



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**

BRENO GUSTAVO BEZERRA COSTA

**CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL EM CAVALA (*Scomberomorus cavalla* -
Cuvier, 1829) E SERRA (*Scomberomorus brasiliensis* - Collette, Russo & Zavala-Camin,
1978) COMERCIALIZADOS NAS BANCAS DE PESCADO DO MUCURIBE,
FORTALEZA, CE.**

FORTALEZA

2007

BRENO GUSTAVO BEZERRA COSTA

**CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL EM CAVALA (*Scomberomorus cavalla* -
Cuvier, 1829) E SERRA (*Scomberomorus brasiliensis* - Collette, Russo & Zavala-Camin,
1978) COMERCIALIZADOS NAS BANCAS DE PESCADO DO MUCURIBE,
FORTALEZA, CE.**

Monografia apresentada ao Departamento de
Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial
para a obtenção do título de Engenheiro de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Drude de Lacerda

FORTALEZA

Janeiro / 2007

BRENO GUSTAVO BEZERRA COSTA

CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL EM CAVALA (*Scomberomorus cavalla* - Cuvier, 1829) E SERRA (*Scomberomorus brasiliensis* - Collette, Russo & Zavala-Camin, 1978) COMERCIALIZADOS NAS BANCAS DE PESCADO DO MUCURIPE, FORTALEZA, CE.

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Pesca.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Drude de Lacerda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dra. Heloisa Helena Moreira Paraquetti
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Everardo Lima Maia
Universidade Federal do Ceará

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Luiz Drude de Lacerda, pela orientação e apoio intelectual no desenvolvimento deste trabalho.

À professora Rozane Valente Marins pelo auxílio científico.

Ao Departamento de Engenharia de Pesca, o qual possibilitou a minha formação, por intermédio dos professores: Silvana Saker, Alexandre Sampaio, Vladimir Lobo, Artemiza Montezuma, Alessandra Cristina, Marcelo Freitas, Manoel Furtado, Jarbas Studart, Moisés Almeida e a inesquecível Selma Ribeiro Viana, a qual teve uma importância ímpar na minha formação no meio da pesquisa.

Aos amigos do Laboratório de Biogeoquímica Costeira – Danielle Vieira Lopes, Gardenny Pimenta, “Franzé” Dias, Edvar Aguiar, Janaína Santos, Ilene Abreu, Marcelo Dominguez, Heloísa Paraquetti e à surpreendente Samara Aranha Eschrique, por quem tenho verdadeira admiração.

Ao LABOMAR, pela estrutura física, que possibilitou o andamento do trabalho.

Ao CNPq, pelo fomento a pesquisa e bolsa concedida.

E especialmente aos meus pais, Benjamin Frutuoso Costa e Silvia Helena Bezerra Pinho, pelo apoio e credibilidade que têm me dado durante toda a minha formação, sendo pessoas a quem sou muito grato até os dias de hoje.

“Você é responsável por tudo àquilo que cativa”

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo determinar a concentração de mercúrio total (Hg) e sua distribuição em diferentes tecidos de duas espécies de peixes carnívoros (*Scomberomorus brasiliensis* e *Scomberomorus cavalla*) comercializadas nas bancas de pescado do Mucuripe, e, inferir sobre a exposição potencial ao mercúrio na população consumidora de Fortaleza. O mercúrio total foi determinado por absorção atômica com geração de vapor frio segundo a metodologia sugerida por Adair & Cobb (1999). Foram analisados 10 exemplares de *S. brasiliensis* e 13 de *S. cavalla*. O peso dos indivíduos de *S. brasiliensis* variou de 0,70 - 3,80 kg, enquanto que para os indivíduos de *S. cavalla*, o intervalo foi de 0,72 - 12,00 kg. O comprimento de *S. brasiliensis* variou de 53 - 88 cm, enquanto que para os indivíduos de *S. cavalla* foi de 59 - 126,6 cm. As concentrações de mercúrio no músculo em *S. brasiliensis* variam de 87,0 - 497,0 ng.g⁻¹, enquanto que em *S. cavalla* foram de 36,0 - 1736,5 ng.g⁻¹. As concentrações de mercúrio na pele de *S. brasiliensis* foram de 10,5 - 331,1 ng.g⁻¹, enquanto que para *S. cavalla* foram de 8,7 - 173,5 ng.g⁻¹. As concentrações de mercúrio no fígado de *S. brasiliensis*, foram de 48,9 - 699,1 ng.g⁻¹, enquanto que em *S. cavalla* foram de 81,7 - 3901,9 ng.g⁻¹. Na espécie de *S. brasiliensis* não foram encontrados valores acima da legislação para peixes carnívoros, no entanto, os espécimes de *S. cavalla* apresentam concentrações acima do permitido pela ANVISA (1998) nos indivíduos com 9 kg e 110 cm de comprimento.

Palavras-Chave: mercúrio, pescado, contaminação ambiental.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
1.1	FONTES DE MERCÚRIO.....	6
1.2	USO ANTRÓPICO.....	7
1.3	CICLO BIOGEOQUÍMICO DO MERCÚRIO.....	7
1.4	EXPOSIÇÃO HUMANA AO MERCÚRIO.....	8
2	OBJETIVOS.....	10
2.1	OBJETIVO GERAL.....	10
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	10
3	A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA E A DISTRIBUIÇÃO DO MERCÚRIO.....	11
3.1	DISTRIBUIÇÃO DE MERCÚRIO.....	12
4	ESPÉCIES ESTUDADAS.....	13
4.1	CAVALA (<i>SCOMBEROMORUS CAVALLA</i> , CUVIER 1829).....	13
4.1.1	<i>Classificação Taxonômica.....</i>	13
4.1.2	<i>Características.....</i>	13
4.1.3	<i>Ocorrência.....</i>	14
4.1.4	<i>Captura.....</i>	14
4.1.5	<i>Outros Nomes Vulgares.....</i>	14
4.1.6	<i>Sinônimas.....</i>	14
4.2	SERRA (<i>SCOMBEROMORUS BRASILIENSIS</i> , COLLETTE, RUSSO & ZAVALA-CAMIN, 1978).....	15
4.2.1	<i>Classificação Taxonômica.....</i>	15
4.2.2	<i>Características.....</i>	15
4.2.3	<i>Ocorrência.....</i>	16
4.2.4	<i>Captura.....</i>	16
4.2.5	<i>Outros Nomes Vulgares.....</i>	16
4.2.6	<i>Sinônimas.....</i>	16
4.3	DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES NA COSTA DO CEARÁ.....	16
4.4	REPRESENTATIVIDADE ECONÔMICA DAS ESPÉCIES.....	17
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
5.1	AMOSTRAGEM.....	18
5.2	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	18
5.3	DETERMINAÇÃO DE Hg.....	19
5.4	CURVA DE CALIBRAÇÃO.....	19
5.5	VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA.....	20
5.6	TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	20

5.6.1	<i>Correlação</i>	20
5.6.2	<i>“Teste t de Student”</i>	21
5.6.3	<i>Limite de Detecção</i>	21
5.7	LEGISLAÇÃO	22
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6.1	DISTRIBUIÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE Hg	23
6.2	RELAÇÕES ALOMÉTRICAS ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE Hg E A MORFOMETRIA DOS PEIXES.....	27
6.3	COMPARAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES:	35
7	CONCLUSÃO	40
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa Ilustrativo do estado do Ceará, em destaque a região metropolitana de Fortaleza. Fonte: Wikipedia (2006)	11
Figura 2: Foto ilustrativa da Cavala (<i>Scomberomorus cavalla</i>).....	13
Figura 3: Foto ilustrativa do Serra (<i>Scomberomorus brasiliensis</i>).	15
Figura 4: Produção de <i>S. cavalla</i> e <i>S. brasiliensis</i> desembarcado em Fortaleza entre 1999 – 2004. Fonte: CEPENE, 2000 a 2005.....	17
Figura 5: Analisador de Hg por Espectrofotometria de Absorção Atômica com Geração de Vapor Frio e (CV – AAS) BACHARACH COLEMAN MOD-50 (Fonte: Manual Coleman).....	19
Figura 6: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e concentração de Hg no músculo em <i>S. brasiliensis</i>. Em destaque, limite máximo permitido pela ANVISA.....	28
Figura 7: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e concentração de Hg na pele em <i>S. brasiliensis</i>.....	29
Figura 8: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e concentração de Hg no fígado em <i>S. brasiliensis</i>.	29
Figura 9: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg no músculo em <i>S. brasiliensis</i>. Em destaque, limite máximo permitido pela ANVISA.....	30
Figura 10: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg na pele em <i>S. brasiliensis</i>.	30
Figura 11: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg no fígado em <i>S. brasiliensis</i>.	31
Figura 12: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e a concentração de Hg no músculo em <i>S. cavalla</i>. Em destaque, limite máximo permitido pela ANVISA.....	31
Figura 13: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e a concentração de Hg na pele em <i>S. cavalla</i>.	32
Figura 14: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e a concentração de Hg no fígado em <i>S. cavalla</i>.....	32

Figura 15: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg no músculo em <i>S. cavalla</i>. Em destaque, limite máximo permitido pela ANVISA.....	33
Figura 16: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg na pele em <i>S. cavalla</i>.....	33
Figura 17: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg no fígado em <i>S. cavalla</i>.	34
Figura 18: Correlação entre a concentração de mercúrio total (ng.g^{-1}) na musculatura de <i>S. cavala</i> e <i>S. brasiliensis</i> e o peso (kg)	36
Figura 19: Correlação entre a concentração de mercúrio total (ng.g^{-1}) na pele de <i>S. cavala</i> e <i>S. brasiliensis</i>, e o peso (kg).	36
Figura 20: Correlação entre a concentração de mercúrio total (ng.g^{-1}) no fígado de <i>S. cavala</i> e <i>S. brasiliensis</i>, e o peso (kg)	37
Figura 21: Correlação entre a concentração de mercúrio total (ng.g^{-1}) no músculo de <i>S. cavala</i> e <i>S. brasiliensis</i>, e o comprimento (cm).....	37
Figura 22: Correlação entre a concentração de mercúrio total (ng.g^{-1}) na pele de <i>S. cavala</i> e <i>S. brasiliensis</i>, e o comprimento (cm).....	38
Figura 23: Correlação entre a concentração de mercúrio total (ng.g^{-1}) no fígado de <i>S. cavala</i> e <i>S. brasiliensis</i>, e comprimento (cm).....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Concentração de Mercúrio em material de referencia do National Institute of Standards and Technology (NIST).	20
Tabela 2: Comparação entre os limites de detecção do equipamento e do método utilizado neste estudo.	21
Tabela 3: Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo de peso comprimento e concentração de Hg nos indivíduos estudados.	23
Tabela 4: Valores de concentrações médias e desvio padrão de Hg em espécies carnívoras em diferentes locais do mundo.	26
Tabela 5: Matriz de correlação para dados logaritimizados da concentração de Hg nos tecidos com os dados morfométricos de <i>S. brasiliensis</i>. G.L= 9; (r = 0,735; p < 0,01) (r = 0,602; p < 0,05).	27
Tabela 6: Matriz de Correlação para dados logaritimizados de concentração de Hg nos tecidos com os dados morfométricos de <i>S. cavalla</i>. G.L.=12; (r = 0,661; p < 0,01). .	28
Tabela 7: Valores calculados e tabelados entre os parâmetros de <i>S. cavala</i> e <i>S. brasiliensis</i>, ao nível de 95% de aceitação, sendo n = 10 para os dois exemplares. .	35

1 INTRODUÇÃO

O nome do elemento mercúrio é uma homenagem ao planeta mercúrio. Já na mitologia romana, Mercúrio é o mensageiro dos deuses, filho do deus Júpiter e de Maia, a filha do titã Atlante. Mercúrio também era o deus dos mercadores e do comércio que tinha muito dos atributos do deus grego Hermes. No intuito de evitar confusões com nomes idênticos (metal, planeta, outros), os gregos chamaram o metal de *Hidrargiro*, palavra introduzida por Aristóteles ou por Teofrasto, do grego hydro, elemento de composição com o sentido de água, mais árgyros = prata (no latim: argentum = prata) (Azevedo, 2003).

O mercúrio, elemento químico de número atômico 80, tem o símbolo atômico Hg (derivado da palavra hidrargiro). Encontra-se no grupo IIB da Tabela Periódica de classificação dos elementos. Além do seu estado elementar (Hg^0), ele pode existir em duas formas oxidadas: 1+ (Hg_2^{1+}) e 2+ (Hg^{2+}), nas quais o átomo perdeu um e dois elétrons, respectivamente. Além de inodoro, o mercúrio é o único metal conhecido que se apresenta no estado líquido em temperatura ambiente e a 0°C, é também o único elemento, além dos gases nobres, cujo vapor é monoatômico à temperatura ambiente e no estado sólido apresenta características de ser mole e dúctil. As diferentes formas químicas do mercúrio são comumente designadas por “espécies”, e o estudo dessas espécies no meio ambiente é conhecido como especiação. As espécies mais importantes do mercúrio são: mercúrio elementar (Hg^0), as espécies de mercúrio inorgânico, principalmente Hg^{2+} e as espécies de mercúrio orgânico dos quais a mais tóxica é o (CH_3Hg^+) metilmercúrio. O mercúrio está presente em concentração traço, com mais frequência na forma inorgânica Hg^{2+} , em toda a costa terrestre, na faixa de 50 a 80 ng.g⁻¹ (WHO, 1991; UNEP, 2002b; Azevedo, 2003).

1.1 Fontes de Mercúrio

As fontes naturais mais significativas de mercúrio são a vaporização natural da crosta terrestre, as emissões de vulcões e a evaporação de corpos aquáticos. As elevadas temperaturas do manto da Terra implicam em alta mobilidade e permanente difusão do metal para a superfície. Em zonas de fundas fraturas geológicas esse processo de mobilização e difusão acontece intensamente. Nesses locais estão localizados os cinturões geológicos mercuríferos, onde as concentrações de mercúrio na camada superior excedem seus valores médios na crosta da terra (WHO, 1991; Azevedo, 2003).

Através de fenômenos naturais são lançadas no ambiente cerca de 3 mil toneladas anuais de Hg. Pela atividade antrópica, como utilização de combustível fóssil e emissão decorrente de atividades industriais e mineração, soma-se aproximadamente 3 mil toneladas por ano. A geração de energia pela queima de combustíveis fósseis, indústria de cloro-álcali, equipamentos elétricos, fármacos e pinturas à base de compostos mercuriais são apontadas como os principais contribuintes desse aporte total de Hg (WHO, 1991; Lacerda, 2003).

