EVELYN DA ROCHA MENDES PEREIRA

Aplicabilidade dos Foraminíferos como Organismos Traçadores – Estudo
Aplicado em Duas Regiões Estuarinas Distintas: os Sistemas de Santos e
Cananéia – São Paulo (SP), Brasil.

Tese apresentada ao Instituto
Oceanográfico da Universidade de
São Paulo como parte dos
requisitos para a obtenção do título
de Doutor em Ciências, área de
Oceanografia Biológica.

Orientador: Profa. Dra. Beatriz Beck Eichler

São Paulo
2010

Universidade de São Paulo
Instituto Oceanográfico

Aplicabilidade dos Foraminíferos como organismos traçadores – estudo aplicado em duas
Regiões Estuarinas Distintas: os sistemas de Santos e Cananéia – São Paulo (SP), Brasil.

Evelyn da Rocha Mendes Pereira

Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências, área.
de Biologia.

Julgada em // 2010

Prof(a). Dra. Beatriz Beck Eichler

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii

1.	<i>Introdução</i>
.....	1
1.1 <i>Trabalhos Prévios</i>	2
2.	<i>Objetivos</i>
.....	5
3.	<i>Áreas de Estudo</i>
.....	6
3.1 <i>Sistema Estuarino de Santos – São Vicente e Baía de Santos</i>	6
3.2 <i>Complexo Estuarino Lagunar de Cananéia-Iguape</i>	10
4.	<i>Material e Métodos</i>
.....	12
4.1. <i>Estratégia de amostragem</i>	12
4.2. <i>Coleta</i>	16
4.3 <i>Parâmetros Hidrogeoquímicos</i>	17
4.3.1. <i>Água de Fundo e Temperatura</i>	17
4.3.2. <i>Salinidade</i>	17
4.3.3. <i>pH</i>	17
4.3.4. <i>Oxigênio dissolvido</i>	18
4.3.5. <i>Nutriente e Material em suspensão</i>	18
4.4. <i>Parâmetros sedimentológicos</i>	18
4.4.1. <i>Granulometria</i>	19
4.4.2. <i>Matéria orgânica sedimentar</i>	19
4.4.3. <i>Constituintes orgânicos do sedimento</i>	20
4.4.4. <i>Metais pesados</i>	20
4.5. <i>Coleta e processamento do Material Biológico</i>	21
4.6. <i>Biometria</i>	23
4.7. <i>Forma de Análise dos Resultados</i>	24
5.	<i>Resultados</i>
.....	28
5.1 <i>Parâmetros Hidrogeoquímicos</i>	22
5.1.1 <i>Sistema Estuarino de Santos</i>	28
5.1.1.1. <i>Temperatura</i>	32
5.1.1.2. <i>Salinidade</i>	35
5.1.1.3. <i>Oxigenio dissolvido</i>	37
5.1.1.4. <i>pH</i>	39
5.1.1.5. <i>Nutrientes, Material em suspensão e Matéria orgânica</i>	40
5.1.2 <i>Complexo Estuarino Lagunar de Cananéia</i>	42
5.1.2.1. <i>Temperatura</i>	46
5.1.2.2. <i>Salinidade</i>	48
5.1.2.3. <i>Oxigênio dissolvido</i>	50

5.1.2.1. pH.....	51
5.1.2.5. Nutriente, material em suspensão e matéria orgânica.....	54
5.2 Parâmetros sedimentológicos.....	55
5.2.1 Parâmetros granulométricos.....	55
5.2.1.1 Sistema Estuarino de Santos.....	55
5.2.1.2. Sistema Estuarino de Cananéia.....	60
5.2.2. Constituintes orgânicos.....	63
5.2.2.1. Sistema Estuarino de Santos.....	63
5.2.2.2. Sistema Estuarino de Cananéia.....	70
5.2.3. Metais pesados.....	75
5.2.3.1. Sistema Estuarino de Santos.....	75
5.3. Análise de Componentes Principais (PCA).....	78
5.3.1. Sistema Estuarino de Santos.....	78
5.3.2. Sistema Estuarino de Cananéia.....	82
5.4. Parâmetros Biológicos.....	85
5.4.1 Sistema Estuarino de Santos.....	85
5.4.2. Frequência de Ocorrência.....	113
5.4.3. Análise de Agrupamento.....	113
5.4.4. MDS.....	116
5.4.5. Sistema Estuarino de Cananéia.....	122
5.4.6. Frequência de Ocorrência.....	143
5.4.7. Análise de Agrupamento.....	144
5.5. Biometria.....	152
5.5.1. Sistema estuarino de Santos.....	152
5.5.2. Sistema Estuarino de Cananéia.....	159
6.....	Discussão Geral
.....	164
7.....	Conclusão
.....	177
8.....	Referências
Bibliográficas.	180

Tabelas

Tabela 1: Principais fontes de contaminação industrial para as águas e sedimentos do sistema estuarino de Santos/São Vicente (modificado de Azevedo, 2008).

.....9

Tabela 2: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Santos.....29

Tabela 3: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Santos (SI05).....29

Tabela 4: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Santos (SV06).....30

Tabela 5: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Santos (SI06).....30

Tabela 6: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Santos (SV07).....31

Tabela 7: Dados de nutrientes, matéria orgânica e material em suspensão em Santos (verão) (modificado de Berbel, 2008).....

.....41

Tabela 8: Dados de nutrientes, matéria orgânica e material em suspensão em Santos (inverno) (modificado de Berbel, 2008).....

.....41

Tabela 9: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Cananéia.....43

Tabela 10: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Cananéia (CI05).....44

Tabela 11: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Cananéia (CV06).....44

Tabela 12: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Cananéia (CI06).....45

Tabela 13: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Cananéia (CV07).....45

Tabela 14: Dados de nutriente, matéria orgânica e material em suspensão em Cananéia (verão)

(modificado de Berbel, 2008).....54

Tabela 15: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Santos (SI05).....54

Tabela 16: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Santos (SV06).....	56
Tabela 17: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Santos (SI06).....	56
Tabela 18: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Santos (SV07).....	57
Tabela 19: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Cananéia (CI05).....	60
Tabela 20: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Cananéia (CV06).....	61
Tabela 21: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Cananéia (CI06).....	61
Tabela 22: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Cananéia (CV07).....	61
Tabela 23: Constituintes orgânicos do sedimento em Santos (SI05).....	63
Tabela 24: Constituintes orgânicos do sedimento em Santos (SV06).....	64
Tabela 25: Constituintes orgânicos do sedimento em Santos (SI06).....	65
Tabela 26: Constituintes orgânicos do sedimento em Cananéia (CI05).....	70
Tabela 27: Constituintes orgânicos do sedimento em Cananéia (CV06).....	71
Tabela 28: Constituintes orgânicos do sedimento em Cananéia (CI06).....	71
Tabela 29: Valores médios, mínimos e máximos dos teores de mercúrio total (Hg) na fração sedimentar menor que 0,06µm, para os setores amostrados sazonalmente no sistema estuarino de em Santos (modificado de Azevedo, 2008).....	76
Tabela 30: Valores médios, mínimos e máximos dos teores de mercúrio total (Hg) na fração sedimentar menor que 0,06µm, para os setores amostrados sazonalmente no sistema estuarino de em Santos (modificado de Azevedo, 2008).....	77
Tabela 31: Concentração (mg.kg ⁻¹) dos elementos metálicos nas amostras de sedimentos por ativação neutrônica em Cananéia (modificado de Amorin <i>et al.</i> , em prep).....	78

Tabelas 32 e 33: Valores da variância e variância acumulada da análise de componentes principais, bem como do coeficiente linear das componentes utilizadas (SI05 e SV06).....	80
Tabelas 34 e 35: Valores da variância e variância acumulada da análise de componentes principais, bem como do coeficiente linear das componentes utilizadas (SI05 e SV06).....	81
Tabelas 36 e 37: Valores da variância e variância acumulada da análise de componentes principais, bem como do coeficiente linear das componentes utilizadas (CI05 e CV06).....	81
Tabelas 38 e 39: Valores da variância e variância acumulada da análise de componentes principais, bem como do coeficiente linear das componentes utilizadas (SI05 e SV06).....	84
Tabela 40: Frequência absoluta de foraminíferos em Santos (SI05). (*) espécies significativas > 1%.....	86
Tabela 41: Frequência absoluta de foraminíferos em Santos (SV06). (*) espécies significativas > 1%.....	87
Tabela 42: Frequência absoluta de foraminíferos em Santos (SI06). (*) espécies significativas > 1%.....	88
Tabela 43: Frequência absoluta de foraminíferos em Santos (SV07). (*) espécies significativas > 1%.....	89
Tabela 44: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Santos (SI06). (*) espécies significativas > 1%.....	91
Tabela 45: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Santos (SV06). (*) espécies significativas > 1%.....	92
Tabela 46: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Santos (SI06). (*) espécies significativas > 1%.....	93
Tabela 47: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Santos (SV07). (*) espécies significativas > 1%.....	94
Tabela 48: Descritores populacionais das estações de Santos.	94
Tabela 49: Frequência absoluta de foraminíferos em Cananéia (CI05). (*) espécies significativas > 1%.....	124
Tabela 50: Frequência absoluta de foraminíferos em Cananéia (CV06). (*) espécies significativas > 1%.....	125
Tabela 51: Frequência absoluta de foraminíferos em Cananéia (CI06). (*) espécies significativas > 1%.....	126
Tabela 52: Frequência absoluta de foraminíferos em Cananéia (CI06). (*) espécies significativas > 1%.....	127
Tabela 53: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Cananéia (CI05). (*) espécies significativas > 1%.....	129

Tabela 54: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Cananéia (CV06). (*) espécies significativas > 1%.....	130
Tabela 55: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Cananéia (CI06). (*) espécies significativas > 1%.....	131
Tabela 56: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Cananéia (CV07). (*) espécies significativas > 1%.....	132
Tabela 57: Descritores populacionais das estações de Cananéia (CI05, CV06, CI06 e VC07).	133

Figuras

Figura 1: Localização da área de estudo em Santos.....	06
Figura 2: Localização da área de estudo em Cananéia.....	10
Figura 3: Mapas de estudos de Santos e Cananéia.....	15
Figura 4: Embarcações utilizadas para coletas em Santos e Cananéia.....	16
Figura 5: Garrafa coletora gow-flo com termômetro de reversão acoplado.....	17
Figura 6: coleta de sedimento com Van veen.....	21
Figura 7: Lâmina de fundo preto.....	22
Figura 8: Eixos mensurados na biometria.....	24
Figura 9: Pluviosidade média obtida de junho de 2005 a junho de 2006 para a região de Santos (Fonte: CEPTEC).....	28
Figura 10: Variação sazonal da profundidade na região estuarina de Santos.....	31
Figura 11: Variação sazonal da temperatura na região estuarina de Santos.....	32
Figura 12: Gradiente de distribuição da temperatura na região de Santos.....	34
Figura 13: Variação sazonal da salinidade na região estuarina de Santos.....	35
Figura 14: Gradiente de distribuição da salinidade na região de Santos.....	36

Figura 15: Variação sazonal do oxigênio dissolvido na região estuarina de Santos.....	37
Figura 16: Gradiente de distribuição de oxigênio dissolvido na região de Santos.....	38
Figura 17: Variação sazonal do pH na região estuarina de Santos.....	39
Figura 18: Gradiente de distribuição de pH na região de Santos.....	40
Figura 19: Distribuição espacial de clorofila a na região de Santos.....	42
Figura 20: Pluviosidade média obtida de junho de 2005 a junho de 2006 para a região de Cananéia (Fonte: CEPTEC).....	43
Figura 21: Variação sazonal da temperatura na região estuarina de Cananéia.....	46
Figura 22: Gradiente de distribuição da temperatura na região de Cananéia.....	47
Figura 23: Variação sazonal da salinidade na região estuarina de Cananéia.....	48
Figura 24: Gradiente de distribuição da salinidade na região de Cananéia.....	49
Figura 25: Variação sazonal de oxigênio dissolvido na região estuarina de Cananéia.....	50
Figura 26: Gradiente de distribuição de oxigênio dissolvido na região de Cananéia.....	51
Figura 27: Variação sazonal de pH na região estuarina de Cananéia.....	52
Figura 28: Gradiente de pH na região de Cananéia.....	53
Figura 29: Distribuição espacial de clorofila a na região de Cananéia.....	55
Figura 30: Gradiente de distribuição da areia na região de Santos.....	58
Figura 31: Gradiente de distribuição de lama (silte + argila) na região de Santos.....	59
Figura 32: Gradiente de distribuição de areia na região de Cananéia.....	62

Figura 33: Gradiente de distribuição de lama (silte + argila) na região de Cananéia.....	63
Figura 34: Teores de Corg na região de Santos.	66
Figura 35: Teores de Nitrogênio na região de Santos.	67
Figura 36: Teores de Enxofre na região de Santos.	68
Figura 37: Distribuição dos valores da razão C/N em Santos.	69
Figura 38: Distribuição dos valores da razão C/S em Santos.	70
Figura 39: Teores de Corg na região de Cananéia.	72
Figura 40: Teores de Nitrogênio na região de Cananéia.	73
Figura 41: Teores de Enxofre na região de Cananéia.	74
Figura 42: Distribuição dos valores da razão C/N em Cananéia.	74
Figura 43: Distribuição dos valores da razão C/S em Cananéia.	75
Figura 44: Distribuição das médias de mercúrio (ng.g^{-1}) em Santos.....	77
Figura 45: Distribuição das médias de mercúrio (ng.g^{-1}) em Cananéia.....	77
Figura 46: Agrupamento das estações na Análise de Componentes Principais (PCA) em Santos.	79
Figura 47: Agrupamento das estações na Análise de Componentes Principais (PCA) em Santos.	82
Figura 48: Número absoluto de indivíduos triados na região de Santos.	85
Figura 49: Número de indivíduos vivos triados na região de Santos.	90
Figura 50: Número de indivíduos vivos por estação na região de Santos.	90

Figura 51: Distribuição temporal dos valores de diversidade em Santos.....	95
Figura 52: Distribuição temporal dos valores de riqueza em Santos.....	96
Figura 53: Distribuição temporal dos valores de dominância em Santos.....	97
Figura 54: Distribuição sazonal de <i>Ammonia tepida</i>	98
Figura 55: Distribuição sazonal de vivos de <i>Ammonia tepida</i>	98
Figura 56: Gradiente de distribuição de <i>A. tepida</i> na região de Santos.....	99
Figura 57: Distribuição sazonal de <i>P. atlanticum</i> na região de Santos.....	100
Figura 58: Distribuição sazonal de <i>P. atlanticum</i> vivos na região de Santos.....	100
Figura 59: Gradiente de distribuição de <i>P. atlanticum</i> na região de Santos.....	101
Figura 60: Distribuição sazonal de <i>B. striatula</i> vivos na região de Santos.....	102
Figura 61: Distribuição sazonal de <i>B. striatula</i> vivos na região de S.....	102
Figura 62: Gradiente de distribuição de <i>B. striatula</i> na região de Santos.....	103
Figura 63: Distribuição sazonal de <i>B. elegantissima</i> na região de Santos.....	104
Figura 64: Distribuição sazonal de <i>B. elegantissima</i> vivos na região de Santos.....	104
Figura 65: Gradiente de distribuição de <i>B. elegantissima</i> na região de Santos.....	105
Figuras 66 e 67: Distribuição sazonal de <i>Elphidium</i> ssp. na região de Santos.....	106
Figuras 68 e 69: Distribuição sazonal de <i>Elphidium</i> ssp.vivos na região de Santos.....	107
Figura 70: Gradiente de distribuição de <i>E. poeyanum</i> na região de Santos.....	108

Figuras 71: Distribuição sazonal de <i>P.cananeiaensis</i> na região de Santos.....	109
Figuras 72: Distribuição sazonal de <i>P.cananeiaensis</i> vivos na região de Santos.....	109
Figura 73: Gradiente de distribuição de <i>Pararotalia</i> sp. na região de Santos.....	110
Figuras 74: Distribuição sazonal de <i>Q. seminulum</i> na região de Santos.....	111
Figuras 75: Distribuição sazonal de <i>Q. seminulum</i> vivos na região de Santos.....	111
Figura 76: Gradiente de distribuição de <i>Q. seminulum</i> na região de Santos.....	112
Figuras 77: Dendograma do agrupamento (modo R) das espécies de foraminíferos em vivos de Santos.....	114
Figuras 78: Dendograma do agrupamento (modo R) das espécies de foraminíferos em vivos de Santos.....	115
Figuras 79: Dendograma do agrupamento (modo R) das espécies de foraminíferos em vivos de Santos.....	116
Figuras 80: Dendograma do agrupamento (modo R) das espécies de foraminíferos em vivos de Santos.....	117
Figura 81: MDS das estações em Santos (S1, S2 e S3).....	118
Figura 82: MDS (Distância euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha SI05.....	119
Figura 83: MDS (Distância euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha SV06.....	119
Figura 84: MDS (Distância euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha SI06.....	121
Figura 85: MDS (Distância euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha SV07.....	122
Figura 86: Número absoluto de indivíduos triados na região de Cananéia.....	128
Figura 87: Número absoluto de indivíduos vivos triados na região de Cananéia.....	128

Figura 88: Número absoluto de indivíduos vivos por amostra na região de Cananéia.....	133
Figuras 89: Distribuição da Diversidade em Cananéia.....	133
Figura 90: Distribuição da riqueza em Cananéia.....	134
Figura 91: Distribuição da riqueza em Cananéia.....	135
Figura 92: Distribuição sazonal de <i>A. tepida</i> na região de Cananéia.....	135
Figuras 93: Distribuição sazonal de <i>A. tepida</i> vivos na região de Cananéia.....	136
Figura 94: Gradiente de distribuição de <i>A. tepida</i> na região de Cananéia.....	137
Figuras 95: Distribuição sazonal de <i>P. cananeiaensis</i> na região de Cananéia.....	138
Figura 95: Gradiente de distribuição de <i>P. cananeiaensis</i> na região de Cananéia.....	139
Figuras 96: Distribuição sazonal de <i>G. exillis</i> na região de Cananéia.....	141
Figura 97: Gradiente de distribuição de <i>G. exillis</i> na região de Cananéia.....	141
Figuras 98: Distribuição sazonal de <i>S. lobata</i> na região de Cananéia.....	142
Figuras 99: Distribuição sazonal de <i>S. lobata</i> vivos na região de Cananéia.....	142
Figura 100: Gradiente de distribuição de <i>S. lobata</i> na região de Cananéia.....	143
Figura 101: Dendograma da análise de agrupamento entre espécies (Bray-Curtis) em Cananéia (CI05)...	144
Figura 102: Dendograma da análise de agrupamento entre espécies (Bray-Curtis) em Cananéia (CV06)...	145
Figura 103: Dendograma da análise de agrupamento entre espécies (Bray-Curtis) em Cananéia (CI06)...	146
Figura 104: Dendograma da análise de agrupamento entre espécies (Bray-Curtis) em Cananéia (CV07)...	147
Figura 105: MDS das estações em Cananéia (CI05, CV06, CI06, CV07).....	148

Figura 106: MDS (distância euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha CI05.... 149

Figura 107: MDS (distância euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha CV06.... 150

Figura 108: MDS (distância euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha CI06.... 151

Figura 109: MDS (distância euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha CV07... 152

Figura 110: Distribuição dos diâmetros médios pelas classes métricas de *Ammonia tepida* em Santos.....153

Figura 111: Distribuição das classes métricas de *Ammonia tepida* em Santos.....154

Figura 112 e 113: Distribuição das classes métricas de *Ammonia tepida* por estação em Santos, inverno e verão.155

Figura 114: Distribuição dos diâmetros médios pelas classes métricas de *Pararotalia cananeiaensis* em Santos....156

Figura 115: Distribuição das classes métricas de *Pararotalia cananeiaensis* em Santos.....154

Figura 116 e 117: Distribuição das classes métricas de *Pararotalia cananeiaensis* por estação em Santos, inverno e verão.155

Figura 118: Distribuição dos diâmetros médios pelas classes métricas de *Pararotalia cananeiaensis* em Cananéia.... 159

Figura 119: Frequência das classes métricas de *A. tepida* em Cananéia..... 160

Figura 120: Distribuição das classes métricas de *Pararotalia cananeiaensis* por estação em Cananéia, inverno e verão.161

Figura 121: Distribuição dos diâmetros médios pelas classes métricas de *Pararotalia cananeiaensis* em Cananéia....162

Figura 122: Frequência das classes métricas de *A. tepida* em Cananéia..... 160

RESUMO

O presente estudo compreendeu a caracterização dos estuários de Santos/São Vicente e Cananéia quanto aos processos naturais e antrópicos; e o estudo de traçadores biológicos - foraminíferos. Estas regiões foram escolhidas, sobretudo devido ao antagonismo no que tange o impacto antrópico e, ainda, à sua complexidade ambiental. Os resultados hidrogeoquímicos, nutrientes e concentração de metais confirmaram a maior influência humana no estuário de Santos/São Vicente, principalmente na área mais interna do sistema, em comparação com a baixa influência antropogênica do estuário de Cananéia. A distribuição dos foraminíferos bentônicos como traçadores do gradiente de tensão ecológica (natural e antrópica) foi discutida a partir da análise de amostras coletadas nos sedimentos superficiais dos estuários, comparando-se a fauna, porém, sem desconsiderar as divergências espaciais das áreas em questão. Amostras foram coletadas para realização de análise qualitativa e quantitativa, além da análise micrométrica das testas dos foraminíferos. Os resultados obtidos revelaram que a distribuição das associações de foraminíferos refletiu o padrão natural em Cananéia, no que diz respeito tanto a abundância quanto ao tamanho específico. Os dados biométricos revelaram que a região de Cananéia concentra os maiores diâmetros médios, que estão sempre associados com as campanhas de inverno. Tal fato evidencia que a matéria orgânica elevada no verão contribui para o aumento da população e não de tamanho médio de organismos. Isso demonstra um esforço reprodutivo que provavelmente visa aproveitar a disponibilidade de alimento do verão. Outros resultados pertinentes foram: estabelecimento das espécies *Buliminella elegantissima* e *Pararotalia cananeaensis* em locais que não são correspondentes no que diz respeito às características ambientais, denotando a plasticidade destas espécies em traçar uma rota de transporte e estabelecimento, que geralmente está relacionado à deposição da matéria orgânica. A partir dos dados obtidos pode-se concluir que os foraminíferos se comportam de maneira singular, de acordo com o tensor que está regendo seu estabelecimento, e através da análise de sua distribuição, foi possível inferir se um tensor antrópico ou ambiental influenciou o estabelecimento de espécies de foraminíferos nos estuários de Santos e Cananéia.

Palavras chave: Foraminíferos, estuários, bioindicadores, Santos, Cananéia, biometria.

ABSTRACT

This study had as a goal to characterize two estuaries, Santos/São Vicente and Cananéia, regarding to natural and anthropogenic parameters. Besides that, the biological trace elements – foraminiferal assemblage. The study has been held along the two estuarine areas, and both of them have shown bio-geographical patternal patches. These study areas were chosen in accordance with their antagonist impact approach and their environmental complexity. Among the advantages on developing studies that uses bioindicators to evaluate na environmental quality patterns, it is evident the large amount of experiments on the water and sediments that these areas are constantly under over than three decades. The hydrochemical results, organic content and heavy metal confirm the human influence at Santos estuary, mainly in the internal áreas, in comparison with the low rate anthropogenic influence from Cananéia estuary. Foraminiferal distribution as a ecológica tracer, both natural and human made, was discussed from sediment samples from both áreas, but always concerning about the oceanographic differences. Samples were picked up aldo to biometric analysis on the foraminiferal shells. Results show that foraminiferal distribution follows the natural patterns as the first way, both relating to abundance and size. Biometric data revealed that the largest diameter average was always associated with the winter samples. It is such evidence that the high level of organic matter contributes incrising the population, but no longer raising its diameter size. This is a sight for a reproductive effort in order to not miss out food availability during the summer. Another relevant result is: *Buliminella elegantissima* and *Pararotalia cananeiaensis* establishment in areas where they wouldnt normally settle down, denoting they do not correspond with the same variable in both study areas. This fact evidences the plasticity of these species on fitting different environment characteristic in order to establish and to reproduce. This is generally associated with organic matter deposition and makes foraminiferal distribution a singular pattern that allows determining a natural or an anthropogenic influence.

Key words: Foraminifera, estuariers, bioindicators, Santos, Cananéia, biometry.

1. Introdução.

Os ecossistemas costeiros contêm uma grande biodiversidade, porém estão sujeitos aos muitos fatores estressantes inerentes tanto aos fatores físico-químicos que regem estes biomas, como àqueles causados por fatores antropogênicos. Conservar tais ambientes requer profundo conhecimento não apenas das espécies ocorrentes, mas do funcionamento do sistema e sua interação com a biota.

Descrever e mensurar o funcionamento de um ecossistema é muito complexo, principalmente considerando as diferenças de opinião na comunidade científica acerca do significado dos conceitos utilizados (Hooper *et al.*, 2005). Contudo, é irrefutável a multidisciplinaridade para a correta interpretação de um dado sistema ecológico, já que este apenas é factível devido às suas interrelações.

Neste contexto, a análise de organismos traçadores foi desenvolvida com o propósito de prover a descrição de múltiplos aspectos do funcionamento de um ecossistema caracterizada pela componente biológica (Bremner, 2008). Tal metodologia consiste em utilizar espécies como indicadores dos mecanismos de um sistema e analisar sua ocorrência em associações (Diaz e Cabido, 2001).

Uma vez estabelecidos, os organismos traçadores são agrupados em categorias (e.g. hábitos alimentares, filtradores, decompositores). Cada organismo então é nivelado de acordo com sua expressão dentro de cada categoria. Os mais significativos de cada categoria são utilizados como espécie traço.

Este tipo de estudo possui duas aplicações principais: 1) avaliar os efeitos de atividades antrópicas e 2) subsequente manejo de estratégias para prever mudanças ambientais. Além disso, estudos como estes contribuem para identificar modificações em associações biológicas sob diferentes níveis de estresse antropogênico (Bremner, 2008). No âmbito ecológico, tal análise permite maior rapidez na coleta e processamento de material (biológico), o que possibilita aprofundamento das análises e melhor compreensão do ambiente em questão.

Com exceção de dois trabalhos publicados considerando a relação de organismos traço com metais pesados (Rachello-Dolmen e Cleary, 2007 e Cooper *et al.*, 2008), o estudo de traços biológicos em análises ambientais ainda é primário e requer investigação.

Apesar da complexidade espacial e temporal inerentes às características ambientais, principalmente em relação à sazonalidade e aos ciclos de marés, que regem os sistemas estuarinos, o estudo da fauna de foraminíferos apresentou bons

resultados no que diz respeito à avaliação ambiental (Murray e Alve, 2000; Debenay *et al.*, 2006).

Os foraminíferos ocupam um lugar de destaque nos ciclos biogeoquímicos dos compostos orgânicos e inorgânicos, o que lhes confere extrema importância e utilidade em estudos sobre avaliação de um ecossistema natural ou impactado (Haynes, 1981; Lee e Anderson, 1991; Yanko *et al.*, 1999, Frontalini *et al.*, 2008). Além disso, a maioria dos foraminíferos secreta uma carapaça carbonática que se preserva muito bem, sendo consistente evidência de estresse ambiental ao longo de um período de tempo.

A distribuição dos foraminíferos bentônicos recentes em ambientes parálicos tem sido bem documentada, estabelecendo-se uma fauna característica de tais locais, incluindo muitas espécies cosmopolitas (Murray, 1991; Culver e Horton, 2005; Hayward *et al.*, 1996; Debenay, *et al.* 1996). A maioria dos autores considera a salinidade como o parâmetro mais influente na distribuição dos foraminíferos. O padrão de tamanho dos espécimens também é utilizado para reconhecer as diferentes fases reprodutivas (Murray, 1973; Cearreta, 1988), porém, somente quando estudado dentro de classes de tamanho fornecem dados estatísticos válidos (Bonetti, 2000; Pereira, 2004).

Além destes critérios, anomalias morfológicas foram reportadas como indicação à poluição, uma vez que a proporção de testas malformadas aumenta consideravelmente em áreas sujeitas à poluição, principalmente por metais pesados (Sharifi *et al.*, 1991; Alve, 1991; Yanko *et al.*, 1994, 1998; Alve, 1995; Samir, 2000). A despeito, outros autores (Pereira, 2004; Bonetti, 2000) não observaram relação significativa entre as malformações das carapaças e os parâmetros abióticos. A problemática reside no fato de que tanto fatores naturais como antrópicos podem ser responsáveis pelo crescimento anormal das carapaças. Murray (1991) ressalta que alterações morfológicas nas testas de foraminíferos relacionam-se às mudanças bruscas de temperatura e Geslin *et al.* (1999) atribui as deformações nas carapaças de foraminíferos às condições estressantes, como carga de poluentes.

Contextualizando o estudo de foraminíferos com a análise ambiental através de organismos traçadores, a avaliação análoga de diferentes ambientes fornece uma satisfatória informação da maneira pela qual o ambiente pode se modificar (Bremner, 2008). Assim, o presente estudo pretende avaliar a utilização de foraminíferos como organismos traçadores em análises ambientais.

A hipótese levantada nesta pesquisa parte integrante de uma tese de doutoramento é:

Os foraminíferos podem ser considerados e utilizados como organismos traçadores em análises ambientais já que atuam como bioindicadores pontuais.

Dentro desta hipótese principal, duas derivações serão testadas:

- a) Há espécies diretamente relacionadas a um determinado tensor antrópico que podem se expressar tanto pela alta abundância como pela ausência.
- b) As espécies resistentes apresentam tamanho reduzido como estratégia reprodutiva para manutenção da população.

1.1. Trabalhos Prévios.

O estudo de foraminíferos do litoral do Brasil, feito por pesquisadores brasileiros, iniciou-se na década de 50, com o trabalho de Carvalho e Chermont (1952), que realizaram o levantamento taxonômico destes organismos na costa do estado de São Paulo. A partir de então diversos estudos foram realizados, enfatizando-se a taxonomia (Tinoco, 1955, 1959; Closs e Madeira, 1966; Madeira, 1969).

O interesse ecológico sobre os foraminíferos começou a aumentar e, entre os trabalhos taxonômicos, surgem estudos como de Closs e Barberena (1962a; 1962b), que discutiram quali e quantitativamente as relações ecológico-faunísticas daqueles organismos nas regiões do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Neste contexto podem ser citados Closs (1964), Closs e Madeira (1967).

Trabalhos enfocando foraminíferos em áreas marinhas, costeiras e confinadas e ainda ambientes de mangues também têm sido desenvolvidos no Brasil. Podemos citar Zaninetti *et al.* (1977) que fizeram estudos quantitativos dos foraminíferos de manguezais da região de Guaratiba e Baía de Sepetiba. Destacam-se também os trabalhos de Brönnimann (1978; 1979; 1980); Brönnimann e Beurlen (1977a; 1977b) e Brönnimann & Dias-Britto (1982) que reafirmaram a importância dos foraminíferos nos estudos ecológicos de regiões costeiras.

No âmbito costeiro, a região esturino-lagunar de Cananéia foi estudada por Bonetti (1995), que abordou os aspectos naturais da microfauna, correlacionando com fatores naturais do ambiente. Duleba (1997) estudou a mesma região com intuito de estabelecer um modelo de distribuição paleoecológica dos foraminíferos e tectamebas. Debenay *et al.* (1996) avaliaram os foraminíferos em Cananéia (SP) e a lagoa da Conceição (SC) no tocante à estratificação. Além destes, há os trabalhos de Eichler *et al.* (1995), Eichler (1996); Eichler *et al.* (1997), na mesma região, que tratam da relação dos foraminíferos com o impacto ecológico do Valo Grande, barragem que foi rompida

no século passado e que demarcou uma mudança em muitos padrões oceanográficos da região.

Estudos em regiões estuarinas foram ainda realizados por Debenay *et al.* (2000), que também avaliaram a região de Cananéia-Iguape; Eichler *et al.* (1998, 2000), e estabeleceram bioindicadores da influência de água doce no Canal de Bertioga e Debenay *et al.*, (2006), que avaliaram a distribuição espaço-temporal de foraminíferos em relação à dinâmica estuarina. Recentemente, Horton e Murray (2006) relacionaram parâmetros ambientais aos foraminíferos do estuário de Tess, no Reino Unido e Eichler *et al.* (2007) classificaram biofácies no canal estuarino de Bertioga a partir das associações de microfósseis.

Resig (1960) e Watkins (1961) iniciaram os estudos envolvendo poluição utilizando foraminíferos bentônicos como indicadores no sul da Califórnia. A partir de então, muitos trabalhos têm focado os efeitos de vários tipos de fontes de poluição em ambientes marginais variados (Henriquez *et al.*, 1978; Setty, 1982; Setty e Nigam, 1982; Alve, 1991; Le Cadre e Debenay, 2006; Burone *et al.*, 2007; Frontalini e Coccioni, 2008). Dentre os trabalhos, uma parcela preocupa-se com a poluição por óleo e metais pesados (Alve, 1995; Samir e El-bin, 2000; Cearreta *et al.*, 2000; Châtelet *et al.*, 2004), enquanto os outros tratam da poluição orgânica (Abramson *et al.*, 2002; Pereira *et al.*, 2003).

Estudos feitos por Nagy e Alve (1987), Alve (1991), Yanko *et al.* (1994), Vilela *et al.*, (2001), entre outros, mostraram que a distribuição de foraminíferos é afetada pelo enriquecimento de material orgânico no sedimento, aumento de descargas de metais pesados e outras contaminações antrópicas. Burone *et al.* (2006) observaram os efeitos da poluição em foraminíferos do estuário do Rio da Prata e Eichler *et al.* (2008) estudaram a relação dos foraminíferos com os nutrientes na plataforma continental argentina.

Tommasi (1985) foi um dos pioneiros nos estudos na região da Baixada Santista e, recentemente, Matos (2002) analisou PCBs e pesticidas dos sedimentos da baía e estuário de Santos. Lamparelli *et al.* (2001) compilou relatórios técnicos acerca do monitoramento das águas marinhas, incluindo o litoral santista, para agência ambiental CETESB e Bicego *et al.* (2006) efetuaram um levantamento da contaminação nos sedimentos do sistema estuarino de Santos. Finalmente, Martins *et al.* (2007) analisaram os hidrocarbonetos do sistema estuarino de Santos. Acredita-se que a exposição dos foraminíferos aos poluentes da região de Santos tem causado alterações

em sua biologia, representados por modificações na taxa de crescimento, maturidade sexual, alteração na estrutura das carapaças e em sua morfologia (Bonetti, 2000; Teodoro, 2006).

Vários organismos marinhos vêm sendo utilizados em estudos ambientais como biomonitores de contaminação (Carvalho *et al.*, 1993). Estes organismos possuem a capacidade de acumular metais em altas concentrações, muitas vezes superiores às encontradas na água, participando assim, na dinâmica destes poluentes (Lacerda *et al.*, 1985). Em comparação com o sedimento, a utilização de organismos tem como principal interesse fornecer informações sobre a fração biodisponível de poluentes (Karez *et al.*, 1994).

Trabalhos realizados em ambientes poluídos demonstram que alterações ambientais podem deformar as carapaças de foraminíferos (Herricks e Shaeffer, 1985). O estudo dos efeitos antrópicos sobre a morfologia das carapaças ganhou mais atenção nos últimos dez anos (Yanko *et al.*, 1998; Geslin *et al.*, 1998, 2002; Le Cadre *et al.* 2003), porém este assunto ainda é muito discutível e merece maior atenção dos pesquisadores.

2. Objetivos.

A partir da hipótese sugerida a priori serão estudadas analogamente as associações de foraminíferos em dois ambientes ecologicamente distintos, com impactos antrópicos antagônicos e relacionando-se à ciclagem da matéria orgânica e metais pesados. Os objetivos específicos são:

- Observar as mudanças sazonais na estrutura da comunidade de foraminíferos em dois períodos (inverno e verão), durante dois anos consecutivos;
- Analisar padrões de biodiversidade que auxiliam no reconhecimento de variações na distribuição das espécies;
- Observar mudanças na dinâmica e estrutura dos foraminíferos em relação à variação na composição da matéria orgânica (ambiente fortemente impactado e fracamente impactado);
- Observar mudanças na dinâmica e estrutura dos foraminíferos em relação a alguns tensores antrópicos, como metais pesados.
- Observar se há influência dos tensores ambientais e antrópicos na morfometria das testas.

- Analisar, através da biometria das espécies, se há influência dos tensores analisados na formação e desenvolvimento das carapaças.
- Testar a acurácia da resposta dos foraminíferos através de campanha teste.
- Utilizar, para complementação dos dados, análises de rotina e traçar a partir dos dados coletados um perfil do ecossistema das regiões de interesse, Santos e Cananéia.

3. Áreas de Estudo.

3.1. Sistema Estuarino de Santos.

A cidade de Santos está localizada no litoral do Estado de São Paulo, sob o Trópico de Capricórnio, a 23°56'27" de latitude sul e 45°19'48" de longitude (fig. 1).

Figura 1: Localização da área de estudo em Santos.

Situada no litoral do estado de São Paulo, faz limite ao norte com Santo André, Mogi das Cruzes e Salesópolis, ao sul com o Oceano Atlântico e ilha de Santo Amaro (onde fica o Guarujá), ao leste com Bertioga, ao oeste com Cubatão e São Vicente. A área de Santos é de 271 km² sendo que deste total, 39,4 km² (parte insular) é a área da sede Municipal, situada na Ilha de São Vicente, estando o restante, 231,6 km² situado na parte continental.

A baixada santista constitui uma unidade diferenciada dentro do contexto regional, tanto nas suas características físicas como no processo de ocupação humana (Ribeiro Neto e Oliveira, 1989).

A planície costeira é constituída, principalmente, por sedimento arenoso, com depósitos silte-arenosos, fluvio-lagunares e de mar raso (fundo da baía). De acordo com Fúlfaro e Ponçano (1976), predominam os sedimentos silte-fino, graduando até areia muito fina, configurando em princípio, um ambiente com baixa energia. A distribuição dos sedimentos de fundo da baía é caracterizada por dois setores distintos: um a oeste, onde prevalecem as areias; e outro a leste, com predominância de sedimentos finos. Ambos relacionam-se à circulação das águas na região. Fúlfaro e Ponçano (1976) observaram ainda que na região leste, onde há maior predomínio das correntes fluviais, concentra-se a maioria dos detritos carregados com suspensão proveniente do estuário. Assim, a região sofre bastante influência de material terrígeno, recebendo grande quantidade de substâncias orgânicas em suas águas, destacando-se os ácidos húmicos oriundo do ecossistema manguezal adjacente.

Os rios são canalizados na parte insular. Na parte continental, os rios formam meandros, sendo os mais importantes os rios Quilombo, Jurubatuba, Diana e Cabuçu. A região da baía de Santos conecta-se ao estuário de Santos e São Vicente, que por sua vez, são delimitados por um conjunto de mananciais provenientes das encostas da serra. A circulação na baía apresenta um padrão definido, com uma porção oeste sendo fortemente influenciada pelo regime de marés e uma porção leste, próxima à saída do canal de Santos, onde a drenagem continental prevalece (FUNDESPA, 1993). A influência marinha da região oeste, caracterizado pela ocorrência do sedimento mais grosso, foi observada por Braga *et al.* (2000), através dos valores de pH obtidos para aquela região (entre 8.0 e 8.2). Ainda, no centro da baía é possível observar um sistema que depende das correntes, obedecendo a um modelo de circulação anti-horária ao redor da linha de costa durante a baixa-mar e, durante a preamar, uma forte corrente vinda da costa no meio da baía, em direção a alto mar. Portanto, a baía de Santos se enquadra em um tipo de circulação não restrita, de contato vertical, governada principalmente pelas correntes de maré. Pritchard (1952) classificou o sistema estuarino de Santos como sendo de planície costeira, com salinidade variando entre 31 e 33ups, onde a maré predominante é semi-diurna.

A baixada santista apresenta caracterização climática bastante individualizada (Santos, 1965), com clima tropical quente e úmido, sem estação seca, com altos índices de precipitação. A temperatura média anual é superior 20°, sendo que o máximo ocorre em fevereiro (29,4°C) e o mínimo em julho (14,6°C) (FUNDESPA, 1994). A variação batimétrica da baía de Santos oscila entre 1 e 10m.

Os problemas relacionados à poluição decorrem do intensivo desenvolvimento industrial (Lamparelli *et al.*, 1993). Cerca de 100.000 kg de poluentes como zinco, mercúrio e fenóis são mensalmente descartados no estuário (Zanardi *et al.*, 2000). As descargas domésticas e outros poluentes orgânicos somam mais de 369.038 m³ por dia (MMA, 2001). O Pólo Industrial, localizado na cidade de Cubatão, que na década de 80 já foi considerada a cidade mais poluída do mundo, é responsável pela liberação no ambiente de vários compostos, principalmente os derivados de petróleo, metais pesados e compostos orgânicos (Lamparelli *et al.*, 2001; Hortellani *et al.*, 2005; Bicego *et al.*, 2006).

Adicionalmente, Santos abriga o maior porto comercial da América Latina, o que representa uma potencial fonte de poluição. Devido às intensas atividades portuárias, mais de 5000 toneladas de sedimento necessitam ser dragadas todo ano (Lamparelli *et al.*, 1993). A tabela 1 lista as principais atividades relacionadas ao Pólo Industrial de Cubatão, assim como seus respectivos produtos e contaminantes que são lançados na porção mais interna do estuário de Santos/São Vicente.

Tabela 1: Principais fontes de contaminação industrial para as águas e sedimentos do sistema estuarino de Santos/São Vicente (modificado de Azevedo, 2008).

