

5 Resultados e discussão

5.1. Limites de detecção (L.D.) e quantificação (L.Q.)

A exatidão dos métodos analíticos foi determinada utilizando materiais de referência certificado (CRM) do National Research Council – Canadá (DORM-2 – amostra de tecido muscular de tubarão; DOLT-2 – amostra de fígado de tubarão e TORT-2 – hepatopâncreas de lagosta). As concentrações dos analitos (Se, As, Cu, Cd, Ag, Pb, Hg_{Tot} e Hg_{Org}) encontradas nos CRMs são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados para a análise dos materiais de referência certificados.

	N	Valores Certificados (mg kg ⁻¹ p.s.)	Valores Encontrados ^a (mg kg ⁻¹ p.s.)
DORM - 2			
Se	12	1,40 ± 0,09	1,30 ± 0,16
As	12	18,0 ± 1,1	18,5 ± 1,8
Cu	6	2,34 ± 0,16	2,03 ± 0,29
Cd	6	0,043 ± 0,008	0,036 ± 0,005
Ag	10	0,041 ± 0,013	0,037 ± 0,008
Pb	4	0,065 ± 0,007	0,065 ± 0,008
Hg _{Tot}	10	4,64 ± 0,26	4,60 ± 0,45
Hg _{Org}	10	4,47 ± 0,32	4,39 ± 0,46
TORT - 2			
Se	14	5,63 ± 0,67	5,43 ± 0,71
As	10	21,6 ± 1,8	21,2 ± 1,0
Cu	10	106 ± 10	98,0 ± 8,0
Cd	10	26,7 ± 0,6	26,2 ± 0,6
Pb	8	0,35 ± 0,13	0,36 ± 0,02
Hg _{Tot}	10	0,27 ± 0,06	0,29 ± 0,03
Hg _{Org}	10	0,152 ± 0,13	0,145 ± 0,022
DOLT - 2			
Ag	2	0,608 ± 0,032	0,590 ± 0,013
Pb	2	0,22 ± 0,02	0,20 ± 0,09

^a Reportados como média das determinações de cada elemento com um intervalo de confiança de 95%.

Os resultados obtidos para a determinação de Se, As, Cu, Cd, Ag, e Pb utilizando GF-AAS demonstraram a boa exatidão do método analítico empregado. Pois, as concentrações destes elementos-traço (Se, As, Cu, Cd, Ag, e Pb) encontradas nos CRMs apresentaram-se entre 83 e 103% da média dos valores certificados e seus coeficientes de variação (desvio padrão/média) e para as duplicatas das amostras esses valores foram menores do que 10% (Tabela 7).

Para as determinações de Hg_{Tot} e Hg_{Org} utilizando o método FI-CV-AAS, os resultados obtidos para Hg_{Tot} e Hg_{Org} demonstraram também, uma boa exatidão do método analítico empregado. Diferenciando-se apenas nas concentrações encontradas para o Hg_{Org} que, em ambos os CRMs utilizados, foi comparada à concentração de metilmercúrio (MeHg) certificadas nestas amostras. Segundo Kehrig et al. (2008), em amostras de tecido muscular, como o DORM-2, 100 % do mercúrio orgânico total (Hg_{Org}) está na forma de MeHg, cujo valor certificado é $4,47 \pm 0,32 \text{ mg kg}^{-1}$. Enquanto, o valor certificado para MeHg no TORT-2 é $0,152 \pm 0,13 \text{ mg kg}^{-1}$. A média dos resultados obtidos neste estudo para DORM-2 e TORT-2 corresponderam a 98 e 95% dos seus respectivos valores certificados para MeHg. Os coeficientes de variação (desvio padrão/média) para as duplicatas das amostras foram menores do que 10% (Tabela 7).

Os limites de detecção (L.D.) e quantificação (L.Q.), sob as condições otimizadas do método empregado, GF-AAS, foram estimados de acordo com as definições da IUPAC (L.D. = $3 s/m$ e L.Q. = $10 s/m$, onde m é a inclinação da respectiva curva de calibração utilizada no método analítico e s é o desvio padrão de pelo menos 10 replicatas do branco das amostras medidas nesta mesma curva). Os valores de L.D. e L.Q. encontrados para cada elemento determinado por GF-AAS foram, respectivamente: $0,62 \mu\text{gAs L}^{-1}$ e $1,97 \mu\text{gAs L}^{-1}$; $0,87 \mu\text{gSe L}^{-1}$ e $2,77 \mu\text{gSe L}^{-1}$; $0,33 \mu\text{gCu L}^{-1}$ e $1,05 \mu\text{gCu L}^{-1}$; $0,08 \mu\text{gAg L}^{-1}$ e $0,26 \mu\text{gAg L}^{-1}$; $0,02 \mu\text{gCd L}^{-1}$ e $0,06 \mu\text{gCd L}^{-1}$; $3,80 \mu\text{gPb L}^{-1}$ e $12,70 \mu\text{gPb L}^{-1}$. Estes valores representam, para a determinação destes elementos-traço utilizando-se aproximadamente 0,1 de amostra seca (CRMs, fígado e rins de cetáceos), um L.D. e L.Q. de: $12,4 \mu\text{gAs kg}^{-1}$ e $39,4 \mu\text{gAs kg}^{-1}$; $17,0 \mu\text{gSe kg}^{-1}$ e $55,4 \mu\text{gSe kg}^{-1}$; $6,6 \mu\text{gCu kg}^{-1}$ e $21,0 \mu\text{gCu kg}^{-1}$; $1,6 \mu\text{gAg kg}^{-1}$ e $5,2 \mu\text{gAg kg}^{-1}$; $0,4 \mu\text{gCd kg}^{-1}$ e $1,2 \mu\text{gCd kg}^{-1}$; $76 \mu\text{gPb kg}^{-1}$ e $254 \mu\text{gPb kg}^{-1}$, respectivamente.

Os valores de L.D. e L.Q. encontrados para o mercúrio total (Hg_{Tot}) e orgânico (Hg_{Org}) determinados por FI-CV-AAS foram, respectivamente: $0,10 \mu gHg L^{-1}$ e $0,34 \mu gHg L^{-1}$. Estes também foram estimados de acordo com as definições da IUPAC. E, esses valores representam, para a determinação de Hg em aproximadamente 0,05 g de amostra seca (CRM, fígado e rins de cetáceos), um L.D. e L.Q. de: $26 \mu gHg kg^{-1}$ e $84,4 \mu gHg kg^{-1}$, respectivamente.

É importante ressaltar, que todas as amostras de fígado e rins analisadas neste estudo apresentaram valores sempre superiores aos dos limites de detecção e quantificação encontrados para os métodos analíticos empregados na determinação de cada elemento, assim como para o Hg_{Org} . Este fato indica, que esses métodos possuem uma margem bastante confortável para se analisar matrizes biológicas como as utilizadas neste trabalho.

5.2. *Pontoporia blainvillei* (Gervais & D'Orbigny, 1844)

5.2.1. Concentração dos elementos-traço nos órgãos

As concentrações dos elementos-traço (em peso seco) encontradas no fígado e nos rins da *P. blainvillei*, assim como as concentrações hepáticas e renais encontradas para as outras espécies de cetáceos utilizadas neste estudo, são apresentadas na Tabela 8.

Alguns dos elementos estudados, tais como o As, Se e Cu são essenciais, onde as suas concentrações são reguladas por processos fisiológicos que mantêm a homeostase do organismo. Entretanto, os outros elementos estudados são classificados como não-essenciais, onde se espera que possa ocorrer uma grande variação nas suas concentrações nos diversos tecidos e órgãos dos mamíferos marinhos. Estas concentrações refletem principalmente, os níveis de exposição ambiental e a preferência alimentar (Capelli et al., 2008). O caso do Se é peculiar, pois ao mesmo tempo em que é um micronutriente também é conhecido por apresentar grandes variações relacionadas às altas concentrações de Hg (Nigro & Leonzio, 1996; Seixas et al., 2008).

Tabela 8. Concentrações dos elementos essenciais e não-essenciais ($\mu\text{g g}^{-1}$ em peso seco) nos órgãos das espécies de cetáceos acidentalmente capturadas ao longo da costa norte do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S).

Espécies de cetáceos (N) ^a	Órgão	Elementos Essenciais			Elementos não-essenciais					Região
		Se Média ± DP (min. – máx.)	As Média ± DP (min. – máx.)	Cu Média ± DP (min. – máx.)	Hg Média ± DP (min. – máx.)	Hg _{Org} Média ± DP (min. – máx.)	Cd Média ± DP (min. – máx.)	Pb Média ± DP (min. – máx.)	Ag Média ± DP (min. – máx.)	
B (18)	Fígado	3,24 ± 2,00 (0,84 – 9,05)	1,10 ± 0,79 (0,21 – 2,75)	25,64 ± 41,28 (3,13 – 188,75)	2,64 ± 2,33 (0,66 – 4,38)	0,86 ± 0,69 (0,12 – 2,36)	0,55 ± 0,97 (0,001 – 3,03)	0,67 ± 0,45 (0,15 – 1,60)	0,60 ± 0,63 (0,04 – 2,06)	SE
B (13)		11,06 ± 13,77 (3,69 – 54,33)	1,69 ± 0,58 (1,02 – 3,02)	17,13 ± 5,39 (10,1 – 25,95)	10,60 ± 14,85 (0,66 – 9,65)	1,62 ± 1,14 (0,12 – 2,36)	1,53 ± 1,26 (0,14 – 4,07)	0,84 ± 0,25 (0,44 – 1,77)	2,12 ± 2,74 (0,25 – 10,60)	S
A (21)		20,70 ± 32,22 (1,38 – 115,32)	1,11 ± 0,58 (0,28 – 2,40)	26,48 ± 19,89 (13,44 – 83,77)	27,64 ± 24,98 (3,60 – 66,62)	3,25 ± 1,95 (0,86 – 8,50)	0,39 ± 0,37 (0,001 – 1,48)	1,55 ± 0,75 (0,74 – 2,73)	1,00 ± 1,34 (0,11 – 4,61)	SE
C (2)		5,57 ± 1,40 (4,58 – 6,56)	0,92 ± 0,47 (0,87 – 0,96)	19,14 ± 1,84 (17,84 – 20,44)	8,61 ± 4,16 (5,67 – 11,55)	-	4,59 ± 0,47 (4,25 – 4,92)	0,55 ± 0,28 (0,35 – 0,74)	0,09 ± 0,03 (0,07 – 0,11)	SE
C (2)		53,25 ± 44,01 (22,13 – 84,37)	1,02 ± 0,34 (0,78 – 1,26)	32,34 ± 5,2 (28,30 – 36,39)	50,00 ± 3,11 (47,80 – 52,19)	-	34,51 ± 41,37 (5,26 – 63,76)	21,96 ± 1,84 (20,65 – 23,26)	1,51 ± 0,51 (1,15 – 1,88)	S
D (3)		91,83 ± 54,61 (30,41 – 134,88)	1,45 ± 0,34 (1,10 – 1,77)	18,09 ± 2,11 (15,68 – 19,58)	110,54 ± 36,93 (72,50 – 146,26)	-	70,83 ± 85,80 (6,04 – 168,13)	29,93 ± 5,36 (26,81 – 36,12)	2,04 ± 1,46 (0,36 – 2,93)	S
B (18)	Rins	6,97 ± 3,58 (1,54 – 12,17)	0,73 ± 0,34 (0,28 – 1,35)	8,43 ± 1,96 (2,34 – 11,04)	1,35 ± 1,14 (0,45 – 5,11)	0,56 ± 0,30 (0,16 – 0,76)	3,40 ± 5,28 (0,06 – 14,78)	0,59 ± 0,45 (0,07 – 1,69)	-	SE
B (13)		8,77 ± 1,84 (6,56 – 74,77)	1,47 ± 1,37 (0,66 – 5,86)	11,01 ± 1,57 (8,95 – 13,15)	1,69 ± 1,42 (0,62 – 4,70)	0,73 ± 0,47 (0,31 – 1,82)	5,47 ± 5,33 (0,70 – 19,57)	0,92 ± 0,32 (0,50 – 1,45)	-	S

(A= *Sotalia guianensis*; B= *Pontoporia blainvillei*; C= *Stenella frontalis*; D= *Stenella coeruleoalba*).

^aN – número de indivíduos.

Neste estudo, observou-se que se levando em consideração todos os indivíduos de *P. blainvillei* coletados (N=31) nas áreas tropical (SE) e subtropical (S), as concentrações hepáticas dos elementos Se ($6,52 \pm 9,67 \mu\text{g g}^{-1}$ p.s.) e As ($1,36 \pm 0,76 \mu\text{g g}^{-1}$ p.s.) não foram significativamente diferentes ($p > 0,05$) das encontradas nos rins ($7,83 \pm 2,97 \mu\text{gSe g}^{-1}$ p.s. e $1,13 \pm 1,08 \mu\text{gAs g}^{-1}$ p.s.) (Seixas et al., 2007a). A concentração de Cu no fígado da *P. blainvillei* ($22,07 \pm 31,55 \mu\text{g g}^{-1}$ p.s.) foi cerca de duas vezes maior do que a concentração renal ($9,67 \pm 2,19 \mu\text{gCu g}^{-1}$ p.s.). Este mesmo fato foi observado para esta mesma espécie de cetáceo proveniente da costa sudeste brasileira (Lailson-Brito et al., 2002) e também da costa argentina (Marcovecchio et al., 1994; Gerpe et al., 2002).

De acordo com Kubota et al. (2002), o fígado dos mamíferos marinhos desempenha um importante papel no metabolismo do As, sugerindo ser este o órgão preferencial de acumulação de As. Porém, neste estudo os resultados encontrados sugerem que não há uma diferença significativa no padrão de acumulação do As entre os órgãos da *P. blainvillei*. Informações sobre as concentrações de As nos tecidos da franciscana são ainda muito limitadas na literatura, onde poucos trabalhos reportaram suas concentrações hepáticas (Kunito et al., 2004; Seixas et al., 2007a) e renais (Seixas et al., 2007a).

Com relação às concentrações dos elementos não-essenciais, a concentração de Hg no fígado ($5,98 \pm 10,37 \mu\text{g g}^{-1}$ p.s.) foi cerca de quatro vezes maior do que a encontrada nos rins ($1,52 \pm 1,27 \mu\text{gHg g}^{-1}$ p.s.). De acordo com a literatura, o Hg acumula-se preferencialmente no fígado de mamíferos marinhos (Thompson, 1990; Law, 1996) devido provavelmente, ao papel desempenhado por este órgão em termos de bio-transformação dos poluentes, metabolização de elementos essenciais e nutrientes assim como, a remoção de alguns elementos não-essenciais e toxinas da corrente sanguínea (Frodello et al., 2000). Este padrão de acumulação de Hg também foi observado em estudos anteriores realizados com as franciscanas coletadas na costa da Argentina (Marcovecchio et al., 1994; Gerpe et al., 2002) e do Brasil (Lailson-Brito et al., 2002; Kunito et al., 2004; Seixas et al., 2007a; 2008).

A concentração hepática de Hg_{Org} ($1,18 \pm 0,97 \mu\text{g g}^{-1}$ p.s.) foi cerca de duas vezes maior do que a encontrada nos rins ($0,66 \pm 0,40 \mu\text{gHg}_{\text{Org}} \text{g}^{-1}$ p.s.), seguindo portanto, o mesmo padrão de acumulação que o mercúrio total. Este comportamento foi observado também, no estudo anterior realizado com

franciscanas coletadas na costa dos estados de São Paulo e Paraná (Kunito et al., 2004).

No presente estudo observou-se uma diminuição significativa ($p < 0,05$) da $\%Hg_{Org}$ em relação à concentração de mercúrio total no fígado dos indivíduos de franciscana, quando são levados em consideração todos os indivíduos de *P. blainvillei* coletados (N=31) nas áreas tropical (SE) e subtropical (S), como mostra a Figura 17. Uma diminuição da $\%Hg_{Org}$ em relação à concentração de mercúrio total foi observada também, nos rins da franciscana, entretanto, esta não foi significativa ($p > 0,05$) (Figura 18).