1.2 Uso Antrópico

O mercúrio tem sido utilizado ao longo da história da humanidade de diversas formas: nas escrituras nas paredes das cavernas, em objetos de argila e em pinturas faciais, através da utilização do inicial cinábrio (sulfeto de mercúrio HgS). Posteriormente, também foi muito valorizado por hindus e chineses na pintura de estruturas decorativas, devido a sua coloração vermelho-dourado. O primeiro uso não decorativo do mercúrio foi à amalgamação, devido a sua propriedade de dissolver metais como ouro e prata (Azevedo, 2003).

O mercúrio é utilizado na eletrolise de solução de cloreto de sódio para a produção de soda caustica. Outro importante uso do metal é na indústria de polpa de papel. O mercúrio também é usado em indústrias elétricas (lâmpadas, baterias etc.), em instrumentos de uso industrial e caseiro (interruptores, termômetros, termostatos, barômetros), além de outros laboratórios e instrumentos médicos. O mercúrio orgânico é usado como fungicida como controle de fungos em sementes, plantas e vegetação. (WHO, 1991; UNEP, 2002a)

Na Amazônia a preocupação com mercúrio se dá pela sua utilização na mineração. A utilização de mercúrio na exploração do ouro é conhecida como processo de rotina, onde as partículas mais pesadas no sedimento são separadas com bateia e então é acrescentado o mercúrio. Este se fixa nas partículas de ouro, formando um amálgama que é facilmente separado por queima, onde o Hg se volatiliza e se separa do ouro, afetando principalmente os garimpeiros e trabalhadores locais (Hoffman *et al*, 2003).

1.3 Ciclo Biogeoquímico do Mercúrio

O mercúrio ocorre normalmente em baixas concentrações, nos vários compartimentos da natureza: hidrosfera, litosfera, atmosfera e biosfera. Entre esses compartimentos há um contínuo fluxo de mercúrio, sendo raramente encontrado o elemento

livre na natureza, estando amplamente distribuído, em baixas concentrações, por toda a crosta terrestre (Azevedo, 2003).

Na atmosfera, o vapor de mercúrio é convertido em formas solúveis, principalmente Hg^{2+} , sendo depositado em solos e corpos d'água através das chuvas, tendo um tempo de residência na atmosfera que pode variar de semanas a um ano, enquanto que as formas solúveis apresentam tempo de residência de apenas algumas semanas. Os processos de troca atmosfera-superfície da terra são uma das partes cruciais do ciclo biogeoquímico global do mercúrio (WHO, 1989; WHO, 1991).

Uma vez depositado na superfície, parte do Hg^{2+} pode sofrer organificação por ação microbiológica ao metil-Hg, mecanismo de detoxificação utilizado por diversas espécies de bactérias. A mudança na especiação do mercúrio da forma inorgânica para a forma metilada é o primeiro passo para o processo de bioacumulação na cadeia aquática. O metil-mercúrio, por ser lipossolúvel, é mais facilmente transferido pelos diferentes órgãos dos organismos (WHO, 1991). A metilação depende de condições favoráveis no ambiente, como pH, temperatura, potencial redox e matéria orgânica. Após sofrer metilação, o metil-Hg é incorporado na biota e bioacumulado ao longo da cadeia trófica, podendo atingir ao homem. O mercúrio, dentre os metais pesados, é o único que comprovadamente está relacionado a contaminação humana através do consumo de pescado. (Sellanes *et al.*, 2002). Fatores como idade, sexo, comprimento, peso, “status” nutricional e genética são parâmetros que influenciam na exposição dos seres vivos às espécies de mercúrio, incluindo o homem (Burger *et al.* 2003).

O ciclo biogeoquímico do mercúrio é caracterizado por várias rotas que este composto pode seguir no ambiente. Dentre elas destacam-se a sua liberação do solo e da água para a atmosfera, seu transporte nesta seguido da deposição atmosférica das espécies de mercúrio para a água e o solo. Quando em contato com o solo ou sedimento, pode ocorrer sorção do mercúrio na forma insolúvel seguida de metilação/demetilação. O ciclo é completado pelas rotas de precipitação, bioconversão em formas voláteis ou solúveis, re-emissão desta para a atmosfera ou bioacumulação na cadeia alimentar aquática ou terrestre (Bisinot & Jardim, 2004)

1.4 Exposição Humana ao Mercúrio

As elevadas concentrações de mercúrio na população sempre estão associadas à alimentação, particularmente quando baseada exclusivamente em grandes peixes carnívoros

marinhos (topo da cadeia trófica marinha), como o atum, sendo estes a principal fonte de contaminação do ser humano por metilmercúrio (WHO, 1991).

O uso de organismos aquáticos como indicadores de dose de Hg a qual está sendo exposta uma dada população humana, vem sendo utilizado em várias partes do mundo e no nordeste do Brasil, (Lacerda *et al.*, 2000; Vaisman, *et al.* 2005), em rios da Amazônia (Bastos *et al.*, 2005), na Baía de Sepetiba, SE do Brasil (Marins *et al.*, 1998), no Sul (Niencheski *et al.*, 2001) e no Litoral do Maranhão (Carvalho *et al.*, 2000).

Ao ingerir alimentos contaminados com mercúrio, pode-se ter problemas de ordem neurológica, pois o composto metil-Hg apresenta uma seletividade em atacar o sistema nervoso central e suas estruturas mais evoluídas, tal como o córtex cerebral, causando problemas como distúrbios visuais, ataxia, perda de audição, deterioração mental, tremor muscular, hipertensão, distúrbios metabólicos e em casos de exposição grave, paralisia e morte. O composto ao ser ingerido por mulheres grávidas pode ocasionar problemas no feto, pois o metil-Hg tem a propriedade de ultrapassar a barreira da placenta e a hematoencefálica, ocasionando desta forma os mesmos efeitos antes mencionados no feto (WHO, 1991; UNEP, 2002a). O uso de peixes coletados em mercados e centros de comercialização, também tem sido usado como forma direta de estimação do grau de exposição da população consumidora (Morales-Aizpurúa *et al.*, 1999; Maurice-Bourgoin *et al.*, 2000; Burger & Gochfeld, 2006).

O baixo nível de industrialização no nordeste brasileiro não tem justificado este tipo de estudos. Entretanto dados recentes obtidos ao redor do mundo têm demonstrado que, devido à característica global da contaminação por Hg e a importância de contribuição natural, peixes carnívoros coletados, mesmo em áreas com baixa industrialização, podem apresentar concentrações elevadas de Hg, sendo portanto, importante, o monitoramento dos teores de mercúrio nos organismos marinhos (Selanes *et al.*, 2002; Branco *et al.*, 2004; Lacerda *et al.*, 2000; Ruelas-Izuma & Paez-Osuma, 2005).

Portanto, torna-se necessário estimar a exposição de populações ao Hg, através do consumo de pescado, mesmo que não sejam conhecidas fontes significativas da emissão deste metal na região nordeste do Brasil.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar a concentração de mercúrio total (Hg_{total}) e sua distribuição em diferentes tecidos de duas espécies de peixes carnívoros (*Scomberomorus brasiliensis* e *Scomberomorus cavalla*) comercializadas nas bancas de pescado do Mucuripe, Fortaleza, e inferir sobre a exposição potencial ao mercúrio na população consumidora de Fortaleza.

2.2 Objetivo Específico

Correlacionar a concentração de mercúrio total dos diferentes tecidos de cada espécie com seu comprimento e peso, de modo a determinar níveis seguros para o consumo da população;

Verificar se os indivíduos que apresentam a mesma amplitude de comprimento e peso, apresentam diferença significativa na concentração deste metal, verificando a utilização das espécies como biomonitores das concentrações ambientais deste metal.

3 A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA E A DISTRIBUIÇÃO DO MERCÚRIO.



Figura 1: Mapa Ilustrativo do estado do Ceará, em destaque a região metropolitana de Fortaleza. Fonte: Wikipedia (2006)

Fortaleza (Figura 1) apresenta uma população estimada de cerca de 2.375.000 (dois milhões, trezentos e setenta e cinco mil) habitantes, apresentando 313 km² de território (IBGE, 2006), sendo 34 km de costa (Wikipedia, 2006), onde são praticadas pescas estuarinas e marítimas como atividade sócio-econômica, contando com 113 pontos de desembarque em 20 municípios costeiros. A pesca com barco a vela foi responsável por 58% da produção da região no ano de 2004, dedicada especialmente à captura de peixes, embora pratiquem também a captura de lagosta e camarão em determinadas épocas do ano, e responsável por uma produção anual de pescado em torno de 1.820 t.ano⁻¹. O município ocupou o terceiro lugar no estado, ficando atrás somente de Camocim (5.300 t.ano⁻¹) e Itarema (2.040 t.ano⁻¹) (CEPENE, 2005).

Fortaleza apresenta, ainda, 15 cursos d'água que recebem águas servidas e resíduos urbanos que chegam ao mar sem nenhum tratamento, dentre eles se destacam dois rios de grande porte, o Rio Cocó e o Rio Ceará, três riachos, Maceiozinho, Pajeú e Jacarecanga, e 10 galerias pluviais, nas quais muitas vezes são feita ligações clandestinas resultando no despejo de efluentes sem o devido tratamento, diretamente na costa de Fortaleza. Dentre as 10 galerias pluviais existentes em Fortaleza, seis lançam seus dejetos

durante todo o ano, e estão localizados nas praias do Meireles, Iracema, Ponte Metálica, Areia Grossa, Casa Nova e Formosa, sendo os outros ativos só em período chuvoso, localizados na região da Volta da Jurema, Comercial, Poço da Draga e Piranbú. (Pimenta, 2006).

3.1 Distribuição de Mercúrio

A distribuição de mercúrio ocorre de forma diferenciada nos oceanos. Em regiões “*onshore*” o mercúrio está associados a material em suspensão clástico, enquanto que em regiões “*offshore*” o mercúrio esta associado a complexos orgânicos, forma mais biodisponível para os organismos. (Lacerda *et al*, 2007; Paraquetti *et al*, 2004).

A concentração de mercúrio em sedimentos de rios da costa do Ceará foram medidas em diferentes regiões; Rio Timonha, $150\mu\text{g.g}^{-1}$, Rio Coreau, $150\mu\text{g.g}^{-1}$, Rio Acarau, $130\mu\text{g.g}^{-1}$, Rio Curú, $120\mu\text{g.g}^{-1}$, Rio Pacoti, $100\mu\text{g.g}^{-1}$, Rio Choro, $100\mu\text{g.g}^{-1}$, Rio Pirangi, $100\mu\text{g.g}^{-1}$, Rio Jaguaribe, $80\mu\text{g.g}^{-1}$ (Müller *et al*, 1999), Rio Ceará-Maranguapinho, 2 a $40\mu\text{g.g}^{-1}$ (Marins *et al*. 2002); Rio Ceará, 21 a $40\mu\text{g.g}^{-1}$, Rio Cocó, $48\mu\text{g.g}^{-1}$, Rio Pacoti, $5\mu\text{g.g}^{-1}$, Rio Jaguaribe $10\mu\text{g.g}^{-1}$ (Vaisman *et al.*, 2005).

Além dos despejos urbanos, o uso do mercúrio na odontologia também pode ter emissões significativas de Hg no litoral cearense. Segundo Babin *et al* (2006), durante o preparo do amálgama para realizar uma restauração, a sobra de Hg é de cerca de 30% do que é processado, sendo resultante do excesso manipulado e raspas produzidas pela escultura do amálgama. Em média há uma preparação de 2 gramas de amálgama, resultando numa perda em média de 30%, 0,6 gramas. Partindo do pré-suposto que um dentista realiza 30 restaurações por mês, e que os profissionais da área trabalham por 10 meses no ano, o resíduo de mercúrio produzido por um profissional é cerca de 180gHg.ano^{-1} . Fortaleza possui 241 profissionais odontológicos (Restauradores e Endodontia) (CFO, 2006), assim pode-se estimar que a quantidade de mercúrio emitido para o ambiente por esta atividade é da ordem de $43,4\text{kg.ano}^{-1}$.

4 ESPÉCIES ESTUDADAS

4.1 Cavala (*Scomberomorus cavalla*, Cuvier 1829)

4.1.1 Classificação Taxonômica

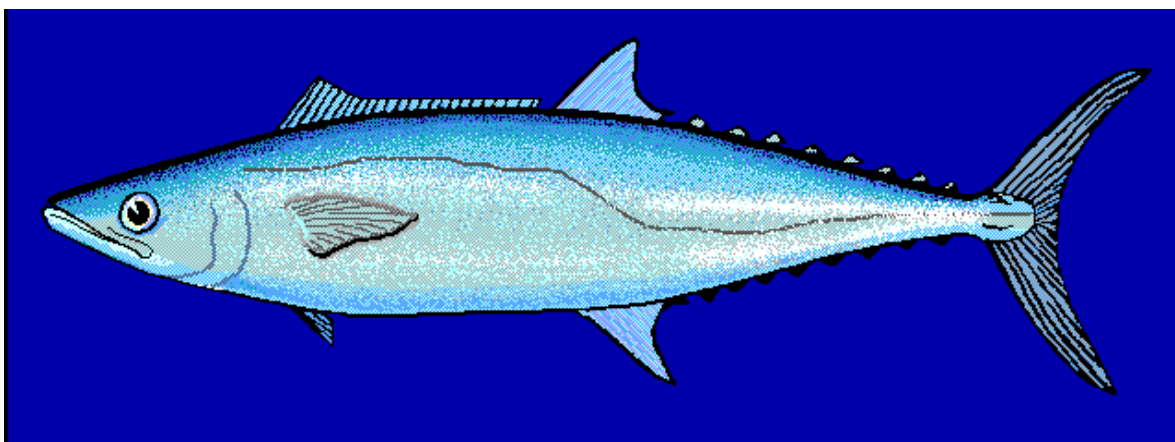
Família: Scombridae

Sub-família: Scombrinae

Ordem: Perciformes (Percas)

Classe: Actinopterygii (peixes com raios nas barbatanas)

Espécie: *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829)



Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Scomberomorus_cavalla

Figura 2: Foto ilustrativa da Cavala (*Scomberomorus cavalla*).

