

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Cyro Conti Milan

**CARACTERIZAÇÃO BIOSSEDIMENTOLÓGICA DA
ZONA ESTUARINA DO RIO MACIAMBU – PALHOÇA/SC**

Florianópolis

2010

**ANEXO 04 - Coordenadas UTM e profundidades dos pontos
campanha sedimentos**

id	x	y	prof	id	x	y	prof
1	734510	620007	0,49	23	732750	6921281	0,35
2	734516	6919985	3,09	24	732749	6921289	1,46
3	734505	6920051	0,51	25	732582	6921097	0,00
4	734298	6920008	0,89	26	732585	6921083	0,96
5	734302	6920042	1,80	27	732584	6921076	1,65
6	734296	6919973	1,32	28	732381	6921223	0,28
7	733841	6920069	7,87	29	732400	6921224	0,24
8	733834	6920079	4,85	30	732407	6921235	0,26
9	733824	6920095	1,28	31	732323	6921298	0,00
10	733633	6920189	1,91	32	732323	6921309	2,92
11	733616	6920181	2,62	33	732155	6921287	0,33
12	733593	6920182	0,96	34	732155	6921295	0,20
13	733347	6920389	0,24	35	735271	6921081	2,95
14	733324	6920377	1,00	36	735149	6921100	2,82
15	733310	6920355	1,60	37	735402	6921097	3,18
16	733004	6920795	2,42	38	735168	6920793	1,45
17	732999	6920794	2,00	39	735057	6920820	1,41
18	732990	6920796	2,15	40	735282	6920772	1,87
19	732874	6921218	,31	41	734947	6920259	0,96
20	732885	6921222	,34	42	734912	6920268	2,07
21	732892	6921228	,50	43	734885	6920281	1,08
22	732755	6921276	,00				

Cyro Conti Milan

**CARACTERIZAÇÃO BIOSSEDIMENTOLÓGICA DA
ZONA ESTUARINA DO RIO MACIAMBU – PALHOÇA/SC**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Geografia, área de concentração Utilização e Conservação dos Recursos Naturais, do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Carla Bonetti

Florianópolis

2010

ANEXO 03 - Coordenadas UTM e profundidade dos pontos em campanha batimétrica

qt	Leita	Norte	prof.	qt	Leita	Norte	prof.	qt	Leita	Norte	prof.	qt	Leita	Norte	prof.	qt	Leita	Norte	prof.
3	734474	6920023	0,49	51	732649	6921181	0,48	101	732871	6921182	1,18	151	732870	6920925	2,28	201	734248	6919989	2,22
4	734423	6920002	0,50	52	732625	6921123	0,28	102	732851	6921162	0,72	152	732857	6920915	2,34	202	734204	6919987	2,27
5	734388	6919994	0,57	53	732585	6921095	0,23	103	732831	6921226	0,21	153	732845	6921024	1,11	203	734281	6919985	2,42
6	734314	6919997	0,51	54	732549	6921081	0,28	104	732701	6921222	0,13	154	732851	6921075	0,80	204	734411	6919929	1,08
7	734259	6920003	0,49	55	732502	6921050	0,28	105	732729	6921237	1,50	155	732850	6921088	1,21	205	734298	6919982	2,81
8	734208	6920012	0,47	56	732452	6921083	0,80	106	732743	6921244	1,44	156	732850	6921029	1,87	206	734440	6919982	2,07
9	734158	6920024	0,47	57	732418	6921099	0,88	107	732753	6921219	0,48	157	732850	6920975	2,05	207	734485	6919927	0,80
10	734104	6920040	0,84	58	732355	6921142	0,00	108	732782	6921211	0,81	158	732825	6920925	1,89	208	734497	6919992	2,28
11	734057	6920082	0,85	59	732287	6921189	0,00	109	732818	6921178	0,28	159	732924	6920872	1,07	209	734541	6919997	2,28
12	734011	6920089	0,42	60	732227	6921220	2,22	110	732829	6921185	0,94	160	732951	6920825	1,74	210	734589	6920007	2,88
13	733964	6920108	0,82	61	732290	6921288	1,48	111	732881	6921147	0,98	161	732954	6920773	1,52	211	734628	6920021	2,04
14	733907	6920110	0,48	62	732229	6921288	1,48	112	732854	6921134	0,54	162	732958	6920719	2,18	212	734682	6920041	0,19
15	733851	6920097	0,81	63	732187	6921273	0,94	113	734388	6919922	0,78	163	732987	6920683	2,54	213	734781	6920148	2,94
16	733808	6920070	0,88	64	732128	6921285	0,82	114	734318	6919922	0,78	164	733000	6920623	1,88	214	734822	6920178	2,87
17	733759	6920048	0,50	65	732085	6921248	0,82	115	734285	6919917	0,78	165	733048	6920588	2,27	215	734823	6920142	0,72
18	733709	6920049	0,82	66	732058	6921242	0,72	116	734211	6919920	0,88	166	733062	6920582	1,77	216	734783	6920120	0,50
19	733661	6920073	0,88	67	732021	6921229	0,77	117	734184	6919948	1,04	167	733128	6920528	1,24	217	734740	6920074	0,82
20	733619	6920109	0,81	68	732134	6921254	0,85	118	734112	6919984	0,88	168	733187	6920481	0,88	218	734701	6920022	0,87
21	733588	6920147	0,98	69	732132	6921281	0,88	119	734085	6919982	0,72	169	733182	6920472	1,77	219	734647	6919985	0,82
22	733559	6920190	1,10	70	732180	6921284	0,81	120	734021	6920002	1,18	170	733229	6920475	1,24	220	734580	6919988	0,84
23	733521	6920223	0,90	71	732181	6921285	0,89	121	733969	6920018	0,88	171	733282	6920401	2,22	221	734522	6919940	0,99
24	733482	6920273	0,81	72	732231	6921281	1,28	122	733918	6920028	0,91	172	733208	6920385	1,11	222	734917	6920012	0,88
25	733471	6920218	0,47	73	732217	6921248	1,09	123	733888	6920047	1,07	173	733244	6920340	1,48	223	734989	6920429	1,87
26	733429	6920288	0,42	74	732227	6921242	0,80	124	733830	6920028	0,94	174	733282	6920342	1,77	224	735013	6920548	1,42
27	733407	6920292	0,48	75	732202	6921199	0,23	125	733778	6919998	2,48	175	733327	6920345	4,48	225	735082	6920881	1,28
28	733345	6920410	0,29	76	732214	6921199	0,99	126	733721	6919982	0,98	176	733329	6920300	2,34	226	735118	6920187	1,28
29	733291	6920380	0,28	77	732222	6921198	1,28	127	733679	6919991	0,88	177	733388	6920307	2,22	227	735188	6920878	2,48
30	733287	6920428	0,88	78	732244	6921240	0,42	128	733638	6920017	0,91	178	733384	6920282	0,88	228	735221	6920923	2,72
31	733282	6920474	0,74	79	732283	6921282	0,08	129	733594	6920051	0,89	179	733419	6920227	1,08	229	735197	6921040	2,77
32	733280	6920528	0,98	80	732290	6921289	1,42	130	733580	6920092	0,88	180	733424	6920202	2,04	230	735121	6921048	2,87
33	733199	6920547	0,27	81	732290	6921281	1,98	131	733587	6920128	0,91	181	733487	6920290	2,88	231	735084	6920980	2,48
34	733141	6920548	0,40	82	732212	6921223	0,10	132	733509	6920182	1,02	182	733500	6920281	8,00	232	735019	6920880	2,20
35	733102	6920578	0,22	83	732222	6921228	1,22	133	733478	6920221	0,99	183	733507	6920220	2,88	233	734975	6920783	1,21
36	733087	6920586	0,88	84	732234	6921175	0,37	134	733424	6920282	1,41	184	733523	6920190	2,24	234	734920	6920887	1,12
37	733010	6920828	0,48	85	732249	6921180	0,78	135	733382	6920289	1,78	185	733582	6920128	1,42	235	734882	6920542	1,08
38	732978	6920889	1,22	86	732279	6921129	0,87	136	733320	6920271	1,80	186	733594	6920100	2,18	236	734823	6920422	0,92
39	732961	6920719	1,20	87	732288	6921128	0,87	137	733281	6920290	1,12	187	733621	6920082	3,01	237	735009	6920228	0,77
40	732968	6920771	2,88	88	732298	6921118	0,89	138	733227	6920220	0,82	188	733678	6920020	8,80	238	735087	6920488	0,88
41	732969	6920828	0,80	89	732297	6921079	1,80	139	733197	6920287	0,82	189	733723	6920021	2,22	239	735103	6920581	1,08
42	732948	6920878	0,28	90	732408	6921091	0,80	140	733171	6920408	0,48	190	733788	6920028	8,00	240	735188	6920708	1,12
43	732920	6920918	0,42	91	732448	6921088	1,87	141	733148	6920488	0,88	191	733824	6920080	4,80	241	735210	6920828	2,10
44	732899	6920987	0,98	92	732448	6921047	2,02	142	733108	6920510	0,89	192	733891	6920072	3,72				
45	732898	6921017	1,88	93	732497	6921022	2,28	143	733089	6920548	1,50	193	733928	6920081	2,78				
46	732891	6921084	1,87	94	732498	6921040	1,84	144	733022	6920584	1,24	194	733947	6920081	2,78				
47	732891	6921114	1,49	95	732584	6921088	1,21	145	732991	6920818	2,84	195	733988	6920084	2,82				
48	732884	6921188	1,41	96	732688	6921048	2,09	146	732959	6920888	2,82	196	733990	6920041	2,18				
49	732887	6921201	1,05	97	732812	6921082	1,27	147	732942	6920727	2,28	197	734042	6920027	2,18				
50	732882	6921228	1,80	98	732807	6921092	0,84	148	732940	6920778	1,00	198	734089	6920029	2,20				
51	732870	6921251	2,02	99	732829	6921128	1,80	149	732927	6920824	2,90	199	734148	6919997	2,28				
52	732878	6921281	1,80	100	732884	6921145	0,82	150	732984	6920879	2,70	200	734198	6919977	2,22				

Cyro Conti Milan

**CARACTERIZAÇÃO BIOSSEDIMENTOLÓGICA DA
ZONA ESTUARINA DO RIO MACIAMBUR – PALHOÇA/SC**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “mestre” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Florianópolis, 31 de março de 2010.

Prof. Dra. Magaly Mendonça
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

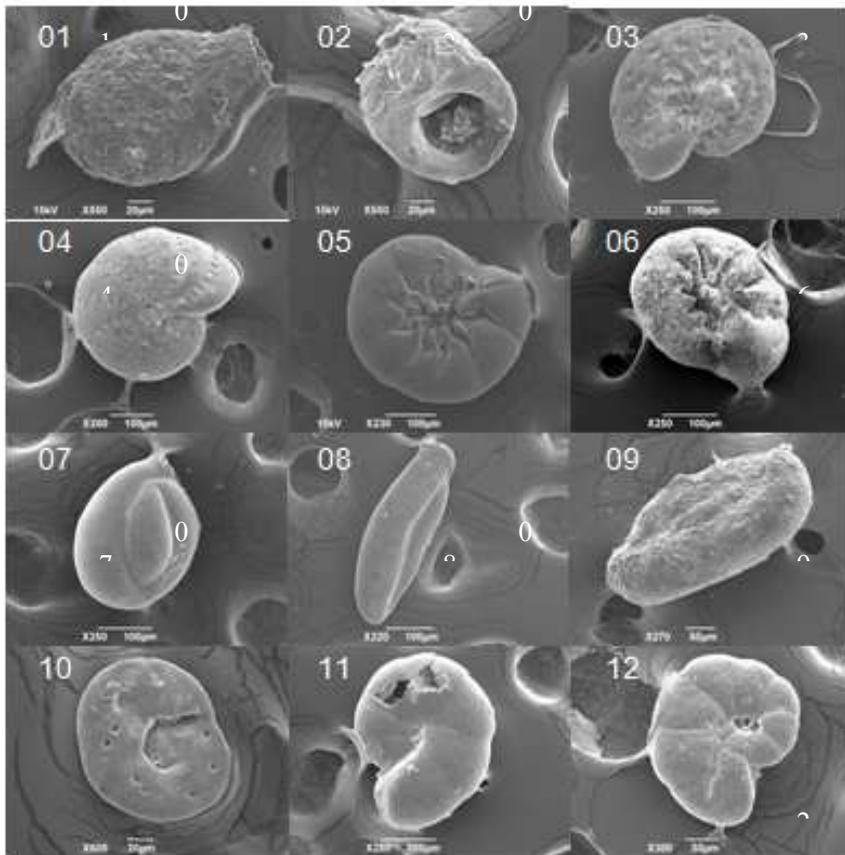
Prof. Dr. Carla Bonetti Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Paulo Pagliosa
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Marcelo Renato Lamour
Universidade Federal do Paraná

ANEXO 02 - Descriptores biológicos (foraminíferos)

Id.	riqueza	%calcaras	yivoa/total	densidade	Id.	riqueza	%calcaras	yivoa/total	densidade
1	18	100,0	0,2	302	23	16	69,8	0,5	1466
2	19	96,4	0,2	350	24	10	82,7	0,4	149
3	16	100,0	0,2	327	25	8	67,8	0,5	813
4	18	77,9	0,4	165	26	13	69,4	0,5	878
5	17	89,4	0,7	132	27	10	68,1	0,5	1243
6	18	93,9	0,3	133	28	12	42,6	0,2	190
7	10	98,3	0,8	168	29	8	54,2	0,5	297
8	24	81,8	0,4	2638	30	9	39,6	0,3	341
9	20	77,5	0,2	122	31	6	9,4	0,2	225
10	11	89,1	0,3	2457	32	8	17,0	0,3	198
11	19	39,6	0,1	118	33	9	18,6	0,3	170
12	13	92,8	0,2	1240	34	8	0,0	0,2	130
13	23	72,5	0,2	299	35	5	29,8	0,4	215
14	20	80,0	0,2	395	36	9	29,8	0,4	120
15	17	60,7	0,3	174	37	9	10,6	0,3	122
16	13	68,3	0,4	340	38	4	0,0	0,2	131
17	17	75,4	0,1	312	39	8	1,0	0,1	193
18	12	93,8	0,2	250	40	8	1,2	0,2	136
19	6	98,9	0,3	223	41	5	0,0	0,1	152
20	13	79,1	0,2	863	42	1	0,0	0,2	163
21	12	83,8	0,4	423	43	2	0,0	0,3	26
22	9	62,2	0,3	434					



AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram e me ajudam a seguir meu caminho, especialmente à minha professora orientadora Carla Bonetti, pela paciência, competência e alto astral, ao professor Jarbas Bonetti Filho, pelo exemplo de dedicação e empolgação para pesquisa e a minha família, que sempre esta do meu lado. Agradeço também a todos os colegas que passaram pelo Laboratório de Oceanografia Costeira durante esse tempo, especialmente aos amigos João Marcos, Diego, Bianca, Natália, Lucélia, Gustavo e outros que dividiram comigo alguns momentos de incerteza, apreensão e alegria e me ajudaram nas coletas e tratamento dos dados. Também ao Fabio que me ajudou na coleta de campo e ao Glauco na parte cartográfica. Um último agradecimento especial a minha filha amada, Joana, que me ensina e me motiva mais do que tudo.

ANEXO 01 – Prancha (fotos em Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV das tecamebas e foraminíferos dominantes na área de estudo)

Prancha

Tecamebas

1. *Pontigulasia compressa*

2. *Centropyxis constricta*

Foraminíferos

3. *Criboelphidium galvestonense*

4. *Criboelphidium poyeanum*

5. *Ammonia tepida*

6. *Ammonia parkinsoniana*

7. *Quinqueloculina miletti*

8. *Quinqueloculina laevigata*

9. *Milammina spp*

10. *Neoconorbina sp*

11. *Haplophragmoides wilberti*

12. *Trochammina inflata*

*As dez mil coisas nascem a partir do que existe (e tem nome)
E o que existe nasce do que não existe (e não tem nome).*

Lao Tzu

SEMENSATTO-Jr. 2006. **O sistema estuarino do delta do Rio São Francisco (SE); análise ambiental com base no estudo de tecamebas e foraminíferos.** Rio Claro. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

SUGUIO, K. 1992. **Dicionário de Geologia Marinha; com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol.** São Paulo. Ed. T.A. Queiroz, 171p.

SUGUIO, K. 1973. **Introdução a sedimentologia.** Edgar Blunhen, Edusp, São Paulo.

Vilas, F., Bernabeu, A. M. & Méndez, G. 2005. **Sediment distribution pattern in the Rias Baixas (NW Spain): main facies and hydrodynamic dependence.** Journal of Marine Systems, v. 54, p. 261-276.

WENTWORTH, C. R. **A scale of grade and class terms of clastic sediments.** Journal of Geology, v.3. 1922.

ZANINETTI, L. 1979. **L'étude des foraminifères des mangroves actuelles: Réflexion sur les objectifs et sur l'état des connaissances.** *Archs Sci., Genève*, 32 (2): 151-161. Entrada: 03/

Nio, S.D. (Ed). Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies. D.Reidel, Dordrecht. p.289-300.

PRITCHARD, D.W. 1955. **Estuarine circulation patterns**. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. 81, No. 717.

REITZ, R. 1961. **Vegetação da zona marítima de Santa Catarina**. Sellowia, 13 (13): 17-117.

SCHAFER-NOVELLI, Y. 1989. **Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros com ênfase sobre o ecossistema manguezal**. Publicação especial do Instituto Oceanográfico, São Paulo, n.7, p. 1-16.

SCHAFER-NOVELLI, Y. 1995. **Manguezal, ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo. Caribbean Ecological research, 64p.

SCOTT, D.K., LECKIE, R.M., 1990. **Foraminiferal zonation of Great Sippewissett Salt Marsh (Falmouth, Massachusetts)**. Journal of Foraminiferal Research 20 (3), 248–266.

SCOTT, D.B., MEDIOLI, F.S., 1980. **Quantitative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia: implications for sea level studies**. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Spec. Publ. 17.

SDM/FATMA, 2002. **Mapeamento Sócio-econômico e Diagnóstico dos meios físico e biótico – Produto Básico de Zoneamento do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro – dados não publicados**. Trabalho encomendado pela

FATMA (Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina) e SDM (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano) e disponível para consulta na biblioteca da FATMA (Rua Felipe Schmidt, 485. Centro. Florianópolis/SC).