Indústria	Produção	Contaminante
Carbocloro	Cloro, soda	Fenóis, solventes halogenados, Cr
CBE	Estireno	N, fenóis, solventes aromáticos, Cu, Cr, Hg, Zn
Cia Santista de Papel	Papel	Fenóis, Cd, Cu, Cr, Mn, Hg, Ni, Zn
CIEL	Coque verde	Mn, Ni, Zn
Copebrás	Ácido fosfórico, fertilizantes	P, N, fluoreto
Cosipa	Aço	N, CN, fluoreto, fenóis, solventes aromáticos, N, CN, fluoreto, fenóis, solventes aromáticos, solventes halogenados, Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Hg, Ni, Zn
Dow Química	Látex, poliestireno	P, N, fluoreto
IFC	Fertilizantes	N, fenóis, solventes aromáticos, Mn, Hg
Liquid Química	Ácido bórico	P, N, fluoreto
Manah	Fertilizantes	N, CN, fluoreto, fenóis, solventes aromáticos, Cd, Pb, Cu, Hg, Ni, Zn
Petrobrás/RPBC	Derivados do petróleo	N, fenóis, Cu, Cr, Ni, Zn
Petrocoque	Coque verde	carbamatos Carbamatos
Rhodia-Agro	Pesticidas	solventes halogenados, organoclorados aromáticos, pesticidas organoclorados
Rhodia-UQC	Organoclorados Fenóis	P, N, fluoreto
Serrana	Fertilizantes	P, N, fluoreto, Cd
Solomico	Fertilizantes	P, N, fluoreto, fenóis, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn
Ultrafertil-CB	Fertilizantes	P, N, fluoreto
Ultrafertil-PG	Fertilizantes	Fluoreto, fenóis, carbamatos, Mn, Zn
Union Carbide	Polietileno	

Outra importante característica da baía de Santos é que a 11m de profundidade há o emissário submarino de esgotos urbanos, que possui 200m de comprimento e lança seus dejetos a uma distância que pode chegar a 4000 m. A diluição inicial do efluente é menor que 30ppm, ou seja, o material terrígeno antropogênico entra em larga escala no ecossistema aquático da região (Tommasi, 1987, Gordon, 2000).

3.2. Complexo Estuarino Lagunar de Cananéia-Iguape.

O Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, localizado no litoral sul do Estado de São Paulo, está situado entre as latitudes de 24°40'S e 25°05'S e as longitudes de 47°25'W e 48°10'W e compreende o principal complexo estuarino-lagunar da costa paulista (fig. 2).

Figura 2: Localização da área de estudo em Cananéia.

Esta região, somada ao baixo vale do Rio Ribeira de Iguape, forma a maior planície costeira do estado de São Paulo, denominada Planície Costeira de Cananéia-Iguape, que perfaz uma área de cerca de 2500 Km² e drena dois importantes setores agrícolas: os estados de São Paulo e Paraná (Suguio e Tessler, 1992). Na região de Cananéia-Iguape encontram-se a área de proteção ambiental da Serra do Mar, os parques estaduais do Alto Ribeira e Jacupiranga, além das áreas de Proteção Ambiental de Cananéia-Iguape e da Ilha Comprida (CETESB, 2002).

O estuário é formado por dois canais principais, medindo de 6 a 10 m de profundidade, que se situam paralelos à linha de costa. Tais canais denominados Mar de Cananéia e Mar de Cubatão têm sua junção na Baía de Trapandé, que por sua vez, faz a ligação sul com o oceano adjacente. Na parte norte a ligação se dá pela Barra de Icapara, que separa a Ilha Comprida, cuja extensão é de 70 km, do continente. Esta barra pode ser tão profunda quanto a Baía de Trapandé (cerca de 13m), e possui muitos bancos de areia que são permanentemente retrabalhados (Tessler e Mahiques, 1993).

A maré característica é semi-diurna, que varia na região, em decorrência da flutuação, da direção e da intensidade dos ventos e devido à passagem de um fenômeno meteorológico chamado frente fria. Tal fenômeno acarreta na elevação de

maré diária em até 2,0 metros quando associada às marés de sizígia, resultando na penetração de águas costeiras no continente (Coelho Jr., 2003).

A característica mixohalina da região é afetada tanto pelos ciclos diários como pelos sazonais, dependendo da drenagem continental e dos ciclos de maré (Debenay *et al.*, 1996). O conhecimento atual sobre os mecanismos de circulação geral das águas no sistema sugere que os principais fatores condicionantes da distribuição dos sedimentos do fundo e dos processos de mistura e renovação de suas águas, são as correntes de maré e as descargas de água continental, provenientes do complexo serrano próximo, e do Rio Ribeira de Iguape (Tessler e Souza, 1998).

Verifica-se um domínio de sedimentos arenosos em praticamente toda a extensão do sistema (cerca de 80%) (Tessler, 1982 e Barcellos e Furtado, 2003). Os depósitos de lamas localizam-se principalmente entre a Pedra do Tombo e o Valo Grande, além das margens convexas dos canais meandantes e em zonas onde ocorrem quebras de energia associadas aos fluxos fluviais e às marés. As maiores concentrações de matéria orgânica, por sua vez associam-se àqueles depósitos, o que favorece a sedimentação de partículas poluidoras como os metais pesados e pesticidas (Barcellos e Furtado, 2003). Atualmente, toda a região sofre um forte processo de assoreamento evidenciado pelo crescimento de feições sedimentares e deposição de sedimentos finos e comprovado pelas altas taxas de sedimentação observadas por Saito (2002).

Cananéia apresenta temperatura média anual de 21,4°C. A temperatura média mensal mais alta (25,2°C) ocorre no mês de fevereiro, enquanto que a mais baixa (17,7°C) ocorre em julho. O balanço pluviométrico indica verões chuvosos e invernos secos, nos quais índices máximos ocorrem entre janeiro e março, com média mensal de 266,9 mm e os mínimos, entre julho e agosto, com média de 96,3mm (Coelho Jr, 2003). Devido à complexidade da área, não se observa uma gradação sedimentar clara do ambiente marinho para o fluvial, como em estuários “clássicos” (Kutner, 1962).

Com relação à salinidade, Cananéia apresenta um conspícuo gradiente, resultante da mistura contínua entre águas continentais, providas pelo Ribeira do Iguape e outros rios menores, e águas marinhas. (Miyao *et al.*, 1986). O Rio Ribeira de Iguape é o maior curso fluvial de todo o litoral paulista, drenando uma bacia hidrográfica de 23.350km² (Bonetti Filho e Miranda, 1997). Desde meados do século XIX, com a construção do Canal do Valo Grande, cerca de 70% seu fluxo principal foi desviado

para o Mar Pequeno, descarregando grande parte de seu material, limitado às lamas, nas águas lagunares (GEOBRÁS, 1966).

Na região do Ribeira de Iguape há relatos de mecanismos de ocupação urbana e industrial mais intensificado, que contribuem para a geração de processos pontuais de contaminação. Entretanto, as regiões de Cananéia e Iguape não apresentam registros de atividades ambientalmente impactantes (CETESB, 2002).

Embora atualmente desativado, é relatado exploração de minério no rio Ribeira de Iguape, próximo à cidade de Registro. Assim a principal pressão desestabilizadora para o rio Ribeira é a presença de chumbo, oriundo de antigas atividades de mineração. Ainda na região de Iguape, próximo ao Valo Grande, a CETESB (2005) observou indícios de contaminação, evidenciado por depleção dos níveis de oxigênio dissolvido, baixos valores de pH, presença de bactérias indicadoras de coliformes fecais e concentrações de fosfato acima dos limites estabelecidos (CONAMA, 2005), oriundo do despejo de resíduos domésticos na massa d'água. Otero *et al.* (2009) estudaram a geoquímica do ferro e manganês em solo e sedimentos dos manguezais da Ilha de Pai Matos, em Cananeia, e encontraram muitos cristais de pirita, confirmando esta tendência para a área.

Deste modo, a utilização do Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape como ambiente submetido à baixa influência antropogênica deve estar baseada nos processos hidrodinâmicos dentro do estuário, uma vez que esta área encontra-se geograficamente localizada entre duas importantes fontes de contaminação, ao sul pela Bacia do Paranaguá e ao norte pela região do Ribeira de Iguape. Entretanto, estudos têm demonstrado que os processos hidrodinâmicos, governados principalmente pelo regime de marés e maior aporte fluvial na porção mais interna do estuário, devido principalmente à construção do Valo Grande, pode estar favorecendo mecanismos de dispersão e diluição de possíveis contaminações pontuais, evitando assim a retenção de poluentes (Azevedo, 2008).

A Porção Sul do Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape apresenta características de ambiente submetido à baixa impactação humana, onde baixos valores de nutrientes (N-NO_2^- , N-NO_3^- , $\text{P-PO}_4\text{-}3$) indicativos de processos de enriquecimento, devido principalmente a processos de contaminação por despejo de resíduos domésticos (Aguiar, 2005; Perretti, 2006; Chiozzini *et al.*, 2006; Berbel, 2008), assim como baixas concentrações de chumbo (Aguiar, 2005) são reportados para as águas e sedimentos deste sistema.

4. Material e Métodos.

Sistemas sob diferentes condições e ações antrópicas foram analogamente observados para a caracterização ambiental e, pelo menos, dois períodos sazonais de estudo devem dar solidez ao estudo temporal (inverno-verão). Os casos estudados estão localizados nos sistemas costeiros dos estuários de Santos, São Vicente e Cananéia.

4.1. Estratégia de Amostragem.

As coletas de sedimento e levantamento de dados hidrográficos foram realizadas no âmbito do projeto FAPESP nº05/50976-2, intitulado “Matéria Orgânica na Avaliação de Impacto Ambiental no Meio Marinho”, que trata, entre outros, do biogeo ciclo de metais pesados, com ênfase no Mercúrio, em dois sistemas estuarinos sob diferentes graus de ação antrópica (Santos e Cananéia) e das especiações do fósforo nos diferentes sistemas. O mesmo projeto ainda estabeleceu enzimas hepáticas de peixes como biomarcadores e análise de matéria orgânica sedimentar (principalmente lipídios e carboidratos) para realizar um estudo holístico sobre os impactos da poluição sob diversos prismas.

O estuário de Santos foi investigado em sua porção mais interna atingindo as regiões de São Vicente, Santos, Cubatão e Vicente Carvalho. Foram efetuadas coletas sazonais (inverno e verão) durante dois anos consecutivos (2005 a 2007), que compreendem a entrada de cada canal do estuário, na Baía de Santos e as imediações da saída do emissário submarino de esgotos.

Concomitante às amostras de Santos, o estudo de campo no estuário de Cananéia abrangeu os mares de Cananéia e Cubatão, bem como a Baía de Trapandé, totalizando 13 estações (fig. 3).

Os pontos de amostragem no estuário de Santos/São Vicente (San) foram subdivididos em três áreas, de acordo com as principais características de influência antropogênica:

Área 1. Canal de Santos (CS): estações 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Representa a parte mais interna do sistema, afetada pela intensa atividade industrial devido à proximidade do Pólo Industrial de Cubatão e atividade portuária.

Área 2. Baía de Santos (BS): estações 7, 8, 9 e 10. Região menos afetada pela atividade industrial, devido a maior circulação dos compostos químicos, sendo os processos de depuração mais acentuados.

Área 3. Canal de São Vicente (CSV): estações 11, 12, 13 e 14. Região caracterizada pela intensa vegetação de mangue e pela presença de povoamento urbano com pouca estrutura de saneamento.

A Porção Sul do Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape foi utilizada para efeitos de comparação, devido sua baixa influência antropogênica. Deste modo, o estuário foi dividido em três áreas, de acordo com as características hidrodinâmicas e/ou facilidade de coleta:

Área 1. Mar de Cananéia (MCa): estações 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Região característica por sofrer uma maior influência da baía devido a proximidade com a barra de Cananéia.

Área 2. Mar de Cubatão (MCu): estações 10, 11, 12 e 13. Região localizada na porção mais abrigada do Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, junto ao continente, na porção Sul.

Área 3. Baía de Trapandé (BT): estações 7, 8 e 9. Região característica pela maior influência marinha.

Figura 3: Pontos de coleta em Santos e Cananéia.

4.2. Coleta.

Para a coleta de dados, foram utilizadas as embarcações B/Pq Veliger II e B/Pq Albacora, em Santos e Cananéia, respectivamente, que possuíam toda infra-estrutura necessária para realização do trabalho (figura 4). As estações de amostragem foram referenciadas com auxílio do GPS (aparelho de posicionamento global) da embarcação. Para as coletas efetuadas no Canal de São Vicente, próximo à região do Casqueiro, utilizou-se uma embarcação local de menor porte devido à baixa profundidade da área. Neste caso o posicionamento foi obtido a partir de aparelho GPS portátil da marca Magellan 3000 XL.

Figura 4: Embarcações utilizadas para coletas em Santos e Cananéia.

A primeira coleta foi realizada no inverno de 2005 (agosto), seguindo-se subsequentemente mais três coletas, no verão de 2006 (fevereiro); inverno de 2006 (agosto) e verão de 2007 (fevereiro), compondo um período amostral de duas estações sazonais consecutivas. As condições climáticas

Os valores de pluviosidade diária e mensal para a elaboração dos gráficos foram obtidos pelo Centro de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (CTH-EPUSP), através da instituição DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica da Secretaria de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo para as regiões de Santos e Cananéia. Para acompanhar as variações de maré referente ao período estudado, utilizaram-se informações constantes nas tábuas de maré para a Base Sul (Cananéia) do IOUSP e Porto de Santos (Torre Grande) de Harari & Mesquita (2003; 2005). A profundidade de penetração da luz na coluna de água foi medida por meio do uso do disco de Secchi, com aproximadamente 30 cm de diâmetro.

4.3. Parâmetros Hidrogeoquímicos.

4.3.1. Água de Fundo e Temperatura.

Os parâmetros hidrográficos foram obtidos simultaneamente às coletas de dados biológicos, através de garrafas “go-flow” (fig. 5). Para a determinação da temperatura da água “in situ”, foram utilizados termômetros de reversão, calibrados em graus centígrados e acondicionados em cartuchos contendo os termômetros auxiliares. Dois conjuntos são acoplados a cada garrafa coletora.

Figura 5: Garrafa coletora go-flow com termômetro de reversão acoplado.

4.3.2. Salinidade.

As amostras para as análises de salinidade foram coletadas em frascos âmbar, preenchidos até a boca e fechados hermeticamente até o momento da análise. A análise foi feita em um salinômetro indutivo da marca Beckman, Modelo RS-10, com precisão $\pm 0,001$ em salinidade.

O método indutivo foi aplicado, sendo a salinidade apresentada em unidade de salinidade prática (USP).

4.3.3. pH.

Alíquotas para determinação do valor de pH foram coletadas das garrafas amostradoras, após a coleta de oxigênio dissolvido, aplicando-se os mesmos cuidados para evitar a formação de bolhas e aquecimento do frasco. A medida de pH foi obtida com um pHmetro acoplado a um eletrodo, seguindo as recomendações de Aminot & Chaussepied (1983).

4.3.4. Oxigênio Dissolvido.

O oxigênio dissolvido foi o primeiro parâmetro a ser coletado e fixado com os reagentes de cloreto de manganês e iodeto alcalino. A amostra foi retirada da garrafa amostradora com o uso de um redutor de fluxo e acondicionada em frasco calibrado, evitando-se a formação de bolhas durante o processo. A determinação foi feita segundo o método de Winkler (1888), seguindo a recomendação descrita em Grasshoff *et al.* (1983). O método apresenta precisão de $\pm 0,04 \text{ mL L}^{-1}$ para os teores superiores a 2 mL L^{-1} e $\pm 0,02 \text{ mL L}^{-1}$ para os teores inferiores a $2,00 \text{ mL L}^{-1}$. A porcentagem de saturação de oxigênio foi calculada com base nos valores *in situ* e valores teóricos seguindo as recomendações para cálculo de Aminot & Chaussepied (1983).

4.3.5. Nutriente e Material em Suspensão.

A amostragem de água para a determinação de nutrientes (fósforo inorgânico e orgânico) foi feita com o uso de um amostrador do tipo van Dorn e transferida para frascos de 1L em polietileno de alta densidade, conservadas em gelo até a filtração em laboratório. Após a filtração em filtros da marca Whatmann GF/F, $0,70 \mu\text{m}$ de porosidade e 47 mm de diâmetro, previamente calcinados a 450°C por 4 horas, os filtrados foram transferidos para frascos de polietileno de 250 mL previamente lavados com HCl 10%, enxaguados com água destilada.

Para a determinação do material em suspensão seguiu-se a metodologia de Strickland & Parsons (1968). Após a pesagem para a obtenção do MES, foi realizada uma nova calcinação a 450°C por 4 horas e em seguida a pesagem para a obtenção do teor de matéria orgânica em suspensão (MO) em mg.L^{-1} e em porcentagem. As pesagens foram realizadas na balança analítica BEL modelo 210 A, com precisão de $\pm 0,0005\text{g}$.

4.4. Parâmetros sedimentológicos.

A amostragem de sedimentos para a determinação da granulometria, CNS, matéria orgânica e metais foi feita utilizando um amostrador do tipo van Veen sendo coletadas amostras em três réplicas de sedimento, transferidas para recipientes de plástico transparentes, previamente lavados com HCl 10 % (descanso por 30 minutos) e enxaguados três vezes com água destilada. As amostras foram congeladas a -20°C . Para as análises granulométricas, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, sem a necessidade de congelamento.

4.4.1. Granulometria.

As amostras foram processadas no laboratório de sedimentologia do Instituto Oceanográfico da USP, através de peneiramento e pipetagem. Para tal utilizou-se o método descrito em Suguio (1973), com classificação dada por Wentworth (1922), que será detalhado a seguir.

Após secar em estufa a 60° C, o sedimento foi quarteado até 30g da amostra original. Eliminou-se o carbonato contido na amostra através de tratamento com ácido clorídrico (HCl) a 10%, cuja finalidade é obter uma interpretação mais exata das distribuições das frequências de classes texturais e de parâmetros estatísticos (Mahiques, 1987). Com o objetivo de mensurar a matéria orgânica contida no sedimento, as amostras foram ainda submetidas ao tratamento com Peroxido de hidrogênio (H₂O₂), para degradação da mesma. A amostra foi então separada por via úmida em peneira de 0,062mm e o material retido foi novamente seco em estufa, pesado, constituindo-se a fração mais grossa.

Com a fração fina (<0,062mm) realizou-se uma suspensão com água destilada, em proveta graduada. Foi adicionado 1 grama de pirofosfato de sódio (Na₄P₂O₇), seguindo-se a pipetagem do material. Tal método baseia-se na lei de Stokes, que tem como princípio básico a velocidade de decantação das partículas.

Os dados granulométricos foram tratados de acordo com o programa LABSE, que analisa os parâmetros estatísticos do sedimento segundo a classificação de Shepard (1954) e de Folk & Ward (1957).

4.4.2. Matéria orgânica sedimentar.

A determinação da matéria orgânica sedimentar foi realizada utilizando-se o método descrito em Byers *et al.* (1978), modificado para menor massa de sedimento. Cerca de 500 ± 0,05 mg de sedimento previamente peneirado e liofilizado foi calcinado em mufla por 4h à 450°C e novamente pesado para o cálculo da matéria orgânica. As análises foram feitas em duplicata e os valores expressos em porcentagem de matéria orgânica, sendo o desvio médio das determinações inferior a 1%.

4.4.3. Constituintes Orgânicos do Sedimento.

O sedimento coletado para determinação dos componentes orgânicos foi congelado desde a coleta e mantidos desta maneira até o início do processo de liofilização. O procedimento analítico para obtenção dos teores de carbono, enxofre e nitrogênio inicia-se com a pesagem do material seco e o ataque ácido, com solução de HCl a 10%, com água destilada, até a completa remoção do carbonato para posterior liofilização.

A amostra é colocada em frascos cerâmicos e introduzida em forno de combustão. Os gases gerados são carreados para o analisador, com auxílio de bomba de vácuo, onde são homogeneizadas e retiradas três alíquotas, utilizadas na análise. Os gases CO₂ e SO₂ são mensurados utilizando-se células de infravermelho e o gás N₂, é medido por meio de um sensor de termcondutividade.

A partir dos resultados obtidos nesta análise é possível estimar a contribuição da matéria orgânica total em cada amostra e, com base nas razões carbono-nitrogênio (C/N) e carbono-enxofre (C/S), inferir se há predominância de fontes terrestres ou marinhas e a condição óxi-redutora nos sedimentos, respectivamente. Baixos valores da razão C/N indicam origem marinha e os valores altos indicam predominância de compostos terrígenos. Há os valores intermediários, que indicam origens mistas (Saito *et al.*, 1989).

De acordo com Stein (1991), altos teores de enxofre indicam altas taxas de decomposição anaeróbica. Baixos valores da razão C/S estão associados a sedimentos redutores e altos valores indicam ambientes oxidantes.

4.4.4. Metais Pesados.

Amostras de sedimentos (duplicata), materiais de referência Buffalo River Sediment (NIST SRM 2704), Soil-7 (IAEA) e BEN (Basalt-IWG-GIT) e os padrões sintéticos dos elementos analisados foram irradiados por 16h, sob um fluxo de nêutrons térmicos de $10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no reator IEA-R1 do IPEN/CNEN-SP. Foram feitas duas séries de contagem: a primeira após uma semana e a segunda, após 20 dias de decaimento. Na primeira contagem puderam ser identificados os radioisótopos: ⁷⁶As,

^{82}Br , ^{122}Sb , ^{239}Np (U). Na segunda contagem foram identificados: ^{60}Co , ^{51}Cr , ^{59}Fe , ^{181}Hf , ^{86}Rb , ^{46}Sc , ^{233}Pa (Th) e ^{65}Zn . A espectrometria gama foi feita utilizando-se dois detectores de Ge hiperpuro da ORTEC e eletrônica associada e um detector de Ge hiperpuro CANBERRA modelo GX2020, acoplado a um sistema multicanal, e eletrônica associada da CANBERRA. A análise dos dados foi feita pelos programas VISPECT2 e VERSÃO2 para identificar os picos de raios gamas e pelo programa ESPECTRO, para cálculo das concentrações. Detalhes da metodologia analítica estão descritos em Larizzatti *et al.* (2001).

A metodologia química para a determinação de mercúrio total em sedimentos, descrita por Bastos *et al.* (1998) foi realizada em triplicata com coeficiente de variação abaixo de 10%. A uma alíquota de 1,0 g de amostra adiciona-se 2 mL de água grau reagente (Milli-Q) e 5 mL de água régia (3 HCl: 1 HNO₃). Aquece-se em banho-maria a 60°C durante 5 minutos. Depois de esfriar, adiciona-se 5 mL de água grau reagente e 0 mL de solução de KMnO₄ à 5%, e aquece-se novamente em banho-maria a 60°C durante 15 minutos. Espera-se esfriar e titula-se com uma solução de cloridrato de hidroxilamina a 12%. Filtra-se em papel Whatman 40 e finalmente, afere-se com água grau reagente até 25 mL.

A Análise por ativação neutrônica instrumental foi conduzida pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP) – LAN/CRPQ e os ensaios para mercúrio total foram realizados no Laboratório de Ciências Ambientais (LCA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF).

4.5. Coleta e Processamento do Material Biológico .

A amostragem de sedimento para análise da microfauna de foraminíferos foi feita com pegador de fundo tipo Van veen, confeccionado em aço inox (fig. 6).

Figura 6: coleta de sedimento com Van veen.

Apenas os primeiros centímetros são retirados e colocados em frascos com Rosa de Bengala (1g/1000ml de álcool), cuja função é corar o protoplasma dos organismos que estiverem vivos no momento da coleta (Walton, 1952) e do álcool, para impedir o ataque bacteriano. O sedimento para determinação das análises da microfauna de foraminíferos, foi separado usando-se duas peneiras sucessivas de 0,500 e 0,062mm e, após secagem em estufa a 60°C, os foraminíferos foram separados por flotação em tricloro-etileno (Boltovskoy, 1965).

Após a separação, os foraminíferos foram transferidos com pincel para lâminas especiais de fundo preto (fig. 7), para posterior análise e identificação das espécies. Como algumas amostras possuíam mais de 2000 indivíduos, as mesmas foram quarteadas, sendo 300 o número médio de indivíduos triados.

Figura 7: Lâmina de fundo preto.

A determinação das espécies foi processada utilizando-se lupa binocular Stemi SV11, da Zeiss, e a identificação foi de acordo com Cushman (1950), Boltovskoy *et al.* (1980), Loeblich e Tappan (1988), Bonetti (1995, 2000), Debenay *et al.* (1996) e Duleba (1997). Serão efetuadas análises sob microscópio eletrônico de varredura (M.E.V.) para auxiliar tanto na identificação dos espécimens como na avaliação morfométrica.

Para análise das biofácies encontradas em ambas as áreas foram utilizadas a fauna total de foraminíferos (vivos + mortos), uma vez que estudos ecológicos, visando a descrição de uma área, dão-se desta maneira. Contudo, para análise do grau de impacto em cada região, serão avaliados apenas os organismos autóctones, que estarão corados. Segundo Murray (2001), apenas a partir da análise da população de vivos, é possível inferir sobre aspectos atuais da fauna. Nesta avaliação, apenas as espécies contendo denso protoplasma rosa foram considerados vivos, seguindo De Stigter *et al.* (1998a,b).

Com o intuito de avaliar a resposta pontual da microfauna aos tensores ambientais e antrópicos será realizada a morfometria das testas coradas (indivíduos vivos). Tal análise consiste na medição (biometria) e macroanálise das testas (tafonomia). Aspectos como deformação, corrosão, coloração e tamanho das carapaças podem indicar tanto a circulação local como o comportamento dos organismos, por exemplo, sua estratégia sucessiva. O procedimento metodológico para realização da biometria dos foraminíferos consistirá na medição dos espécimens triados, através de um analisador de imagens (Analysis Zeiss) que é acoplado a um estereomicroscópio. As testas alongadas serão medidas considerando-se o eixo primário de crescimento, que segundo Boltovskoy e Wright (1976), é o comprimento.

Optou-se por utilizar neste estudo a fauna total de foraminíferos, pois, segundo Morvan *et. al.*, 2006, foraminíferos de ambientes parálisos nem sempre possuem ciclo de vida anual e, portanto, a amostragem apenas dos indivíduos vivos pode fornecer resultados contraditórios, dependendo se a coleta foi efetuada em um bloom ou não.

4.6. Biometria.

O procedimento metodológico para realização da biometria dos foraminíferos consistiu na escolha aleatória de 30 indivíduos por espécie, que foi *escolhida* de acordo com a sua abundância e/ou importância ecológica. As seguintes espécies foram medidas: *Ammonia tepida*, *Bolivina striatula*, *Buliminella elegantissima* e *Pararotalia cananeaensis*. Como a análise biométrica nesse estudo possui objetivo ecológico, uma vez que se pretende avaliar a qualidade do ambiente através do grau de desenvolvimento e estratégias de colonização, os resultados apresentados apenas referem-se às espécies constantes das amostras que possuíram dados biológicos nos três períodos de coleta. Os indivíduos quebrados não foram considerados. Para obter as medidas utilizou-se o Software Image Pró-Plus 6.2 acoplado ao estereomicroscópio, que tanto mensurava como contava os foraminíferos, podendo assim, se obter dados quali e quantitativos.

As testas circulares foram medidas considerando-se como eixo principal o diâmetro. As testas alongadas foram medidas considerando-se o eixo primário de crescimento, que segundo Boltovskoy e Wright (1976), é o comprimento (fig. 8).

Concomitante a essa análise, algumas características morfológicas das testas foram avaliadas, tais como malformações, impregnação por sulfetos ou oxidação.

Nem sempre carapaças bem desenvolvidas indicam boa condição para o desenvolvimento (Bradshaw, 1961; Bé *et al.*, 1973), sendo que a comprovação de boa condição para uma dada espécie geralmente baseia-se em experimentos laboratoriais. Bonetti (2000) ressalta que a biometria, quando analisada isoladamente, é menos eficiente na determinação de preferências ecológicas e, portanto, deve ser utilizado associando às informações de abundância relativa das testas medidas.

Todos os organismos vivos foram mensurados, porém, nem sempre o número de foraminíferos corados era maior que 50, para duas estações sazonais (inverno e verão). Sendo assim, para análises estatísticas mais concisas foi adotada a medida também da fauna alóctone naquelas estações que não atingiram um número estatístico mínimo significativo.

Figura 8: Eixos mensurados para biometria.

4.7. Forma de análise dos resultados.

A partir da identificação das espécies de foraminíferos encontradas em Santos e Cananéia, os indivíduos foram somados e obteve-se a frequência absoluta de indivíduos (vivos + mortos) das diferentes espécies por estação amostrada. A partir da frequência absoluta total, foi calculada a frequência relativa das espécies. A interpretação dos resultados bióticos foi baseada na tabela de frequência relativa e na

técnica de krigagem, através do programa Surfer (7.0) for Windows, que segundo Landim (1997) é uma técnica estatística para estimação de valores de variáveis distribuídas no espaço, sendo possível a identificação de manchas quando os teores nos diferentes parâmetros são muito díspares.

A partir da premissa dos organismos traçadores para análise ambiental, que enuncia a descrição dos múltiplos aspectos de um ecossistema a partir da variável biológica (Bremner, 2008), dentre os aspectos das quatro campanhas efetuadas no presente estudo, as últimas (CV07 e SV07) serão analisadas apenas no âmbito biológico, para a efetiva verificação do potencial bioindicador e traçador dos foraminíferos. O intuito é verificar o comportamento das associações e a partir deste esquematizar um modelo de funcionamento dos sistemas.

No programa LUDWIG (Ludwig & Reynolds, 1988) foi obtida a diversidade e a equitatividade. A diversidade específica será calculada através do Índice de Shannon-Wiener, com a fórmula:

$$H' = -\{\sum p_i \cdot \ln(p_i)\}$$

Onde:

p_i : porcentagem de importância da espécie i na amostra.

A equitatividade será calculada segundo o índice de Pielou:

$$E = H' / \ln(S)$$

Onde:

H' : índice de diversidade de Shannon-Wiener;

S : número de espécies da amostra.

Para determinar a dominância nas estações amostradas será utilizado o Índice de Simpson:

$$D = \sum \frac{N_i (n_i - 1)}{N (N - 1)}$$

Onde:

Ni: número de indivíduos na espécie i;

N: número total de indivíduos.

A Frequência de Ocorrência das espécies foi calculada através da fórmula de Guille (1970):

$$F = (p_i/p) * 100$$

Onde:

p_i = número de estações de coleta onde a espécie i está presente.

p = número total de estações de coleta.

De acordo com os valores obtidos, as espécies podem ser classificadas como constantes ($F > 50\%$), comuns ($49\% < F < 10\%$) e raras ($F < 10\%$).

Para avaliar o grau de hipóxia na Baía de Santos e Cananéia, será calculado o índice AE descrito por Sen Gupta *et al.* (1996). Este índice leva em consideração a dominância de *Elphidium* ssp., *Ammonia tepida* e segue a fórmula:

$$F.A. \text{ Ammonia ssp.}$$

$$F.A. \text{ Ammonia ssp.} + F.A. \text{ Elphidium ssp.} \times 100$$

Onde: F.A.= Frequência absoluta.

O índice de confinamento (I_c), definido por Debenay (1990) será calculado para medir o confinamento dos locais estudados. Tal índice é determinado a partir da frequência relativa de três grupos de espécies sensíveis ao confinamento. Sua fórmula é dada por:

$$I_c = [C/(B+C) - A/(A+B) + 1]/2, \text{ onde:}$$

A= Frequência relativa das espécies típicas de ambiente marinho (*Pararotalia* sp., *Bolivina striatula* e *Rosalina* sp.)

B= Frequência relativa das espécies típicas de ambientes moderadamente confinados (*Quinqueloculina poyeana*, *Q. seminulum*, *Haynesina germanica*, *Elphidium* ssp., *Bolivina variabilis* e *Ammonia tepida*)

C= Frequência relativa das espécies típicas de ambientes fortemente confinados (*Ammobaculites exigus*, *Ammotium salsum*, *Arenoparrella maxicana*, *Gaudryina exilis*, *Haplophragmoides wilberti*, *Miliammina* sp., *Trochammina* sp. e *Siphotrochammina lobata*).

A fim de se obter o grau de dependência entre alguns aspectos biológicos da população de foraminíferos coletados e as variáveis ambientais amostradas em cada estação serão aplicados testes de correlação. Esse tipo de dado é importante por auxiliar na compreensão dos mecanismos de resposta dos foraminíferos a alguns aspectos do meio.

Para determinar as variações relevantes na microdistribuição serão utilizados também os métodos estatísticos multivariados como PCA (Principal Component Analysis) e MDS.

Tais análises agrupam informações ambientais e correlaciona-as, permitindo a caracterização de determinada área amostrada. A determinação de bioindicadores de poluição será auxiliada pela análise ISA (Indicator Species Analysis). Tais tratamentos serão efetuados utilizando-se o programa PRIMER.

Para todos os tratamentos estatísticos será feita a normalização dos dados, transformando-os em Log (x+1).

5. Resultados e Discussão.

No presente relatório é elucidado os dados relativos às campanhas inverno de 2005, verão de 2006, inverno de 2006 e verão de 2007, em Santos e Cananéia. A identificação das campanhas será feita pelas siglas SI05, SV06, SI06 e SV07 para Santos (inverno e verão) e CI05, CV06, CI06 e CV07 para Cananéia (inverno e verão).

5.1. Parâmetros hidrogeoquímicos.

5.1.1. Sistema Estuarino de Santos.

O conhecimento da pluviosidade é importante nos trabalhos oceanográficos, pois o grau de precipitação exerce influência sobre as propriedades físico-químicas da água, repercutindo efeitos na ressuspensão dos sedimentos e nos aportes continentais, incluindo o escoamento urbano. Os dados de pluviosidade foram obtidos pelo CEPETEC (fig. 9). Os menores valores de precipitação podem ser visto nos demais meses, com um mínimo em junho (30 mm). No presente estudo as coletas foram realizadas em meses característicos por baixos (Agosto: 50 mm) e elevados (Fev: 286 mm) índices pluviométricos

Figura 9: Pluviosidade média obtida de junho de 2005 a junho de 2006 para a região de Santos (Fonte: CEPTEC).

O posicionamento das estações e a localidade das mesmas estão dispostos na tabela 2. Foi possível determinar sessões geográficas na região especificadas na tabela.

Tabela 2: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Santos.

Santos			
Estações	Lat.	Long.	Localidade
1	23°53,247'	46°22,614'	Canal do Porto
2	23°54,014'	46°22,580'	
3	23°55,277'	46°20,513'	
4	23°56,297'	46°18,572'	
5	23°57,555'	46°18,007'	
6	23°59,494'	46°17,946'	
7	24°00,916'	46°19,560'	Baía de Santos
8	24°00,261'	46°21,053'	
9	24°00,705'	46°23,119'	
10	23°59,363'	46°19,032'	
15	23°59,260'	46°20,826'	
16	23°59,190'	46°21,787'	
11	23°56'21	46°26'31	Canal de São Vicente
12	23°56'58	46°25'58	
13	23°56'36	46°25'30	
14	23°56'13	46°24'39	

A profundidade, o pH, o teor de oxigênio dissolvido, os valores de temperatura e salinidade de fundo mensurados concomitantes às amostras biológicas e sedimentológicas nos períodos amostrados podem ser visualizados na tabela 3, 4, 5 e 6 referentes às campanhas SI05, SV06, SI06 e SV07, respectivamente.

Tabela 3: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Santos (SI05).

SI05							
Estações	Prof. (m)	Temp (°C)	Salin (UPS)	OD/(ml/l)	%MO	pH	Clor.a/(ug/L)
1	5	22,78	32,36	3,12	26,26	7,80	9,27
2	5	23,00	32,29	3,35	26,11	7,82	5,88
3	5	22,26	32,84	3,61	20,22	7,87	2,83
4	5	22,70	33,48	3,86	12,27	7,91	3,06
5	10	22,10	35,87	4,39	42,70	8,08	3,69
6	5	22,09	35,49	3,33	16,04	8,06	5,04
7	8	21,29	36,95	3,88	21,86	8,23	1,40
8	8	21,30	36,68	4,04	11,32	8,25	4,62
9	5	21,21	36,58	3,99	24,50	8,24	0,64
10	4	21,90	35,91	4,71	18,95	8,16	1,03
11	3	23,00	27,69	3,03	84,42	7,48	0,40
12	8	22,00	28,94	3,01	60,53	7,55	1,25
13	3	24,50	28,80	3,32	45,57	7,53	2,11
14	4	22,00	29,14	3,36	26,34	7,65	11,12
15	5	22,10	36,05	5,23	21,24	8,25	6,80
16	5	21,68	36,35	4,31	19,57	8,22	0,62

Tabela 4: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Santos (SV06).

SV06							
Estações	Prof. (m)	Temp (°C)	Salin (UPS)	OD/(ml/l)	%MO	pH	Clor.a/(ug/L)
1	5	25,76	27,75	1,95	41,60	7,78	5,38
2	5	25,67	27,98	1,67	24,17	7,87	2,49
3	5	26,24	24,27	2,38	15	7,83	0,96
4	5	25,87	27,53	2,47	16,94	8,01	3,31
5	5	25,77	29,51	3,15	14,91	8,16	4,91
6	5	26,94	29,98	4,75	22,59	8,41	5,98
7	8	25,97	33,04	4,45	24,45	8,32	8,86
8	8	24,71	33,99	3,46	40,74	8,31	3,31
9	5	25,91	33,17	4,59	26,88	8,39	0,27
10	5	24,64	31,15	3,29	32,63	8,22	4,45
11	10	27,00	15,56	1,27	22,56	7,22	2,88
12	2,5	28,00	15,85	1,28	28,92	7,21	0
13	5	26,00	21,6	1,09	17,05	7,49	0
14	5	27,00	23,4	1,62	23,16	7,63	nd
15	5	24,98	32,21	3,30	26,13	8,25	5,07
16	5	24,81	33,46	2,76	36,97	8,22	nd

Tabela 5: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Santos (SI06).

SI06							
Estações	Prof. (m)	Temp (°C)	Salin (UPS)	OD/(ml/l)	%MO	pH	Clor.a/(ug/L)
1	6,1	21,96	28,07	3	19,47	7,96	2,46
2	5,8	22,08	24,7	3,06	19,21	7,95	2,9
3	6,7	22,08	26,38	3,75	21,34	8,1	4,01
4	7,6	22,29	29,12	3,98	22,8	8,12	2,78
5	7,8	22	32,29	4,37	20,81	8,33	8,4
6	7,6	22,55	33,52	5,3	21,65	8,48	9,78
7	7,9	21,9	33,99	4,68	22,56	8,48	2,94
8	9,1	21,83	34,32	4,41	21,67	8,5	1,43
9	5	21,06	33,14	4,02	24,43	8,51	7,04
10	9,1	22,6	33,18	6,12	24,24	8,62	12,83
11	12,5	23	25,6	2,85	25,09	7,64	5,04
12	4,8	23,5	24,94	3,2	24,19	7,69	1,96
13	4,9	23	25,22	2,83	26,19	7,71	1,78
14	6	23	25,51	3,09	28,24	7,92	1,96
15	7,3	21,85	33,49	4,39	21,7	8,51	5,17
16	6,1	21,85	32,34	4,53	2,76	nd	0,36

Tabela 6: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Santos (SV07).

SV07					
Estações	Prof. (m)	Temp (°C)	Salin (UPS)	%MO	pH
1	3*	25,84	24,5	26,26	7,72
2	6	25,73	23,5	26,11	7,17
3	12,1	24,69	25	20,22	7,7
4	6,1	25,6	24	12,27	7,62
5	8,5	24,83	24	42,7	7,59
6	10	24,61	27	16,04	7,89
7	7	25,41	25	21,86	7,45
8	8,5	26,99	27	11,32	8,04
9	10	26,61	27	24,5	8,1
10	7	26,62	27	18,95	8,11
11	8,5	26,38	27	84,42	8,08
12	0,8	28,15	14	60,53	7,37
13	6	27,41	16	45,57	7,77
14	7,5	26,4	20	26,34	7,75
15	7	26,81	27	21,24	8,18
16	6,5	26,44	24	19,57	8,2

Com relação às posições de coleta, nem sempre as estações condizem nos períodos amostrais. Apesar disso foi possível estabelecer comparações sazonais, uma vez que algumas das variações nas latitudes e longitudes não interferem na apresentação dos resultados. Apenas para discussão adotou-se como parâmetro a numeração das estações do inverno de 2005, mas analiticamente cada ponto foi considerado singularmente.

As áreas amostradas apresentaram-se significativamente diferentes em relação à profundidade, havendo estações acima de 10 m, correspondentes aos canais dragados para o acesso de navios ao porto de Santos e da COSIPA; áreas com profundidades entre 1 e 10 m (localizadas na Baía e em determinados trechos dos canais estuarinos) e profundidades inferiores a 1 m, no caso de estações posicionadas nos baixios.

É interessante notar que o período de inverno de maneira geral apresenta pontos com salinidade baixa (e.g. estação 11 com 27,69 UPS em SI05 e com 25,6 UPS em SI06), corroborando a alta pluviosidade anômala observada durante as coletas naqueles períodos. Ainda assim, em SV07 a coluna d'água apresenta altura elevada, condizente com o período chuvoso (fig. 10).

Figura 10: Variação sazonal da profundidade na região estuarina de Santos.

Comparando-se o posicionamento das estações com as profundidades de coleta, é possível observar que há variações batimétricas espaciais. O canal do porto e o canal do casqueiro são as regiões mais rasas, enquanto as maiores profundidades ocorrem na baía. Entretanto, a profundidade varia de maneira conspícua no Canal do Porto, onde foi constatado que a profundidade pode suprapor-se a pontos da Baía de Santos. Tal fato favorece o transporte de partículas que incluem testas de foraminíferos para regiões interiores do canal como próximo a saída do canal de Bertioga.

A região apresenta pontos cuja coluna d'água chega a menos de um metro (SV07, estação 12), o que influencia diretamente na ação das correntes sobre o fundo, podendo ou não transportar material sedimentar. De maneira geral, o Canal de São Vicente apresentou-se como a porção mais rasa, com profundidade variando não mais que nove metros (SI06), com exceção da estação 11 (SI06) cuja coluna d'água média 12,5 m.

5.1.1.1. Temperatura.

Quanto menor a coluna d'água, mais radiação solar atinge o substrato, naturalmente elevando a temperatura naqueles pontos. Tal observação ocorre na região em pauta e por isso há uma notável variação espacial e sazonal da temperatura (fig. 11).

Figura 11: Variação sazonal da temperatura na região estuarina de Santos.

Os valores espaciais mais altos concentram-se nas estações do Canal de São Vicente. No verão nota-se uma elevação da temperatura em todas as estações, especialmente na saída do Canal do Porto (fig. 12). Em contrapartida, as temperaturas mais baixas foram registradas na campanha SI06 (21°C), na Baía de Santos.

