

**Alessandro Luvizon Bérghamo**

**Características Hidrográficas, da Circulação e dos Transportes de  
Volume e Sal na Baía de Guanabara (RJ): Variações sazonais e  
Moduladas pela Maré.**

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

Orientador: Prof. Dr. Luiz Bruner de Miranda

**São Paulo  
2006**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO**

**Características Hidrográficas, da Circulação e dos Transportes de  
Volume e Sal na Baía de Guanabara (RJ): Variações Sazonais e  
Moduladas pela Maré.**

**Alessandro Luvizon Bérghamo**

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

Julgada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr.

\_\_\_\_\_  
Conceito

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr.

\_\_\_\_\_  
Conceito

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr.

\_\_\_\_\_  
Conceito

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr.

\_\_\_\_\_  
Conceito

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr.

\_\_\_\_\_  
Conceito

# ÍNDICE

<b>Lista de figuras</b>	<b>i</b>
<b>Lista de tabelas</b>	<b>viii</b>
<b>Agradecimentos</b>	<b>x</b>
<b>Resumo</b>	<b>xii</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiv</b>
<b>Capítulo 1 - Introdução</b>	<b>1</b>
1 1 – Área de Estudo	1
1 2 – Justificativas	11
1 3 – Hipóteses e Objetivos	12
<b>Capítulo 2 - Metodologia</b>	<b>14</b>
2 1 – Os experimentos	14
2 2 – Medidas de correntes e propriedades hidrográficas	18
2 3 – Processamento e representação gráficas	22
2 4 – Transportes de volume e sal	27
2 5 – Diagramas de classificação e mistura	32
2 6 – Marés	38
2 7 – Dados Meteorológicos	38
2 8 – Propagação de erros	39
2 9 – Calibração e testes de equipamentos	41
<b>Capítulo 3 - Resultados e Discussão</b>	
<b>Períodos de julho/2000 e fevereiro/2001</b>	<b>42</b>
3 1 – Experimento de julho de 2000 (inverno)	42
3 1 1 - Quadratura	43
3 1 1 1 – Estrutura termohalina e da circulação nas estações fixas	45
3 1 1 2 – Transportes resultantes de sal nas estações fixas	51
3 1 2 - Sizígia	53
3 1 2 1 – Estrutura termohalina e da circulação nas estações fixas	54
3 1 2 2 – Transportes resultantes de sal nas estações fixas	59
3 1 3 - Diagramas T-S	60
3 1 4) Diagramas Estratificação-circulação	61

3 2 – Experimento de fevereiro de 2001 (verão)	64
3 2 1 - Quadratura	65
3 2 1 1 – Estrutura termohalina e da circulação nas estações fixas	67
3 2 1 2 – Transportes resultantes de sal nas estações fixas	73
3 2 2-Sizígia	75
3 2 2 1 – Estrutura termohalina e da circulação nas estações fixas	77
3 2 2 2 – Transportes resultantes de sal nas estações fixas	84
3 2 3 - Diagramas T-S	85
3 2 4) Diagramas Estratificação-circulação	86
<b>Capítulo 4 - Resultados e Discussão</b>	
<b>Períodos de julho/2003 e fevereiro/2004</b>	89
4 1 – Experimento de julho de 2003 (inverno)	89
4 1 1 - Quadratura	90
4 1 1 1 - Estrutura das correntes nas seções transversais	93
a) Correntes longitudinais	93
b) Correntes secundárias	97
c) Correntes resultantes	101
4 1 1 2 - Transportes de volume na entrada da Baía de Guanabara	103
4 1 1 3 - Transportes resultantes de sal nas seções transversais	104
4 1 1 4 - Estrutura termohalina e da circulação na estação fixa F (I de Paquetá)	105
4 1 1 5 - Estrutura termohalina ao longo do eixo principal da Baía de Guanabara	107
4 1 2 - Sizígia	108
4 1 2 1 - Estrutura das correntes nas seções transversais	110
a) Correntes longitudinais	110
b) Correntes secundárias	113
c) Correntes resultantes	115
4 1 2 2 - Transporte de volume na entrada da Baía de Guanabara	116
4 1 2 3 - Transportes resultantes de sal nas seções transversais	116
4 1 2 4 - Estrutura termohalina e da circulação na estação fixa F (I de Paquetá)	117
4 1 2 5 - Estrutura termohalina ao longo do eixo principal da Baía de Guanabara	119
4 1 3 - Diagramas de classificação	120
4 1 4 - Diagramas T-S	122

