



Sinai de Fátima Gonçalves da Silva

**Ocorrência de PBDEs e PCBs em
mexilhões e peixes da Baía de Guanabara**

Tese de Doutorado

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Química da PUC-Rio como requisito parcial
para obtenção do título de Doutor em Química.

Orientadora: Isabel Maria Neto da Silva Moreira
Co-orientadora: Inái Martins Ribeiro de Andrade Brüning



Sinai de Fátima Gonçalves da Silva

**Ocorrência de PBDEs e PCBs em
mexilhões e peixes da Baía de Guanabara**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Química da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Profa. Isabel Maria Neto da Silva Moreira

Orientador

Departamento de Química - PUC-Rio

Profa. Rosalinda Carmela Montone

Instituto Oceanográfico - USP

Prof. Olaf Malm

Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho - UFRJ

Profa. Irene Baptista de Alleluia

Divisão de Meio Ambiente - INT

Profa. Silvana Vianna Rodrigues

Departamento de Química Analítica - UFF

José Eugenio Leal

Coordenador Setorial de Pesquisa e Pós-Graduação
do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 15 de setembro de 2009

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da autora, do orientador e da universidade.

Sinai de Fátima Gonçalves da Silva

Graduou-se em Engenharia Química (1988) e Licenciatura em Química (1992) pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ. Especialista em Didática aplicada à Educação Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro – CEFET-RJ (1996). Mestre em Ciências – Química pelo Instituto Militar de Engenharia – IME (1999). É professora do Quadro Permanente do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico no CEFET-RJ desde 1992.

Ficha Catalográfica

Silva, Sinai de Fátima Gonçalves da

Ocorrência de PBDEs e PCBs em mexilhões e peixes da Baía de Guanabara / Sinai de Fátima Gonçalves da Silva ; orientadoras: Isabel Maria Neto da Silva Moreira, Inái Martins Ribeiro de Andrade Brüning. – 2009.

196 f. : il. (color.) ; 30 cm

Tese (Doutorado em Química)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Inclui bibliografia

1. Química – Teses. 2. PCBs. 3. PBDEs. 4. Poluentes costeiros. 5. Interferentes endócrinos. 6. Peixes. 7. Mexilhões. 8. Baía de Guanabara. I. Moreira, Isabel Maria Neto da Silva. II. Brüning, Inái Martins Ribeiro de Andrade. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Química. IV. Título.

CDD: 540

Para meu Filho Thiago Raymundo, e
Para meu Marido Paulo Raymundo

Agradecimentos

Às minhas orientadoras, Isabel Maria Neto da Silva Moreira e Inái Martins Ribeiro de Andrade Brüning pelo carinho, paciência, motivação, presença, participação, e, principalmente, pela Impecável Orientação sem os quais esta tese não teria sido concluída.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) pela oportunidade de realização desta Tese e pela bolsa de isenção total das taxas escolares.

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro.

Aos professores do Departamento de Química da PUC-Rio pelas lições.

À Dr^a Rosalinda Carmela Montone, do LABQOM (Laboratório de Química Orgânica Marinha), IO (Instituto Oceanográfico), USP (Universidade de São Paulo), pela utilização do GC-MS.

À Dr^a Satie Taniguchi, do LABQOM, pela inestimável acolhida e pelas análises no GC-MS.

Ao Patrick e ao Mauro do LABQOM, pela ajuda, nas análises no GC-MS.

Aos componentes da Banca Examinadora pelo julgamento desta Tese.

À Maria de Fátima da S. Almeida, Secretária Executiva da Pós-graduação do Departamento de Química da PUC-Rio, pelo atendimento, atencioso e cortês.

À Marlene e ao Carlos, da secretaria do Departamento de Química (PUC-Rio), sempre solícitos e prestativos.

Ao Paulo Raymundo (meu marido) que me ajudou nas coletas e em muitas outras tarefas, além de tolerar, heroicamente e sempre, todas as minhas idiossincrasias.

À Carla, que me ensinou e, me encorajou na manipulação dos peixes e mexilhões, e a todos do Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais – LABMAM por muitos outros auxílios.

A Rachel e a Roberta Líryo, pelas companhias em algumas coletas e a todos do Laboratório de Espectrometria e Eletroquímica Aplicada – LEEA por muitas outras contribuições.

Ao Danilo (aluno de IC da PUC-Rio), que me auxiliou numa grande parcela do trabalho mais pesado do laboratório.