É possível observar uma conspícua sazonalidade no que tange os valores de temperatura. No inverno, a temperatura na região não ultrapassa 24,5°C e no verão, ultrapassa 28°C. Entre as campanhas, não houve variação temporal significativa, observando uma tendência oscilatória.

Através da figura 9 é possível verificar a descarga fluvial na campanha SV07, principalmente no gradiente formado na porção interna do Canal do Porto, próximo à desembocadura dos rios Diana, Acari e Sandi.

Figura 12: Gradiente de distribuição da temperatura na região de Santos.

No verão as descargas fluviais superam a entrada de correntes oriundas da costa, o que eleva a temperatura de todo o sistema. A proximidade entre os canais e os meandros da parte leste do estuário, região do Casqueiro, faz com que haja maior deposição sedimentar, limitando a coluna d'água, o que se culmina não só na elevação da temperatura, como na manutenção de processos de decomposição.

5.1.1.2 Salinidade.

Como esperado, a campanha SV07 foi aquela com os menores valores de salinidade, característicos da estação chuvosa (fig. 13).

Figura 13: Variação sazonal da salinidade na região estuarina de Santos.

Os maiores valores de salinidade encontraram-se na Baía de Santos, devido à presença de águas oceânicas, enquanto as estações que apresentam menores salinidades foram aquelas localizadas na porção interna do sistema (estações 1 e 2). Este padrão ocorreu tanto no verão como no inverno, observando-se que as águas menos salinas foram encontradas no Canal de São Vicente, nos dois períodos sazonais amostrados.

Como era de se esperar, os valores de salinidade têm distribuição inversamente proporcional à temperatura, ou seja, os locais com salinidade maior é aquele com águas mais frias, oriundas da plataforma adjacente.

Assim como para temperatura, a salinidade apresenta diferenciação sazonal, mas não temporal o que corrobora o processo cíclico sazonal. A distribuição dos valores de salinidade no inverno pode ser visualizada na figura 14.

Salinidade (UPS)

Figura 14: Gradiente de distribuição da salinidade na região de Santos.

Observa-se um gradiente onde a maior salinidade de fundo foi registrada na entrada da baía e Canal do Porto, variando entre 32 e 37 UPS. O valor mais baixo desta variável foi encontrado na estação 11 (27.69 UPS).

No verão de 2007 registrou-se o menor valor para o período sazonal, o que corrobora a hipótese que o aumento da pluviosidade associado à elevação da descarga urbana e industrial, que serão carregadas pelas correntes fluviais e atingirão a Baía de Santos. Outro fator relevante é a atividade do emissário submarino na baía, que também recebe uma drenagem maior, contribuindo para a diminuição da salinidade. Por outro lado, no inverno a Baía de Santos apresenta salinidade caracteristicamente marinha (superior a 35 UPS).

Como já dito, a salinidade relaciona-se às correntes oceânicas que, além de contribuírem para o aporte de sais para a região da Baía de Santos, promovem maior oxigenação daquelas águas.

5.1.1.3. Oxigênio Dissolvido.

Com relação aos teores de oxigênio dissolvido contidos na água de fundo do estuário de Santos, observa-se que os maiores valores encontrados nas estações da baía durante as campanhas de inverno (SI05 e SI06) (fig. 15) são justamente os mais hipóxicos no verão. Este fato denota a perda da qualidade da água nesta época do ano. A perda da qualidade dos dados de oxigênio da campanha SV07 acarretou na não utilização dos mesmos, pois certamente seriam interpretados erroneamente.

Figura 15: Variação sazonal do oxigênio dissolvido na região estuarina de Santos.

A distribuição de oxigênio na região segue um padrão inversamente proporcional aos valores de temperatura, e ao mesmo tempo corroboram os valores de salinidade encontrados. Apesar do Canal de São Vicente ter sido o local com menor profundidade, o que tornaria mais confinada a região, os valores de oxigênio não corroboram a hipótese referida.

A distribuição espacial de oxigênio dissolvido na região pode ser visualizada na figura 16. Valores no intervalo de 1,40-3,50 mL.L⁻¹ foram encontrados, como é o caso das estações 1, 2 que mostram condições estressantes para os organismos da fauna bêntica, e mesmo valores menores que 1,40 mL.L⁻¹, como encontrados nas estações

11,12 e 13 no verão, mostrando uma situação de hipoxia acentuada favorecendo processos redutores.

Figura 16: Gradiente de distribuição de oxigênio dissolvido na região de Santos.

Os menores valores de oxigênio ocorreram no verão, nas estações pertencentes ao Canal do Porto e ao Canal de São Vicente. Os níveis de oxigênio na campanha de verão (inferiores a 2 ml/l) denotam a utilização desta molécula em reações oxidativas e também pelos processos de digestão aeróbica. Valores menores que 60% localizam-se nas estações de 1 a 5, 11,12, 13, 14 e 16, no interior do sistema, no verão. Valores superiores a 100% nas águas de fundo foram raros, aparecendo na estação 6 no verão

e inverno e 10 no inverno, mostrando que a contribuição biológica pela produção primária deve estar ocorrendo neste ponto. A falta de oxigênio pode levar a atividade bacteriana anaeróbica, que geralmente ocorre por fermentação leva a uma liberação de átomos de hidrogênio, o que reduz principalmente do pH.

5.1.1.4. pH.

Observa-se um padrão no que tange os tensores ambientais, em que o pH também varia proporcionalmente aos valores de salinidade. Em regiões como a Baía de Santos o pH mantém sua característica de ambiente marinho, enquanto que adentro o estuário, este parâmetro tende a diminuir. O pH > 8 indica água mais salobra e pH < 8 indica águas marinhas. O pH do sedimento de fundo não variou significativamente e apresentou valores entre 7,53 e 8,25 entre as estações de coleta (fig. 17). Estes valores são considerados normais para ambientes marinhos e/ou com influência de água salina.

Figura 17: Variação sazonal do pH na região estuarina de Santos.

Os valores de pH mostram similaridade de comportamento nos setores estudados, nos períodos (verão e inverno), com valores menores no verão e maiores no inverno. A pouca variação de pH pode estar relacionada a constante descarga de substâncias que mantém este tensor (Fig. 18).

pH

Figura 18: Gradiente de distribuição de pH na região de Santos.

Há uma tendência natural que o pH na época de verão seja mais elevado, por contar com a influência da pluviosidade intensa desta época do ano. Desta maneira, podemos dizer que o pH possui distribuição condicionada aos valores de salinidade encontrados.

5.1.1.5. Nutriente, Material e Suspensão e Matéria Orgânica.

As tabelas 7 e 8 elucidam os valores de nutrientes, matéria orgânica dissolvida e matéria orgânica na região de estudo. As estações que apresentaram as maiores concentrações de fósforo inorgânico dissolvido foram as localizadas no Canal do Porto, o que é justificado também pela presença das principais fontes de PID, relacionadas às indústrias de fertilizantes e das atividades portuárias.

Tabela 7: Dados de nutrientes, matéria orgânica e material em suspensão em Santos (verão) (modificado de Berbel, 2008).

Local	estação	PID $\mu\text{mol.L}^{-1}$	POD $\mu\text{mol.L}^{-1}$	M.E.S mg.L^{-1}	MO mg.L^{-1}	%MO	Clor. a $\mu\text{g.L}^{-1}$	Feof.a $\mu\text{g.L}^{-1}$
Canal do Porto	1	8,30	1,08	72,60	30,20	41,60	5,38	0,00
	2	6,49	2,08	24,00	5,80	24,17	2,49	0,00
	2a	5,85	nd	25,60	5,60	21,88	3,74	0,00
	3	7,90	0,90	16,00	2,40	15,00	0,96	4,57
	4	5,06	1,06	24,80	4,20	16,94	3,31	0,13
	5	3,29	0,00	22,80	3,40	14,91	4,91	0,00
Baía de Santos	6	1,15	0,59	47,80	10,80	22,59	5,98	0,00
	7	1,03	0,32	25,44	6,22	24,45	8,86	0,00
	8	0,87	0,72	10,80	4,40	40,74	3,31	0,00
	9	0,83	0,62	15,50	4,17	26,88	0,27	5,15
	10	1,74	1,18	31,67	10,33	32,63	4,45	0,00
	15	2,02	0,40	18,50	4,83	26,13	5,07	0,00
Canal de São Vicente	16	1,40	0,96	35,17	13,00	36,97	nd	nd
	11	4,48	nd	22,17	5,00	22,56	2,88	0,03
	12	4,18	0,63	27,67	8,00	28,92	0,00	1,57
	13	5,89	0,08	29,33	5,00	17,05	0,00	11,73
	14	5,81	0,07	31,67	7,33	23,16	nd	nd

nd= não determinado

Tabela 8: Dados de nutrientes, matéria orgânica e material em suspensão em Santos (inverno) (modificado de Berbel, 2008).

Local	estação	PID $\mu\text{mol.L}^{-1}$	POD $\mu\text{mol.L}^{-1}$	MES mg.L^{-1}	MO mg.L^{-1}	% MO	Clor a $\mu\text{g.L}^{-1}$	Feof a $\mu\text{g.L}^{-1}$
Canal do Porto	1	5,36	0,21	50,50	9,83	19,47	2,46	1,58
	2	8,67	0,67	68,64	13,18	19,21	2,90	2,98
	2 A	3,48	0,30	84,00	16,00	19,05	2,29	3,80
	3	5,07	0,69	42,17	9,00	21,34	4,01	0,61
	4	3,63	0,21	54,83	12,50	22,80	2,78	1,11
	5	1,73	0,22	111,75	23,25	20,81	8,40	1,44
Baía de Santos	6	0,86	0,33	85,00	18,40	21,65	9,78	4,12
	7	0,71	0,30	54,67	12,33	22,56	2,94	0,93
	8	0,62	0,31	64,60	14,00	21,67	1,43	4,19
	9	0,73	0,36	51,17	12,50	24,43	7,04	1,07
	10	0,64	0,30	42,43	10,29	24,24	12,83	1,46
	15	0,88	0,42	53,00	11,50	21,70	5,17	1,57
Canal de São Vicente	16	1,50	0,25	11,17	22,64	2,76	0,36	8,49
	11	4,71	0,00	55,80	14,00	25,09	5,04	2,54
	12	4,64	1,02	35,83	8,67	24,19	1,96	0,78
	13	4,78	0,32	42,00	11,00	26,19	1,78	1,84
	14	5,46	0,70	42,50	12,00	28,24	1,96	1,22

nd= não determinado

As maiores concentrações de PID ocorreram nas estações com características mais estuarinas (Canal do Porto e Canal de São Vicente), menos salinas, com menores valores de pH, menos oxigenadas. Por outro lado, no Canal do Porto, as estações mais internas (1 a 3) apresentaram diferenças sazonais nos teores de PID, sendo em geral maiores no verão, com exceção da estação 1. De acordo com os dados do Projeto MOBIO, a distribuição do silicato dissolvido é muito similar à do PID, que pode indicar a origem continental do fósforo dissolvido.

Durante o inverno, as estações localizadas no canal de São Vicente apresentaram teores médios de MO muito maiores que as demais estações. Neste período, os menores teores de MO foram observados nas estações localizadas na Baía de Santos. Um padrão inverso de variação dos teores de MO foi observado durante campanha de verão, onde os maiores teores foram encontrados nas estações localizadas na Baía de Santos, com menores valores sendo obtidos para as estações localizadas no canal de Santos e no canal de São Vicente.

Os dados de clorofila a, compilados de Berbel (2008), apresentaram variabilidade pontual, ou seja, nem sempre os dados de verão (SV06) foram maiores que os dados de inverno (SI05 e SV06), como eram aguardados (fig. 19). Os teores de clorofila a estão associados a uma série de fatores abióticos como a luz, a temperatura e disponibilidade de nutrientes, além da própria qualidade do plâncton.

Figura 19: Distribuição espacial de clorofila a na região de Santos.

As campanhas SI05 e SI06 seguem o mesmo padrão, aonde os maiores valores são encontrados nas estações 3, 5 e 6 (Canal do Porto); 9 e 10 (Baía de Santos). No verão (SV06), a maior concentração de clorofila a foi observada na estação 7 (Baía de Santos).

5.1.2. Complexo Estuarino Lagunar de Cananéia.

Os valores da pluviosidade acumulada referente ao ano de 2006 da Ilha de Cananéia estão ilustrados na figura 20, sendo que o valor da precipitação acumulada do ano foi de 2493,9 mm. Os meses mais chuvosos foram fevereiro e março (453,2 e 581,9 mm, respectivamente) e os mais secos foram maio e junho (34,8 e 51,8 mm, respectivamente). Os dados de pluviosidade foram obtidos de Berbel (2008).

Figura 20: Pluviosidade média obtida de junho de 2005 a junho de 2006 para a região de Cananéia (Fonte: CEPTEC).

O posicionamento e a localização das estações estão dispostos na tabela 9. Foi possível determinar sessões geográficas na região especificadas na tabela.

Tabela 9: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Cananéia.

Cananéia			
Estações	Latitude	Longitude	Localidade
1	25°02,802'	47°54,968'	Mar de Cananéia
2	25°01,859'	47°54,886'	
3	24°58,946'	47°54,092'	
4	24°56,298'	47°51,652'	
5	24°54,049'	47°50,138'	
6	24°53,955'	47°48,590'	
7	25°03,785'	47°55,567'	Baía de Trapandé
8	25°04,440'	47°58,867'	
9	25°03,769'	48°01,026'	
10	25°01,352'	47°58,873'	Mar de Cubatão
11	25°00,007'	47°57,167'	
12	25°56,567'	47°54,762'	
13	24°53,578'	47°50,375'	

O posicionamento das estações, a profundidade, o pH, o teor de oxigênio dissolvido, os valores de temperatura e salinidade de superfície e de fundo, mensurados concomitantes às amostras biológicas e sedimentológicas para todos os períodos amostrados, podem ser visualizados nas tabelas 10, 11, 12 e 13.

Tabela 10: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Cananéia (CI05).

CI05							
Estações	Prof. (m)	Temp (°C)	Salinidade (UPS)	OD/(ml/l)	MO (%)	pH	Clor.a/(ug/L)
1	3	19,03	27,97	4,55	18,37	7,98	2,79
2	3	21,20	25,10	4,42	31,35	7,86	1,05
3	5	21,10	30,09	4,85	30,88	8,10	2,82
4	8	21,50	22,92	4,94	26,86	7,84	8,84
5	8	21,44	21,29	4,98	33,55	7,73	3,10
6	3	21,30	14,36	4,81	29,63	7,54	1,58
7	5	20,50	32,98	4,73	23,05	8,22	0,23
8	8	20,72	31,41	4,58	41,42	8,14	4,90
9	5	21,00	29,71	4,54	29,63	8,02	12,27
10	8	21,19	28,45	4,50	32,58	7,87	4,58
11	10	21,30	27,71	5,09	27,18	7,84	6,28
12	5	21,40	27,30	5,20	29,85	7,77	3,72
13	3	21,38	21,53	5,30	25,32	7,57	1,11

Tabela 11: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Cananéia (CV06).

CV06							
Estações	Prof. (m)	Temp (°C)	Salinidade (UPS)	OD/(ml/l)	MO (%)	pH	Clor.a/(ug/L)
1	3	28,16	28,98	3,87	29,0%	8,10	7,30
2	5	nd	24,43	3,96	31,6%	7,74	9,20
3	5	26,89	24,55	3,77	27,5%	8,04	0,00
4	8	25,04	21,92	3,35	20,8%	7,92	24,41
5	10	29,26	12,16	4,01	18,2%	7,67	29,98
6	3	27,10	9,80	3,97	15,9%	7,50	9,76
7	5	28,26	23,93	3,62	19,0%	8,59	9,15
8	8	28,89	29,18	2,94	15,8%	8,61	16,40
9	5	27,91	20,14	3,41	19,5%	8,38	12,07
10	8	29,64	30,28	3,59	20,1%	8,05	21,36
11	10	29,90	nd	4,38	23,1%	8,15	2,16
12	8	29,84	24,58	3,50	nd	8,20	44,19
13	5	30,20	21,07	3,39	13,8%	8,10	23,85

Tabela 12: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Cananéia (CI06).

CI06							
Estações	Prof. (m)	Temp (°C)	Salinidade (UPS)	OD/(ml/l)	MO (%)	pH	Clor.a/(ug/L)
1	5,1	21,22	33,41	4,86	25,75	8,53	0
2	6,1	21,98	33,6	4,85	21,74	8,49	3,64
3	6,4	21,97	25,34	5,29	20,74	8,36	4,7
4	10,1	22,15	19,05	5,38	20,11	8,14	6,77
5	10,1	22,01	18,31	4,66	22,97	7,94	0,09
6	4,3	22,09	11,53	5,28	13,46	7,88	6,63
7	7	21,52	33,49	5,11	22,97	8,4	3,1
8	10,7	21,58	33,13	4,99	22,54	8,37	2,25
9	8,5	21,62	30,75	nd	23,57	8,31	3,53
10	10,1	22,5	29,15	4,84	22,83	8,17	nd
11	12,5	22,55	28,51	4,65	23,2	8,07	6,74
12	8,2	22,05	26,87	4,61	24,28	7,95	0
13	4,3	22,35	15,9	4,87	0	7,71	nd

Tabela 13: Parâmetros hidrográficos e posicionamento das estações de coleta em Cananéia (CV07).

CV07				
Estações	Prof. (m)	Temp (°C)	Salinidade (UPS)	pH
1	4,5	29,21	27	7,59
2	5	29,27	24	7,88
3	5,5	29,38	20	7,48
4	8,8	29,33	16	7,39
5	10,4	29,43	14	7,28
6	5,2	29,42	12	7,15
7	6,7	29,21	30	7,81
8	9,4	29,31	30	7,77
9	7	29,39	28	7,85
10	8,8	29,27	26	7,64
11	12,5	29,09	26	7,57
11a	3,7	28,96	29	7,22
12	8,8	29,18	27	7,59
13	5,5	29,14	25	7,51

A Baía de Trapandé e o Mar de Cubatão apresentam as maiores profundidades e os valores da altura da coluna d'água não apresentaram variação sazonal significativa. Porém, assim como em Santos, é possível observar que há variações batimétricas espaciais nesta região.

5.1.2.1. Temperatura.

A variação espacial e sazonal da temperatura é evidente (fig. 21). Como previsto, o verão apresenta as temperaturas mais elevadas, que ainda concentram-se nas estações mais rasas.

Figura 21: Variação sazonal da temperatura na região estuarina de Cananéia.

A Baía de Trapandé possui as menores temperaturas devido ao contato com o mar aberto adjacente. É interessante ressaltar que as mais elevadas temperaturas foram registradas nas estações mais confinadas. A temperatura da água de fundo variou de 25,04 a 30,20 °C, sendo a média de $28,55 \pm 1,54$ °C no verão e no inverno de 21,06 a 22,50 °C, com média de $21,97 \pm 0,38$ °C. As temperaturas foram maiores no verão, sendo o valor máximo de 30,20°C, encontrado na estação 13 (Mar de Cubatão) (Fig. 22).

Figura 22: Gradiente de distribuição da temperatura na região de Cananéia.

A temperatura na campanha CI06 apresentou-se peculiarmente alta, o que poderia favorecer a precipitação por conta da evaporação elevada. Esta campanha, apesar de caracterizar a estação seca, apresentou pluviosidade. O posicionamento geográfico abrigado do Mar de Cubatão também dificulta a entrada de águas marinhas mais frias, mantendo a temperatura mais elevada.

5.1.2.2. Salinidade.

Assim como a temperatura, os valores de salinidade apresentam sazonalidade, além do gradiente espacial (fig. 23).

Figura 23: Variação sazonal da salinidade na região estuarina de Cananéia.

No inverno, caracterizado pela entrada de correntes mais frias, a salinidade é mais baixa, e ainda diminui à medida que se adentra nos mares de Cananéia e Cubatão. A distribuição dos valores de salinidade pode ser visualizada na figura 24.

No Mar de Cubatão, o menor valor de salinidade está localizado na estação 13, enquanto nas demais os valores estão entre 24 e 30. A estação 6, localizada no Mar de Cananéia, foi a que apresentou o menor valor de salinidade tanto no verão quanto no inverno. Observou-se também que nessa mesma região houve uma maior variação nos valores de salinidade, embora a rede hidrográfica que desemboca na região do Mar de Cubatão seja mais extensa.

Interessante notar a campanha CI05 foi aquela em que houve a maior intrusão de águas oceânicas pela Baía de Trapandé. Observando os valores de salinidade nos canais estuarinos Mar de Cananéia e Mar de Cubatão pode-se concluir que a penetração da água atinge a mesma latitude em ambos os corpos d'água, denotando a baía como um corpo mediador da influência marinha para o sistema.

Durante o verão o aumento da pluviosidade nas cabeceiras dos rios eleva o aporte continental e diminui toda salinidade na região, cujos valores não ultrapassam 25 UPS.

Figura 24: Gradiente de distribuição da salinidade na região de Cananéia.

Assim como no inverno a Baía de Trapandé é o canal de aporte salino para a parte sul do sistema estuarino Cananéia-Iguape, no verão a mesma atua como exportadora de água doce e sedimento para a plataforma adjacente. Tal fato acarreta em aumento de temperatura e maior atividade biológica. Sabe-se que o aumento do metabolismo celular está intimamente ligado ao aumento da temperatura.

Ainda no que se refere à campanha de verão, os resultados de salinidade corroboram os dados climatológicos que demonstram um ano mais chuvoso em 2006, onde toda área estudada apresentou salinidade inferior a campanha subsequente, que apresentou valores elevados (30 UPS) na Baía de Trapandé.

5.1.2.3. Oxigênio Dissolvido.

Da mesma maneira que a salinidade aumenta na região da Baía de Trapandé pela proximidade desta porção com o mar aberto, os teores de oxigênio dissolvido (OD) também são privilegiados pela maior energia das estações 7, 8 e 9. Ainda assim, o parâmetro oxigênio apresentou sazonalidade inerente e foi menor durante o verão.

A redução dos teores de OD no verão provavelmente relaciona-se com o aumento da atividade biológica característica desta estação (fig. 25).

Figura 25: Variação sazonal de oxigênio dissolvido na região estuarina de Cananéia.

Importante ressaltar que o gráfico acima elucidado não apresenta um valor obtido para a estação 9, na campanha CI06 e, portanto, o declínio de oxigênio demonstrado para aquela estação deve ser desconsiderado do gráfico. Ainda, assim como em Santos, devido a problemas analíticos com as amostras da campanha CV07, optou-se pela não utilização dos dados para não haver interpretação errônea.

Apesar de o verão apresentar teores de OD inferiores às campanhas do inverno, estes valores nunca foram menores que 4 ml/l, ao contrário do estuário santista, em que os valores freqüentemente foram inferiores a 2ml/l. Tal fato denota a superior qualidade das águas de Cananéia com relação a Santos.

Ao contrário do observado na região de Santos, os teores de oxigênio dissolvido (OD) contido na água de fundo do estuário de Cananéia possuem uma estabilidade dos valores, que são maiores durante o inverno (fig. 26).

Figura 26: Gradiente de distribuição de oxigênio dissolvido na região de Cananéia.

Como serão elucidados a seguir, os teores de lama acompanham a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido no verão. Tal fato demonstra um consumo que pode estar ligado aos processos oxidativos de decomposição da matéria orgânica. A estação 4, localizada próxima à Ilha de Pai Matos, apresentou valor diferenciado de OD em relação aos pontos adjacentes, sendo este mais elevado.

Muitos foraminíferos parecem ter sido afetados pela diminuição de oxigênio na região. Espécies como *Siphotrocammina lobata* apresentou a menor frequência relativa justamente na campanha de verão.

5.1.2.4. pH.

O pH do sedimento de fundo não variou significativamente e apresentou valores entre 7,54 e 8,22 entre as estações de coleta (fig. 27). Estes valores são considerados normais para ambientes marinhos e/ou com influência de água salina.

Figura 27: Variação sazonal de pH na região estuarina de Cananéia.

Conforme a figura 28 observa-se que o pH é maior na entrada da Barra de Cananéia e diminui à medida que se adentra no sistema, sobretudo em direção ao Mar de Cubatão, pois ocorre a intrusão de águas salinas na Barra e a influência dessas águas vai diminuindo à medida que se avança ao norte da Ilha de Cananéia. Os valores de pH foram maiores no inverno no Mar de Cananéia, onde houve uma ampla variação desta variável, o que pode estar relacionado ao grande aporte de água doce no verão, devido às chuvas e drenagem continental.

Os mapas de contorno mostram ainda que haja uma diferenciação na distribuição do pH, mesmo quando comparamos a mesma estação sazonal (e.g. CI05 e CI06), em que mais uma vez o atípico aumento da pluviosidade na campanha de 2005 é demonstrado através dos teores de pH, que se mostram sempre inferiores a CI06. Com exceção de CI06, em todas as outras campanhas o Mar de Cananéia apresentou pH inferior ao Mar de Cubatão, o que pode estar relacionado com o aprisionamento da água mais salina (pH mais elevado) no Mar de Cubatão.

Figura 28: Gradiente de pH na região de Cananéia.

A região da Baía de Trapandé foi a que apresentou os maiores valores para o pH, como esperado, de acordo com a influência oceânica que esta região sofre. Ainda, na campanha CI06 pode-se concluir que as águas introduzidas nos canais estuarinos privilegiaram principalmente o Mar de Cananéia, que nesta coleta apresentou pH muito próximo aos valores encontrados na baía, que se conecta diretamente com o oceano aberto.

5.1.2.5. Nutriente, Material em Suspensão e Matéria Orgânica.

As tabelas a seguir apresentam os valores de inverno e verão de nutrientes, material em suspensão e matéria orgânica na região de Cananéia (tabs. 13 e 14).

Tabela 13: Dados de nutrientes, matéria orgânica e material em suspensão em Cananéia (verão) (modificado de Berbel, 2008).

Estação		PID $\mu\text{mol L}^{-1}$	POD $\mu\text{mol L}^{-1}$	MES mg.L^{-1}	MO mg.L^{-1}	% M.O.	Clor. a $\mu\text{g.L}^{-1}$	Feof. a $\mu\text{g.L}^{-1}$
Mar de Cananéia	1	1,30	0,43	25,14	7,29	28,98	7,30	0,00
	2	1,21	0,62	34,80	11,00	31,61	9,20	0,00
	3	1,10	1,13	25,43	7,00	27,53	0,00	20,85
	4	1,76	0,85	29,57	6,14	20,77	24,41	0,07
	5	2,55	0,59	17,29	3,14	18,18	29,98	0,00
	6	2,70	0,42	12,57	2,00	15,91	9,76	3,50
Baía de Trapandê	7	1,23	0,60	19,57	3,71	18,98	9,15	0,00
	8	2,08	0,07	28,00	4,43	15,82	16,40	0,00
	9	1,17	0,00	21,33	4,17	19,53	12,07	0,00
Mar de Oubatão	10	1,34	1,39	35,80	7,20	20,11	21,36	0,00
	11	0,79	1,03	24,20	5,60	23,14	2,16	12,96
	11 A	0,45	1,43	23,20	5,00	21,55	0,38	23,10
	12	nd	nd	nd	nd	nd	44,19	0,00
	13	2,29	0,07	13,00	1,80	13,85	23,85	0,00

nd= não determinado

Tabela 14: Dados de nutrientes, matéria orgânica e material em suspensão em Cananéia (inverno) (modificado de Berbel, 2008).

Estação		PID $\mu\text{mol L}^{-1}$	POD $\mu\text{mol L}^{-1}$	MES mg.L^{-1}	MO mg.L^{-1}	% M.O.	Clor. a $\mu\text{g.L}^{-1}$	Feof. a $\mu\text{g.L}^{-1}$
Mar de Cananéia	1	1,30	0,43	25,14	7,29	28,98	7,30	0,00
	2	1,21	0,62	34,80	11,00	31,61	9,20	0,00
	3	1,10	1,13	25,43	7,00	27,53	0,00	20,85
	4	1,76	0,85	29,57	6,14	20,77	24,41	0,07
	5	2,55	0,59	17,29	3,14	18,18	29,98	0,00
	6	2,70	0,42	12,57	2,00	15,91	9,76	3,50
Baía de Trapandê	7	1,23	0,60	19,57	3,71	18,98	9,15	0,00
	8	2,08	0,07	28,00	4,43	15,82	16,40	0,00
	9	1,17	0,00	21,33	4,17	19,53	12,07	0,00
Mar de Oubatão	10	1,34	1,39	35,80	7,20	20,11	21,36	0,00
	11	0,79	1,03	24,20	5,60	23,14	2,16	12,96
	11 A	0,45	1,43	23,20	5,00	21,55	0,38	23,10
	12	nd	nd	nd	nd	nd	44,19	0,00
	13	2,29	0,07	13,00	1,80	13,85	23,85	0,00

A figura 29 apresenta a distribuição de clorofila *a* em Cananéia, cujos valores são bem mais elevados no verão, em relação ao inverno. Ao comparar estes teores aos de oxigênio na região constata-se o mesmo padrão, em que maiores valores estão no Mar de Cubatão (estação 12) e Mar de Cananéia (estações 4 e 5).

Figura 29: Distribuição espacial de clorofila *a* na região de Cananéia.

Os elevados valores de clorofila na região do Mar de Cubatão podem estar relacionados com o alto grau de confinamento da região, somado a proximidade do manguezal que disponibiliza nutrientes para fixação pelas plantas.

5.2. Parâmetros sedimentológicos.

5.2.1. Parâmetros granulométricos.

5.2.1.1. Sistema Estuarino de Santos.

Os resultados obtidos para granulometria, de acordo com a classificação de Shepard (1954) e os parâmetros de Folk & Ward (1957), encontram-se dispostos na tabela 15, 16, 17 e 18, para SI05, SV06, SI06 e SV07, respectivamente. De acordo com estas tabelas, os sedimentos da região são predominantemente lamosos, com pontos arenosos nas partes externas da Baía de Santos.

Tabela 15: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Santos (SI05).

SI05			
Estações	Areia (%)	Silte+Arg. (%)	Granulos (%)
1	8,24	91,76	0,00
2	17,62	82,38	0,00
3	69,25	30,75	0,00
4	21,17	78,83	0,00
5	34,46	65,54	0,00
6	79,85	20,15	0,00
7	98,70	1,30	0,00
8	82,00	18,00	0,00
9	99,71	0,29	0,00
10	97,94	2,06	0,00
11	99,86	0,14	0,00
12	99,55	0,45	0,00
13	99,40	0,60	0,00
14	3,09	96,91	0,00

Tabela 16: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Santos (SV06).

SV06							
Estações	areia (%)	silte (%)	argila (%)	CaCo3	Grau de Seleção	Diâmetro médio	class. Textural (Shepard, 1954)
1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	33,39	52,48	14,13	9,68	pobrememente selecionado	5,31	silte arenoso
2a	0,00	71,31	23,10	6,82	muito pobrememente selecionado	6,19	silte
3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	10,68	64,96	24,36	21,47	pobrememente selecionado	6,19	silte argiloso
5	65,29	24,79	9,92	6,03	pobrememente selecionado	4,17	areia siltica
6	83,19	16,81	0,00	6,69	pobrememente selecionado	3,41	areia
7	74,26	24,14	1,34	11,8	bem selecionado	4,32	areia siltica
8	54,39	41,46	4,15	7,37	pobrememente selecionado	4,42	areia siltica
9	99,68	0,32	0,00	3,71	pobrememente selecionado	3,28	areia
10	74,55	21,53	3,92	7,17	muito bem selecionado	3,85	areia siltica
11	68,14	16,87	14,99	37,24	muito pobrememente selecionado	4,57	areia siltica
12	74,23	19,83	5,95	7,52	pobrememente selecionado	4,3	areia siltica
13	30,79	45,35	23,87	7,57	muito pobrememente selecionado	5,87	silte arenoso
14	2,23	67,56	30,21	4,7	pobrememente selecionado	6,61	silte argiloso
15	95,70	4,30	0,00	3,81	muito bem selecionado	3,51	areia
16	89,83	10,17	0,00	5,14	muito bem selecionado	3,46	areia

Tabela 17: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Santos (SI06).

SI06

Estações	areia (%)	silte (%)	argila (%)	CaCo3	Grau de Seleção	Diâmetro médio	class. Textural (Shepard, 1954)
1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	8,51	51,98	37,81	7,57	muito pobremente selecionado	6,58	silte argiloso
2a	4,13	66,12	28,93	6,87	pobremente selecionado	6,76	silte argiloso
3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	8,2	62,84	27,32	12,49	muito pobremente selecionado	6,31	silte argiloso
5	20,51	51,27	24,13	9,23	muito pobremente selecionado	5,43	silte argiloso
6	67,19	26,66	6,15	1,09	pobremente selecionado	4,36	areia siltica
7	74,7	18,53	5,05	12,61	pobremente selecionado	4,14	areia
8	96,94	3,06	0	4,16	muito bem selecionado	3,46	areia
9	99,9	0,1	0	4,82	muito bem selecionado	3,24	areia
10	65,41	24,98	9,61	12,42	pobremente selecionado	4,33	areia siltica
11	96,07	3,93	0	4,03	muito bem selecionado	3,39	areia
12	99,58	0,42	0	2,55	muito bem selecionado	3,41	areia
13	nd	nd	nd	14,2	nd	nd	nd
14	66,16	21,53	21,53	27,11	pobremente selecionado	4,29	areia siltica
15	3,39	56,43	56,43	14,3	pobremente selecionado	7,4	silte argiloso
16	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela 18: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Santos (SV07).

SV07

Estações	areia (%)	silte (%)	argila (%)	CaCo3	Grau de Seleção	Diâmetro médio	class. Textural (Shepard, 1954)
1	46,67	37,33	16	8,27	muito pobremente selecionado	5,06	areia siltica
2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2a	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	60,22	25,74	14,04	4,79	pobremente selecionado	4,71	areia siltica
4	16,53	60,74	22,73	10,84	pobremente selecionado	5,88	silte argiloso
5	18,76	69,70	11,53	9,43	pobremente selecionado	5,35	silte arenoso
6	69,60	21,83	8,19	6,84	pobremente selecionado	4,25	silte grosso
7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10	28,70	59,14	12,16	10,26	pobremente selecionado	5,14	silte medio
11	8,81	57,75	33,43	33,69	pobremente selecionado	6,65	silte argiloso
12	91,67	8,33	0,00	2,46	bem selecionado	3,06	areia
13	20,35	48,67	30,97	8,96	muito pobremente selecionado	6,29	silte argiloso
14	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
15	58,52	31,11	10,37	6,82	pobremente selecionado	4,7	areia siltica
16	99,54	0,46	0,00	2,45	muito bem selecionado	3,39	areia

A distribuição dos sedimentos na área apresentou-se heterogênea, sendo predominantemente arenosa na entrada da baía, prevalecendo os sedimentos finos nas porções internas. Algumas amostras têm percentual de material grosseiro elevado, o que indica mudanças no padrão deposicional, influenciando na concentração de matéria

O sedimento arenoso está presente em abundância nas estações da entrada e partes centrais da baía. As regiões mais internas próximas à COSIPA caracterizam-se pela presença de sedimento mais fino (fig. 31). A deposição deste tipo de sedimento nessa região pode ainda estar relacionada com a corrente gerada pelas dragagens do Canal do Porto, que o tornam mais profundo.

Figura 31: Gradiente de distribuição de lama (silte + argila) na região de Santos.

Ao compararmos as duas regiões sedimentológicas se observa a interposição de areia e lama, cujos pontos com baixa circulação caracterizam-se por apresentarem menor granulometria. Em contrapartida, apesar do intenso aporte orgânico, que tende adsorver partículas e colaborar para o aumento da taxa de sedimentação, no entorno do emissário submarino domina sedimento arenoso, que se explica já que o fluxo de água oriundo do emissário transportaria as partículas mais finas, depositando apenas os grãos maiores.

A menor profundidade acarreta baixa circulação nas estações 1 a 4 e beneficia a deposição de partículas. A distribuição dos sedimentos deste estuário forma um gradiente que corrobora tanto as condições oceanográficas, como a característica do plano de fundo do Canal do Porto, que sofrem periódicos processos de dragagem, favorecendo o transporte de partículas, incluindo as testas de foraminíferos, para as porções interiores do sistema. Tal afirmação é corroborada pela ausência de organismos aglutinantes, que caracterizam ambientes naturalmente mixohalinos.

5.2.1.2. Sistema Estuarino de Cananéia

Os sedimentos de fundo constituem um registro fundamental das alterações sofridas pelo Sistema Estuarino de Cananéia. Estes podem ainda definir qual tipo e onde estão depositados os sedimentos que assoreiam a região. Nas tabelas 19, 20, 21 e 22 estão dispostos os parâmetros granulométricos de Shepard (1954) e Folk & Ward (1957) na região de Cananéia.

As amostragens realizadas mostraram que tanto no inverno quanto no verão, a maior predominância na composição granulométrica foi da fração areia. Durante o período de inverno, sedimentos com maior predominância da fração silte+argila foram observadas apenas nas estações 4 (87%), 9 (64%) e 11 (40%).

Tabela 19: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Cananéia (CI05).

Estações	CI05		
	Areia (%)	Silte+Arg. (%)	Granulos (%)
1	99,57	0,43	0,00
2	98,30	1,70	0,00
3	96,92	3,08	0,00
4	13,34	86,66	0,00
5	82,76	17,24	0,00
6	99,97	0,03	0,00
7	99,97	0,03	0,00
8	91,65	8,35	0,00
9	36,12	63,88	0,00
10	99,89	0,11	0,00
11	60,22	39,62	0,16
12	98,74	1,26	0,00
13	99,86	0,14	0,00

Tabela 20: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Cananéia (CV06).

CV06								
Estações	Grânulos (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	CaCo3	class. Textural (Shepard, 1954)	Diâmetro médio (phi)	Grau de Seleção
1	0	99,98	0,02	0,00	0,53	areia	2,49	muito bem selecionado
2	2,93	96,51	0,56	0,00	1,57	areia	2,00	moderadamente selecionado
3	0	54,13	26,46	19,41	3,97	areia silteica	4,81	muito pobremente selecionado
4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	12,06	81,35	5,27	1,32	1,58	areia	1,73	pobremente selecionado
6	0	99,96	0,04	0,00	0,44	areia	2,58	bem selecionado
7	0	99,88	0,12	0,00	3,10	areia	2,71	bem selecionado
8	0	82,27	14,18	3,55	3,35	areia	3,53	pobremente selecionado
9	0	55,43	28,36	16,21	4,17	areia silteica	5,05	muito pobremente selecionado
10	0	95,05	3,96	0,99	0,72	areia	2,82	bem selecionado
11	nd	nd	nd	nd	nd	areia silteico argilosa	nd	nd
12	25,16	74,68	0,17	0,00	nd	areia	1,19	pobremente selecionado
13	0	99,77	0,23	0,00	1,13	areia	2,72	bem selecionado

Tabela 21: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Cananéia (CI06).

CI06								
Estações	Grânulos (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	CaCo3	class. Textural (Shepard, 1954)	Diâmetro médio (phi)	Grau de Seleção
1	0	99,94	0,06	0	0,74	areia	2,57	bem selecionado
2	2,76	97,17	0,07	0	2,62	areia	1,99	moderadamente bem selecionado
3	0	88,91	8,87	2,22	2,41	areia	3,21	moderadamente bem selecionado
4	2,53	93,62	3,08	0,77	1,13	areia	1,96	pobremente selecionado
5	5,81	94,09	0,1	0	0,78	areia	2,65	moderadamente bem selecionado
6	0	99,87	0,13	0	3,17	areia	2,78	bem selecionado
7	0	99,19	0,81	0	1,85	areia	2,83	bem selecionado
8	0	93,25	5,4	1,35	2,46	areia	3,15	moderadamente bem selecionado
9	0,09	93,48	3,22	3,22	1,05	areia	2,87	moderadamente bem selecionado
10	0,15	98,93	0,92	0	nd	areia	3,35	muito bem selecionado
11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12	5,43	89,78	4,79	0	0,96	areia	2,37	pobremente selecionado
13	0,26	99,32	0,42	0	1,02	areia fina	3	muito bem selecionado

Tabela 22: Classificação dos sedimentos de fundo obtidos em Cananéia (CV07).

CV07							
Estações	areia (%)	silte (%)	argila (%)	CaCo3	Grau de Seleção	Diâmetro médio	class. Textural (Shepard, 1954)
1	97,17	2,83	0	2,5	bem selecionado	2,52	areia
2	86,61	6,61	6,61	1,59	pobremente selecionado	2,73	areia
3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	55,40	26,23	18,36	4,25	muito pobremente selecionado	4,92	areia silteica
5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	79,93	14,59	5,47	3,63	pobremente selecionado	3,58	areia
9	29,80	39,00	31,20	5,95	muito pobremente selecionado	6,06	silte argilo arenoso
10	93,45	6,55	0,00	1,33	bem selecionado	2,84	areia
11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Conforme já mencionado, é notável a predominância das areias por toda região estudada (fig. 32). Na porção central dos mares de Cananéia e Cubatão observa-se um pequeno aumento no teor de lama. Os teores de argila na Porção Sul do Sistema Estuarino Cananéia-Iguape foram de 0,00 a 27,11 % no verão e de 0,00 a 16,64 % no inverno. As estações que apresentaram maiores teores de argila no verão foram 3, 8, 9 e 11 A. No inverno, nas estações 3 e 9 houve uma grande variação granulométrica que pode ser devido ao possível posicionamento da embarcação. Por outro lado, houve alteração no conteúdo de argilas no inverno.

Figura 32: Gradiente de distribuição de areia na região de Cananéia.

O bolsão formado na entrada do Mar de Cananéia funciona como um depósito de areia que carrega este sedimento grosso principalmente para aquele canal, devido à força das correntes que ali adentram. No inverno, as correntes ganham força e injetam sedimento oriundo da plataforma para dentro de praticamente todo sistema sul do complexo lagunar.

A figura 33 mostra que a distribuição de lama pela região de Cananéia segue padrão inversamente proporcional aos dados de areia, como era de se esperar o sedimento mais fino ocorre em locais aonde há pouca areia. De qualquer maneira cabe ressaltar que a característica sedimentológica da região é arenosa, sendo que apenas em alguns pontos houve incidência maior que 10% (CI05 – estações 8,9), porém, nunca no verão.

Figura 33: Gradiente de distribuição de lama (silte+argila) na região de Cananéia.