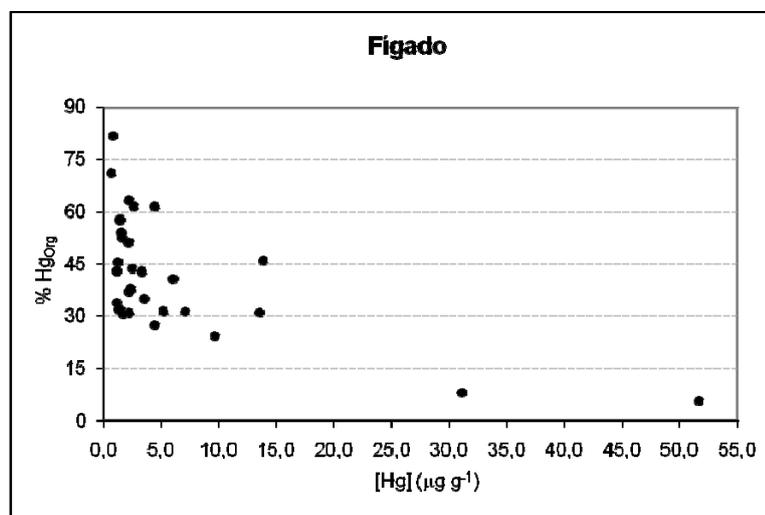


Figura 17. Relação da $\% Hg_{Org}$ com a concentração de mercúrio total no fígado da *Pontoporia blainvillei*.

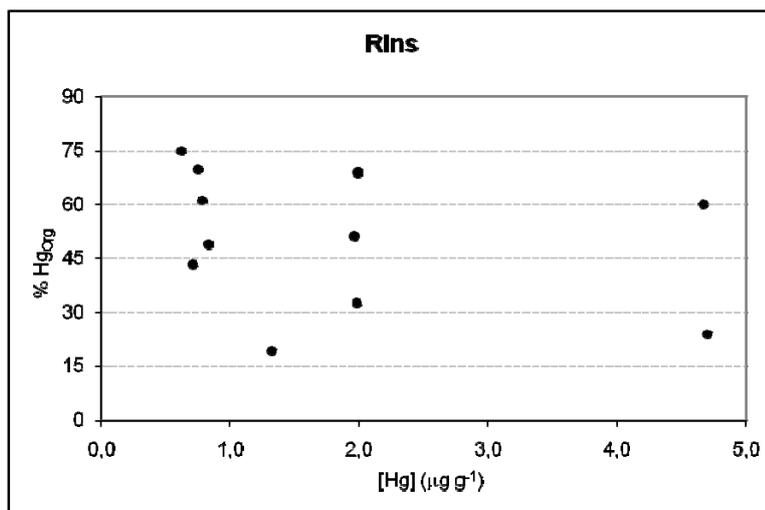


Figura 18. Relação da $\% Hg_{Org}$ com a concentração de mercúrio total nos rins da *Pontoporia blainvillei*.

A concentração de Cd no fígado ($0,96 \pm 1,19 \mu\text{g g}^{-1}$ p.s.) foi cerca de cinco vezes menor do que a encontrada nos rins ($4,40 \pm 5,31 \mu\text{gCd g}^{-1}$ p.s.). A literatura reporta que o Cd acumula-se preferencialmente nos rins de mamíferos marinhos (Thompson, 1990; Law, 1996), como foi observado anteriormente no estudo com as franciscanas coletadas na costa da Argentina (Marcovecchio et al., 1994; Gerpe et al., 2002) e do Brasil (Lailson-Brito et al., 2002; Dorneles et al., 2007; Seixas et al., 2007a; 2008). O fato de os rins serem o principal órgão para a acumulação do Cd, provavelmente, está ligado às funções de filtração e eliminação deste órgão e também, à forte ligação do Cd com as metalotioneínas presentes nos rins (Monaci et al., 1998; Das et al., 2000).

As metalotioneínas (MTs) são proteínas importantes na destoxificação de elementos não-essenciais (tais como o Cd e o Hg) em órgãos de diferentes espécies de animais, tais como os moluscos e mamíferos (Kägi, 1991; Dalling et al., 1997; Das et al., 2002, 2006). No entanto, as MTs são induzidas por vários estímulos fisiológicos e toxicológicos, como por exemplo, os metais pesados. Entretanto, as MTs parecem desempenhar um menor papel na destoxificação do Hg nos mamíferos marinhos (Das et al., 2000, 2002, 2006), uma vez que a porcentagem de Hg ligado a MTs no fígado e rins (- 10%) é muito baixa com relação a sua ligação com o Cd ($\approx 100\%$) (Dalling et al., 1997; Das et al., 2000, 2002).

A acumulação do elemento não-essencial Ag ainda é pouco estudada nos tecidos dos cetáceos (Becker et al., 1995; Woshner et al., 2001; Kunito et al., 2004; Dehn et al., 2006), quando comparada aos demais elementos-traço. O seu estudo é importante uma vez que ele é um elemento exógeno e nocivo à saúde dos mamíferos marinhos. A prata interage com o selênio das selenoproteínas existentes no organismo dos mamíferos marinhos, diferentemente das demais interações observadas bioquimicamente entre o selênio e outros metais de transição, como o Cd e o Hg (Sasakura & Suzuki, 1998). Neste caso, a prata pode induzir sintomas de deficiência de selênio no organismo dos mamíferos marinhos (Becker et al., 1995). No presente estudo, este elemento (Ag) foi determinado somente no fígado dos indivíduos de *P. blainvillei*, uma vez que este órgão é conhecido como órgão alvo para a acumulação de Ag além de desempenhar um importante papel na destoxificação de elementos exógenos. A concentração

hepática de Ag ($1,26 \pm 1,98 \mu\text{g g}^{-1}$ p.s.) encontrada na franciscana foi da mesma ordem de magnitude daquelas reportadas na literatura (Kunito et al., 2004).

A concentração de Pb no fígado ($0,74 \pm 0,38 \mu\text{g g}^{-1}$ p.s.) de todos os indivíduos de *P. blainvillei* (N=31) coletados nas duas áreas de estudo, não foi significativamente diferente ($p > 0,05$) daquela encontrada nos rins ($0,75 \pm 0,42 \mu\text{gPb g}^{-1}$ p.s.). Este fato indica que provavelmente não há diferença no padrão de acumulação de Pb entre os órgãos desta espécie. Informações sobre as concentrações de Pb nos tecidos da franciscana são limitadas na literatura, em que somente dados a respeito de sua acumulação hepática nesta espécie de golfinho costeiro foram reportadas (Kunito et al., 2004). De acordo com a literatura, quando comparado a outros metais, como o Cd e o Hg, o Pb presente nas águas marinhas não é considerado tão tóxico para os organismos que ali vivem. A dieta alimentar é considerada a principal via de exposição dos organismos marinhos ao Pb (Kennish, 1997).

Foi observado que mamíferos marinhos, *Arctocephalus gazella* – Antarctic fur seal, que vivem em águas oceânicas de áreas altamente remotas, como a Antártica, apresentaram concentração de cerca de $0,1 \mu\text{g Pb g}^{-1}$ p.s. em seus tecidos, demonstrando assim, a importância do transporte atmosférico do Pb na sua distribuição global (Kennish, 1997).

Estudos constataram que os tecidos ósseos e os dentes dos mamíferos marinhos (Eisler, 1988) e aves marinhas (Nam et al., 2005) são os principais tecidos para a acumulação deste elemento. Como por exemplo, foi observado que os leões-marinhos da Califórnia (*Zalophus californianus*) apresentaram concentrações de Pb em seus tecidos ósseos cerca de 52 vezes maiores do que aquelas encontradas em seu tecido muscular e gordura (Kennish, 1997). Este padrão de acumulação ocorre devido ao fato do Pb (Pb^{2+}) interagir com o metabolismo do cálcio (Ca^{2+}) nestes tecidos dos mamíferos marinhos (Nam et al., 2005).

5.2.2. O efeito de parâmetros biológicos (comprimento total, sexo e maturidade sexual) sobre a acumulação dos elementos-traço

Neste estudo, não foi observada uma diferença significativa entre os comprimentos totais dos indivíduos de ambas as populações de *P. blainvillei* (Kruskal-Wallis - ANOVA, $p > 0,05$), sugerindo então que estas formam grupos equilibrados, sendo portanto possível comparar as concentrações dos elementos-traço (essenciais e não-essenciais) entre as diferentes áreas de estudo (Monaci et al., 1998).

O fato de os indivíduos de *P. blainvillei* (franciscana) coletados em ambas as regiões apresentarem comprimentos totais semelhantes, não indica, necessariamente, que possuam a mesma idade. Geralmente, indivíduos da costa sudeste brasileira (SE) são mais velhos do que aqueles de mesmo tamanho da costa sul brasileira (S). Isso acontece porque franciscanas da costa do estado do Rio de Janeiro atingem seu comprimento assintótico quando estão com aproximadamente 2 anos de idade e 115 cm (machos) ou 3 anos de idade e 130 cm (fêmeas) (Di Benedetto & Ramos, 2001). Enquanto os indivíduos de franciscana da costa do estado do Rio Grande do Sul, atingem seu comprimento assintótico quando estão com 4 anos de idade e cerca de 130 cm (machos) ou 6 anos de idade e 146-152 cm de comprimento (fêmeas) (Barreto & Rosas, 2006). Estas diferenças não exibem apenas uma tendência apenas geográfica, uma vez que indivíduos de franciscana de regiões intermediárias da costa brasileira (como por exemplo, dos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo) são menores do que aqueles tanto da costa do Rio Grande do Sul quanto do Rio de Janeiro (Secchi et al., 2003). Estudos genéticos indicam fortes diferenças entre os indivíduos das duas áreas de coleta (Secchi et al., 1998; Ott, 2002; Lázaro et al., 2004).

Neste estudo, foi possível verificar qual a relação entre a idade e o comprimento total (L, cm) somente para os indivíduos de *P. blainvillei* capturados na costa sul brasileira (S). Pois, somente as idades destes indivíduos foram estimadas e fornecidas pelo Dr. Eduardo R. Secchi do Laboratório de Tartarugas e Mamíferos Marinhos, do Departamento de Oceanografia e do Museu Oceanográfico “Professor E.C. Rios” da FURG. Foi observada uma correlação significativa ($p < 0,05$) entre a idade e o comprimento total (L, cm) dos

indivíduos de *P. blainvillei* capturados na costa do estado do Rio Grande do Sul (S), como mostra a Figura 19.

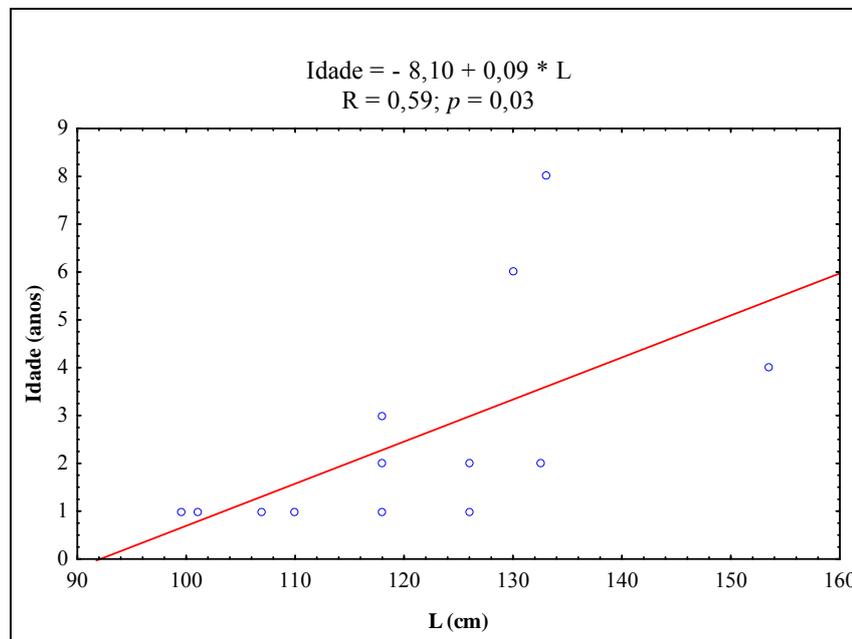


Figura 19. Relação entre a idade e o comprimento total – L (cm) dos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* provenientes da costa do Rio Grande do Sul (S).

Segundo Danilewicz (2000), as idades podem ser estimadas a partir da contagem do número de grupo de linhas de crescimento (“Growth Layer Groups” ou GLGs, terminologia proposta pela IWC, 1980) presentes nas camadas de dentina e cemento dos dentes. No caso da *P. blainvillei*, estas GLGs provavelmente são depositadas anualmente (Kasuya & Brownell, 1979; Pinedo, 1994; Pinedo & Hohn, 2000). Portanto, o número de GLGs foi considerado aqui como correspondente à idade em anos.

Não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis - ANOVA, $p > 0,05$) entre as concentrações dos elementos-traço (essenciais e não-essenciais) nos órgãos (fígado e rins) encontrados nas fêmeas e nos machos de ambas as populações de *P. blainvillei* separadamente. Porém deve-se levar em conta que a maioria dos indivíduos utilizados neste estudo (22 de um total de 31) era jovem.

De acordo com O'Shea (1999), os mamíferos marinhos geralmente, não apresentam diferenças significativas no padrão de acumulação de elementos-traço entre os sexos. Este padrão também foi observado em estudos anteriores realizados com franciscanas da costa sul e sudeste brasileira (Lailson-Brito et al., 2002; Kunito et al., 2004; Seixas et al., 2007a, 2008) e da costa Argentina (Gerpe et al., 2002).

5.2.2.1. Elementos essenciais (Se, As e Cu)

A análise dos dados das duas populações de *P. blainvillei* mostrou que dentre os elementos essenciais estudados, somente a concentração de Se em ambos os órgãos dos indivíduos provenientes do norte do estado do Rio de Janeiro (SE) apresentou correlação significativa com o comprimento total (L) (Figura 20a, b). Enquanto, os indivíduos provenientes do Rio Grande do Sul (S), não apresentaram correlação entre as concentrações dos elementos essenciais (Se, As e Cu) em ambos os órgãos e o comprimento total (Figura 20c, d). As linhas de tendências só foram traçadas nas figuras 20a e 20b, onde foram obtidas correlações significativas.

A maturação sexual parece influenciar na acumulação de Se em ambos os órgãos dos indivíduos de franciscana coletados nas áreas de estudo. Os indivíduos maduros apresentaram concentrações de Se maiores do que os indivíduos sexualmente imaturos tanto no fígado quanto nos rins. Entretanto, este fato não foi observado para o arsênio, em que os indivíduos maduros e imaturos não apresentaram diferença na concentração de As tanto no fígado quanto nos rins dos indivíduos de ambas as populações. Enquanto, os indivíduos imaturos apresentaram maiores concentrações hepáticas de Cu do que os indivíduos maduros provenientes das duas regiões de coleta. Esse comportamento não foi observado para as concentrações renais de Cu em indivíduos de ambas as populações, uma vez que não houve uma diferença no padrão de acumulação deste elemento entre indivíduos imaturos e maduros.

