Retido	Acumulado
4,0000	seixo	0,14	0,1	0,1
2,0000	grânulo	4,20	2,8	2,9
1,0000	areia m. grossa	18,31	12,0	14,9
0,5000	areia grossa	72,59	47,7	62,6
0,2500	areia média	50,77	33,4	96,0
0,1250	areia fina	5,20	3,4	99,5
0,0625	areia m. fina	0,77	0,5	100,0
0,0003	finos	0,06	0,0	100,0
Total		152,04		



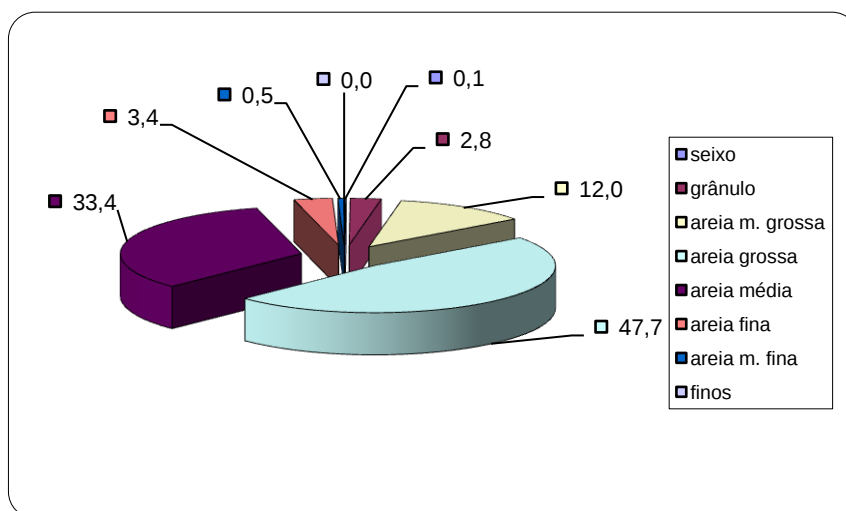


Figura 6 – Resultado da análise granulométrica do material de fundo

2.4 – Medições de Correntes e Marés

A série analógica dos níveis d'água obtida no período de 09/11/06 a 14/12/06 na Estação Maregráfica do Rio Cricaré em Conceição da Barra – ES, teve seus valores horários interpretados e digitados e estão sendo apresentados na figura 7 a seguir:

OBSERVAÇÕES MAREGRÁFICAS DO RIO CRICARÉ
CONCEIÇÃO DA BARRA - ES
 Posição: Latitude 18° 35' 45" S Longitude 39° 43' 51" W (WGS-84) Fuso + 3 h