4.1.2 Características

Apresentam nadadeiras dorsais bem próximas, escamas pequenas, linha lateral sinuosa que se curva abruptamente sob a primeira dorsal. Coloração azul-metálica escurecida no dorso, clareando nos flancos e com o ventre prateado, e, não possuindo pintas ou manchas quando adultos, presentes somente quando juvenis. Corpo alongado, robusto e comprido lateralmente (altura correspondente a 1/6 do comprimento) com a maxila superior alcançando a margem posterior do olho. Cauda furcada, levemente lunada (Figura 2). Não apresenta bexiga natatória. (Fonteles-Filho 1988; Szpilman, 2000; FISHBASE, 2006).

A espécie apresenta comprimento total de 184 cm, peso máximo publicado de 45,0 kg, idade máxima registrada de 14 anos e tempo mínimo de duplicação da população de 4,5 anos (FISHBASE, 2006).

Os dados morfométricos são: Nadadeira dorsal XII – XVIII + 15 – 18; Nadadeira anal: 16 - 20; Vértabras: 41 - 43. Apresenta 8 ou 9 pínulas dorsais e 8 a 10 anais e 3 quilhas dérmicas no pedúnculo caudal. (Szpilman, 2000; FISHBASE, 2006).

4.1.3 Ocorrência

Vive em clima tropical entres os paralelos de 44°N - 22°S, 98°W - 34°W, tendo distribuição desde o Atlântico Oeste, Massachusetts, USA a São Paulo, Brasil. Vive em ambientes associados a recifes mais afastados da costa e profundidades de 5 a 140 metros. Ao longo da sua vida realizam migrações pelos oceanos (oceanódromos), principalmente ao longo da Costa Atlântica dos Estados Unidos, sendo estas migrações feitas de acordo com a temperatura da água (Szpilman, 2000; FISHBASE, 2006). Na região do Ceará a distribuição da espécie se dá possivelmente na porção externa da plataforma continental, nas isóbatas de 15 e 36m com distância de 10 e 30 milhas da costa (Fonteles-Filho, 2000).

Na fase larval encontram-se na superfície da água com temperaturas de 26,3° e 31°C e salinidade variando de 26,9 a 35 ppt. Alimenta-se principalmente de peixes pelágicos que formam cardumes, podendo capturar também camarões e lulas (FISHBASE, 2006).

4.1.4 Captura

As cavalas são capturadas principalmente com rede de cerco. São muito apreciadas pelos pescadores esportivos e oceânicos que as capturam com vara de pesca e corrico. A carne é considerada excelente apresentando grande valor comercial e é facilmente encontrada nos mercados, sendo comercializada fresca, defumada, congelada ou enlatada. Em determinadas épocas do ano esta espécie pode tornar-se venenosa (ciguatoxina), devido a ingestão de dinoflagelados, podendo também causar envenenamento (escombrotóxina) no caso de uma inadequada conservação.

4.1.5 Outros Nomes Vulgares

Cavala, Cavala-Perna de moça (PE), Cavala-Preta, Serra-Real (Portugal), Sierra (Espanha), Serrucho (Cuba), Caritó Lucio (México), Sgombro Reale (Itália), Kingfish e Spanish Mackerel (EUA)

4.1.6 Sinonímias

Cybium immaculatum (Cuvier, 1832) e *Scomberomorus caballa* (Cuvier, 1832)

4.2 Serra (*Scomberomorus brasiliensis*, Collette, Russo & Zavala-Camin, 1978)

4.2.1 Classificação Taxonômica

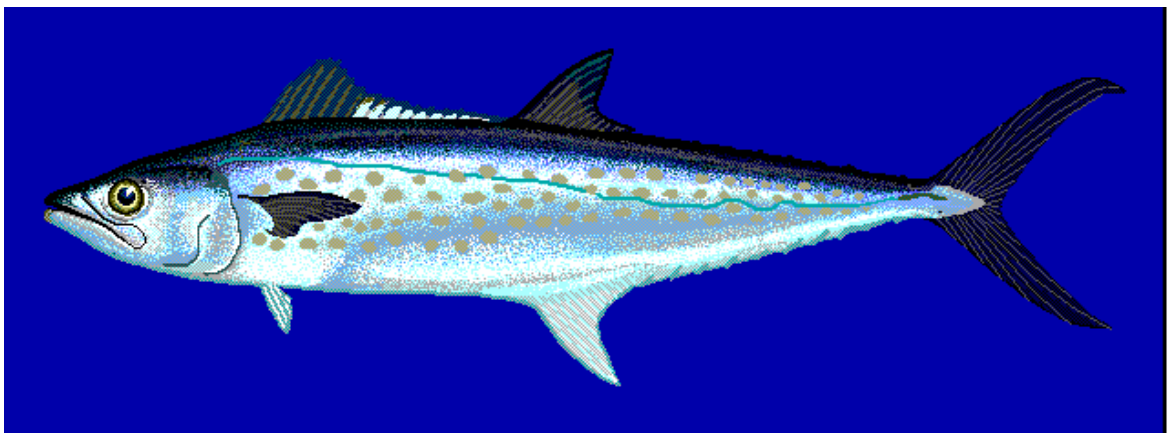
Família: Scombridae

Sub-família: Scombrinae

Ordem: Perciformes

Classe: Actinopterygii

Espécie: *Scomberomorus brasiliensis* (Collet, Russo & Zavala-Camin, 1978).



(Fonte: FISHBASE, 2006).

Figura 3: Foto ilustrativa do Serra (*Scomberomorus brasiliensis*).

4.2.2 Características

Corpo comprido, coloração geral prateada, tendo na região dorsolateralmente manchas de cor marrom e desprovido de escama. Apresenta boca terminal grande, maxila com uma série de dentes cônicos de tamanho irregulares, palato e vômer com dentes viliformes, focinho longo e pontiagudo com narina composta (dois pares). Ausência de bexiga natatória. Região anterior da nadadeira dorsal espinhosa e negra. Nadadeira caudal fortemente furcada e fina. Segunda nadadeira dorsal e nadadeira anal apresentando pinulas. Pedúnculo caudal bastante estreito. Linha lateral acompanha o perfil dorsal até o fim da primeira nadadeira dorsal, quando desce para o meio do corpo, continuando numa reta com pequenas ondulações até a base da nadadeira caudal (Figura 3) (Araújo *et al.*, 2004; FISHBASE, 2006).

O tamanho máximo publicado é de 125 cm de comprimento furcal e peso de 6,710 kg, apresentando um tempo médio de duplicação da população em torno de 1,4 anos (FISHBASE, 2006).

Os dados morfométricos são: Nadadeira dorsal: XVII a XVII + 15 a 17, nadadeira peitoral: 20 - 24, nadadeira anal: 16 - 20, vértebras 47 - 49, pínulas da dorsal 9 a 10, pínulas da anal: 8 a 9. Rastros branquiais no ramo superior 3 e inferior 11 a 13 (Araújo *et al.*, 2004; FISHBASE, 2006).

4.2.3 Ocorrência

Ocorrem em clima tropical tendo distribuição desde o Atlântico Oeste 21°N - 36°S e 90°W - 29°W, na região de Belize, a América do Sul, no Rio Grande do Sul, Brasil. Vivendo normalmente associados a recifes sendo espécies que ao longo de sua vida apresentam migrações entre diferentes locais dos oceanos (anádromos), devido a fatores climáticas, principalmente temperatura. (Araújo *et al.*, 2004; FISHBASE, 2006). No Ceará sua distribuição se dá principalmente sobre a plataforma continental (Fonteles-Filho, 2000).

Alimenta-se de pequenos peixes, pequenas quantidades de camarões e casualmente de cefalópodes (FISHBASE, 2006).

4.2.4 Captura

Sua captura se dá por meio de rede de cerco, vara de pesca e corrico. Quando capturados são consumidos frescos ou congelados. (FISHBASE, 2006).

4.2.5 Outros Nomes Vulgares

Atlantic sierra (USA), Sarda (México), Carite (Trindade Tobago), Serra pininga, Sororoca, Serrapinima (Brasil) (FISHBASE, 2006).

4.2.6 Sinonímias

Scomberomorus maculatus (non Mitchill, 1815) (FISHBASE, 2006).

4.3 Distribuição das Espécies na Costa do Ceará

- Serra – Porção mais interna, sendo provavelmente nas isóbatas de 15m de profundidade com distância da costa de 10 milhas (Fonteles-Filho, 2000).

- Cavala – Porção mais externa da plataforma continental, provavelmente na isóbata de 36m com distância de 30 milhas (Fonteles-Filho, 2000).

4.4 Representatividade Econômica das Espécies

Os peixes desembarcados em Fortaleza, na região do Mucuripe, são distribuídos pelos mercados e restaurantes locais, sendo consumidos pela população. Segundo dados do Boletim Estatístico de Pesca (CEPENE, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005), a espécie de *S. cavalla* tem contribuído com 966,4 toneladas entre os anos de 1999 a 2004, tendo uma participação média de 161,1 t.ano⁻¹, *S. brasiliensis* representou uma produção de 406,5 toneladas no mesmo período, tendo uma representatividade média de 67,8 t.ano⁻¹. Juntas contribuíram para a região de Fortaleza com uma produção de 1.372,9 toneladas desembarcadas no ano de 2004. Na Figura 4 esta a participação por ano para cada espécie.

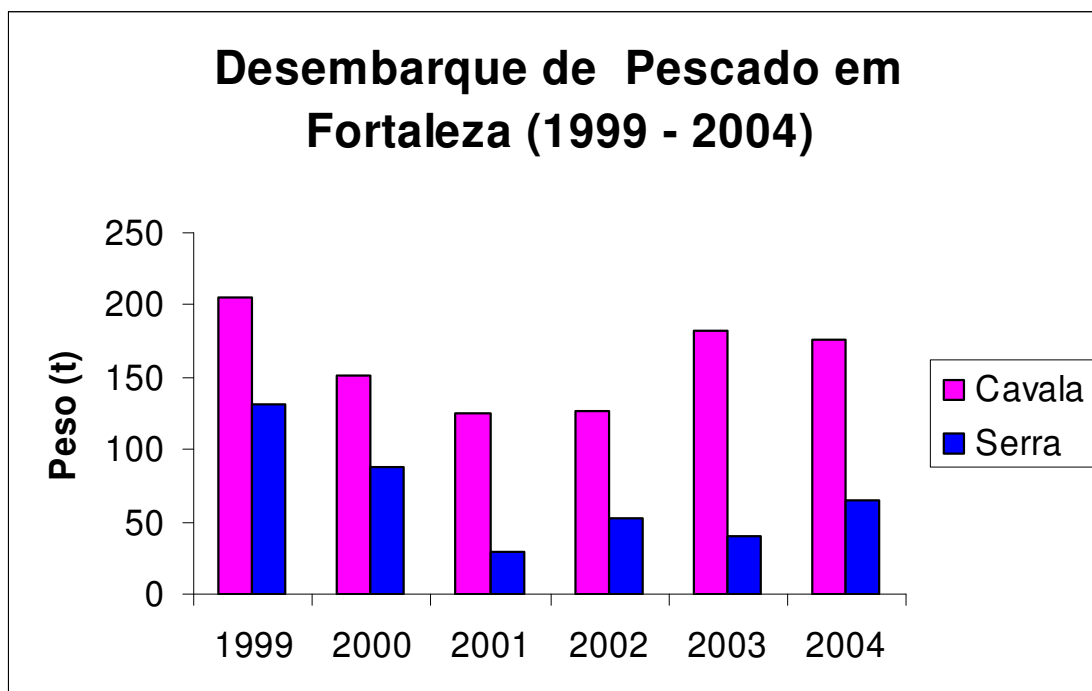


Figura 4: Produção de *S. cavalla* e *S. brasiliensis* desembarcado em Fortaleza entre 1999 – 2004. Fonte: CEPENE, 2000 a 2005.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Amostragem

Os espécimes foram obtidos nas bancas de pescado do mercado do Mucuripe, certificando-se que os mesmos haviam sido capturados em barcos artesanais. Os indivíduos foram comprados inteiros, posteriormente colocados em sacos plásticos e acondicionados em gelo, sendo então levados ao laboratório de Biogeoquímica Costeira do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Ao chegar ao laboratório foram tomadas medidas de comprimento, com o auxílio de um paquímetro, e peso, com balança. Após a obtenção dos dados morfométricos foram coletados dados merísticos como número de raios das nadadeiras e características de coloração dos espécimes para que fosse feita a identificação das espécies.

Posteriormente os indivíduos foram eviscerados, sendo realizada a identificação das estruturas internas, para que então fossem retiradas as amostras de fígado, músculo e pele. As amostras de fígado foram retiradas com o necessário cuidado de modo que não houvesse contaminação com sangue ou fluidos de outras estruturas: a retirada das amostras de músculo e de pele foram obtidas da região próxima ao pedúnculo caudal.

As amostras foram acondicionadas em recipientes de plástico, devidamente lavados com EXTRAN 10% e HCl 10%, colocadas no congelador, onde foram conservadas sob baixa temperatura até que fossem retiradas sub-amostras em triplicatas e colocadas em erlemeyers, os quais foram tampados com dedos frios, para que então se procedesse a digestão das mesmas.

5.2 Preparação das Amostras

A digestão das amostras foi realizada segundo Adair & Cobb (1999), a partir de uma solução ácida de $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HNO}_3$ (1:1). Para cada amostra de 2g de tecido eram adicionados 20ml de solução ácida, deixadas por 16h e posteriormente adicionado 1ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), para evitar a recomplexação do mercúrio à gordura existente nas amostras, sendo deixado por uma hora para descansar à temperatura ambiente. Após esta etapa, as amostras foram então colocadas na chapa aquecedora em banho-maria por uma hora a temperatura de 80°C. Após este período os erlemeyers eram retirados do banho-maria deixado

à temperatura ambiente para que então fosse feita a determinação de massa de Hg presente nas amostras.

5.3 Determinação de Hg

Na determinação de mercúrio total usou-se um analisador Bacharach Coleman MOD-50, (FIGURA 5) que utiliza a técnica de espectrofotometria de absorção atômica com geração de vapor a frio. Uma bomba aeradora acoplada ao equipamento faz circular o ar em sistema fechado através da solução contendo o mercúrio a qual é adicionada uma solução de cloreto estano (SnCl₂) para a redução do Hg²⁺, resultado da digestão ácida, em Hg⁰. Esta forma reduzida é arrastada pelo fluxo de ar ao detector de absorção atômica. O mercúrio na forma atômica absorve radiação de comprimento de onda de 253,7nm emitida pela fonte de luz. A quantidade de energia luminosa transmitida através da célula é detectada por um tubo fotossensor de raio ultravioleta e o filtro disposto a frente deste fototubo permite apenas a transmissão desta radiação específica, garantindo uma boa sensibilidade para medida de radiação absorvida pelo mercúrio, que é proporcional a concentração presente na amostra.