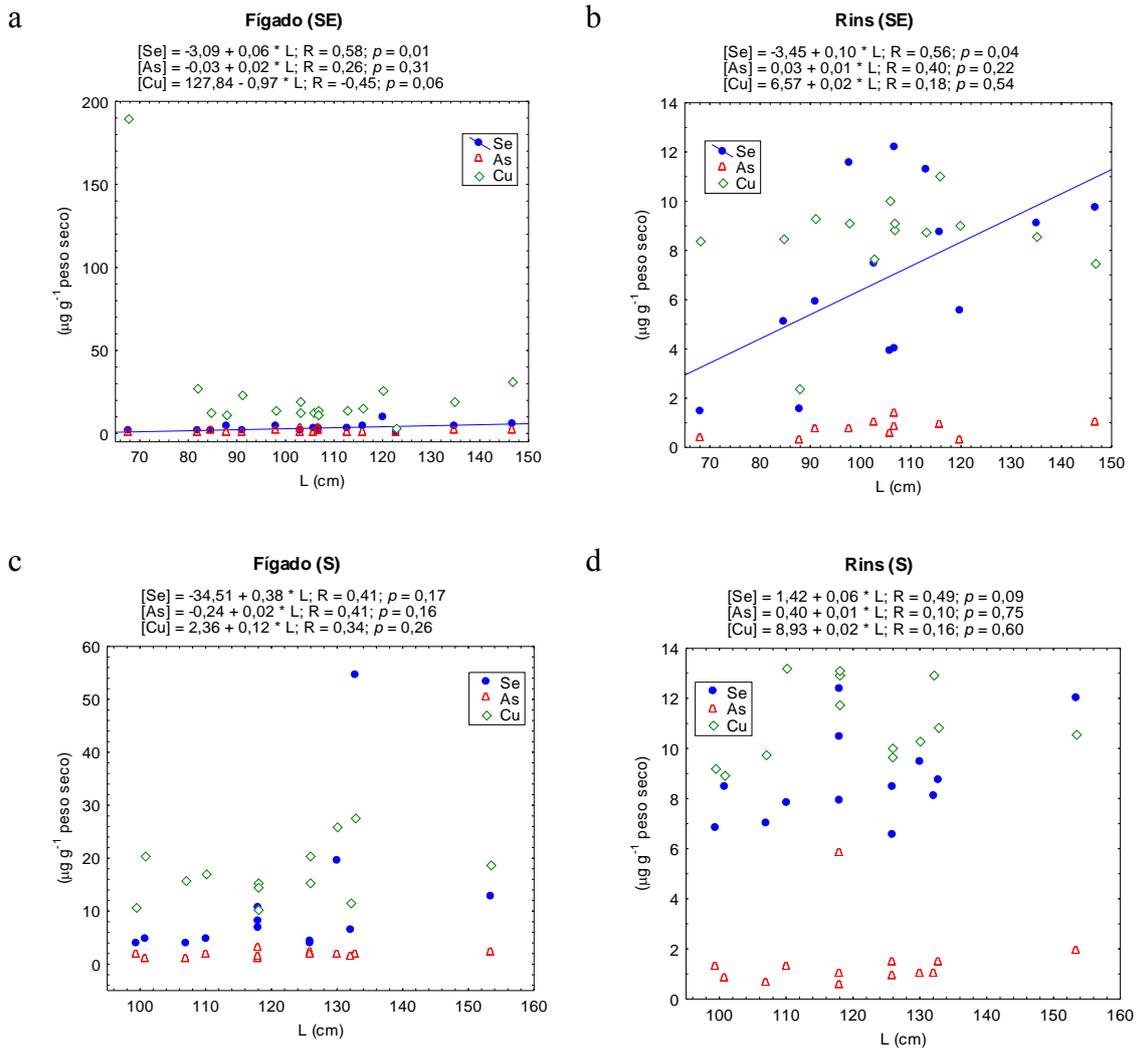


Figura 20. Relação entre as concentrações dos elementos essenciais nos órgãos da *Pontoporia blainvillei* e o comprimento total – L (cm).

Na literatura científica, a relação entre o comprimento total e a concentração de Se nos tecidos da franciscana ainda é escasso. Poucos estudos reportaram que ocorre um aumento nas concentrações hepáticas (Kunito et al., 2004; Seixas et al., 2007a, 2008) e renais (Seixas et al., 2007a, 2008) de Se em função do aumento do comprimento total dos indivíduos de *P. blainvillei*. Ainda são mais escassas na literatura, as informações sobre a acumulação de As no fígado (Kunito et al., 2004; Seixas et al., 2007a) e rins (Seixas et al., 2007a) em função do comprimento total desta espécie em particular. Kubota et al. (2001) reportaram que ainda não está claro como se comporta o padrão de bioacumulação de As nos tecidos dos

mamíferos marinhos em função do seu crescimento ao longo do tempo. Somente algumas espécies de cetáceos (tais como o boto-do-porto, *Phocoena phocoena*) e pinípedes (tais como a foca-de-Baikal, *Phoca sibirica*; a foca-de-bandas, *Phoca fasciata* e o leão-marinho-de-Steller, *Eumetopias jubatus*) apresentaram correlação significativa entre a concentração hepática de As e a idade (Kubota et al., 2001). Este fato pode estar relacionado a uma maior taxa de incorporação do que a de excreção de As por esses organismos, o que conduz ao aumento da concentração deste elemento com o comprimento total (ou idade) do indivíduo (Kubota et al., 2001). Porém, este comportamento não foi observado em estudos anteriores realizados com franciscanas da costa brasileira (Kunito et al., 2004; Seixas et al., 2007a).

Embora não tenha sido observada para a franciscana uma correlação significativa entre a concentração hepática de Cu e o comprimento total dos indivíduos, estudos anteriores realizados com outras espécies de mamíferos marinhos do Hemisfério Norte (Woshner et al., 2001; Endo et al., 2007) e Sul (Lavery et al., 2008), observaram a tendência desta concentração diminuir com o comprimento total dos mamíferos marinhos. De acordo com Woshner et al. (2001), o declínio das concentrações de Cu nos tecidos dos mamíferos marinhos com a idade pode ser resultado da perda de Cu ao longo do tempo; como por exemplo, a diluição dessas concentrações com o aumento da massa muscular com a idade (comprimento total) ou até mesmo a diminuição dos níveis de requerimento de Cu para a realização de atividades metabólicas do organismo dos cetáceos marinhos. Este fato pode então, explicar porque no presente estudo, as menores concentrações hepáticas de Cu foram observadas nos indivíduos sexualmente maduros, ou adultos, com maiores comprimentos de ambas as populações.

5.2.2.2. Elementos não-essenciais (Hg, Cd, Ag e Pb)

Neste estudo, o efeito do comprimento total sobre a acumulação dos elementos não-essenciais (Hg, Cd, Ag e Pb) também foi investigado. A análise dos dados das duas populações de *P. blainvillei* mostrou que dentre estes

elementos, somente as concentrações hepáticas de Hg e Cd apresentaram correlações significativas com os comprimentos totais (L) dos indivíduos do norte do estado do Rio de Janeiro (SE) (Figura 21a). Entretanto, os indivíduos do Rio Grande do Sul (S) apresentaram uma correlação significativa somente entre as concentrações hepáticas de mercúrio orgânico (Hg_{Org}) e o comprimento total (Figura 21c). Com relação às concentrações renais dos elementos não-essenciais estudados, somente o Cd apresentou correlação significativa com o comprimento total (L) dos indivíduos do Rio de Janeiro (SE) (Figura 21b). Foram observadas correlações significativas entre as concentrações renais de Hg e Hg_{Org} e o comprimento total dos indivíduos do Rio Grande do Sul (S) (Figura 21d). As linhas de tendências só foram traçadas nas figuras onde foram obtidas correlações significativas.

A maturação sexual parece influenciar na acumulação de Hg, Cd e Ag em ambos os órgãos das duas populações de franciscana estudadas. Os indivíduos maduros apresentaram as maiores concentrações destes elementos tanto no fígado quanto nos rins, quando comparados com os indivíduos sexualmente imaturos. A maturidade sexual parece não influenciar a acumulação de Pb tanto no fígado quanto nos rins dos indivíduos de ambas as populações de *P. blainvillei*. Este padrão foi observado também, em estudos anteriores com franciscanas da costa brasileira (Kunito et al., 2004; Seixas et al., 2008).

No presente estudo observou-se que a percentagem de mercúrio orgânico em relação ao mercúrio total (% Hg_{Org}) no fígado dos indivíduos do Rio Grande do Sul (S) apresentou uma diminuição significativa com relação ao comprimento total (L) dos mesmos (Figura 22). Os indivíduos maduros apresentaram as menores % Hg_{Org} , que variaram de 5 a 30 % e os indivíduos imaturos apresentaram a % Hg_{Org} , variando de 11 a 82 %. As baixas % Hg_{Org} encontradas nos indivíduos maduros sugerem que estes apresentam processos mais eficientes de desmetilação/eliminação das formas mais tóxicas de mercúrio nestes órgãos. As linhas de tendências só foram traçadas nas figuras onde foram obtidas correlações significativas.

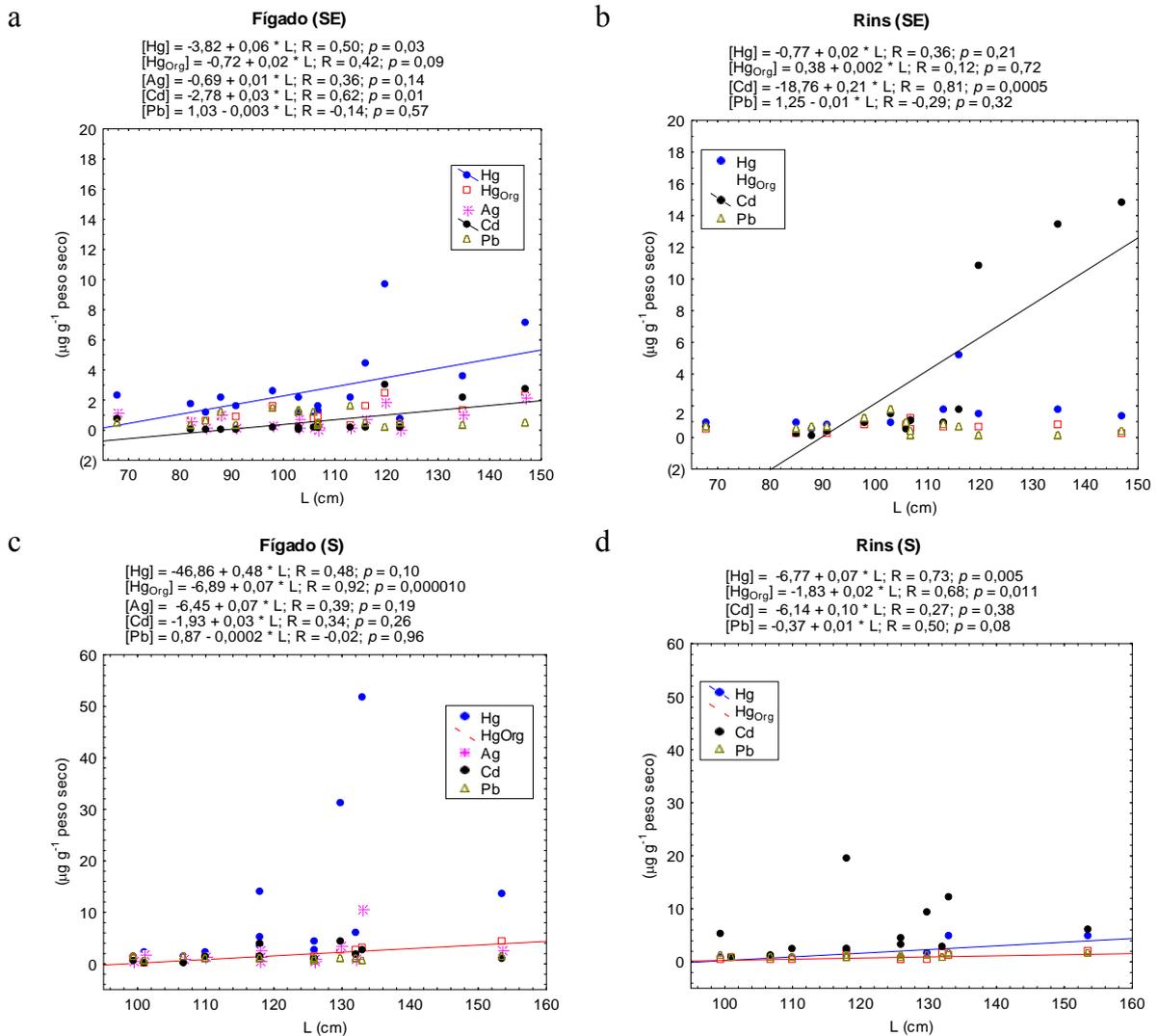


Figura 21. Relação entre as concentrações dos elementos não-essenciais nos órgãos da *Pontoporia blainvillei* e o comprimento total – L (cm).

As relações entre o comprimento total e as concentrações de Hg e Cd no fígado e rins de diferentes espécies de mamíferos marinhos têm sido amplamente estudadas (Leonzio et al., 1992; Caurant et al., 1994; Dietz et al., 1996; Monaci et al., 1998; O’Shea, 1999; Gerpe et al., 2002; Lailson-Brito et al., 2002; Szefer et al., 2002; Monteiro-Neto et al., 2003; Ikemoto et al., 2004; Kunito et al., 2004; Endo et al., 2006, 2007; Seixas et al., 2007a, 2008). Segundo Ikemoto et al. (2004) os mamíferos marinhos apresentam um aumento nas concentrações hepáticas de Hg e Cd com a idade, uma vez que esses animais têm um tempo de vida mais longo e estes elementos possuem um tempo de meia vida biológico grande.

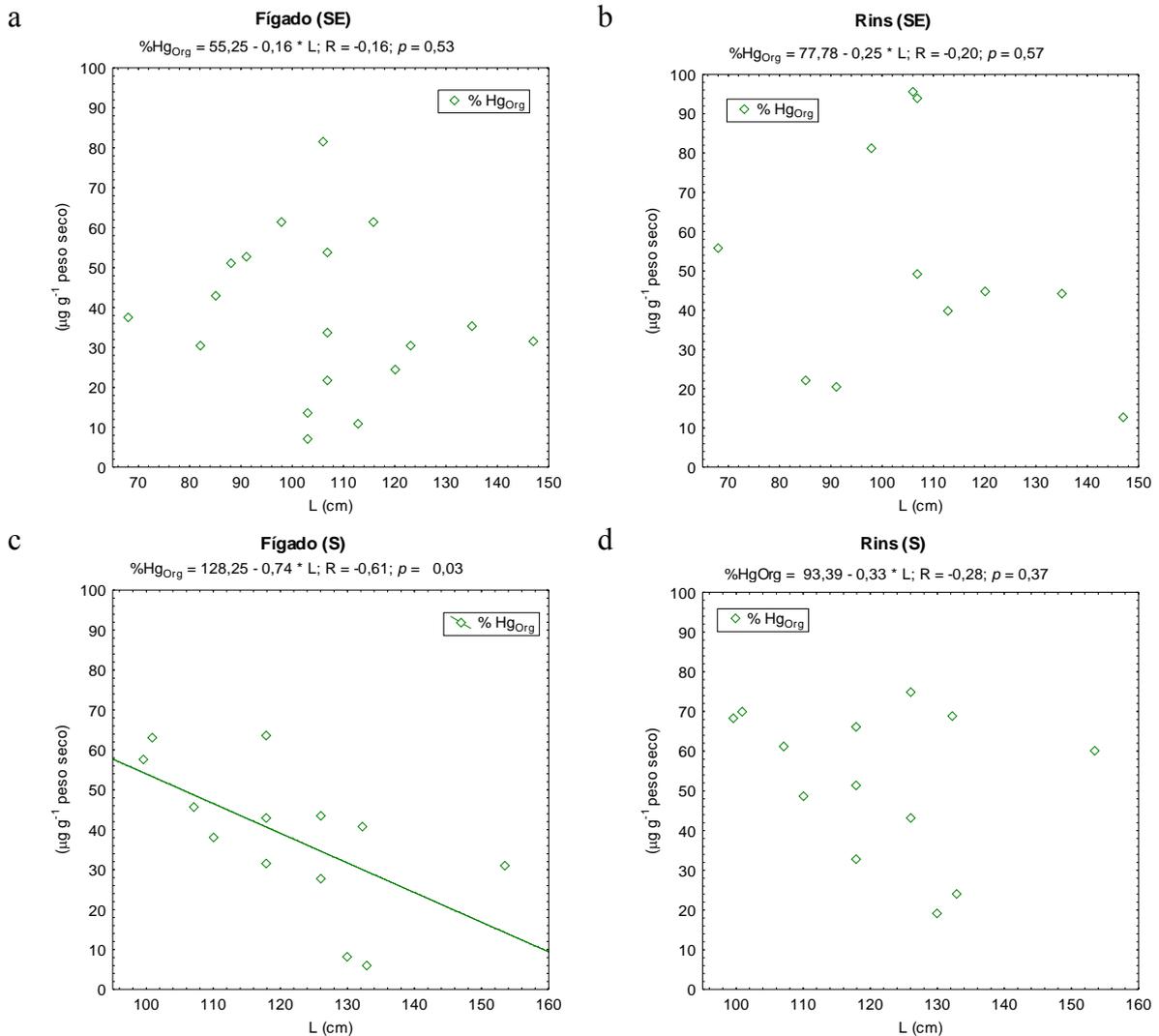


Figura 22. Relação entre as proporções de mercúrio orgânico em relação ao mercúrio total (% Hg_{Org}) nos órgãos da *Pontoporia blainvillei* e o comprimento total – L (cm).

