



Tércia Guedes Seixas

**Influência de Parâmetros Ecológicos e Biológicos na
Acumulação de Elementos Essenciais (Se, As, Cu) e Não-
essenciais (Hg, Cd, Ag, Pb) em Fígado e Rins de Cetáceos
da Porção Oeste do Oceano Atlântico Sul**

Tese de Doutorado

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

Orientadoras: Profa. Dra. Isabel Maria Neto da Silva Moreira
Profa. Dra. Helena do Amaral Kehrig

Rio de Janeiro
Julho de 2008

Tércia Guedes Seixas

**Influência de Parâmetros Ecológicos e Biológicos na Acumulação de
Elementos Essenciais (Se, As, Cu) e Não-essenciais (Hg, Cd, Ag, Pb)
em Fígado e Rins de Cetáceos da Porção Oeste do Oceano Atlântico
Sul**

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. Dra. Isabel Maria Neto da Silva Moreira
Orientador - Departamento de Química - PUC-Rio

Profa. Dra. Helena do Amaral Kehrig
Orientador - Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho - UFRJ

Profa. Dra. Ana Paula Madeira Di Beditto
Centro de Biociências e Biotecnologia - UENF

Prof. Dr. José Marcus de Oliveira Godoy
Departamento de Química - PUC-Rio

Prof. Dr. Josino Costa Moreira
Escola Nacional de Saúde Pública - FIOCRUZ

Profa. Dra. Monica Ferreira da Costa
Departamento de Oceanografia - UFPE

Prof. Dr. Ricardo Erthal Santelli
Departamento de Geoquímica – UFF

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de julho de 2008

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

Tércia Guedes Seixas

Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2001) e mestrado em Química Analítica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2004). Desde 2003 vem participando de projetos na área de Ecologia Aplicada em conjunto com pesquisadores da UFRJ (IBCCF-LREPF) e da UFPE (Departamento de Oceanografia). Tem experiência na área de Química Analítica, com ênfase em Química do Mar, atuando principalmente na determinação de elementos-traço (Se, As, Cd, Hg, Ag, Cu e Pb) e também, na análise de especiação de Hg em amostras biológicas utilizando a Espectrometria de Absorção Atômica (GF-AAS e CV-AAS).

Ficha Catalográfica

Seixas, Tércia Guedes

Influência de parâmetros ecológicos e biológicos na acumulação de elementos essenciais (Se, As, Cu) e não-essenciais (Hg, Cd, Ag, Pb) em fígado e rins de cetáceos da porção oeste do Oceano Atlântico Sul / Tércia Guedes Seixas ; orientadoras: Isabel Maria Neto da Silva Moreira e Helena do Amaral Kehrig. – 2008.

130 f. : il. ; 30 cm

Tese (Doutorado em Química)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Química – Teses. 2. Cetáceos marinhos. 3. Elementos-traço e mercúrio orgânico. 4. Parâmetros ecológicos e biológicos. 5. GF-AAS. 6. FI-CV-AAS. 7. Porção oeste do Oceano Atlântico Sul. 8. Inter-relação entre os elementos. I. Moreira, Isabel Maria Neto da Silva. II. Kehrig, Helena do Amaral. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Química. IV. Título.

CDD: 540

À memória de meus pais
À minha pequena família
À minha amiga Helena do Amaral Kehrig
À minha grande e nova família
A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho

Agradecimentos

Esta tese é o produto final de um trabalho que contou com a participação e suporte de inúmeras pessoas e instituições, as quais colaboraram comigo tanto no âmbito profissional como no pessoal. É um enorme prazer para mim, relembrar aqui seus nomes e agradecê-las.

Agradeço imensamente à minha orientadora e acima de tudo grande amiga Dra. Helena do Amaral Kehrig, pelo seu grande incentivo, colaboração, parceria, confiança e orientação, indispensáveis na realização deste trabalho. Muito obrigada por todo aprendizado!

Agradeço à Profa. Dra. Isabel Maria Neto da Silva Moreira, pela oportunidade do meu retorno ao Departamento de Química da PUC-Rio e também pela orientação.

Ao Professor Dr. Olaf Malm por toda confiança, apoio, incentivo e pelo imprescindível suporte instrumental.

Às Professoras da UENF, Dra. Ana Paula M. Di Benedetto e Dra. Cristina Maria M. Souza, por gentilmente terem cedido as amostras de *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis* e *Stenella frontalis* que foram empregadas neste estudo.