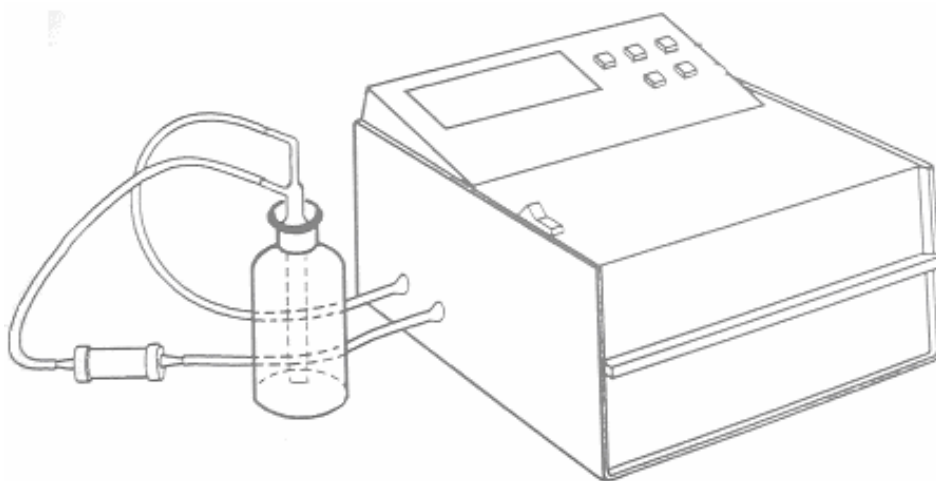


Figura 5: Analisador de Hg por Espectrofotometria de Absorção Atômica com Geração de Vapor Frio e (CV – AAS) BACHARACH COLEMAN MOD-50 (Fonte: Manual Coleman).

5.4 Curva de Calibração

Para a determinação da concentração de mercúrio nas amostras foi feito o cálculo através da utilização de padrões de mercúrio da marca MERCK, com concentração de 1000

ppm \pm 1 onde foram feitas diluições sucessivas em balões volumétricos até a concentração de 10 ppb.

As soluções de calibração apresentou linearidade para a determinação de massa de Hg entre 0 a 120 ngHg.

5.5 Validação da Metodologia

Para a validação da metodologia foi utilizado padrão de referência do National Institute of Standard and Technology - NIST 1566a, que apresenta uma matriz biológica, Tecido de ostra, no sentido de se obter valores comparáveis aos do tecido a ser estudado.

Tabela 1: Concentração de Mercúrio em material de referência do National Institute of Standards and Technology (NIST).

Valores	NIST 1566a
Certificado	64,2 \pm 6,7
Obtido	67,4 \pm 7,6
Recuperação (%)	110,5 \pm 11,3

5.6 Tratamento Estatístico

5.6.1 Correlação

Para a determinação das relações existentes entre as variáveis, utilizou-se o teste estatístico de correlação, tendo como objetivo determina até que ponto os valores de uma variável estão correlacionados com os de outra variável, sendo o grau de aderência indicado pelo coeficiente de correlação também conhecido como “*r de Pearson*”, sendo determinado pela formula:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}) - (\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n})}}$$

Onde y e x são respectivamente, as variáveis dependente e independente e n é o número de pares ordenados (x, y).

Os valores de “r” variam na amplitude de $-1,0 \leq r \leq +1,0$, sendo a correlação tanto mais perfeita quanto mais próxima destes limites “r” estiver. Um valor de $r = 0$ (Zero) indica

uma total ausência de correlação. Valores positivos de “r”, indicam que a variável dependente (y) apresenta uma relação direta com a variável independente (x). Valores negativos de “r” indicam que a variável dependente apresenta uma relação inversa com a variável independente.

5.6.2 “Teste *t de Student*”

Para realizar o cálculo do valor de “t”, foi utilizada equação:

$$t_{calc} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 * (n_1 - 1) + S_2^2 * (n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Onde: \bar{X}_1 é a média da variável 1; \bar{X}_2 , média da variável 2, S_1^2 , variância da variável 1, S_2^2 , variância da variável 2, n_1 , número amostras da variável 1 e n_2 , número de amostras da ocorrência da variável 2.

As variáveis foram trabalhadas a partir da padronização pelo peso, isto é, somente peixes das duas espécies que apresentavam o mesmo intervalo de peso, que foram comparados resultando em um número de 10 e 9 indivíduos respectivamente para *S. brasiliensis* e *S. cavalla*.

5.6.3 Limite de Detecção

O Limite de Detecção do Equipamento (LDE) estabelecido pelo manual é de 10ng Hg.

Para a determinação do Limite de Detecção do Método (LDM), em massa, substituiu-se do valor médio do branco, em absorbância, na equação da curva de calibração do aparelho, obtendo-se o valor equivalente em massa.

Tabela 2: Comparação entre os limites de detecção do equipamento e do método utilizado neste estudo.

LDE	LDM
10 ng	8,5 ng

5.7 Legislação

Segundo a Legislação do ANVISA (1998) na portaria nº685, de 27 de agosto de 1998, que trata de contaminantes químicos em alimentos, a concentração de mercúrio total tolerado em pescado é de 500 ng.g^{-1} para peixes não carnívoros de 1000 ng.g^{-1} para carnívoros, sendo estes parâmetros também recomendados pela Comissão do Codex Alimentarius, União Européia, FDA e outros organismos reconhecidos internacionalmente. Porém mulheres grávidas devem evitar o consumo de pescado com concentrações acima de 300 ng.g^{-1} (Burger & Gochfeld, 2006).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Distribuição das Concentrações de Hg

Foram analisados 23 exemplares das espécies estudadas, 10 de *S. brasiliensis* e 13 de *S. cavalla*. O peso dos indivíduos de *S. brasiliensis* variou de 0,70 - 3,80 kg com valor médio de 1,72 kg \pm 1,02, enquanto que para os indivíduos de *S. cavalla*, o intervalo foi de 0,72 - 12,00 kg com média de 3,82 kg \pm 3,69. O comprimento de *S. brasiliensis* variou de 53 - 88 cm, com média de 65,70 cm \pm 11,57, enquanto que para os indivíduos de *S. cavalla* foi de 59 - 126,6 cm, com valor médio de 82,23 cm \pm 22,29. As concentrações de mercúrio no músculo para *S. brasiliensis* variam de 87,0 - 497,0 ng.g⁻¹ com valor médio de 146,7 ng.g⁻¹ \pm 154,2, enquanto que para *S. cavalla* foram de 36,0 - 1736,5 ng.g⁻¹ com valor médio de 444,8 ng.g⁻¹ \pm 519,9. As concentrações de mercúrio na pele de *S. brasiliensis* variaram de 10,5 - 331,1 ng.g⁻¹ com valor médio de 76,8 ng.g⁻¹ \pm 96,9, enquanto que para *S. cavalla* foram de 8,7 - 173,5 ng.g⁻¹ com valor médio de 50,7 ng.g⁻¹ \pm 49,4. As concentrações de mercúrio no fígado de *S. brasiliensis*, foram de 48,9 - 699,1 ng.g⁻¹, com valor médio de 159,5 ng.g⁻¹ \pm 194,8, enquanto que para *S. cavalla* foram de 81,7 - 3901,9 ng.g⁻¹, com valor médio de 91,9 \pm 1224,6. Os referidos valores estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo de peso comprimento e concentração de Hg nos indivíduos estudados.

		Media	Desvio	Mínimo	Máximo
<i>S. brasiliensis</i> N = 10	Peso (kg)	1,72	1,02	0,70	3,80
	Comprimento (cm)	65,70	11,57	53,00	88,00
	Músculo (ng.g ⁻¹)	146,7	154,2	87,0	497,0
	Pele (ng.g ⁻¹)	76,8	96,9	10,5	331,1
	Fígado (ng.g ⁻¹)	159,5	194,8	48,9	699,1
<i>S. cavala</i> N = 13	Peso (kg)	3,82	3,69	0,72	12,00
	Comprimento (cm)	82,23	22,29	59,00	126,60
	Músculo (ng.g ⁻¹)	444,8	519,9	36,0	1736,5
	Pele (ng.g ⁻¹)	50,7	49,4	8,7	173,5
	Fígado (ng.g ⁻¹)	91,9	1224,6	81,7	3901,9

A Tabela 4 apresenta valores de concentração média de mercúrio total, intervalo de comprimento, tecidos estudados, hábito alimentar, espécies, número de indivíduos analisados e locais de coleta em estudos realizados com peixes em outras localidades. Espécimes de *S. cavala* coletadas no Suriname, região sobre influência de garimpo (Mol *et al.*, 2001) mostraram concentrações de mercúrio total em músculo de 520,0 ng.g⁻¹ no intervalo de comprimento de 49,7 - 67,7 cm. No trabalho desenvolvido por Braga (2006) em Fortaleza, na praia do Mucuripe, as concentrações encontradas para esta espécie foram de 134,1 ng.g⁻¹. Neste estudo, obteve-se concentração de 109,0 ng.g⁻¹, para indivíduos com mesma amplitude de comprimento. Desta forma verifica-se que o valor de concentração de mercúrio total na espécie em estudo corrobora com o valor encontrado por Braga (2006), sendo que estes valores são quatro vezes menores que os encontrados em áreas contaminada por Hg no Suriname.

A concentração de mercúrio total no músculo de *S. brasiliensis* corrobora com valores encontrados por Braga (2006) para indivíduos de mesmo intervalo de comprimento (Tabela 4).

Comparando a relação entre a concentração de Hg músculo / Hg fígado para *Abramis brama* Farkas *et al.* (2003), obteve-se uma razão de 1,11, para *Cephalopholis fulva* esta relação é de 0,12 e 60,73, respectivamente para indivíduos de região “onshore” e “offshore” (Lacerda *et al.*, 2007). Calculando esta razão para *S. brasiliensis* e para *S. cavalla*, foram encontrados valores de 0,92 e 4,84, respectivamente. A relação de [Hg] músculo / [Hg] fígado para *A. brama* é semelhante à encontrada para *S. brasiliensis*, enquanto que a *S. cavalla* apresenta uma relação quatro vezes maior do que *A. brama* e cinco vezes maior que *S. brasiliensis*. O comportamento do mercúrio nos diferentes tecidos, observado para *Cephalopholis fulva* (Lacerda *et al.*, 2007) é semelhante ao encontrado para as duas espécies em estudo, considerando-se o habitat das espécies, onde a relação entre [Hg] músculo / [Hg] fígado, é maior para espécies “offshore”, local habitado por *S. cavalla*, o que sugere que o mercúrio na sua forma mais biodisponível é melhor assimilado pelo músculo dos organismos, sendo que o mercúrio associado ao material clástico em suspensão é melhor assimilado pelo fígado dos organismos.

A importância do estudo de fígado está relacionada ao fato deste representar o armazenamento do metal no organismo. Enquanto que a concentração do metal nos outros tecidos, como pele e músculo, representam um risco potencial de contaminação a saúde humana, pois estes tecidos são comumente consumidos pelo homem (Farkas *et al.*, 2003).

As concentrações de mercúrio total no músculo dos espécimes estudados foram maiores que aquelas encontradas para peixes não-carnívoros da mesma região (Braga, 2006), corroborando com dados encontrados por Ruelas-Inzunza & Paez-Osuma (2005) ao estudar espécies carnívoras e não carnívoras de uma mesma região.

Tabela 4: Valores de concentrações médias e desvio padrão de Hg em espécies carnívoras em diferentes locais do mundo.

Espécie	N	Comprimento (cm) Máx. – Mín.	Média ±Desvio (ng.g ⁻¹)	Hábito Alimentar	Tecidos Estudados	Local	Referência
<i>Abramis brama</i>	58	13,9 – 32,0	100 ± 40	C	Músculo	Lago Balaton	Farkas <i>et al.</i> , 2003
<i>Abramis brama</i>	58	13,9 – 32,0	90 ± 40	C	Fígado	Lago Balaton	Farkas <i>et al.</i> , 2003
<i>Scomberomorus cavalla</i>	5	49,7 - 67,7	520 ± 170	C	Músculo	Suriname	Mol <i>et al.</i> , 2001
<i>Scomberomorus cavalla</i>	5	59 – 70	134,1 ± 17,2	C	Músculo	Mucuripe - Fortaleza	Braga, 2006
<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	5	57 – 67	54,8 ± 9,8	C	Músculo	Mucuripe - Fortaleza	Braga, 2006
<i>Cephalopholis fulva</i>	11	19 – 33,5	49 ± 28	C	Músculo	Fortaleza “Inshore”	Lacerda <i>et al.</i> , 2007
<i>Cephalopholis fulva</i>	11	19 – 33,5	412 ± 406	C	Fígado	Fortaleza “Inshore”	Lacerda <i>et al.</i> , 2007
<i>Cephalopholis fulva</i>	14	26 – 38	174 ± 104	C	Músculo	Fortaleza “Offshore”	Lacerda <i>et al.</i> , 2007
<i>Cephalopholis fulva</i>	14	26 – 38	2,87 ± 3,29	C	Fígado	Fortaleza “Offshore”	Lacerda <i>et al.</i> , 2007

6.2 Relações Alométricas entre as Concentrações de Hg e a Morfometria dos peixes.

A correlação entre os parâmetros analisados foi feita com o logaritmo das concentrações, pois a concentração de mercúrio nos peixes ocorre de forma crescente, tendo uma lenta eliminação pelo organismo, em torno de 90 dias, apresentando correlação inversa com o incremento de peso e comprimento, desta forma apresentando menores taxas de excreção do metal pelo organismo (Holfman *et al.*, 2003). Logo a forma logarítmica representa melhor o comportamento do mercúrio no organismo. Com a obtenção dos dados, foi calculada a correlação entre comprimento e peso com os valores logaritimizadas de concentrações nos diferentes tecido, sendo representadas na Tabela 5 e 6, para *S. brasiliensis* e *S. cavalla*, respectivamente.

Observaram-se correlações significativas entre as concentrações de mercúrio em músculo, pele e fígado e a morfometria para as duas espécies. Para *S. brasiliensis* foram analisados 10 espécimes onde os valores logaritizados de concentração de mercúrio no músculo e fígado apresentaram correlação significância ao nível de 99% com os parâmetros de comprimento e peso, enquanto que os valores logaritizados de concentração de mercúrio em pele apresentaram significância ao nível de 95%, com os parâmetros de comprimento e peso. Para *S. cavalla*, foram analisados 13 indivíduos, onde os valores logaritizados de concentração de mercúrio em músculo, pele e fígado apresentaram correlação positiva ao nível de 99% com os parâmetros de peso e comprimento.