Estudos anteriores realizados com a franciscana, que habita a costa oeste do Atlântico Sul também, mostraram a existência de uma correlação significativa entre as concentrações hepáticas de Hg e Cd (Marcovecchio et al., 1994; Gerpe et al., 2002; Lailson-Brito et al., 2002; Kunito et al., 2004; Seixas et al., 2007a, 2008) e o comprimento total dos indivíduos. Esta espécie também apresentou correlação significativa entre as concentrações renais destes elementos e o comprimento total (Seixas et al., 2007a, 2008). Somente Kunito et al. (2004) e Seixas et al. (2008) reportaram que as concentrações de Hg_{Org} aumentaram com o comprimento das franciscanas da costa brasileira.

Na literatura científica, as relações entre o comprimento total e as concentrações de Pb nos tecidos da franciscana ainda são escassos e, somente Kunito et al. (2004) reportaram esses dados anteriormente, em que não foi observado um aumento significativo nas concentrações hepáticas de Pb com o comprimento total desta espécie. Entretanto, nenhuma informação está disponível na literatura com relação às correlações entre as concentrações renais de Pb e o comprimento total ou idade desta espécie de golfinho costeiro.

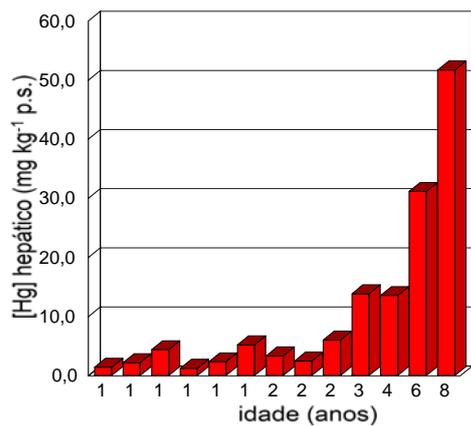
Embora não tenha sido observada uma correlação significativa entre as concentrações hepáticas de Ag e o comprimento total dos indivíduos de *P. blainvillei* de ambas as áreas de coleta deste estudo, Kunito et al. (2004) observaram um aumento significativo ($p < 0,05$) entre as concentrações de Ag no fígado e a idade das franciscanas coletadas em uma área próxima mas distinta à do presente estudo.

De acordo com Kunito et al. (2004), a meia-vida biológica é maior para alguns elementos-traço, tais como o Hg, Cd e a Ag, que possuem alta afinidade com os radicais sulfidrílicos existentes nas proteínas (SH), ocasionando assim um aumento na concentração destes elementos com a idade e/ou comprimento total, e conseqüentemente com a maturação sexual dos mamíferos marinhos.

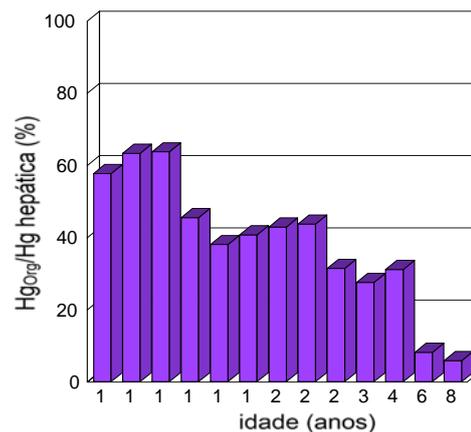
5.2.2.3. Elementos x idade

A influência da idade dos cetáceos sobre a acumulação dos elementos-traço e Hg_{Org} nos tecidos destes organismos foi verificada somente na espécie *Pontoporia blainvillei* oriunda do Rio Grande do Sul (S). Isto se deve ao fato de que somente as idades destes indivíduos são conhecidas.

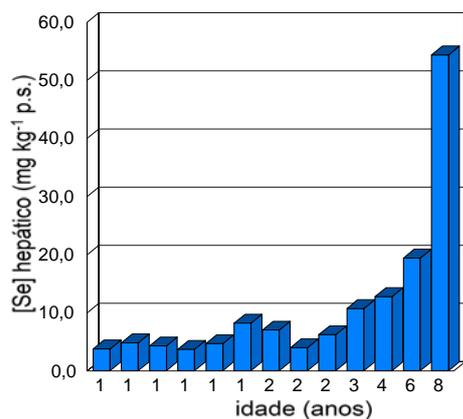
Como a concentração de alguns elementos nos tecidos dos indivíduos de *P. blainvillei* capturado no Rio Grande do Sul (S) apresentou uma correlação significativa com o comprimento total dos indivíduos e também, o comprimento total destes indivíduos apresentou uma correlação significativa com a idade dos mesmos (Figura 19), pode-se então verificar como a idade influi na concentração dos elementos nos tecidos dos indivíduos estudados (Figuras 23 e 24).



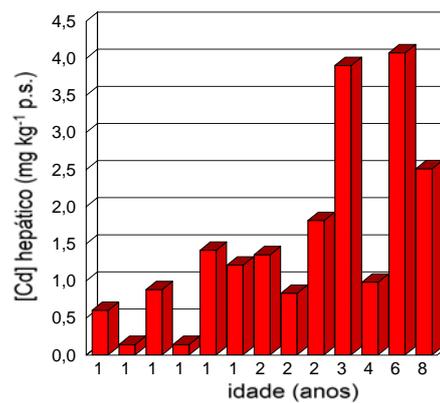
a



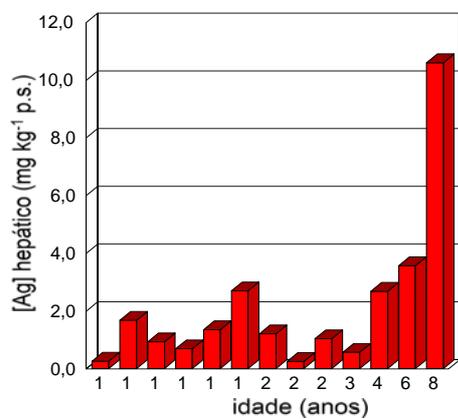
b



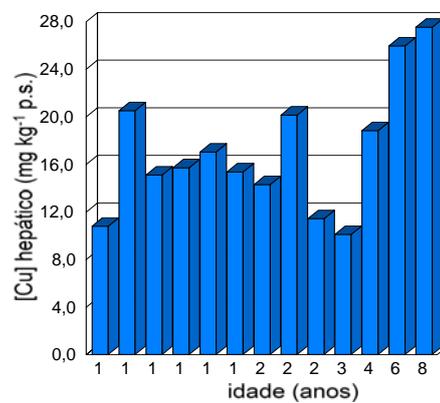
c



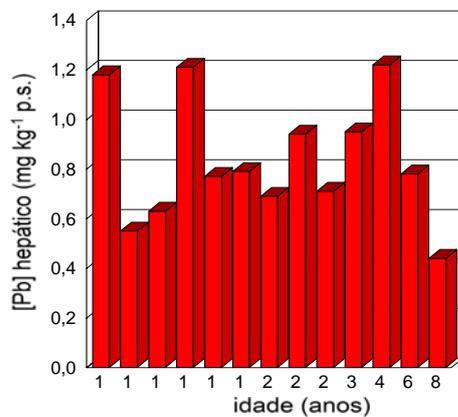
d



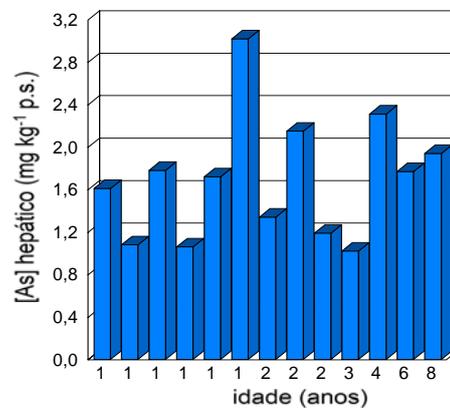
e



f



g



h

Figura 23. Variação das concentrações hepáticas dos elementos com a idade da *P. blainvillei* (S).

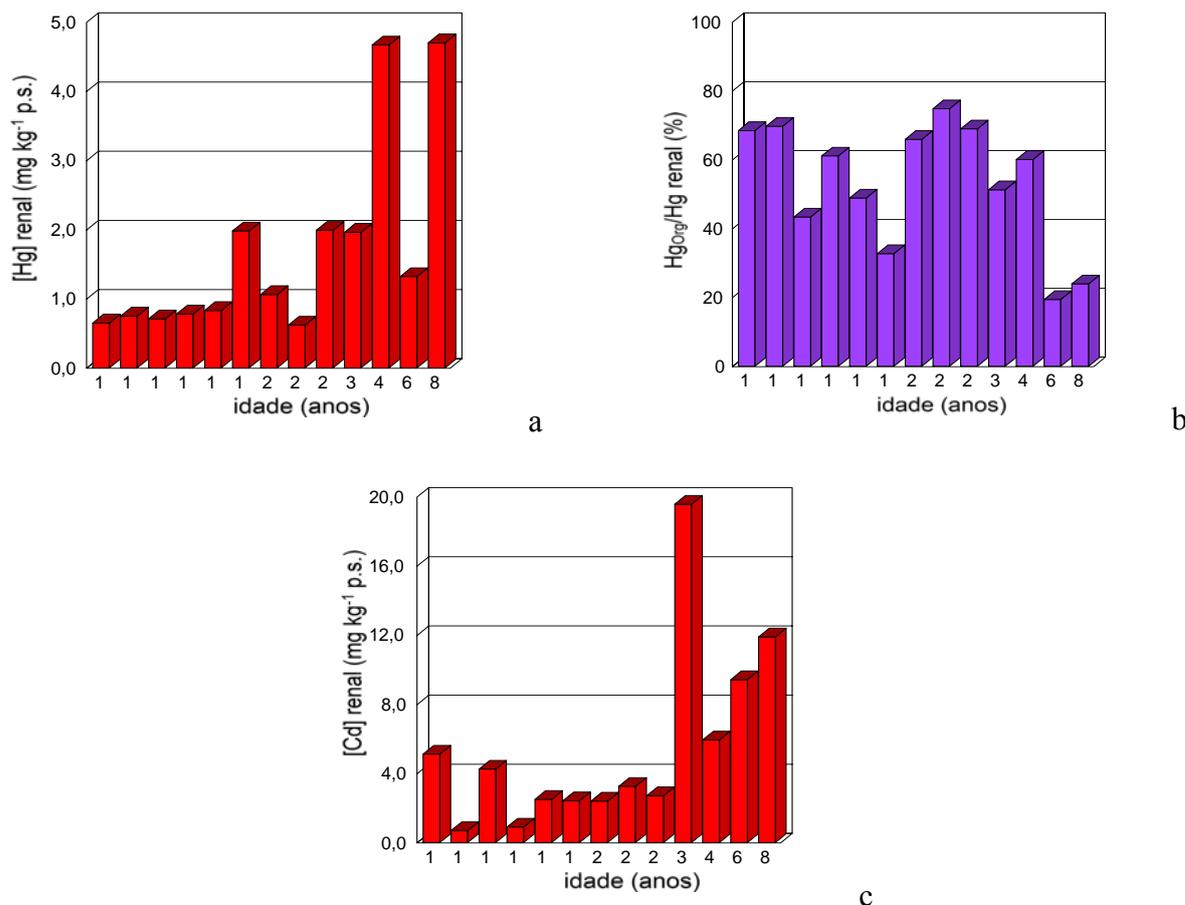


Figura 24. Variação das concentrações renais de Hg e Cd e a % Hg_{Org} com a idade da *Pontoporia blainvillei* (S).

A partir da observação da Figura 23 pode-se sugerir que a idade dos indivíduos de *P. blainvillei*, provenientes da costa do Rio Grande do Sul (S), influencia fortemente na acumulação hepática de Hg, Se, Ag e Cd. Pode-se observar também, que a idade influencia na acumulação renal de Hg e Cd. Porém, deve-se levar em conta que indivíduos de numa determinada faixa etária, nem sempre possuem comprimentos totais semelhantes ou são do mesmo sexo; além de haver as diferenças metabólicas individuais entre os indivíduos.

Observando-se as Figuras 23a e 23b, nota-se que o processo de desmetilação das espécies de mercúrio orgânico no fígado da franciscana pode estar ocorrendo, uma vez que os indivíduos mais velhos e que possuem as maiores concentrações hepáticas de Hg e Hg_{Org} apresentaram as menores relações percentuais entre o Hg_{Org} e Hg ($\%Hg_{Org}$). As Figuras 24a e 24b mostram que este

processo também pode estar ocorrendo, de forma menos pronunciada, nos rins desta espécie de cetáceo.

5.2.3. Comparação com outras regiões costeiras da América do Sul

Neste estudo, as concentrações dos elementos-traço encontradas no fígado dos indivíduos de *P. blainvillei* acidentalmente capturados ao longo da costa norte do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S), foram da mesma ordem de magnitude daquelas encontradas em estudos anteriores realizados com esta espécie de cetáceo proveniente da costa brasileira e argentina (Tabela 9). As concentrações hepáticas de alguns elementos (tais como, Se e Hg) foram geralmente menores do que aquelas encontradas no fígado de outras espécies de cetáceos (*Sotalia guianensis*; *Stenella frontalis*; *Stenella coeruleoalba*) de diferentes regiões costeiras da América do Sul (Tabela 9).

Entretanto, é muito difícil se comparar dados entre espécies de cetáceos que apresentam diferentes hábitos alimentares, tempo de vida e que habitam diferentes regiões. Neste caso, é melhor realizar a comparação entre indivíduos que pertençam à mesma espécie e que apresentem também, tempo de vida semelhantes. Pois, como exposto anteriormente, o tempo de vida parece ser um importante fator influenciador na acumulação dos elementos-traço nos órgãos internos da *P. blainvillei*.

A comparação dos dados obtidos neste estudo com aqueles reportados na literatura é de grande importância e necessidade, pois, o número de estudos sobre a acumulação de uma série de elementos em tecidos de cetáceos marinhos oriundos da costa da América do Sul, ainda é escasso (como mostra a Tabela 9) e geralmente, nestes estudos foram empregados um número pequeno de indivíduos. Além do mais, nos estudos com os mamíferos marinhos, vários fatores têm que ser levados em consideração quando se comparam indivíduos da mesma espécie, tais como: sexo, preferência alimentar, tempo de vida, local de coleta e método de análise (Capelli et al., 2008).

Tabela 9. Comparação das concentrações dos elementos essenciais e não-essenciais ($\mu\text{g g}^{-1}$) no fígado de cetáceos da costa da América do Sul.