Aos Professores da FURG, Dr. Gilberto Fillmann e Dr. Eduardo R. Secchi, por gentilmente terem cedido as amostras de *Pontoporia blainvillei*, *Stenella coeruleoalba* e *Stenella frontalis* que foram empregadas neste estudo.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos que me foi concedida durante este trabalho e também, pelo auxílio financeiro concedido através do projeto N°. 151634/2006-8.

À FAPERJ, pelo auxílio financeiro concedido através do projeto N°. E-26/150187/2006.

À UFRJ e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao meu amigo Rodrigo, do Laboratório de Absorção Atômica da PUC-Rio, por toda sua ajuda nos momentos difíceis com o equipamento.

A todos do Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca, em especial à Dra. Elisabete Palermo, à MSc. Daniele Kasper, à MSc. Marianna Badini e Kelly Fernandes por toda a ajuda durante a preparação das amostras e a realização da parte experimental da tese.

Ao Ricardinho, do Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca, por toda sua paciência e ajuda na determinação de Hg nas minhas amostras.

Aos professores do Departamento de Química por todo aprendizado durante esses anos de estudo.

Aos professores que participaram da Comissão examinadora.

À minha amada “irmã-mãe” Tarsis, por toda a força durante os momentos mais difíceis da minha vida, pelo incentivo e carinho. Muito obrigada por tudo!

Aos funcionários do Departamento de Química, em especial à Fátima Almeida, pelos ensinamentos e pela sua indispensável ajuda.

A todos os que não foram mencionados nominalmente, mas que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

Seixas, Tércia Guedes. **Influência de Parâmetros Ecológicos e Biológicos na Acumulação de Elementos Essenciais (Se, As, Cu) e Não-essenciais (Hg, Cd, Ag, Pb) em Fígado e Rins de Cetáceos da Porção Oeste do Oceano Atlântico Sul.** Rio de Janeiro, 2008. 130p. Tese de Doutorado - Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Neste estudo, avaliou-se a influência de alguns parâmetros ecológicos e biológicos sobre a acumulação dos elementos-traço e mercúrio orgânico (Hg_{Org}) no fígado e rins de espécies de cetáceos de hábitos costeiros (*Pontoporia blainvillei*, N = 31; *Sotalia guianensis*, N = 21) e oceânicos (*Stenella coeruleoalba*, N = 3; *Stenella frontalis*, N = 4), acidentalmente capturados em duas áreas distintas da costa brasileira (tropical - litoral do norte do estado do Rio de Janeiro e subtropical - litoral do estado do Rio Grande do Sul). Assim, foram gerados novos dados a respeito das concentrações destes elementos em órgãos de cetáceos marinhos ainda pouco estudados, especialmente em uma região com pouca informação como a porção oeste do Oceano Atlântico Sul. Para tal, foram aplicados métodos analíticos baseados na técnica da espectrometria de absorção atômica (AAS), utilizando a espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GF-AAS) e a espectrometria de absorção atômica com vapor frio (CV-AAS), as mais frequentemente aplicadas para a determinação de elementos-traço e mercúrio respectivamente, em amostras biológicas. Estas técnicas apresentaram ótima precisão e exatidão comprovadas através da análise de materiais de referência certificados (CRM) do National Research Council – Canadá (DORM-2, DOLT-2 e TORT-2). Foram observadas diferenças regionais (região tropical e subtropical) e inter-específicas (golfinhos de hábitos costeiro e oceânico) sobre a acumulação dos elementos-traço e Hg_{Org} nos órgãos estudados. As espécies de hábito oceânico apresentaram as maiores concentrações destes elementos em seus órgãos. O sexo dos indivíduos não influenciou na bioacumulação dos elementos e Hg_{Org}. Os parâmetros população, comprimento total, e maturidade sexual, influenciaram na acumulação dos elementos-traço e Hg_{Org} em ambos os órgãos, de acordo com a espécie e a área de captura. *S. guianensis*, co-habita o mesmo ambiente que *P. blainvillei*, e preferencialmente se alimenta de peixes maiores e predadores, neste estudo, apresentou a razão molar de 1:1 entre o Se e o Hg,