À Vanessa (aluna de IC da PUC-Rio), que também, me auxiliou numa parte do trabalho no laboratório.

Ao Álvaro, ao Noberto e a todos do Laboratório de Análises Espectrométricas – LABSPECTRO, por inumeráveis e providenciais auxílios.

Aos técnicos, Jorge, Valdeto, Carlos e Charles, por incontáveis empréstimos e ajudas.

Aos meus colegas, Professores da Coordenadoria de Química do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro, que absorveram parte dos meus encargos durante a realização deste trabalho.

Resumo

Silva, Sinai de Fátima Gonçalves; Moreira, Isabel Maria Neto da Silva. **Ocorrência de PBDEs e PCBs em peixes e mexilhões da Baía de Guanabara.** Rio de Janeiro, 2009. 196p. Tese de Doutorado - Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As bifenilas policloradas (PCBs) foram durante muitos anos usadas, principalmente, como fluidos refrigerantes e lubrificantes, em transformadores, capacitores e outros equipamentos elétricos. Os éteres difenílicos polibromados (PBDEs) ainda são amplamente utilizados como retardadores de chamas. Ambos são considerados poluentes orgânicos de extrema toxicidade e reportados como potentes interferentes endócrinos. Existem trabalhos anteriores que já detectaram PCBs na baía de Guanabara, porém, a pesquisa sobre PBDEs é pioneira. Foi desenvolvida e validada uma metodologia para extração, simultânea dos PCBs e PBDEs. Todas as amostras foram coletadas, extraídas, limpas e analisadas por GC-MS. Os PCBs foram os poluentes predominantes; entre eles o PCB-153 (bifenila-2, 2', 4, 4', 5, 5'-hexaclorada) provou ser o poluente mais disseminado, apresentando teor máximo de 261 ng.g⁻¹ de peso seco no fígado de tainha. A ocorrência dos PBDEs foi significativamente menor; o PBDE-47 (éter difenílico-2, 2', 4, 4'-tetrabromado) foi o mais freqüente, apresentando um teor máximo de 46 ng.g⁻¹ de peso seco no músculo de corvina. Comparando-se com outros ecossistemas, as concentrações de PCBs são maiores e as de PBDEs menores.

Palavras-chave

PCBs; PBDEs; Poluentes costeiros; Interferentes endócrinos; Peixes; Fígados de peixes; Mexilhões; Baía de Guanabara; Rio de Janeiro; Brasil.

Abstract

Silva, Sinai de Fátima Gonçalves; Moreira, Isabel Maria Neto da Silva (Advisor). **Occurrence of PBDEs and PCBs in fish and mussels from Guanabara Bay**. Rio de Janeiro, 2009. 196p. Doctorate Thesis - Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Polychlorinated biphenyls (PCBs) have been used mainly as coolants and lubricants in transformers, capacitors, and other electrical equipments. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) are still widely used as additive flame retardants. Both are among the most toxic environmental pollutants and reported as powerful endocrine disruptor. In Guanabara Bay previous studies have already detected PCBs, but the PBDE investigation is pioneer. A procedure for extracting simultaneously PCBs and PBDEs was developed and validated. Samples were collected, extracted, cleaned and analyzed by GC-MS. PCBs were the predominant pollutants, among them PCB-153 (2, 2', 4, 4', 5, 5'-hexachlorobiphenyl) proved to be the most disseminated one, with the highest content of 261 ng.g⁻¹ dry weight (dw) in fish liver. PBDE occurrences were significantly lower, being the PBDE-47 (2, 2', 4, 4'-tetrabromodiphenyl ether) the most frequent, with the highest content of 46 ng.g⁻¹ dry weight (dw) in fish tissue. In comparison to other ecosystems PCBs showed higher contents and PBDEs the lower ones.

KEYWORDS

PCBs; PBDEs; Coastal pollutants; Endocrine disruptors; Fish; Fish liver; Mussel; Guanabara Bay; Rio de Janeiro; Brasil.