Tabela 5: Matriz de correlação para dados logaritizados da concentração de Hg nos tecidos com os dados morfométricos de *S. brasiliensis*. G.L= 9; (r = 0,735; p < 0,01) (r = 0,602; p < 0,05).

	Peso (kg)	Comprimento (cm)	Ln [Hg] (Músculo)	Ln [Hg] (Pele)	Ln [Hg] (Fígado)
Peso (kg)	1,000				
Comprimento (cm)	0,993	1,000			
Ln [Hg] (músculo)	0,857	0,850	1,000		
Ln [Hg] (Pele)	0,688	0,650	0,810	1,000	
Ln [Hg] (Fígado)	0,793	0,739	0,742	0,645	1,000

Tabela 6: Matriz de Correlação para dados logaritimizados de concentração de Hg nos tecidos com os dados morfométricos de *S. cavalla*. G.L.=12; (r = 0,661; p < 0,01).

	Peso (kg)	Comprimento (cm)	Ln [Hg] (Músculo)	Ln [Hg] (Pele)	Ln [Hg] (Fígado)
Peso (kg)	1,000				
Comprimento (cm)	0,942	1,000			
Ln [Hg] (músculo)	0,862	0,880	1,000		
Ln [Hg] (Pele)	0,727	0,829	0,765	1,000	
Ln [Hg] (Fígado)	0,818	0,798	0,723	0,690	1,000

O aumento da concentração torna-se evidente com o incremento de comprimento e peso, corroborando com dados encontrados para peixes no Paraná (Moraes *et al*, 1997) na Lagoa dos Patos e Mirim (Niencheski *et al.*, 2001), para *Cephalopholis fulva*, na costa do Ceará (Lacerda *et al*, 2007). O incremento de mercúrio nos diferentes tecidos esta repre

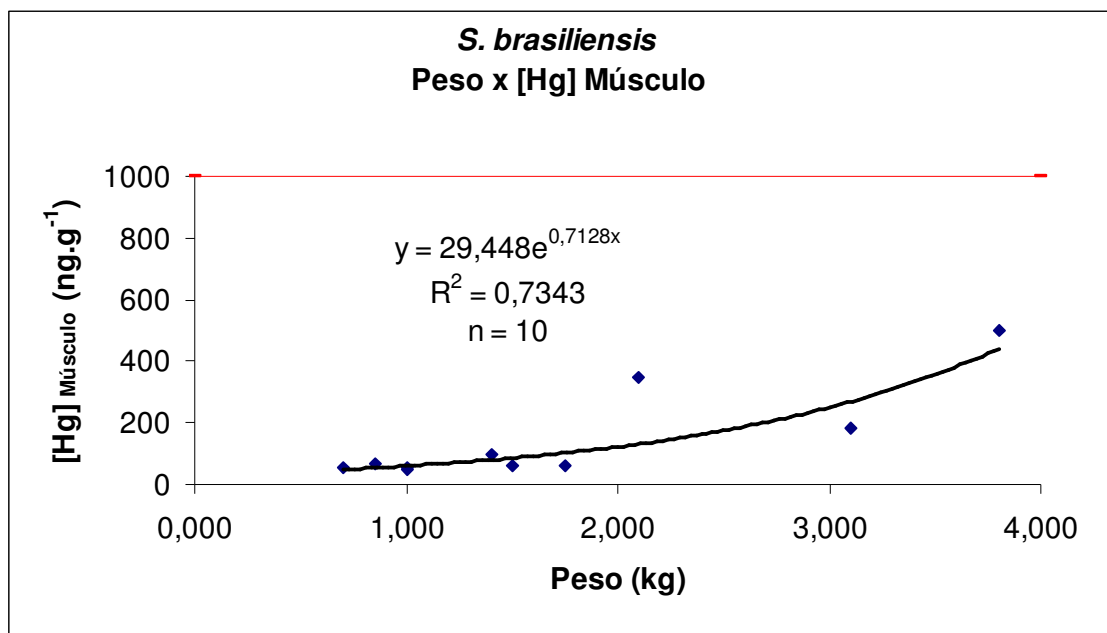


Figura 6: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e concentração de Hg no músculo em *S. brasiliensis*. Em destaque, limite máximo permitido pela ANVISA.

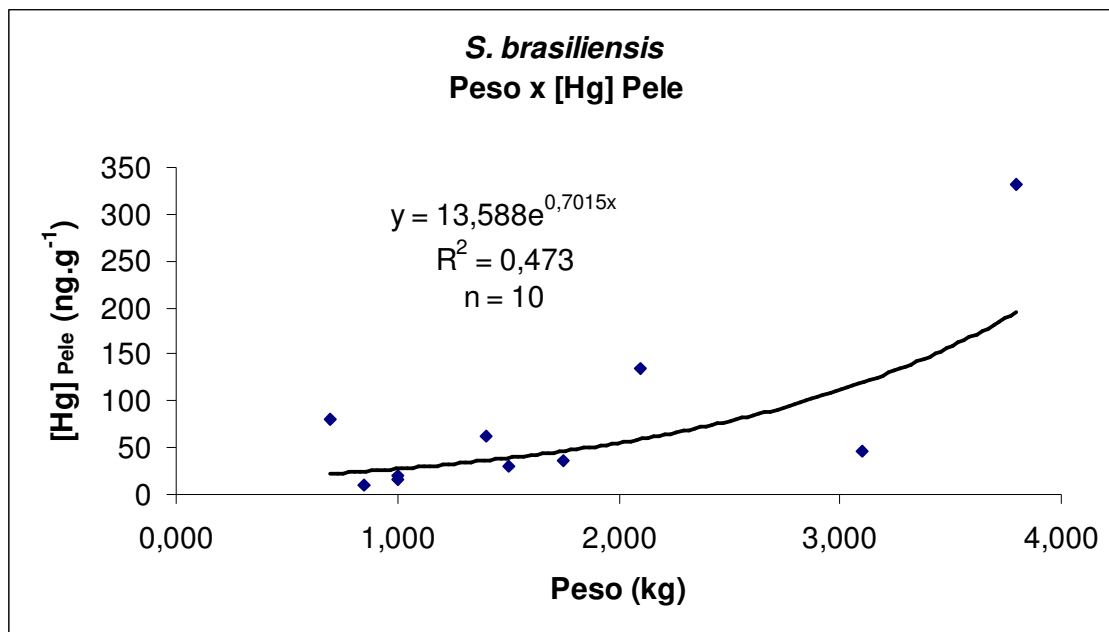


Figura 7: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e concentração de Hg na pele em *S. brasiliensis*.

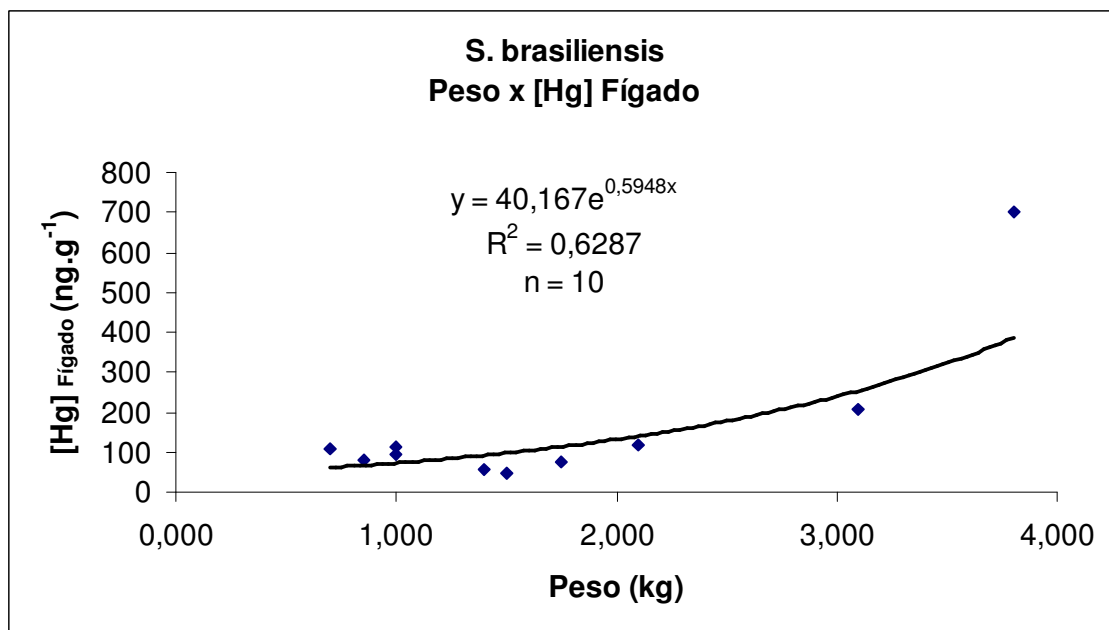


Figura 8: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e concentração de Hg no fígado em *S. brasiliensis*.

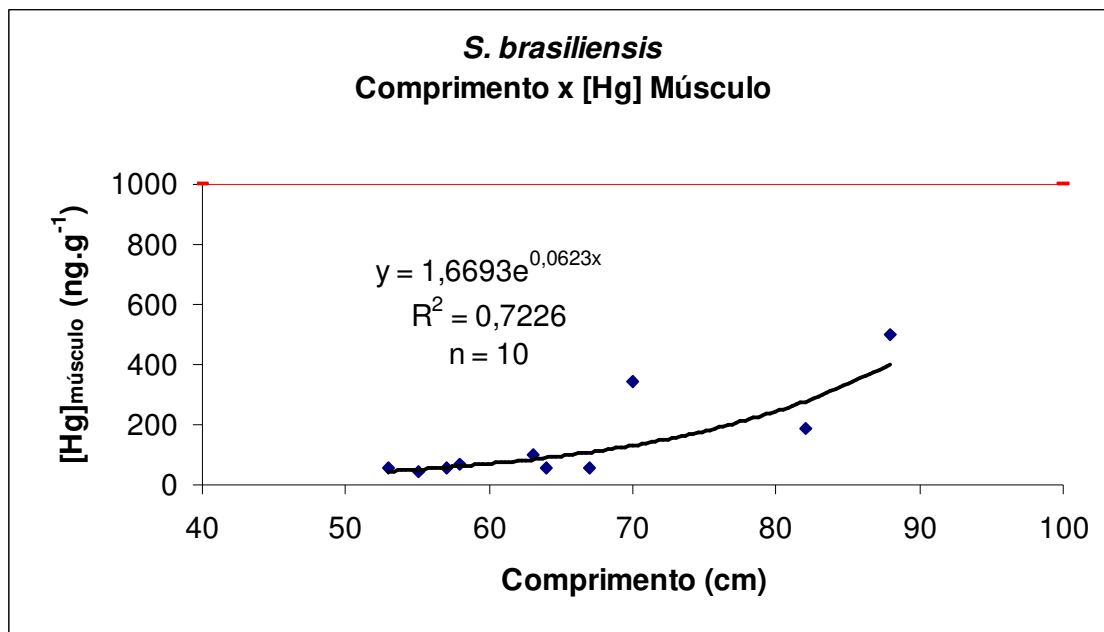


Figura 9: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg no músculo em *S. brasiliensis*. Em destaque, limite máximo permitido pela ANVISA.

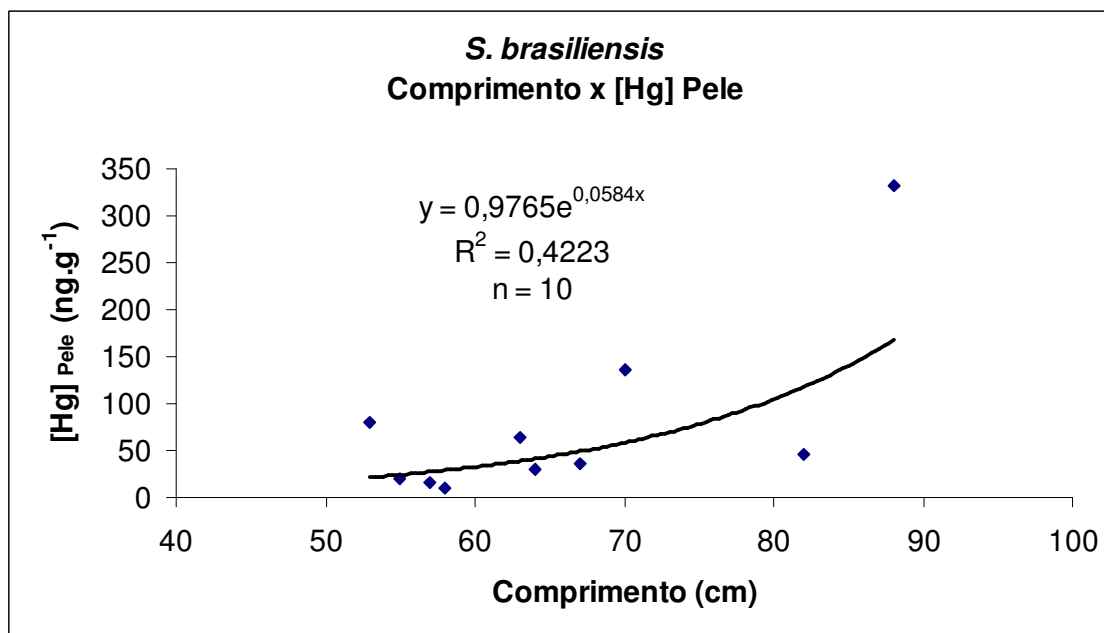


Figura 10: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg na pele em *S. brasiliensis*.