RESUMO

O objetivo desse trabalho consiste em caracterizar o comportamento biosedimentológico da zona estuarina do Rio Maciambu (Palhoça/SC), buscando sintetizar as principais características deposicionais desse sistema, através da análise e correlação de alguns parâmetros bióticos (foraminíferos e tecamebas) e abióticos (características do sedimento, fisiografia e uso do solo nas margens estuarinas). Para caracterização batimétrica adquiriram-se dados em perfis transversais ao canal do rio (margem esquerda, canal, margem direita) distribuídos equidistantemente em 50 m, num total de 241 pontos. A profundidade média do canal de circulação principal é de 2,2 m, com valor máximo de 7,9 m. A malha amostral sedimentológica foi composta por 15 perfis, também dispostos transversalmente ao eixo principal do estuário, compreendendo um total de 43 amostras. Os sedimentos superficiais coletados junto ao fundo apresentaram domínio de “areia fina” (42% das amostras), sendo a maioria “pobrememente selecionada” (49% das amostras), de assimetria “muito positiva” (44% das amostras). Os teores médios e máximos de carbonato biodetrítico e matéria orgânica apresentaram valores iguais 2,4% e de 8,9%, respectivamente. Foram identificadas 50 taxa de foraminíferos bentônicos, sendo os gêneros mais abundantes *Cribroelphidium*, *Ammonia* (ambos calcários hialinos), *Quinqueloculina* (calcário porcelanáceo) e *Miliammina* (aglutinante). As tecamebas foram representadas principalmente pelas espécies *Centropyxis constricta*, *Centropyxis aculeata* e *Pontigulasia compressa*. A integração estatística de parâmetros bióticos e abióticos permitiu identificar quatro subambientes oceanograficamente distintos dispostos longitudinalmente ao longo do gradiente de penetração salina. Os resultados obtidos permitiram também associar os taxa pertencentes à superfamília Lituolacea a ambientes marginais deposicionais, enquanto a superfamília Trochamminacea predominou nas margens erosivas. Este trabalho representa uma importante contribuição para o conhecimento dos processos sedimentológicos dominantes atualmente na área de estudo, assim como seus resultados podem subsidiar futuros estudos de reconstrução paleoceanográfica deste estuário.

Palavras-chave: Estuário – Sedimentos - Foraminíferos

Bertioga, Brazil. Dissertação de Mestrado. Instituto de geociências e ciências exatas. Universidade Estadual Paulista.

MURRAY, J.W. 1991. **Ecology and paleoecology of Benthic Foraminifera.** London, Logman Scientific & Technical, 397 p.
NICHOLS, M.M. 1974. **Foraminifera in estuarine classification.** In: H.T. Odum, B.J. Copeland and E.A. McMahan (editores), Coastal ecological systems of the United States, pp. 85–103.

NICHOLS, M. M. 1984. **Effects of fine sediment resuspension in estuaries.** In: Mehta, A. J. (Ed.). Estuarine cohesive sediment dynamics. Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies, 14. Springer-Verlag, Berlin, p. 5-42.

OLIVEIRA, D. A. G. 2004. **Caracterização bio-sedimentológica e proposta de setorização das lagoas de Camacho & Garopaba do Sul e Santa Marta, Santa Catarina, Brasil.** Dissertação de Mestrado. Universidade federal de Santa Catarina.

OLIVEIRA, D. 1999. **Análise ambiental dos canais da bacia hidrográfica do Rio Itanhaém - SP.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

ORSELLI, L. 1986. **Climatologia.** In: Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. pp 38-39.

PARIZOTTO, B. 2009. **Qualidade da água sob enfoque do balanço de nutrientes e distribuição espacial de foraminíferos bentônicos em estuários das baías norte e sul de Santa Catarina.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Geociências.

PEJRUP, M. 1988. **The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach.** In: Boer, P.L.; van Gelder, A. &

envioriments of Southern Brazilian Littoral. An Acad. Bras. Ciênci. 46: p. 667-687.

MAGLIOCCA & KUTNER, A S. 1964. **Sedimento de fundo da enseada do Flamengo – Ubatuba.** Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 198 (4).

MARTINS, B; MUDAT,J; MILAN,C; JOAQUIM,J; BONETTI,C; BONETTI,J. 2005. **Caracterização hidroquímica da zona estuarina do Rio Maciambu no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.** Resumo apresentado no Congresso Brasileiro de Oceanografia. Vitória-ES.

MARTINS, L.R., 2003, **Recent Sediments and Grain-Size Analysis.** Gravel, CECO, Instituto de Geociências,UFRGS, 1: 90-105.

MILAN, C. 2007. **Caracterização Oceanográfica e Sedimentar da zona estuarina do Rio Maciambu, Palhoça – Santa Catarina.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências.

MIRANDA, L. B. 2002. **Sistemas estuarinos de planície costeira: estrutura dinâmica, processos de mistura e aplicações.** In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: estrutura, função e manejo. Vol. 2. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, Águas de Lindóia, p. 1-46.

MMA, 2004. **Segundo Relatório Nacional para a Convenção sobre a diversidade Biológica.** Diretoria do Programa Nacional para a Conservação da Biodiversidade – DCBio, Brasília, Brasil, 508pp.

MORENO, D.P. 2004. **Distribuição dos foraminíferos recentes associados à vegetação na faixa estuarina do Rio Itapanhaú,**

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Mapa de localização da área, com imagem do Google Earth (2007) detalhando o estuário do Rio Maciambu.....	26
Figura 02 - Dados de precipitação mensal do ano de 2007, estação de Florianópolis.....	28
Figura 03 - Área das bacias hidrográficas que compõem o rio Maciambu ressaltada sobre imagem Landsat.....	29
Figura 04 - Salinidade média ao longo do estuário do Rio Maciambu (adaptado de MILAN, 2007).....	31
Figura 05 - Malha amostral batimétrica (fonte:Google Earth).....	34
Figura 06 – Pontos de coleta de sedimentos e seus respectivos perfis (P) no estuário do Rio Maciambu (fonte: google earth).....	35
Figura 07 - Regressão linear simples representando variação da maré durante a manhã.....	38
Figura 08 - Regressão linear simples representando variação da maré durante a tarde.....	39
Figura 09 - Mapa da distribuição batimétrica na desembocadura do rio.....	43
Figura 10 - Presença de cristalino rochoso na margem do ponto mais profundo do estuário.....	44
Figura 11 - Mapa da distribuição batimétrica no estuário médio.....	45
Figura 12 - Mapa da distribuição batimétrica no estuário à montante.....	46

Figura 13 - Setor com maior presença humana ao longo das margens estuarinas.....	47
Figura 14 - Trecho de manguezal bem preservado no estuário médio.....	48
Figura 15 - Zona de transição entre espécies típicas de mangue e restinga.....	49
Figura 16 - Mapa de uso do solo.....	49
Figura 17 - Classificação granulométrica, grau de seleção e assimetria dos sedimentos de fundo do estuário do Rio Maciambu.....	57
Figura 18 - Curtose, teor de matéria orgânica e teor de carbonato biodetrítico dos sedimentos de fundo do estuário do Rio Maciambu.....	58
Figura 19 - Posição das estações do canal de circulação do estuário do Maciambu no Diagrama de Pejrup (1988)	59
Figura 20 - Localização das estações do canal de circulação principal.....	60
Figura 21 - Densidade estimada de foraminíferos vivos e total no estuário do Rio Maciambu.....	63
Figura 22 - Frequência relativa de tecamebas ao longo do Estuário do Maciambu.....	63
Figura 23 - Densidade estimada de foraminíferos (número de indivíduos/50 cm ³ de sedimento), percentual de testas calcárias e riqueza de foraminíferos ao longo estuário do Rio Maciambu...	69
Figura 24 - Razão de foraminíferos vivos/total nos sedimentos de fundo do estuário do Rio Maciambu.....	70

HORN FILHO, N. **Setorização da Província Costeira de Santa Catarina em base aos aspectos geológicos, geomorfológicos e geográficos.** Geosul, Florianópolis, v.18, n.35, p. 71-98, jan./jun. 2003.

JOHNSON, K.A., CULVER, S.J., KAMOLA, D.L., 2005. **Marginal marine foraminifera of the Blackhawk Formation (Late Cretaceous, Utah).** Journal of Foraminiferal Research 35 (1), 50–64.

KLEIN, R.M. 1981. **Fisionomia, importância e recursos da vegetação do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.** Sellowia, 36: 5-54.
 KJERFVE, B. 1989. **Estuarine geomorphology and physical oceanography.** In: Day Jr., J. W.; Hall, C. H. A. S.; Kemp, W. M. & Yáñez-Arancibia, A. (Eds.). Estuarine Ecology. John Willey & Sons, New York, p. 47-78.

LAUT, L.L.M. 2003. **Bioestratigrafia, relações ecológicas e paleoecológicas de foraminíferos bentônicos recentes da planície de maré de Guaratiba, Rio de Janeiro.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 147 p

LAUT, L. L. M. **Foraminíferos e tecamebas como indicadores ambientais em estuários tropicais – Brasil.** Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha da Federal Fluminense, 322 p. 2007.

LAYBAUER, L.; BIDONE, E.D. **Caracterização Textural dos Sedimentos de Fundo do Lago Guaíba e sua Importância em Diagnósticos Ambientais.** Pesquisas em Geociências, 28(1): 13 - 26. UFRGS, Porto Alegre, 2001.

MADEIRA - FALCETA, 1974. **Ecological distribution of Thecamoebal and Foraminiferal association in the mixohaline**

FRENCH, P. W. **Coastal defences: processes, problems and solutions**. 2001 London: Taylor & Francis, 384p.

FRITZEN, L. B. 2007. **Composição, origem e grau de enriquecimento do material orgânico sedimentar no setor norte do sistema estuarino-lagunar do Rio Itapocu,SC**. Dissertação de Mestrado. Universidade federal de Santa Catarina.

GONÇALVES, A.; OLIVEIRA, M. A. M.; MOTTA, S. O. 1979. **Geologia da Bacia de Pelotas e da Plataforma de Florianópolis**. Boletim Técnico da Petrobrás, 22(3): 157-174.
GRE, J. C. R. 1983. **Aspectos sedimentares da Plataforma Continental de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Geociências). 91 f. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GROSS, M.G. 1971. **Carbon determination**. In: CARVER, R.E. (Ed) *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley Interscience. New York.

HAYWARD, B.W., GRENFELL, H.R., REID, C.M., HAYWARD, K.A., 1999. **Recent New Zealand shallow-water benthic foraminifera: taxonomy, ecologic distribution, biogeography, and use in paleoenvironmental assessment**. Institute of Geological and Nuclear Sciences Monograph, 21. Lower Hutt, New Zealand.

HAYWARD, B.W.; HOLZMANN, M.; GRENFELL, R.R.; PAWLOWSKI, J.; TRIGGC, C. 2003. **Morphological distinction of molecular types in *Ammonia*- towards a taxonomic revision of the world's most commonly misidentified foraminifera**. Marine Micropaleontology, v 952, n 1-35.

HOFLICH, O. 1984. **Climate of the South Atlantic Ocean**. In: *Climates of the Oceans*. Amsterdam: Elsevier (World Survey of Climatology, 15). 352p.

Figura 25 - Análise de Agrupamento (Modo Q) indicando a existência de quatro subambientes ao longo do canal principal do estuário do Rio Maciambu.....71

Figura 26 - Delimitação dos subambientes estuarinos com base na integração de descritores bióticos e sedimentológicos.....71

Figura 27 - Análise de Componentes Principais indicando a relação entre amostras provenientes de margens erosivas (e) e de margens deposicionais (d) com as variáveis: percentual de areia, grau de seleção dos sedimentos, frequência da superfamília Trochaminacea e Lituolacea.....74

DULEBA, W., COIMBRA, J.C., and PETRI, S., 2005, **Foraminíferos, Tecamebas e Ostracodes Recentes utilizados como bioindicadores em Estudos Ambientais Brasileiros**, in C.R.G. Souza, K. Suguio, A.M.S. Oliveira, and P.E. Oliveira, organizers, Quaternario do Brasil: Ribeirao Preto, Editora Holos, 1:176-210.

DULEBA, W; DENEBAJ,J.B. 2003. **Hydrodynamic circulation in estuaries of Estação Ecológica Juréia- Itatins, Brazil, inferred from foraminifera and thecamebian assemblages**. Journal of Foraminiferal research, v 33, n 1, pg 463-467.

EICHLER, P.P.B. 2001. **Avaliação e diagnóstico do Canal de Bertioga (São Paulo, Brasil) através da utilização de foraminíferos como indicadores ambientais**. 240 f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

EICHLER, B.B.; BONETTI, C. 1995. **Distribuição dos foraminíferos e tecamebas ocorrentes no manguezal do Rio Bagaçu, Cananéia, São Paulo: relações com parâmetros ambientais**. *Pesquisas*, v. 22, n. 1-2, p. 32-37.

ECKEL, R. L. 2008. **Mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo de uma área de restinga no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (Baixada do Massiambu, Palhoça, SC)**. Dissertação de Mestrado, Biologia Vegetal, Universidade Federal de Santa Catarina.

EPAGRI, Empresa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/ SDS. 2005. **Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina**. Disponível em: <http://www.epagri.rct-sc.br/epagri/index.jsp>.

FOLK, R. L. & WARD, W. C. 1957. **Brasos River Bar: a study in the significance of grain size parameters**. In: journal of sedimentary Petrology.

Foraminíferos. In: CONGRESSO LATINO- AMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 2., 1981a, Porto Alegre. *Anais...*, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 861-875.

BURONE, L.; VENTURINI, N.; SPRECHMANN, P.; VALENTE, P. & MUNIZ, P. 2006. **Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay.** www.elsevier.com/locate/marpolbul. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 61–73.

CARUZO JR., F. 1995. **Mapa geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina.** (Texto explicativo e mapa em escala 1:100.000). Brasília. DNPM, 52p.

CLOSS, D. 1962. **Foraminíferos e Tecamebas da Lagoa dos Patos (RS).** Boletim da Escola de Geologia de Porto Alegre, n. 11, p. 1-130.

COIMBRA, A. M.; GÓES, A. M.; YAMAMOTO, J. K. 1991. **Análise granulométrica de sedimentos. In: apontamentos de sedimentologia.** Universidade de São Paulo.

CORRÊA, I.C.S. 2005. **Aplicação do Diagrama de Pejrup na Interpretação da Sedimentação e da Dinâmica do Estuário da Baía de Marajó-PA.** Pesquisas em Geociências, 32 (2): 109 – 118.

DEBENAY, J. P.; GUILLOU, J. J. 2002. **Ecological Transitions Indicated by Foraminiferal Assemblages in Paralic Environments.** *Estuaries* Vol. 25, No. 6A, p. 1107–1120.

DHN. 1998. **Tábuas das marés: Porto de Florianópolis.** Disponível em: www.dhn.mar.mil.br/chm/tabuas.

DYER, K.R. 1973. **Estuaries, a physical introduction.** London, 140 p.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Parâmetros estatísticos dos sedimentos segundo Folk & Ward (1957) (amostras 01 a 14).....	53
Tabela 02 - Parâmetros estatísticos dos sedimentos segundo Folk & Ward (1957) (amostras 15 a 43).....	54
Tabela 03 - Teor de matéria orgânica total (MOT) e carbonato biodetrítico (CaCO ₃) nos sedimentos superficiais da zona estuarina do Rio Maciambu.....	56
Tabela 04 - Frequência relativa da população total de foraminíferos no estuário do Maciambu (estações 1 a 22).....	65
Tabela 05 - Frequência relativa da população total de foraminíferos no estuário do Maciambu (estações 23 a 43).....	67

BONETTI, C. 1995. **Associações de foraminíferos e tecamebas indicadores de sub ambientes da zona estuarina do Rio Itapitanguí-Cananéia/SP-150 F.** Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica- USP.

BONETTI, C. 2000. **Foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos. Estudo aplicado ao sistema estuarino de Santos-São Vicente (SP-Brasil).** São Paulo: Universidade de São Paulo. Doutorado, Instituto Oceanográfico.

BONETTI, C.; BONETTI FILHO, J. & BARCELLOS, R. L. 2006. **Caracterização sedimentar geoquímica de sistemas de cultivo de moluscos.** In: Gilberto F. Barroso et al. (org). *Sistemas de cultivos aquícolas costeiros no Brasil: Recursos, tecnologias e aspectos ambientais e sócio-econômicos.* Rio de Janeiro, Museu Nacional, cap. 16, (*in press*).

BONETTI, J. 1995. **Transporte de Sedimentos por Suspensão nas Proximidades da Barra de Cananéia - SP.** Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo. 2 vols.

BOYD, R., HONIG, C., 1992. **Estuarine sedimentation on the eastern shore of Nova Scotia.** *Journal of Sedimentary Petrology* 62 (4), 569–583.

BRITO,R., ASP,N., BEASLEY, C., SANTOS,H. 2009. **Características Sedimentares Fluviais Associadas ao Grau de Preservação da Mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense.** *Acta Amazonica* vol. 39(1): 173 – 180.