Sumário

1 Introdução	26
2 Bifenilas policloradas (polychlorinated biphenyl – PCBs)	31
2.1. Nomenclatura dos PCBs	32
2.2. Considerações históricas sobre PCBs	32
2.3. Introdução de PCBs no Ambiente	35
2.4. Efeitos dos PCBs nos seres vivos	36
2.5. Toxicologia dos PCBs	37
2.6. Remediação de ambientes contaminados por PCBs	39
3 Éteres difenílicos polibromados (polybrominated diphenyl ethers – PBDEs)	40
3.1. Síntese e produção industrial de PBDEs	45
3.2. Distribuição dos PBDEs no planeta	47
3.3. Fotodegradação dos PBDEs	48
3.4. Toxicologia dos PBDEs	49
4 Área de estudo e espécies estudadas	51
5 Experimental	56
5.1. Reagentes	56
5.1.1. Solventes	56
5.1.2. Produtos químicos e adsorventes	56
5.1.3. Padrões	57
5.2. Equipamentos	59
5.3. Materiais	60
5.4. Coleta, amostragem, tratamento e preservação das amostras	60
5.4.1. Mexilhões	61
5.4.2. Peixes	63
5.5. Metodologia analítica	64

5.5.1. Saponificação	66
5.5.2. Extração	66
5.5.3. Limpeza (“clean – up”)	67
5.5.4. Análise por cromatografia com fase gasosa	68
5.5.5. Determinação de lipídios	70
5.5.6. Construção das curvas analíticas	71
5.5.7. Controle de qualidade	72
5.5.8. Tratamento estatístico dos dados	75
6 Resultados e discussões	76
6.1. Dados de biometria	76
6.2. Curvas analíticas	83
6.3. Controle de qualidade e validação da metodologia	83
6.3.1. Análise de brancos	83
6.3.2. Limites de detecção (LDM) e quantificação (LQM)	85
6.3.3. Análise do Material de Referência Certificado – SRM 2977	86
6.3.4. Ensaio de recuperação	89
6.4. Determinação do teor de lipídios em músculos de corvinas, músculos de tainhas e em tecidos moles de mexilhões	91
6.4.1. Correlação entre teores de lipídios nas espécies estudadas	97
6.5. PBDEs nos músculos de corvinas	97
6.6. PBDEs nos músculos de tainhas	102
6.7. PBDEs nos fígados das tainhas	104
6.8. PBDEs nos mexilhões	108
6.9. PBDEs nas diversas espécies	110
6.10. PCBs nos músculos de corvinas	111
6.11. PCBs nos músculos de tainhas	118
6.12. PCBs nos fígados das tainhas	124
6.13. PCBs nos tecidos moles dos mexilhões	130
6.14. PCBs nas diversas espécies	136
7 Conclusões	139
8 Referências bibliográficas	141

9 Anexos	165
9.1. Anexo 1 - Curva analítica usada nas determinações de PCB-153.	165
9.2. Anexo 2 - Curva analítica usada nas determinações de PCB-180.	166
9.3. Anexo 3 - Curvas analíticas usadas nas determinações dos BDEs.	167
9.4. Anexo 4 - Componentes dos Padrões Certificados	175
9.5. Anexo 5 - Figuras com as tabelas dos resultados dos testes estatísticos (imagens importadas do pacote estatístico PASW statistics, como figuras).	177
10 Apêndice	195
10.1. Apêndice 1 – O “Box-plot”	195

Lista de figuras

Figura 1 – Estrutura das bifenilas policloradas - PCBs.	26
Figura 2 – Estrutura dos éteres difenílicos polibromados - PBDEs.	26
Figura 3 – Numeração relativa à posição dos átomos de cloro nas moléculas de PCBs.	32
Figura 4 – Estruturas de PCBs coplanares, do PCB-180 e do TCDD.	38
Figura 5 - Estruturas de PBDEs(a), HBCD(b), TBBPA(c) e PBB(d)	41
Figura 6 - Estruturas dos PCBs (a) e do DDT (b)	42
Figura 7 - Estruturas de T4 (a) e T3 (b), hormônios da Tireóide	42
Figura 8 - numeração relativa à posição dos átomos de bromo nas moléculas de PBDEs	43
Figura 9 – Estrutura espacial do BDE-47	44
Figura 10 – Solubilidade em água, de PCBs (círculos brancos) e de PBDEs (círculos pretos)	49
Figura 11 - Fórmulas estruturais espaciais do T4(a), PBDE-168 (b) e PCB-168 (c)	50
Figura 12 – Baía de Guanabara, ponte Rio-Niterói.	51
Figura 13 – Baía de Guanabara, cultivo de mexilhões em Jurujuba	52
Figura 14 – Baía de Guanabara, Ilha de Boa Viagem	52
Figura 15 – Baía de Guanabara, Plataforma de petróleo	53
Figura 16 – Corvina (<i>Micropogonias furnieri</i>)	53
Figura 17 – Tainha (<i>Mugil lisa</i>)	54
Figura 18 – Mexilhões (<i>Perna perna</i>)	54
Figura 19 – Mapa da Baía de Guanabara com as estações de coletas de mexilhões numeradas	62
Figura 20 – Fluxograma representativo das etapas da metodologia utilizada	65
Figura 21 – Distribuição dos valores de comprimentos totais das corvinas analisadas de cada campanha de amostragem.	78