5.2.2. Constituintes orgânicos.

5.2.2.1. Sistema Estuarino de Santos.

Os dados de conteúdo de carbono orgânico, enxofre, nitrogênio da região estuarina de Santos podem ser visualizados nas tabelas 23, 24 e 25.

Tabela 23: Constituintes orgânicos do sedimento em Santos (SI05).

SI05			
Estações	C orgânico (%)	Nitrogênio (%)	Enxofre (%)
1	5,46	0,36	1,17
3	1,90	0,12	0,57
4	2,94	0,19	1,31
5	2,52	0,17	0,61
6	1,42	0,07	0,17
8	1,10	0,10	0,23
9	0,29	0,03	0,01
10	0,46	0,03	0,05
15	2,62	0,32	0,23
16	0,17	0,03	0,01
11	0,14	0,00	0,02
14	5,03	0,32	1,87

Tabela 24: Constituintes orgânicos do sedimento em Santos (SV06).

SV06			
Estações	C orgânico (%)	Nitrogênio (%)	Enxofre (%)
1	6,26	1,57	0,55
2	4,33	1,18	0,34
3	2,76	0,97	0,22
4	4,15	1,46	0,44
5	2,88	0,72	0,22
6	nd	nd	nd
7	0,67	0,06	0,11
8	2,19	0,58	0,25
9	0,27	0,01	0,05
10	1,44	0,33	0,14
15	0,22	0,02	0,02
16	1,84	0,15	0,21
11	3,43	1,21	0,24
12	4,07	0,96	0,29
13	6,5	2,09	0,54
14	6,6	2,18	0,55

Tabela 25: Constituintes orgânicos do sedimento em Santos (SI06).

SI06			
Estações	C orgânico (%)	Nitrogênio (%)	Enxofre (%)
1	6,26	0,41	1,54
2	5,52	0,4	1,42
3	2,36	0,19	0,86
4	3,59	0,33	1,49
5	3,48	0,32	1,01
6	2,13	0,22	0,24
7	0,62	0,08	0,06
8	0,24	0,04	0,03
9	0,14	0,03	0,01
10	1,58	0,11	0,47
15	0,2	0,01	0,02
16	2,61	0,11	0,33
11	4,9	0,42	0,9
12	3,72	0,29	0,77
13	6,15	0,44	1,8
14	5,5	0,38	2,11

Analizando as tabelas acima, nota-se que os maiores valores de carbono orgânico (Corg) foram na campanha SI06, com média de $3,06 \pm 0,6\%$. Por outro lado, a porcentagem de nitrogênio (N) e enxofre (S) ao longo dos períodos estudados apresentou variabilidade significativa. A distribuição espacial de nitrogênio apresentou maior média na campanha SV06 (0,15%), enquanto que enxofre seguiu a mesma tendência de distribuição de carbono orgânico.

Visualizando a figura 34, que representa a distribuição dos valores de carbono orgânico, nitrogênio e enxofre ao longo da área estudada, verifica-se uma variação conspícua, principalmente em relação ao Carbono Orgânico (Corg). Segundo Rachid (1985) valores de carbono orgânico são considerados baixos quando se apresentam em concentrações menores que 2%, e altos quando apresentam concentrações acima de 4%. Valores entre 2 e 4% são considerados intermediários.

Sazonalmente não houve variação significativa dos constituintes orgânicos do sedimento, salvo estações como a oito, na desembocadura do emissário submarino, que apresentaram aumento expressivo na época de verão, como esperado.

Figura 34: Teores de carbono orgânico na região de Santos.

As fontes de Corg podem ser naturais ou antropogênicas e sua distribuição fornecem subsídio para compreender a deposição da matéria orgânica. Os maiores valores foram observados no Canal do Porto e no Canal de São Vicente, e ultrapassaram 6% (estações 1, 13 e 14). Como esperado a Baía de Santos apresenta concentrações menores, refletindo a circulação mais eficiente.

A distribuição do nitrogênio na região seguiu o mesmo padrão mostrado pelo Corg no que diz respeito à sazonalidade (fig. 35). Com relação à distribuição espacial observa-se maior homogeneidade entre as estações. Com exceção da estação 8, os valores para a Baía de Santos foram os mais baixos (entre 0,01 e 0,3%).

Figura 35: Teores de nitrogênio na região de Santos.

Apesar de estar em concentração muito inferior a de Corg, a distribuição de nitrogênio na região segue o mesmo padrão do carbono, concentrando-se principalmente na região da orla santista e do Canal do Porto. De maneira geral, a distribuição dos constituintes orgânicos do sedimento converge, estando sempre associada aos sedimentos finos, silte e argila. Ao se observar os dados referentes à distribuição de enxofre na região santista, a tendência mais uma vez é corroborada (fig 36).

Enxofre (%)

Figura 36: Teores de Enxofre na região de Santos.

Para concluir, nota-se que os núcleos com altos teores de nitrogênio espacialmente sobrepostos aos maiores conteúdos de lama (silte + argila), porém não foi observada variação significativa, sendo a média geral $0,3 \pm 0,17\%$.

A origem dos constituintes orgânicos dos sedimentos pode ser avaliada mediante análise das razões C/N. Valores considerados baixos (inferiores a 6, segundo Mahiques, 1998) relacionam-se a uma alta contribuição do nitrogênio no teor total, indicando uma origem marinha (plâncton ou bactérias) de matéria orgânica associada aos depósitos de fundo. Valores acima de 20, ainda segundo Mahiques (*op. cit.*)

indicam predominância de compostos terrígenos, relacionados aos vegetais superiores. Valores intermediários indicam áreas sob influência mista. Esta classificação, contudo, deve ser empregada com cautela em ambientes que possuem fontes alóctones de elementos orgânicos, que podem mascarar a distribuição natural esperada (fig. 37).

Figura 37: Distribuição dos valores da razão C/N em Santos.

De acordo com os dados obtidos, a razão C/N indica que toda área possui forte influência marinha, o que de certa maneira pode-se afirmar pela ação das correntes que adentram o estuário, principalmente na maré de sizígia e quando há presença de correntes, como a Central do Atlântico Sul (ACAS), na costa. A estação 13, localizada no Canal de São Vicente, apresentou a menor razão C/N, indicando o confinamento dessas águas e sua característica mixohalina. Por outro lado, a carga antropogênica de nitrogênio que é liberada em forma de amônia (NH_3) não pode ser desconsiderada como um fator influenciador dos resultados obtidos.

A tendência oxidante ou redutora dos sedimentos pode ser estimada através da razão C/S. Valores desta razão inferiores a 3 estão associados aos sedimentos anóxicos (Barcellos, 2005).

A estreita relação entre o carbono orgânico e o enxofre supõe uma relação C/S relativamente constante, o que, entretanto, não é observado. Toda a área estudada apresenta razão C/S baixa, o que se traduz em alta concentração de enxofre. Com exceção de algumas estações, localizadas mais externamente na Baía de Santos (7, 9, 14 e 15), os valores para razão C/S não ultrapassaram 5, indicando um ambiente altamente redutor (fig. 38).

Figura 38: Distribuição dos valores da razão C/S em Santos.

5.2.2.2. Sistema Estuarino de Cananéia.

Assim como em Santos, foi efetuada análise dos constituintes orgânicos do sedimento na região de Cananéia ao longo do período estudado, cujos resultados serão sumariados nas tabelas 26, 27 e 28.

Tabela 26: Constituintes orgânicos do sedimento em Cananéia (CI05).

CI05			
Estações	C orgânico (%)	Nitrogênio (%)	Enxofre (%)
1	0,14	0,01	0,01
2	0,86	0,04	0,28
3	0,95	0,06	0,28
5	0,85	0,04	0,47
6	0,22	0,03	0,01
7	0,16	nd	0,01
8	0,91	0,06	0,17
9	2,94	0,30	1,02
11	2,26	0,14	0,65
12	0,96	0,03	0,16
13	0,17	0	0,01

Tabela 27: Constituintes orgânicos do sedimento em Cananéia (CV06).

CV06			
Estações	C orgânico (%)	Nitrogênio (%)	Enxofre (%)
1	0,24	0,02	0,03
2	0,27	0,03	0,07
3	2,54	0,27	0,65
4	0,79	0,08	0,2
5	0,74	0,06	0,27
6	0,31	0,02	0,03
7	0,15	0,02	0,01
8	1,19	0,13	0,29
9	3,51	0,34	1,22
10	0,8	0,07	0,13
11	2,92	0,23	1,06
11a	5,83	0,47	1,95
12	0,89	0,09	0,25
13	0,21	0,1	0,02

Tabela 28: Constituintes orgânicos do sedimento em Cananéia (CI06).

CI06			
Estações	C orgânico (%)	Nitrogênio (%)	Enxofre (%)
1	0,12	0	0,01
2	0,67	0,05	0,27
3	1,11	0,08	0,2
4	0,65	0,04	0,28
5	0,32	0,02	0,29
6	0,16	0	0,02
7	0,17	0	0,02
8	0,54	0,04	0,08
9	2,63	0,2	0,98
10	0,62	0,04	0,12
11	2,92	0,19	1,36
11a	4,83	0,32	1,51
12	0,71	0,05	0,14
13	0,16	0,01	0,02

De maneira geral, os valores de Corg na região foram mais elevados no verão, apesar de a campanha CI06 ter apresentado valores elevados em relação a CI05. Para a região do Mar de Cananéia, os valores detectados foram muito baixos, com exceção da estação 3 (2,54%). A média durante o inverno é de $1,11 \pm 1,38\%$, sendo os maiores valores observados no Mar de Cubatão.

A distribuição dos valores de carbono orgânico, nitrogênio e enxofre ao longo da área estudada estão elucidados nas figuras 39, 40 e 41. Os três constituintes seguem, de maneira geral, a mesma tendência. Os valores de Corg são freqüentemente baixos, de acordo com a classificação de Rachid (1985), elucidada anteriormente.

Figura 39: Teores de Corg na região de Cananéia.

Assim como no Estuário de Santos, na região de Cananéia a Baía de Trapandé possui a maior concentração de nitrogênio, corroborando o aporte natural já que esta molécula provavelmente deriva da decomposição animal, neste caso, principalmente marinha.

Figura 40: Teores de Nitrogênio na região de Cananéia.

O Mar de Cubatão apresenta maior teor de nitrogênio que o Mar de Cananéia, sendo esta evidência mais acentuada nas estações durante o inverno. No verão, o aumento da precipitação fornece maior quantidade de nutrientes de forma geral para o sistema, incluindo os compostos nitrogenados.

O ciclo do enxofre é basicamente sedimentar embora possua uma fase gasosa, e por isso, sua análise nos sedimentos reflete de maneira eficaz o comportamento deste na natureza.

Figura 41: Teores de Nitrogênio na região de Cananéia.

Assim como esperado, os valores dos cnstituintes orgânicos também em Cananéia estão associados à presença de material fino, e apresentam, por consequência, correlação com a granulometria das estações.

A razão C/N variou de 9 a 14 no verão e no inverno de 13 a 18. Pôde-se afirmar para o presente estudo que há contribuição de matéria de origem mista, indicada pela

predominância de valores da razão C/N intermediários (entre 6 e 20) em toda região amostrada (fig. 42).

Figura 42: Distribuição dos valores da razão C/N em Cananéia.

Observa-se ainda que os menores valores da razão C/S, que, portanto conferem características mais oxidantes, estão associados às áreas que analogamente possuem os menores teores de carbono, nitrogênio e lama (fig. 43). Comparando-se os dois estuários estudados, é notvel que a razão C/S na região de Cananéia é muito mais estável, o que revela que, apesar de o sedimento interferir na adsorção destes constituintes, a região de Cananéia não recebe um fluxo intenso de enxofre como é o caso do estuário santista.

Figura 43: Distribuição dos valores da razão C/S em Cananéia.

5.2.3. Metais Pesados.

5.2.3.1. Sistema Estuarino de Santos.

Dados de mercúrio total compilados de Azevedo (2008) indicaram maiores valores para o setor localizado no Canal de São Vicente, durante o verão (tabela 29). Embora tenha sido observada uma correlação positiva entre os valores de matéria orgânica sedimentar e os teores de mercúrio total, apenas para o período de inverno foi observada uma correlação positiva e significativa ($P < 0,05$) entre os valores de matéria orgânica e mercúrio total ($r: 0,58$).

Tabela 29: Valores médios, mínimos e máximos dos teores de mercúrio total (Hg) na fração sedimentar menor que 63 μm , para os 3 setores amostrados sazonalmente no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (modificado de Azevedo, 2008).

	Hg (ng g^{-1})		
	Canal do Porto	Baía de Santos	Canal de São Vicente
Inverno	262 (79-413)	65 (53-91)	192 (43-533)
Verão	247 (185-372)	55 (27-83)	249 (88-532)

Em relação à variação espaço-temporal das concentrações de mercúrio total, no estuário de Santos e São Vicente se observou que os maiores valores foram obtidos os pontos amostrados próximo ao pólo industrial de Cubatão e na região do Casqueiro. Elevados teores de mercúrio total também foram observados na estação 14, localizada no Canal de São Vicente, localizada próxima a um depósito de lixo atualmente desativado.

Interessante notar que os resultados não apresentam uma variação sazonal significativa, o que demonstra o constante aporte deste metal para a região (fig. 44). Como a Baía de Santos é a área que efetua mais trocas com o meio externo ao estuário, os níveis de mercúrios encontrados ali foi o menos dentre as três sub-regiões dentro do estuário santista. Apesar de se caracterizarem diferentemente em termos oceanográficos e, principalmente, no que diz respeito a influência de água doce e sedimentação, o Canal do Porto e o canal de São Vicente apresentaram teores semelhantes de mercúrio, o que pode indicar a difusão deste metal por todo ambiente.

Figura 44: Distribuição das médias de mercúrio (ng.g⁻¹) em Santos.

5.2.3.2. Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia.

Teores médios de mercúrio total para as três áreas avaliadas na Porção Sul do Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape são apresentados na tabela 30. As maiores concentrações foram obtidas nos setores mais internos (Mar de Cananéia e Mar de Cubatão), durante o verão. Para as amostragens realizadas na Baía e Trapandé, os maiores teores de mercúrio total foram observados durante o inverno.

Tabela 30: Valores médios, mínimos e máximos de mercúrio total (Hg) na fração sedimentar menor que 63 µm, para três áreas amostradas sazonalmente na Porção Sul do Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (modificado de Azevedo, 2008).

Hg (ng g ⁻¹)			
	Mar de Cananéia	Mar de Cubatão	Baía de Trapandé
Inverno	*<16	44 (21-78)	*<16
verão	38 (30-49)	43 (29-51)	27 (21-31)

A figura 45 apresenta variação espaço-temporal dos teores de matéria orgânica sedimentar e mercúrio total para os estuários de Santos e São Vicente e Cananéia.

Figura 45: Distribuição das médias de mercúrio (ng.g⁻¹) em Santos.

Há uma nítida discrepância geográfica dos níveis de mercúrio nas duas áreas de estudo. Em Cananéia, o Mar de Cubatão é o canal mais propenso ao confinamento, assim como ao aporte continental de material sedimentar que muitas vezes pode ser um metal. Importante ressaltar que não apenas o aporte industrial, que ocorre através da queima de combustíveis fósseis, da produção eletrolítica de cloro-soda e da produção de acetaldeído, as atividades que envolvem o uso de tintas, pesticidas, fungicidas, lâmpadas de vapor de mercúrio, baterias e até produtos odontológicos podem disponibilizar mercúrio para o meio ambiente.

A tabela 31 elucida os dados referentes a outros metais pesados, além do mercúrio.

Tabela 31: Concentração (mg kg⁻¹) dos elementos metálicos analisados nas amostras de sedimentos por ativação neutrônica em Cananéia (modificado de Amorim *et al.*, em prep.).

	As		Br		Co		Cr		U		Zn		Fe (%)	
	inverno	verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno	verão
1	1.2	3.0	14	23	0.5	1.3	3	6	0.4	0.5	1	12	0.2	0.4
2	6.1	2.2	50	22	3.7	1.7	24	11	2.2	0.5	25	14	1.2	0.5
3	4.3	6.4	37	42	3.4	4.1	19	31	1.8	1.2	25	29	1.2	1.3
4	11.3	2.1	74	91	12.2	11.7	76	71	3.7	3.3	94	96	4.7	4.5
5	5.3	3.9	17	17	3.8	2.8	22	16	1.6	1.0	28	29	1.3	1.0
6	1.0	1.0	6	7	0.8	0.7	5	5	0.5	0.5	3	8	0.2	0.2
7	2.1	2.5	12	21	1.0	1.8	3	9	0.3	0.5	7	13	0.3	0.5
8	5.6	5.3	35	42	4.2	4.3	19	24	1.3	1.3	33	35	1.2	1.3
9	15.4	15.8	109	74	8.8	10.1	57	60	3.2	2.9	70	62	3.0	3.4
10	2.6	2.6	23	22	1.6	1.7	15	12	2.0	1.9	19	14	0.5	0.5
11	6.3	9.4	60	42	4.1	4.6	31	41	2.1	4.8	32	29	1.6	1.5
12	2.0	2.8	17	26	2.9	2.7	21	29	2.8	2.5	16	19	0.9	0.9
13	1.7	1.3	11	14	1.1	1.2	4	12	0.6	0.8	11	1	0.3	0.3
Média	5.0	4.5	36	34	3.7	3.8	23	25	1.7	1.7	28	28	1.3	1.3
Min	1.0	1.0	6	7	0.5	0.7	3	5	0.3	0.5	1	1	0.2	0.2
Max.	15.4	15.8	109	91	12.2	11.7	76	71	3.7	4.8	94	96	4.7	4.5

5.3. Análise de Componentes Principais (PCA).

5.3.1. Sistema Estuarino de Santos.

Para análise de componentes principais foram utilizados como matriz as componentes abióticas como: temperatura, salinidade, pH, salinidade, profundidade, granulometria, constituintes orgânicos do sedimento e metais, cujas distribuições resultaram na formação de três grupos distintos, em todas as campanhas realizadas (fig.46). Estes grupos são formados pelas seguintes estações: grupo I composto pelas estações localizadas na Baía de Santos, o grupo II representa as estações do Canal de Santos e o grupo III, contém as estações do Canal de São Vicente.

Figura 46: Agrupamento das estações na Análise de Componentes Principais (PCA) em Santos.

Apesar de as estações de certa maneira se assemelharem com relação ao agrupamento que formaram, em dois períodos foi possível a formação de apenas dois grupos, sugerindo que nestas campanhas houve uma instabilidade nos parâmetros ambientais que descaracterizou algumas regiões.

Na campanha SI05, a primeira componente (PC1) explicou 35% da variância acumulada dos dados enquanto a segunda componente (PC2) explicou 58,2% (tab. 32). Tais valores estiveram associados principalmente com oxigênio e salinidade (PC1) e constituintes orgânicos (C,N,S) (PC2).

Tabelas 32 e 33: Valores da variância e variância acumulada da análise de componentes principais, bem como do coeficiente linear das componentes utilizadas (SI05 e SV06).

SI05			
PC	Valores	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	4,9	35	35
2	3,25	23,2	58,2
3	2,08	14,9	73,1
4	1,15	8,2	81,3
5	1,09	7,8	89,1
Variável		PC1	PC2
Prof. (m)		0,186	0,052
Temp (°C)		-0,379	0,002
Salin (UPS)		0,388	0,206
OD/(ml/l)		0,331	0,222
%MO		-0,263	-0,198
pH		0,41	0,187
Clor.a/(ug/L)		-0,091	0,241
C orgânico		-0,12	0,499
Nitrogênio		-0,162	0,421
Enxofre (%)		-0,042	0,5
PID (μmol.L-1)		-0,352	0,154
Areia (%)		0,172	-0,125
Silte+Arg.		-0,027	0,213
mercurio		-0,345	0,111

SV06			
PC	Valores	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	7,15	51,1	51,1
2	2,16	15,4	66,5
3	1,69	12,1	78,6
4	1,18	8,4	87
5	0,74	5,3	92,3
Variável		PC1	PC2
Prof. (m)		0,186	0,052
Temp (°C)		-0,379	0,002
Salin (UPS)		0,388	0,206
OD/(ml/l)		0,331	0,222
%MO		-0,263	-0,198
pH		0,41	0,187
Clor.a/(ug/L)		-0,091	0,241
C orgânico		-0,12	0,499
Nitrogênio (%)		-0,162	0,421
Enxofre (%)		-0,042	0,5
PID (μmol.L-1)		-0,352	0,154
Areia (%)		0,172	-0,125
Silte+Arg. (%)		-0,027	0,213
mercurio		-0,345	0,111

Na campanha SV06, a primeira componente (PC1) explicou 51% da variância acumulada dos dados enquanto a segunda componente (PC2) explicou 66,5% (tab. 33).

Tais valores estiveram associados principalmente com areia e salinidade para PC1 e temperatura e profundidade para PC2.

Na campanha SI06, a primeira componente (PC1) explicou 41% da variância acumulada dos dados enquanto a segunda componente (PC2) explicou 59% (tab. 33). Tais valores foram inferiores às campanhas anteriores e se relacionam principalmente com pH e teor de CaCO_3 (PC2).

Tabelas 33 e 34: Valores da variância e variância acumulada da análise de componentes principais, bem como do coeficiente linear das componentes utilizadas (SI06 e SV07).

SI06				SV07			
PC	Valores	Variância (%)	Variância acumulada (%)	PC	Valores	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	5,76	41,1	41,1	1	5,72	44	44
2	2,51	17,9	59	2	2,41	18,6	62,6
3	1,75	12,5	71,5	3	1,72	13,2	75,8
4	1,3	9,3	80,8	4	1,27	9,8	85,6
5	0,95	6,8	87,6	5	0,67	5,1	90,7
Variável	PC1		PC2	Variável	PC1		PC2
Prof. (m)	0,186		0,052	Prof. (m)	0,186		0,052
Temp (°C)	-0,379		0,002	Temp (°C)	-0,379		0,002
Salin (UPS)	0,388		0,206	Salin (UPS)	0,388		0,206
OD/(ml/l)	0,331		0,222	%MO	-0,263		-0,198
%MO	-0,263		-0,198	pH	0,41		0,187
pH	0,41		0,187	Areia (%)	0,172		-0,125
Clor.a/(ug/L)	-0,091		0,241	Silte+Arg.	-0,027		0,213
C orgânico	-0,12		0,499				
Nitrogênio	-0,162		0,421				
Enxofre (%)	-0,042		0,5				
PID (μmol.L-	-0,352		0,154				
Areia (%)	0,172		-0,125				
Silte+Arg.	-0,027		0,213				
mercurio	-0,345		0,111				

A pequena quantidade de variáveis impostas na análise de componentes principais da campanha SV07 (tab. 34) pode ter acarretado na baixa variância e baixa variância acumulada, através das componentes PC1 e PC2. Apesar disso, observa-se que PC1 relaciona-se em 44% com a variância e PC2, 62,6%, sendo que as correlações principais foram salinidade e profundidade para PC1 e temperatura e pH para PC2.

Importante salientar que a análise de componentes principais (PCA) para a região do estuário de Santos demonstra que há interação entre os parâmetros abióticos do sistema, que muitas vezes se relacionam entre si. Foi possível, principalmente nas campanhas SI05 e SV06, agrupar as estações que coincidem com as regiões geográficas através de um coeficiente linear que faz uma combinação das variáveis impostas.

5.3.2. Sistema Estuarino - Lagunar de Cananéia Iguape.

Os mesmos tensores que compuseram a matriz para cálculo da Análise de Componentes Principais em Santos foram analogamente empregados para o cálculo no estuário de Cananéia. Parâmetros abióticos como temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, granulometria, constituintes orgânicos e metais pesados foram analisados e, o que se observou foi uma homogeneidade ambiental que praticamente não permitiu a formação de subgrupos (fig. 47). Tal resposta demonstra que a região possui características muito parecidas no que diz respeito aos fatores ambientais.

Figura 47: Agrupamento das estações na Análise de Componentes Principais (PCA) em Cananéia.

Como já salientado, a análise de componentes por linearidade em Cananéia mostrou a homogeneidade da região com relação aos fatores abióticos. Na campanha CI05, a primeira componente (PC1) explicou 31,6% da variância acumulada dos dados enquanto a segunda componente (PC2) explicou 54,1% (tab. 35). Tais valores estiveram associados principalmente com os nutrientes e constituintes orgânicos do sedimento (PC1) e oxigênio dissolvido e granulometria (PC2).

Tabelas 35 e 36: Valores da variância e variância acumulada da análise de componentes principais, bem como do coeficiente linear das componentes utilizadas (CI05 e CV06).

CI05			
PC	Valores	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	5,37	31,60	31,60
2	3,83	22,5	54,1
3	2,79	16,4	70,5
4	1,5	8,8	79,3
5	1,12	6,6	85,9
Variável		PC1	PC2
Prof. (m)		0,241	-0,003
Temp (°C)		0,097	0,335
Salinidade (UPS)		0,132	-0,306
OD/(ml/l)		-0,21	0,222
MO (%)		0,186	-0,226
pH		-0,029	-0,411
Clor.a/(ug/L)		0,033	-0,101
P org(umol/g)		0,322	-0,167
C orgânico (%)		0,398	0,054
Nitrogênio (%)		0,398	0,026
Enxofre (%)		0,417	0,079
Grânulos (%)		-0,154	0,263
Areia (%)		-0,359	-0,186
Silte (%)		-0,088	-0,255
Argila (%)		0,094	-0,405
Lama (5)		-0,041	-0,318
CaCo3		-0,262	-0,206

CV06			
PC	Valores	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	4,9	35	35
2	3,25	23,2	58,2
3	2,08	14,9	73,1
4	1,15	8,2	81,3
5	1,09	7,8	89,1
Variável		PC1	PC2
Prof. (m)		0,186	0,052
Temp (°C)		-0,379	0,002
Salin (UPS)		0,388	0,206
OD/(ml/l)		0,331	0,222
%MO		-0,263	-0,198
pH		0,41	0,187
Clor.a/(ug/L)		-0,091	0,241
C orgânico		-0,12	0,499
Nitrogênio (%)		-0,162	0,421
Enxofre (%)		-0,042	0,5
PID (μmol.L-1)		-0,352	0,154
Areia (%)		0,172	-0,125
Silte+Arg. (%)		-0,027	0,213
mercurio		-0,345	0,111

Para a componente PC1, na campanha CI05, nota-se que apenas a argila mostrou correlação significativa, dentre as outras variáveis granulométricas enquanto que na componente PC2 os grânulos apresentaram coeficiente linear 0,26.

Na campanha CV06, a primeira componente (PC1) explicou 35% da variância acumulada dos dados enquanto a segunda componente (PC2) explicou 58,2% (tab. 36). Assim como na campanha anterior, os valores associam-se principalmente ao oxigênio dissolvido e salinidade (PC1) e carbono orgânico e nitrogênio (PC2).

Na tabela 37 obteve-se os mesmos coeficientes da campanha CI06, o que demonstra que a região segue padrões sazonais constantes.

Tabelas 37 e 38: Valores da variância e variância acumulada da análise de componentes principais, bem como do coeficiente linear das componentes utilizadas (CI06 e CV07).

CI06				CV07			
PC	Valores	Variância (%)	Variância acumulada (%)	PC	Valores	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	5,37	31,6	31,6	1	4,9	35	35
2	3,83	22,5	54,1	2	3,25	23,2	58,2
3	2,79	16,4	70,5	3	2,08	14,9	73,1
4	1,5	8,8	79,3	4	1,15	8,2	81,3
5	1,12	6,6	85,9	5	1,09	7,8	89,1
Variável	PC1		PC2	Variável	PC1		PC2
Prof. (m)	0,241		-0,003	Prof. (m)	0,186		0,052
Temp (°C)	0,097		0,335	Temp (°C)	-0,379		0,002
Salinidade	0,132		-0,306	Salinidade	0,388		0,206
OD/(ml/l)	-0,210		0,222	MO (%)	-0,263		-0,198
MO (%)	0,186		-0,226	pH	0,41		0,187
pH	-0,029		-0,411	Areia (%)	0,172		-0,125
Clor.a/(ug/L)	0,033		-0,101	Silte (%)	-0,027		0,213
P org(umol/g)	0,322		-0,167				
C orgânico	0,398		0,054				
Nitrogênio	0,398		0,026				
Enxofre (%)	0,417		0,079				
Grânulos (%)	-0,154		0,263				
Areia (%)	-0,359		-0,186				
Silte (%)	-0,088		-0,255				
Argila (%)	0,094		-0,405				
Lama (5)	-0,041		-0,318				
CaCo3	-0,262		-0,206				

Assim como em Santos, a pequena quantidade de variáveis impostas na análise de componentes principais da campanha CV07 (tab. 38) pode ter acarretado nos baixos coeficientes lineares que dificultou a formação de grupos estatisticamente similares. Apesar disso, observa-se que PC1 relaciona-se em 35% com a variância e PC2, 58,2%, sendo que as correlações principais foram salinidade e pH para PC1 e salinidade e silte para PC2.

5.4. Parâmetros Biológicos

5.4.2. Sistema Estuarino de Santos

As amostras foram triadas e analisou-se, sempre que possível ao menos 300 indivíduos por amostra. Muitas vezes as amostras foram quarteadas para que este número pudesse ser adotado. De maneira geral a região estuarina de Santos apresenta uma característica compatível com um ambiente francamente marinho, no qual as espécies hialinas dominaram em todas as estações. Com relação à densidade de indivíduos por amostra, a campanha SV07 apresentou a menor quantidade de indivíduos (fig. 48).

Figura 48: Número absoluto de indivíduos triados na região de Santos.

Os números absolutos de indivíduos identificados ao longo das estações amostradas nas campanhas SI05, SV06, SI06 e SV07 são apresentados nas tabelas 39, 40, 41 e 42. A partir do estudo desta população foi possível traçar tendências, principalmente no que concerne a circulação e transporte de material particulado. A maior parte dos indivíduos considerados significativos no quesito ocorrência pertence a classe dos calcários hialinos, mesmo nas porções mais internas do Canal de Santos pode-se observar o domínio de espécies como *Ammonia tepida*, *Elphidium excavatum* e

Haynesina germanica. Tal fato corrobora os valores de salinidade encontrados na região, que fortemente sugere que estas testas tenham sido transportadas até as regiões citadas.

Tabela 39: Frequência absoluta de foraminíferos em Santos (SI05). (*) espécies significativas > 1%.

SI05																
Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	11	12	13	14	Total
Espécies																
Agglutinantes																
Ammotium cassis		15														15
A. salsum	2	45	75	58	16			90				1		1		288
Ammobaculites sp.			25													25
Amphistegina scaralis		15									45					60
Arenoparrella mexicana		60										4	13	7		84
Gaudryina exilis			150	116		240		135		63	112			1		817
Haplofragmoides wilberti	6	60											8			74
Miliammina fusca	1	45												1		47
Reophax curtus	2	15	25													42
Siphotrochammina lobata	8	15			33									1		57
Tiphotroca comprimata	2													1		3
Trochammina inflata		30											2			32
Calcários halinos																
Ammonia tepida	116	1290	12825	3712	2442	2640	33	238	84	243			24	103		23750
Bulinina elongata			75	116	115	320		135								761
B. marginata			50	116	82	160		135	4				1			548
Bolivina pulchella			75	58	115	40		90	8							386
B. striatula			275	464	428	920		1890	52	126						4155
Buccella peruviana				29	49				4							82
Bulininella elegantissima		45	300	464	593	840		1530	32	18			1			3823
Cassidulina subglobosa				29	16	80		540	4							669
Cibicides variabilis				87	33			180								300
Cornuspira involvens				29												29
Discorbis floridana								1395	20				2			1417
D. williamsoni			75	116	148	240		2205	20	36						2840
Elphidium sp.	4	45	75	87	99	40										350
E. discoidale				29						24	18					71
E. excavatum	1	1230	100	29	33	160			8	27			7	13		1608
E. gunteri	2	15	25			40			4							86
E. poeyanum		15	225	87	198	640		810	172	297			7	4		2455
Eponides ciborrepandus				29					4					1		34
Fissurina laevigata		30	100	87	99	40		630	8	9			2			1005
Fursenkoina pontoni				87	16			90	4							197
Hainesyna germanica	1	45	150	116	132	280		810	12	18			7	3		1574
Hanzawaia boueana	1					360		765	124	72						1322
Lagena caudata													1			1
L. laevis			25													25
Nonion sp.						120		225	24	18			1	1		389
Nonionella atlantica						40			4	9						53
Oolina sp.	13	15								9						37
Pararotalia cananeiaensis	116	3060	1875	2127	1880	10360		23715	1792	1827		2	43	253		47050
Pseudononion atlanticum		15	225	261	297	1680		1260	188	369			8			4303
Uvigerina peregrina										9						9
Calcários porcelânicos																
Quinqueloculina sp.					82	80		90	8	9						269
Q. lamarkiana					16	40		45	4	27						132
Q. milleti								135								135
Q. patagonica				87	16			135		45						283
Q. polygona				58												58
Q. seminulum			175	638	115	320		1350	4	36	90		2			2730
Triloculina laevigata			25	87		120		135								367
jovem				319	462	560		3285	8	27			1			4662
tecameba	3	210														213
Não Identificados		15		87		120			8					4		234
Total	278	6330	16950	9609	7515	20480	33	42043	2628	3312	247	7	130	394	0	109956

Tabela 40: Frequência absoluta de foraminíferos em Santos (SV06). (*) espécies significativas > 1%.

SV06																								
Estações	1	2	2a	3	4	5	6	7	8	9	10	15	16	11	12	12a	13	14	Total					
Espécies																								
Agglutinantes																								
Ammonia salsa	9													4					1	1	15			
Ammonium cassis																			1		1			
A. planissimum	2								45											47				
A. salsum	45	15			15			45						2	3			125						
Ammoniaculites sp.				90	15	22														1	128			
Arenoparrella mexicana	27	20				22														10	7	13	99	
Gaudryina exilis	9	6	24	90	105	45	45	60	45	1	225	60	90	1	3	15	1	825						
Haplofragmoides wilberti	13																			23				
Miliammina fusca	2																			26				
Siphonotrochammina lobata																				2	1			3
Tiphotroca comprimata	2																			1	1			4
Trochammina inflata	9	18	24					40	45	45		15	45	10	6	6	4	267						
T. plana discorbis					15	22	45													82				
Calcários hialinos																								
Ammonia roushalsenii	90							45		30				2					167					
A. parkinsoniana								135									135							
A. tepida	1143	20	1008	6435	1470	1732	1215	700	2160	3	4050	150	1080	117	25	184	112	21604						
Bulimina elongata	144			360	135	90	45	135				15						924						
B. marginata								60	45	270		90							510					
Bolivina pulchella	2		90		30	45	45	20	45		225							502						
B. striatula	18	312		540	255	225	540	240	900	8	1530	135	675	2	6		1	5387						
Buccella peruviana	24																				110			
Buliminella elegantissima	480			315	180	134	270	225		7	1260	15	225	5	2		3118							
Cassidulina subglobosa	96			45	45	45		180		2	90	45							548					
Cibicides variabilis																				136				
Cyclogyra planorbis	24			30															54					
Discorbis floridana	72			135	60	135	225	80	225	1	180	45	450	4	4		1616							
D. williamsoni	72			90	75	67	405	60	1170	2	855	90	315	1	2		3204							
Elphidium sp.	48					45		90				15	2					4	3	207				
E. discoidale								90	40	45		45							220					
E. excavatum	135	15	96	30		90	1				135	45		18	6	17	588							
E. galvestonense										4	225	1					230							
E. gunteri	45																			59				
E. poeyanum	90	504		270	240	427	585	240	630	4	1350	90	765	38	11	19	8	5271						
Fissurina laevigata	2		144	90	15	90		40	225	270		45						923						
Fursenkoina pontoni				220	22		45	135		135		30	180						767					
Haynesyna germanica	45	8	72	180	75	45	180	270		1	315	90	180	2	2		1	1466						
Harzawaia boueana	9	24		30		44	405	180	315	2	315	60	675						2059					
Hopksina pacifica										135	45		45						225					
Lagena caudata	24					22		45												91				
L. laevis								45											90					
Lenticulina sp.								90											90					
Nonion sp.						45	135	20	405	8	45	30	180						868					
Nonionella atlantica										4	90	15						109						
Pararotalia cananeiaensis	864	450	1992	2565	1245	2835	9990	4180	15615	124	19170	2760	16425	89	55	117	105	78581						
Pseudononion atlanticum	360			585	330	742	1080	660	945	5	2430	360	2115	2	4		1	9619						
Uvigerina peregrina	22																			67				
Calcários porcelânicos																								
Quinqueloculina sp.	144			180	105	90	90	60	180	315		45		5					1214					
Q. lamarkiana								140	45		15						290							
Q. milleti	96			135														775						
Q. patagonica	96			225	90	45		60	2		45	15	135						713					
Q. seminulum	126	456		1350	1650	562	675	220	1125	11	2070	135	675	10	1	4	1	9071						
Triloculina laevigata	9							90		180				90						369				
T. oblonga	112																			112				
Planctônicos																								
Globigerina sp.	9	24		45			20	90									188							
tecameba	36	29																		89				
jovem	72			150		90	585	40	450	5	855	75	180	1	2		2505							
Total	2538	575	6336	14035	6240	7687	16650	7160	25110	191	36945	4215	24930	337	122	403	260	0	153734					

Tabela 41: Frequência absoluta de foraminíferos em Santos (SI06). (*) espécies significativas > 1%.

SI06																		
Estações	1	2	2a	3	4	5	6	7	8	9	10	15	16	11	12	13	14	Total
Espécies																		
Agglutinantes																		
Ammonoastuta salsa					6									1	1	1		9
Ammotium sp.	3			1			15							2	1			22
A. salsum	1	11			6									1	3			22
Ammobaculites sp.				3	13		15								1			32
Arenoparrella mexicana		11				22								5	9	1		48
Gaudryina exilis			22	1	6	22	15	29	10		225			1	2	1		334
Miliammina fusca	1	5									45				6	1		58
Haplofragmoides wilberti	9	11	22											6	1	2		51
Siphotrochammina lobata	3																	3
Textularia sp.								7	10									17
T. candeiana								14										14
Tiphotroca comprimata															1			1
Trochammina inflata	3	11	22	1	6	22					45			10	3	1		124
Calcários hiálinos																		
Ammonia parkinsoniana								15			90							105
A. roushalsenii									10	14	90							114
A. tepida	49	123	2947	20	553	517	1050	667	420	23	5180	180	89	39	217	88		12162
Amphistegina scalaris			22							2								24
Bulimina elongata			45		13	22		15			90		5		1			191
B. marginata					6		15	15		5	180			1				222
Bolivina pulchella			22				15		20	2	180							239
B. striatula	3		134	5	73	67	210	345	130	18	405	240	76	1				1707
Buccella peruviana											135							135
Buliminella elegantissima			202	4	53	179	195	45	50		810	15	27	3	1			1584
Cassidulina subglobosa				1				7	10	2	270							290
Cibicides variabilis								22			90				1			113
Cyclogira sp.						22												22
Discorbis floridana					33	45		45		2	135							260
D. williamsoni					6			37	40	2	360		5	1				451
Elphidium sp.				2	13	67	60	15		2	135			5	2			301
E. discoidale								30		8								38
E. excavatum	3	5	45		6	44	45	30	20	12	630		10	1	4			855
E. galvestonense									50	16	45							111
E. gunteri	5	16		2			30	7			45		5	5	4	9		128
E. poeyanum				1	113		165	37	250	39	1485	285	139	11	4			2529
Eponides ciborrepandus										15								15
Fissurina laevigata		5	180		6	90	30	45		2	315		5	2				680
Fursenkoina pontoni					6	22	15			5	180	15	5					248
Hainesyna germanica						22	30		30		450				2			534
Hanzawaia boueana							30	45	180	50	270	135	56					766
Hopkinsina pacifica				1		45		14										60
L. laevis								7			45							52
L. sulcata													5					5
Lenticulina sp.												30						30
Nonionella atlantica								7	40		45							92
Oolina sp.	7				6	22	15								1	2		59
Pararotalia cananeaensis	372	1371	2587	116	532	1620	3480	3389	2770	434	17730	2820	1024	22	37	29		38333
Poreponides lateralis										4								4
Pseudononion atlanticum			112	1	60	292	255	329	280	88	2655	285	111	2	3			4473
Uvigerina sp.							15											15
Calcários porcelânicos																		
Quinqueloculina sp.					66	45		22		2	135							270
Q. lamarkiana								15	10	16	135							176
Q. milleti					40	90		7										137
Q. patagonica			22	1														23
Q. seminulum	1		45		313	540	30	59	0	4	900			1				1893
Triloculina laevigata							15	22			45							82
Planctônicos																		
Globigerina sp.					6					5					2			13
jovem					20	22	165	112	10		495	30	11					865
tecameba		5		2										6	1	1		15
Total	460	1569	6429	160	1935	3817	5745	5343	4330	767	33575	4005	1562	120	305	135	0	70263

Tabela 42: Frequência absoluta de foraminíferos em Santos (SV07). (*) espécies significativas > 1%.