4 2 – Experimento de fevereiro de 2004 (verão)	124
4 2 1 - Sizígia	125
4 2 1 1 - Estrutura das correntes nas seções transversais	128
a) Correntes longitudinais	128
b) Correntes secundárias	131
c) Correntes resultantes	134
4 2 1 2 - Transportes de volume na entrada da Baía de Guanabara	136
4 2 1 3 - Transportes resultantes de sal nas seções transversais	137
4 2 1 4 - Estrutura termohalina e da circulação na estação fixa F (I de Paquetá)	139
4 2 1 5 - Estrutura termohalina ao longo do eixo principal da Baía de Guanabara	141
4 2 2 - Quadratura	142
4 2 2 1 - Estrutura das correntes nas seções transversais	143
a) Correntes longitudinais	143
b) Correntes secundárias	146
c) Correntes resultantes	148
4 2 2 2 - Transportes de volume na entrada da Baía de Guanabara	149
4 2 2 3 - Transportes resultantes de sal nas seções transversais	150
4 2 2 4 - Estrutura termohalina e da circulação na estação fixa F (I de Paquetá)	151
4 2 2 5 - Estrutura termohalina ao longo do eixo principal da Baía de Guanabara	153
4 2 3 - Diagramas de classificação	154
4 2 4 - Diagramas T-S	156
<b>Capítulo 5 - Conclusões</b>	<b>158</b>
<b>Capítulo 6 - Bibliografia</b>	<b>163</b>

**ANEXO: Calibração e teste dos equipamentos falmouth e adcp sontek**

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

Figura 1.1. Baía de Guanabara.....	2
Figura 1.2. Distribuição hipsométrica de profundidades da Baía de Guanabara.....	4
Figura 1.3. Distribuição das isobatimétricas e relevo do fundo submarino da Baía de Guanabara.....	5
Figura 1.4. Bacia de drenagem da Baía de Guanabara.....	6
Figura 1.5. Variação sazonal climatológica da descarga fluvial média mensal na Baía de Guanabara.....	6

### Capítulo 2

Figura 2.1. Mapa da área de estudo com a localização das estações fixas.....	15
Figura 2.2. Localização das seções correntométricas e posição geográfica da derrota seguida ao longo das seções longitudinais.....	16
Figura 2.3. Embarcações utilizadas nos levantamentos oceanográficos.....	18
Figura 2.4. CTD e correntógrafo Falmouth, e ADCP Sontek instalado em um trenó rebocado pela popa da embarcação.....	19
Figura 2.5. Registros de temperatura e salinidade extraídos do CTD Falmouth, antes e após o procedimento de filtragem.....	23
Figura 2.6. Registros dos componentes de velocidade obtidos pelo correntógrafo Falmouth, antes e após o procedimento de filtragem. Flutuações de velocidades foram observadas nas profundidades de medida.....	23
Figura 2.7. Registro obtido pelo ADCP Sontek, antes e após o procedimento de filtragem.....	24
Figura 2.8. Esquema das áreas parciais na seção transversal à Baía de Guanabara..	29
Figura 2.9. Perfis esquemáticos da circulação resultante vertical (ou gravitacional) e lateral.....	31
Figura 2.10. Diagrama Estratificação-circulação.....	35
Figura 2.11. Diagramas Estratificação-circulação Vertical e Estratificação-circulação Lateral.....	37