Figura 22– Distribuição dos valores de massas das corvinas analisadas de cada campanha de amostragem.	79
Figura 23 - Distribuição dos valores de comprimentos totais das tainhas analisadas de cada amostragem.	79
Figura 24 - Distribuição dos valores de massas das tainhas analisadas de cada campanha de amostragem.	80
Figura 25 – Dispersão das medidas de comprimentos totais, das corvinas analisadas, de cada campanha de amostragem.	81
Figura 26 – Dispersão das medidas de massa, das corvinas analisadas, em cada campanha de amostragem.	81
Figura 27 – Dispersão das medidas de comprimentos totais, das tainhas analisadas, de cada campanha de amostragem.	82
Figura 28 - Dispersão das medidas de massa, das tainhas analisadas, em cada campanha de amostragem.	82
Figura 29 – Cromatograma típico do ensaio em branco das determinações de PBDEs.	83
Figura 30 - Cromatograma típico da curva analítica das determinações de PBDEs.	84
Figura 31 - Cromatograma típico da determinação de PBDEs numa amostra de corvina.	84
Figura 32 - Cromatograma típico do ensaio em branco das determinações de PCBs.	84
Figura 33 - Cromatograma típico da curva analítica das determinações de PCBs	85
Figura 34 - Cromatograma típico da determinação de PCBs numa amostra de músculo de corvina.	85
Figura 35 – dispersão dos valores percentuais encontrados nos ensaios de recuperação	90
Figura 36 - Distribuição dos valores das concentrações de lipídios encontrados nos músculos de corvinas de cada campanha de amostragem	92

Figura 37 - Distribuição dos valores de concentrações de lipídios encontrados nos músculos de tainhas de cada campanha de amostragem.	93
Figura 38 - Distribuição dos valores de concentrações de lipídios encontrados nos mexilhões de cada campanha de amostragem.	93
Figura 39 – Dispersão das concentrações de lipídios, nos músculos de corvinas, de cada campanha de amostragem.	94
Figura 40 – Dispersão das concentrações de lipídios, nos músculos de tainhas, de cada campanha de amostragem.	94
Figura 41 – Dispersão das concentrações de lipídios, dos mexilhões, de cada campanha de amostragem.	95
Figura 42 – Medianas e dispersões dos teores de lipídios (mg.g^{-1} de peso seco) nos músculos de corvinas, músculos de tainhas e mexilhões.	97
Figura 43 - Distribuição dos teores do BDE-47 nos músculos das corvinas.	99
Figura 44 – Dispersão dos teores do BDE-47, por campanha de amostragem nos músculos das corvinas.	100
Figura 45 - Distribuição dos teores totais de PBDEs nos músculos das corvinas.	100
Figura 46 - Dispersão dos teores totais de PBDEs, por campanha de amostragem, nos músculos das corvinas.	101
Figura 47 – Distribuição dos teores, em ng.g^{-1} de peso seco, de BDE-47 nos fígados das tainhas.	106
Figura 48 – Dispersão dos teores do BDE-47, em ng.g^{-1} de peso seco, por campanha de amostragem nos fígados das tainhas	106
Figura 49 - Distribuição dos teores totais de PBDEs , em ng.g^{-1} de peso seco, nos fígados das tainhas	107

Figura 50 – Dispersão dos teores totais de PBDEs, em ng.g^{-1} de peso seco, por campanha de amostragem, nos fígados das tainhas	107
Figura 51 – Distribuição dos teores totais de PCBs em músculos das corvinas, em ng.g^{-1} de peso seco.	116
Figura 52 – Dispersão dos teores totais de PCBs, por campanha de amostragem, em músculos das corvinas em ng.g^{-1} de peso seco.	116
Figura 53 - Distribuição dos teores totais de PCBs em músculos das tainhas, em ng.g^{-1} de peso seco.	122
Figura 54 - Dispersão dos teores totais de PCBs, por campanha de amostragem, em músculos das tainhas em ng.g^{-1} de peso seco.	123
Figura 55 - Distribuição dos teores totais de PCBs em fígados das tainhas, em ng.g^{-1} de peso seco.	128
Figura 56 - Dispersão dos teores totais de PCBs, por campanha de amostragem, em fígados das tainhas em ng.g^{-1} de peso seco.	129
Figura 57 - Distribuição dos teores totais de PCBs em mexilhões, em ng.g^{-1} de peso seco.	134
Figura 58 - Dispersão dos teores totais de PCBs, por campanha de amostragem, em mexilhões, em ng.g^{-1} de peso seco.	135
Figura 59 - Dispersão dos teores totais de PCBs, para cada espécie estudada, em ng.g^{-1} de peso seco.	137
Figura 60 – Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas das três campanhas de amostragens têm distribuições de comprimentos e de massas idênticas.	177