BRÖNNIMANN, P.; MOURA, J.A.; DIAS-BRITO, D. 1981. **Estudos ecológicos na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil:**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVE, E. 1995. **Benthic foraminifera response to estuarine pollution**. A review. *Journal of foraminiferal research*, 25(3): 190-203.
- AMIN JR, A. H. 2004. **Variações das propriedades granulométricas dos sedimentos da Barreira Costeira da Pinheira (SC) durante sua progradação no Holoceno Superior**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre – RS.
- BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. 2004. **Introdução à geologia marinha** – Rio de Janeiro.
- BARBOSA, C.F. 1991. **Caracterização biossedimentológica quantitativa do sistema estuarino manguezal da Baía de Guaratuba, PR**. São Paulo, 107p, Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- BARROS, L.C., Valença, L.M.M., Manso, V.A.M., Madruga Filho, J.D. & Oliveira, J.A.R., 2008. **Estudos sedimentológicos na plataforma continental interna adjacente às desembocaduras sul do Canal de Santa Cruz e do Rio Timbó, norte do Estado de Pernambuco**. *Revista de Geologia*, Vol. 21, nº 2, 123-134.
- BIRD, E. 2000. **Coastal Geomorphology: An Introduction**. 322 p.
- BOLTOVSKOY, E., **Los foraminíferos recientes: biología, métodos de estudio y aplicación oceanográfica**. Editora Universitaria de Buenos Aires, 509PP. 1965
- BOLTOVSKOY, E. & WRIGHT, R. 1976. **Recent Foraminifera**. Junk, the Hague, 515p.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E RELEVÂNCIA DA TEMÁTICA.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 Geral.....	18
1.2.2 Específicos.....	18
1.3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	19
1.3.1 Estuário e Manguezal.....	19
1.3.2 Feições Fisiográficas e Processos Sedimentares em Estuários do tipo Planície Costeira.....	20
1.3.3 Comportamento Hidroquímico de Estuários Mixohalinos.....	22
1.3.4 Associações bentônicas indicadoras de zonas estuarinas.....	23
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	26
2.1. LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA.....	26
2.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	27
2.3 CLIMA E HIDROGRAFIA.....	28
2.4 FORMAÇÕES VEGETAIS E USO DO SOLO.....	29
2.5 CARACTERIZAÇÃO OCEANOGRÁFICA.....	30
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO.....	33
3.2 CAMPANHAS DE COLETA.....	33
3.2.1 Levantamento batimétrico.....	33
3.2.2 Levantamento bio-sedimentológico.....	34
3.3 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	36
3.3.1 Dados sedimentológicos.....	36
3.3.1.1 Matéria orgânica.....	36
3.3.1.2 Carbonato biodetrítico.....	36
3.3.1.3 Granulometria.....	37
3.3.2 Dados biológicos.....	37
3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	38
3.4.1 Batimetria.....	38
3.4.2 Uso do solo.....	39
3.4.3 Sedimentos.....	40
3.4.3.1 Regime Hidrodinâmico Dominante.....	40
3.4.4 Tratamentos Estatísticos Multivariados.....	40
3.4.4.1 Gradiente longitudinal.....	41
3.4.4.2 Gradiente transversal.....	41

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
4.1 BATIMETRIA DA ZONA ESTUARINA.....	43
4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MARGENS ESTUARINAS.....	46
4.3 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA.....	50
4.3.1 Parâmetros estatísticos granulométricos.....	50
4.3.2 Carbonato Biodetrítico.....	54
4.3.3 Matéria Orgânica.....	55
4.3.4 Regime Hidrodinâmico (Diagrama de Pejrup).....	58
4.4 INDICADORES BIOLÓGICOS.....	60
4.4.1 Descritores biológicos.....	60
4.5 CARACTERIZAÇÃO BIOSSEDIMENTOLÓGICA DA ZONA ESTUARINA.....	70
4.5.1 Gradiente longitudinal.....	70
4.5.2 Gradiente transversal.....	73
5 CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXO 01 – Prancha (fotos em Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV das tecamebas e foraminíferos dominantes na área de estudo).....	89
ANEXO 02 - Descritores biológicos (foraminíferos).....	91
ANEXO 03 - Coordenadas UTM e profundidade dos pontos em campanha batimétrica.....	93
ANEXO 04 - Coordenadas UTM e profundidades dos pontos campanha sedimentos.....	95

inferior e médio houve um gradiente de mistura entre espécies calcárias e aglutinantes, co-ocorrendo Ammonia, Cribroelphidium, Millamina spp, Haplophragmoides wilberti e Trochammina inflata; no estuário superior dominou Millamina spp juntamente com espécies de tecamebas..

As margens deposicionais se diferenciaram pelos maiores teores de areia e pela maior participação das espécies da superfamília Trochamminacea (espécies herbívoras), que ocorreram associadas à presença da gramínea *Spartina* (vegetação característica dos marismas). Já espécies da superfamília Lituolacea (suspensívoras), ocorreram associadas a sedimentos mais finos, pior selecionados, sendo consideradas indicadoras de feições erosivas.

A integração estatística dos descritores biossedimentológicos distinguiu quatro subambientes oceanograficamente distintos e dispostos longitudinalmente ao gradiente de influência marinha, denominados: Baía, Estuário Inferior-Médio, Estuário Médio, Estuário Superior. Este resultado permite compreender melhor o padrão hidrodinâmico atual, como também poderá servir de subsídio para futuros estudos paleoambientais.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E RELEVÂNCIA DA TEMÁTICA

A zona costeira é um ambiente complexo decorrente das interações dinâmicas que ocorrem nesta interface entre oceano, continente e atmosfera. Há uma diversidade de sistemas que a compõe que vão desde ambientes de transição como estuários, lagunas, baías, até áreas mais oceânicas na margem da plataforma continental. Esses ambientes, por sua vez, são muito vulneráveis e estão constantemente sofrendo processos de remodelações por fatores naturais e antrópicos, os quais atuam em diversas escalas espaciais e temporais (FRENCH, 2001).

Os estudos de caracterização das condições oceanográficas dominantes nos ambientes estuarinos através de técnicas de análise química são difíceis e caros, na medida em que requerem constante monitoramento de variáveis ambientais altamente dinâmicas. Neste sentido, a integração de bioindicadores e descritores sedimentológicos (mais estáveis que os hidroquímicos) normalmente complementa estes estudos e resulta em uma melhor compreensão das características ambientais dominantes, pois as assembléias bentônicas refletem a complexa interação entre os parâmetros bióticos e abióticos e suas múltiplas mudanças no espaço e no tempo (DEBENAY; GUILLOU, 2002).

Uma das vantagens em se trabalhar com foraminíferos e tecamebas como bioindicadores deve-se ao fato de terem tamanho reduzido, grande abundância, bom estado de preservação das testas e relativa facilidade de classificação. Além disso, boa parte das espécies desses protozoários é cosmopolita, fator fundamental para uma devida comparação entre ambientes do mundo todo.

O entendimento dos padrões de distribuição das biofácies sedimentares no Maciambu poderá ser usado futuramente como base para estudos em estuários de maior escala, assim como na comparação evolutiva desta mesma área. Pode também ser útil na correlação e interpretação de paleoestuários com registros preservados na plataforma continental.

O estuário do Rio Maciambu ainda não conta com nenhum estudo conclusivo sobre o tema proposto, alias, ainda são poucos os trabalhos no Estado que tem utilizado indicadores biossedimentológicos como

ferramenta de caracterização de ambientes costeiros (OLIVEIRA, 2004; BONETTI *et al.*, 2006; FRITZEN, 2007).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

O objetivo geral do trabalho consiste em uma caracterização bioossedimentológica da zona estuarina do Rio Maciambu, buscando sintetizar as principais características deposicionais desse sistema.

Através da associação de parâmetros bióticos e abióticos pretende-se identificar subambientes bentônicos distintos. Espera-se com isso auxiliar na compreensão dos processos oceanográficos dominantes da área, gerando informações que auxiliem programas de manejo nesse ambiente, assim como também contribuam com estudos paleoambientais futuros.

1.2.2 Específicos

- Estudar as características granulométricas e composicionais (teores de matéria orgânica total e carbonato biodetrítico) dos sedimentos superficiais de fundo da zona estuarina do Rio Maciambu;
- Caracterizar a batimetria de fundo da zona estuarina;
- Estudar a distribuição espacial das principais espécies de foraminíferos e tecamebas ao longo do estuário;
- Utilizar descritores bioossedimentológicos como indicadores do gradiente longitudinal de diluição da água do mar e de feições erosivas e deposicionais ao longo do Rio Maciambu;
- Selecionar e integrar os principais descritores dos padrões de distribuição bioossedimentológica, de modo a propor um modelo de compartimentação da zona estuarina em subambientes oceanograficamente distintos.

5 CONCLUSÕES

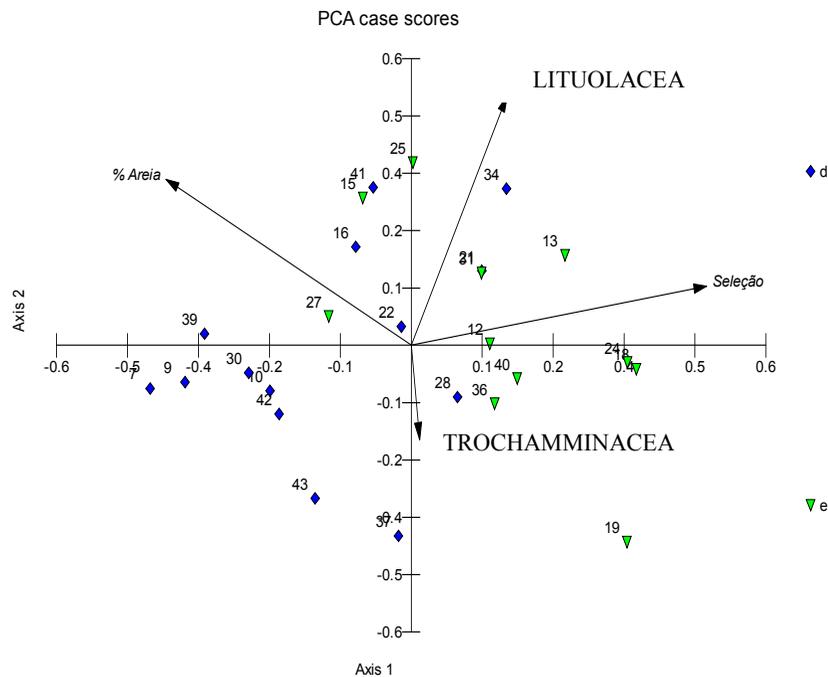
De forma geral, os sedimentos superficiais de fundo do estuário do Rio Maciambu caracterizaram-se pelo domínio de areia, principalmente “areia fina”, com pouca participação de sedimentos finos (silte e argila). A baixa frequência de lamias deve-se provavelmente às características da própria bacia hidrográfica, ao bom estado de preservação da vegetação marginal, que impede a entrada de sedimentos terrígenos no sistema, assim como pelas condições hidrodinâmicas que não permitem a deposição dos mesmos.

O teor de carbonato biodetrítico foi baixo de forma geral, estando os maiores valores associados às áreas com maior salinidade e maior profundidade. A matéria orgânica apresentou os maiores teores associados principalmente aos sedimentos finos (silte) e as áreas sob maior influência antrópica (áreas marginais com ocupação urbana e aporte de pequenos cursos fluviais).

A batimetria de fundo da zona estuarina caracterizou este ambiente como bastante raso, principalmente a jusante, onde aparece um extenso banco de areia com profundidades inferiores a 0,5 m. As maiores profundidades, entre 6 e 10 m, aparecem no estuário médio, associadas a proximidade do embasamento cristalino e da ponte da BR 101.

Foi possível identificar um gradiente longitudinal na distribuição dos parâmetros sedimentológicos relacionados ao tamanho do grão. Os sedimentos localizados na Baía Sul apresentaram-se sob domínio de “areia fina”, foram “bem selecionados”, com curvas de distribuição “simétrica” e “meso a leptocúrticas”. Estas características refletem a influência das correntes de maré atuantes na Baía. A partir da desembocadura em direção a montante, encontrou-se o setor com maior heterogeneidade sedimentológica, onde os parâmetros sedimentológicos, tanto nas amostras do mesmo perfil quanto nos diferentes perfis longitudinais refletiram o encontro das águas de origem continental e marinha, influenciando a hidrodinâmica local e conseqüentemente a deposição desses sedimentos. Nos últimos perfis (10 a 15) houve domínio de “areia grossa” e “areia muito grossa”r “pobremente selecionada”, caracterizando assim o domínio de sedimentos fluviais.

A distribuição das principais espécies de foraminíferos e tecamebas ao longo do estuário respondeu ao seguinte padrão espacial: nos primeiros perfis, localizados na baía, os gêneros mais abundantes foram *Cribrorhynchium*, *Ammonia* e *Quinqueloculina*; no estuário



Vector scaling: 0.67

Figura 27 - Análise de Componentes Principais indicando a relação entre amostras provenientes de margens erosivas (e) e de margens deposicionais (d) com as variáveis: percentual de areia, grau de seleção dos sedimentos, frequência da superfamília Trochaminacea e Lituolacea.

Notou-se uma tendência das amostras classificadas como deposicionais estarem mais bem correlacionadas com grau de seleção (flecha aponta para pior selecionamento) do sedimento e com a maior participação de espécies pertencentes à superfamília TROCHAMMINACEA. Já as amostras classificadas como erosivas apresentaram menor porcentagem de areia, pior selecionamento do tamanho dos grãos e maior frequência de espécies da superfamília LITUOLACEA.

1.3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.3.1 Estuário e Manguezal

Estuário é definido como um “corpo aquoso litorâneo de circulação mais ou menos restrita, porém ainda ligado ao oceano aberto (...) que sofre uma diluição significativa de salinidade em virtude do afluxo de água doce” (SUGUIO,1992). Miranda (2002) diz que

[...] para os oceanógrafos, engenheiros, geógrafos e ecologistas, o termo estuário é utilizado para indicar a região interior de um ambiente costeiro, onde ocorre o encontro das águas fluviais com a do mar transportada pelas correntes de maré estendendo-se rio acima até o limite da influência da maré. Alguns pesquisadores também incluem a região da plataforma continental adjacente, que recebe a chamada pluma estuarina, como parte integrante do sistema estuarino.

Estuários podem ser classificados também de acordo com sua amplitude de maré, que influencia fortemente os processos estuarinos. Um estuário de micro-maré, caso do Maciambu, geralmente é dominado por ondas geradas pelo vento e pela descarga das correntes do rio. Normalmente apresenta uma zona entremarés estreita, desembocadura frequentemente acompanhada por esporões, baixios ou um limite arenoso e uma cunha salina que move-se para o interior de acordo com a maré (BIRD, 2000).

Nas regiões tropicais e subtropicais, normalmente se encontra associado aos estuários um ecossistema típico, denominado de manguezal. Segundo Schaeffer-Novelli (1995), manguezal é definido como um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, sujeito ao regime das marés. Ocorre em regiões costeiras abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, sendo considerado importante transformador de matéria orgânica em nutrientes e gerador de bens e serviços.

1.3.2 Feições Fisiográficas e Processos Sedimentares em Estuários do tipo Planície Costeira

Em termos gerais, sedimentos são depósitos de material sólido inconsolidado, constituídos, sobretudo, por partículas minerais e restos orgânicos. A origem destes depósitos pode estar associada à erosão de rochas pré-existentes distantes do ambiente de deposição, à erosão costeira ao longo do litoral ou através da calcificação de sais minerais dissolvidos na água (SUGUIO, 1973).

De modo geral, a maior parte dos sedimentos que compõem um estuário tem por fonte a bacia de drenagem a montante, a plataforma continental, a erosão das margens, o fundo do próprio estuário e a atividade biológica. Os sedimentos que penetram em um estuário ficam, portanto à disposição de um ambiente notavelmente complexo e variável, podendo ser transportados pelas correntes de maré estuário acima e estuário abaixo, e sofrer profundas alterações físico-químicas pela ação de organismos, até serem finalmente depositados (NICHOLS, 1984 *apud* BONETTI, 1995).

O comportamento dos sedimentos estuarinos consiste num ciclo de processos básicos: erosão do leito, transporte, deposição no leito e posterior consolidação dos sedimentos. Estes processos dependem diretamente das características de circulação estuarina e das propriedades morfoquímicas das partículas (forma, tamanho, densidade e composição), havendo diferenças notáveis entre as respostas dos sedimentos coesivos (lamas) e não-coesivos (areia), conforme descrito em Bonetti (1995).

Os estuários do tipo Planície Costeira se formaram durante a transgressão do mar no Holoceno, que inundou os vales dos rios. O processo de inundação foi muito mais acentuado do que o de sedimentação e a topografia atual tornou-se muito semelhante ao vale do rio. Esses estuários são relativamente rasos, raramente excedendo 30 m de profundidade. A área da seção transversal em geral aumenta estuário abaixo, às vezes de forma exponencial, e a configuração geométrica da seção transversal tem a forma de “V”. A razão largura/profundidade, em geral, é grande, embora ela esteja na dependência do tipo de rocha em que o vale do rio foi escavado. Devido ao processo recente de sedimentação, o fundo é preenchido com lama e sedimentos finos na sua parte superior, que se tornam mais grossos em direção à entrada (MIRANDA, 2002).

Millammina fusca, associada às tecamebas. Moreno (2004) também encontrou domínio de *Millammina* em trecho oligohalino do Rio Itapanhaú, em Bertioga (SP). Essa espécie também foi característica de ambiente estuarino superior, em águas mixo-oligohalinas e/ou límnicas (0 a 5%) na Baía de Guaratuba (Barbosa, 1991). No baixo curso do Rio Preto, canal da bacia hidrográfica do Rio Itanhaém, Oliveira (1999), encontrou espécies de tecamebas, principalmente *Centropyxis aculeata* e *Centropyxis constricta* associadas à *Miliammina fusca*.

4.5.2 Gradiente transversal

Como já foi dito anteriormente no referencial teórico, muitos outros fatores além da salinidade podem influenciar na distribuição das espécies de foraminíferos em um ambiente estuarino. Com o intuito de verificar as relações entre estes bioindicadores e as características do sedimento e batimétricas, foi feita uma Análise de Componentes Principais, obtendo-se os resultados apresentados na Figura 27.

Foram analisadas somente as duas amostras próximas das margens para cada perfil, descartando assim a amostra central. Procurou-se diferenciar em cada perfil as margens com características erosivas e as margens, com características deposicionais.

espécies desse gênero também possam aparecer em ambientes mixohalinos em pequeno número, geralmente apresentando uma baixa frequência relativa (ZANIETTI, 1979). Debenay *et al.*, (2002), também encontraram esse gênero em ambientes tropicais de micromaré e manguezais hipersalinos. Outro gênero dominante desse grupo foi *Criboelphidium*, muito presente em desembocaduras de estuários, assim como em lagunas e marismas, como demonstrado por Madeira-Falcetta (1974). O grupo caracterizou-se também pelo domínio quase que absoluto de espécies de testa calcárias. A tendência geral de distribuição da fauna de foraminíferos na zona costeira é de decréscimo das espécies calcárias em direção ao continente, ocorrendo aumento da importância das testas aglutinantes, relacionados à diminuição da salinidade, pH e disponibilidade de carbonato de cálcio (Murray, 1991).

- O subambiente “Estuário Inferior-Médio” se diferenciou pelo domínio das espécies calcárias dos gêneros *Criboelphidium* e *Ammonia*, caracterizadas por Moreno (2004), como típicas de ambientes de transição, tolerantes a águas mixohalinas e associadas a algumas espécies aglutinantes, tais como *Haplophragmoides wilberti*, *Trochammina inflata* e *Millammina fusca*, o que também ocorreu no Maciambu. Burone *et al.* (2006) apontam *Ammonia tepida* como uma espécie favorecida por sedimentos ricos em matéria orgânica e com tendências de hipoxia. Esta é uma espécie cosmopolita, euribionte, dominante em diversos tipos de ambientes estuarinos do mundo e conhecida por estar relacionada à ambientes com grande variabilidade ambiental e sob influência de aportes orgânicos, o que a torna potencialmente indicadora de ambientes mais impactados antropicamente (DEBENAY & GUILLOU, 2002). No setor delimitado por este subambiente ainda dominaram as espécies de testa calcária sendo que a menor frequência para esse grupo ocorreu na estação 9, com 67,8%. As tecamebas ainda são ausentes.