Espécies de cetáceos (N) ^a	Elementos Essenciais			Elementos não-essenciais					Localização	Referência
	Se Média ± DP (min. – máx.)	As Média ± DP (min. – máx.)	Cu Média ± DP (min. – máx.)	Hg Média ± DP (min. – máx.)	Hg _{Org} Média ± DP (min. – máx.)	Cd Média ± DP (min. – máx.)	Pb Média ± DP (min. – máx.)	Ag Média ± DP (min. – máx.)		
A (21)	20,70 ± 32,22 (1,38 – 115,32)	1,11 ± 0,58 (0,28 – 2,40)	26,48 ± 19,89 (13,44 – 83,77)	27,64 ± 24,98 (3,60 – 66,62)	3,25 ± 1,95 (0,86 – 8,50)	0,39 ± 0,37 (0,001 – 1,48)	1,55 ± 0,75 (0,74 – 2,73)	1,00 ± 1,34 (0,11 – 4,61)	Sudeste do Brasil	Este estudo
A (11)	-	-	-	4,62 ± 8,73 (0,10 – 29,51)	-	0,22 ± 0,38 (0,01 – 1,32)	0,11 ± 0,02 (0,10 – 0,12)	-	Nordeste do Brasil	1
A (15)	34,0 (1,98 – 247,19)	-	-	25,4 (7,26 – 90,7)	-	-	-	-	Sul do Brasil	2
A (20)	38,00 ± 49,00 (3,00 – 170,0)	0,83 ± 0,32 (0,27 – 1,60)	157,0 ± 436,0 (14,5 – 1970,0)	77,0 ± 107,0 (1,5 – 380,0)	3,8 ± 3,9 (0,44 – 15,0)	0,65 ± 0,75 (0,009 – 2,19)	0,07 ± 0,05 (0,02 – 0,20)	1,90 ± 1,30 (0,28 – 4,90)	Sul do Brasil	3
B (18)	3,24 ± 2,00 (0,84 – 9,05)	1,10 ± 0,79 (0,21 – 2,75)	25,64 ± 41,28 (3,13 – 188,75)	2,64 ± 2,33 (0,66 – 4,38)	0,86 ± 0,69 (0,12 – 2,36)	0,55 ± 0,97 (0,001 – 3,03)	0,67 ± 0,45 (0,15 – 1,60)	0,60 ± 0,63 (0,04 – 2,06)	Sudeste do Brasil	Este estudo
B (13)	11,06 ± 13,77 (3,69 – 54,33)	1,69 ± 0,58 (1,02 – 3,02)	17,13 ± 5,39 (10,1 – 25,95)	10,60 ± 14,85 (0,66 – 9,65)	1,62 ± 1,14 (0,12 – 2,36)	1,53 ± 1,26 (0,14 – 4,07)	0,84 ± 0,25 (0,44 – 1,77)	2,12 ± 2,74 (0,25 – 10,60)	Sul do Brasil	Este estudo
B (7)	-	-	52,80 ± 10,89	(12,67 – 5,33)	-	10,89 ± 4,62	-	-	Costa Argentina	4
B (18)	-	-	62,71	-	-	7,49	-	-	Costa Argentina	5
B (17)	-	-	(13,20 – 69,31)	(3,0 – 24,4)	-	(≈0,0 – 2,08)	-	-	Sudeste do Brasil	6
B (23)	9,10 ± 5,50 (3,50 – 30,00)	1,20 ± 0,40 (0,14 – 2,40)	44,50 ± 89,00 (14,7 – 446,0)	-	-	0,40 ± 0,78 (0,004 – 3,87)	0,03 ± 0,02 (0,007 – 0,070)	2,40 ± 4,10 (0,28 – 20,0)	Sul do Brasil	3
C (2)	5,57 ± 1,40 (4,58 – 6,56)	0,92 ± 0,47 (0,87 – 0,96)	19,14 ± 1,84 (17,84 – 20,44)	8,61 ± 4,16 (5,67 – 11,55)	-	4,59 ± 0,47 (4,25 – 4,92)	0,55 ± 0,28 (0,35 – 0,74)	0,09 ± 0,03 (0,07 – 0,11)	Sudeste do Brasil	Este estudo
C (2)	53,25 ± 44,01 (22,13 – 84,37)	1,02 ± 0,34 (0,78 – 1,26)	32,34 ± 5,2 (28,30 – 36,39)	50,00 ± 3,11 (47,80 – 52,19)	-	34,51 ± 41,37 (5,26 – 63,76)	21,96 ± 1,84 (20,65 – 23,26)	1,51 ± 0,51 (1,15 – 1,88)	Sul do Brasil	Este estudo
C (2)	79,0 (27,0 – 130,0)	0,70 (0,68 – 0,71)	40,6 (33,3 – 47,9)	140,0 (39 – 230)	10,0 (5,9 – 15,0)	30,9 (5,89 – 56,0)	2,58 (0,037 – 5,12)	1,5 (0,73 – 2,20)	Sul do Brasil	3
D (3)	91,83 ± 54,61 (30,41 – 134,88)	1,45 ± 0,34 (1,10 – 1,77)	18,09 ± 2,11 (15,68 – 19,58)	110,54 ± 36,93 (72,50 – 146,26)	-	70,83 ± 85,80 (6,04 – 168,13)	29,93 ± 5,36 (26,81 – 36,12)	2,04 ± 1,46 (0,36 – 2,93)	Sul do Brasil	Este estudo
D (1)	190,0	1,2	33,4	290	3,6	7,83	0,74	3,2	Sul do Brasil	3

(A= *Sotalia guianensis*; B= *Pontoporia blainvillei*; C= *Stenella frontalis*; D= *Stenella coeruleoalba*).

As concentrações em peso úmido foram convertidas em peso seco assumindo-se uma porcentagem de umidade de 69,7 (Yang e Miyazaki, 2003).

^a N – número de indivíduos. Referências: 1- Monteriro-Neto *et al.* (2003); 2- Kehrig *et al.* (2004); 3- Kunito *et al.* (2004); 4- Marcovecchio *et al.* (1994); 5- Gerpe *et al.* (2002); 6- Lailson-Brito *et al.* (2002).

5.3. *Sotalia guianensis* (van Bénéden, 1862)

5.3.1. O efeito de parâmetros biológicos (comprimento total, sexo e maturidade sexual) sobre a acumulação hepática dos elementos-traço

A outra espécie de golfinho de hábito costeiro investigada neste estudo foi a *Sotalia guianensis*. Neste sub-item desta tese só serão apresentados dados das concentrações hepáticas desta espécie, pois somente o fígado foi analisado. Não foi realizada uma comparação entre as regiões, como foi feito com a *P. blainvillei*, pois a *S. guianensis* não é encontrada na costa do Rio Grande do Sul.

Neste estudo, assim como o observado para os indivíduos das duas populações de *P. blainvillei*, não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis - ANOVA, $p > 0,05$) na acumulação hepática dos elementos-traço (essenciais e não-essenciais) entre os sexos dos indivíduos de *S. guianensis* provenientes da costa do Rio de Janeiro. Normalmente, os mamíferos marinhos não apresentam diferenças entre os sexos na acumulação de elementos-traço (O'Shea, 1999), como reportado em estudos anteriores com *S. guianensis* coletadas em diferentes áreas costeiras do Brasil (Monteiro-Neto et al., 2003; Kunito et al., 2004).

A análise dos dados dos indivíduos de *S. guianensis*, provenientes da costa norte do Rio de Janeiro (SE), mostrou que dentre os elementos essenciais estudados, somente a concentração hepática de Se apresentou correlação significativa e positiva com os comprimentos totais (L) dos indivíduos analisados (Figura 25). Enquanto, a concentração de Cu no fígado destes mesmos indivíduos apresentou uma correlação significativa e negativa com o seu comprimento total (Figura 25). A diminuição da concentração de Cu hepático com o comprimento dos indivíduos vem sendo reportada na literatura para algumas espécies de cetáceos tais como Belugas (Woshner et al., 2001) e golfinho-comum-de-bico-curto (Lavery et al., 2008). Kunito et al. (2004) observaram este mesmo padrão em indivíduos de *S. guianensis* coletados ao longo das costas dos estados de São Paulo e Paraná.

Com relação às concentrações hepáticas dos elementos não-essenciais estudados, foram observadas correlações significativas entre as concentrações hepáticas de Hg e Hg_{Org} e o comprimento total dos indivíduos de *S. guianensis*

(Figura 26). As linhas de tendências só foram traçadas nas figuras onde foram obtidas correlações significativas.

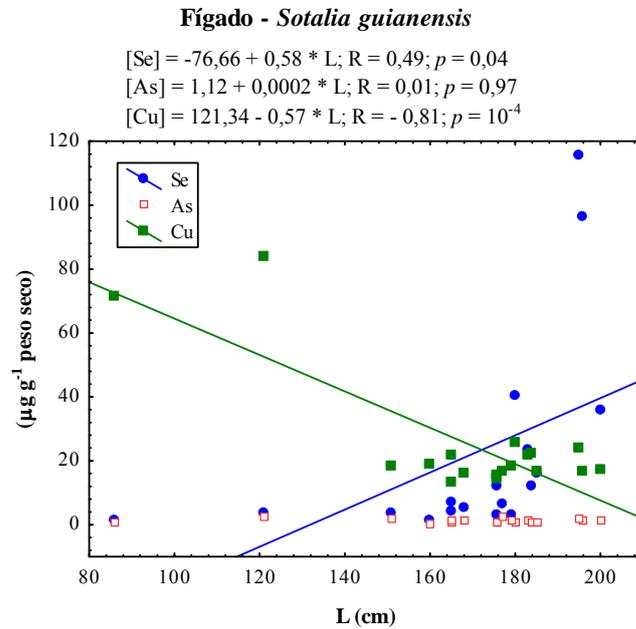


Figura 25. Relação entre as concentrações dos elementos essenciais no fígado e o comprimento total – L (cm) da *Sotalia guianensis*.

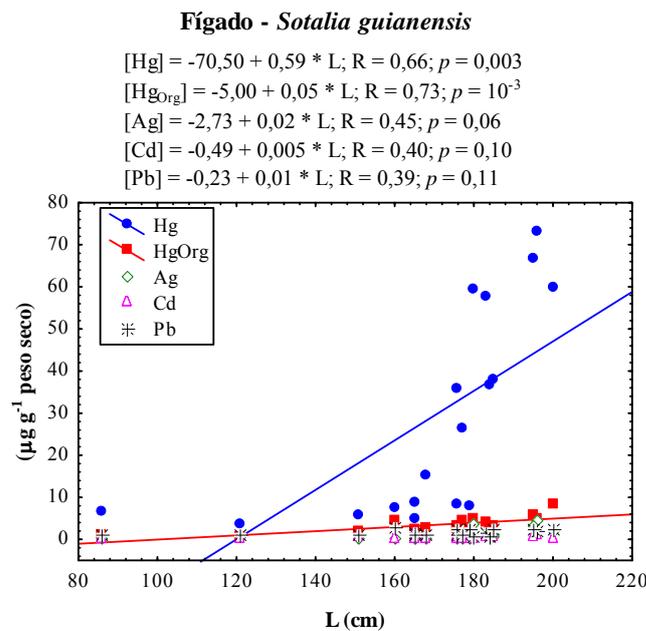


Figura 26. Relação entre as concentrações dos elementos não-essenciais no fígado e o comprimento total – L (cm) da *Sotalia guianensis*.

A concentração de Hg_{Org} encontrada neste estudo variou de 0,49 a 9,67 $\mu g g^{-1}$, correspondendo, em média, a 39% da fração de mercúrio total (variando de 6,6 a 56,7 % Hg_{Org}). Observou-se uma diminuição altamente significativa ($p < 0,01$) da % Hg_{Org} em relação à concentração de mercúrio total no fígado dos indivíduos de *S. guianensis*, como mostra a Figura 27. É importante salientar que a concentração de Hg_{Org} encontrada inclui o MeHg e outras formas orgânicas de mercúrio (Kehrig et al., 2008).

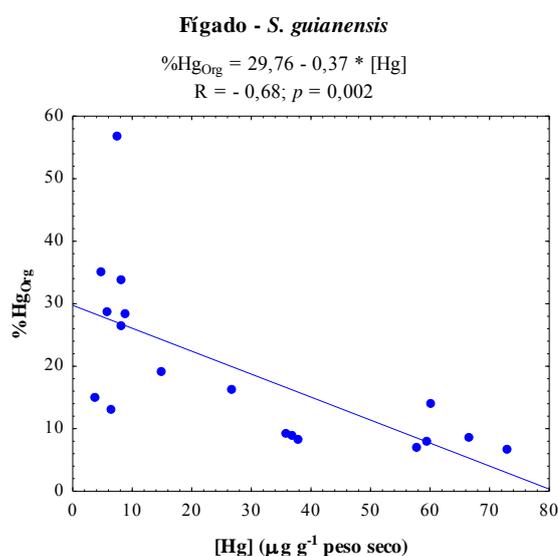


Figura 27. Relação da % Hg_{Org} com a concentração de mercúrio total no fígado da *Sotalia guianensis*.

A maturação sexual parece influenciar na acumulação de Se, Hg e Ag no fígado da *S. guianensis*. Os indivíduos maduros apresentaram concentrações hepáticas mais elevadas destes elementos, quando comparadas com os indivíduos sexualmente imaturos. A maturidade sexual parece não influenciar sobre a acumulação de Pb, Cd e As no fígado destes indivíduos de *S. guianensis* coletados no Rio de Janeiro, onde o teste de Mann-Whitney mostrou não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre os indivíduos maduros e imaturos.

No presente estudo observou-se que a percentagem de mercúrio orgânico em relação ao mercúrio total (% Hg_{Org}) no fígado apresentou uma diminuição com relação ao comprimento total dos indivíduos de *S. guianensis* estudados (Figura

28). As menores % Hg_{Org} foram encontradas nos indivíduos com os maiores comprimentos totais, o que pode estar sugerindo que o fígado destes indivíduos apresenta processos mais eficientes de desmetilação/eliminação das formas mais tóxicas de mercúrio neste órgão.

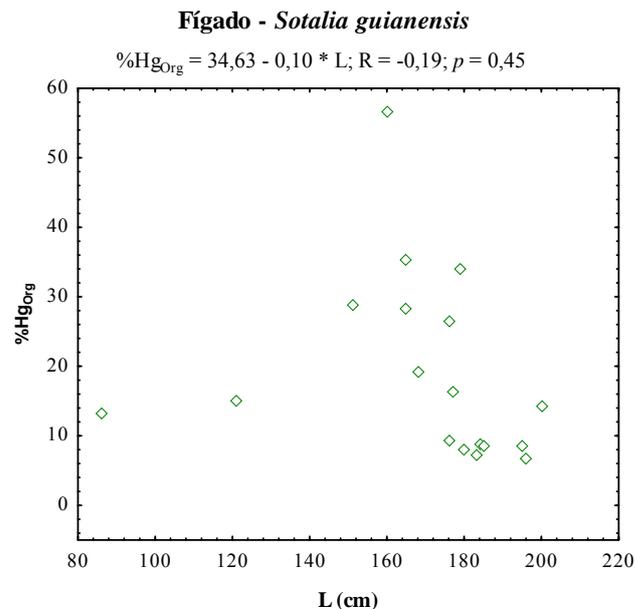


Figura 28. Relação entre as proporções de mercúrio orgânico em relação ao mercúrio total (% Hg_{Org}) no fígado com o comprimento total – L (cm) da *Sotalia guianensis*.

Não será possível se fazer o estudo sobre a influência da idade na acumulação dos elementos-traço no fígado da *S. guianensis*, como o realizado na *P. blainvillei* proveniente do Rio Grande do Sul (S), uma vez que não se sabe a idade de nenhum dos indivíduos de *S. guianensis* empregados.

As concentrações dos elementos-traço encontradas fígado da *S. guianensis* estão apresentadas na Tabela 8.

Neste estudo, as concentrações hepáticas dos elementos essenciais e não-essenciais encontradas nos indivíduos de *S. guianensis* são da mesma ordem de grandeza daquelas reportadas em estudos anteriores realizados com esta espécie de cetáceo proveniente da costa da América do Sul (Tabela 9). Entretanto, a concentração hepática de Cu na *S. guianensis* mostrou-se mais baixa do que aquela encontrada em amostras de cetáceos da costa sul brasileira (Kunito et al.,

2004; Tabela 9) e também da costa Argentina (Gerpe et al., 2002; Marcovecchio et al., 2004; Tabela 9).

A concentração hepática de Pb encontrada neste estudo foi consideravelmente maior do que a encontrada em estudos anteriores realizados com indivíduos de *S. guianensis* provenientes da costa do estado do Paraná, no sul do Brasil (Kunito et al., 2004; Tabela 9) e também, da costa do estado do Ceará, no nordeste brasileiro (Monteiro-Neto et al., 2003; Tabela 9). Entretanto, vários fatores têm que ser levados em consideração quando se comparam indivíduos da mesma espécie, tais como: sexo, preferência alimentar, tempo de vida e método de análise (Capelli et al., 2008).

5.4. gênero *Stenella*

O número amostral de indivíduos do gênero *Stenella* coletados em ambas as áreas de estudo foi muito pequeno (dois indivíduos de *S. frontalis* em cada área de coleta e, três indivíduos de *S. coeruleoalba* provenientes do Rio Grande do Sul). Os parâmetros idade, comprimento total e sexo não são conhecidos para todos os indivíduos do gênero *Stenella*, assim sendo, não será apresentada uma discussão relacionada às diferenças na acumulação dos elementos-traço como foi feita para as espécies de cetáceos *P. blainvillei* e *S. guianensis*.