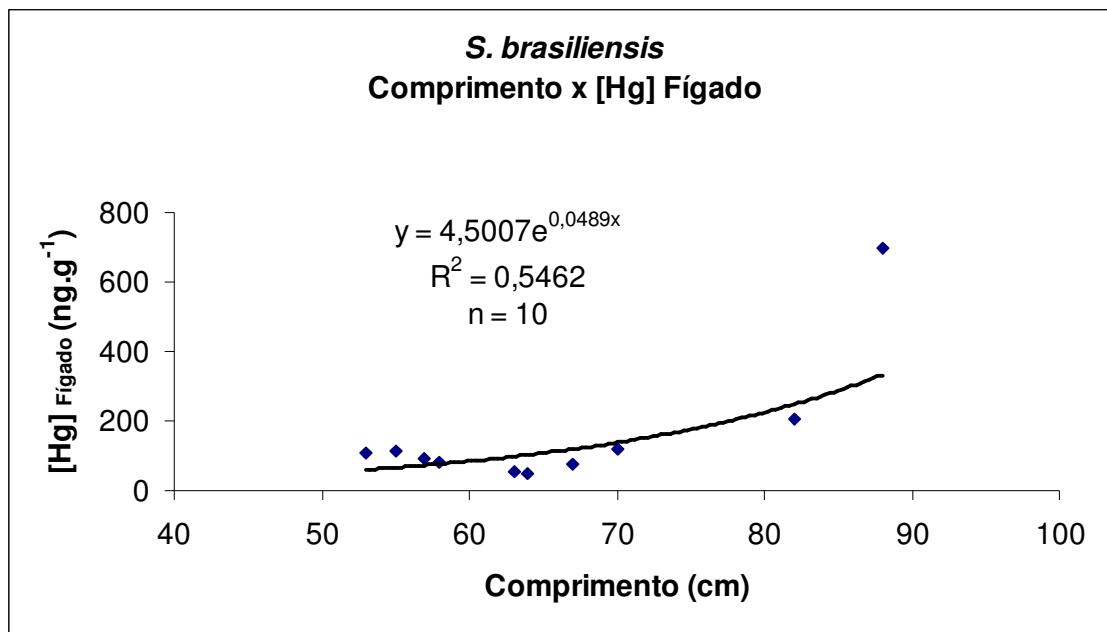


Figura 11: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg no fígado em *S. brasiliensis*.

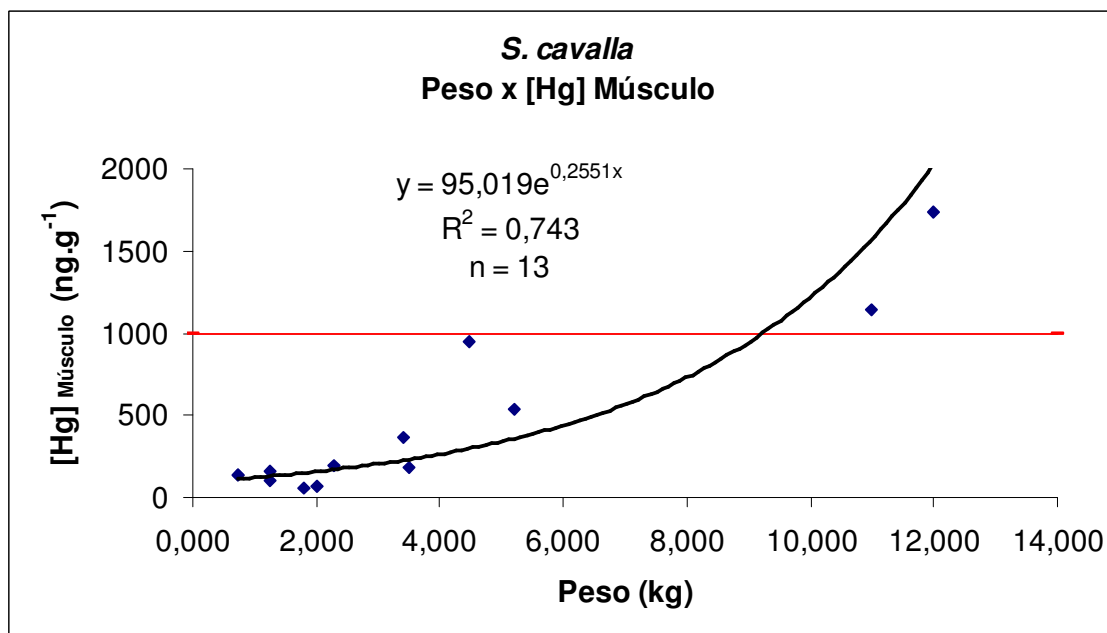


Figura 12: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e a concentração de Hg no músculo em *S. cavalla*. Em destaque, limite máximo permitido pela ANVISA.

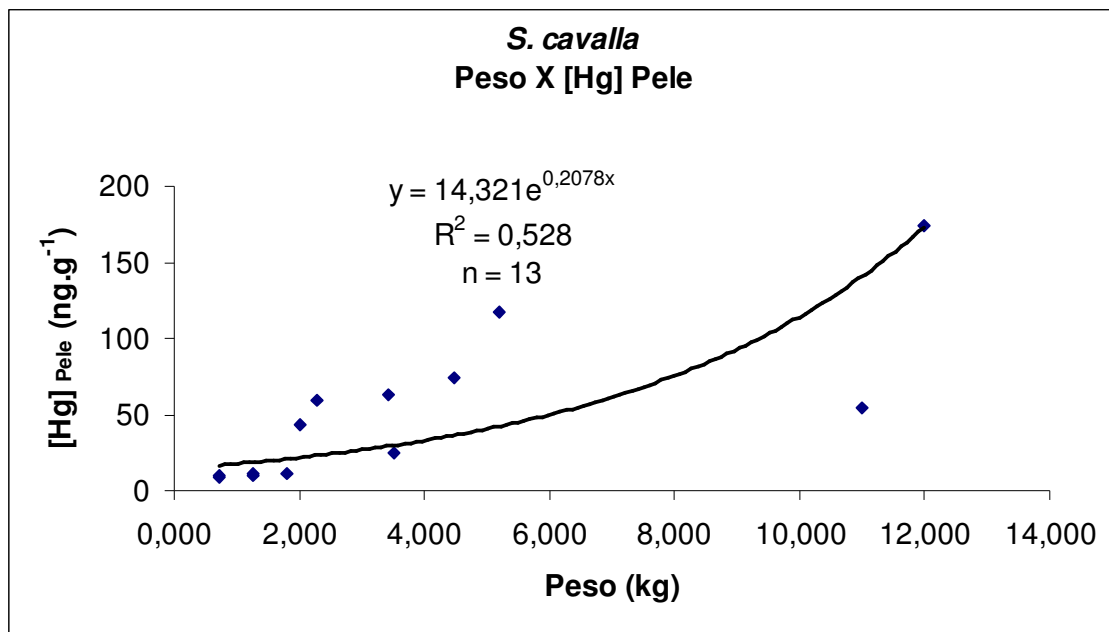


Figura 13: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e a concentração de Hg na pele em *S. cavalla*.

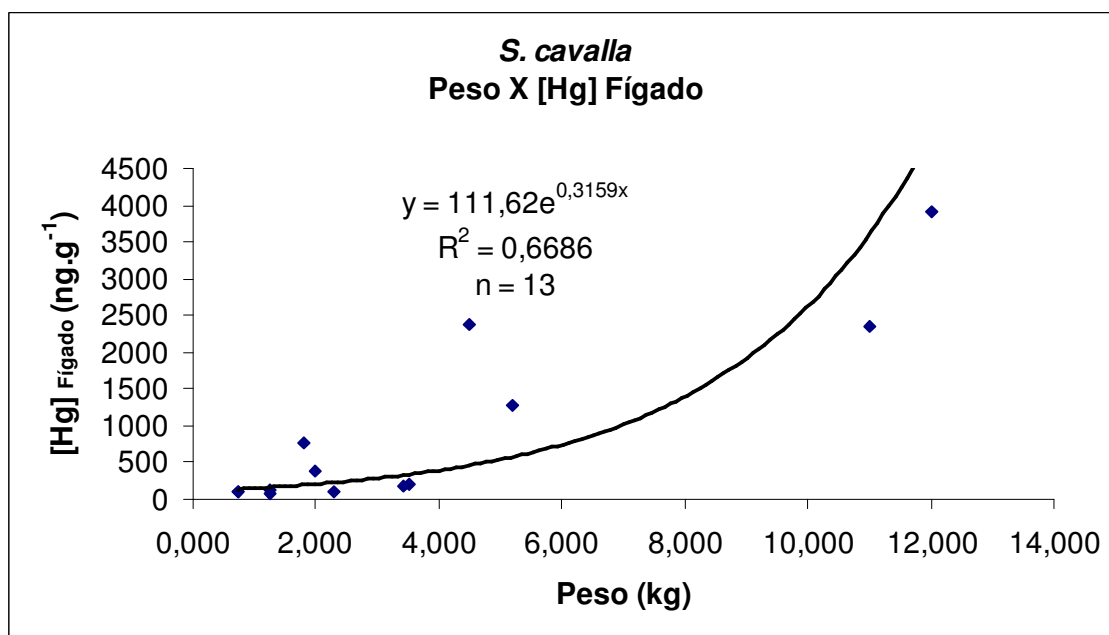


Figura 14: Representação gráfica da correlação existente entre peso do animal e a concentração de Hg no fígado em *S. cavalla*.

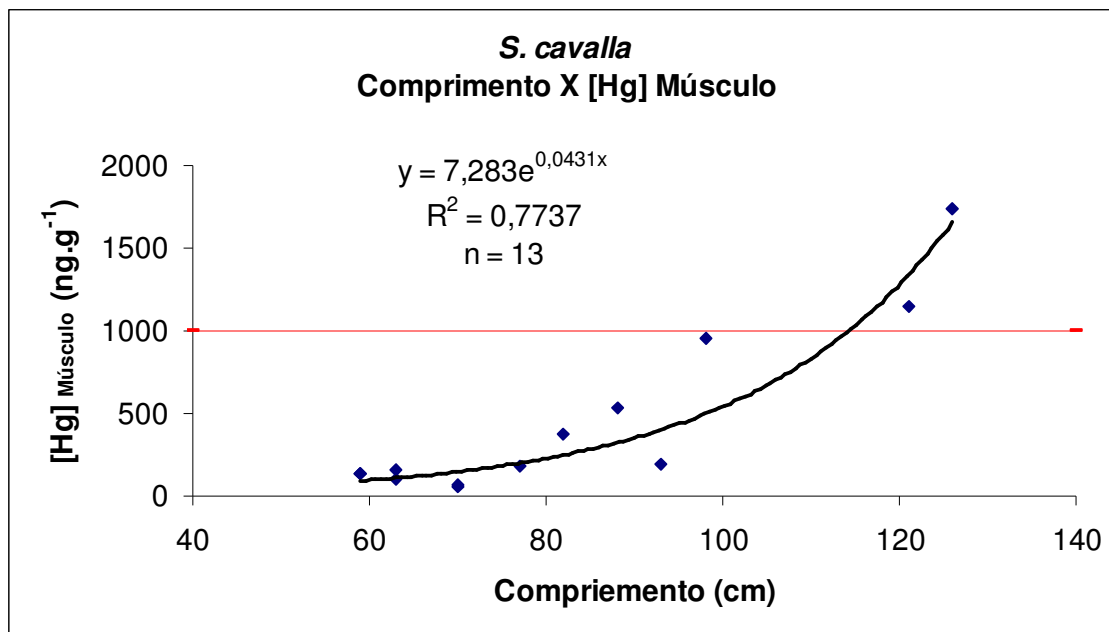


Figura 15: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg no músculo em *S. cavalla*. Em destaque, limite máximo permitido pela ANVISA.

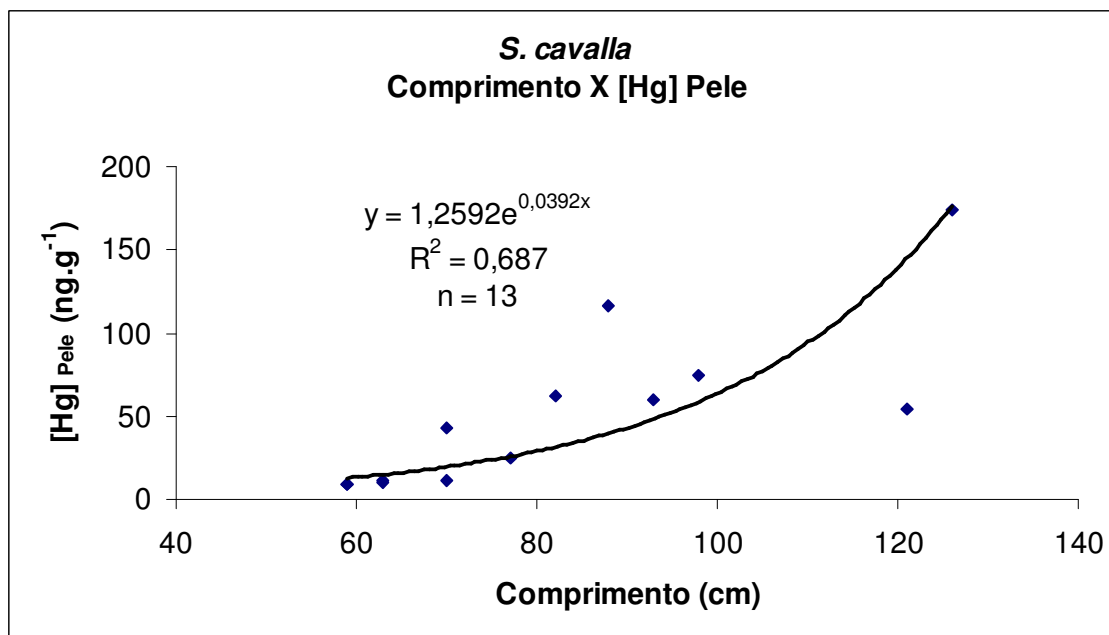


Figura 16: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg na pele em *S. cavalla*.

