

CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL EM CAVALA, *Scomberomorus cavalla*, E SERRA, *Scomberomorus brasiliensis*, COMERCIALIZADAS NAS BANCAS DE PESCADO DO MUCURIBE, FORTALEZA, CEARÁ

Concentration of total mercury on king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, and Brazilian mackerel, *Scomberomorus brasiliensis*, from the Mucuripe fish market, Fortaleza, Ceará State

Breno Gustavo Costa¹, Luiz Drude de Lacerda²

RESUMO

A biomagnificação do mercúrio (Hg) ao longo da cadeia trófica resulta em um aumento da exposição humana a este metal por populações consumidoras de pescado. No presente estudo é determinada a concentração de Hg em duas espécies de peixes carnívoros, *Scomberomorus cavalla* e *Scomberomorus brasiliensis*, bastante consumidos pela população local, e comercializados nas bancas de pescado do Mucuripe, Fortaleza. Foram também estimadas as doses de exposição ao poluente. Foram analisados 13 espécimes de *S. cavalla* (0,7 - 12,0 kg; 59 - 126,6 cm) e 10 de *S. brasiliensis* (0,7 - 3,8 kg; 53 - 88 cm). As concentrações de Hg total no músculo variaram de 36,0 a 1736,5 ng.g⁻¹ em *S. cavalla* e de 87 a 497,0 ng.g⁻¹ em *S. brasiliensis*. No fígado as concentrações variaram de 81,7 - 3901,9 ng.g⁻¹ e 48,9 - 699,1 ng.g⁻¹ e na a pele de 8,7 - 173,5 ng.g⁻¹ e 10,5 - 331,1 ng.g⁻¹, para *S. cavalla* e *S. brasiliensis*, respectivamente. As concentrações de Hg em todos os tecidos analisados nas duas espécies apresentaram-se significativamente correlacionadas com o comprimento dos indivíduos. Em *S. cavalla* foram encontrados valores acima do recomendado para consumo humano em indivíduos maiores que 110 cm. Este resultado não foi observado em *S. brasiliensis*. A exposição humana máxima estimada para as condições da população de Fortaleza, ficou muito abaixo dos limites máximos permitidos pela legislação vigente.

Palavras-chaves: mercúrio, peixes carnívoros, exposição humana.

ABSTRACT

Mercury (Hg) biomagnification through aquatic food chains increases Hg exposure to human consumers. In the present study we determined Hg concentrations and potential human exposure doses for two carnivorous fish *Scomberomorus cavalla* and *Scomberomorus brasiliensis*, from the Mucuripe fish market, and frequently consumed by the local population. We analyzed 13 individuals of *S. cavalla* (0.7 - 12.0 kg; 59 - 126.6 cm) and 10 individuals of *S. brasiliensis* (0.7 - 3.8 kg; 53 - 88 cm). Mercury concentrations in fish muscle varied from 36.0 to 1736.5 ng.g⁻¹ in *S. cavalla* and from 87 to 497.0 ng.g⁻¹ in *S. brasiliensis*. In liver tissues Hg concentrations varied from 81.7 to 3901.9 ng.g⁻¹ and 48.9 to 699.1 ng.g⁻¹, whereas in skin from 8.7 to 173.5 ng.g⁻¹ and 10.5 to 331.1 ng.g⁻¹, in *S. cavalla* and *S. brasiliensis*, respectively. Mercury concentrations in all analyzed tissues of the two species were significantly correlated with fish size. Large (>110 cm) individuals of *S. cavalla* presented Hg concentrations higher than the maximum allowed concentration for human consumption. This result, however, was not observed for *S. brasiliensis*. Maximum estimated human exposure under local consumption conditions was much lower than the legal limit exposure to humans.

Key words: mercury, carnivorous fish, human exposure.