Data/Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
09/11/06										67	41	29	32	41	77	101	120	135	145	133	102	64	34	12
10/11/06	7	15	34	61	88	115	135	136	118	89	63	42	38	43	67	93	105	113	126	141	138	121	94	65
11/11/06	44	34	36	53	76	101	113	127	131	118	99	80	63	59	66	80	93	108	115	124	130	126	110	92
12/11/06	70	55	44	48	61	79	99	118	133	137	126	112	92	80	75	73	81	89	97	107	119	131	126	109
13/11/06	92	72	56	50	51	61	71	87	102	119	139	137	118	98	76	68	65	73	81	89	100	115	124	130
14/11/06	123	97	71	46	34	35	44	64	80	99	119	124	125	110	93	70	52	41	46	56	75	98	112	128
15/11/06	127	119	93	65	40	27	23	29	48	70	102	121	134	127	104	76	50	32	25	30	43	67	97	122
16/11/06	137	133	112	83	51	30	18	16	27	49	84	120	140	143	125	99	64	38	24	19	25	47	82	119
17/11/06	141	148	133	106	72	45	25	16	16	26	58	102	139	153	145	117	82	52	30	20	19	30	59	98
18/11/06	121	148	148	128	94	60	34	20	16	15	34	80	127	153	158	137	104	65	39	23	17	18	33	68
19/11/06	107	142	160	150	118	82	48	28	18	14	20	55	104	145	165	162	126	86	52	30	20	15	20	42
20/11/06	87	133	159	171	149	107	67	38	21	14	14	36	82	131	159	172	155	115	73	40	22	13	10	20
21/11/06	55	103	143	168	167	135	92	51	27	15	10	22	54	107	144	165	169	243	99	58	28	13	7	7
22/11/06	34	82	127	159	173	161	124	82	47	23	15	17	42	90	133	164	176	167	132	88	50	24	11	6
23/11/06	14	56	106	145	168	173	145	106	47	39	21	16	25	57	99	139	159	166	149	112	66	34	14	3
24/11/06	2	18	62	103	133	156	146	118	81	49	29	16	18	33	62	98	126	144	145	121	84	47	19	3
25/11/06	-3	4	28	63	93	123	136	134	105	72	46	27	18	22	44	71	94	117	133	131	115	81	48	22
26/11/06	3	-2	5	31	61	88	115	127	116	96	71	51	38	28	34	50	68	88	110	128	131	113	77	48
27/11/06	23	8	3	12	31	53	80	104	116	117	103	80	62	41	34	37	47	61	76	100	120	125	111	82
28/11/06	52	25	11	5	9	24	42	68	90	104	112	105	89	66	46	31	26	24	46	70	104	132	137	122
29/11/06	89	58	33	17	10	10	18	32	58	91	119	130	123	100	72	48	30	23	24	42	69	106	134	146
30/11/06	136	107	70	40	20	9	6	11	32	59	100	133	143	135	108	72	41	19	11	13	34	73	114	153
01/12/06	167	153	120	80	44	23	11	9	14	34	72	115	152	164	148	112	69	36	16	10	16	45	85	137
02/12/06	171	189	180	142	100	69	42	26	19	24	37	97	146	178	180	153	108	87	34	16	8	10	35	85
03/12/06	136	177	191	174	129	89	52	27	13	11	26	57	103	147	174	167	131	85	44	18	5	-1	2	34
04/12/06	86	140	174	187	162	119	76	39	20	10	10	30	71	113	155	174	167	123	70	33	13	4	0	7
05/12/06	43	92	140	173	181	150	105	60	30	13	7	13	45	89	125	154	164	145	102	55	24	10	1	-2
06/12/06	5	42	92	140	169	165	125	80	41	19	8	6	21	58	96	129	153	155	131	85	45	17	3	-4
07/12/06	-5	12	55	102	143	161	150	107	61	32	13	6	15	41	81	113	140	155	143	107	67	32	9	-2
08/12/06	-6	5	40	76	120	151	158	143	108	66	37	24	20	35	73	111	136	149	155	143	112	72	39	16
09/12/06	4	1	18	53	89	131	152	146	124	90	59	37	28	31	51	82	110	132	141	146	133	100	64	36
10/12/06	15	8	15	40	70	100	123	134	128	108	77	52	39	33	41	64	87	107	116	126	126	110	87	53
11/12/06	24	11	11	17	38	70	92	108	118	110	95	68	48	34	35	46	64	78	94	108	117	119	109	84
12/12/06	62	40	27	24	36	59	82	99	113	117	116	100	80	68	59	56	61	73	85	97	113	124	123	113
13/12/06	90	71	55	50	47	54	67	82	93	105	119	119	106	92	75	65	60	63	72	86	99	114	120	123
14/12/06	116	102	87	77	69	67	71	75	85	99														

Valor Máximo = 191 Valor Mínimo = - 6 Valor Médio = 79

Figura 7 – Período da medição de maré

Através destes dados horários, foi montado o gráfico abaixo e realizado uma análise harmônica que decompôs a curva da maré em suas componentes astronômicas principais listados a seguir.