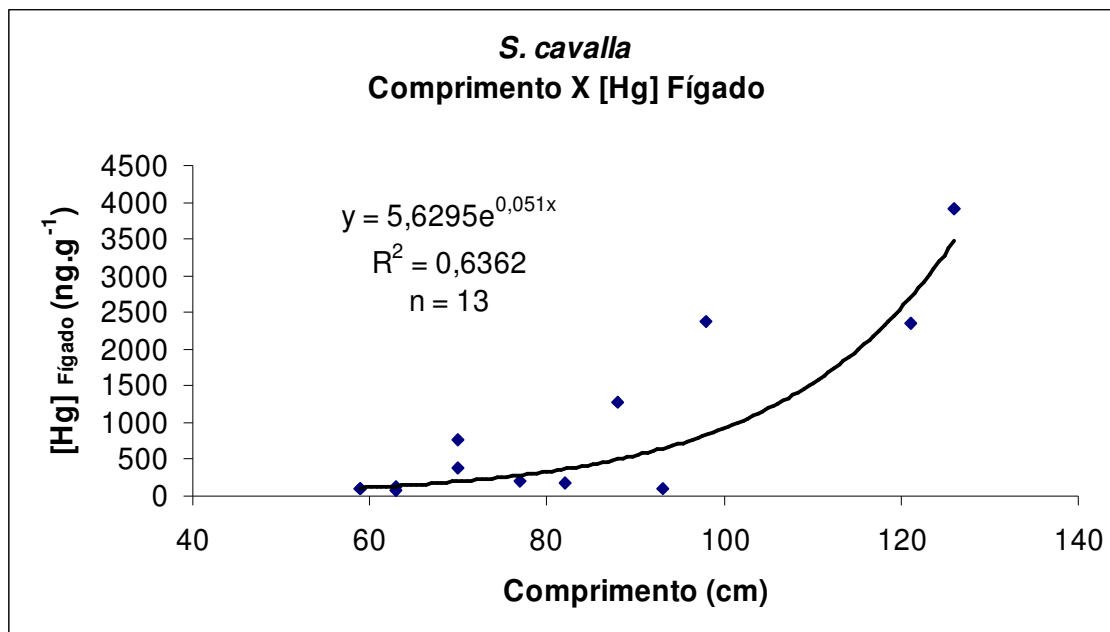


Figura 17: Representação gráfica da correlação existente entre comprimento do animal e a concentração de Hg no fígado em *S. cavalla*.

A concentração de mercúrio nos indivíduos apresenta um comportamento crescente com o incremento de peso e comprimento, comportamento este observado para as duas espécies, o que sugere uma bioacumulação do mercúrio pelos tecidos dos organismos. Para *S. cavalla*, a taxa de incremento de mercúrio no músculo em relação ao comprimento são taxas iniciais de 2,2 ng.g⁻¹.cm⁻¹ (para indivíduos de 40 a 50 cm), chegando a 106,0 ng.g⁻¹.cm⁻¹ (130 a 140 cm), com relação ao incremento de mercúrio com peso, as taxas iniciais são de 35,6ng.g⁻¹.kg (1 a 2 kg) chegando a taxas de 760 ng.g⁻¹.kg⁻¹ (13 a 14 kg). Para *S. brasiliensis*, os valores são de 1,7 ng.g⁻¹.cm⁻¹ (40 a 50cm) e de 39,3 ng.g⁻¹.cm⁻¹ (90 a 100cm), em relação ao peso as taxas são de 62,5 ng.g⁻¹.kg⁻¹ (1 a 2 kg) e de 259,8 ng.g⁻¹.kg⁻¹ (3 a 4 kg). Comportamento semelhante ao sugerido por Holfman *et al.* (2003).

Do ponto de vista da exposição humana, a média das concentrações de Hg encontradas em *S. brasiliensis*, foram sempre menores que as máximas sugeridas pela ANVISA (1998). Para *S. cavalla*, entretanto, embora a concentração média tenha sido inferior ao máximo sugerido pela ANVISA (1998), os indivíduos maiores que 110 cm e com peso maior que 9,0 kg apresentaram concentração de Hg 1,7 vezes maior que o permitido por esta Agência.

6.3 Comparação Entre as Espécies:

A fim de comparar as duas espécies em relação à concentração de Hg, os resultados foram agrupados no intervalo de 0,700 a 3,800 kg, para os indivíduos das duas espécies, a fim de uniformizar este parâmetro para a comparação entre as médias da concentração nos diferentes tecidos das duas espécies. Para a comparação, utilizou-se o teste “t” de Student, com o objetivo de verificar a existência ou não de diferença significativa entre as médias.

Para a análise, utilizou-se 10 indivíduos de *S. brasiliensis* com valores médios de peso de 1,7 kg \pm 1,0 e comprimento de 66,7 cm \pm 11,6. Nestes indivíduos a concentração média no músculo foi de 146,7 ngHg.g⁻¹ \pm 154,2, pele de 76,8 ngHg.g⁻¹ \pm 96,9 e fígado 169,5 ngHg.g⁻¹ \pm 194,6. Para *S. cavalla* utilizou-se 9 indivíduos com valores médios de peso de 1,9 kg \pm 1,04 e comprimento 70,7 cm \pm 11,5. As concentrações no músculo 156,6 ngHg.g⁻¹ \pm 93,2, pele de 26,7 ngHg.g⁻¹ \pm 22,5 e fígado 225,5 ngHg.g⁻¹ \pm 226,8, sendo apresentados os valores de “t” calculado e “t” tabelado na Tabela 7.

Tabela 7: Valores calculados e tabelados entre os parâmetros de *S. cavala* e *S. brasiliensis*, ao nível de 95% de aceitação, sendo n = 10 para os dois exemplares.

	<i>S. brasiliensis</i>			<i>S. cavalla</i>			“t” calculado	“t” tabelado
	n	Média	Desvio	n	Média	Desvio		
Peso (kg)	10	1,7	1,0	9	1,9	1,04	0,34	2,110
Comprimento (cm)	10	65,7	11,6	9	70,7	11,5	0,94	2,110
[Hg] músculo (ng.g⁻¹)	10	146,7	154,2	9	156,6	93,2	0,17	2,110
[Hg] pele (ng.g⁻¹)	10	76,8	96,9	9	26,7	22,5	1,51	2,110
[Hg] fígado (ng.g⁻¹)	10	159,5	194,8	9	225,5	226,8	0,68	2,110

Observando os dados acima, verifica-se que não há diferença significativa entre os valores médios de concentração para as espécies analisadas, pois os valores de “t” calculado são menores que os de “t” tabelado. Desta forma, considerando este intervalo de peso de 0,700 a 3,800 kg, o acúmulo de mercúrio pelos tecidos ocorre em média da mesma maneira, provavelmente porque os organismos de *S. cavalla* nos primeiros anos de vida habitam regiões que são habitadas por *S. brasiliensis* (Fonteles-Filho, 2000). Desta forma são representados nas Figuras 18 a 23 o comportamento do mercúrio nos diferentes tecidos correlacionados com os dados morfométricos das espécies do presente estudo.

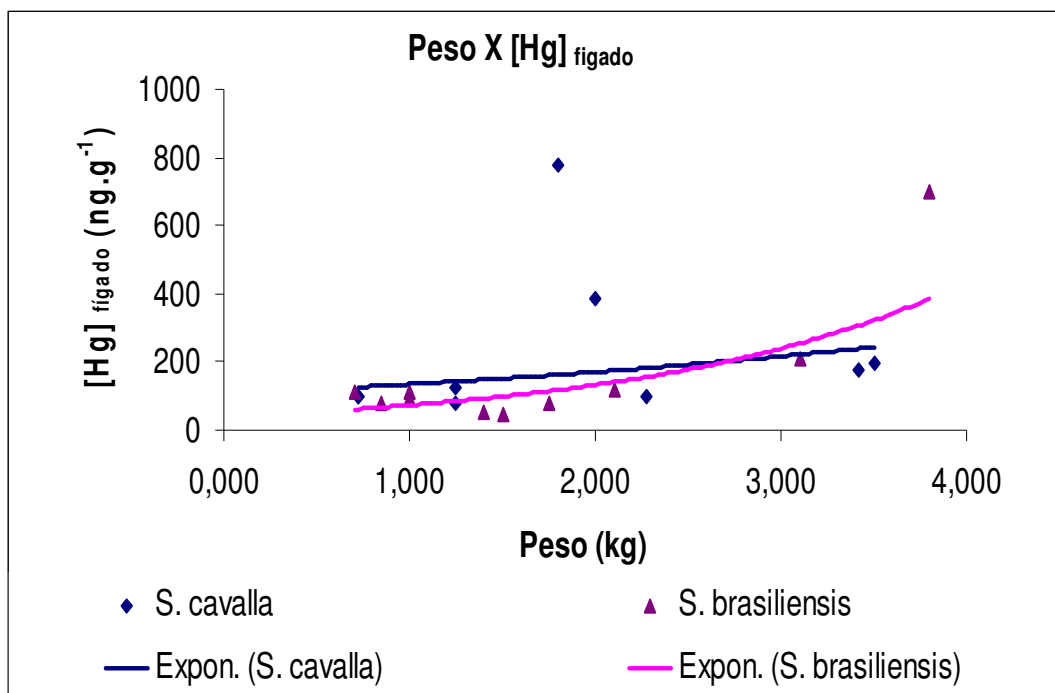


Figura 20: Correlação entre a concentração de mercúrio total (ng.g⁻¹) no fígado de *S. cavalla* e *S. brasiliensis*, e o peso (kg)

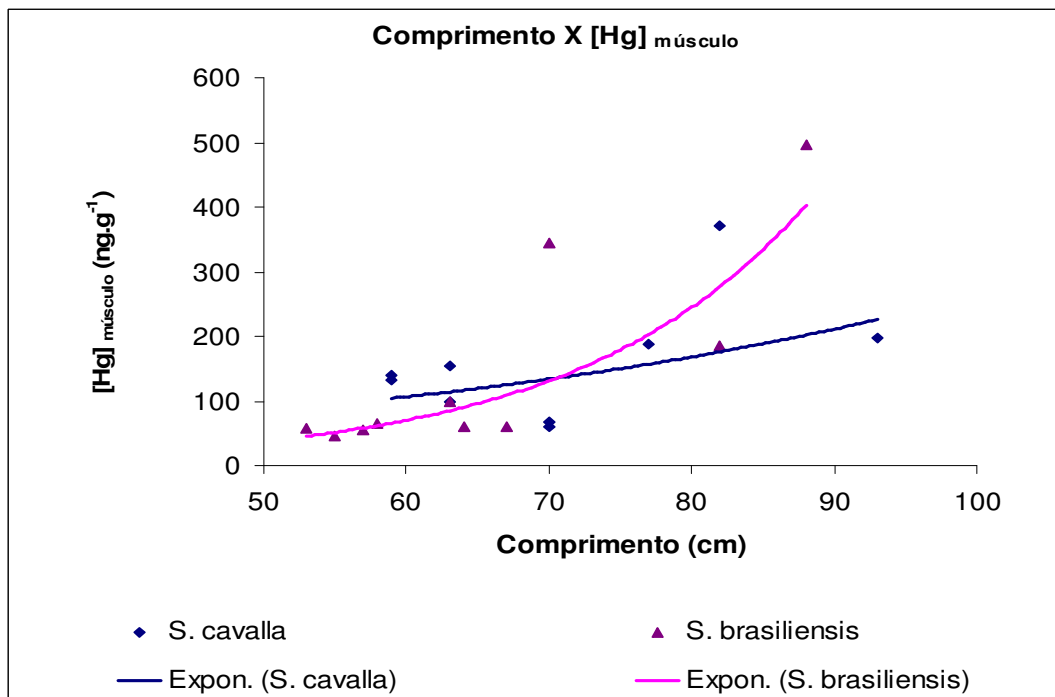


Figura 21: Correlação entre a concentração de mercúrio total (ng.g⁻¹) no músculo de *S. cavalla* e *S. brasiliensis*, e o comprimento (cm).

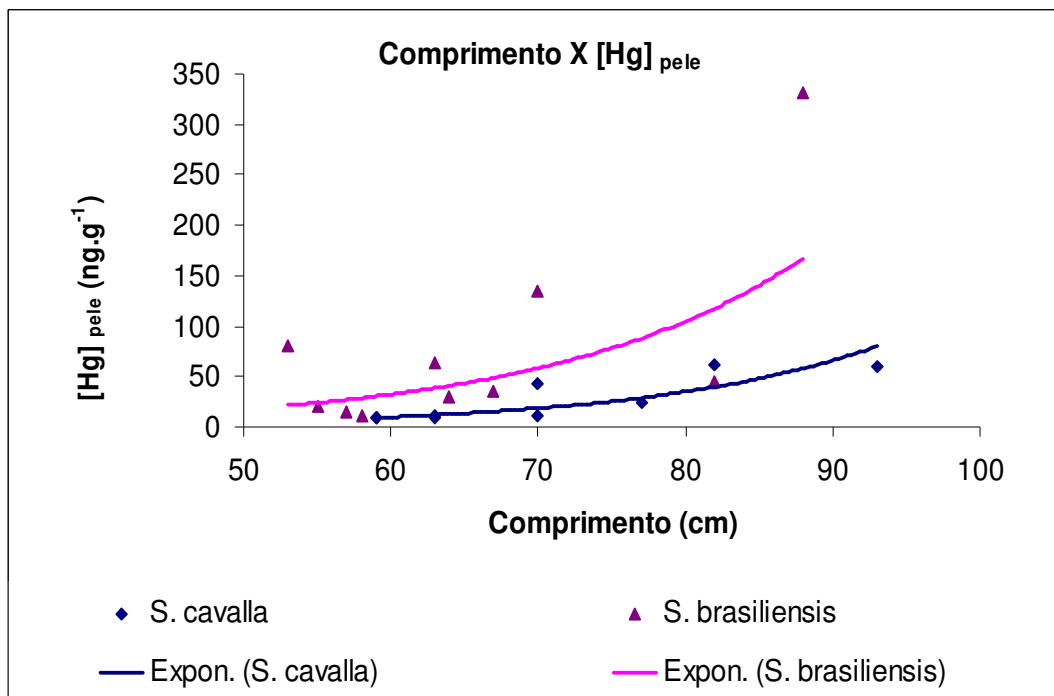


Figura 22: Correlação entre a concentração de mercúrio total (ng.g^{-1}) na pele de *S. cavalla* e *S. brasiliensis*, e o comprimento (cm).