¹ Bolsista do CNPq, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição, Fortaleza, CE 60165-081. E-mail: breno_pesca@hotmail.com

² Professor Adjunto, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição, Fortaleza, CE 60165-081. E-mail: drude@ufc.br

INTRODUÇÃO

O mercúrio (Hg) 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, entretanto, dominante a transferência entre a atmosfera e a superfície da terra (Azevedo, 2003). Uma vez depositado na superfície o Hg pode sofrer organificação por ação microbiológica a metil-Hg, mecanismo de detoxificação utilizado por diversas espécies de bactérias. A mudança na especiação do Hg da forma inorgânica para a forma metilada é o primeiro passo para o processo de bioacumulação na cadeia alimentar aquática. O metil-Hg por ser lipossolúvel é mais facilmente distribuído pelos diferentes órgãos dos organismos (WHO, 1991). Depois de incorporado na biota o metil-Hg é bioacumulado ao longo da cadeia trófica, podendo atingir o homem. O Hg é o único metal que comprovadamente está relacionado à problemas graves de saúde humana através do consumo de alimentos contaminados, principalmente pela ingestão de pescado (Sellanes *et al.*, 2002; Bisinot & Jardin, 2004). Assim, a utilização de peixes de nível trófico elevado como biomonitoradores da disponibilidade de Hg ao qual esta exposta uma dada população humana tem sido utilizada em vários estudos no Brasil e no Mundo (Bidone *et al.*, 1997; Lebel *et al.*, 1998; Marins *et al.*, 1998; Lacerda *et al.*, 2000; Niencheski *et al.*, 2001; Bastos *et al.*, 2005). Fatores como idade, sexo, comprimento, peso, "status" nutricional e genética são parâmetros que influenciam a acumulação de mercúrio em peixes (Burger *et al.*, 2003).

O baixo nível de industrialização no nordeste brasileiro não tem justificado estudos sobre a contaminação ambiental por Hg. Entretanto dados recentes obtidos ao redor do mundo têm demonstrado que, devido à característica global da contaminação por Hg e a importância da contribuição natural, mesmo peixes carnívoros coletados em áreas com baixa industrialização, podem apresentar concentrações elevadas de Hg, sendo importante o monitoramento desses organismos (Lacerda *et al.*, 2000; Sellanes *et al.*, 2002; Guzmán & García, 2002; Branco *et al.*, 2004; Ruelas-Izuma & Paez-Osuma, 2005). Uma vez que se torna necessário estimar a exposição de populações humanas ao Hg através do consumo de pescado, mesmo que não sejam conhecidas fontes significativas da emissão deste metal na região nordeste do Brasil.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesca é a principal atividade econômica do litoral cearense, contando com 113 pontos de desembarque em 20 municípios costeiros. As pescarias com barco a vela foram responsáveis 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. O município de Fortaleza, com 34 km de costa é responsável por uma produção anual de pescado em torno de 1.820 t ocupando o terceiro lugar no estado, ficando atrás somente de Camocim (5.300 t.ano⁻¹) e Itarema (2.040 t.ano⁻¹) (CEPENE, 2006).

Fortaleza apresenta 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 feitas ligações clandestinas resultando no despejo destes efluentes diretamente na costa de Fortaleza (Pimenta, 2006). A concentração de Hg em sedimentos destes cursos d'água foram estudadas anteriormente e mostraram concentrações variando de 5 µg.g⁻¹ a 48 µg.g⁻¹ (Marins *et al.*, 2002; Vaisman *et al.*, 2005).

Além dos despejos urbanos, o uso do Hg na odontologia também pode resultar em emissões significativas para o litoral cearense. Durante o preparo do amálgama para realizar uma restauração, cerca de 30% do Hg processado é perdido, resultado de excesso manipulado e raspas produzidas durante a escultura do amálgama. Em média são utilizadas 2 g de Hg por restauração, resultando numa perda média de 0,6 g (Babin *et al.*, 2006). Um dentista realiza cerca de 30 restaurações por mês, 10 meses no ano, portanto, podendo gerar um o resíduo de Hg por profissional de cerca de 180 g.ano⁻¹. Como Fortaleza possui 241 profissionais odontológicos (Restauradores e Endodontia) (CFO, 2006), pode-se estimar que a quantidade de Hg emitido para o ambiente por esta atividade é da ordem de 43,4 kg.ano⁻¹.

CARACTERÍSTICA DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

Dentre as espécies de peixe consumidas em Fortaleza, a serra (*S. brasiliensis*) e a cavala (*S. cavalla*) são as mais consumidas pela população, portanto, podendo representar uma via significativa de exposição ao Hg para a população consumidora de pescado. *S. cavalla* tem distribuição entre as latitudes 44°N - 22°S, e longitudes 98°W - 34°W. No nordeste

brasileiro sua distribuição é frequente na porção externa da plataforma continental, possivelmente na isóbata de 36 m com distância de 30 milhas da costa (Fonteles-Filho, 2007). A curva de crescimento para a espécie é descrita pela equação $L_t = 124,9*(1 - e^{-(0,229*t)})$, tendo comprimento máximo teórico de 124,9 cm e vivendo por aproximadamente 14 anos (Fonteles-Filho, 1988). A espécie possui comportamento alimentar voraz, apresentando volume alimentar médio de 21,8 cm³ em determinadas épocas do ano (Fonteles-Filho, 1988; FISHBASE, 2006).