- O subambiente “Estuário Médio” marcou a transição do domínio de espécies calcárias para aglutinantes, o que pode ser notado também no padrão de distribuição da vegetação marginal, com gradual substituição das espécies de mangue para espécies típicas da restinga. Aparecem as primeiras tecamebas e neste trecho dominaram *Millammina* e *Ammonia*. A estação 11 não pertenceu a esse grupo provavelmente devido a influência de um pequeno curso d’água que desemboca nessa estação, fazendo com que houvesse domínio de testas aglutinantes.

- O subambiente “Estuário Superior” reuniu as estações com espécies tolerantes a ambiente oligohalino, dominado amplamente por

Além dos sedimentos continentais trazidos pelos rios, os estuários também recebem sedimentos das áreas costeiras adjacentes (plataforma continental interna), trazidos pela deriva litorânea. Sendo ambientes propícios à sedimentação, a tendência natural é de serem completamente colmatados ao longo de sua evolução, transformando-se em planícies costeiras emersas e, caso a sedimentação fluvial seja mantida a níveis importantes, evoluindo para sistemas deltáicos (BIRD, 2000).

Os estuários podem ser classificados como dominados por rios, ondas ou marés, de acordo com a maior ou menor influência desses fatores sobre a distribuição e deposição de sedimentos.

Nos estuários dominados por rios, a influência da descarga e da carga sedimentar fluvial supera a capacidade das ondas e marés. Nestes casos, podem se desenvolver deltas de fundo de baía, quando for grande a quantidade de sedimentos trazidos pelo rio e quando o corpo aquoso onde desemboca o curso fluvial for raso e plano.

Os estuários dominados por ondas apresentam um zoneamento bem definido, composto por uma região oceânica arenosa, onde normalmente ocorrem cordões e pontais arenosos que se antepõem perpendicularmente à desembocadura seguida por uma região central onde os sedimentos finos predominam e uma região interna dominada por depósitos fluviais arenosos.

Os estuários dominados pela ação bidirecional das marés não possuem nenhuma barreira em sua desembocadura, tendendo a apresentar uma morfologia em forma de funil.

Dois fenômenos têm importância fundamental na deposição de sedimentos finos dentro dos estuários: agregação biológica e floculação. Estes fenômenos são responsáveis pelo aumento da velocidade de decantação das partículas finas, que normalmente levariam dias inteiros para se depositarem junto ao fundo. Alguns organismos que vivem nos estuários, principalmente os filtradores, como ostras e outros moluscos são responsáveis pela agregação biológica. Estes organismos ingerem as partículas de argila em suspensão na água e, posteriormente, as expõem na forma de pseudofeces, que se depositam mais rapidamente no fundo. O fenômeno de floculação ocorre quando existe o encontro da água doce com a água salgada no estuário. Normalmente, as partículas de argila transportadas em suspensão na água doce possuem uma carga negativa em superfície e, portanto se repelem mutuamente. Quando ocorre a mistura com água salgada, o efeito neutralizador causado por cátions livres na água do mar permite a aproximação por forças de atração molecular das partículas de argila, provocando sua floculação e deposição junto ao fundo (BAPTISTA NETO *et al.*, 2004).

1.3.3 Comportamento Hidroquímico de Estuários Mixohalinos

Três zonas distintas são identificadas para os sistemas estuarinos, segundo Kjervfê (1989; *apud* Bonetti, 1995):

Zona de Maré de Rio (ZR): trecho fluvial, com valores de salinidade praticamente igual a zero, mas ainda sujeita à influência da maré;

Zona de Mistura (ZM): região onde ocorre a mistura das massas de água distintas (água doce, proveniente da drenagem e água salgada, proveniente do mar adjacente);

Zona Costeira (ZC): região costeira adjacente, que se caracteriza por uma maior turbidez (pluma estuarina) se comparada ao ambiente marinho próximo.

Em um estuário mixohalino, a penetração e a saída de águas de origens distintas estão dinamicamente associadas. Assim, uma redução na salinidade, causada por um incremento da vazão fluvial, causará também um aumento da penetração da água marinha pelo fundo estuarino. O resultado é uma maior estratificação, com a criação de duas camadas de água com salinidades diferenciadas. Por outro lado, um pequeno aporte de água doce, mesmo em situação de marés pouco efetivas, resultará em um domínio de águas oceânicas em todo o corpo estuarino.

Espera-se, em um estuário padrão, salinidades próximas a 35 PSU em sua desembocadura e zero na cabeceira. Verticalmente, as menores salinidades ocorrem na superfície e aumentam em direção ao fundo. A salinidade apresenta-se, portanto, como um bom indicador de mistura entre as massas de água oceânica e fluvial, uma vez que possui gradientes expressivos e relativamente previsíveis. A partir de um trabalho de Pritchard (1955; *apud* Dyer, 1973) surgiram várias propostas de classificação de estuários com base na estratificação de salinidade. Quatro grandes classes são identificadas, podendo o estuário migrar de uma para outra ao longo do tempo e de acordo com o trecho longitudinal analisado. São elas: estuários bem misturados; parcialmente misturados; altamente estratificados; tipo cunha salina.

-Bem misturado – normalmente corpos d’água rasos, onde a mistura vertical faz com que a coluna d’água ser torne homogênea em toda a extensão do estuário. Esta mistura se dá por difusão turbulenta.

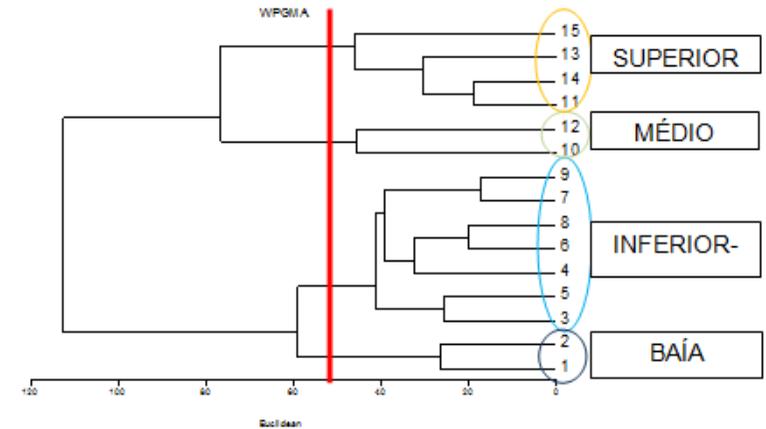


Figura 25 - Análise de Agrupamento (Modo Q) indicando a existência de quatro subambientes ao longo do canal principal do estuário do Rio Maciambu.



Figura 26 - Delimitação dos subambientes estuarinos com base na integração de descritores bióticos e sedimentológicos

Através dessa análise, foi possível identificar quatro subambientes distintos (Figura 26):

- O subambiente “Baía” se caracterizou por reunir as estações sob maior influência das águas oceânicas, apresentando domínio de espécies tipicamente marinhas como *Quinqueloculina spp.*. No entanto, algumas



Figura 24 - Razão de foraminíferos vivos/total nos sedimentos de fundo do estuário do Rio Maciambu.

4.5 CARACTERIZAÇÃO BIOSSEDIMENTOLÓGICA DA ZONA ESTUARINA

4.5.1 Gradiente longitudinal

Na tentativa de identificar um gradiente longitudinal de penetração salina através da associação dos parâmetros bióticos e abióticos utilizou-se somente uma amostra de cada perfil, a com maior profundidade, supostamente caracterizando o canal de circulação principal.

Para isso foi feita uma análise de agrupamento dos perfis de coleta, sendo 1 a estação mais a jusante e 15, mais a montante (Figura 25).

-Parcialmente misturado – também geralmente é raso e a coluna d'água é constituída essencialmente por duas camadas, a inferior e a superior, e entre elas encontra-se uma zona de mistura.

-Altamente estratificado – exemplos típicos são os Fjords, a camada superior pode ter salinidade zero enquanto no fundo encontra-se um valor próximo ao da desembocadura (salinidade marinha).

-Cunha salina – a água salgada adentra sob a água do rio, sem sofrer um processo efetivo de mistura. Isto é comum em rios com forte descarga, onde a cunha salina encontra-se bem próxima ao fundo e as isohalinas são quase horizontais.

A temperatura e a salinidade são particularmente importantes no processo de mistura da coluna de água em ambientes marinhos costeiros. A salinidade, uma variável considerada conservativa no ambiente, é importante para avaliar a circulação de um estuário, bem como para identificar fontes de contribuição de águas doces e eventualmente, de modo indireto, as interferências antrópicas relacionadas ao aporte de esgotos domésticos.

1.3.4 Associações bentônicas indicadoras de zonas estuarinas

Foraminíferos e tecamebas são protozoários sarcodinos dotados de testa (concha ou carapaça) passível de fossilização, pertencentes às ordens Foraminiferida Eichwald, 1830, e Arcellinida Kent, 1880, respectivamente. A testa é a estrutura principal para a classificação taxonômica, variando quanto à composição, forma, arranjos de câmaras.. Os foraminíferos podem ter a testa calcária (e.g. subordens Miliolina, Rotaliina, entre outras), aglutinante (composta por partículas do meio; exemplo Subordem Textulariina) ou orgânica (Subordem Allogromiina). No caso das tecamebas, as testas podem ser aglutinadas ou protéicas. Ambos os grupos são predominantemente microscópicos, com tamanhos variando entre 50 e 800 µm para a grande maioria das espécies (HAYWARD *et al.*, 2003).

Os foraminíferos são abundantes no meio e sua distribuição geográfica é bastante ampla. Estende-se desde áreas mais continentais (desembocadura de rios), de transição continente-oceano (estuários, lagunas), à plataforma continental e até áreas oceânicas abissais. A ecologia deste grupo é bem complexa e sabe-se que diversos fatores bióticos e abióticos condicionam o seu desenvolvimento, tais como: a disponibilidade de alimento, o substrato, temperatura, salinidade, pH,

oxigênio dissolvido, circulação. Mas dentre estes, aqueles que exercem maior influência na distribuição dos grandes grupos, são a temperatura e a salinidade, sendo bem conhecido o gradiente horizontal demarcado pelo distanciamento da linha de costa oceano adentro (NICHOLS, 1974).

Foraminíferos bentônicos encontrados em sedimentos do Quaternário têm sido bastante utilizados na caracterização de ambientes marinhos marginais e na interpretação da flutuação do nível do mar (SCOTT & MEDIOLI, 1980; SCOTT & LECKIE, 1990). A resolução batimétrica fornecida por foraminíferos de áreas entremarés varia bastante, porém algumas associações de espécies podem servir de diagnóstico de antigos níveis marinhos em ambientes de profundidade restrita (JONHSON *et al.*, 2005).

DebenayEBENAY & Guillou (2002) analisaram 1.500 amostras coletadas entre 1972 e 1997 em diferentes ambientes parálicos do mundo todo, permitindo a determinação de diversas associações de espécies típicas de subambientes parálicos. Enquanto a energia hidrodinâmica desempenha o papel mais importante na distribuição das fácies sedimentares, a distribuição das biofácies é determinada por uma série de fatores, destacando-se as condições de mistura das águas.

Hayward *et al.* (1999) também estudaram diversos ambientes estuarinos recentes na Nova Zelândia, tanto estuários do tipo cunha salina, como parcialmente misturados e bem misturados, verificando que dentre as variáveis ambientais, a exposição da maré e a salinidade foram os fatores mais importantes no controle da distribuição dos foraminíferos bentônicos.

A tendência como observada em Boyd & Honig (1992) de uma mudança de associações predominantemente aglutinantes para associações predominantemente calcárias e aumento da diversidade do interior para fora do estuário também foi observado na Nova Zelândia, onde a granulometria sozinha não explica o controle da composição destas associações.

As associações de foraminíferos e tecamebas em ambientes parálicos brasileiros não são profundamente conhecidas, mas alguns autores já demonstraram que tais estudos têm grande potencial de aplicação nas áreas de Oceanografia, Ecologia, Paleoecologia, Geologia, Hidrologia entre outras (CIOSS, 1962; BARBOSA, 1991; BONETTI, 1995; 2000; EICHLER e BONETTI, 1995; SEMENSATTO JR, 2006, PARIZOTTO, 2009).

No Brasil, alguns trabalhos também utilizaram foraminíferos e tecamebas como indicadores de subambientes costeiros. A Lagoa de

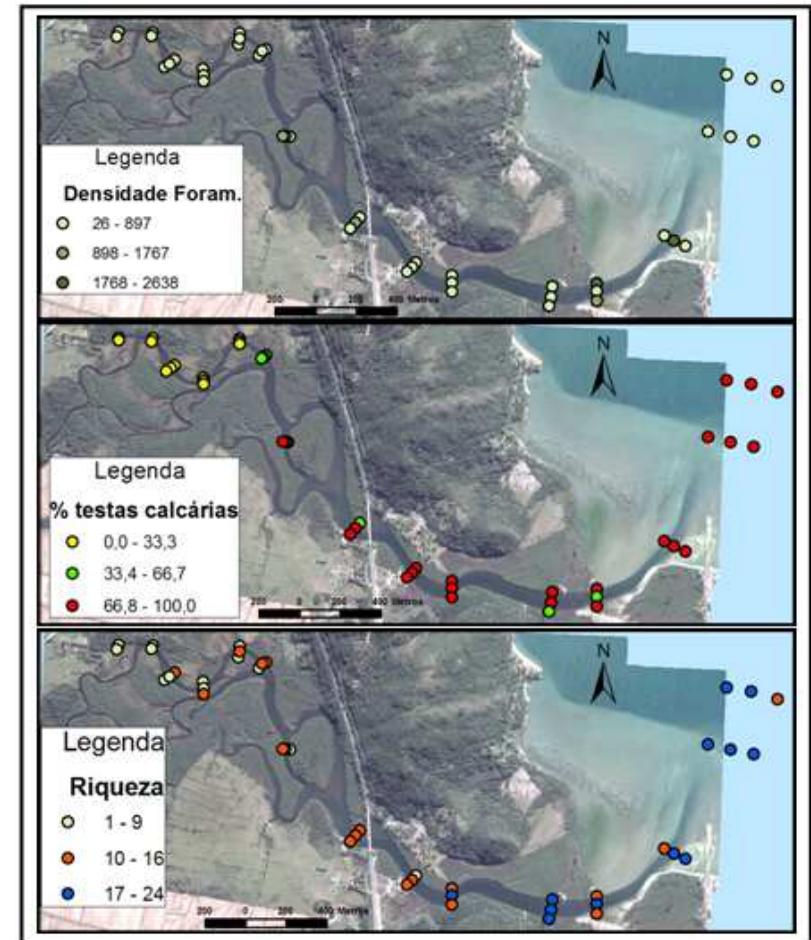


Figura 23 - Densidade estimada de foraminíferos (número de indivíduos/50 cm³ de sedimento), percentual de testas calcárias e riqueza de foraminíferos ao longo estuário do Rio Maciambu.

ESTAÇÕES	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
FORAMINIFERA																						
<i>Asterorhammina campozii</i>																1.0						
<i>Denturamina plana</i>																						
<i>Gaudryina exilis</i>																			2.3			
<i>Glomocera gordialis</i>				0.8								1.2							4.7	9.3		
<i>Haplobrasmodites maxillensis</i>	0.9	6.7	10.4	5.0	5.3	4.0		1.0	7.5		5.2	2.3		5.3			1.0		2.3			
<i>Haplobrasmodites wilberti</i>	0.9					2.0	0.8			0.9							1.0	1.2				
<i>Jadammina macrescens</i>																						
<i>Lepidodenturamina sp</i>																						
<i>Miliammina sp</i>	23.3	2.9	20.9	19.8	20.4	37.6	42.4	52.5	83.0	78.3	67.0	80.2	68.3	54.3	67.0	94.5	90.5	79.1	80.2	100.0	96.2	
<i>Paratrochammina clossi</i>											1.0											
<i>Paratrochammina sp</i>	0.9				1.8	2.0	1.7	1.0		0.9	2.1	3.5	1.0		4.3	1.1						
<i>Polysaccammina ipobalina</i>																						
<i>Pseudocyclulina gracilis</i>				0.8																		
<i>Pseudocyclulina curta</i>																						
<i>Rosalia nana</i>																						
<i>Siphonochammina lobata</i>																						
<i>Textularia erlandi</i>	0.9	1.0				3.0													2.3			
<i>Typhotrecha compressata</i>					0.9	2.0	0.8			1.9	6.2	1.2	1.0	3.2	4.3				1.2			
<i>Trochammina inflata</i>	0.9	3.8		0.8	1.8			2.0							3.2	1.1			2.3			
<i>Warrenita nautitis</i>																						3.8

Sepeituba, no Rio de Janeiro, foi dividida em setores hidroquímicos distintos, principalmente do ponto de vista da salinidade, além do delineamento hidrodinâmico detalhado a partir da ocorrência de espécies-chave de foraminíferos (BRONNIMANN *et al.*, 1981). Duelsba & Debenay (2003) esquematizaram a hidrodinâmica da preamar e baixamar em estuários da Estação Ecológica de Juréia-Itatins, litoral sul de São Paulo, com base na distribuição das espécies de foraminíferos e de algumas espécies de tecamebas associadas. Na região do Canal de Bertioga, na Baixada Santista, Eichler (2001), compartimentalizou a área e classificou os ambientes em relação à influência marinha baseada nas proporções de espécies indicadoras, podendo reconhecer pontos de maior e de menor hidrodinâmica estuarina.