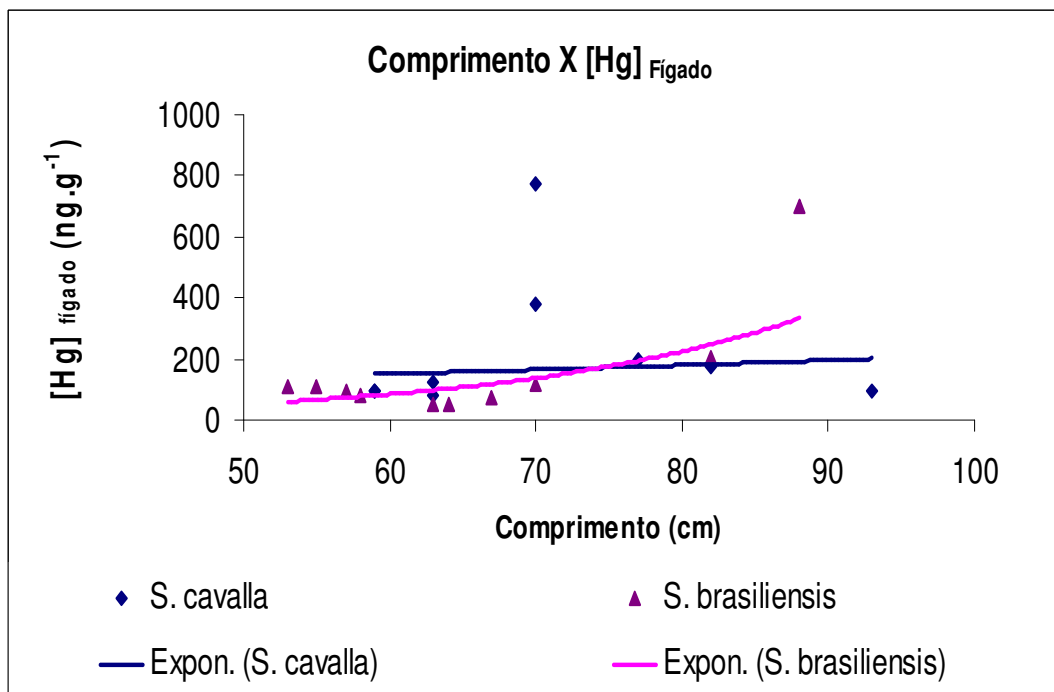


Figura 23: Correlação entre a concentração de mercúrio total (ng.g^{-1}) no fígado de *S. cavalla* e *S. brasiliensis*, e comprimento (cm).

Apesar de não apresentar diferença significativa entre o valor médio de concentração dos tecidos, para intervalos de comprimento entre 0,700 e 3,800 kg e 53 a 88 cm, pode-se verificar que ocorre um incremento de mercúrio no músculo e na pele de forma mais rápida para *S. brasiliensis* que a observada para *S. cavalla*. Para o fígado, a concentração ocorre de forma semelhante para as duas espécies.

O valor médio de concentração de mercúrio no músculo de indivíduos com peso comparável foi semelhante entre as duas espécies. Entretanto, indivíduos de *S. cavalla* com mais de 3,8 kg apresentaram valor médio de concentração no músculo até três vezes maior que encontrada para *S. brasiliensis*. Este resultado sugere que os indivíduos maiores de *S. cavalla* que habitam regiões mais externas da plataforma podem estar expostos a uma fração do mercúrio mais biodisponível. Para a concentração média de mercúrio no fígado, o comportamento foi semelhante ao reportado para o músculo. Entretanto indivíduos de *S. cavalla* acima de 3,8 kg apresentaram valores médios de concentração menores que os indivíduos de *S. brasiliensis*. O comportamento do mercúrio nos tecidos de músculo e fígado é semelhante ao comportamento apresentado por *Cephalopholis fulva*, como reportado em Lacerda *et al* (2007).

7 CONCLUSÃO

Pode-se verificar que o mercúrio presente nos espécimes de *S. cavalla* apresentam concentrações acima do permitido pela ANVISA (1.000 ng.g^{-1} , para peixes carnívoros) nos indivíduos com 9 kg e 110 cm de comprimento. Para um consumo semanal médio de 200 g, considerado ótimo pela OMS, a dose máxima permitida seria de $800 \mu\text{g Hg.mês}^{-1}$.

A população de Fortaleza consome em média $6 \text{ g.hab}^{-1}.\text{mês}^{-1}$ e $2 \text{ g.hab}^{-1}.\text{mês}^{-1}$, respectivamente de *S. cavalla* e *S. brasiliensis* de peixe. Utilizando-se a concentração média o consumo de Hg seria de 2,7 e $0,3 \mu\text{g.mês}^{-1}$ respectivamente. Entretanto, caso o consumo seja de peixes maiores que 9 kg, para *S. cavalla*, a ingestão de Hg poderia atingir $8,7 \mu\text{g.mês}^{-1}$. Deste modo ao se consumir indivíduos acima de 9 kg o consumo de mercúrio pela população ainda não atinge níveis que causem danos à saúde.

Para a espécie de *S. brasiliensis* não foram encontrados valores acima da legislação para peixes carnívoros, porém considerando os valores máximos de comprimento e peso publicados para a espécie em questão (125cm e 6.710kg), obtêm-se valores de concentração de mercúrio em músculo em torno de 4.000 ng.g^{-1} e 3.500 ng.g^{-1} , respectivamente.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAIR, B. M. & COOB, G. P. Improved preparation of small biological samples for mercury analysis using cold vapor atomic absorption spectroscopy. *Chemosphere*, v. 38, n. 12, pp2951-2958, 1999.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 685, de 27 de Agosto de 1998. Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?mode=PRINT_VERSION&id=90>. Acesso: 30 de Outubro de 2006.

ARAÚJO, M. E. de; JACINTA, M. C. J.; OLIVEIRA, A. M. E. Peixes estuarinos marinhos do Nordeste Brasileiro: guia ilustrado – Fortaleza: Editora Universitária UFPE 260p, 2004.

AZEVEDO, F. A. Toxicologia do Mercúrio. Editora RiMa/InterTox. 292p. 2003

BARBIN, E. L.; SPANÓ, J. C. E.; PÉCORA, J. D. Laboratório de Gerenciamento de Resíduos Odontológicos (LAGRO). Guia Prático sobre resíduo de amálgama odontológico. Disponível em: <http://www.forp.usp.br/restauradora/lagro/guia_pratico.html>. Acesso em setembro de 2006.

BASTOS, W. R.; GOMES, J. P. O; OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, R.; NASCIMENTO, E. L.; BERNARDI, J. V. E.; LACERDA, L. D.; SILVEIRA, E. G. PFEIFFER, W. C. Mercury in the environment and riverside populaton in the Madera River Basin, Amazon, Brazil. *Science os the Total Environment*. v. 368, pp 344 – 351, 2005.

BISINOT, M. C. & JARDIM, W. F. O comportamento do mercúrio (metilHg) no ambiente. *Química Nova*, v. 27, n. 4, pp. 593-600, 2004

BRAGA, T. M. B. – Dados preliminares de concentração de mercúrio total em peixes Comercializados na Praia do Mucuripe, Fortaleza e no Estuário do rio Jaguaribe, CE. Fortaleza. Universidade Federal do Ceará, 2006. 49p.

BRANCO, V.; CANÁRIO, J.;VALE, C.; RAIMUNDO, J. & REIS, C. - Total and organic mercury concentrations in muscle tissue of the blue shark (*Prionace glauca* L.1758) from the Northeast Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, v. 49, pp 854 – 874, 2004.

BURGUER, J.; DIAZ-BARRIGA, F.; MARAFANTE, E.; POUNDS, J. & ROBSON, M. Methodologies to examine the importance of factors in bioavailability of metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. n. 56, pp. 20 – 31, 2003.

BURGUER, J. & GOCHFELD, M. – Mercury in fish available in supermarkets in Illions: Are there regional differences. *Science of the Total Environment*. v. 367, pp. 1010 – 1016, 2006.

CARVALHO, G. P. de; CAVALCANTE, P. R. S.; CASTRO, A. C. L. de, & ROJAS, M. O. A. I. Preliminary assessment of heavy metal levels in *Mytella falcata* (Bivalva, Mytilidae) from Bacanga River estuary, São Luis, State of Maranhão, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*. V. 60, n.1, 2000.

CEPENE 1999 - Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste - Boletim Estatístico de Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil – 2000 – Tamandaré. p. 136, 2000.

CEPENE 2000 - Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste - Boletim Estatístico de Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil – 2000 – Tamandaré. p. 141, 2001.

CEPENE 2001 - Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste - Boletim Estatístico de Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil - 2001. - Tamandaré, p. 139, 2002.

CEPENE 2002 - Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste - Boletim Estatístico de Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil - 2003 - Tamandaré, p. 209, 2003.

CEPENE 2003 - Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste - Boletim Estatístico de Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil – 2004 – Tamandaré, p. 197, 2004.

CEPENE 2004 - Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste - Boletim Estatístico de Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil – 2004 – Tamandaré, p. 152, 2005.

CFO – Conselho Federal de Odontologia – Disponível em: <<http://www.cfo.org.br>>. Acessado em: outubro de 2006.

FARKAS, A.; SALÁNKI, J.; SPECZIÁR, A. – Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated sites. *Water Research*. v. 37, pp. 959-964, 2003.

FISHBASE – Disponível em: <<http://www.fishbase.org>>. Acesso em: agosto de 2006.

FONTELES-FILHO, A. A. Sinopse de informação sobre a cavala, *Scomberomorus cavalla* (Cuvier) e a Serra, *Scomberomorus brasiliensis* (Collete, Russo & Zavalla-Camin) (Pices: Scombridae) no estado do Ceará, Brasil. Arquivo de Ciências do Mar. v. XXVII, Fortaleza, Ceará, Brasil. pp. 21 – 48, 1988.

FONTELES-FILHO, A. A. Síntese sobre a distribuição, abundancia, potencial pesqueiro e biologia da Cavala *Scomberomorus cavalla* (Cuvier) e a Serra *Scomberomorus brasiliensis* (Collete, Russo e Zavala-Camin) da região Nordeste do Brasil. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva MMA. REVIZEE. 10p, 2000.

HOLFFMAN, D. J.; RATTNER, B. A.; JR, G. A. B. & JR, J. C. Handbook of Ecotoxicology. Lewis Publishers. Ed. 2, 462p, 2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: outubro de 2006.

LACERDA, L. D.; PARAQUETTI, H. H. M.; MARINS, R. V.; REZENDE, C. E. ZALMON, I. R.; GOMES, M. P. & FARIAS, V. Mercury content in shark species from the south-eastern brazilian coast. Revista Brasileira de Biologia. v. 60, n. 4, pp. 571 – 576, 2000.

LACERDA, L. D. Updating global Hg emissions from small-scale gold mining and assessing its environmental impacts. Environmental Geology. v. 43, pp. 308 – 314, 2003.

LACERDA, L. D.; SANTOS, J. A.; CAMPOS, R. C., GONÇALVES, R. A.; SALLES, R. – Total-Hg and Organic-Hg in *Cephalopholis fulva* (Linnaeus, 1759) from inshore and offshore water of NE Brazil Brazilian Journal of Biology. 2007.

Marins, R. V. Avaliação da contaminação por mercúrio emitido por fontes difusas em sistema costeiro subtropical – O caso da Baía de Sepetiba, SE, RJ. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal Fluminense. 1998, 77p.

MAURICE-BOURGOIN, L.; QUIROGA, I.; CHINCHEROS, J.; COURAU, P. Mercury distribution in waters and fishes the upper Madeira rivers and mercury exposure in riparian Amazonian populations. The Science of the Total Environment. v. 260 pp.73-86, 2000.

MOL, J. H.; RAMLAL, J. S.; LIETAR, C.; VERLOO, M. Mercury Contamination in Freshwater, Estuarine, and Marine Fishes in Relation to Small-Scale Gold Mining in Suriname, South America. Environmental Research Section A n. 86, pp. 183-197, 2001.

MORAES, L. A. F. de; LENZI, E. & LUCHESE E. B. Mercury in two fish species from the Paraná River floodplain, Paraná, Brazil. *Environmental Pollution*, v. 98, n.1, pp. 123 – 127, 1997.

MORALES-AIZPURÚA, I. C.; TENUTA-FILHO, A.; SAKUMA, A. M. & ZENEON, O. Mercúrio total em cação comercializado em São Paulo – SP, Brasil. *Ciência e tecnologia de Alimentos*, v. 19, n. 3, 1999.

MÜLLER, G.; IRION, G.; MORAIS, J. O.; TINTELNOT, M.; CD-ROM 3rd International Symposium Environmental Geochemistry in Tropical Countries, Nova Friburgo, Brasil, 1999

NIENCHESKI, L. F.; WINDOM, H. L.; BARAJ, B.; WELLS, D. & SMITH, R. Mercury in Fish from Patos and Mirim Lagoons, Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*. v. 42, n. 12, pp. 1403 – 1406, 2001.

PARAQUETTI, H. H. M.; AYRES, G. A.; ALMEIDA, M. D. de, MOLISANI, M. M. & LACENDA, L. D. Mercury distribution, speciation and flux in the Sepetiba Bay tributaries, SE Brazil. *Water Research*. v. 38, pp. 1439 - 1448, 2004

PIMENTA, M. G. R. Coliformes termotolerantes, fosfato e metais traços (Cu, Pb e Hg) em água e sedimento das galerias pluviais de Fortaleza, (CE). Dissertação de mestrado, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, 70p, 2006.

RUELAS-INZUMA, J. & PAEZ-OSUMA, F. Mercury in fish and Shark Tissue from Two Coastal Lagoons in the Gulf of California, México. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, n. 74, pp. 294 - 300, 2005.

SELANES, A. G.; MÁRSICO, E. T., SANTOS, N. N.; CLEMENTE, S. C. de S.; OLIVEIRA, G. A. & MONTEIRO, A. B. S. – Mercúrio em Peixes Marinhos - *Acta Scientiae Veterinarie*, v. 30, n. 2, pp. 107 – 112, 2002.

SZPILMAN, M. Peixes Marinhos do Brasil – Guia Prático de Identificação Donnelley, 288p, 2000.

UNEP CHEMICALS. Current exposure and impacts of mercury on human health. In: *Global mercury assessment*. Switzerland: UNEP. 2002a. chap. 4. Disponível em: <<http://www.chem.unep.ch/mercury/WGmeeting/revreport-Ch4.pdf>>. Acesso: outubro de 2006.

UNEP CHEMICALS. Impacts of mercury on the environment. In: Global mercury assessment. Switzerland: UNEP, 2002b. chap. 5. Disponível em: <<http://www.chem.unep.ch/mercury/WGmeeting/revreport-Ch5.pdf>>. Acesso: outubro de 2006.

VAISMAN, A. G.; MARINS, R. V. & LACERDA L. D. Characterization of the Mangrove Oyster, *Crassostrea rhizophorae*, as a Biomonitor for Mercury in Tropical Estuarine Systems, Northeast Brazil. Buletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 74, n. 3, pp. 582-588, 2005.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Mercury – environmental aspects. Geneva, 1989. Environmental Health Criteria 86. 115p. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc086.htm>>. Acessado em: outubro de 2006.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Inorganic mercury. Geneva, 1991. Environmental Health Criteria, n. 118. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc118.htm#PartNumber:3>>. Acessado em: outubro de 2006.

WIKIPEDIA. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Fortaleza>>. Acessado em outubro de 2006.