S. brasiliensis tem distribuição entre as latitudes 21°N - 36°S, e longitudes 90°W - 29°W. No nordeste brasileiro sua distribuição ocorre principalmente sobre a plataforma continental provavelmente na isóbata de 15 m, com distância de 10 milhas da costa. (Fonteles-Filho, 2000). A curva de crescimento para esta espécie é descrita por $L_t = 106,7*(1 - e^{-(0,160*t)})$, tendo comprimento máximo teórico de 106,7cm e vivendo por aproximadamente 9 anos. Seu volume alimentar em determinadas épocas do ano pode chegar a 8,9 cm³ (Fonteles-Filho, 1988).

No presente trabalho é determinada a concentração de Hg em *S. cavalla* e *S. brasiliensis* comercializados no mercado de peixe Mucuripe, Fortaleza, e estimada a exposição da população humana local advinda do consumo desse tipo de pescado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Espécimes de *S. brasiliensis* e *S. cavalla* foram obtidos nas bancas de pescado do mercado do Mucuripe, certificando-se que os mesmos haviam sido capturados por 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. No laboratório foram obtidos dados merísticos e morfométricos para a identificação dos indivíduos, sendo posteriormente retiradas amostras de músculo, pele e fígado. As amostras de músculo e pele foram retiradas próximo ao pedúnculo caudal.

Em seguida foram retiradas subamostras de 2 g, em triplicata, dos tecidos a serem analisados, e colocadas em erlemeyers, os quais foram tampados com dedos frios para processamento através de digestão ácida segundo Adair & Cobb (1999), oxidando todo o Hg da amostra à forma de Hg²⁺. A determinação do Hg nas amostras foi feita através após a redução do Hg²⁺ a Hg⁰ pela adição de cloreto estano 2% (SnCl₂). A detecção do Hg⁰ gerado foi feita com a utilização de um analisador Bacharach Cole-

man MOD-50, que utiliza a técnica de espectrofotometria de absorção atômica com geração de vapor a frio.

Para a determinação da concentração de Hg nas amostras foi feito o cálculo através da utilização de padrões de mercúrio da marca MERCK, com concentração de 1.000 mg.l⁻¹ através de diluições sucessivas em balões volumétricos até a concentração de 10 ng.l⁻¹. As soluções de calibração apresentou linearidade para a determinação da massa de Hg entre 0 a 120 ngHg.

A validação da metodologia foi feita a partir da utilização de padrão de referência certificado do National Institute of Standard and Technology - NIST 1566a, que apresenta como matriz biológica o tecido de ostra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição das concentrações de Hg

Foram analisados 10 exemplares de *S. brasiliensis* e 13 de *S. cavalla*. O peso dos indivíduos de *S. brasiliensis* variou de 0,7 a 3,8 kg com valor médio de $1,7 \pm 1,0$ kg, enquanto que para os indivíduos de *S. cavalla*, o intervalo foi de 0,7 a 12,0 kg com média de $3,8 \pm 3,7$ kg. O comprimento de *S. brasiliensis* variou de 53 a 88 cm, com média de $65,7 \pm 11,6$ cm, enquanto que para *S. cavalla* foi de 59 a 126,6 cm, com média de $82,2 \pm 22,3$ cm. As concentrações de Hg no músculo de *S. brasiliensis* variaram de 87,0 a 497,0 ng.g⁻¹, com média de $146,7 \pm 154,2$ ng.g⁻¹, enquanto que para *S. cavalla* foram de 36,0 - 1736,5 ng.g⁻¹ com média de $444,8 \pm 519,9$ ng.g⁻¹. As concentrações de Hg na pele de *S. brasiliensis* variaram de 10,5 a 331,1 ng.g⁻¹ com valor médio de $76,8 \pm 96,9$ ng.g⁻¹, enquanto que para *S. cavalla* foram de 8,7 a 173,5 ng.g⁻¹ com valor médio de $50,7 \pm 49,4$ ng.g⁻¹. As concentrações de Hg no fígado de *S. brasiliensis*, foram de 48,9 a 699,1 ng.g⁻¹, com valor médio de $159,5 \pm 194,8$ ng.g⁻¹, enquanto que em *S. cavalla* foram de 81,7 a 3901,9 ng.g⁻¹, com valor médio de $91,9 \pm 1224,6$ ng.g⁻¹ (Tabela I).