### Capítulo 3

Figura 3.1. Registro mensal de precipitação na Estação Meteorológica do Gragoatá (julho/2000).....	42
Figura 3.2. Rosas de ventos da Estação Meteorológica do Gragoatá (julho/2000).....	43
Figura 3.3. Direção e intensidade dos ventos (inverno/2000), em período de quadratura, na Estação Meteorológica do Gragoatá.....	43
Figura 3.4. Registros da altura da maré de quadratura na Ilha Fiscal e a previsão pelo PACMARÉ (inverno/2000).....	44
Figura 3.5. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo na estação F <sub>1</sub> , em maré de quadratura (inverno/2000).....	46
Figura 3.6: Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo na estação F <sub>2</sub> , em maré de quadratura (inverno/2000).....	47
Figura 3.7. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo para a estação F <sub>3</sub> , em maré de quadratura (inverno/2000).....	48
Figura 3.8. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo para a estação F <sub>4</sub> , em maré de quadratura (inverno /2000).....	49
Figura 3.9. Direção e intensidade dos ventos (inverno/2000), em período de sizígia, na Estação Meteorológica do Gragoatá.....	53
Figura 3.10. . Registros da altura da maré de sizígia na Ilha Fiscal e a previsão pelo programa PACMARE, (inverno/2000).....	54
Figura 3.11. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo na estação F <sub>1</sub> , em maré de sizígia (inverno/2000).....	55
Figura 3.12. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo para a estação F <sub>2</sub> , em maré de sizígia (inverno/2000).....	56
Figura 3.13. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo para a estação F <sub>3</sub> , em maré de sizígia (inverno/2000).....	57
Figura 3.14. Diagrama T-S <i>espalhado</i> (inverno/2000).....	61
Figura 3.15. Diagrama Estratificação-circulação (inverno/2000).....	62

Figura 3.16. Registro mensal de precipitação na Estação Meteorológica do Gragoatá (fevereiro/2001).....	64
Figura 3.17. Rosa de ventos na Estação Meteorológica do Gragoatá (fevereiro/2001).....	65
Figura 3.18. Direção e intensidade dos ventos (verão/2001), em período de quadratura na Estação Meteorológica do Gragoatá.....	65
Figura 3.19. Registros de altura da maré na Ilha Fiscal e previsão da maré de quadratura feita pelo programa PACMARE (verão/2001).....	66
Figura 3.20. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo na estação F <sub>1</sub> , em maré de quadratura (verão/2001).....	68
Figura 3.21. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo na estação F <sub>2</sub> , em maré de quadratura (verão/2001).....	69
Figura 3.22. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo para a estação F <sub>3</sub> , em maré de quadratura (verão/2001).....	70
Figura 3.23. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo na estação F <sub>4</sub> , em maré de quadratura (verão/2001).....	71
Figura 3.24. Direção e intensidade dos ventos (verão/2001), em período de sizígia na Estação Meteorológica do Gragoatá.....	75
Figura 3.25 Registros de altura da maré na Ilha Fiscal e a previsão da maré de sizígia feita pelo programa PACMARE (verão/2001).....	76
Figura 3.26. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo na estação F <sub>1</sub> , em maré de sizígia (verão/2001).....	78
Figura 3.27. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo na estação F <sub>2</sub> , em maré de sizígia (verão/2001).....	79
Figura 3.28. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo na estação F <sub>3</sub> , em maré de sizígia (verão/2001).....	80



Figura 3.29. Isopletas de temperatura, salinidade, sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo na estação F <sub>4</sub> , em maré de sizígia (verão/2001).....	81
Figura 3.30. Diagrama T-S <i>espalhado</i> (verão/2001).....	86
Figura 3.31. Diagrama Estratificação-circulação (verão/2001).....	87