- Figura 61 - Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de tainhas das três campanhas de amostragens têm distribuições de comprimentos e de massas idênticas. (imagem importada do pacote estatístico PASW statistics). 177
- Figura 62 – Teste de significância (t de Student, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que a média das recuperações foi igual a 100%. 178
- Figura 63 - Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas das três campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de lipídios idênticas. 178
- Figura 64 - Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas das três campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de lipídios idênticas. 179
- Figura 65 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas das 1ª e 2ª campanhas amostragens têm distribuições dos teores de lipídios idênticas. 179
- Figura 66 – Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas das 1ª e 3ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de lipídios idênticas. 180

- Figura 67 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas das 2ª e 3ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de lipídios idênticas. 180
- Figura 68 - Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de mexilhões das três campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de lipídios idênticas. 181
- Figura 69 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de mexilhões das 1ª e 2ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de lipídios idênticas. 181
- Figura 70 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de mexilhões das 1ª e 3ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de lipídios idênticas. 182
- Figura 71 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de mexilhões das 2ª e 3ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de lipídios idênticas. 182
- Figura 72 - Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas, músculos de tainhas e mexilhões das têm distribuições de teores de lipídios idênticas. 183
- Figura 73 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas e músculos de tainhas têm distribuições de teores de lipídios idênticas. 183

- Figura 74 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas e mexilhões têm distribuições de teores de lipídios idênticas. 184
- Figura 75 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas e mexilhões têm distribuições de teores de lipídios idênticas. 184
- Figura 76 - Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas das três campanhas de amostragens têm distribuições de teores de BDE-47 e do total de PBDEs idênticas. 185
- Figura 77 - Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de fígados de tainhas das três campanhas de amostragens têm distribuições de teores de BDE-47 e do total de PBDEs idênticas. 185
- Figura 78 – Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas das três campanhas de amostragens têm distribuições de teores de PCBs idênticas. 186
- Figura 79 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas das 1ª e 2ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de PCBs idênticas. 186
- Figura 80 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas das 1ª e 3ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de PCBs idênticas. 187

- Figura 81 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas das 2ª e 3ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de PCBs idênticas 187
- Figura 82 - Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas das três campanhas de amostragens têm distribuições de teores de PCBs idênticas. 188
- Figura 83 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas das 1ª e 2ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de PCBs idênticas. 188
- Figura 84 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas das 1ª e 3ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de PCBs idênticas. 189
- Figura 85 - Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas das 2ª e 3ª campanhas de amostragens têm distribuições dos teores de PCBs idênticas. 189
- Figura 86 - Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de fígados de tainhas das três campanhas de amostragens têm distribuições de teores de PCBs idênticas. 190

- Figura 87 - Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de mexilhões das três campanhas de amostragens têm distribuições de teores de PCBs idênticas. 190
- Figura 88 – Teste de significância (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas, músculos de tainhas, fígados de tainhas e mexilhões têm distribuições de teores de PCBs totais idênticas. 191
- Figura 89 – Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas e músculos de tainhas têm distribuições de teores de PCBs totais idênticas. 191
- Figura 90 – Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas e de fígados de músculos de tainhas têm distribuições de teores de PCBs totais idênticas. 192
- Figura 91 – Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de corvinas e de mexilhões têm distribuições de teores de PCBs totais idênticas. 192
- Figura 92 – Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas e de fígados de tainhas têm distribuições de teores de PCBs totais idênticas. 193
- Figura 93 – Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de fígados de tainhas e mexilhões têm distribuições de teores de PCBs totais idênticas. 193

Figura 94 – Teste de significância (Mann-Whitney, $p > 0,05$) para verificar a hipótese nula de que as populações de músculos de tainhas e de mexilhões têm distribuições de teores de PCBs totais idênticas.