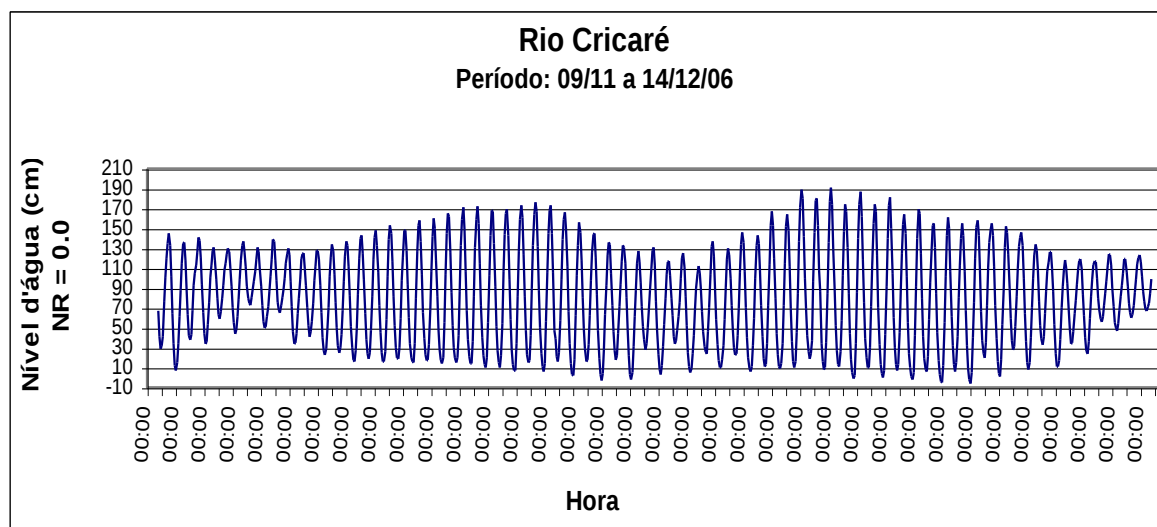


Figura 7A – Vista gráfica da variação de maré no período

Os dados de níveis d'água medidos no período demonstraram que o Nível de Redução adotado na Ficha Padrão da DHN (F-41-1300-001/92) é bem atual e consistente, uma vez que o mesmo está satisfazendo a premissa maior que é estar na média das baixamares de sizígia.

Observou-se também, que mesmo nos períodos de intensas chuvas na área e/ou nas cabeceiras dos rios que formam o Rio Cricaré, que ocorreram na primeira e na última semana de medições, acarretaram o transbordamento do rio e a interrupção do tráfego na BR 101 em São Mateus, nestes períodos, os níveis na área de estudo teve uma sobre-elevação média de aproximadamente 20 centímetros e as cheias observadas a montante só não foram maiores em decorrência de estar em período de maré de quadratura.

As medições foram realizadas basicamente nas seções S1 a S8 com mais frequência na S1-S1 e S5 e em longitudinais pelo talvegue do rio, sendo sempre posicionadas simultaneamente com DGPS. Nas seções S6, 7 e 8 foram realizadas somente medições com o intuito de fechar o balanço hídrico da área com as seções S4 e 5.

Quanto às medições de correntes realizadas com ADCP, salientamos que as mesmas foram realizadas em períodos de marés de enchente e de vazantes nas várias seções contempladas. Foi observado que em quase todos os períodos das medições de enchentes, em todas as seções, a resultante da vazão era de descarga, ou seja, as correntes eram de vazante. Esta condição somente invertia-se nos períodos finais da enchente.

Salienta-se ainda que o índice pluviométrico no período estava bastante alto na região, o que provavelmente acarretou descargas bastante elevadas para o período.