Em Santa Catarina, Bonetti *et al.* (2006) utilizaram os foraminíferos, associados a outros descritores sedimentológicos, como indicadores de condições oceanográficas diferenciadas ao longo do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu (SC), identificando cinco sub-ambientes distintos na área. Com base neste indicador biológico, os pesquisadores definiram a ocorrência de um subambiente fluvial, um fluvial-estuarino, um subambiente transicional extremo, um subambiente lagunar e um lagunar restrito, elaborando assim uma proposta de setorização deste sistema. Oliveira (2004) estudou as lagoas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul e identificou subambientes sedimentologicamente distintos através da associação de descritores físico-químicos e biológicos (foraminíferos e tecamebas). Fritzen (2007) utilizou os foraminíferos bentônicos como indicadores de enriquecimento orgânico no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

ESTACOES	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	
FORAMINIFERA																							
<i>Aglutinate</i>																							
<i>Ammonia salina</i>								1.0	1.0	2.0	0.9			2.7									0.9
<i>Ammoniaculites exiguus</i>												0.9											
<i>Ammoniaculites</i> sp.								1.0															
<i>Ammonium cassis</i>									2.0	4.0	2.8									0.9	1.9	1.8	
<i>Ammonium salinarum</i>								1.0	2.0	2.7	1.0		2.0	2.7		0.8				0.9			
<i>Arenoparrella mexicana</i>								1.0	2.0														
<i>Asterorhammina camposi</i>			1.9																				
<i>Deuterammia plana</i>			4.8	1.9	2.0				1.0	1.0	1.0		1.0										
<i>Gaudryina exilis</i>		1.8						2.0		2.0			2.0	3.6	0.8	0.8							
<i>Gloconypha gothlandis</i>		0.9																					
<i>Haplophragmoides manilensis</i>									1.0	0.9	8.9	1.8	4.6	8.0	8.3	9.3	2.7			6.4	5.7	2.7	
<i>Haplophragmoides wilberti</i>											5.0												
<i>Jedammina nascentes</i>			13.5	5.8	2.0			3.9				2.0											
<i>Leptodenterrammia</i> sp.					1.0			2.0	2.9	2.7	20.8	10.1		12.5	15.0	6.8	0.9	1.1	11.8	3.8	30.6		
<i>Miliammina</i> sp.																							
<i>Paraterrammia cloosi</i>					1.9			1.0	2.0	1.0	1.8												1.0
<i>Paraterrammia</i> sp.																							
<i>Polyacrammina ipohelina</i>						1.0		1.0	0.9								0.8						
<i>Pseudoxypulina gracilis</i>								1.0		5.9		2.0	0.9	2.0	0.9	0.8	0.9						1.0
<i>Pseudoxypulina curta</i>														1.0		0.8							
<i>Rosellina nana</i>																0.8							
<i>Siphonochammia lobata</i>								1.0	0.9	1.0													
<i>Textularia eudandi</i>								0.9	6.1	2.0	0.9	3.0	2.7	4.6	6.3	1.7	2.5			0.9			
<i>Tiphitrocha comprimata</i>		0.9										0.9				1.7	0.8						
<i>Trochammina inflata</i>								2.0	3.9	2.7	5.0	1.8	1.8	2.0	2.7	2.5	1.7	1.8					2.9
<i>Warrrenia palustris</i>									1.0														

2.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A área costeira do Estado de Santa Catarina é formada principalmente por rochas graníticas provenientes do embasamento cristalino (maciços rochosos) e pelos depósitos sedimentares do Quaternário.

O embasamento, de natureza ígnea e metamórfica, representa as terras altas da Província Costeira, na forma de elevações, maciços rochosos, promontórios, pontais e ilhas continentais (HORN FILHO, 2003)

Depósitos de sedimentos mal selecionados, formados por cascalhos, areia, silte e argila, apresentam-se na forma de rampas (colúvios) e cones (leques aluviais), e representam a morfologia de transição entre o embasamento e a planície costeira (AMIN JR, 2004).

A planície costeira foi gerada principalmente pela justaposição lateral de depósitos sedimentares de sistemas deposicionais do tipo barreira/laguna-estuário. Trabalhos anteriores identificaram, na região da área de estudo, a presença de registros sedimentares de um sistema pleistocênico, provavelmente relacionado ao nível de mar alto de 123 Ka (Pleistoceno Superior), e o ainda ativo sistema holocênico, cuja formação iniciou-se em um tempo próximo ao máximo transgressivo de 5,1 Ka (CARUSO JR, 1995).

Caruso Jr. (1995) refere-se à superposição de dois pacotes arenosos na planície do Maciambu: o inferior composto por areias praias com tubos fósseis de *Callinectes major* e o superior, formado por areias eólicas pedogenizadas. Os arcos praias e os terraços mais elevados contrastam com as zonas úmidas do manguezal e baixios nas desembocaduras do estuário do Maciambu ao norte e com as areias do pontal da Guarda do Embaú no Rio da Madre, ao sul. A formação da planície está muito mais ligada aos materiais e aos processos marinhos do que aos continentais: as duas bacias fluviais que a ladeiam pouca influência tiveram na sua formação.

A reduzida expressão da planície costeira na região deve-se à sua situação de margem continental que tem como substrato o alto estrutural da Plataforma de Florianópolis (GONÇALVES *et al.*, 1979), o qual separa as bacias marginais de Pelotas, ao sul e de Santos, ao norte. Desta forma, a proximidade da costa, das terras altas do embasamento somado a um relativo baixo estoque sedimentar, gerou uma costa embaiada, marcada pela presença comum de promontórios rochosos, que se

alternam com praias arenosas de reduzida extensão longitudinais (AMIN JR, 2004).

As areias quartzosas que ocupam a plataforma interna sul - brasileira perdem a continuidade na altura do estado de Santa Catarina, aflorando tão somente ao norte de Itajaí e ao sul de Laguna. Entre Itajaí e Laguna, as areias são parcialmente recobertas com lama e passam a constituir uma fácies areia com lama (GRÉ, 1983).

2.3 CLIMA E HIDROGRAFIA

A área de estudo está inserida em um domínio climático do tipo Af – chuvoso tropical e úmido, com precipitação uniformemente distribuída ao longo do ano, subtipo Cfa – chuvoso temperado e úmido em todo o ano e com verão quente (HOFLICH, 1984).

A temperatura média anual é de 18°C, com precipitação média de 1234 mm/ano, evapotranspiração potencial de 841 mm/ano e umidade relativa do ar média de 80% (ORSELLI, 1986).

A figura 02 abaixo representa a precipitação mensal do ano em que foram realizadas as campanhas do estudo batimétrico e da coleta de sedimentos (Junho e Outubro de 2007).

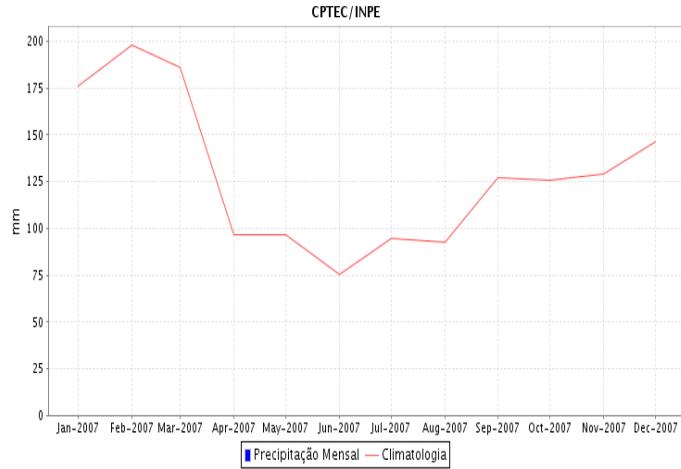


Figura 02 - Dados de precipitação mensal do ano de 2007, estação de Florianópolis.
Fonte: INPE

Tabela 04 - Frequência relativa da população total de foraminíferos no estuário do Maciambu (estações 1 a 22)

Tabela 04 - Frequência relativa da população total de foraminíferos no estuário do Maciambu (estações 1 a 22)

ESTACOES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
FORAMINIFERA																							
Hialinos																							
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	0,9	3,6		2,9	1,1	3,1	7,8	8,1	5,9	17,3	11,9	18,0	11,9	18,0	11,6	15,0	14,2	18,1	17,3	21,0	13,5		
<i>Ammonia tepida</i>	7,0	3,6	10,4	7,7	2,1	5,1	21,7	12,1	15,7	19,1	15,8	36,0	27,5	28,0	24,1	50,0	44,9	57,5	56,4	40,0	41,0	27,9	
<i>Bolivina sp.</i>	0,9	3,6	2,6	2,9	1,1	15,3	4,0					2,7	2,8			0,8				0,9			
<i>Bolivina compacta</i>	1,8		2,6	2,9	3,2								0,9										
<i>Buzalina striatula</i>	5,5			1,0	1,1	3,1	0,9	1,0							0,9						4,5		
<i>Buccella pertusiana</i>	1,8	6,1																					
<i>Buccinella elegans</i>	6,1	6,4		1,0			12,1	1,0				0,9	1,0	0,9				2,7	1,1	5,5			
<i>Comuspira planorbis</i>	0,9					1,1																	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8																						
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0	17,0	7,3	14,3	13,0	
<i>Cibicides lobatulus</i>	1,8	2,7	2,6	1,9	8,5	6,1	50,4	20,2	35,3	49,1	5,0	20,7	10,1	11,0	8,9	1,7	8,5	8,0					

localizam na porção mais central do estuário. A montante os valores são baixos.

Outro descritor biológico utilizado como indicador dos processos deposicionais na área de estudo foi a razão população viva: população total. Segundo Boltovskoy (1965) e Bonetti (2000), valores desta razão menores que 0,3 sugerem áreas com baixa taxa de deposição, erosivas e/ou baixa produtividade bentônica. Razões maiores que 0,3 e menores do que 0,7 estão associadas normalmente a zonas costeiras transicionais com domínio de processos deposicionais e produtividade bentônica regular, enquanto razões maiores que 0,7, ocorrem em áreas sujeitas a “blooms” (produtividade alta e irregular) ou processos deposicionais intensos. Os valores observados na área de estudo encontram-se em anexo. No geral, os valores foram baixos, sendo um pouco maiores apenas nos primeiros perfis, localizados no estuário inferior (Figura 24). Não foi possível identificar nenhuma tendência ou gradiente através desse descritor ao longo do estuário. Esta razão variou bastante tanto longitudinalmente quanto transversalmente.

Os valores dos descritores ecológicos e as fotos das principais espécies de foraminíferos e tecamebas estão em anexo

A rede hidrográfica da área está inserida no Sistema da Vertente Atlântica e é formada por diversas microbacias isoladas, rios, pequenas lagoas entre cordões litorâneos e extensos brejos. Duas bacias hidrográficas destacam-se na região: a do Rio Maciambu e a do Rio da Madre.

O Rio Maciambu e seus afluentes formam uma bacia hidrográfica com cerca de 70 Km² (EPAGRI, 2005). Grande parte da bacia situa-se sobre o embasamento cristalino e uma menor parte se estende sobre a planície costeira (Figura 03).

Área da Bacia Hidrográfica

Áreas: Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina - Epagri/SDS 2005

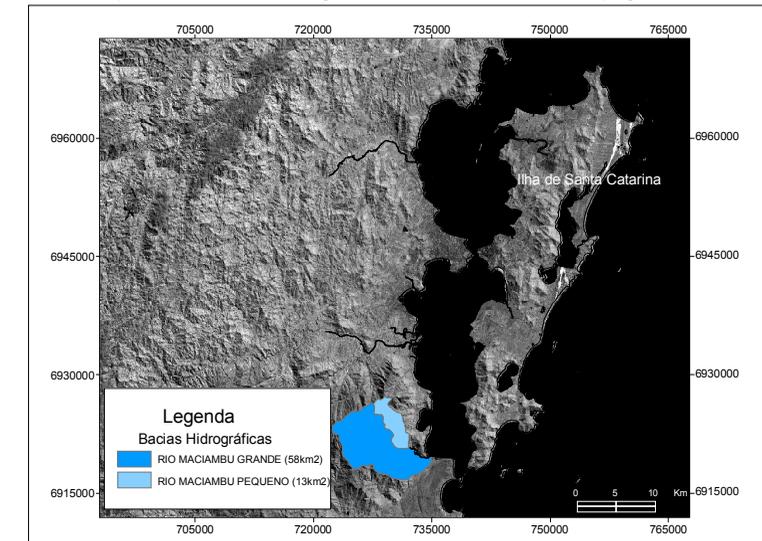


Figura 03 - Área das bacias hidrográficas que compõem o rio Maciambu ressaltada sobre imagem *Landsat*.

2.4 FORMAÇÕES VEGETAIS E USO DO SOLO

Trabalhos específicos na Baixada do Maciambu já foram feitos, sendo o mais antigo e pioneiro o trabalho de Reitz (1961), onde recomenda a criação de um “parque florestal” na Baixada do Maciambu,

por ser este o local que reúne os aspectos geológicos, fitogeográficos, faunísticos e turísticos mais completos. Quatorze anos mais tarde o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (PEST) foi criado (ECKEL, 2008).

Com uma área total de 87.405 ha (SDM/FATMA, 2002) e abrangendo nove municípios, o PEST foi criado em 01 de novembro de 1975 através do Decreto Estadual N/SETMA nº 1.260. O PEST abriga cinco dos seis tipos de vegetação existentes no Estado de Santa Catarina: Manguezais, Restingas, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Campos de Altitude. Em nível nacional, o Parque é considerado como "área de extrema importância biológica" na classificação geral das 182 áreas da Mata Atlântica e dos Campos Sulinos identificadas como prioritárias para a conservação da biodiversidade. Este reconhecimento se deu em face aos resultados do workshop de Avaliação e Ações Prioritárias para Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos, promovido em 1999 pelo Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA, 2004).

A Baixada do Maciambu, onde está inserido o estuário de mesmo nome, é uma área recoberta por restingas e manguezais (KLEIN, 1981; REITZ, 1961). As espécies que habitam os manguezais da área de estudo são: *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana*, *Spartina* spp. acompanhadas, nas áreas de transição por *Mimosa bimucronata*, *Dalbergia ecastaphylla*, *Acrostichum danaeifolium*, *Sophora tomentosa* e *Hibiscus tiliaceus* (op. cit). Segundo Shaeffer-Novelli (1989), a Ilha de Santa Catarina marca o limite sul de ocorrência desse ecossistema no Brasil.

2.5 CARACTERIZAÇÃO OCEANOGRÁFICA

Com relação às características oceanográficas da área, pode-se dizer que este estuário apresenta marés do tipo micromarés (< 2 m) com amplitudes máximas de 1,4 m (estimativa publicada pela DHN (1998) para o porto de Florianópolis) e regime predominante semi-diurno.

Segundo Martins *et al.* (2005), a penetração das águas marinhas no Estuário do Maciambu, em condição de maré enchente de sizígia, ocorre de maneira parcialmente misturada à verticalmente homogênea no setor estuarino mais à jusante (até cerca de 2 Km da desembocadura). À medida que aumenta a influência fluvial, a penetração ocorre,

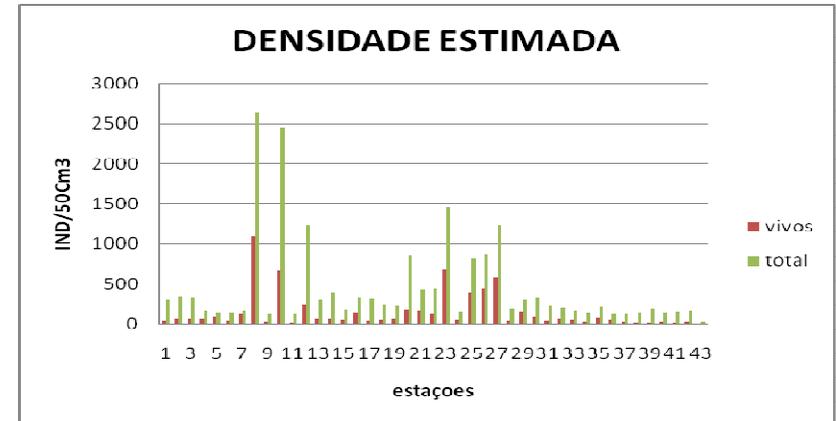


Figura 21 - Densidade estimada de foraminíferos vivos e total no estuário do Rio Maciambu

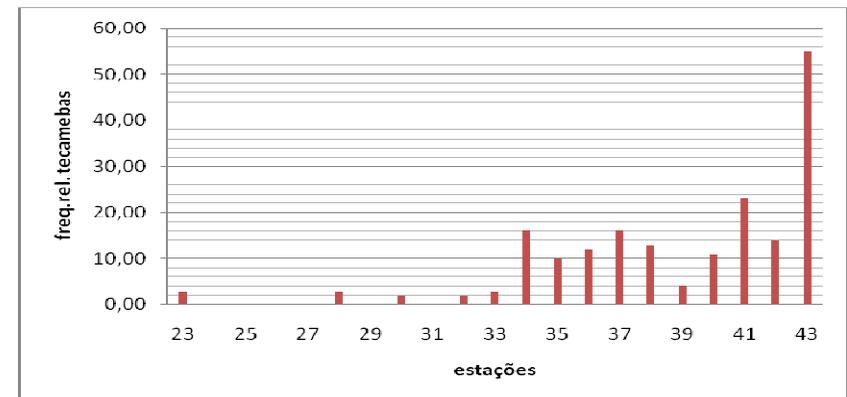


Figura 22 - Frequência relativa de tecamebas ao longo do Estuário do Maciambu

A riqueza de foraminíferos ao longo do Maciambu variou entre 01 e 24 espécies (Figura 23). Observou-se um decréscimo de espécies em direção à montante e maior heterogeneidade dentro de alguns perfis. As amostras da Baía apresentaram os maiores valores de riqueza, todas em torno de 20 espécies e certa homogeneidade dentro dos perfis, exceção da amostra 07, no perfil 03, com riqueza de apenas 10 espécies. Assim como para os outros descritores, notou-se uma variância grande para os valores de riqueza entre as amostras do mesmo perfil que se

predominância de tecamebas, em regiões com maior aporte de água doce.

A densidade média de foraminíferos na área de estudo foi de 447 indivíduos/50cm³ de sedimento. As estações que apresentaram maiores valores desse descritor foram a 08 e a 10, ambas localizadas próximas a desembocadura, com 2638 ind/50cm³ e 2457 ind/50cm³, respectivamente (Figura 21). A amostra 08 também se diferenciou das demais por ter sido a única próxima a desembocadura possuindo “silte” como granulometria média, sedimentos “muito pobremente selecionados” e apresentando valores de matéria orgânica e profundidade maiores que as outras amostras do mesmo perfil.

A densidade de indivíduos foi distribuída de forma bastante irregular, ou seja, variou bastante entre as amostras, inclusive dentro dos perfis. Por exemplo, o perfil 04 (amostras 10, 11 e 12) com densidades de 2457, 118 e 1240 ind/50cm³, respectivamente (Figura 23). Este é um comportamento observado normalmente em ambientes costeiros transicionais e está associado ao padrão de distribuição em manchas deste grupo (Murray, 1991). Na porção superior do estuário, diminuiu a densidade de indivíduos e aumentou a participação das tecamebas, sugerindo condições ecológicas mais restritivas para os taxa marinhos.

sobretudo pelo fundo, caracterizando um regime de circulação verticalmente estratificado (até cerca de 5 Km da desembocadura). Em condição de baixa-mar, a influência fluvial se torna maior, principalmente quando associada a altas precipitações.