O interesse em se estudar os indivíduos do gênero *Stenella* deve-se ao fato destes apresentarem hábitos de vida completamente diferentes das espécies *P. blainvillei* e *S. guianensis*. A *Stenella* possui hábito oceânico, isto é, habita um ecossistema completamente diferente além, de possuir uma preferência alimentar completamente distinta das outras duas espécies de golfinho que, são de hábito costeiro.

Neste estudo, levando-se em consideração todos os indivíduos do gênero *Stenella* coletados (N=7) na área tropical e subtropical, as concentrações hepáticas encontradas para os elementos essenciais foram: Se ($56,16 \pm 53,00 \mu\text{g g}^{-1}\text{p.s.}$), As ($1,17 \pm 0,35 \mu\text{g g}^{-1} \text{p.s.}$) e Cu ($22,46 \pm 7,30 \mu\text{g g}^{-1} \text{p.s.}$). Enquanto, para os elementos não-essenciais, os indivíduos do gênero *Stenella* de ambas as áreas de coleta apresentaram as seguintes concentrações hepáticas: Hg ($64,12 \pm 51,29 \mu\text{g}$

$\text{g}^{-1}\text{p.s.}$), Ag ($1,33 \pm 1,24 \mu\text{g g}^{-1} \text{p.s.}$), Cd ($41,53 \pm 60,33 \mu\text{g g}^{-1} \text{p.s.}$) e Pb ($19,26 \pm 13,65 \mu\text{g g}^{-1} \text{p.s.}$).

As concentrações encontradas tanto para os elementos essenciais quanto para os não-essenciais no fígado dos indivíduos do gênero *Stenella* apresentaram um valor semelhante ao observado no estudo anterior realizado na costa brasileira (Kunito *et al.*, 2004; Tabela 9). Os indivíduos de hábito oceânico tendem a acumular maiores concentrações de elementos-traço em seus tecidos quando comparados aos indivíduos de hábito costeiro. Este fato pode indicar também, que a disponibilidade do alimento (escolha das presas) ao longo da localização geográfica em que vivem esses indivíduos seja um fator importante para a acumulação dos elementos-traço em seus tecidos. Essa tendência fica mais clara na discussão do próximo sub-item (5.5), quando são comparadas as diferentes espécies de cetáceos empregadas neste estudo.

5.5. Relação entre as espécies de cetáceos investigadas

A fim de se compreender as variações entre as espécies, a princípio estas foram divididas em quatro grupos: *Sotalia guianensis*, *Pontoporia blainvillei* (SE), *Pontoporia blainvillei* (S) e o gênero *Stenella*.

A partir daí, aplicou-se a análise de discriminantes a fim de se comparar as concentrações dos elementos entre as espécies de cetáceos estudadas.

Verificou-se não haver uma separação significativa entre os grupos *Pontoporia blainvillei* (SE), *Pontoporia blainvillei* (S), que pertencem a distintas populações. A distância de Mahalanobis (D^2) encontrada entre estes dois grupos mencionados foi muito pequena ($D^2 = 2,20$; $F = 2,08$; $p = 0,06$). A partir daí considerou-se que estes dois grupos fossem um único grupo; aplicando-se então, uma nova análise de discriminante, a fim de se comparar as concentrações dos elementos entre os três grupos de cetáceos formados: *Sotalia guianensis* (S), *Pontoporia blainvillei* (P) e o gênero *Stenella* (St).

A variável de maior contribuição para a função discriminante, entre os três grupos de cetáceos, foi o Hg hepático ($p \leq 10^{-6}$). A Ag e o Pb hepáticos ($p \leq 10^{-4}$ e $p \leq 10^{-3}$, respectivamente) foram as variáveis que também contribuíram para a função discriminante. As distâncias de Mahalanobis (D^2) foram altas (Tabela 10)

entre todos os grupos (S x P; S x St; P x St) indicando haver grandes diferenças significativas entre eles e o percentual correto de classificação foi de 80,7 %.

Tabela 10. Valor de F e a distância de Mahalanobis (D^2) entre as diferentes espécies de cetáceos analisadas, dados a partir da análise de discriminante.

Espécie x espécie	F	p	Distância de Mahalanobis (D^2)
S x P	7,4	10^{-6}	5,0
S x St	11,5	10^{-8}	17,7
P x St	13,3	10^{-8}	18,4

Percentual correto de classificação = 80,7 %

Foram utilizadas as duas primeiras variáveis canônicas determinadas na análise de discriminantes para representar graficamente a separação entre os três grupos (Figura 29). Observa-se nessa figura a separação clara entre as três espécies de cetáceos, onde os indivíduos que possuem hábito oceânico (gênero *Stenella*) se destacaram nitidamente dos indivíduos dos dois outros grupos, que possuem hábito costeiro (*Sotalia guianensis* e *Pontoporia blainvillei*).

Pode-se observar (Tabela 10 e Figura 29) que o grupo formado pelo gênero *Stenella* é o que apresentou as maiores distâncias de Mahalanobis (D^2), indicando haver grandes diferenças significativas ($p < 10^{-8}$) entre ele e os outros dois grupos formados pela *Sotalia guianensis* e *Pontoporia blainvillei*. Observando-se a Tabela 9, verifica-se que de maneira geral, os indivíduos do gênero *Stenella* apresentaram as maiores concentrações hepáticas quando comparadas com as encontradas no mesmo órgão das espécies costeiras. Este fato também foi observado em estudo anterior realizado com cetáceos de diferentes hábitos coletados nos estados de São Paulo e Paraná (Kunito et al., 2004).

No presente estudo, pôde-se observar que o habitat e principalmente a preferência alimentar influenciaram fortemente na acumulação hepática dos elementos-traço nas espécies de cetáceos investigadas.

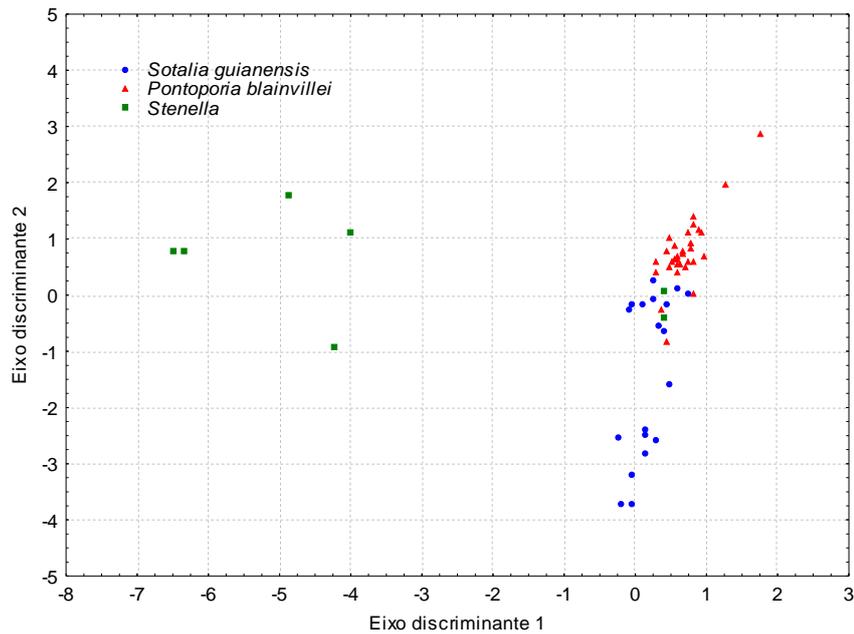


Figura 29. Representação gráfica das variáveis canônicas para a *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis* e gênero *Stenella*.

O hábito alimentar aparece como agente primário na separação dos três grupos, pois o Hg, a Ag e o Pb são assimilados principalmente através da dieta alimentar dos mamíferos marinhos.

A *Sotalia guianensis* e a *Pontoporia blainvillei* co-habitam no mesmo ambiente, mas apresentam preferências alimentares distintas. *S. guianensis* alimenta-se preferencialmente de peixes piscívoros e altamente predadores (Di Benedetto & Ramos, 2004); enquanto a *P. blainvillei* alimenta-se de peixes e cefalópodes (Di Benedetto & Ramos, 2001). Na Figura 30 está representada a guilda trófica da *Sotalia guianensis* e da *Pontoporia blainvillei* capturadas na costa do Rio de Janeiro (SE).

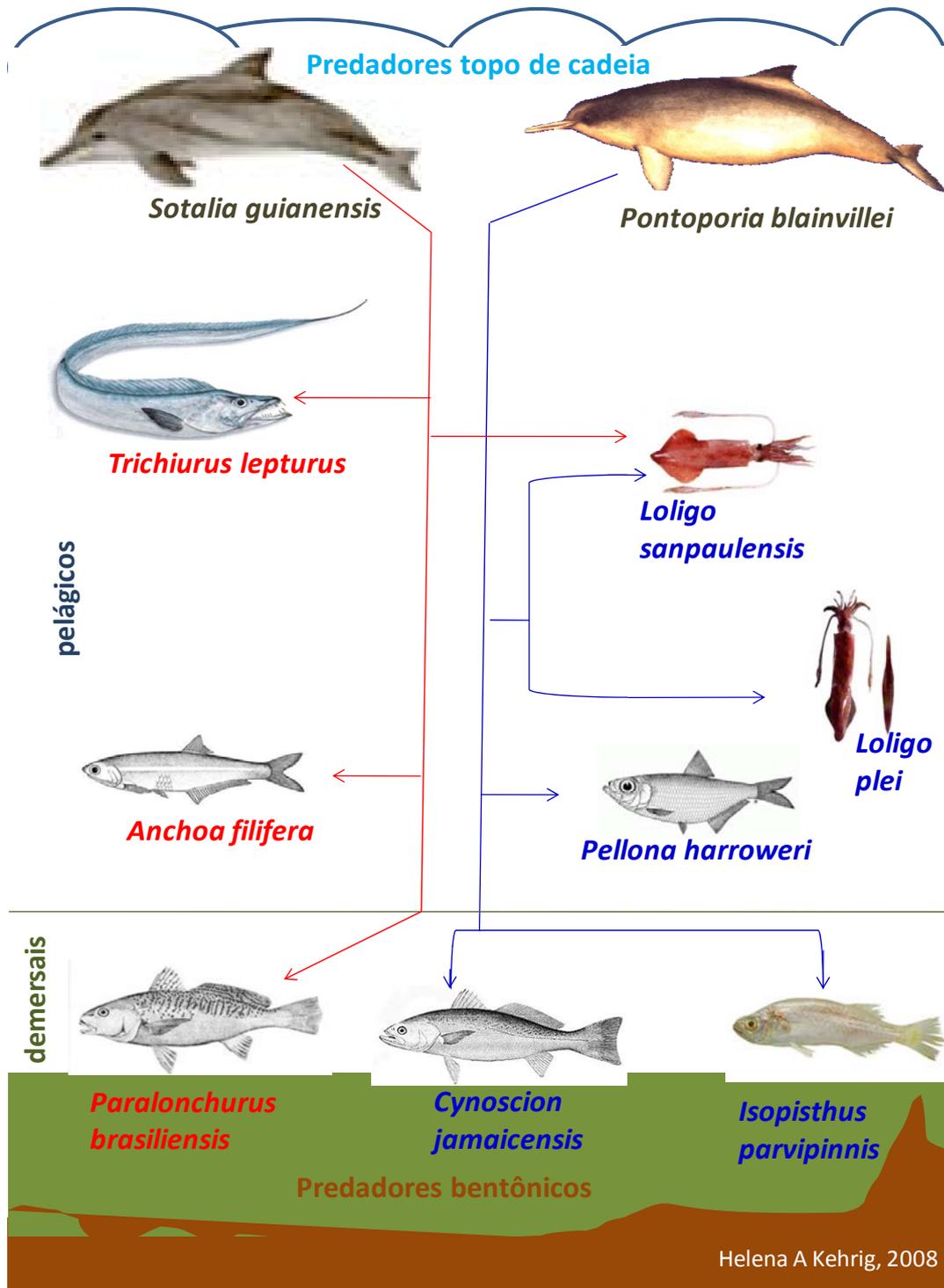


Figura 30. Representação gráfica da guilda trófica da *Sotalia guianensis* (em vermelho) e da *Pontoporia blainvillei* (em azul) acidentalmente capturadas na costa do Rio de Janeiro (SE).

Segundo Di Benedetto et al. (2001), a *S. frontalis* pode ser considerada, principalmente, uma espécie teutófaga, isto é, que se alimenta preferencialmente de cefalópodes. A presença de lulas na dieta alimentar do gênero *Stenella* foi reportada anteriormente em estudos realizados no Sul (Emerim et al., 1996) e sudeste (Di Benedetto et al., 2001) do Brasil, em que a partir da análise do conteúdo estomacal de indivíduos de *S. frontalis* foram identificadas a presença de lulas (da família Loliginidae), em maior quantidade, e de peixes, em menor quantidade.

5.6. Diferenças regionais

Neste sub-item só serão apresentados e discutidos dados a respeito das concentrações dos elementos-traço encontrados nas espécies *P. blainvillei* e *S. frontalis*, pois somente indivíduos destas espécies foram coletados em ambas as áreas de coleta (tropical e subtropical).

5.6.1. *Pontoporia blainvillei* (Gervais & D'Orbigny, 1844)

Diferenças regionais significativas ($p < 0,05$) foram observadas somente nas concentrações hepáticas de alguns elementos essenciais (tais como, Se e As) e não-essenciais (Hg, Hg_{Org}, Ag, e Cd) dos indivíduos de franciscana investigados.

Dentre os elementos estudados, os que têm como a principal via de exposição dos organismos marinhos através da dieta alimentar (Cd, Hg, Se), foram os que apresentaram diferença regional significativa nas suas concentrações hepáticas. Este comportamento pode estar relacionado ao fato do fígado sofrer influência direta do hábito alimentar na acumulação dos elementos-traço nestes organismos.

Os indivíduos acidentalmente capturados na costa sul do Brasil (S, região subtropical), geralmente, apresentaram as maiores concentrações de todos os elementos-traço em seus tecidos (Tabela 8). Embora uma série de fatores ambientais e fisiológicos possa ter alguma influência nas diferenças encontradas, a preferência alimentar e a complexidade da cadeia alimentar marinha podem ser

consideradas os principais fatores responsáveis pelo processo de bioacumulação dos elementos-traço em animais de vida longa como os mamíferos marinhos (Shibata et al., 1992; Bustamante et al., 1998; Monaci et al., 1998; Kubota et al., 2001).

As concentrações dos elementos-traço observadas nos tecidos das franciscanas da região tropical (SE) foram inferiores as encontradas nos indivíduos da região subtropical (S). Este pode estar relacionado com a preferência alimentar dos indivíduos da primeira região (SE), formada principalmente de peixes, tais como, *Stellifer sp.*, *Anchoa filifera*, *Pellona harroweri* e *Isopisthus parvipinnis* (Di Benedetto & Ramos, 2001); enquanto os indivíduos da segunda região (S) se alimentam preferencialmente de peixes (*Cynoscion guatucupa*, *Micropogonias furnieri*, *Urophycis brasiliensis*) e cefalópodes (*Loligo sanpaulensis*) (Rodriguez et al., 2002).

5.6.2. *Stenella frontalis* (Cuvier, 1829)

A espécie de golfinho de hábito oceânico que foi capturada nas duas áreas de estudo foi a *Stenella frontalis*. Neste sub-item só serão apresentados os dados das concentrações hepáticas desta espécie, uma vez que somente o fígado destes indivíduos foi analisado.

Assim como o observado para os indivíduos das duas populações de *P. blainvillei* (hábito costeiro), os indivíduos de *S. frontalis* (hábito oceânico) acidentalmente capturados na região subtropical (S), geralmente, apresentaram as maiores concentrações de todos os elementos-traço em seus tecidos, quando comparadas aquelas encontradas nos indivíduos oriundos da região tropical (SE) (Tabela 8).