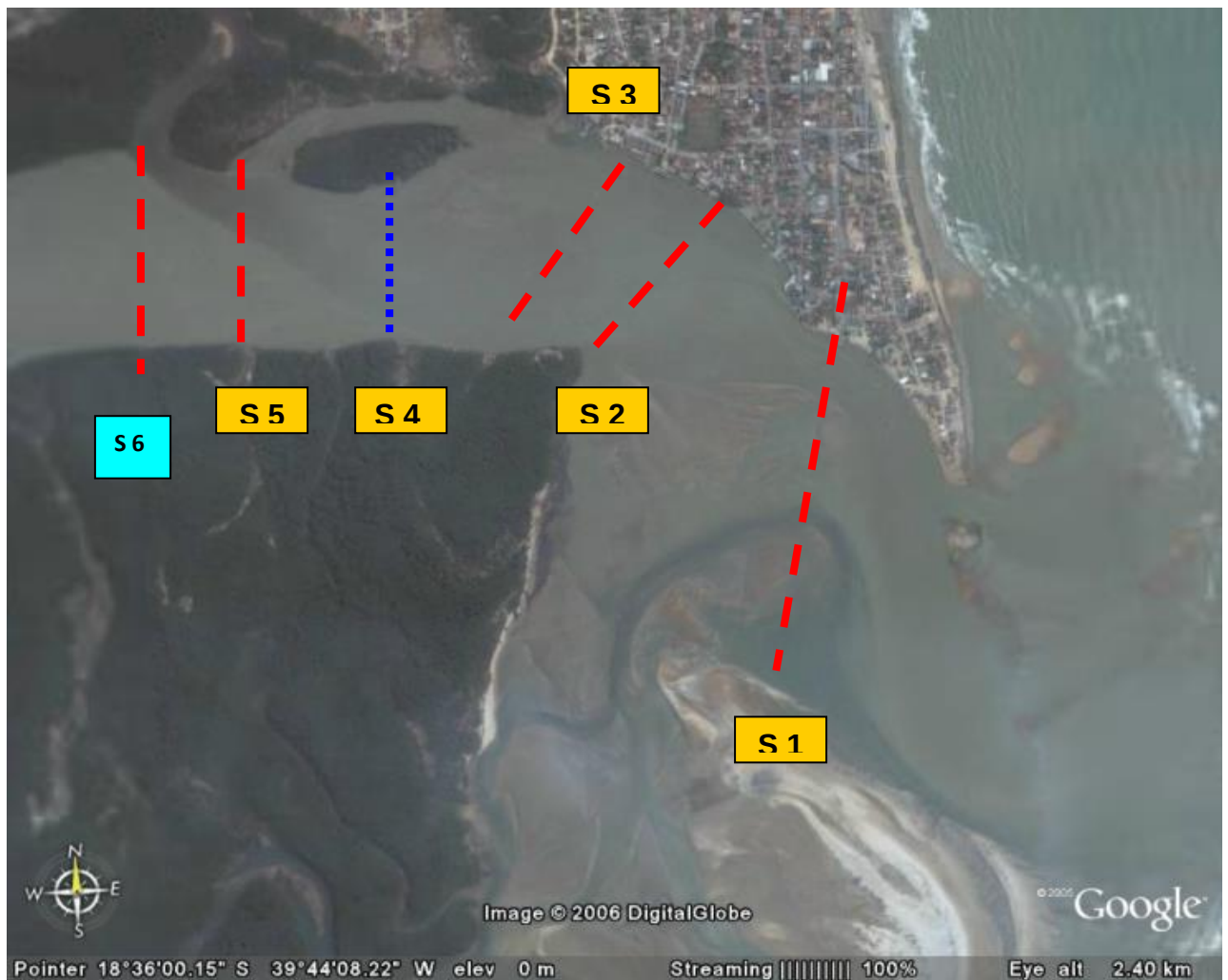


Figura 8 – Localização das Seções transversais

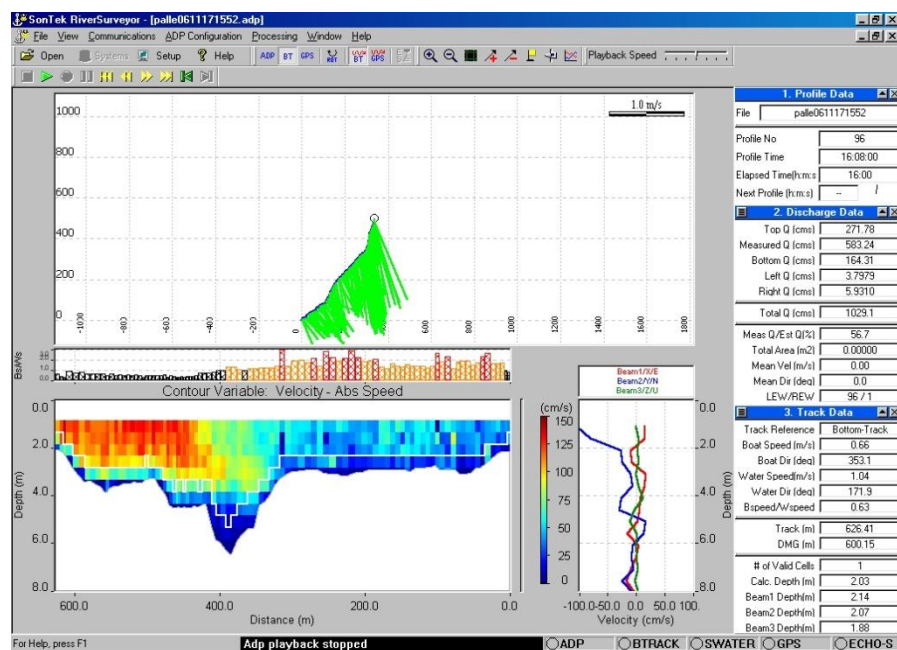


Figura 9 – Comportamento das velocidades ao longo da seção S1

2.5 - Estudos em modelagem matemática de circulação d'água e sedimentos

Os estudos em modelagem matemática e o projeto foram desenvolvidos com base nos levantamentos realizados no local, cujos detalhes merecem ser citados:

Baseado nas simulações realizadas para a situação atual foi desenvolvido um esquema conceitual de proteção da linha de costa. No projeto, vários fatores foram levados em consideração. Primeiramente, o esquema deve ser tal que mantenha uma faixa arenosa de praia, com perdas mínimas de sedimentos e segurança para os banhistas. Em segundo lugar, o esquema deve interferir o mínimo no transporte natural dos sedimentos. Se esse processo for bloqueado, ou reduzido significativamente, poderá ocorrer erosão das praias adjacentes. Esse esquema de proteção da linha de costa consiste da restauração da praia, combinada com a construção de estruturas costeiras para manter a restauração durante médio, e se possível em longo prazo. Tradicionalmente, a estrutura de apoio para os esquemas de recuperação costeira tem sido projetada principalmente com espigões e quebramares.