SV07																			
Estações	1	2	2a	3	4	5	6	7	8	9	10	15	16	11	12	13	14	Total	
Espécies																			
Aglutinantes	Canal do Porto							Baía de Santos							Canal de São Vicente				
Ammoastuta salsa															1				1
Arenoparrella mexicana	8														1				19
Milliamina fusca								4							1				5
Syphotrochammina lobata	5							4											9
Textularia abbreviata								112											112
Thochammina inflata	5							70							4				117
Trochammina ochracea								4							1				5
Calcários hialinos																			
Ammonia roushalsenii								1							1				2
Ammonia tepida	775	1872	360	11165	244	185	132	120	104	2	660	33	19	97	454			16222	
Bolivina pulchella								10											10
Bolivina striatula								52							48				342
Buccella peruviana								12							2				18
Bulimina elongata	5	16	6		8	10		12	8		40	9						114	
Bulimina marginata								24							1				101
Buliminella elegantissima								36							40				289
Cassidulina subglobosa								8							6				14
Cibicides variabilis								12							32				47
Cornuspira involvens								5											5
Discorbis floridana								4							1				71
Discorbis williamsoni								5							8				81
Elphidium discoidale															40				0
Elphidium excavatum		16			4	5				11	120		2		9			167	
Elphidium gunteri	15	32												5	3			55	
Elphidium poeyanum		88	15	175		15	6		24		20	12	11	1				367	
Elphidium sp								35											3
Eponides cibrorrepanus								4							12				42
Fissurina laevigata								35							4				225
Fissurina sp								50											1
Fursenkoina pontoni								3							6				12
Hanzawaia boueana															16				20
Haplofragmoides wilberti		8				5					20	9	6					51	
Haynesina germanica								3							4				1
Lagena estriata								4											8
Lagena laevis								10							6				76
Lagena sulcata															1				20
Nonion sp								4											11
Pararotalia cananeaensis	240	32	9	385	28	115	216	216	600	18	1360	198	93	17		43		3570	
Pseudononion atlanticum								3							12				30
Robulus sp.								8											108
Calcários porcelânicos																			
Biloculina dupenta								12											12
Pyrgo rigens															1				1
Quinquelocilina intricata								1											1
Quinqueloculina gregaria															2				2
Quinqueloculina lamarkiana								16							6				28
Quinqueloculina milleti															8				80
Quinqueloculina patagonica								12							20				36
Quinqueloculina seminulum		40	48	175	76	105	60	24	48	1	300	39	1					917	
Quinqueloculina sp								32							10				46
Quinqueloculina stalkerii															1				1
Triloculina laevigata								12							4				16
Planctônicos																			
Globigerina bulloides															2				20
jovem								8							8				6
Total	1035	2104	465	12215	456	666	636	781	1160	71	3560	453	180	0	122	472	43	24419	

A campanha SV06 apresentou a maior quantidade de indivíduos, o que sugere que o aumento nos teores de nutrientes característico desta estação deve favorecer a proliferação da microfauna. Especialmente, o Canal do Porto é mais populoso que as outras duas biofácies estudadas, mesmo no que diz respeito aos foraminíferos vivos.

Com relação à fauna de organismos vivos, as campanhas de verão se mantiveram estáveis, o que não ocorreu durante as campanhas de inverno, aonde o número de indivíduos vivos foi inversamente proporcional (fig. 49).

Figura 49: Número de indivíduos vivos triados na região de Santos.

Os foraminíferos cujas carapaças foram coradas no momento da coleta apresentam-se em maior número em SI05, principalmente nas estações 2 e 6 (fig. 50). Há uma setorização natural observada através da fauna de organismos vivos que demonstra que o Canal de Santos, apesar da elevada taxa de transporte, possui a maior quantidade de foraminíferos vivos, principalmente em SI05 e SV07.

Total de foraminiferos vivos por amostra

Figura 50: Número de indivíduos vivos por estação na região de Santos.

O Canal de São Vicente foi o local com a menor quantidade de organismos vivos, fato que pode estar relacionado à dificuldade na utilização do corante em carapaças aglutinantes. Sendo uma região geograficamente mais confinada, a região do Casqueiro caracteriza-se pela presença de aglutinantes como *Trochammina inflata* e *Milliamina fusca*, além de *Gaudryina exillis* que podem ter não aderido ao rosa de bengala utilizado no momento da coleta.

As estações 6, 10 e 16 foram as mais abundantes no que se refere aos organismos vivos em SV06, porém quando comparado ao SI06 este número é sempre inferior (tabs. 43, 44, 45 e 46).

Tabela 43: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Santos (SI05). (*) espécies significativas > 1%.

SI05																	
Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	11	12	13	14	Total	
Espécies																	
	Canal do Porto						Baía de Santos					Canal de São Vicente					
Aglutinantes																	
Gaudryina exillis							36 22									58	
Calcários hialinos																	
Ammonia tepida	18	105	900	812	198	200	18	135	16	54	337	4	6			2803	
Bulimina elongata	49 160						45									254	
B. marginata	29 16						22									67	
B. striatula	75 58 82 280						8 36 112									651	
Buliminella elegantissima	15	25	29	49	200	90										408	
E. excavatum	750															750	
E. poeyanum												1				1	
Fissurina laevigata							45									45	
Hainesyna germanica												1				1	
Pararotalia cananeiaensis	19	750	25	16 160		90 8 36 22											1126
Pseudononion atlanticum	240						27									267	
Calcários porcelânicos																	
Quinqueloculina lamarkiana							9									9	
Q. seminulum	80						4 18									102	
jovem							90					1				91	
Não Identificados												22				22	
Total	37	1620	1025	928	410	1320	18	450	36	216	582	0	7	6	0	6655	

Na campanha SI05 apenas *Gaudryina exillis* foi representativa da ordem dos aglutinantes, e *Quinqueloculina seminulum* foi o calcário porcelânico que esteve entre os foraminíferos mais abundantes na região estudada. A fauna viva retrata espécies

características de ambientes marinhos que, com exceção de *Ammonia tepida* e *Pararotalia cananeiaensis*, são eurihalinos.

Ao se observar a fauna de foraminíferos no âmbito espaço-temporal é possível perceber que a espécie *G. exilis* foi o aglutinante que sempre esteve presente, e *Q. seminulum*, por sua vez, o mais abundante porcelânico da região de Santos, revelando a baixa riqueza taxonômica.

Tabela 44: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Santos (SV06). (*) espécies significativas > 1%.

SV06																				
Estações	1	2	2a	3	4	5	6	7	8	9	10	15	16	11	12	12a	13	14	Total	
Espécies																				
	Canal do Porto							Baía de Santos							Canal de São Vicente					
Aglutinantes																				
Ammotium salsum															1				1	
Gaudryina exilis								20		1	45		45		2				113	
Trochammina inflata																				
Calcários hialinos																				
A. tepida	108			1080	270	180	135	160	90		630	15	45	22	3	43	19		2800	
Bulimina elongata		24			15	90					45							174		
B. marginata								20			45							65		
B. striatula	9				60		45	40	90	1	360	45	45					695		
Buliminella elegantissima			48		15	22				1	360	15	90	2				553		
Cibicides variabilis											45							45		
Discorbis floridana					15		45	20	45	1	45	15	45					231		
D. williamsoni									45									45		
E. excavatum	9													4					13	
E. poeyanum				45	15						45		45	9		4			163	
Fursenkoina pontoni													45							
Haynesyna germanica														1					1	
Pararotalia cananeiaensis	99	63			45		225	40	45	2	360	45	405	4	2	6	2		1343	
Pseudononion atlanticum							45	40		1	45	15						146		
Calcários porcelânicos																				
Quinqueloculina sp.								20												20
Q. lamarkiana																			45	
Q. seminulum															2				202	
Planctônicos																				
Globigerina sp.								45											45	
Não Identificados															1				1	
Total	225	63	72	1125	450	292	495	360	315	12	2295	150		41	5	59	22		5981	

Tabela 45: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Santos (SI06). (*) espécies significativas > 1%.

SI06																						
Estações	1	2	2a	3	4	5	6	7	8	9	10	15	16	11	12	12a	14	Total				
Espécies																						
	Canal do Porto							Baía de Santos							Canal de São Vicente							
Aglutinantes																						
Ammobaculites sp.	1																		1			
Gaudryina exillis	22							7												29		
Tiphotroca comprimata															1					1		
Trochammina inflata								45							1					46		
Calcários hialinos																						
A. roushalsenii								4											4			
A. tepida	1		630	1	200	22	45	157	20	2	315	15	5	7	32	3		1455				
Bulimina elongata															1				1			
B. marginata								15												15		
Bolivina pulchella								2											2			
B. striatula	22							90		8		75	15					210				
Buliminella elegantissima	22 1							22	15	90							5					155
Discorbis floridana								15		2	45									62		
Elphidium sp.								2											2			
E. excavatum								2								5					7	
E. poeyanum	1 13							2								5	4	1			26	
Hainesyna germanica								15												15		
Hanzawaia boueana								5											5			
Hopkisina pacifica								7												7		
Pararotalia cananeiaensis	14	33	202	7	6			97		8	45		89	1				502				
Poreponides lateralis								2											2			
Pseudononion atlanticum								22		8					11					41		
Uvigerina sp.																						
Calcários porcelânicos																						
Quinqueloculina sp.								2											2			
Q. lamarkiana								8											8			
Q. seminulum								22		2									24			
Planctônicos								2											2			
Não Identificados								7					5					12				
Total	15	33	876	11	219	66	75	439	20	61	540	90	140	12	36	3	0	2636				

Tabela 46: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Santos (SV07). (*) espécies significativas > 1%.

SV07																		
Estações	1	2	2a	3	4	5	6	7	8	9	10	15	16	11	12	13	14	Total
Espécies																		
	Canal do Porto							Baía de Santos						Canal de São Vicente				
Aglutinantes																		
Milliamina fusca								4										4
Calcários hialinos																		
Ammonia tepida	75	472	9	770	28	75		24	8		20	9	1	9	14	6		1520
Bolivina striatula						20		28		1	20	24	2					95
Bulimina elongata			3		4			8										15
Bulimina marginata								12										12
Buliminella elegantissima				35		25	12	12		2	20	6		1				113
Discorbis floridana							6											6
Elphidium poeyanum	8																	8
Eponides cibrorreperandus					4													4
Fissurina laevigata											160							160
Fursenkoina pontoni								4										4
Pararotalia cananeiaensis				70	4	10	18	24	8	1	20		2	1	2		12	172
Pseudononion atlanticum								12	8									20
Calcários porcelânicos																		
Quinqueloculina seminulum														1				1
Jovem	8																	8
Total	75	480	12	875	40	130	36	124	24	4	240	39	6	11	16	6	12	2130

A subordem Rotaliida dominou nas três campanhas, sendo os principais gêneros observados *Ammonia*, *Bolivina*, *Buliminella* e *Elphidium*, dentre as espécies de calcários hialinos. A subordem Textulariida foi representada principalmente por *Gaudryina exilis* e *Siphotrochammina lobata*, e os miliolídeos, pelo gênero *Quinqueloculina*.

A baixa riqueza de gêneros e famílias de foraminíferos também está diretamente relacionada com os valores dos outros descritores populacionais, como a diversidade, calculada a partir da fórmula de Shannon-Winner. A região da Baía de Santos mostrou-se a área mais rica e diverda, dada sua proximidade do mar aberto que fornece novos espécimes através da entrada de correntes externas para o estuário.

As campanhas de verão foram sempre as mais numerosas quanto ao número absoluto de indivíduos, enquanto que em SI06 o número de foraminíferos por cm³ foi o menor observado.

Os resultados para os descritores populacionais estão elucidados na tabela 47.

Tabela 47: Descritores populacionais das estações de Santos.

		Estações																				
		1	2	2a	3	4	5	6	7	8	9	10	15	16	11	12	12a	13	14			
	Campanhas																					
Total de espécies	SI05	15	22	nd	23	30	26	26	1	27	27	22	18	nd	3	17	nd	14	0			
	SV06	17	16	27	22	25	27	31	25	25	21	41	24	28	25	15	20	18	0			
	SI06	14	11	15	16	27	22	24	32	20	27	36	11	16	22	26	nd	12	0			
	SV07	6	10	12	12	19	20	16	28	17	17	20	0	10	5	1	nd	17	20			
Número de espécimens	SI05	278	6330	nd	17000	9667	7548	20480	33	42043	2628	3312	6654	nd	7	130	nd	394	0			
	SV06	2628	610	6504	14080	6540	7844	17415	7260	25785	197	38070	4335	25200	343	123	422	264	0			
	SI06	463	1574	6429	162	1974	3839	6120	5648	4370	778	34340	4095	1600	136	314	nd	149	0			
	SV07	1045	2120	471	12320	468	681	660	913	1168	74	3600	0	134	472	43	nd	462	184			
Riqueza	SI05	2,49	2,40	nd	2,26	3,16	2,80	2,52	0,00	2,44	3,30	2,59	1,93	nd	1,03	3,29	nd	2,18	0			
	SV06	2,03	2,34	2,96	2,20	2,73	2,90	3,07	2,70	2,36	3,79	3,79	2,75	2,66	4,11	2,91	3,14	3,05	0			
	SI06	2,12	1,36	1,60	2,95	3,43	2,54	2,64	3,59	2,27	3,91	3,35	1,20	2,03	4,27	4,35	nd	2,20	0			
	SV07	0,72	1,18	1,79	1,17	2,93	2,91	2,31	3,96	2,27	3,72	2,32	nd	1,84	0,65	0,00	nd	2,61	3,64			
Equitatividade	SI05	0,51	0,50	nd	0,35	0,65	0,68	0,59	nd	0,56	0,42	0,56	0,68	nd	0,87	0,76	nd	0,40	0			
	SV06	0,57	0,43	0,75	0,63	0,71	0,65	0,55	0,54	0,53	0,55	0,56	0,52	0,47	0,65	0,67	0,61	0,50	0			
	SI06	0,32	0,24	0,48	0,43	0,65	0,66	0,51	0,48	0,49	0,55	0,54	0,51	0,51	0,79	0,42	nd	0,53	0			
	SV07	0,39	0,25	0,40	0,20	0,61	0,77	0,73	0,76	0,63	0,80	0,67	nd	0,45	0,13	nd	nd	0,73	0,61			
Diversidade de Shannon	SI05	1,39	1,55	nd	1,10	2,21	2,21	1,94	0,00	1,86	1,39	1,73	1,97	nd	0,96	2,17	nd	1,06	0			
	SV06	1,61	1,20	2,47	1,95	2,28	2,16	1,88	1,75	1,71	1,67	2,08	1,64	1,57	2,10	1,82	1,81	1,46	0			
	SI06	0,84	0,58	1,30	1,18	2,13	2,04	1,64	1,66	1,48	1,83	1,95	1,22	1,42	2,44	1,38	nd	1,33	0			
	SV07	0,70	0,58	1,00	0,50	1,79	2,31	2,02	2,52	1,78	2,28	2,02	nd	1,05	0,21	1,00	nd	2,07	1,82			
Dominância de Simpson	SI05	0,35	0,31	nd	0,58	0,21	0,18	0,29	1,00	0,34	0,48	0,33	0,24	nd	0,33	0,16	nd	0,48	0			
	SV06	0,30	0,55	0,14	0,26	0,16	0,20	0,34	0,35	0,38	0,40	0,28	0,42	0,44	0,20	0,25	0,27	0,34	0			
	SI06	0,66	0,76	0,37	0,53	0,18	0,23	0,36	0,38	0,42	0,33	0,30	0,49	0,43	0,13	0,49	nd	0,39	0			
	SV07	0,60	0,78	0,60	0,82	0,31	0,14	0,19	0,12	0,30	0,13	0,21	nd	0,54	0,93	nd	nd	0,22	0,29			

A diversidade, como era esperada, apresentou os maiores valores na região da Baía de Santos, enquanto que regiões mais confinadas como o Canal de São Vicente são mais hostis ao estabelecimento de espécies, que acabam tornando-se estenoécias (fig. 51).

Figura 51: Distribuição temporal dos valores de diversidade em Santos.

Os resultados acima obtidos demonstram um padrão sazonal, embora não sigam um padrão temporal, sendo que na região do Canal do Porto, a diversidade é sempre mais baixa, com exceção da campanha SV06, que apresentou anômalo valor para a região. A Baía de Santos foi mais diversa na campanha SV07, seguido de SV06, fato que pode se relacionar com o aumento do aporte exógeno que pode aumentar a diversidade da fauna local durante o verão.

A diversidade, como já mencionado, se distribui de maneira similar que a riqueza no sistema estuarino santista (fig. 52).

Figura 52: Distribuição temporal dos valores de diversidade em Santos.

A riqueza apresenta ainda maior homogeneidade temporal e sazonal, sendo a campanha com menores valores o inverno de 2005 (SI05). Embora na campanha SI06 os valores de riqueza tenham sido elevados tanto na Baía de Santos como no Canal do Porto, no Canal de São Vicente constatou-se a mais baixa riqueza desta campanha.

Os valores considerados válidos para o índice de dominância devem ser inversamente proporcionais à diversidade e riqueza numa dada região. A figura 53 elucida como foi a dominância das espécies de foraminíferos durante o período de estudo, cujos valores corroboram a premissa dos descritores populacionais.

Figura 53: Distribuição temporal dos valores de dominância em Santos.

O Canal do Porto foi a região com maior índice de dominância em todas as campanhas estudadas, denotando ser uma região cujas características restringem o estabelecimento de espécies, deixando este nicho ecológico aberto para que espécies ditas oportunistas possam se estabelecer. A estação 7, que nos gráficos apresentam um comportamento anômalo às demais estações deve ser avaliado como uma estação que apresentou uma frequência absoluta de indivíduos muito pequena e, por isso, o número significativo para representação estatística não foi atingido.

Com relação a frequência absoluta de foraminíferos, a partir destes, foi calculada a frequência relativa das espécies, e para aquelas cuja abundância é maior que 5%, confeccionaram-se mapas de contorno para melhor visualização dos dados obtidos. Mais adiante, serão apresentados os resultados bióticos das espécies comuns às três campanhas.

De maneira geral observa-se uma padronagem sazonal dos dados bióticos, principalmente quando se correlaciona à temperatura. Águas mais quentes favorecem, além de outros fatores, os processos metabólicos nos organismos. Sendo assim, espécies que toleram a menores salinidade, associadas às áreas mais quentes, podem se desenvolver mais rapidamente, proliferando-se numa velocidade também maior.

A espécie calcária hialina *A.tepida* foi observada em praticamente todas as estações nas quatro campanhas analisadas, indicando sua característica cosmopolita (fig. 54). Além disso, no tocante aos organismos vivos, esta espécie também se apresentou freqüente nas estações coletadas (fig. 55).

Figura 54: Distribuição sazonal de *Ammonia tepida*.

Figura 55: Distribuição sazonal de vivos de *Ammonia tepida*.

Entretanto, nota-se que apesar desta espécie ocorrer em grande abundância por toda região do estuário (fig. 56), onde há grande influência de água doce proveniente dos rios, há um conspícuo aumento na freqüência desta espécie, que é a saída do rio Sandi nas campanhas SI05 e SV07. Já no inverno SI06, a maior freqüência desta espécie ocorreu no Canal de São Vicente.

A campanha SV07 apresentou-se diferenciada e contou com uma grande abundância de *Ammonia tepida* por toda área estudada. Apesar da anormalidade desta distribuição, os valores encontrados para os tensores ambientais também foram diferenciados nesta campanha e, portanto, a fauna acompanha tais modificações satisfazendo a condição de organismos bioindicadores.

Ammonia tepida

Figura 56: Gradiente de distribuição de *A. tepida* na região de Santos.

Na figura 57, *Pseudononion atlanticum* apresenta elevada abundância na entrada da baía e nos canais do Porto e Barreiros, durante o verão SV06 e inverno SI06. Com relação a fauna de vivos, esta espécie apresenta um decréscimo significativo de organismos quando analisamos apenas os corados, evidenciando o transporte na região (fig. 58).

Figura 57: Distribuição sazonal de *P. atlanticum* na região de Santos.

Figura 58: Distribuição sazonal de *P. atlanticum* vivos na região de Santos.

Esta espécie é característica de ambientes marinhos, e indica a penetração das correntes até os subambientes amostrados, sugerindo também o transporte das testas em direção às porções mais externas da baía no verão. Durante a última campanha (SV07), nota-se o reestabelecimento do padrão ocorrido no inverno anterior, denotando a variação sazonal desta espécie (fig. 59).

Figura 59: Gradiente de distribuição de *P. atlanticum* na região de Santos.

A mais alta abundância de *Bolivina striatula* (fig. 60) foi observada na porção centro-leste da Baía de Santos no verão (SI06), contrapondo-se ao verão seguinte (SV07). A campanha SI05, além de ser a mais abundante do inverno, é também aquela com a maior quantidade de organismos vivos (fig.61). A esse despeito, a campanha SV06 foi a mais constante em relação à fauna viva, sendo que nove dentre as dezesseis estações coletadas continham espécimes vivos.

Figura 60: Distribuição sazonal de *B. striatula* vivos na região de Santos.

Figura 61: Distribuição sazonal de *B. striatula* vivos na região de Santos.

Analisando os dados, observa-se que provavelmente *Bolivina striatula* seja tolerante ao aumento da temperatura, uma vez que sua frequência correlaciona-se positivamente com os elevados valores desta variável. É interessante atentar para a frequência desta espécie na estação 15, quando parece haver uma substituição desta espécie durante o verão. As estações 3, 4 e 6 apresentaram altas concentrações de *B. striatula*, o que pode sugerir enriquecimento orgânico (fig. 62).

Apesar da ocorrência pontual de *Bolivina striatula* em algumas estações do sistema estuarino, a maior ocorrência desta espécie se concentra na Baía de Santos, provavelmente devido às características eurihalinas da região, que corroboram as características biológicas de *B. striatula*.

Bolivina striatula

Figura 62: Gradiente de distribuição de *B. striatula* na região de Santos.

Nas estações da Baía de Santos a ocorrência de *Bolivina striatula* parece seguir os padrões observados para temperatura, já que apresentam menor frequência relativa nas campanhas de verão.

Ao contrário do que foi observado para *Bolivina striatula*, a ocorrência da espécie *Buliminella elegantissima* deu-se de maneira homogênea na região estuarina de Santos (fig. 63) e, com exceção da campanha SV07, esta espécie foi sempre abundante na região.

Figura 63: Distribuição sazonal de *B. elegantissima* na região de Santos.

No que diz respeito aos organismos vivos, a espécie *Buliminella elegantissima* corrobora a distribuição de Bolivinídeos, que confirma que estes grupos possuem características em comum (fig. 64).

Figura 64: Distribuição sazonal de *B. elegantissima* vivos na região de Santos.

Buliminella elegantissima é uma espécie típica de ambientes pouco oxigenados e contaminados com esgoto doméstico, e apresenta indivíduos tanto no entorno do emissário submarino da Baía de Santos, como no Canal do Porto (SI05 e SV06), sendo que no inverno (SI06), sua frequência praticamente se extinguiu, concentrando-se na saída do rio Jurubatuba (fig. 65).

Durante o verão SV07 a frequência desta espécie aumentou em todas as estações coletadas, mas principalmente naquelas localizadas na Baía de Santos, denotando que o enriquecimento orgânico característico desta época do ano, seja pelo aumento da taxa metabólica dos organismos, como pelo acréscimo do aporte por parte principalmente do emissário submarino, propiciaram o estabelecimento de *Buliminella elegantissima*.

Buliminella elegantissima

Figura 65: Gradiente de distribuição de *B. elegantissima* na região de Santos.

As espécies pertencentes ao gênero *Elphidium* são características de ambientes mixohalinos com salinidades mais baixas. Nas figuras 66 e 67, podemos observar a ocorrência deste gênero nas estações das saídas dos canais adjacente à baía no inverno/05 (SI05).

Figuras 66 e 67: Distribuição sazonal de *Elphidium* ssp. na região de Santos.

É importante ressaltar que este gênero não apresentou homogeneidade nem abundância de organismos vivos (figs. 68 e 69). Ainda assim, *Elphidium poeyanum* superou em ocorrência *E. excavatum*.

Figuras 68 e 69: Distribuição sazonal de *Elphidium* ssp.vivos na região de Santos.

Porém, no verão *Elphidium poeyanum* parece não tolerar nem o déficit de oxigênio que ocorre na região da estação 15 (SV06), nem as condições oceanográficas anômalas que ocorrem na campanha SV07. O reestabelecimento desta espécie no inverno SI06 corrobora a hipótese para SV06. Ainda, a alta frequência relativa desta espécie no entorno no emissário submarino na campanha SI06 denota que o aumento no volume de esgoto que ocorre no verão, afeta diretamente o estabelecimento de *E. poeyanum* (fig. 70).

Elphidium poeyanum

Figura 70: Gradiente de distribuição de *E. poeyanum* na região de Santos.

Uma hipótese a ser considerada é o carreamento de testas para fora do estuário durante o verão, em decorrência do aumento de chuvas característico desta época do ano. No inverno, a estiagem associada ao avanço de correntes oceânicas oriundas do sul aumentaria o aporte de sais e melhoraria o estabelecimento de *Elphidium* ssp.

Apesar da campanha SV07 ter sido a mais diferenciada no tocante a distribuição de *Elphidium poeyanum*, houve uma distribuição regida pela sazonalidade, em que o verão é sempre menos abundante que o inverno.

Ainda no inverno (SI05 e SI06) a alta salinidade parece ter favorecido o estabelecimento de *Pararotalia* sp. na Baía de Santos (fig. 71).

Figuras 71: Distribuição sazonal de *P.cananeiaensis* na região de Santos.

É muito importante ressaltar que *Pararotalia cananeiaensis* foi a única espécie que apresentou frequência em toda a região estudadas, em todas as campanhas analisadas, denotando que o estabelecimento desta espécie na região está bem consolidado. Esta espécie é característica mixohalina e provavelmente tolera bem a variação sazonal de salinidade, na qual é favorecida, já que além de tolerar águas mais diluídas, ainda se beneficia do aporte de nutrientes peculiar do verão (fig. 72).

Figuras 72: Distribuição sazonal de *P.cananeiaensis* vivos na região de Santos.

Em contrapartida, a diminuição desta espécie também pode ser observada na estação 15 durante a campanha SV06, seguindo o mesmo padrão de *E. poeyanum*. Provavelmente, a redução do oxigênio dissolvido e a elevação da temperatura culminaram na redução desta espécie na parte mais costeira do sistema (fig. 73). Dentre as quatro campanhas analisadas SV07 é a mais atípica, pois nota-se uma elevada frequência de *P. cananeiaensis* nas estações 3 e 4, que são locais onde esta espécie ocorreu em menor número nas campanhas anteriores.

***Pararotalia* sp.**

Figura 73: Gradiente de distribuição de *Pararotalia* sp. na região de Santos.

Em relação aos calcários porcelânicos, *Q. seminulum* apresentou baixa frequência relativa nas campanhas de inverno, limitando-se ao ponto no emissário submarino no inverno/05 (fig.74). A frequência de indivíduos vivos foi muito baixa, ocorrendo apenas em seis dentre as dezesseis estações coletadas (fig. 75).

Figuras 74: Distribuição sazonal de *Q. seminulum* na região de Santos.

Figuras 75: Distribuição sazonal de *Q. seminulum* vivos na região de Santos.

Esta espécie é reconhecida por sobreviver em ambientes com baixo teor de oxigênio dissolvido, o que explica sua ocorrência ao norte do Canal do Porto na campanha SI05. Esta hipótese é corroborada pela elvada ocorrência de *Q. seminulum*

na Baía de Santos durante o verão. Ainda, a zonação faunística observada sugere o transporte das testas para os subambientes amostrados durante o verão (fig. 76).

Quinqueloculina seminulum

Figura 76: Gradiente de distribuição de *Q. seminulum* na região de Santos.

5.4.3. Freqüência de Ocorrência

Apesar do número de espécies com abundância maior que 1% ter sido pouco representativo no Sistema Estuarino de Santos, a presença em menor quantidade de algumas espécies pode ser significativa no que diz respeito à diferenciação das características naturais ou antropogênicas que atuam na distribuição da microfauna. A freqüência de ocorrência (F.O) da maioria das espécies variou entre 11,1 e 46,7%, e, portanto, foram classificadas como comuns. Não houve diferença sazonal significativa na proporção entre as classes de freqüência.

As espécies *Ammonia tepida*, *Bolivina striatula*, *Buliminella Elegantissima*, *Discorbis williamsoni*, *Elphidium excavatum*, *Elphidium poeyanum*, *Fissurina laevigata*, *Haynesina germanica*, *Pararotalia cananeaensis*, *Pseudononion atlanticum* e *Quinqueloculina seminulum* foram constantes em ambas as épocas coletadas. É interessante ressaltar que as espécies *Gaudryina exilis* e *Trochammina inflata* foram frequentes apenas no verão, indicando que a diminuição da salinidade ocasionada pelo aumento das chuvas beneficiou aquelas espécies. Com relação às espécies consideradas raras, a ocorrência foi baixa e apresentou apenas seis espécies no inverno e cinco espécies no verão.

5.4.4. Análise de Agrupamento

Com intuito de abranger tanto os aspectos ecológicos como funcionais do sistema estudado, dois tipos de agrupamento foram realizados. Com a fauna autóctone foi efetuada análise de agrupamento modo R (Bray-curtis) e para a fauna total a matriz utilizada foi agrupada no modo Q (distância Euclidiana). O agrupamento R está representado nas figuras 77, 78, 79 e 80 por dendogramas, enquanto o agrupamento modo Q vem representado por MDS.

Com relação à fauna de foraminíferos vivos, é pertinente ressaltar que nem sempre os valores absolutos foram significativos, mas mesmo assim compuseram a matriz de similaridade. Portanto, é necessário adotar um critério na análise destes resultados.

A análise de agrupamento modo R realizada apresentou algumas diferenças entre as variáveis biológicas, porém foi possível reunir as espécies ocorrentes no estuário de Santos em associações, as quais foram nomeadas de acordo com a espécie dominante.

Com exceção da campanha SI06, onde se formou três grupos, apenas dois grupos puderam ser avaliados no inverno (SI05) e no verão (SV06).

Figura 77: Dendrograma do agrupamento (modo R) das espécies de foraminíferos vivos de Santos (SI05).

Na campanha SI05, foi possível distinguir duas associações, quando a similaridade é de 40% (fig. 65).

Associação *Ammonia tepida* (I): Formada por seis espécies (*Buliminella elegantissima*, *Bolivina striatula*, *Ammonia tepida*, *Pararotalia cananeaensis*, *Bulimina elongata* e *Bulimina marginata*). Todas as espécies foram classificadas como comuns na área de estudo e caracterizam ambientes com enriquecimento orgânico, uma vez que são todas consideradas boas indicadoras de matéria orgânica. Esta associação manteve-se inalterada em relação à variação da similaridade.

Associação *Quinqueloculina seminulum* (II): Formada por quatro espécies, sendo duas calcárias porcelânicas, uma hialina e um aglutinante. É muito importante salientar que todas as espécies aqui agrupadas são reconhecidas indicadoras de salinidades elevadas (espécie stenohalinas) e se relacionam com os altos teores de oxigênio.

Figura 78: Dendrograma do agrupamento (modo R) das espécies de foraminíferos vivos de Santos (SV06).

A campanha SV06 também resultou no agrupamento de duas associações com similaridade de 40%.

Associação *Ammonia tepida* (I): Formada por cinco espécies (*Pseudononion atlanticum*, *Ammonia tepida*, *Pararotalia cananeaensis*, *Bolivina striatula* e *Discorbis floridana*). Neste caso, o agrupamento parece estar caracterizando a salinidade, já que apesar de conter espécies indicadoras de ambientes conturbados, outras são verdadeiramente marinhas.

Associação *Quinqueloculina seminulum* (II): Formada por cinco espécies, sendo três calcárias (*Elphidium poeyanum*, *Bulimina elongata* e *Buliminella elegantissima*), uma porcelânica (*Quinqueloculina seminulum*) e um aglutinante (*Gaudryina exilis*), esta associação assemelha-se ao grupo II formado na campanha anterior, denotando a manutenção sazonal das características do sistema.

Figura 79: Dendrograma do agrupamento (modo R) das espécies de foraminíferos vivos de Santos (SI06).

A campanha SI06 foi a única cujo agrupamento resultou na formação de três grupos, quando a similaridade é 30%.

Associação *Elphidium* sp. (I): Agrupa sete espécies sendo cinco hialinas e duas porcelânicas. Exceto pelas espécies de *Elphidium*, este grupo tem como características espécies indicadoras de sedimento arenoso e alta energia hidrodinâmica, como *Quinqueloculina lamarkiana* e *Hanzawaia boueana*. Além disso, a presença de *Poreponoides lateralis* e *Bolivina pulchella* reforça esta hipótese, já que aquelas são espécies indicadoras de ambientes francamente marinhos, que estão relacionados com o padrão acima descrito.

Associação *Quinqueloculina seminulum* (II): Formada por seis espécies, este grupo também se assemelha ao grupo II formado nas campanhas anteriores, reforçando a hipótese de manutenção sazonal das características do sistema traduzida pela adaptação de algumas espécies que devem ser consideradas traçadoras.

Associação *Ammonia tepida* (III): Formada por seis espécies, este grupo não apresenta uma característica bem marcada, sendo bem heterogêneo composto tanto

por espécie aglutinante indicadora de ambiente de baixa salinidade (*Trochammina inflata*), como por espécies verdadeiramente marinhas, como *Discorbis floridana*.

Figura 80: Dendrograma do agrupamento (modo R) das espécies de foraminíferos vivos de Santos (SV07).

Assim como na campanha anterior, a coleta SV07 também possibilitou a formação de duas associações com similaridade 20%.

Associação *Pseudononion atlanticum* (I): Composta por espécies características de ambientes francamente salinos, exceto *Miliammina fusca* todos os integrantes deste grupo apresentaram-se como comuns ou freqüentes. As espécies *Bulimina elongata*, *Pseudononion atlanticum*, *Bulimina marginata* e *Fursenkoina pontoni* fazem parte deste grupo.

Associação *Ammonia tepida* (II): Com exceção da espécie *Fissurina laevigata*, todas as espécies que formam essa associação caracterizam-se por serem abundantes na região, o que denota a boa adaptação das mesmas no local. Fazem parte desta associação *Bolivina striatula*, *Buliminella elegantissima* e *Pararotalia cananeiaensis*.

As matrizes da Distância Euclidiana referentes ao MDS das campanhas SI05, SV06, SI06 e SV07 foram transformadas em $\log x + 1$ para parametrização destes dados. Os resultados foram plotados em gráficos (fig. 81).

Figura 81: MDS das estações em Santos.

Ao contrario do agrupamento por espécies autóctones (vivos), realizado no modo R, o MDS efetuado que considera o número total de espécies em sua matriz, revela a formação de até três grupos, porém estes não ocorrem concomitantes nas campanhas estudadas. De maneira geral, os grupos satisfizeram o posicionamento das estações localizadas nos mesmos pontos geográficos. Sendo assim, para a região de Santos foi estabelecida a formação de três regiões biogeográficas: o grupo I, formado pelas estações do Canal do Porto; o grupo II, correspondente ao Canal de São Vicente e o grupo III refere-se à Baía de Santos. Tal fato significa que a fauna está intimamente ligada a fatores que agrupam estas estações e, por sua vez, controlam a microfauna.

De maneira geral, a distância euclidiana entre as estações foi curta, o que indica uma desconformidade que não permite a formação de grupos característicos através dos quais é possível descrever e manejar um sistema marinho. Apesar disso, verifica-se a caracterização geográfica. Aparentemente, o canal do Porto apresenta a maior anomalia na distribuição das espécies, uma vez que as estações desta secção geográfica não se agrupam.

A figura 82 a seguir visa elucidar como as estações interagiram entre si, no que diz respeito a fauna de foraminíferos. Na campanha SI05 algumas espécies podem explicar o isolamento de algumas estações na análise de escalonamento multidimensional (MDS), que de maneira geral, não diferenciou grupos muito distintos.

Figura 82: MDS (Distância Euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha SI05.

Interessante notar que espécies com características similares tiveram escalonamento parecido e por isso contribuíram para distribuição espacial do gráfico, lembrando que a distância utilizada foi a Euclidiana e os dados foram normalizados ($\log X + 1$). De fato, as espécies que possuem características de ambientes menos salinos *Trochammina inflata* e *Milliamina fusca* foram escalonadas gerando uma característica no gráfico que condiz com as estações que elas representam como é o caso das estações do Canal de São Vicente e a região interna do Canal do Porto, próximo à Cosipa, representadas pelas estações 1,2,11,12,13 e 14.

As espécies *Buliminella elegantissima* e *Fursenkoina pontoni* são características de ambientes ricos em matéria orgânica, o que é mostrado na análise em que o escalonamento numérico através de distância euclidiana reúne essas espécies nas estações correspondentes, como a estação oito, que se situa na saída do emissário submarino.

Na campanha SV06, *Haplofragmoides wilberti* e *Arenoparrella mexicana* influenciaram a formação do grupo II, juntamente com espécies como *Siphotrochammina lobata* (fig 83).

Figura 83: MDS (Distância Euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha SV06.

Espécies características de ambientes que podem sofrer enriquecimento orgânico como *Bolivina striatula* e *Elphidium poeyanum*, que são genuinamente costeiras. A orla de Santos, que na época do verão recebe aporte antrópico significativo, muda sua configuração e adota um comportamento anômalo reflexo do agravante que se traduz na drenagem urbana.

A campanha SI06 se caracterizou pela formação de apenas dois grupos, que apesar de formados, apresentam grande similaridade. Muitas estações não formaram nenhum grupo, como a estação 10 que conteve a maior frequência absoluta de indivíduos, pela sua alta densidade, não se assemelha a nenhuma outra. A figura 84 ilustra algumas espécies que apresentaram alta ocorrência nesta estação e que apresentaram ocorrência freqüente.

Figura 83: MDS (Distância Euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha SI06.

O grupo II, referente ao Canal de São Vicente, é evidenciado pelas espécies *Siphotrochammina lobata* e *Tiphotreca comprimata*, que são características que ambientes com baixa salinidade, já que são aglutinantes.

Apesar da matriz de similaridade conter também indivíduos vivos, a fauna total empregada significa que não se pode deixar de considerar o transporte de testas dentro do sistema. Espécies como *Quinqueloculina seminulum* estarem relacionadas a estações interiores do Canal do Porto (estação 4) corrobora esta avaliação.

O verão de 2007 também não possibilitou o agrupamento das estações do Canal do Porto, contudo, tanto o Canal de São Vicente como a Baía de Santos foram

caracterizadas pelo agrupamento de espécies de foraminíferos. Tal fato pode estar relacionado ao fluxo gerado pela drenagem continental, que dificulta o estabelecimento de espécies ou, ainda, à perda de qualidade da região durante o verão (fig. 84).

Figura 84: MDS (Distância Euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha SV07.

Quinqueloculina lamarkiana e *Discorbis floridana* são espécies de plataforma que, segundo análise MDS, foram responsáveis pela formação de grupo III, que representa a Baía de Santos. Sendo assim, mais uma vez as espécies de foraminíferos se correlacionam estatisticamente de acordo com as características ambientais.

Apesar de *Pararotalia cananeiaensis* e *Pseudononion atlanticum* possuírem características diferentes com relação aos hábitos de estabelecimento em um ambiente, ambas as espécies influenciaram estações mais externas do estuário, o que corrobora a ocorrência natural de *P. atlanticum*, mas não de *P. cananeiaensis*.

5.4.5. Sistema Estuarino de Cananéia

O Sistema Estuarino Lagunar Cananéia Iguape se caracteriza por ser um ambiente naturalmente preservado, o que se traduz na diversidade da biota. Com relação às coletas efetuadas, o número absoluto de foraminíferos triado não variou significativamente, sendo que as campanhas SI05 e SV07 continham o maior número de indivíduos por cm^3 (fig. 85).

Figura 85: Número absoluto de indivíduos triados na região de Cananéia.

Na campanha do inverno/05, realizada no Complexo Lagunar de Cananéia, foram observadas 51 espécies de foraminíferos, cujas mais significativas (mais de 1% de ocorrência) foram *Ammonia tepida*, *Gaudruina exilis*, *Pararotalia cananeiaensis*, *Siphotrochammina lobata* e *Trochammina Inflata*. No verão/06 incrementa-se àquelas, as espécies *Bolivina striatula*, *Bolivina doniezi*, *Quinqueloculina seminulum* e dos gêneros *Ammobaculites* e *Ammotium*. O total nesta campanha foi 59 espécies. A última campanha de inverno (SI06) contou com a menor diversidade do período, com 47 espécies de foraminíferos. O número total de espécies coletadas, incluindo vivos e mortos, está relacionado nas tabelas 48, 49, 50 e 51.

Tabela 48: Frequência absoluta de foraminíferos em Cananéia (CI05). (*) espécies significativas > 1%.

C105														
Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
Espécies														
Aglutinantes														
Ammonoastuta salsa	nd		1	1	1		nd							3
Ammobaculites sp.	nd	1	1	16			nd			16	112	52		198
A. directus	nd		2	1			nd							3
A. exiguus	nd						nd				22	21		43
Ammotium sp.	nd		1	1	1		nd			1	3	21		28
A. salsum	nd	2	16	18	3	1	nd			8	75	21		144
Arenoparrella mexicana	nd		6	12		1	nd			1	18		10	48
Gaudryina exilis	nd		27	11			nd		953	1919	33	10		2953
Haplophragmoides wilberti	nd		3	11	3		nd	12		1	18	5		53
Miliamina earlandi	nd						nd					10		10
M. fusca	nd		13	38	9	6	nd		9	24	26	15	7	147
Pseudoclavulina sp.	nd						nd				56			56
Siphothrocammina lobata	nd	7	215	109	9		nd	762	1458	3335	576	839	15	7325
Textularia sp	nd		1				nd							1
Tiphotroca comprimata	nd		2				nd				7	5		14
T. inflata	nd		6	10			nd	114	18	36	45		1	230
T. ochracea	nd		1	2			nd							3
	nd						nd							
	nd						nd							
Calcários hialinos														
Ammonia tepida	nd	4	217	24			nd	588	9	18		5	5	870
Bigerenina sp.	nd						nd				41			41
Bolivina doniezi	nd		3				nd							3
B. striatula	nd	1	15	1			nd							17
B. pulchella	nd		2				nd				3			5
B. elongata	nd		1				nd							1
Buliminella elegantissima	nd		22	1			nd							23
Cassidulina subglobosa	nd		1				nd							1
Discorbis williamsoni	nd		5	1			nd							6
Elphidium sp.	nd		3		2		nd							5
E. excavatum	nd		15	3			nd	12					2	32
E. galvestonense	nd			2			nd							2
E. gunteri	nd		8	20			nd							28
E. poyeanum	nd		66	7	1		nd	6						80
Fissurina laevigata	nd		1				nd							1
Fursenkoina pontoni	nd		1				nd							1
Haynesina germanica	nd		10				nd						3	13
Hopkinsina pacifica	nd		2	1			nd							3
Nonion sp.	nd		3				nd							3
Nonionella atlantica	nd		1				nd	12						13
Pararotalia cananeaensis	nd		309	8			nd	90					2	409
Polysaccammina sp.	nd						nd			1				1
Pseudononion atlanticum	nd		10	1			nd	42						53
	nd						nd							
	nd						nd							
Calcários porcelânicos														
Quinqueloculina sp.	nd						nd							
Q. lamarkiana	nd						nd							
Q. miletti	nd						nd							
Q. patagonica	nd						nd							
Q. seminulum	nd		11				nd							11
	nd						nd							
	nd						nd							
Planctônicos														
Globigerina sp.	nd		1				nd							1
	nd						nd							
Tecamebas (Diffugia sp.)	nd	1					nd							1
jovens	nd		2				nd							2
Não Identificados	nd		11	14			nd					10	1	36
Fragmentos	nd						nd			114	450	603	135	1302
	nd						nd							
Total	nd	17	1088	318	29	8	nd	1638	5273	8300	1485	1617	182	19955

Tabela 49: Frequência absoluta de foraminíferos em Cananéia (CV06). (*) espécies significativas > 1%.