A concentração média de Hg no músculo de *S. cavalla* apresenta valor semelhante àqueles encontrados por Mol *et al.* (2001) em região de garimpo no litoral do Suriname. No estudo desenvolvido por Braga (2006) no litoral do Ceará, a concentração média de Hg no músculo para *S. cavalla* e *S. brasiliensis* foi de 134,1 a 54,8 ng.g⁻¹, respectivamente, corroborando com o presente estudo ao se considerar o mesmo intervalo de comprimento (Tabela II). Em indivíduos de *Cephalopholis fulva* coletados no litoral do Ceará, as concentrações de Hg variaram de 49 a 174 ng.g⁻¹ (Lacerda *et al.*, 2007); enquanto que para *C. guatucupa* coletados no litoral do Uruguai a concen-

tração média de Hg foi de $360 \pm 160 \text{ ng.g}^{-1}$ (Viana *et al.*, 2005) (Tabela II). Estes resultados sugerem que a presença de fontes pontuais de Hg, como no Suriname, não é fator determinante da concentração final de Hg em peixes carnívoros.

Comparando a relação entre a concentração de Hg no músculo e no fígado para *Cephalopholis fulva*, em zonas *inshore* e *offshore* de Fortaleza, Lacerda *et al.* (2007) obtiveram razões de 0,12 e 0,06, respectivamente. Para *Micropogonias furnieri* capturado na Baía de Guanabara (Kehring, *et al.*, 2005) determinou uma razão de 0,78. Em *Cynoscion guatucupa* (Viana *et al.*, 2005) capturada na costa do Uruguai, a relação encontrada foi de 1,13. No presente estudo os valores encontrados foram respectivamente de 0,92 e 4,84 para *S. brasiliensis* e *S. cavalla*. Esta relação mostra

que a relação entre as concentrações de Hg para *S. brasiliensis* são semelhantes às encontradas para *M. furnieri* e *C. guatucupa*, sendo que *S. cavalla* apresenta razões 6,2 e 4,2 vezes maiores que a encontrada para as duas espécies anteriormente citadas. Com estas relações pode-se observar a diferente acumulação do metal nos tecidos, sendo a forma inorgânica preferencialmente acumulada no fígado (Lacerda *et al.*, 2007) estando esta forma mais relacionada a uma alimentação mais recente, enquanto que no músculo a concentração esta relacionada principalmente à acumulação do metal ao longo do tempo, caracterizando a bioacumulação do Hg no organismo.

A importância do estudo do fígado está relacionada ao fato deste órgão representar o armazenamento do metal no organismo, enquanto que a concentração do metal nos outros tecidos representa um risco potencial de contaminação, por serem pele e músculo 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 os dados encontrados por Ruelas-Inzunza & Paez-Osuma (2005), ao estudarem espécies carnívoras e não-carnívoras de uma mesma região no litoral do México.

Tabela I - Indivíduos estudados, número de indivíduos, peso, comprimento, concentração de Hg em peso úmido, valores mínimos, máximos, média e desvio padrão das espécies estudadas.

Espécie	Variável	Media	Desvio	Mínimo	Máximo
<i>S. cavalla</i> N = 13	Peso (kg)	3,8	3,7	0,7	12,0
	Comprimento (cm)	82,2	22,3	59,0	126,6
	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
<i>S. brasiliensis</i> N = 10	Peso (kg)	1,7	1,0	0,7	3,8
	Comprimento (cm)	65,7	11,6	53,0	88,0
	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

Tabela II - Concentração de Hg em espécies carnívoras em diferentes locais do mundo.