Aqui foi proposto um esquema de um promontório artificial que o objetivo é facilitar o transpasse dos sedimentos, minimizando a perda de material para o largo, assim como a erosão da área de sombra; eliminando as perigosas correntes de retorno, e as áreas de sombra que poderiam aprisionar detritos, melhorar a aparência estética e ganhar alguma área útil.

Os padrões das correntes para quatro estruturas estão ilustrados a seguir:

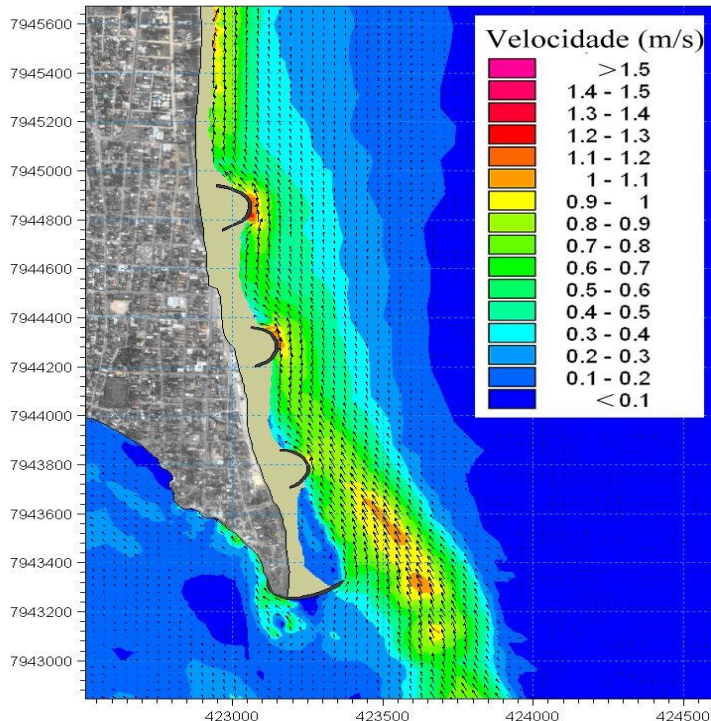


Figura 10 - Padrão de correntes próximo a simulação com quatro promontórios

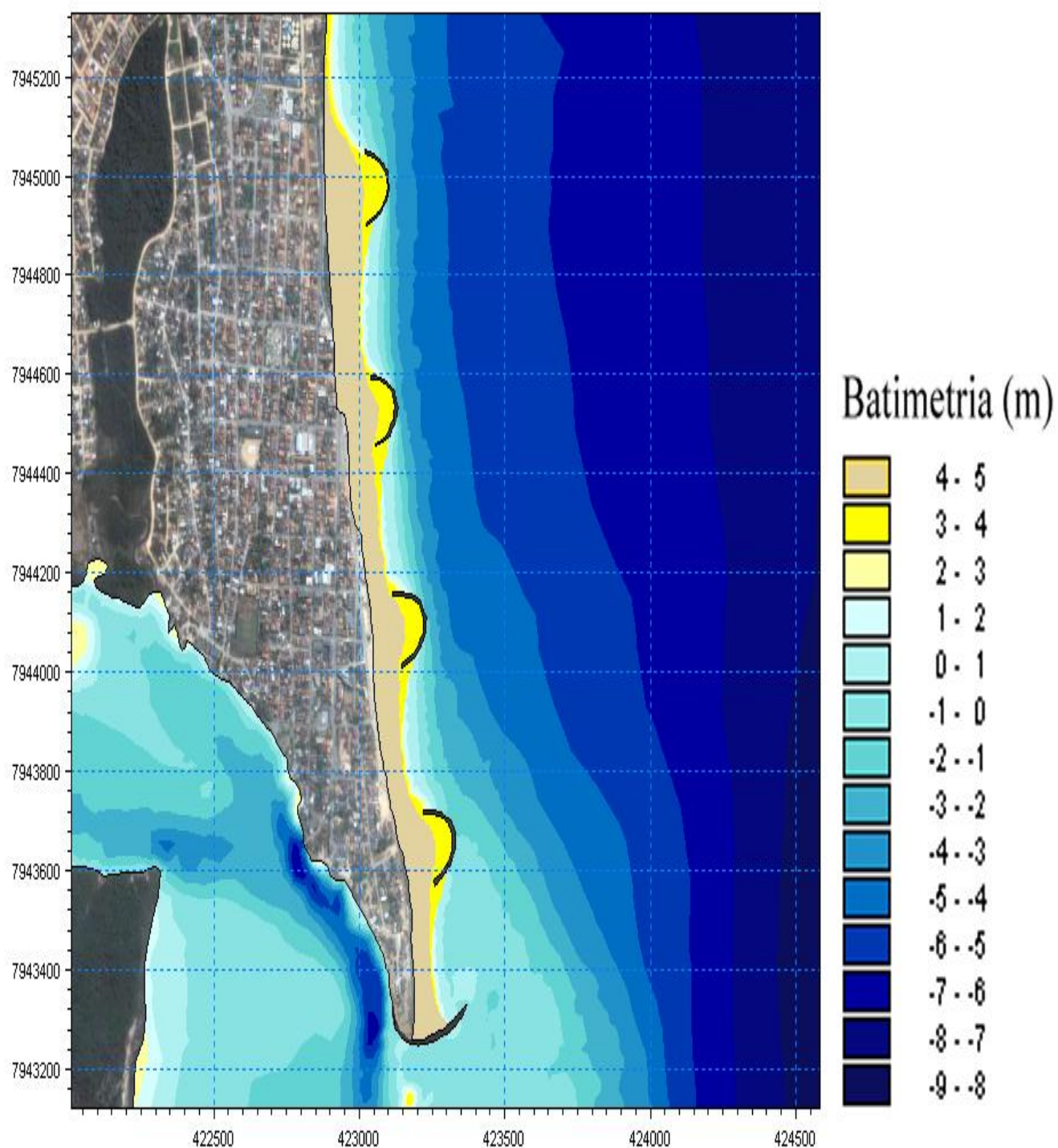


Figura 11 - Arranjo final da configuração da linha de costa e a batimetria

As geometrias em planta das estruturas são bastante peculiares e caracterizam-se pelas suas formas curvilíneas como resultados das simulações numéricas. Essa geometria objetiva proporcionar melhores condições hidrodinâmicas capazes de permitir o transpasse natural dos sedimentos que ali circulam e evitar o risco de correntes de retorno entre células que são extremamente restritivas à balneabilidade.



Figura 12 – Construção dos quebramares e o espigão de fixação da barra do Rio Cricaré