Quando são consideradas as concentrações de todos os elementos-traço estudados e Hg_{Org} , o teste de Wilks (teste multivariado de significância) mostrou não haver diferença significativa ($F = 44,2$; $p = 0,11$) entre as concentrações hepáticas dos indivíduos de *S. frontalis* coletados na costa sul (S) e na costa sudeste (SE) brasileira. Porém, o teste univariado dos resultados para cada elemento-traço mostrou haver diferenças regionais altamente significativas ($p <$

0,001) somente para as concentrações hepáticas de Hg ($F = 127,2$; $p = 0,008$) e Pb ($F = 264,9$; $p = 0,004$) encontradas nos indivíduos de *S. frontalis* estudados. A prata apresentou um resultado próximo ao limite de significância deste teste ($F = 15,25$; $p = 0,059$).

5.7. Relações entre os elementos

No presente estudo, só serão apresentadas e discutidas as relações entre alguns metais de transição (mercúrio, cádmio e prata) e o selênio. O interesse em se verificar estas relações nos organismos, refere-se ao fato destes metais interagirem com o selênio, fazendo com que a toxicidade dos metais de transição seja reduzida através desta interação (Sasakura & Suzuki, 1998). Segundo Arai et al. (2004), esta interação pode ocorrer através da formação de compostos insolúveis de seleneto ou através da ligação simultânea do metal tóxico a proteínas de alto peso molecular, como vem sendo observado em várias espécies de mamíferos marinhos. De acordo com Sasakura & Suzuki (1998) as razões molares entre os metais de transição e o selênio são de 1:1 para Hg:Se e Cd:Se, mas podendo ser de 1:1 ou 2:1 para Ag:Se.

5.7.1. Relação entre mercúrio e selênio

Neste estudo, uma relação positiva e altamente significativa ($p < 0,001$) foi encontrada entre a concentração molar de mercúrio e selênio no fígado dos indivíduos de *P. blainvillei* coletados nas regiões tropical (Figura 31a) e subtropical (Figura 31b) da costa brasileira. Entretanto, somente os indivíduos provenientes da costa sul apresentaram uma correlação significativa entre a concentração molar de mercúrio e selênio nos rins (Figura 31b).

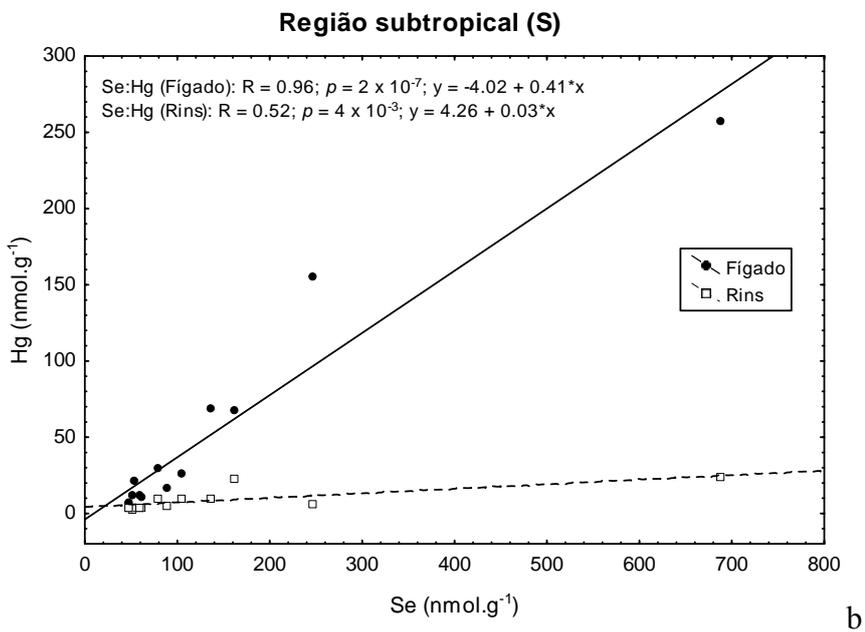
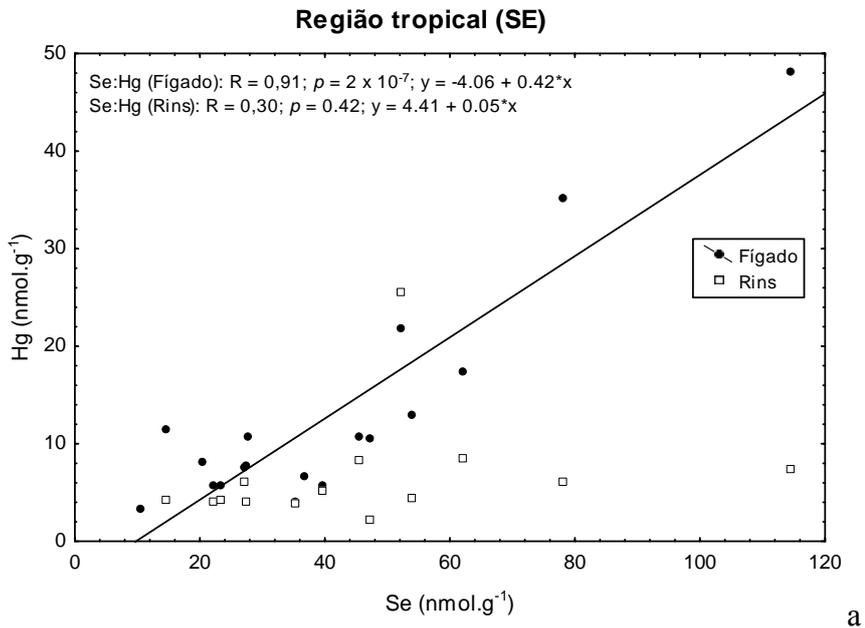


Figura 31. Relação entre a concentração molar de mercúrio e selênio no fígado e rins dos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S).

Assim como observado para os indivíduos de *P. blainvillei* empregados neste estudo, os indivíduos de *S. guianensis* provenientes da costa norte do estado do Rio de Janeiro também apresentaram uma correlação positiva e altamente significativa ($p < 0,001$) entre a concentração molar de mercúrio e selênio no fígado, como mostra a Figura 32. O mesmo comportamento foi observado quando são levados em consideração todos os indivíduos do gênero *Stenella* capturados em ambas as áreas de coleta (Figura 33).

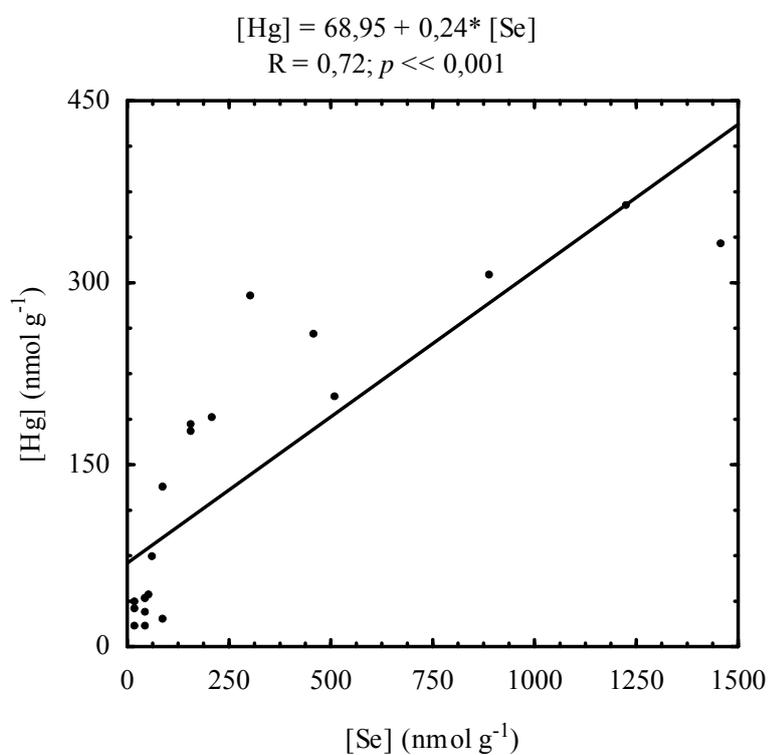


Figura 32. Relação entre a concentração molar de mercúrio e selênio no fígado dos indivíduos de *Sotalia guianensis* coletados na costa norte do Rio de Janeiro (SE).

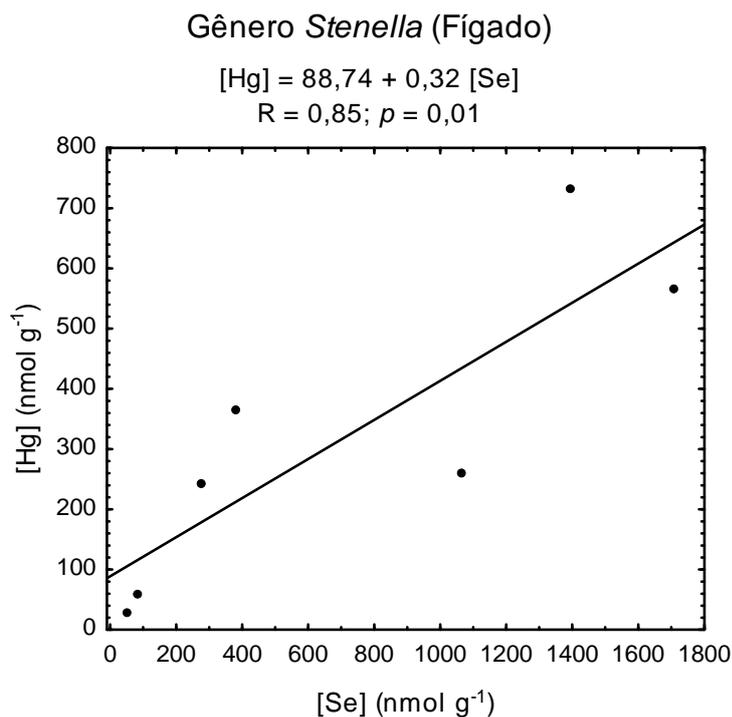


Figura 33. Relação entre a concentração molar de mercúrio e selênio no fígado dos indivíduos do gênero *Stenella* coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e do Rio Grande do Sul (S).

A relação altamente significativa e positiva encontrada entre a concentração molar de mercúrio e selênio no fígado e rins dos mamíferos marinhos já está bem documentada na literatura (Caurant et al., 1994; Palmisano et al., 1995; Wagemann et al., 1998; Meador et al., 1999; Capelli et al., 2000; Das et al., 2000; Dietz et al., 2000; Endo et al., 2002; Brunborg et al., 2006; Capelli et al., 2008; Lavery et al., 2008). Esta relação pode estar refletindo uma associação direta entre estes dois elementos nos órgãos internos dos mamíferos marinhos, explicando assim o importante papel desempenhado pelo selênio na destoxificação do mercúrio no fígado destes animais (Arai et al., 2004).

Os indivíduos de *P. blainvillei* empregados neste estudo apresentaram uma concentração molar de selênio hepático maior do que a de mercúrio. Foi observada uma razão molar Se:Hg de 4:1. Enquanto nos rins desses indivíduos, a concentração molar de selênio hepático foi muito maior do que a de mercúrio,

apresentando uma razão molar Se:Hg de 16:1. Este comportamento foi observado também em estudos anteriores realizados com franciscana da costa brasileira, em que as concentrações molares de selênio hepático foram maiores do que as de mercúrio nestes indivíduos (Kunito et al., 2004; Seixas et al., 2007a).

Com relação aos indivíduos de *S. guianensis*, estes apresentaram uma concentração molar de selênio hepático muito próximo a de mercúrio, observando-se uma razão molar Se:Hg de 1:0,92, ou seja, bem próxima a 1:1, assim como reportado em alguns estudos realizados com diferentes espécies de mamíferos marinhos (Leonzio et al., 1992; Palmisano et al., 1995; Meador et al., 1999; Cappeli et al., 2000; Dietz et al., 2000; Wagemann et al., 2000; Cardellicchio et al., 2002; Endo et al., 2002; Bustamante et al., 2003; Law et al., 2003; Ikemoto et al., 2004) e também, com esta mesma espécie coletada em diferentes regiões da costa brasileira (Kehrig et al., 2004; Kunito et al., 2004).

Os indivíduos do gênero *Stenella* investigados neste estudo apresentaram uma concentração molar de selênio hepático maior do que a de mercúrio. Foi observada uma razão molar Se:Hg de 2:1. Estudos anteriores com a *Stenella coeruleoalba* proveniente do Hemisfério Norte (Capelli et al., 2000; Cardellicchio et al., 2002) observaram uma razão molar Se:Hg de 1:1.

É importante salientar que a espécie de cetáceo *S. guianensis* alimenta-se preferencial de peixes maiores e que ocupam níveis tróficos elevados (Di Benedetto & Ramos, 2004), enquanto a *P. blainvillei* alimenta-se preferencialmente de peixes menores e cefalópodes (Di Benedetto & Ramos, 2001) (ver Figura 30). De acordo com a literatura, os mamíferos marinhos que se alimentam preferencialmente de peixes tendem a acumular maiores concentrações de mercúrio no fígado (Watanabe et al., 2002), uma vez que a maior parte do mercúrio presente nos peixes e cefalópodes está na sua forma metilada (Caurant et al., 1996; Das et al., 2000).

Segundo o estudo de Kehrig et al. (2008) realizado com indivíduos de *S. guianensis* provenientes da costa norte do Rio de Janeiro, a maior fração do mercúrio total (Hg_{Tot}) apresentada no fígado dos indivíduos investigados, apresentou-se na forma de seleneto de mercúrio (HgSe), correspondendo a uma média de 53% do mercúrio total. Porém, as mais altas percentagens de metilmercúrio (MeHg) (cerca de 28 %) e as mais baixas percentagens de HgSe (aproximadamente 0 %) foram encontradas no fígado dos indivíduos que

apresentavam concentrações de mercúrio total abaixo de $1,0 \mu\text{g g}^{-1}$, em peso seco (Figura 34a). Além do mais, as mais altas percentagens de HgSe (aproximadamente 83 %) foram encontradas nos indivíduos que apresentavam as mais elevadas concentrações hepáticas de mercúrio total ($87,92 \mu\text{g g}^{-1}$ p.s.), como mostra a Figura 34b.

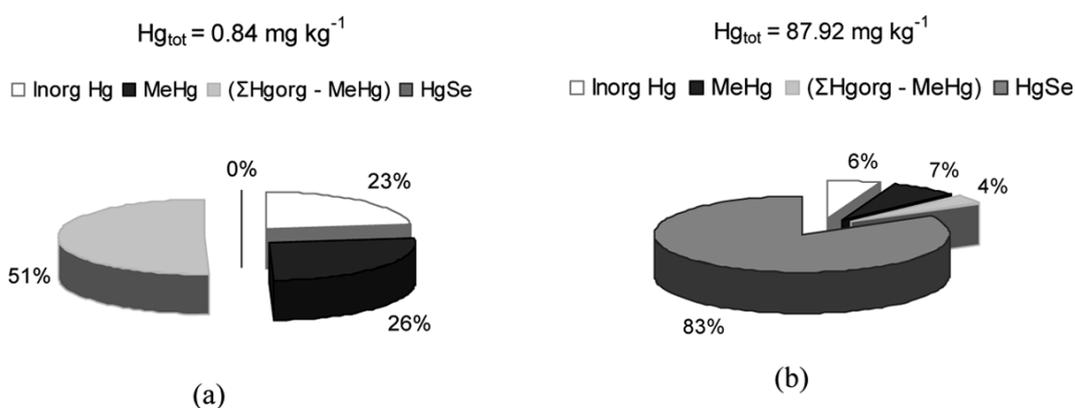


Figura 34. Distribuição das espécies de mercúrio apresentadas no fígado de dois indivíduos de *Sotalia guianensis*: (a) exemplo de uma amostra com as mais baixas concentrações hepáticas de Hg_{Tot} e (b) exemplo de uma amostra com as mais elevadas concentrações hepáticas de Hg_{Tot} (adaptado de Kehrig et al., 2008).

Neste mesmo estudo, Kehrig et al. (2008) observaram que todos os indivíduos de *S. guianensis* que apresentavam concentrações hepáticas de mercúrio total acima de $5,5 \mu\text{g g}^{-1}$ em peso seco, mostravam altas percentagens de HgSe (variando de 44% a 89%) e baixas percentagens de MeHg (variando de 2% a 7%). Confirmando assim, a ocorrência do processo de desmetilação do MeHg através da formação de grânulos inertes de HgSe no fígado da espécie de golfinho investigada. Porém, este processo só foi desencadeado a partir de determinadas concentrações hepáticas de mercúrio total.