mostrando assim, que provavelmente o processo de destoxificação de metilmercúrio hepático esteja ocorrendo. A espécie *P. blainvillei* se alimenta preferencialmente de cefalópodes e peixes pequenos, e apresentou uma razão molar de 4:1 entre o Se e o Hg no fígado. Os metais de transição Cd e Ag, que também interagem com o Se hepático nos mamíferos, apresentaram correlações significativas no fígado dos cetáceos marinhos estudados. A espécie *S. guianensis* apresentou correlações significativas entre as concentrações molares de Se e Cd ($p = 0,01$) e Se e Ag ($p < 0,001$) no fígado. Para a espécie *P. blainvillei*, os indivíduos provenientes de ambas as regiões (tropical e subtropical) apresentaram correlações significativas entre as concentrações molares de Se e Hg ($p < 0,001$) no fígado. Somente os indivíduos de *P. blainvillei* capturados na região tropical apresentaram correlações significativas entre as concentrações molares de Se e Cd ($p < 0,001$). Não só as diferentes condições ambientais, mas também, o tempo de vida, o estágio de crescimento e, principalmente a preferência alimentar, influenciaram fortemente sobre a acumulação de elementos-traço e Hg_{org} nos tecidos dos cetáceos assim como, sobre suas inter-relações.

Palavras-chave

Cetáceos marinhos; elementos-traço e mercúrio orgânico; parâmetros ecológicos e biológicos; GF-AAS; FI-CV-AAS; porção oeste do Oceano Atlântico Sul; inter-relação entre os elementos.

Abstract

Seixas, Tércia Guedes. **Influence of Ecological and Biological Parameters on the Accumulation of Essential (Se, As, Cu) and Non-essential Elements (Hg, Cd, Ag, Pb) by the Liver and Kidney of Cetaceans from the Western South Atlantic Ocean.** Rio de Janeiro, 2008. 130p. Tese de Doutorado - Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The present work tested whether ecological and biological parameters have an influence on the accumulation of trace elements and organic mercury (Hg_{Org}) by the liver and kidney of coastal (*Pontoporia blainvillei*, N = 31; *Sotalia guianensis*, N = 21) and oceanic (*Stenella coeruleoalba*, N = 3; *Stenella frontalis*, N = 4) cetaceans species incidentally caught in fishing nets along two Brazilian coastal areas (tropical – northern Rio de Janeiro State and subtropical – Rio Grande do Sul State). This research added new insight to the existing studies with trace element concentrations in internal organs of marine cetaceans from the southwestern Atlantic Ocean. Few studies have documented trace element concentrations in marine mammals in this area. Analytical methodologies based on atomic absorption spectrometry (AAS), using the graphite furnace (GF-AAS) and cold vapor (CV-AAS) techniques were applied for this purpose. They are the most popular analytical techniques applied for trace element and mercury determination, respectively, in biological samples. Precision and accuracy of the analytical methods were determined and monitored using certified material from National Research Council – Canada (DORM-2, DOLT-2 and TORT-2). Inter-species (coastal and oceanic cetacean species) and regional (tropical and subtropical regions) differences were observed in the accumulation of trace elements and organic mercury in organs, liver and kidney. The highest concentrations of these elements were observed in the liver of the oceanic cetacean species. However, no gender differences were found on the bioaccumulation of trace elements and also organic mercury. Biological parameters such as, population, body length and sexual maturity influenced on the trace element and organic mercury accumulation by both organs, according to the cetacean species and caught area. *S. guianensis*, which co-habits the same coastal marine environment that *P. blainvillei* species, was the only dolphin species that presented a Se:Hg molar ratio close to 1:1, showing that a probable detoxification

process can be occurring in the liver of *S. guianensis*. This dolphin species feeds mainly on predatory fish, while *P. blainvillei* feeds mainly on fish and cephalopods. *P. blainvillei* presented a Se:Hg molar ratio close to 4:1. It's known that transition metals, such as Hg, Cd and Ag, have an interaction with Se in the liver of marine mammals. The molar concentrations of Cd ($p = 0.01$) and Ag ($p < 0.001$) presented significant correlations with the hepatic molar Se in the liver of *S. guianensis*. *P. blainvillei* from both sampling areas presented a high significant correlation for molar Se to Hg concentrations ($p < 0.001$) in liver. Meanwhile, only individuals of *P. blainvillei* from tropical region showed a significant correlation with hepatic Se and Cd ($p < 0.001$). Based on the results present here, it is possible to conclude that, not only the different environmental conditions, but also life span, growth stage but mainly the feeding habit influenced the accumulation of trace elements and organic mercury by cetacean tissues. These ecological and biological parameters influenced on the inter-element relationships.