* Valores médios de comprimento

Espécie	N	Comprimento (cm)	Média ± desvio (ng.g ⁻¹)	Tecidos estudados	Local	Referência
<i>S. cavalla</i>	5	49,7 - 67,7	520 ± 170	Músculo	Litoral do Suriname	Mol <i>et al.</i> , 2001
<i>S. cavalla</i>	5	59 - 70	134,1 ± 17,2	Músculo	Mercado do Mucuripe	Braga, 2006
<i>S. brasiliensis</i>	5	57 - 67	54,8 ± 9,8	Músculo	Mercado do Mucuripe	Braga, 2006
<i>C. fulva</i>	11	19 - 33,5	49 ± 28	Músculo	Fortaleza <i>inshore</i>	Lacerda <i>et al.</i> , 2007
<i>C. fulva</i>	11	19 - 33,5	412 ± 406	Fígado	Fortaleza <i>inshore</i>	Lacerda <i>et al.</i> , 2007
<i>C. fulva</i>	14	26 - 38	174 ± 104	Músculo	Fortaleza <i>offshore</i>	Lacerda <i>et al.</i> , 2007
<i>C. fulva</i>	14	26 - 38	2.865,0 ± 3,3	Fígado	Fortaleza <i>offshore</i>	Lacerda <i>et al.</i> , 2007
<i>M. furnieri</i>	34	34 - 58	140,41 ± --	Músculo	Baía de Guanabara	Kehrig <i>et al.</i> , 2005
<i>M. furnieri</i>	34	34 - 58	180,53 ± --	Fígado	Baía de Guanabara	Kehrig <i>et al.</i> , 2005
<i>C. guatucupa</i>	11	43,2*	350 ± 160	Músculo	Costa do Uruguai	Viana <i>et al.</i> , 2005
<i>C. guatucupa</i>	11	43,2*	310 ± 100	Fígado	Costa do Uruguai	Viana <i>et al.</i> , 2005
<i>S. brasiliensis</i>	10	53,0 - 88,0	146,7 ± 154,2	Músculo	Mercado do Mucuripe	Este estudo
<i>S. brasiliensis</i>	10	53,0 - 88,0	159,5 ± 194,8	Fígado	Mercado do Mucuripe	Este estudo
<i>S. cavalla</i>	13	59,0 - 126,6	444,8 ± 519,9	Músculo	Mercado do Mucuripe	Este estudo
<i>S. cavalla</i>	13	59,0 - 126,6	91,9 ± 1224,6	Fígado	Mercado do Mucuripe	Este estudo

Alometria na relação “concentração de Hg/comprimento do peixe”

A correlação entre os parâmetros analisados foi feita com o logaritmo das concentrações, pois a concentração de Hg nos peixes ocorre de forma crescente, apresentando uma lenta eliminação pelo organismo, em torno de 90 dias, e uma correlação inversa com o incremento de peso e comprimento, desta forma apresentando menores taxas de excreção do metal por indivíduos mais velhos (Holfman *et al.*, 2003). Com a obtenção dos dados, foi calculada a correlação entre comprimento e peso com os valores logaritimizados das concentrações nos diferentes tecidos para *S. brasiliensis* e *S. cavalla*, respectivamente (Tabela III e IV).

Observaram-se correlações significativas entre as concentrações de Hg em músculo, pele e fígado e a morfometria para as duas espécies. Em *S. brasiliensis* as concentrações de Hg no músculo e no fígado apresentaram correlação significativa ($P < 0,01$) com os parâmetros de comprimento e peso, enquanto que as concentrações de Hg em pele apresentaram correlação significativa ($P < 0,05$), com os parâmetros de comprimento e peso. Em *S. cavalla*, as concentrações de Hg em músculo, pele e fígado apresentaram correlação positiva ($P < 0,01$) com os parâmetros de peso e comprimento (Tabelas III e IV).

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

A concentração de Hg nos indivíduos apresenta um comportamento crescente com o incremento comprimento nas duas espécies, o que sugere a bioacumulação do Hg pelos tecidos dos organismos. Para *S. cavalla*, a taxa de incremento de Hg no músculo em relação ao comprimento aumenta de $2,2 \text{ ng.g}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ para indivíduos de 40 a 50 cm, a $106,0 \text{ ng.g}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ para indivíduos de 130 a 140 cm. Para *S. brasiliensis*, as taxas são de $1,7 \text{ ng.g}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ para indivíduos de 40 a 50cm e de $39,3 \text{ ng.g}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ para indivíduos de 90 a 100 cm, comportamento semelhante ao sugerido por Holfman *et al.* (2003) para outras espécies de peixes.

Do ponto de vista da exposição humana, a média das concentrações de Hg encontradas em *S. brasiliensis* foi sempre menor que a máxima sugerida pela ANVISA (1998). Para *S. cavalla*, entretanto, embora a concentração média tenha sido inferior ao máximo, os indivíduos maiores que 110 cm e com peso maior que 9,0 kg apresentaram concentração de Hg 1,7 vezes maior que a concentração máxima sugerida. As maiores concentrações de Hg total encontradas em *S. cavalla*, podem ser resultantes da maior voracidade desta espécie, maior longevidade e comprimentos maiores que os espécimes de *S. brasiliensis*.