5.7.2. Relação entre cádmio e selênio

Neste estudo, uma relação positiva e altamente significativa ($p < 0,001$) foi encontrada entre a concentração molar de cádmio e selênio no fígado dos indivíduos de *P. blainvillei* coletados somente na região tropical (S) (Figura 35a) da costa brasileira. Esta relação foi também observada no fígado de outras espécies de mamíferos marinhos, tais como: baleia piloto (*Globicephala melas*) (Caurant *et al.*, 1994), golfinho riscado (*Stenella coeruleoalba*) (Monaci *et al.*, 1998) e golfinho comum (*Tursiops truncatus*) (Meador *et al.*, 1999).

Os indivíduos de *P. blainvillei* neste estudo apresentaram uma concentração molar de selênio hepático muito maior do que a de Cádmio. Foi observada uma razão molar Se:Cd de 107:1. Este comportamento foi observado também em estudos anteriores realizados com outras espécies de golfinho do hemisfério norte (Monaci *et al.*, 1998; Meador *et al.*, 1999).

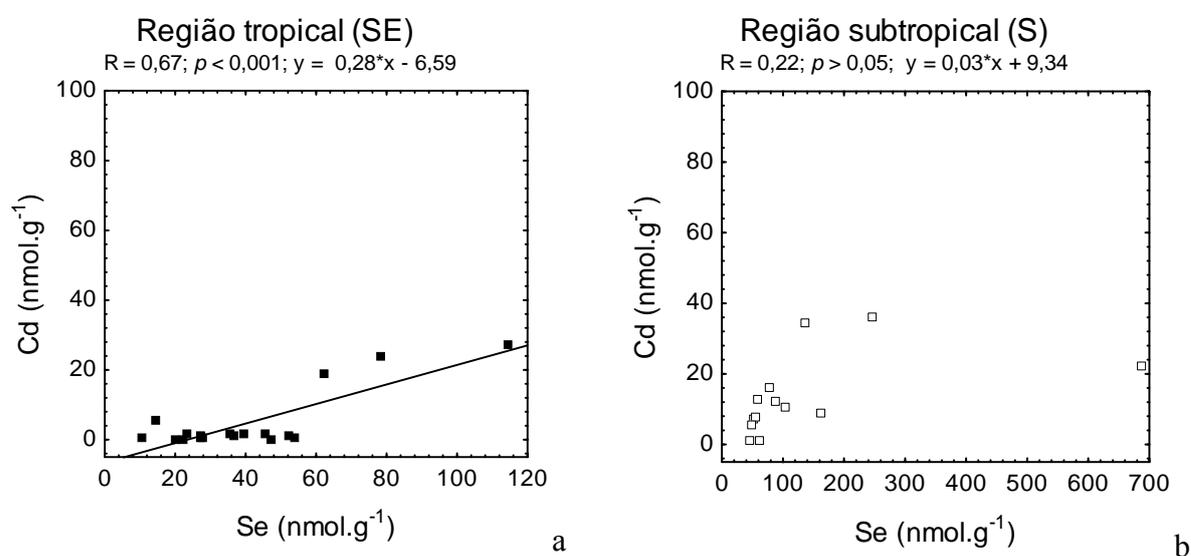


Figura 35. Relação entre a concentração molar de cádmio e selênio no fígado dos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S).

Com relação aos rins dos indivíduos de *P. blainvillei* de ambas as regiões, não foram observadas relações significativas entre a concentração molar de cádmio e selênio, como mostra a Figura 36a, b. A razão molar apresentada por estes elementos (Se: Cd) foi de 13:1. Observações similares foram feitas por Monaci et al. (1998) e Meador et al. (1999) em espécies de golfinho do hemisfério norte.

Na literatura científica, informações sobre a relação Cd e Se nos tecidos de mamíferos marinhos são escassas, onde nenhum estudo reportou esta relação, nem no fígado nem nos rins, de indivíduos de franciscana.

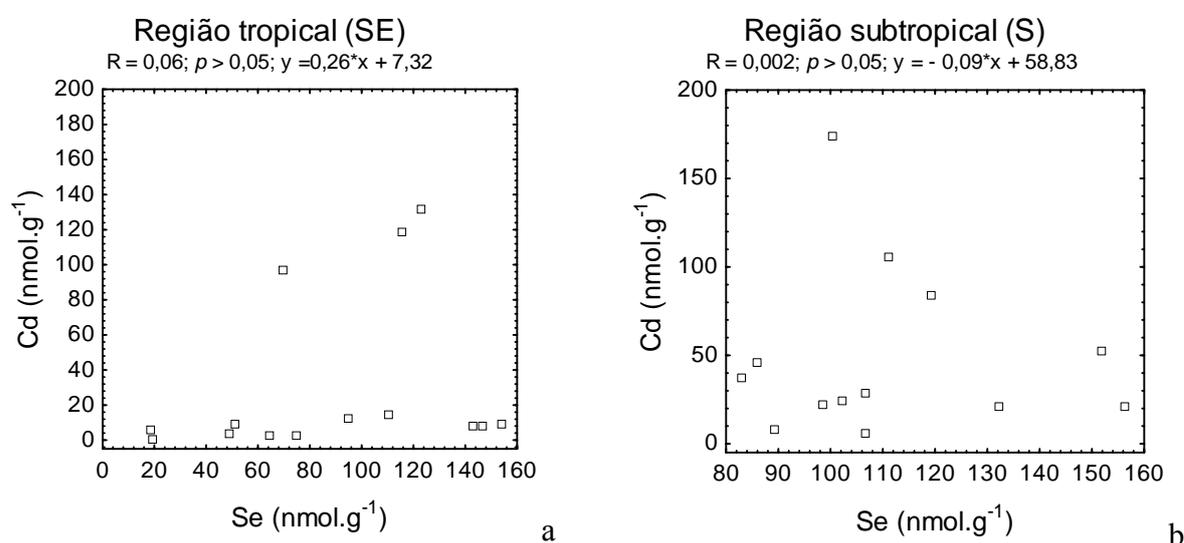


Figura 36. Relação entre a concentração molar de cádmio e selênio nos rins dos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S).

Assim como observado para os indivíduos de *P. blainvillei* oriundos da costa norte do estado do Rio de Janeiro (SE), os indivíduos de *S. guianensis* coletados nesta mesma área também apresentaram uma correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) entre a concentração molar de cádmio e selênio no fígado, como mostra a Figura 37. Entretanto, quando se considerou todos os indivíduos do gênero *Stenella* capturados em ambas as áreas de coleta, não se observou uma correlação significativa entre a concentração molar de Cd e Se (Figura 38).

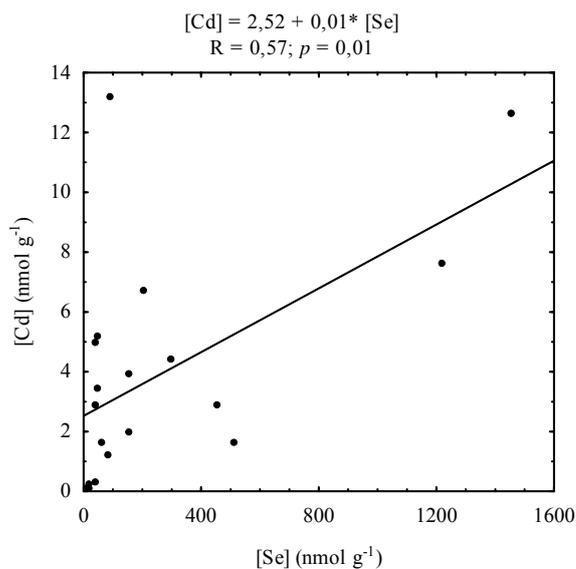


Figura 37. Relação entre a concentração molar de cádmio e selênio no fígado dos indivíduos de *Sotalia guianensis* coletados na costa norte do Rio de Janeiro (SE).

Os indivíduos de *S. guianensis* neste estudo apresentaram uma concentração molar de selênio hepático muito maior do que a de cádmio. Foi observada uma razão molar Se: Cd 104:1. Enquanto os indivíduos do gênero *Stenella* apresentaram uma concentração molar de selênio hepático apenas um pouco maior do que a de cádmio, sendo a razão molar Se: Cd de 7:1.

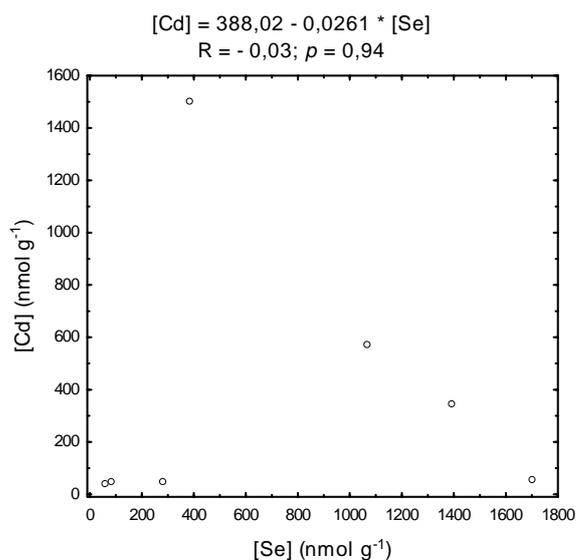


Figura 38. Relação entre a concentração molar de cádmio e selênio no fígado dos indivíduos do gênero *Stenella* coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e do Rio Grande do Sul (S).

Segundo Caurant et al. (1994), o selênio pode proteger os mamíferos dos efeitos tóxicos do cádmio, através da formação de um complexo equimolar formado entre o Se e o Cd no fígado destes organismos. Entretanto, sabe-se que as metalotioneínas (MTs) desempenham o papel principal no processo de destoxificação do Cd em mamíferos marinhos (Das et al., 2000; Woshner et al., 2001).

5.7.3. Relação entre prata e selênio

Neste sub-item só serão apresentados e discutidos dados a respeito das relações entre prata e selênio no fígado dos indivíduos de *P. blainvillei*, *S. guianensis* e do gênero *Stenella*, pois as concentrações de prata foram determinadas somente no fígado destes indivíduos.

No presente estudo, uma relação positiva e altamente significativa ($p < 0,001$) foi encontrada entre a concentração molar de prata e selênio no fígado dos indivíduos de *P. blainvillei* coletados nas regiões tropical (SE) (Figura 39a) e subtropical (S) (Figura 39b) da costa brasileira. Este comportamento também foi observado para os indivíduos de *S. guianensis* (Figura 40) e para os indivíduos do gênero *Stenella* (Figura 41) investigados neste estudo.

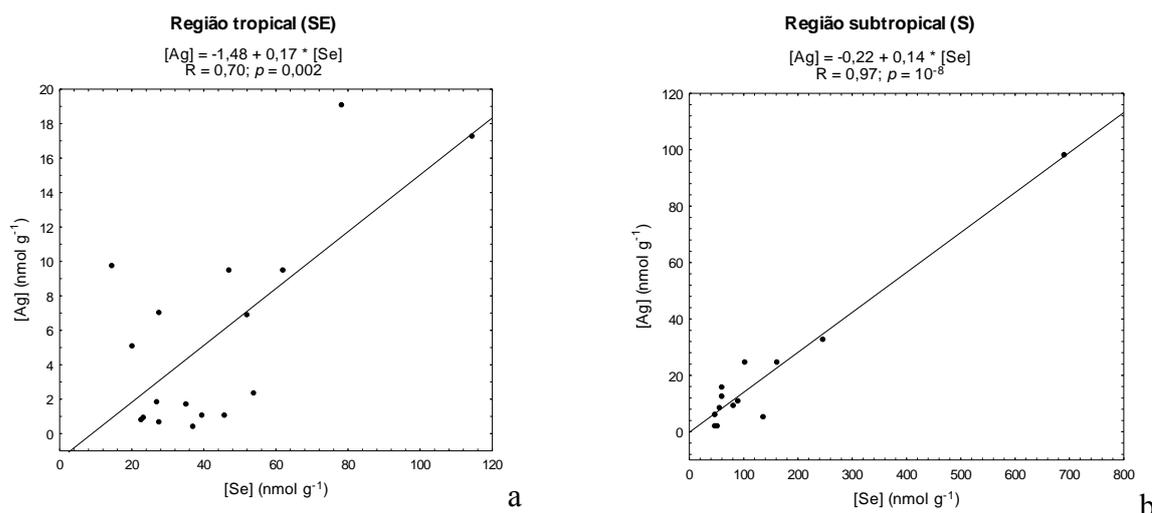


Figura 39. Relação entre a concentração molar de prata e selênio no fígado e rins dos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S).

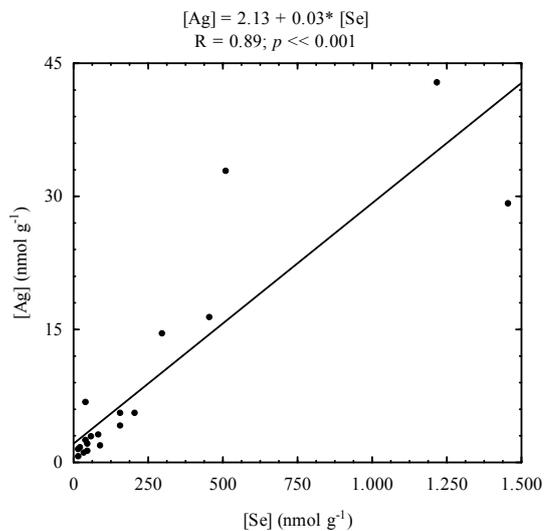


Figura 40. Relação entre a concentração molar de prata e selênio no fígado dos indivíduos de *Sotalia guianensis* coletados na costa norte do Rio de Janeiro (SE).

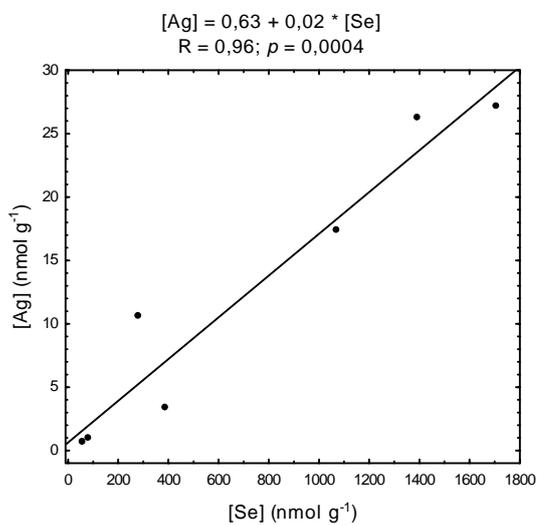


Figura 41. Relação entre a concentração molar de prata e selênio no fígado dos indivíduos do gênero *Stenella* coletados na costa do Rio de Janeiro (SE) e Rio Grande do Sul (S).

Estudos anteriores reportaram uma relação altamente significativa e positiva entre a concentração molar de prata e selênio no de mamíferos marinhos (Becker et al., 1995; Saeki et al., 2001; Woshner et al., 2001; Lavery et al., 2008). Segundo Becker et al. (1995), a prata pode acumular-se no fígado dos mamíferos marinhos assim como outros contaminantes tais como o mercúrio e o cádmio, em virtude, principalmente, do não reconhecimento deste elemento como essencial para qualquer organismo. Entretanto, a interação entre a prata e o selênio se diferencia daquela observada entre o selênio e outros metais. Na verdade, a prata pode induzir sintomas de deficiência de selênio em animais com deficiência de vitamina E, uma vez que esta forma um complexo com o selênio, fazendo com que se reduza a disponibilidade deste elemento essencial necessário para a realização de processos celulares (Hammond & Beliles, 1980).

Os indivíduos de *P. blainvillei* empregados neste estudo apresentaram uma concentração molar de selênio hepático maior do que a de prata. Foi observada uma razão molar Se:Ag de 17:1. Enquanto para os indivíduos de *S. guianensis* e do gênero *Stenella* foram observadas uma razão molar Se:Ag de 28:1 e 70:1, respectivamente.