Keywords

Marine cetaceans; trace elements and organic mercury; ecological and biological parameters; GF-AAS; FI-CV-AAS; western South Atlantic Ocean; inter-element relationship.

Sumário

1. Introdução	19
2. Objetivos e Hipóteses	24
2.1. Objetivo Geral	24
2.2. Objetivos Específicos	25
2.3. Hipóteses	25
3. Métodos Analíticos Utilizados na Determinação de Elementos-traço em Amostras Biológicas	26
3.1. Espectrometria de absorção atômica (AAS)	28
3.1.1. A técnica do forno de grafite	31
3.1.2. A técnica do vapor frio	36
4. Materiais e Métodos	39
4.1. Áreas de estudo	39
4.2. Descrição das espécies estudadas	41
4.2.1. <i>Pontoporia blainvillei</i> (Gervais & D'Orbigny, 1844)	41
4.2.2. <i>Sotalia guianensis</i> (van Bénédén, 1862)	45
4.2.3. gênero <i>Stenella</i> (Gray, 1866)	47
4.3. Preparo das amostras	50
4.4. Soluções e reagentes	52
4.5. Determinação de Se, As, Cu, Cd, Ag e Pb nas amostras	52
4.5.1. Efeitos de matriz em GF-AAS	55
4.5.2. Procedimento analítico para a determinação de Se, As, Cu, Cd, Ag e Pb nas amostras de fígado e rins dos cetáceos marinhos por GF-AAS	56
4.6. Determinação de Hg _{Tot} e Hg _{Org} nas amostras	57
4.6.1. Procedimento analítico para a determinação de Hg _{Tot} nas amostras de fígado e rins dos cetáceos marinhos por FI-CV-AAS	58
4.6.2. Procedimento analítico para a determinação de Hg _{Org} nas amostras de fígado e rins dos cetáceos marinhos por FI-CV-AAS	58

4.7. Análises Estatísticas	59
5. Resultados e discussão	61
5.1. Limites de detecção (L.D.) e quantificação (L.Q.)	61
5.2. <i>Pontoporia blainvillei</i> (Gervais & D'Orbigny, 1844)	63
5.2.1. Concentração dos elementos-traço nos órgãos	63
5.2.2. O efeito de parâmetros biológicos (comprimento total, sexo e maturidade sexual) sobre a acumulação dos elementos-traço	69
5.2.2.1. Elementos essenciais (Se, As e Cu)	71
5.2.2.2. Elementos não-essenciais (Hg, Cd, Ag e Pb)	73
5.2.2.3. Elementos x idade	77
5.2.3. Comparação com outras regiões costeiras da América do Sul	80
5.3. <i>Sotalia guianensis</i> (van Bénédén, 1862)	82
5.3.1. O efeito de parâmetros biológicos (comprimento total, sexo e maturidade sexual) sobre a acumulação hepática dos elementos-traço	82
5.4. gênero <i>Stenella</i>	86
5.5. Relação entre as espécies de cetáceos investigadas	87
5.6. Diferenças regionais	91
5.6.1. <i>Pontoporia blainvillei</i> (Gervais & D'Orbigny, 1844)	91
5.6.2. <i>Stenella frontalis</i> (Cuvier, 1829)	92
5.7. Relações entre os elementos	93
5.7.1. Relação entre mercúrio e selênio	93
5.7.2. Relação entre cádmio e selênio	99
5.7.3. Relação entre prata e selênio	102
6. Conclusões	105
7. Referências bibliográficas	107
Anexos	117