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.

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

Variável	Comprimento (cm)	Ln [Hg] (Músculo)	Ln [Hg] (Pele)	Ln [Hg] (Fígado)
Comprimento (cm)	1,000			
Ln [Hg] (músculo)	0,850	1,000		
Ln [Hg] (Pele)	0,650	0,810	1,000	
Ln [Hg] (Fígado)	0,739	0,742	0,645	1,000

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

Variável	Comprimento (cm)	Ln [Hg] (Músculo)	Ln [Hg] (Pele)	Ln [Hg] (Fígado)
Comprimento (cm)	1,000			
Ln [Hg] (músculo)	0,880	1,000		
Ln [Hg] (Pele)	0,829	0,765	1,000	
Ln [Hg] (Fígado)	0,798	0,723	0,690	1,000

cies. Para a comparação, utilizou-se o teste “t” de Student, com o objetivo de verificar a existência de diferença significativa entre as médias.

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

Observando os resultados, verifica-se que não há diferença significativa entre os valores médios de concentração de Hg entre as espécies analisadas. Desta forma, considerando este intervalo de comprimento e peso, o acúmulo de Hg pelos tecidos ocorre em média da mesma maneira nas duas espécies.

Apesar de não apresentar diferença significativa entre o valor médio de concentração dos tecidos para o intervalo 53 - 88 cm, pode-se verificar que ocorre um incremento de Hg no músculo e na pele de forma mais rápida para *S. brasiliensis* que a observada em *S. cavalla*. Para o fígado, a variação da concentração ocorre de forma semelhante para as duas espécies (Figura 2).

Tabela V - Comprimento (cm), espécies, número de indivíduos, concentração (ng.g⁻¹) e valor de “t”, calculado e tabelado para os espécimes estudados. $\alpha = 95\%$.

Variável	<i>S. cavalla</i>			<i>S. brasiliensis</i>			Valor de t calculado	Valor de t tabelado
	N	Média	Desvio	N	Média	Desvio		
Comprimento (cm)	9	70,7	11,5	10	65,7	11,6	0,94	2,306
[Hg] músculo (ng.g ⁻¹)	9	156,6	93,2	10	146,7	154,2	0,17	2,306
[Hg] pele (ng.g ⁻¹)	9	26,7	22,5	10	76,8	96,9	1,51	2,306
[Hg] fígado (ng.g ⁻¹)	9	225,5	226,8	10	159,5	194,8	0,68	2,306