A figura 12 mostra a quase finalização dos quebramares 1, 2, 3, e 4 e o espigão fixação da barra do Cricaré já com o enchimento do material das jazidas.

3 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Diretor Geral do Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH, na pessoa do Engº Domenico Accetta por crer num futuro promissor para nossa casa, pelo incentivo dado para apresentações de nossos trabalhos técnicos. A todos os técnicos que de alguma forma, aqui se envolveram, bem como ao Governo do Estado do Espírito Santo por sempre acreditar na instituição para a solução de seus problemas costeiros.

4 – BIBLIOGRAFIA

- a) INPH/SEP - CONCEIÇÃO DA BARRA – ES. LEVANTAMENTO TOPOHIDROGRÁFICO DA BARRA E DO RIO CRICARÉ. Período: 07/11 a 25/11/06. INPH: 076/2006. CÓDIGO: CONCEIÇÃO DA BARRA – 120/01.
- b) Governo do Estado do Espírito Santo – Diretoria do DER – 2010. Publicação restrita sobre CONCEIÇÃO DA BARRA – Uma Riqueza que o Mar Quase Levou.
- c) INPH/SEP - LEVANTAMENTO TOPOHIDROGRÁFICO DA BARRA E DO RIO CRICARÉ. Período: 15 a 25/09/09. INPH: 034/2009. CÓDIGO: CONCEIÇÃO DA BARRA – 720/01.
- d) INPH/SEP – MEDIÇÕES HIDRÁULICAS NO RIO CRICARÉ – CONCEIÇÃO DA BARRA - ES. Período: 15 a 25/09/09. INPH: 071/2006. CÓDIGO: CONCEIÇÃO DA BARRA – 740/01.