Lista de tabelas

Tabela 1. Alguns métodos instrumentais utilizados na análise de elementos-traço (adaptado de Skoog et al., 2002)	27
Tabela 2. Comparação entre diversos métodos de análise para elementos-traços (adaptado de Welz & Sperling, 1999; Skoog et al., 2002; Nordberg et al., 2007)	28
Tabela 3. Dados biológicos de <i>Pontoporia blainvillei</i> acidentalmente capturadas ao longo da costa norte do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S)	44
Tabela 4. Dados biológicos de <i>Sotalia guianensis</i> acidentalmente capturados ao longo da costa norte do Rio de Janeiro (SE)	47
Tabela 5. Condições instrumentais e parâmetros analíticos otimizados para a determinação de Se, As, Ag, Cd, Cu e Pb total em amostras biológicas (volume de injeção de 20 µL) por GF-AAS	54
Tabela 6. Inclinações correspondentes à calibração aquosa (β_1) e a calibração por adição de analito (β_2) para a determinação de elementos-traço em amostras de fígado de cetáceos marinhos	56
Tabela 7. Resultados para a análise dos materiais de referência certificados	61
Tabela 8. Concentrações dos elementos essenciais e não-essenciais ($\mu\text{g g}^{-1}$ em peso seco) nos órgãos das espécies de cetáceos acidentalmente capturadas ao longo da costa norte do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S)	64
Tabela 9. Comparação das concentrações dos elementos essenciais e não-essenciais ($\mu\text{g g}^{-1}$) no fígado de cetáceos da costa da América do Sul	81
Tabela 10. Valor de F e a distância de Mahalanobis (D^2) entre as diferentes espécies de cetáceos analisadas, dados a partir da análise de discriminante	88

Lista de figuras

Figura 1. Representação do forno original de L'vov (a) e do Forno de Massmann (b) (Modificado de Welz & Sperling, 1999)	32
Figura 2. Programa de temperatura do forno de grafite (modificado de Seixas, 2004)	33
Figura 3. Pulso de absorção: Absorvância x Tempo (modificado de Seixas, 2004)	35
Figura 4. Esquema de um sistema para determinação de mercúrio pela técnica de vapor frio	37
Figura 5. Áreas de captura acidental das espécies de golfinhos	40
Figura 6. Distribuição geográfica (destacada em verde) da espécie <i>Pontoporia blainvillei</i> na costa leste da América do Sul (modificado de Crespo, 2002)	42
Figura 7. <i>Pontoporia blainvillei</i> (desenhado por Wurtz-Artescienza) (Adaptado de www.cms.int)	43
Figura 8. Distribuição geográfica (destacada em verde; no litoral) da espécie <i>Sotalia guianensis</i> (Adaptada do site www.cms.int)	45
Figura 9. <i>Sotalia guianensis</i> (desenhado por Wurtz-Artescienza) (Adaptado de www.cms.int)	46
Figura 10. Distribuição geográfica (destacada em verde) da espécie <i>Stenella frontalis</i> nas águas tropicais e subtropicais do Oceano Atlântico Sul e nas águas temperadas do Oceano Atlântico Norte (modificado de Perrin et al., 1994)	48
Figura 11. <i>Stenella frontalis</i> (desenhado por Wurtz-Artescienza) (Adaptado de www.cms.int)	49
Figura 12. Distribuição geográfica (destacada em verde) da espécie <i>Stenella coeruleoalba</i> nas águas tropicais, subtropicais e temperadas ao redor do mundo (modificado de Perrin et al., 1994 e Archer & Perrin, 1999)	49
Figura 13. <i>Stenella coeruleoalba</i> (desenhado por Wurtz-Artescienza) (Adaptado de www.cms.int)	49

Figura 14. Liofilizador Terroni (série LD) acoplado a uma bomba de vácuo	51
Figura 15. Espectrômetro de absorção atômica com forno de grafite Analytik Jena, modelo AAS ZEE nit 60 e sistema automático de amostragem líquida Analytik Jena (modelo MPE 52) acoplado	53
Figura 16. Espectrômetro de absorção atômica com vapor frio, modelo FIMS 400 (Perkin Elmer), associado a um sistema de injeção em fluxo, modelo FIAS 400 (Perkin Elmer) e equipado com um sistema automático de amostragem líquida, modelo AS 90 (Perkin Elmer)	57
Figura 17. Relação da % Hg_{Org} com a concentração de mercúrio total no fígado da <i>Pontoporia blainvillei</i>	66
Figura 18. Relação da % Hg_{Org} com a concentração de mercúrio total nos rins da <i>Pontoporia blainvillei</i>	66
Figura 19. Relação entre a idade e o comprimento total – L (cm) dos indivíduos de <i>Pontoporia blainvillei</i> provenientes da costa do Rio Grande do Sul (S)	70
Figura 20. Relação entre as concentrações dos elementos essenciais nos órgãos da <i>Pontoporia blainvillei</i> e o comprimento total – L (cm)	72
Figura 21. Relação entre as concentrações dos elementos não-essenciais nos órgãos da <i>Pontoporia blainvillei</i> e o comprimento total – L (cm)	75
Figura 22. Relação entre as proporções de mercúrio orgânico em relação ao mercúrio total (% Hg_{Org}) nos órgãos da <i>Pontoporia blainvillei</i> e o comprimento total – L (cm)	76
Figura 23. Variação das concentrações hepáticas dos elementos com a idade da <i>P. blainvillei</i> (S)	78
Figura 24. Variação das concentrações renais de Hg e Cd e a % Hg_{Org} com a idade da <i>Pontoporia blainvillei</i> (S)	79
Figura 25. Relação entre as concentrações dos elementos essenciais no fígado e o comprimento total – L (cm) da <i>Sotalia guianensis</i>	83