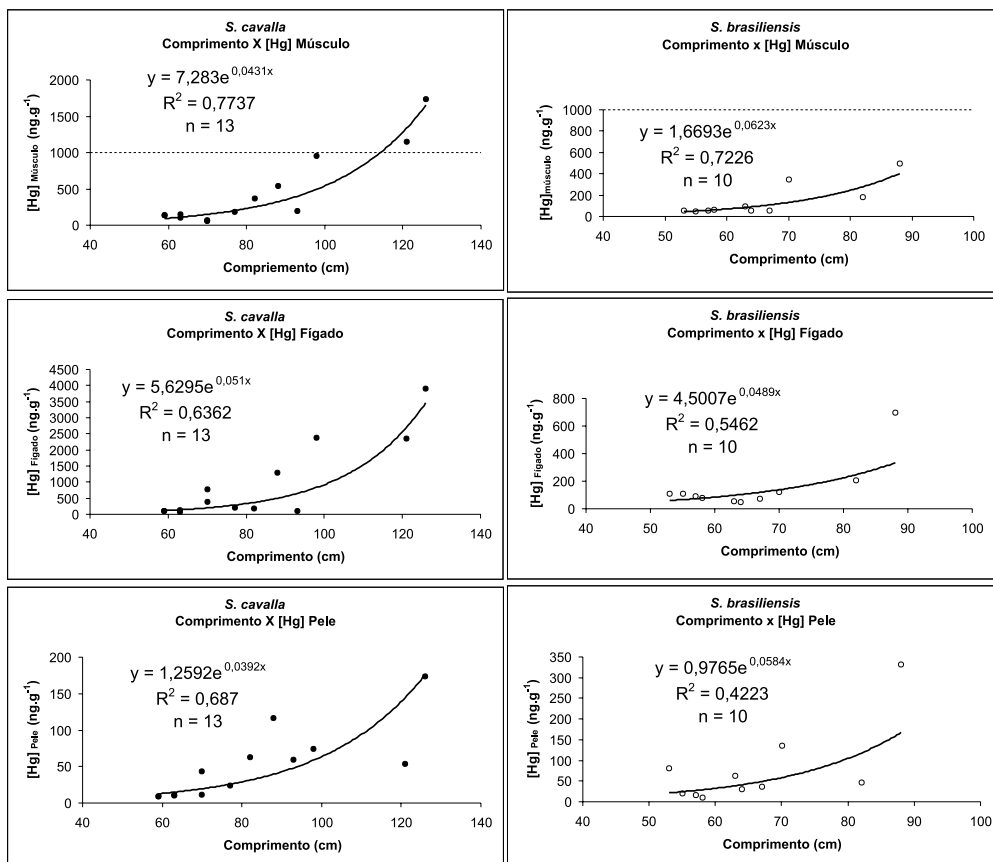


Figura 1 - Correlação entre a concentração de Hg nos diferentes tecidos (músculo, fígado e pele) em espécimes de *S. cavalla* e *S. brasiliensis* estudados. A linha tracejada mostra o limite máximo permitido pela ANVISA para a concentração de Hg em músculo de peixes carnívoros.

Exposição humana estimada

Segundo a Legislação da ANVISA (1998) na portaria nº685, de 27 de agosto de 1998, que trata de contaminantes químicos em alimentos, a concentração de Hg total em pescado carnívoro é de 1.000 ng.g⁻¹ para um consumo semanal de 200 g (800 µg.mês⁻¹), sendo estes parâmetros também recomendados pela Comissão do Codex Alimentarius, União Européia, FDA e outros organismos reconhecidos internacionalmente. No entanto, mulheres grávidas devem evitar o consumo de pescado com concentrações acima de 300 ng.g⁻¹ (60 µg.mês⁻¹) (Burger & Gochfeld, 2006).

Considerando-se a captura média de pescado em Fortaleza para as duas espécies *S. cavalla* e *S. brasiliensis*, de 17 g.hab⁻¹.semana⁻¹ e 6 g.hab⁻¹.semana⁻¹ respectivamente, e as concentrações de médias de Hg no músculo, 444,8 e 146,7 ng.g⁻¹, a população está exposta a 2,7 e 0,3 µg.mês⁻¹ de Hg respectivamente. Entretanto para o consumo de indivíduos de *S. cavalla* maiores que 110 cm, a população estaria exposta a 8,7 µg.mês⁻¹, exposição ainda muito abaixo daquela sugerida pela ANVISA.

CONCLUSÕES

Espécimes de *S. brasiliensis* não apresentaram valores acima do permitido pela ANVISA, porém estes valores foram observados em indivíduos de *S. cavalla* com comprimento superior a 110 cm. A concentração média de Hg total encontrada em *S. cavalla* foi maior que encontrados para *S. brasiliensis*. Este resultado pode ser explicado pelo seu hábito alimentar voraz e tamanho dos indivíduos capturados.

A concentração de Hg total dos indivíduos em intervalos comparáveis de comprimento pode não ter apresentado diferença significativa devido à elevada variabilidade dos dados, uma vez que observa-se uma maior taxa de acumulação em indivíduos de *S. brasiliensis* em relação a *S. cavalla*.

As estimativas de exposição humana não mostram em nenhum dos cenários discutidos ameaça potencial à saúde da população consumidora.

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, p. 2951-2958, 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.

Azevedo, F.A. *Toxicologia do mercúrio*. Editora RiMa/InterTox., 292 p., 2003

Babin, 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 population in the Madera River Basin, Amazon, Brazil. *Sci. Total Environ.* v.368, p.344- 351, 2005.

Bidone, E.D.; Castilho, Z.C.; Souza, T.M.C.; Lacerda, L.D. Fish contamination and human exposure to mercury in the Tapajós River basin, Pará State, Amazon, Brazil: A screening approach. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.*, v.59, p.194-201, 1997.

Bisinot, M.C. & Jardim, W.F.O comportamento do mercúrio (metilHg) no ambiente. *Química Nova*, v.27, n. 4, p.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*. Universidade Federal do Ceará, 49 p., Fortaleza, 2006.