CV06														
Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11a	12	Total
Espécies														
Aglutinantes														
<i>Ammonoastuta salsa</i>					42	1						6		49
<i>Ammobaculites</i> sp.			14	2	10	16	1	60	126	27	3	8		267
<i>A. directus</i>				2	9				6					17
<i>Ammotium</i> sp.			21	5	10			60	66	54		4		220
<i>A.planissimum</i>			7	5	9									21
<i>A. pseudocassis</i>												2		2
<i>A. salsum</i>				18	5	1	2	120	13	36	5	8		208
<i>Arenoparrella mexicana</i>					2				6		4	4	4	20
<i>Gaudryina exilis</i>			14	7			5	160	100	9	3	4		302
<i>Haplophragmoides wilberti</i>				2						9	3	2		16
<i>Miliammina earlandi</i>					13									13
<i>M. fusca</i>		3	21	21	44	8	1				1	1	4	104
<i>Polysaccammina</i> sp.							1							1
<i>Pseudoclavulina</i> sp.		1								18		11		30
<i>Reophax</i> sp.		8		2				20						30
<i>Siphothrocammmina lobata</i>	8		165	29	13	1	38	2740		972	90	55	33	4144
<i>Textularia</i> sp.							1		6					7
<i>T. candeiana</i>								20						20
<i>Tiphotroca comprimata</i>							1		6	18	1	3		29
<i>Trochammina</i> sp.		3								18				21
<i>T. inflata</i>	3	2		8	4		4	40	40	18		10		129
<i>T. ochracea</i>	2		28	8			15		6					59
<i>Warrenita</i> sp.							1					1		2
Calcários hialinos														
<i>Ammonia tepida</i>	3		388	82		4	46	1960		612	142	49	29	3315
<i>Bigerenina</i> sp.									39					39
<i>Bolivina doniezi</i>		2					10	220						232
<i>B. striatula</i>	2		50	5	1		15	360		27				460
<i>B. elongata</i>			7				1							8
<i>Buliminella elegantissima</i>			43	13			7	60						123
<i>Cibicides</i> sp.			0	5										5
<i>Discorbis floridana</i>			0					20						20
<i>D. williamsoni</i>			50					20						70
<i>Elphidium</i> sp.			50	12	3					9	2			76
<i>E. excavatum</i>		1		12	10	5	1	100						129
<i>E. galvestonense</i>	1													1
<i>E. gunteri</i>		1	7	5	1			20					2	36
<i>E.poyeanum</i>	1	1	50	29	1		3	160			3		1	249
<i>Eponides cibrorrepandus</i>	1						4							5
<i>Fissurina laevigata</i>							1							1
<i>E. gunteri</i>		1	7	5	1			20					2	36
<i>E.poyeanum</i>	1	1	50	29	1		3	160			3		1	249
<i>Eponides cibrorrepandus</i>	1						4							5
<i>Fissurina laevigata</i>							1							1
<i>Hanzawaia boueana</i>								20						20
<i>Haynesina germanica</i>			21	2			2	40						65
<i>Hopkisina pacifica</i>							2							2
<i>Nonion</i> sp.	3							40						43
<i>Pararotalia cananeiaensis</i>	6		575	125	14	1	49	1500		180	12	29		2491
<i>Pseudononion atlanticum</i>	1		28	2			16	100						147
<i>Uvigerina</i> sp.								40						40
Calcários porcelânicos														
<i>Quinqueloculina</i> sp.					4		2				2			8
<i>Q. lamarkiana</i>								120						120
<i>Q. patagonica</i>							1	20						21
<i>Q. seminulum</i>			273	180	45		1	260			4	4	5	772
<i>Triloculina laevigata</i>				2				40			3	13		58
<i>Tecamebas (Diffugia sp.)</i>					27	11	14	20	6		10	9		97
<i>jovens</i>		7					3							10
Total	33	24	1876	617	269	48	256	8520	420	2007	291	223	81	14665

Tabela 50: Frequência absoluta de foraminíferos em Cananéia (CI06). (*) espécies significativas > 1%.

CI06																
	Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11a	12	13	Total
Espécies																
Agglutinantes																
<i>Ammoastuta salsa</i>											5	5				10
<i>Ammobaculites</i> sp.				5				1	7	120	15	10	9	6		173
<i>A. directus</i>										15			13	4		32
<i>Ammotium</i> sp				5						15			13	2		35
<i>A. cassis</i>									7							7
<i>A. pseudocassis</i>					2											2
<i>A. planissimum</i>										30		5				35
<i>A. salsum</i>				28				2		15	5	15	18	23	1	107
<i>Arenoparrella mexicana</i>		2										5	9	10	12	38
<i>Gaudryina exilis</i>				16				7	14	135	15	2	9	8		206
<i>Haplophragmoides wilberti</i>				5									13	2	1	21
<i>Miliamina earlandi</i>					2						5					7
<i>M. fusca</i>				33		3	7					2	4	34	8	91
<i>Reophax</i> sp.													4			4
<i>Siphothrocammina lobata</i>	1	5	202	11	4	5		18	185	180	745	315	490	385	3	2549
<i>Textularia</i> sp								4	7	15						26
<i>Tiphotroca comprimata</i>														2		2
<i>T. inflata</i>		1	11					1			10	2	18	2		45
<i>T. ochracea</i>					1					15						16
Calcários hialinos																
<i>Ammonia tepida</i>	1	12	201	4				93	658	2610	505	357	463	67	3	4974
<i>B. striatula</i>	2	51	22					18	189	30		2	4	2		320
<i>B. elongata</i>									14		5					19
<i>Buliminella elegantissima</i>				28				1	38	27						94
<i>Cornuspira involvens</i>														2		2
<i>Cibicides variabilis</i>		1	16													17
<i>D. williamsoni</i>	1		5					1		15						22
<i>Elphidium</i> sp		1									5	2	9			17
<i>E. discoidale</i>						2			7							9
<i>E. excavatum</i>	2	3	22					4	7	15	5	10	18			86
<i>E. gunteri</i>				11	1	19		1	7							39
<i>E.poyeanum</i>		7	56					17	37	150	25	17	13	5		327
<i>Eponides cibrorrepandus</i>	2							1								3
<i>Fissurina laevigata</i>					1											1
<i>Fursenkoina pontoni</i>				5												5
<i>Haynesina germanica</i>				11					14		5					30
<i>Hopkinsina pacifica</i>								1								1
<i>Nonionella atlantica</i>	3		5					2	44							54
<i>Oolina</i> sp.		5								15		4				24
<i>Pararotalia cananeiaensis</i>	12	18	388	1				44	391	540	70		63	4		1531
<i>Pseudononion atlanticum</i>		3						9	7	15						34
Calcários porcelânicos																
<i>Quinqueloculina</i> sp.		1	28	1				4	23	15						72
<i>Q. lamarkiana</i>			3				1									4
<i>Q. miletti</i>				28	1			4		90		5				128
<i>Q. patagonica</i>				11												11
<i>Q. seminulum</i>	4	18	90			9		7	111	120			31			390
<i>Triloculina laevigata</i>				5					29			2	18	10		64
Planctônicos																
<i>Globigerina</i> sp.	1								7		5					13
<i>Tecamebas (Diffugia</i> sp.)									14	30			4			48
<i>jovens</i>	1															1
Não Identificados		1	11						7	30	10	15	4	2	5	85
Total		30	132	1248	25	9	41	240	1824	4242	1435	775	1227	570	33	11831

Tabela 51: Frequência absoluta de foraminíferos em Cananéia (CI06). (*) espécies significativas > 1%.

CV07																										
Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11a	12	13	Total											
Espécies																										
	Mar de Cananéia						Baía de Trapandé			Mar de Cubatão																
Aglutinantes																										
Arenoparrella mexicana										8					9	17										
Gaudryina exillis	1						14			26	113						154									
Haplofragmoides ¹ wilberti	1						2			45					1	3	7	59								
Milliamina fusca	1	1															1	3								
Pseudoclavulina sp.																1		1								
Syphotrochammina lobata	1	5						3	1			535					389	45	2	1077						
	2	2	7	1							4	670	260	6	3	8	4	7								
Thochammina inflata	4						2			5			39	45			2	1	98							
Warrenita palustris							5													5						
Calcários hialinos																										
	1						1								284											
Ammonia tepida	3	2	2	7							7	320	7	360					61	1	3630					
Bolivina pulchella	1																					1				
B. striatula	3	2							7	5												17				
Bulimina elongata	1																					1				
Buliminella elegantissima							1			5												6				
Cibicides variabilis	1																					1				
Elphidium sp.	1	2																				3				
E. excavatum	1						3													1	5					
E. gunteri	5						4			5														14		
Elphidium poeyanum	1																				3	4				
Fissurina sp.	1																					1				
Haynesina germanica							5																		5	
Pararotalia cananeiaensis	2	1														8						11				
Pseudononion atlanticum	1							3			5												9			
Calcários porcelânicos																										
Quinqueloculina sp.	1																				1					
Q. milletti	1	5																			3	9				
Triloculina oblonga	1						1								17										19	
tecameba	1																								1	
Jovem	1	1						1																		3

A campanha com a maior quantidade de foraminíferos vivos foi a SV06, cuja frequência de indivíduos corados destoa da distribuição observada nas demais campanhas (fig 86).

Figura 86: Número absoluto de indivíduos vivos triados na região de Cananéia.

Constatou-se que a quantidade de carapaças impregnadas com rosa de bengala é mais significativa em comparação ao estuário santista, evidenciando a maior estabilidade local (fig. 87).

Figura 87: Número absoluto de indivíduos vivos por amostra na região de Cananéia.

Durante todo o período amostrado, os foraminíferos aglutinantes apresentaram a maior frequência durante o verão, o que era esperado, uma vez que o aumento da pluviosidade nesta época do ano torna mais propício o estabelecimento de espécies menos tolerantes a altos valores de salinidade (tabs. 52, 53, 54 e 55). Ainda, o confinamento característico da região, principalmente do Mar de Cubatão, determina o estabelecimento de certas espécies e restringe de outras.

Tabela 52: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Cananéia (CI05). (*) espécies significativas > 1%.

CI05															
Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total	
Espécies															
<i>Aglutinantes</i>															
<i>Ammotium salsum</i>			1		1									2	
<i>Gaudryina exilis</i>			3											3	
<i>Haplophragmoides wilberti</i>					3									3	
<i>Millamina fusca</i>					9	1								10	
<i>Siphothrocammina lobata</i>			14		2			174			3	52		245	
<i>Trochammina inflata</i>			3					66						69	
<i>Calcários hialinos</i>															
<i>Ammonia tepida</i>			19	3				192					4	218	
<i>Bolivina striatula</i>			7											7	
<i>Buliminella elegantissima</i>			7											7	
<i>Discorbis williamsoni</i>			1											1	
<i>Elphidium</i> sp.					1									1	
<i>E. excavatum</i>					1							1		2	
<i>E. poyeanum</i>					2									2	
<i>Haynesina germanica</i>												3		3	
<i>Nonionella atlantica</i>								6						6	
<i>Pararotalia cananeaensis</i>			2											2	
<i>Pseudononion atlanticum</i>								12						12	
<i>Calcários porcelânicos</i>															
<i>Quinqueloculina seminulum</i>			11											11	
Total	nd	0	68	6	16	1	nd	450	0	0	3	52	8	604	

Tabela 53: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Cananéia (CV06). (*) espécies significativas > 1%.

CV06														
Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11a	12	Total
<i>Espécies</i>														
<i>Aglutinantes</i>														
<i>Ammoastuta salsa</i>					8									8
<i>Ammobaculites</i> sp.	1				9	16						1		27
<i>Ammotium</i> sp					1									1
<i>A. planissimum</i>			7											7
<i>A. salsum</i>					1							1		2
<i>Arenoparrella mexicana</i>					1									1
<i>Gaudryina exilis</i>	1			2			2							5
<i>M. fusca</i>					3	2								5
<i>Pseudoclavulina</i> sp.												1		1
<i>Siphothrocammina lobata</i>	3	13	7	21	4	1	14	2		144	5		6	418
<i>T. inflata</i>	1				1		1							3
<i>T. ochracea</i>		7	7				6							20
<i>Calcários hialinos</i>														
<i>Ammonia tepida</i>	1	5	28	2		4	15	22		189	31	8	9	512
<i>Bigerenina</i> sp.									6					6
<i>Bolivina doniezi</i>		5					8	4						53
<i>B. striatula</i>	1	8	14				8	22		9				260
<i>B. elongata</i>		1					1							2
<i>Buliminella elegantissima</i>			7				4							11
<i>D. williamsoni</i>			7											7
<i>Elphidium</i> sp				2										2
<i>E. excavatum</i>		1		2	6	2								11
<i>E. gunteri</i>													1	1
<i>E. poyeanum</i>				13	1		1				2			17
<i>Haynesina germanica</i>			7					2						27
<i>Pararotalia cananeaensis</i>		5	21	5	1		6	8		63	1	2		184
<i>Pseudononion atlanticum</i>							8							8
<i>Calcários porcelânicos</i>														
<i>Quinqueloculina</i> sp.							1							1
<i>Q. lamarkiana</i>		3						2						23
<i>Q. seminulum</i>		4			2	8		6						74
<i>Triloculina laevigata</i>								4				2		42
<i>Tecamebas (Diffugia)</i> sp.)			7d		8	8			6		1	1		24
Fragmentos												6		6
Total	6	54	105	49	52	33	75	900	12	405	40	22	16	1769

Tabela 54: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Cananéia (CI06). (*) espécies significativas > 1%.

CI06																
Espécies	Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11a	12	13	Total
<i>Aglutinantes</i>																
<i>Siphothrocammina lobata</i>				3	2			18			5					28
<i>Textularia</i> sp.								4								4
<i>Trochammina inflata</i>								1			10					11
<i>T. ochracea</i>					1											1
<i>Calcários hialinos</i>																
<i>Ammonia tepida</i>		4	5	1				8	29	30	5	15		40	3	140
<i>Bolivina striatula</i>		2	46					16	49					2		115
<i>Bulimina elongata</i>											5					5
<i>Buliminella elegantissima</i>									1							1
<i>Elphidium discoidale</i>						2										2
<i>E. excavatum</i>		1														1
<i>E. gunteri</i>							19									19
<i>E. poyeanum</i>		1												1		2
<i>Oolina</i> sp.		2														2
<i>Pararotalia cananeiaensis</i>		1	4					1	14							20
<i>Pseudononion atlanticum</i>								2								2
<i>Calcários porcelânicos</i>																
<i>Quinqueloculina</i> sp.								1	1							2
<i>Q. seminulum</i>		2	10					7								19
<i>Triloculina laevigata</i>														2		2
Não Identificados											10					10
Total		5	68	5	5	4	19	58	94	30	35	15	0	45	3	386

Tabela 55: Frequência absoluta de foraminíferos vivos em Cananéia (CV07). (*) espécies significativas > 1%.

CV07													
Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Espécies													
Aglutinantes	Mar de Cananéia						Baía de Trapandé			Mar de Cubatão			
<i>Syphotrochammina lobata</i>	4		3				7			2		3	71
<i>Thochammina inflata</i>			1							3		4	1
<i>Calcários hialinos</i>													
<i>Ammonia tepida</i>	1	2	1					195			1	8	217
<i>B. pulchella</i>	1												1
<i>Bolivina striatula</i>	1	1					6						8
<i>Buliminella elegantissima</i>							1						1
<i>Elphidium poeyanum</i>												1	1
<i>Elphidium sp.</i>	1												1
<i>Pararotalia cananeiaensis</i>											1		1
<i>Pseudononion atlanticum</i>							2						2
<i>Calcários porcelânicos</i>													
<i>Quinqueloculina milletti</i>			2										2
Total	8	3	7				16		195	2		5	306

Seguindo a tendência da fauna total, os indivíduos vivos concentram-se no grupo dos hialinos. A quantidade de espécies vivas é espacialmente homogênea, corroborando o objetivo desta análise, que visa estabelecer os diferentes nichos. As espécies *Ammonia tepida*, *Bolivina striatula*, *Pararotalia cananeaensis* e *Syphotrochammina lobata* foram as mais abundantes dentre a fauna autóctone, e desde já devem ser consideradas traçadores. Cabe ainda ressaltar que as regiões de maior concentração desta fauna foram o Mar de Cubatão e a Baía de Trapandé, respectivamente.

No que tange os descritores populacionais, muitas estações apresentam diversidade bem alta nas campanhas, o que corrobora o número de foraminíferos vivos. Além disso, é interessante notar a predominância de foraminíferos aglutinantes em Cananéia, denotando a maior influência continental na região (tab. 56).

Tabela 56: Descritores populacionais das estações de Cananéia (CI05, CV06, CI06 e VC07).

		Estações													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11a	12	13
	Campanhas														
Total de species	CI05	nd	6	41	26	8	3	nd	9	5	11	14	nd	11	9
	CV06	12	11	22	27	22	11	32	30	14	16	17	21	8	nd
	CI06	11	16	26	10	3	5	21	23	23	16	18	21	18	7
	CV07	14	3	10	11	0	0	7	10	4	3	3	4	5	9
Número de espécimens	CI05	nd	16	1077	304	29	8	nd	1638	2447	5360	1035	nd	1004	46
	CV06	62	115	3882	1346	810	140	630	17800	2440	5454	576	458	156	nd
	CI06	30	132	1248	25	9	41	240	1824	4242	1435	775	1227	570	33
	CV07	30	6	88	55	0	0	44	1039	3172	5514	4298	28	531	50
Riqueza	CI05	nd	1,80	5,73	4,37	2,08	0,96	nd	1,08	0,51	1,16	1,87	nd	1,45	2,09
	CV06	2,67	2,11	2,54	3,61	3,14	2,02	4,81	2,96	1,67	1,74	2,52	3,26	1,39	nd
	CI06	2,94	3,07	3,51	2,80	0,91	1,08	3,65	2,93	2,63	2,06	2,56	2,81	2,68	1,72
	CV07	3,82	1,12	2,01	2,50	nd	nd	1,59	1,30	0,37	0,23	0,24	0,90	0,64	2,04
Equitatividade	CI05	nd	0,83	0,60	0,72	0,83	0,67	nd	0,59	0,47	0,32	0,63	nd	0,33	0,84
	CV06	0,71	0,57	0,58	0,57	0,60	0,67	0,57	0,53	0,51	0,55	0,51	0,62	0,66	nd
	CI06	0,82	0,74	0,72	0,80	0,97	0,83	0,69	0,65	0,50	0,45	0,46	0,54	0,45	0,85
	CV07	0,81	1,00	0,55	0,66	nd	nd	0,75	0,38	0,29	0,13	0,31	0,70	0,30	0,72
Diversidade de Shannon	CI05	nd	1,49	2,22	2,34	1,73	0,74	nd	1,29	0,75	0,77	1,67	nd	0,78	1,84
	CV06	1,76	1,37	1,81	1,86	1,84	1,61	1,96	1,79	1,34	1,52	1,44	1,89	1,37	nd
	CI06	1,97	2,04	2,34	1,83	1,06	1,34	2,10	2,05	1,58	1,25	1,32	1,66	1,31	1,65
	CV07	2,14	1,10	1,27	1,59	0,00	0,00	1,47	0,88	0,40	0,15	0,35	0,97	0,48	1,59
Dominância de Simpson	CI05	nd	0,23	0,17	0,17	0,19	0,54	nd	0,35	0,51	0,52	0,34	nd	0,70	0,18
	CV06	0,27	0,36	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,30	0,36	0,31	0,34	0,28	0,33	nd
	CI06	0,18	0,20	0,16	0,21	0,28	0,29	0,20	0,20	0,40	0,40	0,38	0,31	0,48	0,21
	CV07	0,17	0,20	0,44	0,34	nd	nd	0,27	0,51	0,81	0,94	0,83	0,44	0,76	0,28

A diversidade na região de Cananéia, em todos os períodos amostrados pode ser visualizada na figura 88.

Diversidade de Shannon-Winner

Figura 88: Distribuição temporal dos valores de diversidade em Cananéia.

Pelo alto grau de confinamento do Mar de Cubatão e do Mar de Cananéia, muitas vezes o número de indivíduos por amostra não foi suficiente para gerar um número amostral estatisticamente significativo, o que se traduz enganosamente em pontos de baixa diversidade. Apesar disso, ainda é possível detectar uma tendência na distribuição dos valores.

No que diz respeito à riqueza das espécies, com era esperado os valores na região foram homogêneos, mantendo se uma média de 2,50 em todas as campanhas estudadas. A figura 89 representa a distribuição espaço-temporal da riqueza no Sistema Estuarino de Cananéia.

Figura 89: Distribuição temporal dos valores de riqueza em Cananéia.

As espécies dominantes foram principalmente *A. tepida*, *G. exilis*, *P. cananeiaensis* e *S. lobata*, sendo que as espécies *B. doniezi*, *B. striatula*, *E. poeyanum*, *T. inflata* e os gêneros *Ammobaculites* e *Ammotium* também foram representativos. De maneira geral a dominância na área é sempre baixa, sendo mais acentuada apenas no Mar de Cubatão (fig. 90).

Dominância de Simpson

Figura 90: Distribuição temporal dos valores de dominância em Cananéia.

Neste ambiente, a salinidade tem um papel muito importante na distribuição das espécies de foraminíferos. A abertura do Valo Grande na década de 90 gerou um aporte de água doce que acarreta em uma diluição significativa em todo sistema. Durante o verão, o aumento das chuvas em toda bacia hidrográfica acentua ainda mais a vazão do rio Ribeira do Iguape.

Além de influenciar a salinidade local, o aporte continental norte deste sistema estuarino ainda propicia um transporte de material partícula no sentido norte-sul. Este fluxo gerado faz com que as águas oriundas da plataforma adjacente à entrada da Baía de Trapandé tenham menor penetração tanto no Mar de Cananéia como no Mar de Cubatão. A salinidade mais baixa não afeta, contudo, a ocorrência de *A. tepida*, que apesar de cosmopolita e apresentar-se por toda área estudada, é espécie hialina e possui a maior frequência na Baía de Trapandé (fig. 91).

Ammonia tepida

Figuras 91: Distribuição sazonal de *A. tepida* na região de Cananéia.

Ao que concerne à fauna autóctone, a figura 92 mostra que campanha CI06 foi a mais abundante em espécies vivas. Em contrapartida, o verão CV06 apresentou a maior quantidade de organismos corados. A campanha CI05 apresentou a menor quantidade de foraminíferos corados, seguida da campanha CV07.

As estações localizadas no Mar de Cananéia, de maneira geral, apresentaram mais organismos corados do que as outras regiões do estuário, ao passo que na Baía de Trapandé não foi observado nenhum foraminíferos vivos em duas campanhas (CI05 e CV07).

Figuras 92: Distribuição sazonal de *A. tepida* vivos na região de Cananéia.

A partir da campanha CI06 esta espécie passa a cobrir toda área de estudo, com frequência relativa elevada em todas as estações (fig. 93). Interessante notar que ao invés de uma variação sazonal, em Cananéia, *Ammonia tepida* apresenta uma variação temporal linear, que pode tanto estar relacionada ao transporte das testas como ao desenvolvimento autóctone desta espécie na região de estudo.

Com exceção da campanha CI06, todas as outras apresentaram a maior frequência de *Ammonia tépida* no Mar de Cananéia. Tal fato provavelmente relaciona-se com as características da salinidade daquele local, em que há diluição menos acentuada em comparação ao Mar de Cubatão.

Figura 93: Gradiente de distribuição de *A. tepida* na região de Cananéia.

A Baía de Trapandé parece funcionar como um sorvedouro de espécies para o sistema, uma vez que esta região faz conexão com a plataforma adjacente. De qualquer maneira, mesmo que os foraminíferos, que estão sendo considerados autóctones por estarem vivos quando coletados, estejam se estabelecendo nesta região do sistema, denota que, apesar de possuir características mixohalinas, não tolera condição muitas vezes salobra como o Mar de Cubatão.

A espécie *Pararotalia cananeiaensis* é conhecida indicadora da influência marinha em ambientes parálidos brasileiros. Observa-se que esta espécie apresentou uma homogeneidade na região, ocorrendo em praticamente todas as estações, mesmo que em baixa frequência. (fig. 94). Apesar de muito abundantes e freqüentes, vale ressaltar que não foi encontrado nenhum indivíduo enrubescido de *P. cananeiaensis*, o que corrobora o transporte acima citado.

Ainda que nenhum espécime tenha sido corado, sabe-se que muitas vezes o corante rosa de bengala não é tão eficiente quando se trata de foraminíferos aglutinantes, fauna comum na região em questão, e faz com que outros parâmetros sejam levados em consideração para que se possam estabelecer normas para espécies traçadoras ou indicadoras. É sabido ainda que o gênero *Pararotalia* tem característica mixohalina e portanto, tolera a freqüente diluição do sistema estuarino de Cananéia.

Figuras 94: Distribuição sazonal de *P. cananeiaensis* na região de Cananéia.

No presente estudo *Pararotalia cananeiaensis* foi mais abundante no mar de Cananéia (inverno/05) e entrada da baía de Trapandé, o que permite tecer considerações acerca do transporte e da circulação daqueles locais, bem como sua integração. No inverno/06, esta espécie segue a tendência de *A. tepida* e apresenta-se difundida por toda região (fig. 95). O reestabelecimento de condições mais estáveis, característico da estação seca pode favorecer o estabelecimento destas espécies. Por outro lado, recomendam-se considerar o gradiente sazonal formado por ambas as espécies, que pode estar relacionado aos padrões de circulação, transporte e penetração de massas d'água no sistema.

Figura 95: Gradiente de distribuição de *P. cananeaensis* na região de Cananéia.

Assim como *Ammonia tepida*, a espécie *Pararotalia cananeaensis* apresenta frequência mais significativa na região do Mar de Cananéia, que apresentou alta frequência relativa de *P. cananeaensis*. A distribuição anômala desta espécie na campanha CV07 merece atenção já que pode apontar alguma variação ambiental significativa.

Com relação aos foraminíferos da ordem Textulariida, que foram os mais representativos na região, é interessante notar que há variação sazonal. É possível observar uma conspícua diferença entre o inverno (CI05 e CI06) e o verão (CV06 e CV07), denotando a desconformidade ambiental naturalmente gerada durante a estação chuvosa, apesar de não terem sido observados foraminíferos corados. A espécie está difusamente distribuída, porém ainda concentrada na baía (fig. 96).

Figuras 96: Distribuição sazonal de *G. exillis* na região de Cananéia.

Na figura 97 observa-se a presença de *G. exillis* apenas na porção central da baía de Trapandé. É notável que em duas estações houve uma distribuição anômala, podendo ainda denotar aumento de correntes oriundas do mar adjacente até a porção leste da Baía de Trapandé. Neste caso, esta hipótese corrobora a ausência de organismos corados, que são considerados vivos no momento da coleta.

Como este fenômeno ocorreu na estação seca (SI05), esta hipótese tem mais relevância do que as limitações acerca do corante utilizado, já que o menor volume pluvial favorece a entrada de correntes marinhas, que transportaria estas testas para porções mais internas como a saída do Rio Itapitangui.

A despeito de serem característica de ambientes menos salinos, a presença desta espécie na região da baía provavelmente está relacionada ao sedimento arenoso naquela região, já que foi possível observar através de análise em microscópio eletrônico de varredura que a carapaça de *G. exillis* é composta por grãos de areia aglutinados.

Figura 97: Gradiente de distribuição de *G. exilis* na região de Cananéia.

Ao contrário do aglutinante *G. exilis*, a distribuição de *Siphotrochammina lobata* em Cananéia foi dominante em praticamente todas as estações coletadas, mas principalmente no Mar de Cubatão e Baía de Trapandé. Neste caso, o inverno apresenta alta frequência, porém não ultrapassa o número de foraminíferos encontrados no verão (fig. 98).

Figuras 98: Distribuição sazonal de *S. lobata* na região de Cananéia.

Apesar de não ter sido a campanha mais abundante, SV06 foi a época em que ocorreu a maior e mais constante quantidade de foraminíferos vivos (fig. 99).

Figuras 99: Distribuição sazonal de *S. lobata* vivos na região de Cananéia.

Na figura 100 pode-se visualizar a distribuição espacial de *Siphothrocammina lobata*. Esta espécie típica de ambientes fortemente confinados aparece por toda região durante o inverno, desaparecendo do mar de Cubatão durante o verão. Este fato pode se relacionar à drenagem advinda da parte norte (Iguape) que transportaria as testas para fora do estuário. Esta hipótese é corroborada pelo reestabelecimento desta espécie na estação seguinte (CI06), que volta a ser disseminada.

Figura 100: Gradiente de distribuição de *S. lobata* na região de Cananéia.

5.4.6. Frequência de Ocorrência.

Assim como no estuário de Santos, na região de Cananéia a maioria das espécies foi classificada como comum, com 48% das espécies em ambas as épocas sazonais. Nas três campanhas analisadas verificou-se a presença de espécies com frequência de ocorrência maior que 50%, sendo classificadas como constantes da área de estudo. No inverno as espécies frequentes somam 6, ao passo que no verão este número dobra. A classificação rara designa-se aos valores de frequência de ocorrência

menores que 10%. É interessante notar a alta porcentagem de espécies raras no estuário de Cananéia quando comparado ao sistema santista. No âmbito sazonal, há uma diminuição em 10% do inverno para o verão, quando a estabilidade ambiental é afetada pela alta pluviosidade, refletindo na fauna autóctone.

5.4.7. Análise de Agrupamento.

De maneira geral a análise de agrupamento modo R (Bray-curtis) foi significativa para similaridade 50%. No inverno/05, foi possível distinguir três associações, quando a similaridade é de 40% (fig. 101).

Figura 101: Dendrograma da análise de agrupamento entre espécies (Bray-Curtis) em Cananéia (CI05).

Associação *Ammotium salsum* (I): Agrupou quatro espécies sendo apenas um hialino dentre os textularídeos. Esta associação é similar em 50%, e agrupa espécies que são peculiares de ambientes análogos. Tanto *A. salsum*, *H. wilberti* e *M. fusca* como algumas espécies de *Elphidium* são verdadeiramente mixohalinas, ocorrendo frequentemente em sistemas com baixa energia, granulometria fina e salinidade baixa.

Associação *Quinqueloculina seminulum*- *Pararotalia cananeiaensis* (II): Composta apenas por espécies hialinas, com exceção de *G. exilis* este agrupamento é muito similar (<60%) e pode ser descrito da seguinte maneira:

A composição específica deste grupo se caracteriza pela relação da biota com a granulometria das estações. Quando este grupo se subdivide, fica explícito o agrupamento das espécies características de ambientes pouco oxigenados e com elevados teores de matéria orgânica (*Q. seminulum*, *B. striatula* e *B. elegantissima*) e a associação das espécies intimamente relacionadas aos sedimentos arenosos e valores de salinidade mais elevados.

Associação *Ammonia tepida*- *Siphotrochammina lobata* (III): Formada por cinco espécies sendo três hialinas e dois aglutinantes, esta associação agrupa apenas espécies classificadas como freqüentes pela F.O.

A análise de agrupamento Bray-Curtis (modo R) para CV06 também possibilitou a formação de três grupos, porém a similaridade foi reduzida para 20%. Ainda assim, é possível visualizar características intrínsecas as espécies componentes (fig. 102).

Figura 102: Dendrograma da análise de agrupamento entre espécies (Bray-Curtis) em Cananéia (CV06).

Associação *Ammonium* sp. - *Elphidium excavatum* (I): Com exceção de *E. excavatum*, todos os representantes deste grupo pertencem a ordem Textulariida. A presença de tecamebas neste agrupamento reforça a característica hipohalina dos seus componentes.

Associação *Pseudononion atlanticum* - *Gaudryina exilis* (II): O único representante textularídeo desta associação foi *G. exilis*. Esta espécie, apesar de ser aglutinante, é característica de ambientes arenosos, em decorrência da composição de

sua carapaça. Os demais representantes pertencem às ordens Rotaliida e Millioliida, que são espécies características de ambientes francamente marinhos de alta energia, que geralmente se correlacionam aos sedimentos mais grossos.

Associação *Ammonia tepida*- *Pararotalia cananeiaensis*- *Siphotrochammina lobata* (III): Agrupou as espécies consideradas mixohalinas e tolerantes as diferentes variações de um sistema. Em decorrência da baixa similaridade, não se pode afirmar com precisão a característica de agrupamento dos grupos desta campanha.

A campanha CI06 também apresentou baixa similaridade entre as espécies agrupadas, ficando em torno de 20%. Neste panorama é possível observar dois grandes grupos, sem diferenciações bem delimitadas. Ambos os grupos podem ser subdivididos se elevarmos a similaridade (fig. 103).

Figura 103: Dendrograma da análise de agrupamento entre espécies (Bray-Curtis) em Cananéia (CI06).

Como não há definição clara das características que compuseram o dendrograma acima, a descrição de associações é irrelevante. Tal configuração denota que há uma desconformidade, que pode ser natural ou não, nos parâmetros que regem a distribuição dos foraminíferos que devem ser mais bem investigadas. Deve-se ainda

considerar a revisão da matriz de similaridade para correção de possíveis ruídos que possam comprometer a análise como, por exemplo, eliminar as espécies raras.

A última campanha coletada, CV07, demonstrou um agrupamento bem delimitado, que caracterizam os ambientes do Mar de Cananéia, Mar de Cubatão e Baía de Trapandé (fig. 104).

Figura 104: Dendrograma da análise de agrupamento entre espécies (Bray-Curtis) em Cananéia (CV07).

Dois grandes grupos formaram-se, sendo que cada um pode ser subdividido.

Associação *Ammonia tepida* - *Siphotrochammina lobata* (I): Apesar de conter organismos aglutinantes, esta associação caracteriza o ambiente da Baía de Trapandé, já que a maioria das espécies é estenohalina. As espécies que compõem esta associação são: *Buliminella elegantissima*, *Haynesina germânica*, *Warrenita palustris*, *Bolivina striatula*, *Pseudononion atlanticum*, *Gaudryina exillis*, *Trochammina inflata*, *Ammonia tepida* e *Siphotrochammina lobata*.

Associação *Pararotalia cananeiaensis* (II): A composição desta associação sugere que o agrupamento ocorreu por conta da salinidade, já que a maioria das espécies deste grupo apresenta característica mixohalina.

As matrizes da Distância Euclidiana, referentes ao MDS, das campanhas CI05, CV06, CI06 e CV07 foram transformadas em $\log x + 1$ para parametrização destes dados. Os resultados foram plotados em gráficos (fig. 105).

Figura 105: MDS das estações em Cananéia (CI05, CV06, CI06, CV07).

Assim como no agrupamento por espécies autóctones (vivos) realizado no modo R, o MDS efetuado, que considera o número total de espécies em sua matriz, revela a formação de, no máximo, dois grupos por campanha avaliada, sendo que no verão não foi possível o agrupamento de estações. Tal fato sustenta a hipótese levantada que as alterações geoquímicas naturais que ocorrem decorrentes do aumento na pluviosidade alteram a conformidade do sistema.

O grupo I foi formado por estações equivalentes, e se caracteriza por conter espécies típicas de ambientes confinados como *S. lobata* e *Ammobaculites* sp. As estações que compõem este grupo são justamente aquelas localizadas ao fundo do Mar de Cananéia. O grupo dois da campanha CI06 é formado pelas estações localizadas no Mar de Cubatão e tem como espécies componentes *H. wilberti* e *M. fusca*.

A figura 106 mostra as espécies de foraminíferos que caracterizaram a distribuição da distância euclidiana na análise MDS. As estações representativas do Mar de Cubatão foram caracterizadas pela elevada ocorrência de *Tiphotreca comprimata* e *Milliamina fusca*, ambas as espécies aglutinantes que naturalmente são oriundas e locais com maior percentual de diluição.

Figura 106: MDS (Distância Euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha CI05.

A campanha CV06 também corroborou alguns padrões com relação a distribuição da fauna de foraminíferos pela região estudada (fig. 107). As espécies *Ammotium* sp. e *Trochammina inflata*, apesar de serem aglutinantes e portanto, menos resistentes a dissolução que a água salina causa, estão sendo representativas das estações da Baía de Trapandé, enquanto que *Arenoparrella mexicana* relaciona-se ao Mar de Cubatão e *Milliamina fusca* está sendo referência para o Mar de Cananéia.

Interessante notar que mesmo sofrendo a influência marinha, conferida pela entrada das águas costeiras no estuário, a característica que se sobressai qualifica este sistema como sendo principalmente de influência oligohalina, e a fauna de foraminíferos reflete isso, já que observamos exemplares aglutinantes por toda região.

Figura 107: MDS (Distância Euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha CV06.

Na campanha CI06 as espécies *Pararotalia cananeiaensis* e *Quinqueloculina seminulum* foram as características das estações da Baía de Trapandé, o que vai de encontro com as características biológicas dos porcelânicos e das espécies costeiras, como é *P. cananeiaensis*.

Mais uma vez as regiões geográficas coincidem com a distribuição da fauna de foraminíferos, sendo possível assim, dizer que a microfauna retrata o ambiente no tocante aos tensores ambientais. Para corroborar esta afirmação, podemos visualizar a figura 108, que demonstra de que maneira as estações foram escalonadas para a análise MDS. É possível estabelecer a relação do aglutinante *Siphotrocammina lobata* com as estações do Mar de Cubatão. Esta região, sendo mais confinada, faz com que apenas os organismos que tolerem salinidades abaixo das características marinhas possam se estabelecer (fig. 108).

Figura 108: MDS (Distância Euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha CI06.

A última amostragem efetuada na região de Cananéia seguiu a tendência das anteriores, em que as estações agrupadas pela distância euclidiana são caracterizadas pela fauna local. A figura 109 demonstra como os parâmetros ambientais da região definem o estabelecimento da fauna de foraminíferos.

Interessante salientar que neste sistema, espécies eurihalinas como *Buliminella elegantissima* indicarão ou se estabelecerão de acordo com o tensor natural, que são a salinidade e o aporte fluvial. Ao contrário, em outros ambientes (e.g. Santos), tais espécies são indicadores de enriquecimento orgânico, principalmente oriundo de esgoto domestico, nos quais a espécie se favorece do denso aporte de matéria orgânica de origem antrópica, o que provoca um super desenvolvimento da mesma.

Figura 109: MDS (Distância Euclidiana) com o valor das espécies de foraminíferos na campanha CI06.

Pseudononion atlanticum, ao contrário de *Haplofragmoides wilberti*, apresenta relação apenas com a estação 8 e em menor escala, com a estação 7, ambas localizadas na Baía de Trapandé. Já a segunda espécie supra citada está relacionada com a estação 11, que compõe a região do Mar de Cubatão.

5.6. Biometria

Como já mencionado, para realização da análise biométrica foi considerado como número total de indivíduos aqueles contidos nas lâminas, e não o total após o quarteamento como apresentado na tabela de frequência absoluta. Contudo, foi possível observar padrões, no que concerne à dinâmica da microfauna, condizentes com os dados analisados a partir da abundância das espécies. Para conferir maior robustez aos dados, os espécimes foram agrupados em verão e inverno, já que os valores não apresentaram variação sazonal significativa (Teste “t” $p < 0,05$).

Foram medidos aproximadamente 1.500 indivíduos, mas apenas as espécies classificadas como constantes pela Frequência de Ocorrência nas duas regiões concomitantes são apresentadas nesse estudo. As espécies medidas foram: *Ammonia tepida* e *Pararotalia cananeaensis*. Apesar de *Bolivina striatula* e *Buliminella elegantissima* não possuírem frequência constante em ambas as áreas de estudo, optou-se por também realizar as análises biométricas, devido à notificada importância destas espécies em estudos de impactos ambientais.

A partir da medida absoluta do diâmetro e/ou comprimento dos espécimes foi possível delinear classes métricas, de acordo com os intervalos de tamanho observados (tab. 57).

Tabela 57: Classes métricas consideradas para o estudo da biometria.

Diâmetro/ Comprimento (mm)	Classes
< 0,10	1
0,10 - 0,15	2
0,16 - 0,20	3
0,21 - 0,25	4
0,26 - 0,30	5
0,31 - 0,35	6
> 0,36	7

5.6.1. Sistema Estuarino de Santos.

O diâmetro de *Ammonia tepida* variou entre 0,08 e 0,27mm, sendo o maior indivíduo obtido no verão (0,27 mm). Ao comparar-se o diâmetro médio das estações amostradas, constata-se no inverno há uma linearidade no que diz respeito ao diâmetro médio, enquanto que no verão este padrão não foi observado (fig. 110).

Além disso, o gráfico também demonstra que durante o inverno o diâmetro médio é sempre maior, para todas as classes métricas, o que indica melhores condições de desenvolvimento. Apesar de o verão disponibilizar mais alimento na forma de nutriente, a elevada temperatura inerente a estação faz com que os processos metabólicos se acelerem, incluindo a decomposição, muitas vezes exaurindo o oxigênio do meio e impossibilitando o estabelecimento de espécies, mesmo com disponibilidade de alimento.

Figura 110: Distribuição dos diâmetros médios pelas classes métricas de *Ammonia tepida* da região de Santos.

Com relação às classes métricas, a maior porcentagem de espécimes nos dois períodos estudados apresentou diâmetro entre 0,10 e 0,15mm (classe 2), com 35% dos indivíduos no verão. A segunda classe mais representativa é a classe 1, que contém 21% dos organismos no inverno e 27% das Ammonias no verão. Apesar da análise de variância Kruskal e Wallis não ter apresentado variação sazonal significativa ($H_{KW}= 6,2$; $p=0$), foi possível observar uma relação entre as duas épocas do ano e as classes métricas, em que o inverno possui maior número de indivíduos maiores, ao passo que no verão as classes superiores perdem indivíduos e as inferiores ficam mais robustas. As classes 4, 5 e 6 foram sempre mais numerosas no inverno, com 13%, 9% e 1%, respectivamente, do total de espécies triadas, contra 11%, 7% e 1%, respectivamente, nas amostra de verão (fig. 111).