Dados hidroquímicos de salinidade, turbidez e temperatura também foram estudados por Milan (2007) em diferentes estações do ano, sempre sob condição de baixa-mar e preamar de sizígia. A salinidade média observada no estuário inferior foi de 33 PSU (tanto no compartimento de fundo como nas águas superficiais), reduzindo gradativamente em direção ao estuário superior, conforme ilustrado na Figura 04, extraída de Milan (*op. cit.*). A turbidez mostrou-se baixa em todas as campanhas (inferior a 10 NTU), possivelmente devido à baixa precipitação nos dias que antecederam as coletas e também por se tratar de um rio com vegetação marginal relativamente bem preservada. A temperatura da água respondeu principalmente a sazonalidade climática da região, com valores médios entre 17,8°C (meses frios) e 21,8°C (meses quentes). Numa mesma campanha, notaram-se temperaturas ligeiramente inferiores na superfície, sobretudo quando observada a estratificação vertical.

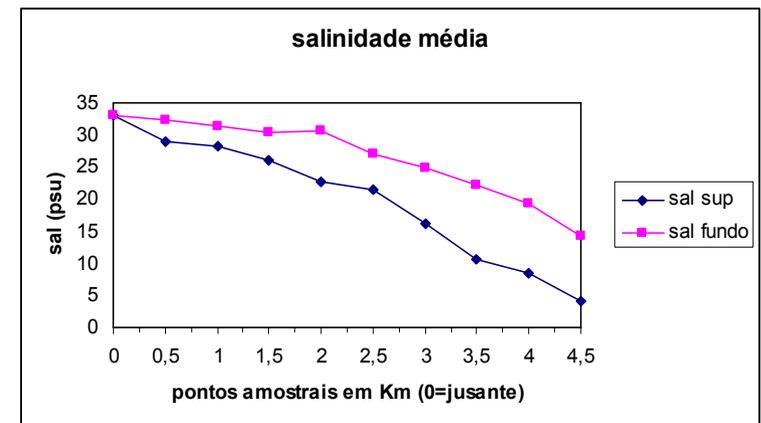


Figura 04 - Salinidade média ao longo do estuário do Rio Maciambu
Fonte: adaptado de MILAN, 2007.

Ao contrário do esperado, nas campanhas realizadas por Milan (2007) não foi possível reconhecer um padrão hidroquímico diferenciado entre o final da estação chuvosa (abril) e o final da estação seca (setembro). Embora acredite-se que a pluviosidade seja um

importante agente regulador da penetração salina estuário a dentro, parece que o comportamento hidroquímico da área de estudo responde a esta propriedade em uma escala de poucos dias após os eventos de maior vazão fluvial, não diferenciando-se sazonalmente (MILAN, *op. cit.*).

Quanto à sedimentologia da zona estuarina, estudo anterior ao presente, composto por uma malha amostral bem menor e concentrada no canal de circulação principal, demonstrou que esta área era composta predominantemente por “areias finas” na porção à jusante do rio, variando entre “silte médio” e “areia grossa” na porção intermediária e “areia muito grossa” à montante (MILAN, *op. cit.*). Com relação ao grau de seleção, o interior do sistema variou de “moderadamente selecionado” (estações mais à montante e a jusante) a “muito pobremente selecionado” (estações intermediárias).

SC (com 32 espécies), observou um mínimo de 29 espécies no Rio Araguari-AP e máximo de 47 no Rio Suruí-RJ. A riqueza do estuário do Rio Maciambu deve-se provavelmente ao seu bom estado de preservação, mas também é importante mencionar o fato de terem sido levantados dados em diferentes feições estuarinas ao longo do Maciambu, enquanto os demais trabalhos mencionados acima restringiram os pontos de coleta ao canal principal do estuário.

Os gêneros mais abundantes nos primeiros perfis, ainda na Baía Sul, foram *Criboelphidium*, *Ammonia* (calcários hialinos) e *Quinqueloculina* (calcário porcelanáceo). Este último ocorreu principalmente nos dois perfis mais externos (amostras 01 a 06). Também se destacam nesse setor as espécies *Neoconorbina* sp e *Haynesina germanica*. Observou-se um predomínio total de espécies de testa calcária nesse setor, indicando maior influência marinha. Não foram encontradas mudanças importantes na composição das espécies entre amostras do mesmo perfil, refletindo a homogeneidade sedimentológica da área (Tabela 04).

A partir do Perfil 04, em direção a montante, destacaram-se os gêneros *Criboelphidium*, *Ammonia* e *Millaminna*. Este último esteve presente em quase todas as amostras e caracteriza-se por possuir testa aglutinante e ser reconhecidamente tolerante a águas com baixas salinidades. O gênero *Quinqueloculina* se tornou raro a partir da desembocadura, aparecendo em alguns pontos isolados de forma inexpressiva. As espécies *Haplophragmoides wilberti* e *Trochammina inflata* também apareceram em boa parte das amostras. Do Perfil 10 até o 15, houve o domínio do gênero *Millaminna*, sendo superior a 90% em alguns casos (amostras 38 e 39). Os gêneros *Criboelphidium* e *Ammonia* continuaram aparecendo nesse setor, porém de forma bem menos expressiva e desaparecendo mais para o interior (Tabela 04 e 05).

As tecamebas, protozoários testáceos (Rhizopoda) indicadores de água doce, apareceram, sobretudo à montante da zona estuarina (Figura 22). Este grupo foi representado principalmente pelas espécies *Centropyxis constricta*, *Centropyxis acculeata*, *Diffflugia ablonga*, *Lagenodiffflugia* e *Pontigulasia compressa*. Sua distribuição esteve associada às amostras com domínio das testas de foraminíferos aglutinantes, comprovando a maior influência da água doce.

O estuário do Rio Maciambu encaixa-se em um dos padrões identificados por Duleba *et al.* (2005), mais frequentes nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, com uma sucessão de foraminíferos calcários marinhos, seguidos por espécies calcárias mixohalinas, que vão sendo substituídas gradativamente por foraminíferos aglutinantes, até a



Figura 20 - Localização das estações do canal de circulação principal

4.4 INDICADORES BIOLÓGICOS

Nesse item são apresentados os resultados da distribuição de foraminíferos bentônicos, através da análise dos seguintes descritores: densidade, riqueza, composição das testas e razão população viva/total.

As figuras com a distribuição espacial desses descritores estão no final da descrição dos mesmos.

4.4.1 Descritores biológicos

No estuário do Rio Maciambu foram identificados 50 taxa de foraminíferos bentônicos, número de espécies superior a encontrada por Parizotto (2009), em estuários que deságuam também nas Baias da Ilha de Santa Catarina, como exemplo o Rio Cubatão (com 26 taxa), ou o Rio Biguaçu (com 16 taxa).

Segundo Laut (2003), em estuários de micromaré associados a manguezais e com parâmetros físico-químicos dentro de valores esperados para um sistema em equilíbrio, o número de espécies de foraminíferos pode ultrapassar 40. Laut (2007), estudando sete estuários ao longo da costa brasileira, sendo um deles o estuário do Rio Itacorubi-

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO

Inicialmente foi realizado um levantamento do material cartográfico existente sobre a área em diferentes escalas de trabalho (cartas náuticas, mapas topográficos, levantamentos aerofotográficos e imagens de satélites). A partir daí construiu-se uma base cartográfica em formato digital da área. Os *softwares* utilizados para manipular essa base foram *Surfer* e *ArcGis*.

3.2 CAMPANHAS DE COLETA

3.2.1 Levantamento batimétrico

O estudo batimétrico foi realizado no dia 13 de junho de 2007. A malha amostral foi composta por 241 pontos, equidistantes em cerca de 50 m e representativos de sessões transversais abrangendo margem direita, canal e margem esquerda de toda a zona estuarina (Figura 05). O posicionamento das estações foi obtido com um DGPS Trimble e a medição da profundidade foi feita com uma mira com precisão de 1 cm. Utilizou-se também uma régua maregráfica para determinar a variação da maré ao longo do período de coleta de pontos batimétricos. A batimetria foi corrigida em relação a variação da maré utilizando-se duas equações de reta (regressão linear simples), uma representativa do período de preamar e a outra de baixamar.



Figura 05 - Malha amostral batimétrica

Fonte: *google earth*

3.2.2 Levantamento bio-sedimentológico

A coleta do material biossedimentológico foi realizada no dia 11 de outubro de 2007, sob as seguintes condições meteorológicas: sem precipitações, vento sul dominando e temperatura média de 23,4°C. Coletou-se os sedimentos superficiais de fundo (primeiros centímetros de profundidade) com auxílio de amostrador tipo Van-Veen.

Alíquotas de sedimentos foram divididas e armazenadas sob refrigeração para posterior análise em laboratório dos teores de carbonato biodetrítico, matéria orgânica, granulometria e distribuição das espécies de bioindicadores.

As estações foram posicionadas em perfis transversais em relação ao canal principal do estuário. Cada perfil contou com três estações, exceção de dois perfis à montante que contaram somente com duas estações devido à largura do rio. Todas amostras foram coletadas na porção infralitoral (sem vegetação), a primeira próxima a margem esquerda, a segunda no canal principal e a terceira na margem direita, sempre respeitando essa ordem, num total de 15 perfis e 43 amostras (Figura 06). As estações da Baía Sul foram separadas em aproximadamente 100 m em cada perfil.

A localização dos perfis foi determinada após a análise da batimetria e do uso do solo das margens. Procurou-se posicionar os perfis de modo a representar a maior diversidade de condições:

a hidrodinâmica responsável pelo controle de distribuição dos mesmos, contribuindo desta forma para a melhor compreensão da evolução dos ambientes estuarinos (CORRÊA, 2005).

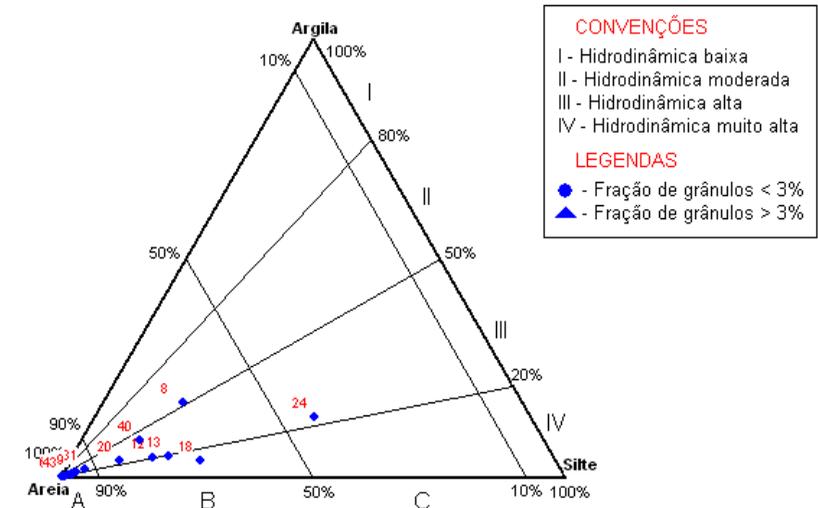


Figura 19 - Posição das estações do canal de circulação do estuário do Maciambu no Diagrama de Pejrup (1988)

Foram utilizadas apenas as amostras dos pontos mais profundos de cada perfil, ou seja, aquelas localizadas no canal de circulação principal do eixo longitudinal do estuário, totalizando 15 amostras (Figura 20). Os resultados mostram que das 15 estações analisadas, três (28, 39 e 43) pertencem à classe IV A, com hidrodinâmica muito alta e mais de 90% de areia, uma (estação 18) à classe IV B, também com hidrodinâmica muito alta com porcentagem de areia entre 50 a 90%, cinco amostras (3, 6, 25, 31 e 36) pertencem à classe III A, com hidrodinâmica alta e mais de 90% de areia, quatro (12, 13, 20 e 40) à classe III B com hidrodinâmica alta com porcentagem de areia entre 50 a 90%, uma à III C (24), com hidrodinâmica alta e porcentagem de areia variando entre 10 e 50% e uma (8) pertencendo a classe II B, de hidrodinâmica moderada e porcentagem de areia entre 50 a 90%.

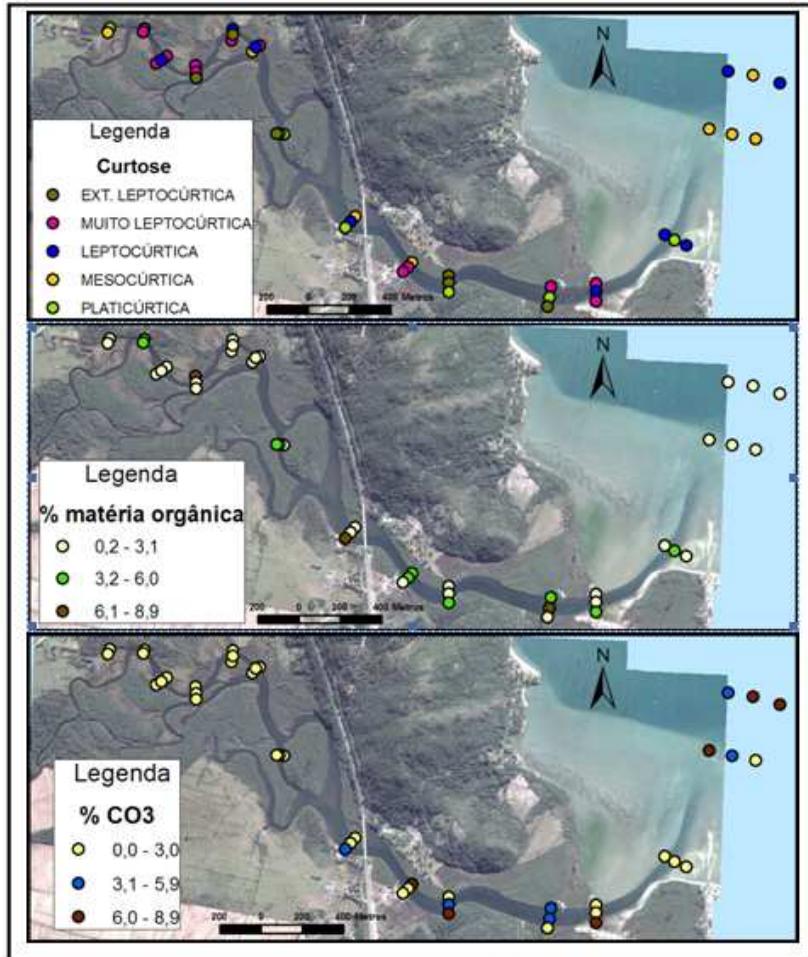


Figura18 - Curtose, teor de matéria orgânica e teor de carbonato biodetrítico dos sedimentos de fundo do estuário do Rio Maciambu

4.3.4 Regime Hidrodinâmico (Diagrama de Pejrup)

Esta etapa do trabalho tem por objetivo a aplicação do Diagrama de Pejrup (Figura 19) no estudo da distribuição superficial dos sedimentos e de sua relação com a morfologia de fundo, bem como com

- o estuário superior, inferior e médio;
- as margens ocupadas por manguezais, restinga + mata de encosta (cristalino), ocupação humana e bancos emersos(arenosos ou lamosos);
- trechos onde o canal de circulação é central e as margens mais rasas;
- trechos onde o canal de circulação é marginal;
- trechos estuarinos mais profundos e estreitos (supostamente com maior hidrodinâmica);
- trechos estuarinos mais rasos e largos (supostamente com menor hidrodinâmica);

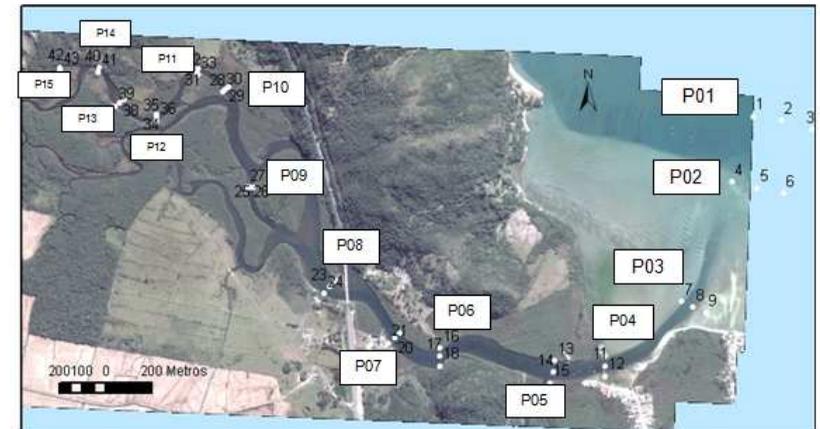


Figura 06 - Pontos de coleta de sedimentos e seus respectivos perfis(P) no estuário do Rio Maciambu

Fonte: *google earth*.

Assim como descrito anteriormente para o estudo batimétrico, todos os pontos de coleta de material sedimentológico foram posicionados com um DGPS Trimble e também foram medidas as profundidades com uma mira de precisão de 1 cm. Utilizou-se também uma régua maregráfica para determinar a variação da maré ao longo do período de coleta destas amostras.

3.3 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

3.3.1 Dados sedimentológicos

As alíquotas de sedimentos para análise laboratorial foram inicialmente lavadas com água destilada para a retirada de sais solúveis, com posterior secagem em estufa à temperatura de 60°C. Os sedimentos foram homogeneizados em macerador de cerâmica e, então, retirada uma alíquota de 30 g. A partir desta massa inicial, foram determinados os teores de matéria orgânica total, carbonato biodetrítico e granulometria, seguindo as recomendações de Gross (1971), Suguio (1973) e Coimbra *et al.* (1991), conforme detalhado abaixo.

3.3.1.1 Matéria orgânica

Os teores de matéria orgânica foram determinados a partir do processo de oxidação com Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂) 10% no início, passando para 30% ao diminuir a reação, a uma temperatura de 150°C. Quando cessou esta reação, as amostras foram lavadas com água destilada e secas em estufa à 60° C. Após o tempo de resfriamento necessário para que a temperatura da amostra se igualasse a temperatura da sala de balanças, foi feita a pesagem. A diferença percentual entre a massa inicial e a massa final da amostra representa o teor de matéria orgânica total presente nos sedimentos. Esta metodologia seguiu a proposta de Gross (1971).

3.3.1.2 Carbonato biodetrítico

A queima do carbonato biodetrítico foi feita com solução de HCl 10%, misturando a amostra em intervalos regulares até o término da reação. Lavou-se a amostra e após a secagem em estufa a 60°C realizou-se a pesagem. A diferença percentual entre massa inicial e massa final expressa o teor de carbonato biodetrítico presente na amostra (Gross, 1971).