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. *Mar. Poll. Bull.*, v. 49, p. 854-874, 2004.

Burger, J.; Diaz-Barriga, F.; Marafante, E.; Pounds, J. & Robson, M. Methodologies to examine the importance of factors in bioavailability of metals. *Ecotox. Environ. Safety*, n. 56, p.20- 31, 2003.

Burger, J. & Gochfeld, M. – Mercury in fish available in supermarkets in Illinois: Are there regional differences. *Sci. Total Environ.* v. 367, pp. 1010 – 1016, 2006.

CEPENE. *Boletim estatístico de pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil – 2004*. Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste, 152 p., Tamandaré, 2005.

CFO – Conselho Federal de Odontologia – Disponível em: <http://www.cfo.org.br/busca_dados/totais/tot_prof_minic.asp>. 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 broma* L. populating a low-contaminated sites. *Water Res.*, v. 37, p. 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. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, v.27, p.21- 48, 1988.
- Fonteles-Filho, A.A. Síntese sobre a cavala (*Scomberomorus cavalla*) e a serra (*Scomberomorus brasiliensis*), p. 267-274, in Haimovici, M. (org.), *A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: levantamento de dados e avaliação crítica*. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, 329 p., Brasília, 2007.
- Guzmán, H.M. & García, E.M. Mercury level in coral reefs along the Caribbean coast of Central America. *Mar. Poll. Bull.*, v.44, p.1415-1420, 2002.
- Holfman, D.J.; Rattner, B.A.; Burton Jr., G.A. & Cairns Jr., J. *Handbook of Ecotoxicology*. Lewis Publishers, 2nd edition, 463 p., New York, 2003.
- Kehring, H.A.; Seixas, T.G.; Baeta, A.; Lailso-Brito Jr., J.; Moreira, I. & Malm, O. Selenium, methylmercury and total mercury in different tissue of fishes and dolphins from a polluted tropical estuary. *XIII Intern. Conf. on Heavy Metals in the Environment*, 2005
- 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. *Rev. Bras. Biol.*, Rio de Janeiro, v.60, n. 4, p.571-576, 2000.
- 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. *Braz. J. Biol.*, v.67, n.3, p.493-498, 2007.
- Lebel, J.; Mergler, D.; Braches, F.; Lucotte, M.; Amorin, M. Larribe, F. & Dolbec. *J. Environ. Res. Selection A*, n 79, p. 20-32, 1998.
- Marins, R.V.; Lacerda, L.D. Paraquetti, H.H.M. & Paiva, E.C. Geochemistry of mercury in sediments of a sub-Tropical coastal lagoon, Sepetiba Bay, Southeastern Brazil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, n. 61, p. 57-64, 1998.
- Marins, R.V.; Lacerda, L.D.; Mounier, S.; Paraquetti, H.H.M. & Marques, W.S.; Caracterização hidroquímica, distribuição e especiação de mercúrio nos estuários dos rios Ceará e Pacoti, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. *Geochim. Brasil.*, Rio de Janeiro, v.16, n.1, p.37-48, 2002.
- 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. *Environ.l Res.*, n. 86, p.183-197, 2001.
- Moraes, L.A.F.; Lenzi, E. & Luchese, E.B. Mercury in two fish species from the Paraná River floodplain, Paraná, Brazil. *Environ. Poll.*, v.98, n1, p.123-127, 1997.
- Niencheski, L.F.; Windom, H.L.; Baraj, B.; Wells, D. & Smith, R. Mercury in fish from Patos and Mirim Lagoons, Southern Brazil. *Mar. Poll. Bull.*, v.42, n.12, p.1403-1406, 2001.
- 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, 70 p., Fortaleza, 2006.
- Ruelas-Inzuma, J. & Paez-Osuma, F. Mercury in fish and shark tissue from two coastal lagoons in the Gulf of California, México. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, n.74, p.294-300, 2005.
- Selanes, A.G.; Mársico, E.T.; Santos, N.N.; Clemente, S.C.S.; Oliveira, G.A. & Monteiro, A.B.S. Mercúrio em peixes marinhos. *Acta Scien. Veter.*, v.30, n.2, p.107-112, 2002.
- 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. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, v.74, n.3, p.582-588, 2005.
- Viana, F.; Huertas, R. & Danulat, E. Heavy metal levels in fish from coastal waters of Uruguay. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, n.48, p.530-537, 2005.
- 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.