Figura 26. Relação entre as concentrações dos elementos não-essenciais no fígado e o comprimento total – L (cm) da <i>Sotalia guianensis</i>	83
Figura 27. Relação da % Hg _{Org} com a concentração de mercúrio total no fígado da <i>Sotalia guianensis</i>	84
Figura 28. Relação entre as proporções de mercúrio orgânico em relação ao mercúrio total (% Hg _{Org}) no fígado com o comprimento total – L (cm) da <i>Sotalia guianensis</i>	85
Figura 29. Representação gráfica das variáveis canônicas para a <i>Pontoporia blainvillei</i> , <i>Sotalia guianensis</i> e gênero <i>Stenella</i>	89
Figura 30. Representação gráfica da guilda trófica da <i>Sotalia guianensis</i> (em vermelho) e da <i>Pontoporia blainvillei</i> (em azul) acidentalmente capturadas na costa do Rio de Janeiro (SE)	90
Figura 31. Relação entre a concentração molar de mercúrio e selênio no fígado e rins dos indivíduos de <i>Pontoporia blainvillei</i> coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S)	94
Figura 32. Relação entre a concentração molar de mercúrio e selênio no fígado dos indivíduos de <i>Sotalia guianensis</i> coletados na costa norte do Rio de Janeiro (SE)	95
Figura 33. Relação entre a concentração molar de mercúrio e selênio no fígado dos indivíduos do gênero <i>Stenella</i> coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e do Rio Grande do Sul (S)	96
Figura 34. Distribuição das espécies de mercúrio apresentadas no fígado de dois indivíduos de <i>Sotalia guianensis</i> : (a) exemplo de uma amostra com as mais baixas concentrações hepáticas de Hg _{Tot} e (b) exemplo de uma amostra com as mais elevadas concentrações hepáticas de Hg _{Tot} (adaptado de Kehrig et al., 2008)	98
Figura 35. Relação entre a concentração molar de cádmio e selênio no fígado dos indivíduos de <i>Pontoporia blainvillei</i> coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S)	99
Figura 36. Relação entre a concentração molar de cádmio e selênio nos rins dos indivíduos de <i>Pontoporia blainvillei</i> coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S)	100

Figura 37. Relação entre a concentração molar de cádmio e selênio no fígado dos indivíduos de <i>Sotalia guianensis</i> coletados na costa norte do Rio de Janeiro (SE)	101
Figura 38. Relação entre a concentração molar de cádmio e selênio no fígado dos indivíduos do gênero <i>Stenella</i> coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e do Rio Grande do Sul (S)	101
Figura 39. Relação entre a concentração molar de prata e selênio no fígado e rins dos indivíduos de <i>Pontoporia blainvillei</i> coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S)	102
Figura 40. Relação entre a concentração molar de prata e selênio no fígado dos indivíduos de <i>Sotalia guianensis</i> coletados na costa norte do Rio de Janeiro (SE)	103
Figura 41. Relação entre a concentração molar de prata e selênio no fígado dos indivíduos do gênero <i>Stenella</i> coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S)	103

*“Atravessas rudes
provas...
Acalma-te e abençoa.
Alguma ofensa à vista?
Esquece e abençoa.
Amigos desertaram...
Segue à frente e abençoa.
Sofres dificuldades?
Age, serve e abençoa.
Alguém te menospreza...
Silencia e abençoa.
Por nada te revoltas...
Deus te guarda e abençoa.”*

Emmanuel do livro "Assim Vencerás"