194

Lista de tabelas

Tabela 1 – Isômeros possíveis, massas moleculares e porcentagem, em massa, de cloro para cada grupo de congênere.	31
Tabela 2 – Toxicidade de PCBs de interesse ambiental	38
Tabela 3 – Produção estimada de BRFs, no mundo, em 2001 (BSEF, 2003).	44
Tabela 4 - Dados de biometria dos indivíduos da espécie <i>Micropogonias furniere</i> (corvinas) coletados nesta pesquisa.	74
Tabela 5. Dados de biometria dos indivíduos da espécie <i>Mugil liza</i> (tainha) coletados nesta pesquisa.	77
Tabela 6 – Limites de detecção para os PBDEs (em ng.g ⁻¹ peso seco)	85
Tabela 7 – Limites de detecção para os PCBs (em ng.g ⁻¹ peso seco)	86
Tabela 8 – teores de PBDEs no SRM – 2977 (em ng.g ⁻¹ peso seco)	87
Tabela 9 – teores de PCBs no SRM – 2977(em ng.g ⁻¹ peso seco)	87
Tabela 10 - Resultados, em porcentagem da recuperada, do ensaio de recuperação	89
Tabela 11 - Resultados das determinações de lipídios realizadas nos músculos de corvinas	91
Tabela 12 - Resultados das determinações de lipídios realizadas nos músculos de tainhas.	91
Tabela 13 - resultados das determinações de lipídios realizadas nos mexilhões.	92
Tabela 14 – Concentração de PBDEs (em ng.g ⁻¹ peso seco) em músculos de corvinas da primeira campanha de amostragem.	98

Tabela 15 - Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} peso seco) em músculos de corvinas da segunda campanha de amostragem	98
Tabela 16 – Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} peso seco) em músculos de corvinas da terceira campanha de amostragem	98
Tabela 17 - Concentração total de PBDEs (em ng.g^{-1} peso seco) em músculos de corvinas das três campanhas de amostragem	99
Tabela 18 – Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} peso seco) em músculos de tainhas	102
Tabela 19 - Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} peso seco) em músculos de tainhas	103
Tabela 20 – Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} peso seco) em músculos de tainhas	103
Tabela 21 - Concentração total de PBDEs (em ng.g^{-1} peso seco) em músculos de tainhas das três campanhas de amostragem	103
Tabela 22 – Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} de peso seco) em fígados de tainhas	104
Tabela 23 – Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} de peso seco) em fígados de tainhas	104
Tabela 24 – Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} de peso seco) em fígados de tainhas	105
Tabela 25 - Concentração total de PBDEs (em ng.g^{-1} de peso seco) em fígados de tainhas das três campanhas de amostragem	105
Tabela 26 - Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} peso seco) em mexilhões	109
Tabela 27 - Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} peso seco) em mexilhões	109

Tabela 28 - Concentração de PBDEs (em ng.g^{-1} peso seco) em mexilhões	109
Tabela 30 – Teores de PCBs nos músculos de corvinas da 1ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	112
Tabela 31 - Teores de PCBs nos músculos de corvinas da 2ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	113
Tabela 32 - Teores de PCBs nos músculos de corvinas da 3ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	114
Tabela 33 – Total de PCBs nos músculos de corvinas.	115
Tabela 34 - Teores de PCBs nos músculos de tainhas da 1ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	118
Tabela 35 - Teores de PCBs nos músculos de tainhas da 2ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	119
Tabela 36 - Teores de PCBs nos músculos de tainhas da 3ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	120
Tabela 37 - Total de PCBs nos músculos de tainhas.	122
Tabela 38 - Teores de PCBs nos fígados das tainhas da 1ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	124
Tabela 39 - Teores de PCBs nos fígados das tainhas da 2ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	125
Tabela 40 - Teores de PCBs nos fígados das tainhas da 3ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	127
Tabela 41 - Total de PCBs nos fígados das tainhas.	128
Tabela 42 - Teores de PCBs nos mexilhões da 1ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	130
Tabela 43 - Teores de PCBs nos mexilhões da 2ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	131
Tabela 44 - Teores de PCBs nos mexilhões da 3ª amostragem em ng.g^{-1} de peso seco.	132
Tabela 45 – Total de PCBs nos mexilhões.	134
Tabela 46 – Tabela dos máximos, médias e mínimos dos teores de lipídios, PBDEs e PCBs encontrados para as espécies estudadas.	138

“Faz-se ciência com fatos, como se faz uma casa com pedras; mas uma acumulação de fatos não é uma ciência, assim como um montão de pedras não é uma casa.”

(Henri Poincaré)