Figura 111: Frequência de classes métricas de *A. tepida*.

Foi possível estabelecer uma tendência de distribuição do tamanho de *A. tepida* na baía, que pode refletir a hidrodinâmica local. A maioria das estações concentrou as classes métricas mais baixas. Nota-se que as estações do Canal do Porto e da Baía de Santos concentram a maioria das classes métricas, principalmente as classes 1 e 4. A classe 2 foi a mais estável, ocorrendo de maneira similar na maioria das estações de coleta. Como já comentado, as classes que representam indivíduos maiores foram escassas ou ausentes (figs. 112 e 113).

Inverno

verão

Figuras 112 e 113: Distribuição das classes métricas de *A. tepida* por estação, Santos, inverno e verão, respectivamente.

É muito importante ressaltar a concentração de todas as classes métricas nas estações do Canal do Porto, o que sugere que o fluxo na região seja intenso e capaz de transportar partículas do tamanho de carapaças de foraminíferos. As estações do Canal de São Vicente são características por agregarem organismos com diâmetro classificado como classe 3.

Para avaliar a redução do tamanho dos foraminíferos é necessário considerar sempre sua relação com abundância, pois muitas vezes a baixa freqüência da espécie em determinada estação pode não representar a dado métrico. As classes métricas superiores não foram observadas para o estuário santista, contudo nas estações 1 e 2 foi observada a ocorrência da classe 6 (0,30 a 0,35 mm), o que não acontece nas outras estações.

Analisando a figura 114, que elucida a distribuição do diâmetro médio da espécie *Pararotalia cananeiaensis* pelas classes métricas, observa-se que há uma constância, com exceção da classe 5, que não foi observada no verão. Em contrapartida, o tamanho médio dos foraminíferos atinge seu valor máximo nesta época. De maneira geral, não houve variação sazonal, contudo, o diâmetro médio da classe 4 na época de verão, supera os valores no inverno. Ainda assim, podemos dizer que esta espécie parece não ser afetada significativamente no que diz respeito a estratégias de estabelecimento e desenvolvimento.

Figura 114: Distribuição dos diâmetros médios pelas classes métricas de *Pararotalia cananeiaensis* da região de Santos.

A distribuição sazonal das classes métricas de *Pararotalia cananeiaensis* na área de estudo apresentou variação sazonal significativa ($H_{kw}=36,8$; $p=0,26$), e observa-se que no verão ocorreu a classe 7, que corresponde aos indivíduos maiores. Para todas as duas estações do ano, a maioria dos indivíduos apresentou tamanho igual ou menor a 0,10mm (classe 1), sendo que não se observou indivíduo maior que 0,35mm no inverno. A classe 6 representou no total apenas 1% dentre os 830 espécimes medidos (fig. 115).

Figura 115: Frequência de classes métricas de *P. cananeiaensis* em Santos.

O padrão de distribuição das classes por amostra revelou que de modo geral as classes 1, 2 e 3 estão difusas por toda a região, porém as classes maiores como as que agrupam medidas de diâmetro entre 0,25 e 0,30mm (classe 6) ou $> 0,35$ mm (classe 7), ocorreram apenas nas estações mais internas, evidenciando que o intenso hidrodinamismo da entrada dos canais estuarinos e da baía é capaz de transportar testas até regiões mais internas. A espécie *Pararotalia cananeiaensis* foi abundante em praticamente toda a região, porém, principalmente no inverno nota-se que a frequência relativa aumenta na região da Cosipa, o que corrobora os dados obtidos para biometria (figs. 116 e 117). Apesar de estatisticamente significativa segundo os parâmetros de Kruskal e Wallis, a variação sazonal não se mostra importante, quando se analisa a distribuição das classes métricas na região estudada.

inverno

verão

Figuras 116 e 117: Distribuição das classes métricas de *P. cananeiaensis* por estação, Santos, inverno e verão, respectivamente.

A distribuição espacial das classes de comprimento demonstrou que há um aumento no tamanho dos indivíduos no verão, já que nesta estação houve a presença de indivíduos com diâmetro maior que 0,35mm (classe 7). Este fato pode estar relacionado com o aumento orgânico natural desta época, que disponibiliza mais alimento para o desenvolvimento dos foraminíferos.

5.6.2. Sistema Estuarino Lagunar de Cananéia-Iguape.

A distribuição da média dos diâmetros das diferentes classes métricas de *Ammonia tepida* em Cananéia pode ser visualizada na figura 118.

Figura 118: Distribuição dos diâmetros médios pelas classes métricas de *Ammonia tepida* da região de Cananéia.

Observa-se que apesar dos indivíduos menores serem mais abundantes durante o verão, este padrão se descaracteriza ao longo da análise do diâmetro médio de *Ammonia tepida*. Durante o inverno, o tamanho médio de *A. tepida* não apenas ultrapassa em abundância, mas também em número absoluto, que compreende as classes métricas. Isso quer dizer que no inverno os microorganismos eram tanto maiores, como mais abundantes. O fato de existir classes até a sexta classe métrica ($0,31 > x > 0,35$) é uma evidencia que mais uma vez tanto o transporte afetado pelas correntes é mais efetivo no inverno, através da medida da fauna total, como a melhora ou estabilidade das condições ambientais que propicia o estabelecimento desta espécie.

Para corroborar os valores médios dos diâmetros de *A. tepida*, cujos valores foram agrupados em classes métricas, afim de parametrizar a distribuição e, quiçá o desenvolvimento, dos foraminíferos na área de estudo.

Figura 119: Frequência de classes métricas de *A. tepida* em Cananéia.

Apenas no inverno foi possível estabelecer um padrão de frequência de tamanhos, que mesmo assim deve ser avaliado com cautela, pois a priori o número mínimo desejável para que se tenha um dado estatístico seguro é trinta, e nem sempre o número absoluto de indivíduos corados alcançou este patamar. Ainda assim, quando comparamos a distribuição de classes métricas na região de Cananéia àquela observada em Santos nota-se uma tendência de uma curva normal que tende para as menores classes (classes 1 e 2).

Com relação às classes métricas, a maior porcentagem de espécimes nos dois períodos estudados apresentou diâmetro entre 0,16 e 0,20mm (classe 3), com 35% dos indivíduos no inverno. A segunda classe mais representativa é a classe 2, que contém 26% dos organismos no inverno, seguida pela classe 4, com 23% dos foraminíferos triados. É interessante ressaltar que, quando comparado com o estuário de Santos, este número é sempre maior já que naquele local a classe métrica predominante foi sempre a classe 2.

A análise de variância unimodal fornece como resultado a distribuição das classes métricas por amostra, permitindo tecer considerações sobre a tendência de estabelecimento da espécie na área de estudo. Constatou-se que os locais onde há maior frequência relativa, melhor refletem a distribuição das classes métricas.

A figura 120 mostra como as classes métricas de *Ammonia tepida* de distribuiem na região de Cananéia.

inverno

Figuras 120: Distribuição das classes métricas de *A. tepida* por estação, Cananéia, inverno.

A região de Cananéia pode ser considerada estável no que diz respeito à distribuição do tamanho de *Ammonia tepida*, uma vez que se observa uma proporcionalidade com relação a ocorrência de tais intervalos pelas estações subamostradas, excetuando a classe 7, que se refere aos foraminíferos com mais de 0,35mm, que foi sempre mais escassa.

A espécie *Ammonia tepida* não apresentou indivíduos nas estações do Mar de Cubatão e, portanto aquele subambiente não foi avaliado sob este aspecto. De maneira geral, a ocorrência de *A. tepida* no estuário de Cananéia é menor do que a observada em Santos, devido principalmente a característica mixohalina do primeiro ambiente.

Com relação às espécies analisadas, *Pararotalia cananeiaensis* é considerada indicadora da influência marinha em regiões como Cananéia, e isso explica a pouca abrangência deste foraminífero pela área, que possui influência fluvial singular. Ainda assim, *P. cananeiaensis* foi uma das únicas espécies com ocorrência concomitante em ambas as regiões analisadas no presente estudo e, por isso, foi contemplada no âmbito micrométrico. Na figura 121 a análise não paramétrica Kruskal e Wallis classificou como não significativa a variação sazonal de *Pararotalia cananeiaensis* na região ($H_{KW}=2,78$; $p=0,09$).

Figura 121: Distribuição dos diâmetros médios pelas classes métricas de *P. cananeiaensis* da região de Cananéia.

No inverno, a classe predominante foi um nível superior que a classe mais abundante no verão, ou seja, os espécimes foram, em média, maiores durante o inverno ($0,11 > D_m > 0,15$), do que no verão ($D_m > 0,10\text{mm}$), o que segue o padrão amostrado anteriormente. Já no verão, a classe predominante foi a um, sendo que há uma discrepância entre esta e as outras classes métricas adotadas no mesmo período. Tal fato deve estar relacionado ao bloom de algas que promove alimento e pode acarretar no aumento na população de *P. cananeiaensis*.

Figura 119: Frequência de classes métricas de *A. tepida* em Cananéia.

Durante o verão o número de indivíduos que compuseram as classes métricas foi insuficiente para que estes dados puderem ser plotados em um diagrama por estação de coleta. Quando associados ao montante de dados para comporem uma matriz de correlação, esses dados são desejáveis, porém, ao verificá-los isoladamente poderá-se estar cometendo um desajuste analítico e uma interpretação errônea.

6. Discussão Geral

6. 1. Parâmetros Ambientais e a Microfauna.

6.1.1. Estuário de Santos e Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia.

Com o aumento da preocupação mundial com os problemas ambientais, detectar um eficiente monitor da poluição marinha tem sido tema de freqüente pesquisa. Apesar dos muitos trabalhos ecológicos com foraminíferos, o estudo das forçantes ambientais que controlam a microfauna ainda é tema de constante estudo. Em ambientes marginais, a distribuição dos foraminíferos não poder ser simplesmente descrita através da disponibilidade de oxigênio e nutrientes, já que vários outros fatores podem controlar a microfauna (Murray, 1991, 2001). Um estudo conduzido comparando-se dois grupos de bioindicadores detalhadamente (macrofauna e foraminíferos) apresentou diferenças relevantes que sugerem que os foraminíferos são mais sensíveis a perturbações em níveis elementares (Mojtahid *et al.* 2008). Enquanto os processos tafonômicos, isto é, os eventos *post-mortem* que afetam a preservação dos foraminíferos nos sedimentos podem ser apenas parcialmente conhecidos; estes microorganismos, como parte da microfauna, representam um ótimo indicador em ambientes marinhos costeiros. Apesar disto, a resposta dos foraminíferos é complexa e, muitas vezes, não linear, já que os fatores bióticos e abióticos covariam (Yanko *et al.*, 1994). No entanto, é sabido que a construção das testas dos foraminíferos é controlada principalmente por fatores hidrodinâmicos e, conseqüentemente, pela origem do sedimento. No presente estudo pode-se corroborar a hipótese levantada que os foraminíferos, de maneira irrefragável, seguem a configuração do ambiente em que estão inseridos, tornando-os indicadores de condições ambientais, dentre as quais, as principais são temperatura, salinidade e granulometria.

Eichler e Eichler (2003) fizeram estudos de caracterização ambiental envolvendo a região santista e constataram baixa circulação nos canais circundantes da Cosipa e este fato relaciona-se diretamente a temperatura e a salinidade, uma vez que os locais restritos tendem a ser estagnados, resultando em valores de temperatura mais elevados. Os resultados obtidos neste estudo corroboram esta hipótese, já que a temperatura no estuário de Santos foi mais elevada nas estações 1 a 3 e 13. Além disso, o verão foi mais quente, já que as temperaturas da coluna d'água e atmosférica estão intimamente ligadas. Além disso, naquelas estações constatou-se uma elevada porcentagem de *Pararotalia cananeaensis* nas amostras, indivíduos autóctones e alóctones, uma vez

que parte da amostra se encontrava corada. Esta espécie já foi descrita por Bonetti (2000) e Debenay *et al.* (1996) como típica da plataforma interna, o que corrobora sua efetiva presença na porção inicial do Estuário de Santos. As constantes dragagens promovem a forte estratificação de sua coluna d'água no Canal do Porto, que apresenta condição permanentemente eurihalina próximo ao fundo, o que reflete-se na estrutura da comunidade bentônica local.

Os fenômenos naturais periódicos e ocasionais como os ventos, as tempestades, a insolação, as marés meteorológica e astronômica, assim como as chuvas são forçantes que regulam os padrões das propriedades físicas de baías e estuários. Tais propriedades dependem da magnitude e duração desses eventos, os quais influenciam diretamente os gradientes de sal, nutrientes, intensidade de correntes, temperatura das águas, transporte e deposição de sedimentos (Miranda *et al.*; 2002). O monitoramento dos parâmetros abióticos permite comparar padrões naturais esperados e anômalos de estabelecimento da microfauna, podendo ser correlacionados aos fatores antropogênicos.

Eichler e Eichler (2003) fizeram estudos de caracterização ambiental envolvendo a região santista e constataram baixa circulação nos canais circundantes da Cosipa e este fato relaciona-se diretamente a temperatura e a salinidade, uma vez que os locais restritos tendem a ser estagnados, resultando em valores de temperatura mais elevados. Os resultados obtidos neste estudo corroboram esta hipótese, já que a temperatura no estuário de Santos foi mais elevada nas estações 1 a 3 e 13. Além disso, o verão foi mais quente, já que as temperaturas da coluna d'água e atmosférica estão intimamente ligadas.

O mesmo princípio pode ser empregado na região de Cananéia, que apresentou as maiores temperaturas nas estações 4, 5, 12 e 13, localizadas dentro dos mares de Cananéia e Cubatão. Estes resultados vão de encontro com Debenay *et al.* (1996), que caracterizaram o estuário de Cananéia como restrito e com Wainer *et al.* (1996) que afirmaram que a temperatura média mensal mais alta (25,2°C) ocorre em fevereiro enquanto que a média mensal mais baixa (17,7°C) ocorre em julho. A elevada temperatura aumenta a evaporação e, por sua vez, a precipitação e conseqüente diluição da coluna d'água, o que se reflete na fauna de foraminíferos. Os aglutinantes estão presentes em porcentagem mais significativa que os calcários hialinos por toda área, sendo que apenas estações da Baía de Trapandé ou próximas a ela como as do início do mar de Cananéia apresentaram espécies como *Haynesina germanica* e *Oolina*

sp. , indicando a penetração de correntes oceânicas para o sistema, já que essas espécies são consideradas características de ambientes salinos. No verão *H. germanica* ocorreu em algumas estações, principalmente no Mar de Cananéia, como exemplares autóctones, uma vez que estavam corados. A ocorrência desta espécie como parte da fauna vivente reside no fato que esta espécie parece se alimentar de diatomáceas (Ward *et al.*, 2003), o que corrobora tanto os dados de clorofilas obtidos neste estudo por Berbel (2008), quanto a análise visual no momento da triagem, em que pode se observar uma quantidade significativa de diatomáceas nas amostras de Cananéia.

Em áreas costeiras marginais como baías e estuários, a instabilidade da coluna d'água, como resultado da oscilação das marés astronômicas, propicia tanto maior evaporação, elevando a salinidade, como o aumento da temperatura da água. Além disso, as variações de salinidade são controladas pela proximidade com áreas oceânicas abertas, rios, precipitação e evaporação adicionados à morfologia da costa (Adams, 2006). Os valores obtidos para salinidade nas regiões estudadas corroboram aqueles verificados para temperatura, os quais formam também um gradiente, em que as águas da entrada são mais salinas em comparação às regiões mais interiores, principalmente junto ao fundo. A mais alta salinidade foi observada na Baía de Santos, que segundo Teodoro (2006) possui águas mais densas que a água costeira (AC). Sendo o verão uma época caracteristicamente demarcada pelo aumento de chuvas, os valores mais baixos de salinidade eram esperados, uma vez que há maior diluição na coluna d'água. Este fato foi muito bem marcado em Cananéia, onde se verificou os menores valores de salinidade, corroborando Miyao *et al.* (1986) que constataram um gradiente salino em relação à distância do mar.

Na região de Cananéia, o Mar de Cubatão foi notadamente aquele que sofre maior influência fluvial, demarcando tais características nas associações de foraminíferos. A presença da espécie *Siphotrochammina lobata* de forma difusa por todas as estações que compõem o referido canal, confirma tais características, uma vez que esta espécie é típica de ambientes com alto grau de diluição. Como contraponto, a região de Santos apenas registrou foraminíferos aglutinantes nas estações do Canal de São Vicente, que possui também características mais oligohalinas, uma vez que seus meandros tanto dificultam a penetração de correntes marinhas, quando represa a água oriunda da drenagem continental. Tal fato acarreta uma retenção de todo material proveniente desta drenagem, diminuindo a qualidade do local, retratado neste estudo

pela baixa diversidade naquela área, que se confirma pela ocorrência de uma estação estéril (estação 14).

O número de espécies de foraminíferos por amostra aumenta quando as condições ambientais são mais tipicamente marinhas (Phleger, 1970). Sendo assim, a região santista, apesar de mais impactada que o complexo estuarino de Cananéia apresentou mais espécies por amostra. Entretanto, comparando-se a diversidade da fauna do presente estudo, em Cananéia verificou um número maior de espécies por estação. Tal fato permite inferir que a poluição ou contaminação de um ambiente pode superar os fatores ambientais naturais, sendo, portanto capazes de limitar o estabelecimento de espécies não oportunistas. O resultado obtido para a frequência de ocorrência reflete este fato, uma vez que o presente estudo constatou a presença de espécies constantes, ou seja, que aparecem em no mínimo 50% do total de amostras analisadas. Além disso, nota-se um número significativamente maior de espécies raras em Cananéia, denotando a maior estabilidade e qualidade daquela região. Santos, por sua vez, além de sofrer alterações típicas de ambientes costeiros, encontra-se em constante estresse antropogênico, permitindo a ocupação dos nichos apenas pelas espécies mais tolerantes.

A análise micrométrica nas espécies *Ammonia tepida* e *Pararotalia cananeiaensis* no presente estudo corroboram os pontos levantados a priori, uma vez que o diâmetro médio das carapaças de ambas as espécies foi sempre maior em Cananéia, denotando que muitas vezes o enriquecimento exagerado do ambiente, como foi detectado através dos valores de fósforo orgânico sedimentar e carbono orgânico. A diminuição do POD no inverno é devido aos processos de mineralização, transformando as formas orgânicas e inorgânicas. Braga (1995) encontrou valores de POD entre 0,01 e 0,26 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ na Baía de Trapandé e neste estudo no mesmo local de 0,00 a 0,60 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, pois a carga atual de matéria orgânica deve ser maior considerando a reabertura do Valo Grande.

A diminuição da densidade e da capacidade reprodutiva, o aumento da mortalidade e maior ocorrência de testas mal formadas, foram observados por Schafer, 1973; Samir e El Din, 2001; Bergin *et al.*, 2006; Burone *et al.*, 2006; Ernst *et al.*, 2006 e Di Leonardo *et al.*, 2007. Ainda, este padrão de distribuição na microfauna também foi observado por Brouillette *et al.* (2008) em experiências com contaminantes em baixas concentrações. Tal padrão, segundo Bremner (2008) fornece bons resultados em modelagem ambiental. No presente estudo, padrões como malformações não foram

avaliadas estatisticamente por nunca na literatura terem sido reportados como significativos para caracterização dos foraminíferos, seja como traçadores ou bioindicadores (Pereira, 2004). Bonetti (2000), estudando o mesmo estuário santista constatou que apenas 25% das testas possuíam testas anormais, e estas não se correlacionavam estatisticamente. Sendo assim, optou-se por considerar o tamanho, às deformações das carapaças.

Apesar dos parâmetros físico-químicos serem pontuais e, portanto, os resultados referem-se apenas àquele momento, Eichler *et. al* (2007) assumiram que os foraminíferos são capazes de monitorar mudanças na interface água-sedimento, e afirmações como esta contribuem para o conhecimento do funcionamento do sistema. Contudo, se os processos biogeoquímicos são considerados os aspectos principais do funcionamento do ecossistema, a análise dos organismos traçadores não poderá equivaler funcionalmente ou suprir a primeira análise (Bremner, 2008). A identificação de áreas com espécies traçando as mesmas características não é uma evidência que estejam influenciando o meio em questão. A manutenção destas espécies apenas denota que tais indivíduos estão provendo o bom funcionamento desta biofície. Através da análise da fauna viva de foraminíferos pode-se afirmar que

Murray (1973) propôs uma classificação para os ambientes marginais, em que áreas com baixa incidência fluvial podem ocorrer mais de 25 espécies calcárias por amostra. Bonetti (2000) encontrou na Baía de Santos a grande maioria dos organismos pertencentes à esta subordem, fato que corrobora os resultados obtidos neste estudo, em que a maioria dos indivíduos são calcários hialinos. Em Cananéia, por outro lado, cujo aporte fluvial é mais conspícuo devido ao volume do rio Ribeira do Iguape, verifica-se maior número de espécies aglutinantes, o que corrobora Debenay *et al.* (1996) que verificou maioria aglutinante na mesma região e Adams (2006), que constatou estudando regiões temperadas que as formas calcárias não se reproduzem em salinidades menores que 20 PSU.

Em Santos, as espécies *Discorbis floridana* e *D. williamsoni* ocorreram apenas nas estações onde a salinidade foi mais alta. Eichler *et al.* (1995) e Cardoso (2000), estudando o canal de São Sebastião, consideram a ocorrência destas espécies como indicadoras das correntes marinhas de alta densidade que penetram pelo fundo. Eichler (2001), estudando o canal de Bertioga, também observou a presença do gênero *Discorbis* como indicador de influência marinha. O padrão de circulação da baía de Santos pode ser evidenciado por *D. williamsoni*, que parece ter sido transportado na

direção leste-oeste, ocorrendo apenas na estação 8 no inverno e aparecendo também na estação 9 no verão.

Adicionalmente à presença do gênero *Discorbis* nas estações da entrada da baía, a presença de *Pseudononion atlanticum* ocorreu nas regiões com influência marinha significativa, indicada pelo valor da salinidade. Esta espécie parece ter seguido o mesmo padrão de *D. williamsoni* no que diz respeito à ocorrência sazonal, onde se conserva também uma migração leste-oeste no gradiente de frequência. Esta espécie relaciona-se ainda com microambientes onde a salinidade ultrapassa 28 ups e o sedimento é grosseiro, com baixos teores de carbono (Pereira, 2004), corroborando os dados obtidos.

Apesar da inter-relação de fatores ambientais ocorrentes no sistema estuarino de Cananéia dificultar o estabelecimento de limiares responsáveis pela dinâmica populacional dos foraminíferos, a salinidade parece ter sido fator limitante para as espécies *Bolivina striatula* e *Buliminella elegantissima*, que não ocorreram na região norte do sistema. Na região de Cananéia as correntes gravitacionais são as maiores forçantes nas trocas com o oceano adjacente e resultam em um fluxo da água de fundo que adentra o estuário (Kjerfve, 1986; Kjerfve e Magill, 1989), favorecendo não só o transporte sedimentar, mas a intrusão de espécies marinhas.

De acordo com Alve (1995), a maioria dos estuários é caracterizada por altos teores de oxigênio no sedimento, o qual permite a manutenção de alto nível de atividade biológica. Este padrão pode ser observado em Cananéia, cujos valores de oxigênio dissolvido foram constantes, tanto espacial como sazonalmente. Entretanto, grandes efluentes de material orgânico (esgotos domésticos) podem criar áreas onde o consumo de oxigênio excede o fornecimento, especialmente durante os meses de verão, tornando o ambiente anóxico e atrófico.

Os processos biológicos envolvem microrganismos com funções específicas de redução e oxidação. A assimilação é a mineralização em processo de decomposição. Entretanto, em condições anaeróbias, ocorre a redução a sulfetos, entre os quais o sulfeto de hidrogênio (H₂S), composto letal à maioria dos seres vivos. Tanto no solo como na água, em condições aeróbias, ocorrerá a oxidação, passando à forma de enxofre elementar chegando a sulfato. Na presença de ferro (anaeróbia) forma sulfetos férricos e ferrosos, permitindo que o fósforo converta-se de insolúvel para solúvel, tornando-se mais utilizável. A estação 14, cuja fauna de foraminíferos esteve ausente em todas as campanhas realizadas, foi aquela em que os valores de enxofre foram

máximos, podendo-se estabelecer uma relação de ausência em detrimento de condições não favoráveis, uma vez que as características oceanográficas teoricamente satisfariam o estabelecimento de espécies. O mercúrio ocorre no meio ambiente associado a outros elementos. O mais comum é o enxofre. Tal fato é corroborado pelos resultados obtidos, associados com a distribuição da biota, que foi mais escassas nas estações mais afetadas.

Com relação aos resultados de oxigênio dissolvido em Santos, observa-se um conspícuo gradiente, aonde os menores valores foram obtidos no verão, corroborando a literatura, que enfatiza as altas taxas de degradação naquele ambiente (Abessa *et al.*, 2005; Cesar *et al.*, 2006; Bicego *et al.*, 2006). Além disso, a diminuição conspícua dos valores no verão denota o aumento da atividade biológica aeróbica que é ativada como aumento da temperatura nesta época do ano.

Hipóxia severa é definida como o limiar em que impactos significativos são observados sobre a biota e correspondem à concentrações de oxigênio dissolvido menores que 2 mg/L (Diaz e Rosenberg, 1995; Rabalais *et al.*, 2001). Ainda, muitos autores estabeleceram relações entre os teores de oxigênio dissolvido e as associações de foraminíferos (Van der Zwaan *et al.*, 1999, Thibodeau *et al.*, 2006). No verão a estação 14 do estuário de Santos foi estéril, o que pode estar relacionado aos baixos níveis de oxigênio, que frequentemente foram abaixo do limiar citado.

Além disso, tamanho reduzido em foraminíferos pode ser devido à reprodução tardia decorrente das condições adversas do ambiente (eventos de quase anóxia, escassez de alimentos) ou reflexo de reprodução precoce, devido a ótimas condições ambientais, como grande quantidade de alimentos (Bradshaw, 1961; Boltovskoy & Wright, 1976). Carapaças grandes só ocorrem em ambientes com altos teores de oxigênio (Phleger & Soutar, 1973).

É importante salientar que há uma fundamental diferença entre os termos eutróficos e oportunistas. Devido à dominância em ambientes geralmente eutrofizados, e da ausência em locais oligotróficos, muitas espécies bisseriais são caracterizadas como eutróficas, mas muitas vezes tem comportamento oportunista (Abu-Zied *et al.*, 2008).

De acordo com Bonetti (1995), a subordem Miliolina é a mais sensível à salinidade, sendo os integrantes deste grupo, salvo algumas exceções, completamente estenohalinos. Contudo, no presente estudo *Quinqueloculina seminulum* parece ter se relacionado não com a salinidade, mas com o oxigênio dissolvido. Sen Gupta e

Machain-Castilho (1993) mostraram que esta espécie permanece ativa até 24h após serem submetidas a anóxia, caracterizando-as como anaeróbias facultativas. Em ambas as regiões estudadas *Q. seminulum* restringiu-se as porções aonde os teores de oxigênio foram mínimos. Entretanto, Moodley *et al.* (1998b), afirmam que *Q. seminulum*, apesar de sobreviver à anóxia, é autóctone de ambientes mais oxigenados; Eichler *et al.* (1995) caracterizaram-na como espécie típica de regiões de fortes correntes no Canal de São Sebastião e Stevenson *et al.* (1998) relataram ainda a presença desta espécie como resultado do transporte pela massa d'água subantártica (Correntes das Malvinas), que penetram na Baía de Sepetiba preferencialmente durante o inverno, sugerindo o transporte das testas neste estudo para os subambientes amostrados.

A distribuição dos sedimentos superficiais presentes no ambiente permite estabelecer uma relação com as fontes de suprimento, a trajetória de transporte, a dinâmica de sedimentação, os níveis de energia e as modificações ambientais.

Observa-se uma nítida diferença sedimentológica entre as duas regiões estudadas. Enquanto Cananéia apresenta sedimentos predominantemente arenosos, em Santos a maioria das estações apresentou granulometria mais fina, com sedimentos classificados principalmente como silte argilosos. Em ambas as regiões há um complexo sistema de drenagem que carrega sedimentos para os sistemas, e há uma diferença marcante na origem desses sedimentos, que no caso de Cananéia provém principalmente do rio Ribeira do Iguape (Barcellos e Furtado, 2003).

Barcellos (2005) encontrou no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP) uma correlação significativa entre os teores de nitrogênio e carbono, em geral, associados aos sedimentos ricos em argila. De acordo com o autor, a forte correlação observada é reflexo da dependência mútua de ambos os elementos aos aportes orgânicos de origem continental e marinho.

Em ambientes eutróficos a camada oxigenada do sedimento normalmente é bem rasa (1 cm ou menos). Como consequência, os diferentes microhabitats são comprimidos nesta faixa, e muitas vezes se sobrepõem, o que leva ao subdesenvolvimento daqueles nichos (Fontanier *et al.*, 2002). Com o aumento da oxigenação, retoma-se a camada óxica estendida e novos microhabitats são formados. Em tais ambientes, espécies infaunais geralmente são mais bem sucedidas. Ainda, baseado em observações acerca da diversidade e densidade, Diz *et al.* (2004) sugeriram que os sedimentos grossos proporcionam um substrato estável para o

estabelecimento de foraminíferos, enquanto outros autores revelam a preferência dos foraminíferos por sedimentos mais finos (Debenay *et al.*, 2001).

Segundo alguns autores (Setty e Nigam, 1982; Eichler *et al.*, 1995), *Buliminella elegantissima* é espécie típica de ambientes ricos em matéria orgânica, a qual é retida principalmente em sedimento lamoso; ou, ainda, contaminados por esgotos domésticos (Sen Gupta *et al.*, 1996). Ambientes com altos teores orgânicos possuem relação direta com maiores concentrações de lama (Tyson, 1995), já que neste tipo de sedimento a energia é baixa, contribuindo para os processos de deposição, inclusive da matéria orgânica. Ambientes com estas características apresentam teores de oxigênio muito baixos.

No estuário de Santos *B. elegantissima* ocorreu durante o inverno justamente ao redor do emissário submarino que, segundo Abessa *et al.* (2005) é uma fonte de alterações sedimentares para área central da baía. No verão, porém, observou-se a maior frequência no Canal do Porto, onde foi observada grande quantidade de matéria orgânica, porém, o pico desta variável foi obtido no canal do Casqueiro, onde esta espécie não ocorreu, provavelmente devido à baixa salinidade, que restringiu a ocorrência desta espécie. Esta espécie foi caracterizada por Burone *et al.* (2006) como característica de ambientes com depleção de oxigênio.

Uma das espécies com maior representatividade no ambiente estuarino foi *Pararotalia cananeiaensis*. Sua ocorrência abrange a maioria das estações analisadas, concentrando-se principalmente nos trechos da Baía de Santos e início do Canal do Porto. Com base nos altos valores de abundância na população total, e também na significativa proporção de indivíduos vivos encontrados no momento da coleta, acredita-se que *P. cananeiaensis* seja capaz de sobreviver no ambiente estuarino até o trecho compreendido entre a estação 01, a mais distante da desembocadura do Estuário de Santos. O transporte de testas de *P. cananeiaensis* estuário adentro já foi relatado anteriormente por Duleba *et al.* (1999) e por Bonetti (2000). Em suma, no caso de Santos, propõe-se que a distribuição desta espécie pode ser utilizada como traçadora do eixo de dragagem do Canal do Porto, através do qual ocorre uma maior penetração das águas marinhas, conforme verificado nos dados abióticos.

Pararotalia cananeiaensis foi identificada pela primeira vez por Eichler *et al.* (1995a) no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape. Após este primeiro registro, novos levantamentos demonstraram que esta espécie ocorre também próximo às desembocaduras da Lagoa da Conceição (SC), do Rio Guaraú e Una (Estação

Ecológica Juréia-Itatins / SP), na Praia da Enseada (Ubatuba / SP), no Canal de São Sebastião (SP) e na desembocadura da Lagoa de Araruama (RJ). A descrição desta nova espécie e algumas considerações sobre sua distribuição nos sistemas acima citados são apresentadas por Debenay *et al.* (1996). O referido trabalho demonstra que esta espécie é comum nos ambientes costeiros brasileiros, principalmente nas enseadas e baías, mas que provavelmente devido ao seu tamanho reduzido e à sua semelhança com o gênero *Ammonia* não havia sido distinguida nos estudos anteriores (Bonetti, 2000).

Pararotalia cananeiaensis apresentou distribuição bem distinta nas regiões estudadas. Em Santos sua distribuição abrangeu toda área, ao passo que em Cananéia limitou-se à baía de Trapandé e ao mar de Cananéia. Contudo, em ambas as regiões, sua frequência relativa aumentou consideravelmente durante o verão. Tal fato pode ser explicado por esta espécie suportar salinidade mais baixa (Eichler, com pess.), sendo considerada típica costeira, corroborando as hipóteses sumariamente levantadas.

As fontes naturais de matéria orgânica para os ambientes costeiros são: a produção fitoplanctônica e os detritos continentais, que através dos rios alcançam o corpo receptor, podendo ser novamente transportados. Portanto, a determinação das razões elementares entre os constituintes orgânicos do sedimento pode fornecer indícios sobre a origem da matéria orgânica. Contudo, em locais onde há grande contribuição fluvial, o acúmulo de matéria orgânica ocorre preferencialmente nas desembocaduras, influenciando na produção daqueles locais (Meyers, 1997). Além disso, a degradação da matéria orgânica envolve reações de oxidação (como Fe^3), que muitas vezes resultam na formação de zonas azóicas. Braga *et al.* (2000) demonstraram que a qualidade da água no Sistema Estuarino de Santos é fortemente afetada pela drenagem continental e atividades industriais, com valores elevados de nitrito, nitrato, fosfato e silicato.

Nas últimas décadas aumentaram as evidências que a relação entre o fluxo de matéria orgânica e os foraminíferos é intrínseca (Corliss e Chen, 1988; Jorissen *et al.*, 1992; Mackensen *et al.*, 1995) e este fluxo está diretamente relacionado à produção primária (Loubere e Fariduddin, 1999; Van der Zwaan *et al.*, 1999; Gooday, 2003).

A espécie calcária hialina *Ammonia tepida*, caracteriza-se por ser mixohalina, infaunal, e desenvolve-se bem em temperaturas entre 0 e 30° (Murray, 1991). Sua ocorrência no presente trabalho mostra que esta espécie é cosmopolita e tolera praticamente todas as variações de salinidade existentes em ambas as regiões. Em

Santos esta espécie parece não ter apresentado correlação com os níveis altos de matéria orgânica do canal do Casqueiro, sendo dominante na baía e no canal do Porto. Já em Cananéia observa-se exatamente o oposto, sendo a maior concentração de *A. tepida* nos locais onde há acúmulo de matéria orgânica. O aumento da população desta espécie está ainda relacionado com a diminuição dos teores de oxigênio de fundo (menores que 3 mg/l) (Seigle, 1968).

Sen Gupta (1999) afirma que estuários com características francamente marinhas normalmente são dominados por espécies de *Elphidium*. Phleger (1954) observou alta dominância do gênero *Ammotium* em um estuário do Alabama e, após um aumento na salinidade local *E. gunteri* e *Ammonia parkinsoniana* ocuparam o nicho da espécie aglutinante. Observa-se nas regiões estudadas a ocorrência de *Elphidium* ssp em áreas onde a salinidade foi baixa. Em Santos, contudo, *E. poeyanum* parece não ter tolerado a baixa de oxigênio da baía durante o verão. Platon *et al.* (2005) consideram *E. gunteri* e *E. excavatum* sinônimos, razão pela qual optou-se por discutir neste estudo considerando-se *Elphidium* ssp.

Apesar da fauna aglutinante provavelmente não ser dependente do pH, esses organismos se correlacionam de alguma maneira com locais menos ácidos (Boltovskoy e Wright, 1976). A espécie *Gaudryina exilis* ocorreu nas estações onde os valores de pH atingiram seu valor máximo. Estes indivíduos são epifaunais, suspensívoros e incrustantes, e embora sejam característicos de ambientes menos salinos, observou-se uma correlação positiva com a alta salinidade de fundo. Isto corrobora Eichler (1996), que estudando a região de Cananéia, observou a ocorrência daquela espécie apenas em locais onde a salinidade superou 21 ups.

No sistema estuarino de Cananéia as espécies *Gaudryina exilis*, *Trochammina inflata* e *Siphothrocammina lobata* apresentaram a mais alta frequência relativa na baía de Trapandé. De acordo com Debenay *et al.* (2000) *T. inflata* e *S. lobata* associam-se aos sistemas radiculares do manguezal adjacente, que por sua vez são ricos em material orgânico. No presente estudo os maiores níveis de matéria orgânica foram obtidos justamente no local onde as espécies dominaram, corroborando aqueles autores. Além disso, *T. inflata* é típica de zona entre maré, pela sua morfologia (Cearreta e Murray, 1996; Barbero *et al.*, 2004), o que explicaria sua ocorrência em uma área com maior hidrodinâmica.

Adams (2006) afirma que as espécies aglutinantes geralmente dominam as regiões mais restritas dos sistemas estuarinos. Dentre os táxons que aumentam a tolerância com o decréscimo da salinidade estão *Miliammina*, *Ammobaculites*, *Ammotium* e *Haplophragmoides*. Tal padrão foi também observado por Boyd e Honig (1992) em estuários da Nova Zelândia. Neste estudo, *Ammobaculites* sp. apresentou frequência significativa apenas no mar de Cananéia, durante o verão, quando há maior diluição da coluna d'água pelo aumento da precipitação.

Até o presente momento foi possível tecer algumas considerações acerca dos ambientes estudados de acordo com as espécies de foraminíferos que, de maneira geral, corroboram estudos prévios. Debenay *et al.* (1996) também observaram um gradiente salino em Cananéia indicado por espécies como *Ammotium salsum*, *Gaudryina exilis* e *Miliammina earlandi*.

Estudos efetuados por (Eichler e Eichler, 2003) no estuário de Santos indica a presença de dois subambientes. O primeiro inclui áreas com acumulação de mercúrio, que são os canais sob influência do complexo industrial de Cubatão. Nestas regiões as espécies aglutinantes *Arenoparrella mexicana*, *Gaudryina exilis*, *Haplophragmoides wilberti* e *Ammotium salsum* são dominantes. O segundo subambiente caracteriza-se pela alta salinidade e concentra o canal do Porto. As espécies típicas foram *Ammonia* spp., *Elphidium* spp., *B. striatula* e *P. atlanticum*. Apesar dos resultados químicos de metais pesados ainda não terem sido explanados neste estudo, foi possível observar algumas tendências das espécies em relação aos tensores ambientais e outras, que ainda não puderam ser explicadas, possivelmente por relacionarem-se com efeitos antrópicos, já que Bergin *et al.* (2006) afirmam que os um dos fatores determinantes na distribuição dos foraminíferos são os poluentes orgânicos.

Nesta etapa do estudo foi analisada a fauna total (vivos e mortos) de foraminíferos, método que vai de encontro com muitos autores na literatura, entretanto, informações biológicas confiáveis geralmente são obtidas através da comparação da comunidade viva e morta do sedimento superficial (Kidwell, 2002). Além disso, Scott e Medioli (1980a) demonstraram que a assembléia total integrada sazonalmente reflete melhor as condições ambientais prevalecentes.

Além de ser um padrão observado em diversos estudos (Eichler, 2001; Pereira, 2004; Barbero *et al.*, 2003), a distribuição em manchas é um fenômeno bem observado neste estudo. Este fato confere limitações importantes no tocante ao estudo apenas das associações alóctones (vivos). Morvan *et al.* (2006) indicam o uso exclusivo da fauna

vivente apenas para correlação a fatores específicos. Apesar de existir diferenças faunísticas, a distribuição de foraminíferos vivos e mortos reflete muito bem a fauna em uma região do talude no Atlântico sul (Licari e Mackensen, 2005).

O aumento da diversidade em relação à distância da costa, padrão evidenciado por Phleger (1970), foi refletido na fauna total em estudos no sul da China (Szarek *et al.*, 2007). Portanto, apenas com estudos comparativos entre vivos e mortos é possível tecer comentários acerca dos processos tafonômicos que levam à fossilização (Murray e Alve, 2000).

A proteína Rosa de Bengala, utilizada como corante neste estudo, tem sido abrangentemente utilizada como a técnica mais apropriada para designar organismos vivos em estudos ecológicos (Bernhard, 2000; Murray e Bowser, 2000) e amostragens em regiões costeiras (Culver, 1990; Goldstein *et al.*, 1995; Culver *et al.*, 1996; Murray e Alve, 1999; Hippensteel *et al.*, 2000; Wang e Chappell, 2001; Debenay *et al.*, 2002, 2004; Hayward *et al.*, 2004b; Culver e Horton, 2005; Châtelet *et al.*, 2005; Duchemin *et al.*, 2005; Horton e Murray, 2006; Berkeley *et al.*, 2008). Entretanto, a eficácia deste método ainda é muito discutida e muitas vezes criticada por conta dos equívocos que podem ser ocasionados pela camada de bactérias que normalmente se forma nas carapaças mortas que, todavia, serão coradas (Bernhard, 2000).

De acordo com Lutze e Altenbach (1991), entretanto, quando empregada com cautela, esta técnica fornece até 96% de confiabilidade. Bernhard *et al.* (2006), encontraram menos da metade de carapaças coradas em sedimentos da costa da Florida e em bancos arenosos das Bahamas. Em contrapartida a composição da fauna autóctone e alóctone estudadas por Nikulina *et al.* (2008) não apresentou variação. No presente estudo, o número de carapaças coradas foi sempre inferior ao número de foraminíferos mortos, corroborando os primeiros autores supracitados.

Limitações também existem no estudo na fauna total. Estas limitações foram noticiadas por Buzas *et al.* (2002) que afirmam que complexidades espaço-temporais dos foraminíferos totais podem ser mal interpretadas em análises de impacto ambiental. Ainda, segundo Murray (2003), a análise das espécies vivas apresenta índices de riqueza melhor comparáveis do que a fauna total.