## Capítulo 4

Figura 4.1. Registro mensal de precipitação na Estação Meteorológica do Gragoatá (julho de 2003).....	89
Figura 4.2. Rosas de ventos na Estação Meteorológica do Gragoatá e do Aeroporto do Galeão (julho de 2003).....	90
Figura 4.3. Direção e intensidade dos ventos (inverno/2003), em período de quadratura (Estação Meteorológica do Gragoatá).....	91
Figura 4.4. Direção e intensidade dos ventos (inverno/2003), em período de quadratura (Estação Meteorológica do Aeroporto do Galeão).....	91
Figura 4.5. Registros da altura da maré de quadratura na Ilha Fiscal e a previsão pelo PACMARÉ (inverno/2003). ....	92
Figura 4.6. Campo do componente longitudinal da corrente na seção S <sub>1</sub> , em maré de quadratura na enchente e vazante (inverno/2003).....	94
Figura 4.7. Campo do componente longitudinal da corrente na seção S <sub>2</sub> , em maré de quadratura na enchente e vazante (inverno/2003).....	95
Figura 4.8. Campo do componente longitudinal da corrente na seção S <sub>3</sub> , em maré de quadratura na enchente e vazante (inverno/2003).....	96
Figura 4.9. Campo do componente secundário da corrente na seção S <sub>1</sub> , em maré de quadratura na enchente e vazante (inverno/2003). ....	98
Figura 4.10. Campo do componente secundário da corrente na seção S <sub>2</sub> , em maré de quadratura na enchente e vazante (inverno/2003).....	99
Figura 4.11. Campo do componente secundário da corrente na seção S <sub>3</sub> , em maré de quadratura na enchente e vazante (inverno/2003). ....	100
Figura 4.12. Campo do componente longitudinal da corrente resultante nas secções S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> e S <sub>3</sub> , durante maré de quadratura (inverno/2003). ....	102
Figura 4.13. Variação horária dos transportes de volume na seção S <sub>1</sub> , durante a maré de quadratura (inverno/2003).....	103

Figura 4.14. Isopletas de temperatura, salinidade, Sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo para a estação F, em maré de quadratura (inverno/2003).....	106
Figura 4.15. Variação longitudinal de salinidade e temperatura em maré de quadratura ao longo da Baía de Guanabara (inverno/2003).....	107
Figura 4.16. Direção e intensidade dos ventos (inverno/2003), em período de sizígia (Estação Meteorológica do Gragoatá).....	108
Figura 4.17. Direção e intensidade dos ventos (inverno/2003), em período de sizígia (Estação Meteorológica do Aeroporto do Galeão). ....	109
Figura 4.18. Registros da altura da maré de quadratura na Ilha Fiscal e a previsão pelo PACMARÉ (inverno/2003). ....	110
Figura 4.19. Campo do componente longitudinal da corrente na seção S <sub>1</sub> , em maré de sizígia na enchente e vazante (inverno/2003).....	111
Figura 4.20. Campo do componente longitudinal da corrente na seção S <sub>3</sub> , em maré de sizígia na enchente e vazante (inverno/2003).....	112
Figura 4.21. Campo do componente secundário da corrente na seção S <sub>1</sub> , em maré de sizígia na enchente e vazante (inverno/2003). ....	113
Figura 4.22. Campo do componente secundário da corrente na seção S <sub>3</sub> , em maré de sizígia na enchente e vazante (inverno/2003). ....	114
Figura 4.23. Campo do componente longitudinal da corrente resultante, nas seções S <sub>1</sub> e S <sub>3</sub> , durante maré de sizígia (inverno/2003).....	115
Figura 4.24. Variação horária dos transportes de volume ao longo do ciclo da maré, calculado para a seção S <sub>1</sub> (inverno/2003).....	116
Figura 4.25. Isopletas de temperatura, salinidade, Sigma-t, componentes de velocidade transversal e longitudinal em função da profundidade adimensional e do tempo para a estação F, em maré de sizígia (inverno/2003). ....	118
Figura 4.26. Variação longitudinal de salinidade e temperatura em maré de sizígia ao longo da Baía de Guanabara (inverno/2003).....	120
Figura 4.27: Diagrama Estratificação-circulação vertical e lateral, calculados para as seções transversais em marés de quadratura e sizígia (inverno/2003).....	121
Figura 4.28. Diagrama T-S <i>espalhado</i> das propriedades termohalinas, em condições de quadratura e de sizígia (inverno/2003).....	123
Figura 4.29. Registro mensal de precipitação na Estação Meteorológica do Gragoatá (fevereiro/2004).....	124
Figura 4.30. Rosas de ventos calculadas na Estação Meteorológica do Gragoatá e do Aeroporto do Galeão (fevereiro/2004).....	125

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