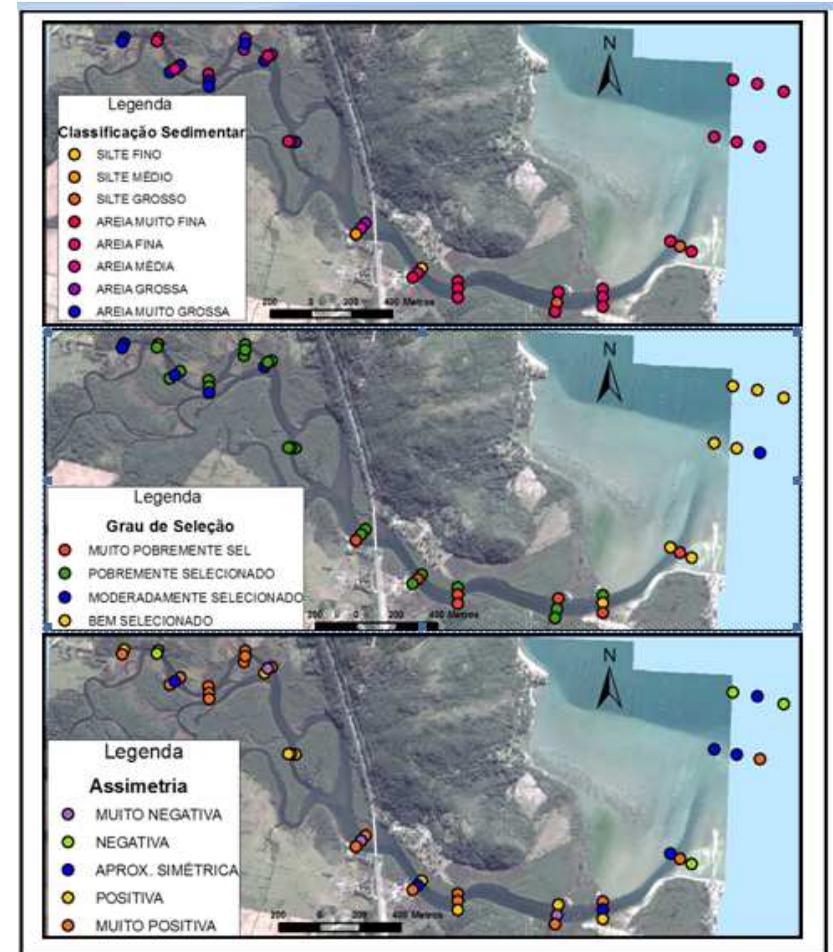


Figura 17 - Classificação granulométrica, grau de seleção e assimetria dos sedimentos de fundo do estuário do Rio Maciambu

Tabela 03 - Teor de matéria orgânica total (MOT) e carbonato biodetrítico (CaCO₃) nos sedimentos superficiais da zona estuarina do Rio Maciambu

Estações	%MOT	%CaCO ₃	Estações	%MOT	%CaCO ₃
MAC01	0,8	4,6	MAC23	0,8	1,0
MAC02	0,9	6,4	MAC24	8,9	4,8
MAC03	0,5	8,9	MAC25	1,7	1,2
MAC04	0,5	6,2	MAC26	1,4	0,7
MAC05	0,5	4,8	MAC27	3,4	2,0
MAC06	0,2	2,5	MAC28	1,5	0,7
MAC07	1,5	0,5	MAC29	0,3	1,2
MAC08	4,7	0,9	MAC30	1,3	1,2
MAC09	0,8	2,2	MAC31	0,5	0,1
MAC10	2,2	2,8	MAC32	2,6	0,0
MAC11	2,0	0,9	MAC33	2,6	0,5
MAC12	5,2	6,2	MAC34	8,2	0,2
MAC13	5,1	4,9	MAC35	2,0	0,0
MAC14	7,8	4,8	MAC36	0,6	0,0
MAC15	2,6	1,9	MAC37	0,8	0,1
MAC16	2,1	1,8	MAC38	0,8	0,3
MAC17	2,1	3,8	MAC39	0,8	1,0
MAC18	4,4	8,9	MAC40	4,3	1,5
MAC19	4,2	6,3	MAC41	4,2	0,8
MAC20	4,2	2,4	MAC42	1,1	0,7
MAC21	0,7	2,7	MAC43	0,3	0,4
MAC22	1,2	1,1			

3.3.1.3 Granulometria

Para o estudo da granulometria, as técnicas utilizadas para identificar o tamanho dos grãos dos sedimentos foram o peneiramento de partículas grossas (maiores que 0,062 mm), utilizando peneiras com intervalos de 0,5 phi (de -1 a 4 phi), e a pipetagem para os finos (partículas inferiores a 0,062 mm). Esta última trata-se uma medida indireta, baseada na Lei de Stokes, que considera a velocidade de decantação das partículas como função de seu tamanho, seguindo a metodologia descrita por Suguio (1973) e Coimbra *et al.* (1991).

3.3.2 Dados biológicos

Para a análise da distribuição dos foraminíferos e tecamebas foram utilizadas subamostras de 50 cm³ de sedimentos úmidos. A amostra foi corada com solução de Rosa de Bengala (diluída em álcool 40%), ainda no campo, para fazer a distinção dos organismos vivos e mortos. Depois os sedimentos foram peneirados a úmido, com malha de 0,062 mm e secos em estufa a 60°C. As amostras foram então transferidas para béckers de 50 ml onde fez-se a flotação em tricloroetileno de carbono para uma primeira separação dos foraminíferos e material de baixa densidade, do restante da amostra (BOLTOVSKOY & WRIGHT, 1976). O material que ficou no sobrenadante foi recolhido em filtros de papel e levado para secar. Como as amostras ainda continham muitos fragmentos vegetais, retirou-se com uma pinça esse material, que poderia atrapalhar no momento da triagem, e depois se pesou esses fragmentos. O material retido no filtro foi observado no estereomicroscópio para a triagem e identificação dos grupos ou espécies de foraminíferos e tecamebas.

Durante a triagem, os foraminíferos foram colocados numa lâmina especial com fundo preto, com auxílio de pincel, e fixados com cola transparente para facilitar a identificação.

Os descritores biológicos que foram utilizados para a caracterização dos processos oceanográficos dominantes na zona estuarina são:

- densidade populacional de foraminíferos: como indicadores de influência marinha

- densidade populacional de tecamebas: como indicadores de maior influência fluvial
- riqueza das espécies de foraminíferos e frequência relativa de foraminíferos com testas calcárias porcelanáceas, hialinas e aglutinantes: como indicadores de mistura entre águas marinhas e fluviais
- razão número total de testas vivas (coradas): número total de testas: indicadora de taxa de sedimentação

3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

3.4.1 Batimetria

Para uma correta interpretação das variações batimétricas, os dados foram primeiramente corrigidos em relação à variação da maré durante a campanha. Na manhã, a amplitude da maré foi de 60 cm em quatro horas (Figura 07). Durante a tarde, na preamar a variação foi 28 cm em quatro horas (Figura 08).

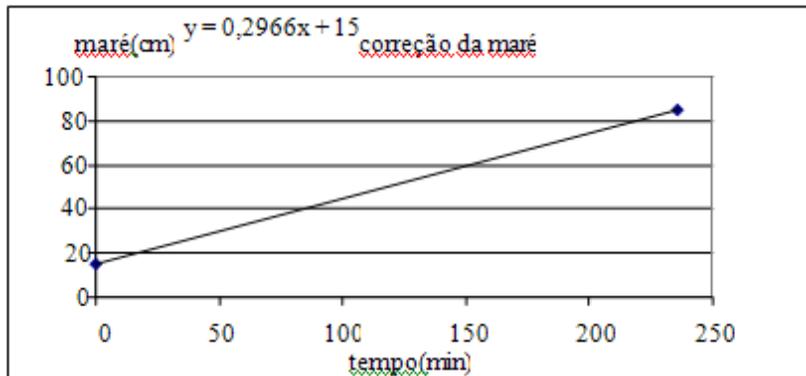


Figura 07 - Regressão linear simples representando variação da maré durante a manhã

carbonato são chamados de bioclásticos, estão associados a origem marinha (VILAS *et al.*, 2005).

A concentração média de carbonato biodetrítico na área de estudo foi de 2,4%, estando as maiores concentrações localizadas nas estações da Baía Sul (Figura 18). Em direção a montante do rio, os valores de carbonato diminuem, estando presentes de forma mais expressiva apenas nos pontos mais profundos, como por exemplo, na estação 18, que apresentou a maior profundidade dentre todas as amostras, 7,9 m e o maior valor de carbonato, juntamente com a amostra 03, na Baía, ambos com 8,9% (Tabela 03). Algumas amostras não seguiram essa relação entre maior teor de carbonato biodetrítico e maior profundidade, como por exemplo a estação 19, com 6,3% de carbonato e 1,9 m de profundidade. No setor com maior influência fluvial os valores foram mais baixos, dificilmente passando de 1%.

Estudo anterior conduzido por Milan (2007), na mesma área, mas restrito ao canal de circulação principal obteve também teores de carbonato na mesma ordem de grandeza

4.3.3 Matéria Orgânica

Conforme Maglioca *et al.* (1964), o teor de matéria orgânica presente nos sedimentos é microbiologicamente de grande importância, uma vez que se constitui num substrato para colônias de bactérias heterotróficas que degradam proteínas e carboidratos, e que pode causar alterações físico-químicas no ambiente. Esse mesmo autor afirma ainda que este parâmetro possui uma relação direta com a topografia do fundo e com a distribuição textural. Segundo ele, a matéria orgânica é depositada sob as mesmas condições energéticas favoráveis à deposição de sedimentos finos.

Os teores de matéria orgânica variaram dentro da área de estudo entre 0,3 e 8,9%, com uma média de 2,4%. Com exceção da estação 08, com 4,7% e única com granulometria associada a “silte grosso”, as outras estações localizadas na Baía tiveram valores menores que 1,5% (Figura 18).

As maiores concentrações de matéria orgânica estão presentes nas amostras do estuário médio, com valor máximo de 8,9% associado a “silte médio” (estação 24). Já a montante, os valores não passam de 4%, exceção a amostra 34, com 8,2% (Tabela 03).

Tabela 02 - Parâmetros estatísticos dos sedimentos segundo Folk & Ward (1957) (amostras 15 a 43)

Estações	Média	Seleção	Assimetria	Curtose
MAC16	2,7	1,3	0,4	4,8
MAC17	3,3	2,1	0,4	5,2
MAC18	2,1	2,9	0,2	0,7
MAC19	6,1	1,9	0,2	0,9
MAC20	2,0	2,1	-0,0	1,5
MAC21	3,8	1,9	0,7	1,8
MAC22	0,0	1,4	0,4	1,1
MAC23	1,8	1,2	-0,5	1,3
MAC24	5,0	2,3	0,3	0,7
MAC25	0,9	1,5	0,2	0,6
MAC26	0,5	1,4	0,2	0,8
MAC27	2,6	1,2	0,2	3,9
MAC28	0,3	1,6	0,5	0,5
MAC29	-0,1	0,9	0,2	0,9
MAC30	2,1	1,0	-0,4	1,2
MAC31	0,2	1,7	0,5	1,2
MAC32	0,1	1,4	0,4	2,5
MAC33	-0,6	1,5	0,7	3,6
MAC34	3,6	1,8	0,7	2,3
MAC35	-0,3	1,4	0,4	1,9
MAC36	-1,0	0,8	0,7	3,3
MAC37	-0,6	1,1	0,6	1,7
MAC38	-0,4	1,2	0,5	1,7
MAC39	2,1	0,6	0,0	1,3
MAC40	3,3	2,3	0,3	4,6
MAC41	2,4	1,3	-0,1	2,8
MAC42	-0,1	0,9	0,2	0,5
MAC43	-0,7	0,6	0,4	1,0

4.3.2 Carbonato Biodetrítico

O carbonato biodetrítico, como o próprio nome sugere, é de origem biogênica, ou seja, é formado por restos de conchas de organismos bentônicos e algas calcárias. Esses restos ficam depositados nos sedimentos, onde sofrem processos de decomposição química e física, até se tornarem disponíveis novamente no meio. Como esses organismos são essencialmente marinhos, os depósitos de carbonato biodetrítico ocorrem em maiores concentrações nas áreas com maior influência oceânica. A associação desse composto com as fácies sedimentares do ambiente permite diferenciar os tipos de sedimento e sua origem: sedimentos quartzosos com baixas concentrações de carbonato biodetrítico são denominados siliciclásticos e, portanto, de origem continental, enquanto sedimentos com altas concentrações de

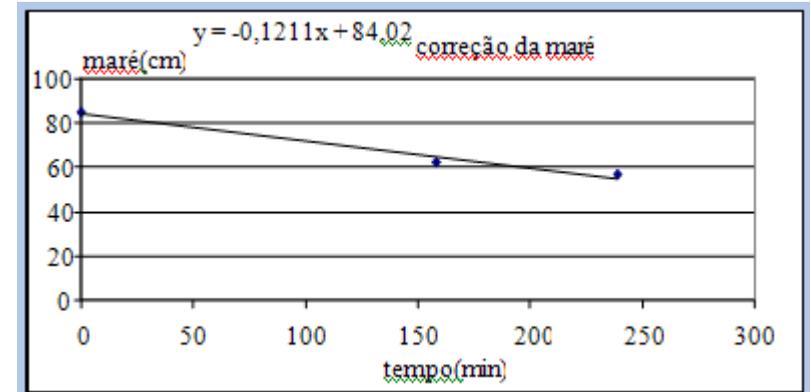


Figura 08 - Regressão linear simples representando variação da maré durante a tarde

Os dados de profundidade foram interpolados e espacializados utilizando o método de *Krigagem* no *software* SURFER 8. Optou-se por representar a batimetria da área de estudo em três figuras para melhorar a resolução gráfica e facilitar a visualização da interpolação.

3.4.2 Uso do solo

A identificação das formações vegetais e uso do solo ao longo da zona estuarina foi feita por fotointerpretação sobre fotos aéreas de 2005 na escala 1:15000 e imagens de satélite *Google Earth*, datadas de 2008, além da observação direta durante as campanhas de coleta. Definiu-se uma área de 200 m de cada lado do rio à partir do leito principal para identificação do uso do solo.

A base cartográfica foi retirada do *Google Earth* através da criação de um mosaico, o georreferenciamento e o mapa de uso do solo foi feito no *software* *ArcGys 9.0*.

3.4.3 Sedimentos

A classificação granulométrica de acordo com a escala de Wentworth (1922), os parâmetros estatísticos e a classificação textural de Folk & Ward (1957) foram obtidos através do programa *SysGran*.

3.4.3.1 Regime Hidrodinâmico Dominante

A caracterização do regime hidrodinâmico do estuário estudado foi baseada no posicionamento das estações no diagrama triangular proposto por Pejrup (1988). Este diagrama é constituído por 16 grupos, identificados por letras e números, onde estão relacionados os teores de areia-silte-argila e as condições hidrodinâmicas na época da deposição das partículas. Neste diagrama, o eixo da hidrodinâmica é composto por quatro setores (I, II, III e IV) em ordem crescente de energia. As amostras localizadas no setor I estão sob condições de menor energia em relação às amostras localizadas no setor II, e assim sucessivamente. O eixo dos sedimentos está dividido em quatro setores (A, B, C e D), onde o setor A se caracteriza por amostras com teor de areia entre 100 e 90%, o setor B por amostras com teores entre 90 e 50% de areias, o setor C por amostras com teores entre 50 e 10% de areias e, por fim, o setor D, com amostras com teores entre 10 e 0% de areias.

Foram utilizadas somente as amostras do canal principal do estuário, num total de 15 pontos e o programa utilizado também foi o *SysGran*.

3.4.4 Tratamentos Estatísticos Multivariados

Foram feitos tratamentos estatísticos buscando identificar gradientes ou setores de ambientes deposicionais, tanto longitudinais quanto transversais em relação ao canal principal do rio. Para o gradiente longitudinal foram utilizadas somente as amostras de maior profundidade dentro de cada perfil, supostamente caracterizando o canal principal de circulação ao longo do estuário, metodologia comum na maioria dos trabalhos interessados em compreender a distribuição longitudinal das variáveis. Já no gradiente transversal foram utilizadas

de Pernambuco, concluindo que a influencia deposicional dominante na área é costeira.

Nos outros perfis em direção à montante, a heterogeneidade tanto longitudinal quanto transversal dos parâmetros analisados pode ser explicada pelas maiores amplitudes batimétricas do setor, o que influencia na hidrodinâmica local, assim como por ser nessa parte do rio onde ocorre o encontro mais acentuado da cunha salina com a água continental e onde provavelmente as argilas trazidas em suspensão pelo rio floculam ao encontrar a água salgada, aumentando assim a velocidade de decantação dessas partículas.

Além disso, nesse setor encontram-se trechos onde a mata ciliar está mais degradada por construções como a BR101, que passa sobre o rio, ou por algumas moradias. Esse fato pode interferir, como demonstrado por Brito *et al* (2009), onde a falta ou deficiência na vegetação das margens do rio aumenta a diferença no tamanho das partículas entre amostras de um mesmo perfil. Nestes casos a degradação da mata ciliar é o fator preponderante na contaminação do rio por sedimentos que, no geral não são transportados pela correntes e sim provenientes da lixiviação das margens.

À montante, o domínio de “areias grossas e muito grossas” indica alta energia na deposição, apesar do grau de seleção variar de “moderadamente a pobremente selecionado” e a assimetria tender a “positiva” demonstrando também a participação de sedimentos finos.

Tabela 01 - Parâmetros estatísticos dos sedimentos segundo Folk & Ward (1957) (amostras 01 a 14)

Estações	Média	Seleção	Assimetria	Curtose
MAC01	2,6	0,4	-0,2	1,1
MAC02	2,5	0,4	0,0	1,0
MAC03	2,7	0,3	-0,1	1,4
MAC04	2,2	0,4	-0,0	1,0
MAC05	2,1	0,4	-0,0	0,9
MAC06	2,0	0,8	-0,3	1,0
MAC07	2,4	0,4	0,0	1,1
MAC08	4,2	3,0	0,6	0,7
MAC09	2,5	0,4	-0,2	1,1
MAC10	2,6	1,1	0,4	2,9
MAC11	2,7	0,4	0,0	1,4
MAC12	2,6	2,3	0,1	1,9
MAC13	2,6	2,4	0,1	2,1
MAC14	4,6	1,3	-0,3	0,8

“aproximadamente simétrica” a “negativa”, Segundo Martins (2003), valores negativos a muito negativos normalmente caracterizam um ambiente de sedimentação relacionado a maior hidrodinâmica, capaz de retirar o material mais fino e depositá-lo em locais mais calmos. A partir da desembocadura, a assimetria variou de “muito negativa” a “muito positiva”, ambos extremos podendo ser encontrado ao longo de um mesmo perfil transversal e sugerindo a relação deste parâmetro estatístico com feições erosivas e deposicionais. Na parte mais superior do estuário houve uma tendência de predomínio da classe “muito positiva”, indicando assim uma redução das forças hidrodinâmicas (Figura 17).