7. Conclusão

A diversidade pode ser avaliada como medida para o estresse ambiental sobre a comunidade bentônica de foraminíferos, sendo baixa em locais poluídos. Contudo, a composição faunística varia entre diferentes locais, podendo influenciar tais valores. Sendo assim, avaliar a composição faunística para estabelecer organismos traçadores analisando a diversidade pode acarretar em interpretação errônea dos dados. Isso porque em muitas regiões como é o caso de Santos, os processos hidrodinâmicos atuam como constante aporte de material sedimentar para áreas internas do sistema, o que inclui testas de foraminíferos.

Algumas espécies carregadas encontram naquelas regiões locais propícios para o desenvolvimento, sendo levados a superar a característica natural para traçar características antrópicas do ambiente. No presente estudo, espécies como *Pararotalia Cananeaensis* e *Buliminella elegantissima* são exemplos de foraminíferos que se estabeleceram em locais que não concernem aos seus padrões naturais, em detrimento das condições ambientais antrópicas.

Neste contexto, a análise da fauna autóctone, ou seja, de foraminíferos corados é importante para o entendimento de modelos que estão conectados não só aos padrões do simples transporte das testas, mas também ao seu desenvolvimento, que se relacionam diretamente com a disponibilidade de alimento, mas também às condições ideais para atividade metabólica.

Este estudo possibilitou entender que, quando a disponibilidade de nutrientes ou material orgânico supera a demanda, os foraminíferos não continuam a se desenvolver, como foi o caso dos valores obtidos para os diâmetros médios nas campanhas de verão, que se concentraram sempre nas classes métricas menores, não havendo uma sucessão métrica, o que indicou a descontinuidade de um ciclo, mas também a efetividade do transporte em regiões como o Canal do porto, em Santos.

Algumas espécies como *A. tepida* podem responder positivamente ao impacto contínuo e se tornarem dominantes. A dominância de *A. tepida* pode ser intitulada como cosmopolita uma vez que sua ocorrência também foi significativa também na região de Cananéia, porém naquele lugar, sua ocorrência está associada ao enriquecimento natural, marcado principalmente pela presença de diatomáceas, sustentado pelo fato que sua dominância não é absoluta, sendo *Siphotrochammina lobata* também significativa na região. Por outro lado, na região estuarina de Santos *A. tepida* se difunde por toda região, sendo especialmente abundante em áreas cujos valores de

material orgânico e metais são elevados. Além disso, em Santos muitas vezes *A. tepida* é a única espécie representativa em uma amostra, denotando sua resistência às adversidades ambientais, classificando-a, além de cosmopolita, traçadora.

Por outro lado, a análise hidroquímica e determinação de Hg no sedimento da Porção Sul do Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape mostrou baixos valores de compostos indicativos de ambientes eutrofizados e/ou submetidos à contaminação antropogênica por Hg total, corroborando assim a utilização desta área como ambiente submetido à baixa influência humana.

A baixa diversidade da região de Santos comparada a Cananéia é indicativo da baixa qualidade daquela região, contudo, é necessária melhor análise dos resultados obtidos, como a correlação estatística entre os tensores abióticos e a fauna.

As duas regiões possuem inúmeras diferenças tanto em termos geomorfológicos, como em relação à carga antropogênica, porém ao analisar os compartimentos é possível tecer considerações no que diz respeito ao estabelecimento das espécies em relação aos fatores ambientais. Muitas vezes foi possível observar que os foraminíferos deixam de ser regidos pelos parâmetros ambientais para seguirem padrões antrópicos.

Sendo assim, é possível realizar um estudo em um dado compartimento ecológico e caracterizar sua qualidade a partir da aplicação de foraminíferos como organismos traçadores. Tais estudos podem ser complementados no sentido de verificar a carga de assimilação dos componentes que servem de nutrientes para a microfauna. Estes dados certamente relacionam-se ao desenvolvimento das carapaças dos foraminíferos.

No presente trabalho, a fauna associada às áreas sob maior influência marinha (Baía de Trapandé e Mar de Cananéia, em Cananéia e Baía de Santos e Canal do Porto, em Santos) foram registradas abundâncias relativas superiores a 50% nas estações localizadas nas proximidades da desembocadura sul desses sistemas, com valores decrescendo em direção aos corpos d'água interiores.

As espécies de foraminíferos seguem um padrão de distribuição que visa às condições naturais de cada ambiente, porém, quando a força se sobressai ao parâmetro natural, como no estuário de Santos, a espécie muda seu comportamento e passa a ser uma espécie traçadora (neste caso, de matéria orgânica), mesmo que biologicamente esta espécie seja característica de ambientes eurihalinos. No presente estudo, esta hipótese é sustentada pela presença de espécimes de *B. elegantissima* em Santos apenas nas estações da Cosipa e do Canal de Santos, que apesar de

apresentarem salinidade elevada por conta do fluxo junto ao fundo, possui salinidade inferior à Baía de Santos, em que não se observa *Buliminella elegantissima*. Esta espécie, foi levada à superar sua característica biológica para satisfazer à condição de decompositora da matéria orgânica, que é rica naqueles locais.

Em Cananéia a espécie *Buliminella elegantissima* ocorre apenas nas estações cujos valores de salinidade são semelhantes aos encontrados na plataforma continental, evidenciando que a distribuição desta espécie está sendo regida por uma variável ambiental, e não mais um tensor antrópico, como é o caso do Estuário de Santos.

A homogeneidade dos parâmetros abióticos resulta na falta do que estabelecemos como padrão para análise estatística que, no caso de Santos, possibilitou a compartimentação da região, através de equação matemática.

Os dados biométricos revelaram que a região de Cananéia concentra os maiores diâmetros médios, que estão sempre associados com as campanhas de inverno. Tal fato evidencia que a matéria orgânica elevada no verão contribui para o aumento da população e não de tamanho médio de organismos. Isso demonstra um esforço reprodutivo que provavelmente visa aproveitar a disponibilidade de alimento do verão.

8. Referências Bibliográficas

- ABESSA, D.M.S., CARR, R. S., RECHID B.R.F. Rachid, SOUSA, E.C.P.M., HORTELANI, M. A., SARKIS, J.E. 2005. Influence of a Brazilian sewage outfall on the toxicity and contamination of adjacent sediments. *Marine Pollution Bulletin* 50:875–885.
- ABRAMSON, I.; THOMAS, E. VAREKAMP, J.C.; BUCHHOLTZ TEN BRINK, M. R. 2002. Benthic foraminifera in Long Island Sound as indicators of eutrophication. *In: Denver Annual Meeting*. October. Denver. Colorado. pp.171.
- ABU-ZIED, R.; EELCO, J.R.; FRANS, J.J.; FONTANIER, C.; CASFORD, J.S.L.; COOKE, S.; 2008. Benthic foraminiferal response to changes in bottom-water oxygenation and organic carbon flux in the eastern Mediterranean during LGM to Recent times. *67*: 46–68.
- ADAMS, C. S. 2006. Estuaries of the past and present: A biofacies perspective. *Sedimentary Geology* 190 (2006) 289–298.
- ALBANI, A.; BARBERO, R.S.; DONNICI, S. 2007. Foraminifera as ecological indicators in the Lagoon of Venice, Italy. *Ecological Indicators* 7 (2007) 239–253.
- ALVE, E. 1991a. Foraminifera, climatic change and pollution: a study of the late Holocene sediments in Drammensfjord, southeast Norway. *The Holocene*, 1(3): 243–261.
- ALVE, E. 1995. Benthic foraminifera response to estuarine pollution: a review. *Journal of*
- AMINOT, A. & CHAUSSEPIED, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest.
- AZEVEDO, J. S. 2008. Biomarcadores de Contaminação Ambiental em *Cathorops spixii* nos Estuários de Santos/São Vicente e Cananéia, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. USP.
- BARBERO, R., ALBANI, A., BONARDI, M., 2004. Ancient and modern salt marshes in the Lagoon of Venice. *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 202, 229–244.
- BARCELLOS, R. L. & FURTADO, V.V. 2003. Sedimentary organic matter in Cananéia-Iguape lagoonal-estuarine system, São Paulo State, southeastern Brazil. *In: Anais do 3º Congresso Latino-Americano de Sedimentologia*, abstracts, sessão 6, p.78–80, Museu Goeldi (UFPA), Belém (PA).
- BERGIN, F.; KUCUKSEZGIN, E.; ULUTURHAN, I.; MERIC, E.; AVSAR, N.; NAZIK, A. 2006. The response of benthic foraminifera and ostracoda to heavy metal pollution

in Gulf of Izmir (Eastern Aegean Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 66: 368-386.

- BÍCEGO, M. C., TANIGUCHI, S., YOGUI, G.T., MONTONE, R.C., SILVA, D.A.M., LOURENÇO, R.A., MARTINS, C.C., SASAKI, S.T., PELIZZARI, V.H., WEBER, R.R. 2006. Assessment of contamination by polychlorinated biphenyls and aliphatic and aromatic hydrocarbons in sediments of the Santos and São Vicente Estuary System, São Paulo, Brazil *Marine Pollution Bulletin* 52: 1784–1832
- BOLTOVSKOY, E. & WRIGHT, R. 1976. Recent Foraminifera. Junk, The Hague. 515p.
- BOLTOVSKOY, E. 1965. Los Foraminíferos recientes. Ed Dudeba, Buenos Aires, 510p.
- BOLTOVSKOY, E.; GIUSSANI, G. De K.; WATANABE, S. & WRIGHT, R. 1980. Atlas of benthic shelf foraminifera of southwest atlantic. Netherlands, Dr. W. Junk. 174p.
- BONETTI FILHO, J & MIRANDA L.B. de. 1997. Estimativa da Descarga de Água Doce no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape. *Rev. Bras. de Oceanografia*, 45 (1/2).
- BONETTI, C.V.H.C. 1995. Associações de Foraminíferos recentes e tecamebas indicadoras de sub-ambientes recentes na zona estuarina do Rio Itapitanguí–Cananéia/SP. *Dissertação de Mestrado*. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo. 150p.
- BONETTI, C.V.H.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). Tese de doutorado, Instituto Oceanográfico de São Paulo, 229p.
- BREMNER, J. 2008. Species' traits and ecological functioning in marine conservation and management. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 366: 37–47
- BRAGA, E. S.; BONETTI, C. V. D. H.; BURONE, L. & BONETTI-FILHO, J. 2000. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System – Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 40(2):165-173.
- BRÖNNIMANN, P. & BEURLIN, G. 1977a. Recent benthonic foraminifera from Brazil- Morphology and Ecology. Part 1. Polystommininae, new subfamily. The

- Trochaminidae and description of *Polystomamminina planulata* (Mikhale Vitali), from the Campos shelf. *Archives des Sciences. Genève*. V.30, p. 77-90.
- BRÖNNIMANN, P. & BEURLEN, G. 1977b. . Recent benthonic foraminifera from Brazil-Morphology and Ecology. Part 2 and 3. *Cribostomoides* Cushman and *Haplophragmoides* Cushman from the Campos shelf. 4. *Trochammina brasilienses*.
- BRÖNNIMANN, P.; DIAS-BRITTO, D. 1982. New Lituolacea (Protista, Foraminiferida) from shallow waters of the Brazilian shelf. *Jour. of foram. Research*, 12: 13-23
- BRÖNNIMANN, P. 1978. Recent benthonic foraminifera from Brazil-Morphology and Ecology: Part 3. Notes on *Asterothrochammina* Bermuda and Seiglie. *Notes du laboratoire de Paléontologie*, University de Genève. V.3, p. 1-8.
- BRÖNNIMANN, P. 1979. Recent benthonic foraminifera from Brazil-Morphology and Ecology: Part 4. Trochaminids from the Campos shelf with description of *Paratrochammina* n. gen. *Paleontologisch Zeitscheiff*, Stuttgart, V.63, p. 5-25.
- BRÖNNIMANN, P. 1980. Recent benthonic foraminifera from Brazil-Morphology and Ecology: Part 5. Primitive agglutinated foraminifera from the Campos and Bahia shelf. *Paleontologisch Zeitscheiff*, Stuttgart, V.64, p. 67-89.
- BROUILLETTE, E. R.; GOLDSTEIN, S. T. 2008. Test deformation, abundance and diversity responses of benthic foraminifera to heavy metal pollutants: an experimental approach. Southeastern Section - 57th Annual Meeting (10–11 April).
- BURONE, L.; VENTURINI, N.; SPRECHMANN, P.; VALENTE, P.; MUNIZ, P. 2006. Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay Muniz Marine Pollution Bulletin 52: 61–73.
- BUZAS, M.A., HAYEK, L.C., REED, S.A., JETT, J.A., 2002. Foraminiferal densities over five years in the Indian River Lagoon, Florida: a model of pulsating patches. *Journal of Foraminiferal Research* 32, 68–92.
- CARDOSO, P.B.P.K. 2000. Caracterização dos foraminíferos no canal de São Sebastião (SP) e, sua utilização como indicadores de massas d'água e de algumas variações ambientais. *Dissertação de Mestrado*. Instituto Oceanográfico da USP. 108pp.
- CARVALHO, J. de P. e CHERMONT, E.M.L. 1952. Sobre alguns Foraminifera da Costa do Estado de São Paulo. *Bol. Inst. oceanogr.*, São Paulo, III(1/2).
- CARVALHO, C. E. V., LACERDA, L. D. & GOMES, M. P. 1993. Metais pesados na biota bêmica da Baía de Sepetiba e Angra dos Reis, RJ. *Acta Limno. Brasil*. 6: 222 – 229.

- CEARRETA, A., 1988. Population dynamics of benthic foraminifera in the Santana Estuary, Spain. *Revue de Paléobiologie, Special Volume 2*, 721e724.
- CEARRETA, A., MURRAY, J.W., 1996. Holocene paleoenvironmental and relative sea-level changes in the Santana Estuary, Spain. *Journal of Foraminiferal Research* 26, 289e299.
- CEARRETA, A.; IRABIEN, M.J.; LEORRI, E.; YUSTA, I.; CROUDACE, I.W.; CUNDY, A.B. 2000. Recent anthropogenic impacts on the Bilbao Estuary, Northern Spain: Geochemical and Microfaunal evidence. *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.* 50:571-592.
- CESAR, A., CHOUERI, R.B., RIBA, I., MORALES-CASELLES, C., PEREIRA C.D.S., SANTOS, A.R., ABESSA, D.M.S., DEL VALLS, T.A. 2006. Comparative sediment quality assessment in different littoral ecosystems from Spain (Gulf of Cadiz) and Brazil (Santos and São Vicente estuarine system). *Environment International*
- CLOSS, D. 1964. Ecological distribution of Foraminifera and Thecamoebina in the Patos Lagoon, Southern Brasil. *Arch. Oceanogr. E Limnol.*, XIII(2).
- CLOSS, D. e BARBARENA, M.C. 1962a. Foraminíferos recentes das praias do litoral sul brasileiro. *Bol. ICN*, n16, 55p.
- CLOSS, D. e BARBARENA, M.C. 1962b. Faunal studies of recent Foraminifera from the shore sands of the State Rio Grande do Sul in southern Brasil. *Cont. Cush. Found. Foram. Res.*, n13.
- CLOSS, D. e MADEIRA, M.L. 1966. Foraminifera from the Paranaguá Bay, State of Paraná, Brazil. *Bol. Univ. Fed. Paraná, Zool.*, II(10).
- CLOSS, D. e MADEIRA, M.L. 1967. Foraminíferos e Tecamebas aglutinantes da Lagoa de Tramandaí, no Rio Grande do Sul. *Iheringia, Sér. Zool.*, Nº35.
- COELHO JR., C. 2003. Ecologia de manguezais: Zonação e dinâmica da cobertura vegetal em gradientes ambientais, Cananéia, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. USP. 166p.
- COLLINS, E. S.; SCOTT, D. B.; GAYES, P. T. & MEDIOLI, F. S. 1995. Foraminifera in Winyah Bay and North Inlet marshes, South Carolina, relationship to local pollution sources. *J. Foram. Res.* 25(3): 212-223.
- CORLISS, G.H., CHEN, C., 1988. Morphotype patterns of Norwegian deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. *Geology* 16, 716–719.
- CULVER S.J., HORTON, B.P., 2005. Infaunal marsh foraminifera from the outer banks, North Carolina, USA. *Journal of Foraminiferal Research* 35, 148–170.

- CUSHMANN, J. A. 1950. Foraminifera their classification and economic use. 4^{ed} Havard University Press. 605p.
- DEBENAY, J.-P., 1990. Recent foraminiferal assemblages and their distribution related to environmental stress in the paralic environments of West Africa. *J. Foraminiferal Res.* 20 (3), 267– 282. pp. 285–334.
- DEBENAY, J.-P., GUILLOU, J.J., 2002. Ecological transitions indicated by foraminiferal assemblages in paralic environments. *Estuaries* 25, 1107e1120.
- DEBENAY, J.P.; BICCHI, E.; GOUBERT, E.; du CHATELÉ, A. 2006. Spatio-temporal distribution of benthic foraminifera in relation to estuarine dynamics (Vie estuary, Vendée, W France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67: 181e197.
- DEBENAY, J.P.; EICHLER, B.B.; DULEBA, W.; BONETTI, C.; EICHLER, P.P.B. 1996. Water stratification in coastal lagoons: its influence on foraminiferal assemblages in two Brazilian lagoons. *Marine Micropaleontology* 35: 67–89.
- DEBENAY, J.P.; GUILLOU, J. J., REDOIS, F., e GESLIN, E., 2000, Distribution trends of foraminiferal assemblages in paralic environments. A base for using foraminifera as bioindicators, in Martin, R. E. (ed.), *Environmental Micropaleontology*: Kluwer Academic Publishers, New York, p. 39–67.
- DIAZ, R.J., ROSENBERG, R., 1995. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 33, 245–303.
- CHÂTELET, E.A.; DEBENAY, J.P.; SOULARD, R. 2004. Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors. *Environm. Pollution.* 127:27-40.
- DULEBA, W. 1997. Variações nas associações de tecamebas, foraminíferos e ostracodes subrecentes da região lagunar de Cananéia-Iguape, SP. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da USP. 237p.
- EICHLER, B.B. ; DEBENAY, J.P. ; BONETTI, C. & DULEBA, W. 1995. Répartition des Foraminifères benthiques dans la zone Sud-Ouest du Système laguno-estuarien d'Iguape-Cananéia (Brésil). *Bolm. Inst. oceanogr.*, S. Paulo, 43(1): 1-17.
- EICHLER, P. B.; DULEBA, W.; EICHLER, B.B.; COELHO JR., C. 1997. Determinação do impacto ecológico do Valo Grande (Iguape, SP) a partir das associações de foraminíferos e tecamebas. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 57, n. 3, p.463-477.

- EICHLER, P.P.B. 1996. Estudo das associações de foraminíferos e tecamebas da região estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP), e sua aplicação na determinação do impacto ecológico do Valo Grande. *Dissertação de Mestrado*. Instituto Oceanográfico da USP. 106pp.
- EICHLER, P.P.B. 2001. Avaliação e Diagnóstico do Canal de Bertioga (São Paulo, Brasil) através da utilização de indicadores (foraminíferos) associados aos padrões de deposição e circulação estuarina. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. 240p.
- EICHLER, P.P.B. e EICHLER, B. B., 2003, Utilização de foraminíferos na caracterização ambiental de duas regiões costeiras do Brasil: Baía de Guanabara (RJ) e Baixada Santista (SP): Revista Episteme, v. 28, p. 291–299.
- EICHLER, P.P.B.; BERGAMO, A.L.; BERNARDES, M.E.C.; MIRANDA, L.B. & EICHLER, B.B.. 2000. Associações de foraminíferos, condições sedimentológicas e sua resposta aos parâmetros hidrográficos no canal estuarino de Bertioga (SP, Brasil). *Anais XIII Semana Nacional de Oceanografia*. p.84-86.
- EICHLER, P.P.B.; EICHLER, B.; MIRANDA, L.B.; RODRIGUES, A.R. 2007. Modern foraminiferal facies in a subtropical estuarine channel, Bertioga, São Paulo, Brazil. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 37, no. 3, p. 234–247.
- EICHLER, P.P.B.; GESLIN, E.; EICHLER, B.B.; DEBENAY, J.P. 1998. Resultados preliminares da fauna de foraminíferos (Protozoa) da região estuarina de Bertioga, SP. *In: XXII Congresso Brasileiro de Zoologia*. Recife. Estado de São Paulo. *Bol. Inst. oceanogr.*, São Paulo, III(1/2).
- FOLK, R.L.; WARD, W.C. 1957. Brazos river bar: Study of the significance of Grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-27.
- FÚLFARO, V. J. e PONÇANO, W. L. 1976. Sedimentação atual do estuário e Baía de Santos: um modelo geológico aplicado a projetos de expansão da zona portuária. *In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*. Anais. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Rio de Janeiro, 1(2):67-90.
- FUNDESPA, 1993. Levantamento oceanográfico da área diretamente afetada por efluentes dos emissários submarinos de esgotos da SABESP, entre os municípios de São Sebastião e Mongaguá, Estado de São Paulo – dados pretéritos. Coords. Ikeda, Y. e Giannini, R. Vol. 1.

- FUNDESPA, 1994. Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil. Vol. III.
- GEHRELS, W.R., 2002. Intertidal foraminifera as palaeoenvironmental indicators. In: Haslett, S.K. (Ed.), Quaternary Environmental Micropalaeontology. Arnold, London, pp. 91-114.
- GEOBRÁS. 1966. Complexo Vale Grande- Mar Pequeno - Rio Ribeira de Iguape. Relatório para o serviço do Vale do Ribeira-DAEE, São Paulo, 2vols.
- GESLIN, E., DEBENAY, J. P., DULEBA, W., BONETTI, C. 2002. Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: comparison between polluted and non-polluted areas. *Marine Micropaleontology*. 45, 151-168.
- GESLIN, E., DEBENAY, J.-P., LESOURD, M., DULEBA, W. & EICHLER, B.B. 1998. A quantitative and qualitative study of hyaline deformed tests in a estuary polluted (Jureia, Brazil). Forams 98. Int. Meeting of Foraminiferal Researchers, Monterey, Mexique, Juillet. *Abstracts*.
- GOODAY, A.J., 2003. Benthic foraminifera (Protista) as tools in deepwater paleoceanography: environmental influences on faunal characteristics. *Advances in Marine Biology* 46, 1 – 90.
- GORDON, M. 2000. Modelagem da dispersão de substâncias no Porto e Baía de Santos. Dissertação de mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 133 p.
- GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M & KREMLING, K. 1983. Methods of seawater analysis. 2nd. Ed., Weinheim, Verlag Chemie. 419p.
- GUILLE, A., 1970. Benthic bionomy of continental shelf of the French Catalane coast. II. Benthic communities of the macrofauna. *Vie Milieu*, 21 (8): 149-280.
- HAYWARD, B.W., GRENFELL, H., CAIMS, G., SMITH, A., 1996. Environmental controls on benthic foraminiferal and thecamoebian associations in a New Zealand tidal inlet. *J. Foraminiferal Res.* 26 (2), 150–171.
- HENRIQUEZ, J.G.; BARICHIVICH, J.C.V. & MERA, J.G.V. 1978. Foraminíferos bentônicos recientes como indicadores de contaminación litoral en canal Tenglo (41° 30' S; 72° 59' W) Chile. *SEMINARIO para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Agricultura*. Universidad de Chile, 115p.
- HERRICKS, E.E. & SCHAEFFER, D.J. 1985. Can we optimize biomonitoring? *Environmental Management* vol. 9, 6: 487-492.

- Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J., Wardle, D.A., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.* 75, 3–35.
- HORTON, B.P.; MURRAY, J.W. 2006. Patterns in cumulative increase in live and dead species from foraminiferal time series of Cowpen Marsh, Tees Estuary, UK: Implications for sea-level studies. *Marine Micropaleontology* 58:287– 315.
- JORISSEN, F.J., BARMAWIDJAJA, D.M., PUSKARIC, S., VAN der ZWANN, G.J., 1992. Vertical distribution of benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea: the relation with the organic flux. *Marine Micropaleontology* 19, 131– 146.
- KAREZ, C. S., AMADO-FILHO, G. M., MOLL, D. M. & PFEIFFER, W. C. 1994. Concentração de metais em algas marinhas bentônicas de três regiões do estado do Rio de Janeiro. *Na. Acad. Brás. Ci.* 66 (2): 205 – 211.
- KIDWELL, S.M., 2002. Time-averaged molluscan death assemblages: Palimpsests of richness, snapshots of abundance. *Geology* 30, 803–806.
- KJERVE, B., 1986. Comparative oceanography of coastal lagoons. In: Wolfe, D.A. (Ed.), *Estuarine Variability*. Academic Press, New York, NY, pp. 63–81.
- KJERVE, B., MAGILL, K.E., 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Mar. Geol.* 88, 187–199.
- KUTNER A. S., 1962. Granulometria dos Sedimentos de Fundo da Região de Cananéia (SP)- *Bol. Soc. Bras. Geol.* vol. 11 (2): 41-54, São Paulo.
- LACERDA, L. D., TEIXEIRA, V. I. & GUIMARÃES, V. R. D. (1985) Seasonal variation of heavy metals in seaweeds from Conceição de Jacareí, Brasil. *Bol. Mar.* 49 (3): 847 – 849.
- LAMPARELLI, M.C., COSTA, M.P., PRÓSPERI, V.A., BEVILACQUAJE, ARAÚJO, R.P.A., EYSINK, G.G.J., POMPEIA, S., 2001. Sistema estuarino de Santos e São Vicente. Relatório Técnico CETESB, São Paulo, 183.
- LAMPARELLI, M.C., MOURA, D.O., RODRIGUES, F.O., VICENT, R.C., 1993. Biomonitoramento de ecossistemas aquáticos e de transição – Manguezais. São Paulo, Relatório Técnico. CETESB, 19.
- LANDIM, P.M.B. 1997. Análise estatística de Dados Geológicos. Ed. UNESP, São Paulo, 226p.

- LE CADRE, V., DEBENAY, J. P. 2006. Morphological and cytological responses of *Ammonia* (foraminifera) to copper contamination: Implication for the use of foraminifera as bioindicators of pollution, *Environmental Pollution* 143 (2006) 304e317.
- LE CADRE, V.; DEBENAY, J. P.; LESOURD, M. 2003. Low pH effects on *Ammonia beccarii* test deformation: implications for using deformations as a pollution indicator. *Journal of Foraminiferal Research*. V. 33 n° 1 p. 1-9.
- LICARI, L.; MACKENSEN, A. 2005. Benthic foraminifera off West Africa (18N to 328S): Do live assemblages from the topmost sediment reliably record environmental variability?
- LOEBLICH, JR. & A.R. TAPPAN, H. 1988. Foraminiferal genera and classification. New York, Van Nostrand Reinol. (1) 2.970p.
- LOUBERE, P., FARIDUDDIN, M., 1999. Quantitative estimation of global patterns of surface ocean biological productivity and its seasonal variation on timescales from centuries to millennia. *Glob. Biogeochem. Cycles* 13, 115–133.
- LUDWIG, J.A. E REYNOLDS, J.F. 1988. Statistical ecology, A primer on methods and computing. John Wiley, New York, 340p.
- MACKENSEN, A., SCHMIEDL, G., HARLOFF, J., GIESE, M., 1995. Deep sea Foraminifera in the South Atlantic Ocean: ecology and assemblage generation. *Micropaleontology* 41 (4), 342– 358.
- MADEIRA, M.L. 1969. Foraminifera from São Francisco do Sul, Satate of Santa Catarina, Brazil. *Iheringia, Zool.*, (37):3-29.
- MAHIQUES, M.M. de 1987. Considerações sobre os sedimentos de fundo da Baía de Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro, *Bolm. Instituto Oceanográfico*, Universidade de São Paulo. 139p.
- MARTINS, C.C.; MAHIQUES, M.M.; BICEGO, M.C.; FUKUMOTO, M.; MONTONE, R.C. 2007. Comparison between anthropogenic hydrocarbons and magnetic susceptibility in sediment cores from the Santos Estuary, Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 54: 226–246.
- MATOS, M.A.C. 2002. Resíduos de pesticidas organoclorados e bifenilos policlorados em sedimentos e algas de Santos e Cananéia, SP. Brasil. (Organochlorine pesticide and polichlorinated biphenyl residues in sediments and algae from Santos and Cananéia, SP. Brazil) PhD Thesis. Instituto de Química Universidade de São Paulo, Brazil, p. 200.

- MIRANDA, L.B. de; CASTRO, B.M. & KJERFVE, B. 2002. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. S. Paulo, EDUSP, 424 p. (Acadêmica 42).
- MIYAO, S.Y., NISHIHARA, L., SARTI, C.C., 1986. Características físicas e químicas do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. Bol. Inst. Oceanogr. Sao Paulo 34, 23–36.
- MMA. 2001. Brazilian national programme of action for the upper Southwest Atlantic Region. http://www.gpa.unep.org/Documents/NPA/NPA_BRAZIL.pdf.
- MOODLE, L.; VAN der ZWAAN, G.J.; RUTTEN, G.M.W. *et al.* 1998b. Subsurface activity of benthic foraminifera in relation to porewater oxygen contents: laboratory experiments. *Marine Micropaleontology*. 34. 91-106.
- MORVAN, J., LE CADRE, V., JORISSEN, F., DEBENAY, J-P., 2004. Foraminifera as potential bio-indicators of the Erika oil spill in the Bay of Bourgneuf: field and experimental studies. *Aquatic Living Resources* 17, 317–322.
- MORVAN, J.; DEBENAY, J.P.; JORISSEN, F.; REDOIS, F.; BENETEAU, E.; DELPLANCKE, M.; AMATO, A.S. 2006. Patchiness and life cycle of intertidal foraminifera: Implication for environmental and paleoenvironmental interpretation. *Marine Micropaleontology* 61: 131–154.
- MURRAY, J. 2003. Patterns in the cumulative increase in species from foraminiferal time-series. *Marine Micropaleontology* 48: 1/21.
- MURRAY, J.M. 2001. The niche of benthic foraminifera, critical thresholds and proxies. *Mar. Micropaleont.* 41: 1-7.
- MURRAY, J.W. 1991 Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera. London, Logman *Scientific & Technical*, 397 p.
- MURRAY, J.W., 1973. Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids. Heinemanns, London, 274 pp.
- MURRAY, J. W. e BOWSER, S.S. 2000. Mortality, protoplasm decay rate and reliability os staining techniques to recognize `living` foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*. V.30 p. 66-70.
- MURRAY, J.W., ALVE, E., 2000. Major aspects of foraminiferal variability (standing crop and biomass) on a monthly scale in an intertidal zone. *J. Foraminifer. Res.* 30, 177–191.
- NAGY, J.; ALVE, E. 1987. Temporal changes in foraminiferal faunas and impact of pollution in Sandebutka, Oslo Fjord: *Marine Micropaleontology*, v.12, p.109-128.

- NIKULINA, A.; POLOVODOVA, I.; SCHONFELD, J. 2008. Foraminiferal response to environmental changes in Kiel Fjord, SW Baltic Sea. *eEarth*, 3, 37–49.
- PEREIRA, E.R.M. 2004. Respostas dos foraminíferos aos fatores estressantes em uma baía costeira impactada - Baía de Guanabara (RJ). *Dissertação de Mestrado*. Instituto Oceanográfico. USP. 164p
- PEREIRA, E.R.M.; CRISTOFI, M. G.; EICHLER, P. P.; OLINDO Jr, R.G.; EICHLER, B.B. 2003. Estudo de microfósseis e sua relação com enriquecimento orgânico na Baía de Guanabara (RJ) durante o inverno de 2000. *Anais IX Congr. Assoc. Bras. Estudos Quaternário (ABEQUA)*. Recife (PE); Brasil. 177 pp.
- PHLEGER, F.B. 1954. Foraminífera and deep-sea research. *Deep sea Res.* 2:1-23.
- PHLEGER, F.B. 1970. Foraminiferal populations and marine marsh processes. *Limnology and Oceanography*, 15(4):522-534.
- PLATON, E.; SEN GUPTA, B.K.; RABALAIS, N.N.; TURNER, E.R. 2005. Effect of seasonal hypoxia on the benthic foraminiferal community of the Louisiana inner continental shelf: The 20th century record. *Micropaleontology* 54 (2005) 263– 283.
- PRITCHARD, D.W. 1952. Estuarine hydrography. In. *Advances in Geophysics*, ed. H.E.Landsberg, Academic press, New York, vol 1, p243-280.
- RABALAIS, N.N.; TURNER, R.E., WISEMAN Jr., W.J., 2001. Hypoxia in the Gulf of Mexico. *J. Environ. Qual.* 33, 320–329.
- RESIG, J.M. ; 1960. Foraminiferal ecology around oceans outfalls off southern California. In *Waste disposal in the marine environment: Pergamon Press*, London, p. 104-121.
- RIBEIRO NETO, F.B. e OLIVEIRA, M.F. 1989. Estratégias de sobrevivência das comunidades litorâneas em regiões ecologicamente degradadas: o caso da Baixada Santista. Programa de Pesquisa e Conservação de Áreas Úmidas no Brasil/Fundação Ford/UICN/IO-USP, São Paulo, 132p.
- RUIZ, F., GONZLEZ-REGALADO, M.L., BORREGO, J., ABAD, M., PENDÓN, J.G., 2004. Ostracoda and Foraminifera as short-term tracers of environmental changes in very polluted areas: the Odiel Estuary (SW Spain). *Environmental Pollution* 129, 49e61.
- SAITO, R. T. 2002. Radionuclídeos (^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{210}Po e ^{137}Cs) no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape: Estudos Ambientais. *Dissertação de Doutorado*. IPEN/USP, São Paulo.

- SAITO, Y.; NISHIMURA, A.; MATSUMOTO, E. 1989. Transgressive sand sheet covering the shelf and upper slope of Sendai, Northeast Japan. *Marine geology*, 89(3/4): 245-258.
- SAMIR, A. M.; EL-DIN, A. B. 2001. Benthic foraminiferal assemblages and morphological abnormalities as pollution proxies in two Egyptian bays. *Mar. Micropaleontology*. 41, 193-227.
- SAMIR, A., 2000. The response of benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: a study from two lagoons in Egypt. *Journal of Foraminiferal Research* 30 (2), 83e98.
- SANTOS, E.O.; 1965. Características Climáticas. *In*: Azevedo, A. (ed.). A Baixada Santista: aspectos geográficos. Vol.1; Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, p.95-150.
- SEMENSATTO JR., D.L; DIAS-BRITO, D.; FUNOB, R.H.F.; COELHO-Jr. C. 2008. Foraminiferal ecological zonation along a Brazilian mangrove transect: Diversity, morphotypes and the influence of subaerial exposure time. *Revue de micropaléontologie*. Article in press.
- SCOTT, D.B., TOBIN, R., WILLIAMSON, M., MEDIOLI, F.S., LATIMER, J.S., BOOTHMAN, W.A., ASIOLI, A., HAURY, V., 2005. Pollution monitoring in two North American estuaries: historical reconstructions using benthic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research* 35 (1), 65–82.
- SCOTT, D.B.; SCHAFER, C.T. & MEDIOLI, F.S. 1980. Eastern Canadian estuarine foraminifera: A framework for comparison. *J. Foram. Res.* 10(3): 205-234.
- SEIGLIE, G.A. 1968. Foraminiferal assemblage as indicator of the high organic carbon content in sediments and of pollute waters. *Bull. Can. Petrol. Geol.* 52:2231-2241.
- SEN GUPTA, B. K. & M.L. MACHIAN-CASTILLO. 1993. Benthic foraminifera on the Northern in oxygen-poor habitats. *Marine Micropaleontol.*, 20:183-201.
- SEN GUPTA, B. K., TURNER, R.E. & RABALAIS, N.N. 1996. Seasonal oxygen depletion in continental shelf waters of boundaries: Historical record of benthic foraminifers. *Geology* 24: 227-30.
- SEN GUPTA, B.K. 1999. Foraminifera in marginal marine environments *In*: Modern Foraminifera. 141-159p.

- SETTY, A & NIGAM, R. 1982. Foraminiferal assemblages & organic carbon relationship in benthic marine ecosystem of western Indian continental shelf. *Indian J. mar. Sci.*, 11: 225-232.
- SETTY, M.G.A. 1982. Marine microfauna from the continental margin west of Indian. *J. Scien. Res.* 41:674-679
- SHARIFI, A.R.; CROUDACE, I.W., AUSTIN, R.L. 1991. Benthic foraminiferids as pollution indicators in Southampton Water, southern England, UK. *Journal of Micropaleontology*. 10(1), 109-113.
- SHEPARD, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J.sedim. Petrology*, 24(3):151-158.
- SHUMACHER, S.; JORISSEN, F.J.; DISSARD, D.; LARKIN, K.E.; GOODAY, A.J. 2007. Live (Rose Bengal stained) and dead benthic foraminifera from the oxygen minimum zone of the Pakistan continental margin (Arabian Sea). *Marine Micropaleontology* 62: 45–73.
- STEIN, R. 1991. Accumulation of Organic carbon in marine sediments. Results from the Deep Sea Drilling project/Ocean Drilling Program. *In*: Bhattacharji, S.G.M. Friedman; H.J. Neugebauer; A. Seilacher (eds.), *Lecture Notes in Earth Sciences*, vol. Springer, Berlin, 217p.
- STEVENSON, M.R.; DIAS-BRITO, D.; STECH, J.L.; KAMPEL, M. 1998. How do cold biota arrive in a tropical bay near Rio de Janeiro, Brazil? *Continental Shelf Research*. 18:1595-1612.
- SUGUIO, K. & TESSLER. M. G. 1992. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). *Publ. Esp. IOUSP*, (9):1-33.
- SUGUIO, K. 1973. Introdução a sedimentologia. Edgard Blucher/EDUSP, São Paulo, 317p.
- SZAREK, R.; WOLFGANG, K.; KAWAMURA, H.; KITAZATO, H. 2007. Distribution of recent benthic foraminifera on the Sunda Shelf (South China Sea). *Marine Micropaleontology* 61: 171–195.
- TEODORO, A. C. 2006. Estudo hidrogeoquímico, sedimentológico e de foraminíferos em áreas da Baixada Santista, SP, submetidas a disposição oceânica de esgotos. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências USP. 166pp.

- TESSLER, M.G. 1982. Sedimentação Atual na Região Lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. 2 vols., 170p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências da USP.
- TESSLER, M. G. & SOUZA, L. A. P. 1998. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. *Revista Bras. oceanogr.*, 46 (1): 69-83.
- TESSLER, M.G., MAHIQUES, M., 1993. Utilization of coastal geomorphic features as indicators of longshore transport: Examples of the southern coastal region of the state of São Paulo, Brasil. *J. Coastal Res.* 9 (3), 823–S30.
- THIBODEAU, B.; VERNAL, A.; MUCCI, A. 2006. Recent eutrophication and consequent hypoxia in the bottom waters of the Lower St. Lawrence Estuary: Micropaleontological and geochemical evidence. *Marine Geology* 231: 37–50.
- TINOCO, I. de M. 1955. Foraminíferos recentes de Cabo Frio, Estado do Rio de Janeiro. *Div. Geol. Min., D.N.P.M., Bolm.* 159.
- TINOCO, I. de M. 1959. Classificação sistemática de Foraminíferos dos testemunhos de sondagens submarinos recolhidos pelo N.E. “Alm. Saldanha”. *Inst. Biol. Mar.e Oceanogr.*, 3(1):107-112.
- TOMMASI, L. R., 1987. Poluição marinha no Brasil: síntese do conhecimento. Publicação esp. Inst. Oceanog. São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, (5):1-30.
- TOMMASI, L.R., 1985. Resíduos de praguicidas em águas e sedimentos de fundo do sistema estuarino de Santos (SP). *Ciência e Cultura*, São Paulo. 37 (6), 1001–1012.
- TYSON, R.V. 1995. *Sedimentary Organic Matter*. London, Chapman & Hall. 589p.
- VAN der ZWANN, G.J., DUIJNSTEE, I.A.P., den DULK, M., ERNST, S.R., JANNINK, N.T., KOUWENHOVER, T., 1999. Benthic foraminifers: proxies or problems? A review of paleocological concepts. *Earth Sci. Rev.* 46, 213–236.
- VILELA, C.G.; BAPTISTA NETO, J.A.B.; MENDONÇA FILHO, J.G.; BARBOSA, C.F., SANJINÉS, E.S., PUGIRÁ, M.S., IEMMA, M.B. 2001. Distribuição de foraminíferos bentônicos em sub-ambientes da Baía de Guanabara. *An. Assoc. Bras. Estudos Quater. – ABEQUA*. Imbé. p.418.

- WARD J.N., POND D.W., MURRAY J.W. 2003. Feeding of benthic foraminifera on diatoms and sewage-derived organic matter: an experimental application of lipid biomarker techniques. *Mar Environ Res.* 56(4):515-30.
- WAINER, I. E. K. C.; COLOMBO, P. M. e MIGUEL, A. J. 1996. Boletim de monitoramento climatológico para as Bases Norte e "Dr. João de Paiva Carvalho" do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. Relat. Téc. Inst. Oceanogr., São Paulo, (38):1-13
- WALTON, M.R. 1952. Ecology of benthonic foraminifera of Todos os Santos bay. Baja California. *J. of Paleontology* (29):952-1018.
- WATKINS, J.G. 1961. Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewer outfall. *Micropaleontology*, (7): 199-206.
- WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J.J. Geol.* 30(1): 377-392.
- YANKO, V. & Parker, W. 1999. Effect of marine pollution on benthic foraminifera: in *Modern Foraminifera*, Sen Gupta, B. (ed), Kluwer Academic Publisher, 384pp.
- YANKO, V., KRONFELD, J., FLEXER, A., 1994. Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. *J. Foraminiferal Res.* 24 (1), 1–17.
- YANKO, V.; AHMAD, M.; KAMINSKI, M.; 1998. Morphological deformities of benthic foraminiferal test in response to pollution by heavy metals: implications for pollution monitoring. *Journal of Foram. Res.* 28(3), 177-200.
- ZANARDI, E., BÍCEGO, M.C., CASTRO-FILHO, B.M., MIRANDA, L.B., PROSPERI, V. 2000. Southern Brazil. In: Shepard, Charles. (Org.). *Seas At Millenium: In Environmental Evaluation*, vol. 1. Amsterdam, pp. 731–747.
- ZANINETTI, L.; BRÖNNIMANN, P.; BEURLIN, G. & MOURA, J.A. 1977. La mangrove de Guaratiba et la Baie de Sepetiba. Etat de Rio de Janeiro, Brésil: Foraminifères et écologie. *Arch. Sci. Genève.* 30 (2): 161-178.