A curtose variou de 0,55 a 5,22, ou seja, “muito platicúrtica” a “extremamente leptocúrtica” (Tabela 01 e 02). Segundo Folk & Ward (1957), a análise da variação da curtose permite determinar o grau de mistura de diferentes populações dentro de um mesmo ambiente sedimentar. A curtose pode ser utilizada como parâmetro para diferenciação de ambientes sedimentares, sugerindo que existe um processo agindo no sentido de alterar as caudas de distribuição. Ela mede o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência. As distribuições “leptocúrticas” representam sedimentos unimodais, ou seja, um sedimento relativamente bem selecionado na parte central da distribuição, representando um ambiente de maior atuação das correntes, enquanto as distribuições “platicúrticas” correspondem a sedimentos bimodais ou polimodais, ou seja, indicando baixa movimentação ou multiplicidade de áreas fonte.

A classe mais presente no estuário foi “muito leptocúrtica” (27,93%), seguida por leptocúrtica (20,93%), mesocúrtica (18,6%), platicúrtica e extremamente leptocúrtica (16,27%). Nos perfis localizados na Baía Sul notou-se a maior presença de amostras classificadas como “leptocúrticas” e “mesocúrticas”. Nos outros perfis, posicionados em direção a montante houve uma variância muito grande entre as classificações, não identificando-se classes dominantes (Figura 18).

Assim, em síntese, os sedimentos pertencentes aos dois primeiros perfis (amostras 1 a 6) são típicos de ambientes marinhos, com domínio de “areia fina”, “bem selecionados”, “simétricos”, de “meso a leptocúrticos” em sua maioria, mostrando ser um local sujeito a hidrodinâmica relativamente intensa, influenciado provavelmente pelas correntes de maré atuantes na Baía. Barros *et al*(2008), também encontraram “areias finas”, “bem selecionadas”, tendendo a “simétricas” localizadas na desembocadura do canal Santa Cruz e rio Timbó, estado

as amostras próximas das margens, excluindo de cada perfil a estação central e excluindo também as amostras dos dois primeiros perfis ainda na baía (sem presença de vegetação marginal) já que o objetivo aqui é correlacionar as características do sedimento com o padrão de ocupação do solo e com a profundidade.

3.4.4.1 Gradiente longitudinal

De modo a verificar se há entre as estações um grau de similaridade estatisticamente significativo para reuni-las num mesmo conjunto, foi realizada uma análise de agrupamento. Neste trabalho o modo de análise escolhido foi o modo Q (agrupamento de casos), as medidas de similaridade entre cada par de amostras foram obtidas através do Coeficiente de Distância Euclidiana e como estratégia de agrupamento aplicou-se o Método Aritmético de Agrupamento Ponderado (WPMGA).

As estações foram agrupadas em função das seguintes variáveis: frequência relativa dos *taxa* de foraminíferos mais abundantes (*Ammonia spp*, *Miliammina spp*, *Criboelphidium spp*, *Haplophragmoides wilberti* e *Quinqueloculina spp*), riqueza de foraminíferos, frequência relativa de testas calcárias, frequência absoluta de tecamebas, a razão entre a população viva: população total e porcentagem de areia. Por se tratarem de dados com diferentes unidades ou dimensão, a matriz de dados foi previamente transformada em valores de Z. Essa transformação, assim como a Análise de Agrupamento, foi obtida com o auxílio do programa MVSP 3.1. As variáveis foram definidas após serem testadas através de uma Análise de Componentes Principais, onde se escolheu as que apresentaram maiores pesos, excluindo-se as variáveis de menor peso ou redundantes.

3.4.4.2 Gradiente transversal

Com o intuito de diferenciar as áreas com tendência erosiva das deposicionais foi aplicada a Análise de Componentes Principais. A matriz de correlação foi construída com as seguintes variáveis: porcentagem de areia, grau de seleção, frequência relativa de foraminíferos pertencentes à Superfamília TROCHAMMINACEA, e

foraminíferos pertencentes à Superfamília LITUOLACEA. Murray (1991), Boltovskoy (1965) são alguns dos pesquisadores que conseguiram estabelecer relações entre a maior presença de indivíduos pertencentes às espécies da Superfamília Lituolacea em ambientes deposicionais, e erosivos para os pertencentes à Superfamília Trochamminacea, devido principalmente a diferença na capacidade de locomoção dos grupos.

entre as classes granulométricas das amostras, começando ainda com domínio de “areia fina”, próximo a desembocadura e depois variando entre “silte fino” até “areia grossa”. A heterogeneidade também está presente nos perfis transversais. Na porção superior do estuário, a classe dominante foi “areia muito grossa”, seguida de “areia grossa”, aparece também “areia fina” e “areia muito fina” (Figura 17).

O grau de seleção variou entre 0,38 e 2,96 \emptyset , ou seja, entre “bem selecionado” a “muito pobremente selecionado” (Tabela 01 e 02). Para Suguio (1973), o grau de seleção pode ser associado ao mecanismo de transporte das partículas sedimentares. Esse autor coloca que o grau de seleção dos sedimentos aumenta com o transporte, tendo como consequência um decréscimo das classes granulométricas mais finas em locais de maior hidrodinâmica e capacidade de transporte.

A maioria das amostras foi classificada como “pobremente selecionada” (48,83%), seguida de “bem selecionada” e “muito pobremente selecionada”, ambas com (18,6%) e “moderadamente selecionada” (13,95%). Os sedimentos classificados como “bem selecionados” aparecem somente nas amostras à jusante, sempre relacionados com “areia fina”. As amostras localizadas na porção intermediária do estuário tiveram o grau de seleção variando entre “pobremente a muito pobremente selecionado”. Já à montante, houve predomínio de amostras “pobremente selecionadas”, sendo algumas “moderadamente selecionadas”, normalmente associadas à “areia muito grossa”, representando os sedimentos transportados pelo rio desde sua cabeceira (Figura 17).

Quanto à assimetria, variou de -0,39 a 0,76, ou seja, “muito negativa” a “muito positiva” (Tabela 01e 02). De acordo com Suguio (1973), o grau de assimetria de um sedimento é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana. Em uma distribuição simétrica, o diâmetro médio e a mediana coincidem, e, portanto não há assimetria. A assimetria é controlada mais pelo processo deposicional do que por condições de transporte. Os valores de assimetria, no caso da distribuição em \emptyset , são representados como negativos quando se verifica um desvio tendente para a contribuição de material mais grosso, e positivos quando há tendência de acréscimo de sedimentos mais finos. Este é um parâmetro estatístico utilizado para caracterizar ambientes de sedimentação, correlacionando-os ao regime ou nível energético atuante.

A classificação de assimetria mais presente no estuário foi “muito positiva” (44,18%), seguida de “positiva” (20,93%), “aproximadamente simétrica” (16,27%) e “negativa” e “muito negativa” (9,3%). Nos primeiros perfis, ainda na Baía Sul, houve domínio da classe

4.3 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA

Em seguida serão apresentados os resultados dos parâmetros estatísticos granulométricos (diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e curtose) referentes às frequências granulométricas das amostras, assim como os resultados do conteúdo de matéria orgânica total e carbonato biodetrítico nos sedimentos superficiais.

As figuras com a distribuição espacial dos parâmetros estatísticos granulométricos, matéria orgânica e carbonato biodetrítico estão no final da descrição dos mesmos (Figuras 17 e 18).

4.3.1 Parâmetros estatísticos granulométricos

O diâmetro médio (expresso em \emptyset) variou entre 6,06 e -0,9, ou seja, entre as classes “silte fino” e “areia muito grossa” (Tabela 01 e 02). A classificação granulométrica dos sedimentos de fundo conforme proposta de Folk & Ward (1957), apresentou outras seis classes granulométricas, “silte médio”, “silte grosso”, “areia muito fina”, “areia fina”, “areia média” e “areia grossa”.

Dentre as 43 amostras, a classe predominante foi “areia fina” (41,86%) seguida de “areia muito grossa” (18,6%), “areia grossa” (13,95%), “areia muito fina” (9,3%), “areia média” (6,98%), “silte grosso” (4,65%) e “silte médio e fino” (2,33%).

Segundo Coimbra *et. al.* (1991), o diâmetro médio pode estar diretamente associado ao nível de energia atuante nos diferentes ambientes sedimentares. Dessa forma, os ambientes com maior energia terão clásticos grossos, enquanto que os ambientes de baixa energia terão predominantemente partículas finas. No entanto, conforme esse autor, a granulação média pode também estar fortemente vinculada às características e proximidade da área fonte.

Das nove estações amostradas na desembocadura, ainda no domínio da Baía Sul e representando os três primeiros perfis, somente as estações 06 e 08 não apresentaram “areia fina” como granulometria média, sendo estas dominadas por “areia média” e “silte grosso”, respectivamente. A partir daí, percebe-se uma maior heterogeneidade

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 BATIMETRIA DA ZONA ESTUARINA

A batimetria da área revelou áreas bastante rasas no setor mais a jusante do rio com presença de um extenso banco arenoso, com profundidades inferiores a 0,5 metro, cortado por um canal com largura inferior a 50 metros e profundidade média de 1,5 metro (Figura 09).

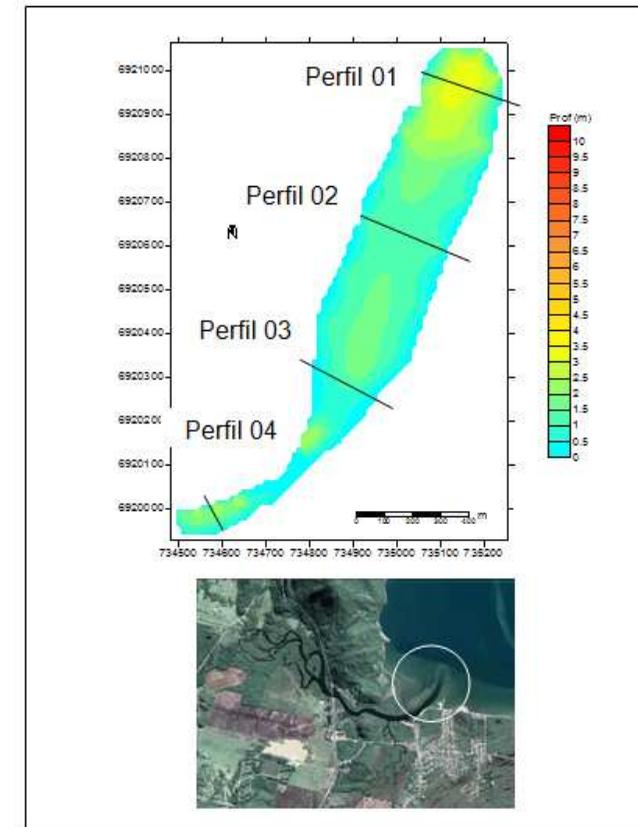


Figura 09 - Mapa da distribuição batimétrica na desembocadura do rio

Deixando a Baía Sul e entrando no rio sentido à montante, percebe-se a presença de um canal predominantemente central nos primeiros 2 Km da zona estuarina, com profundidades entre 1,5 e 2,5 metros. Nesse setor encontram-se as maiores profundidades da área de estudo, próximas à 10 metros, devido a presença de um cristalino em uma das margens (Figuras 10 e 11).



FIGURA 10 - Presença de cristalino rochoso na margem do ponto mais profundo do estuário



Figura 15 - Zona de transição entre espécies típicas de mangue e restinga.

A representação geral do uso do solo pode ser visualizada na Figura 16.

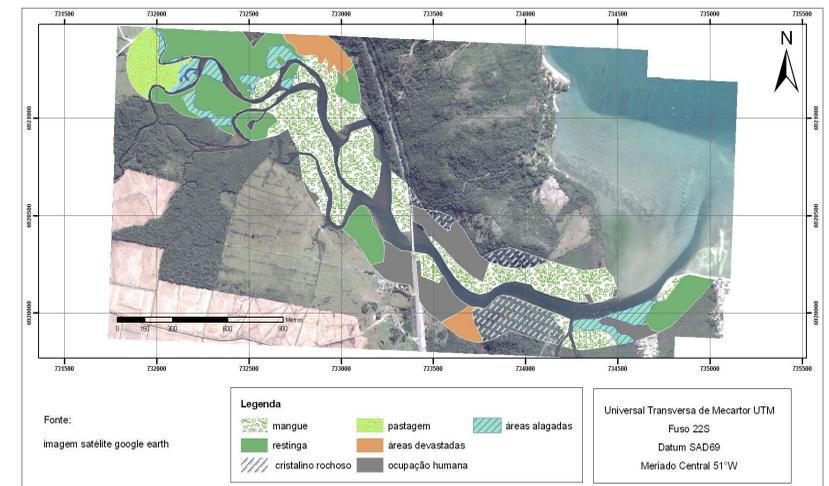


Figura 16 - Mapa de uso do solo



Figura 14 - Trecho de manguezal bem preservado no estuário médio

A transição das espécies típicas de mangue para espécies típicas da restinga acontece de forma gradativa, porém possível de identificação (Figura 15). As espécies vegetais da restinga ocupam aproximadamente 15% das margens estuarinas.

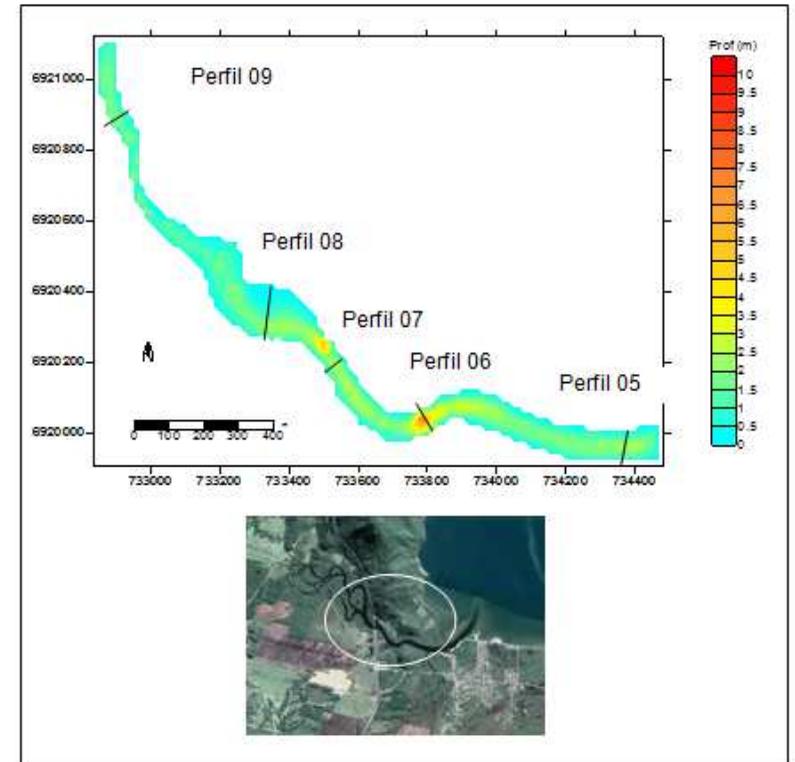


FIGURA 11 - Mapa da distribuição batimétrica no estuário médio

A partir deste trecho, o rio torna-se mais meandrante e o canal de circulação principal migra ora para a margem esquerda, ora para a margem direita, revelando áreas de acreção e erosão (Figura 12). Neste trecho a profundidade média fica em torno de 2 metros.

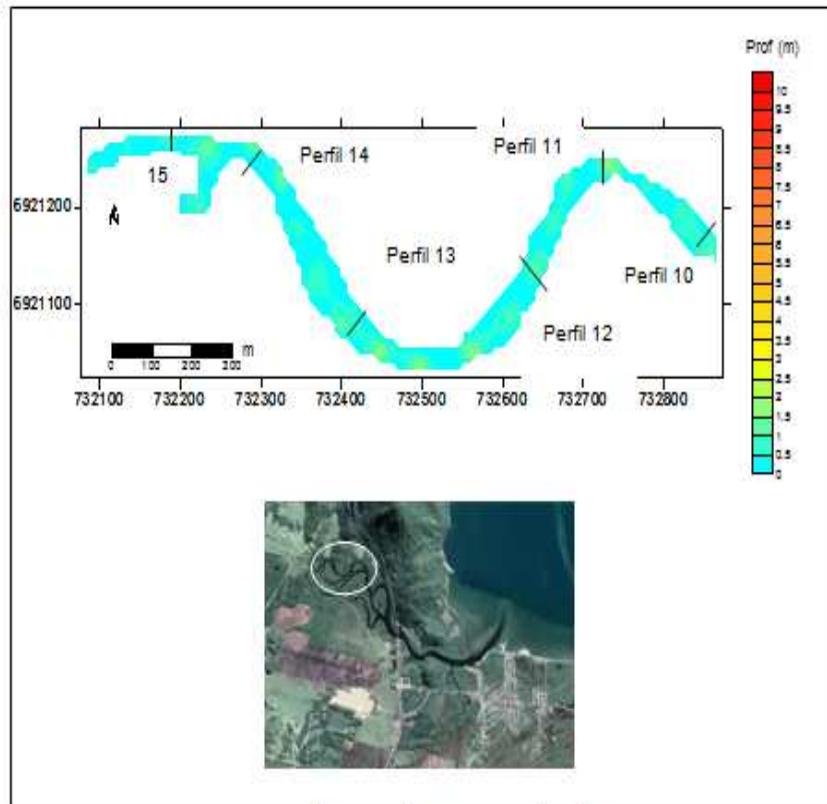


FIGURA 12 - Mapa da distribuição batimétrica no estuário à montante

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MARGENS ESTUARINAS

O uso do solo ao longo das margens do estuário se caracteriza pelo bom estado de preservação da vegetação marginal e restrita ocupação urbana. Somente 5%, aproximadamente, das margens são ocupadas por moradias (Figura 13) ou apresentam devastação da vegetação ciliar.



Figura 13 - Setor com maior presença humana ao longo das margens estuarinas

No setor médio algumas casas ocupam as margens principalmente próximas a BR101 que passa sobre o rio. À partir daí, em direção a montante, encontra-se os bosques de mangue mais bem preservados e de maior porte (Figura 14). As espécies de mangue ocupam a maior parte das margens do estuário, aproximadamente 50%.