

6 Resultados e discussão

6.1 Precisão e exatidão do método analítico

6.1.1 Exercício de intercalibração

Os resultados das análises da comparação interlaboratorial realizadas entre o laboratório de referência do Finish National Public Health Institute (FNPHI) e o Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca (UFRJ), para amostras de fígado e tecido muscular de peixe (N=9), estão apresentados na Figura 22. A comparação entre os dois laboratórios mostrou uma boa concordância dos dados, com uma correlação (r^2) altamente significativa e o teste t mostrou que os resultados são similares (Tabela 9).

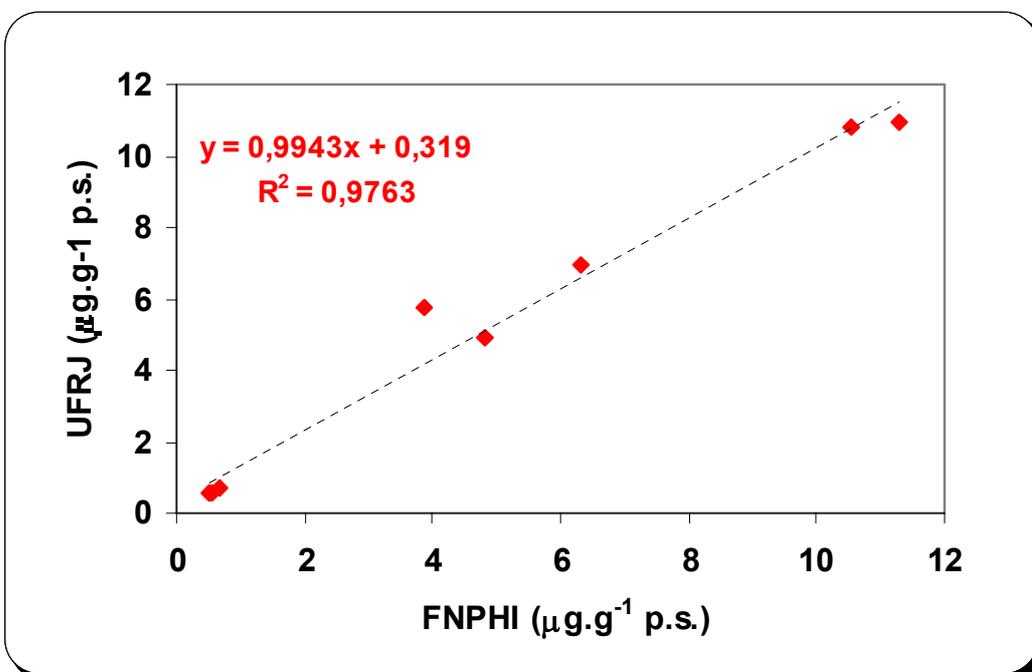


Figura 22. Resultado do exercício de calibração interlaboratorial realizado entre o LREPF e o FNPHI.

Tabela 9. Resultados da Comparação Interlaboratorial.

Amostra	Correlação (r^2)	Coefficiente angular da equação (a)	Teste t
Peixe	0,98	0,99	$t_9 = 0,71$

t encontrado é muito menor do que t tabelado (1,75) para $p = 0,05$.

O valor da correlação (r^2) (Tabela 9 e Figura 22) mostrou que os resultados encontrados neste trabalho, no Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca (UFRJ) foram tão precisos quanto os do Finish National Public Institute (FNPHI). Já o valor do coeficiente angular da equação (a) (Tabela 9), que estava bastante próximo de 1 (tangente 45°), mostrou que os resultados encontrados pelo Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca (UFRJ) foram tão exatos quanto os do laboratório de referência para análise de selênio no Finish National Public Health Institute (FNPHI). O teste t mostrou que os resultados são similares (Tabela 9), pois, o valor t encontrado ($t = 0,71$) é muito menor do que t tabelado ($t = 1,75$) para $p = 0,05$.

6.1.2 Amostras de padrão certificadas

Na Tabela 10, estão os resultados para os materiais de referência empregados.

Tabela 10. Concentração de T-Se nos materiais de referência empregados.

Amostra	Valor Certificado	Valor Obtido	Recuperação	
	Média \pm d.p. intervalo (95 %)	Média \pm d.p. intervalo (95 %)	N	(%)
DORM-2 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,40 \pm 0,09	1,39 \pm 0,23	26	99
NIST 2976 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,80 \pm 0,15	1,91 \pm 0,14	10	101

Os resultados obtidos demonstraram a boa precisão e exatidão da metodologia analítica empregada. Obtiveram-se bons fatores de recuperação do SeT, nas diferentes matrizes certificadas tanto do National Research Council (Canadá, DORM-2) quanto do National Institute for Science and Technology (EUA, NIST 2976) (Tabela 10). Estes resultados mostram claramente, que o método analítico empregado, desde a pré-digestão das amostras até a determinação de selênio pela técnica do forno de grafite, mostrou-se eficiente e reprodutivo para a análise de selênio em organismos aquáticos.

6.2 Limites de Detecção e Quantificação

O limite de detecção (L.D.) é definido como a menor massa (ou concentração) que pode ser determinada com grau de certeza estatística, mas não necessariamente quantificada, utilizando um determinado procedimento experimental. É determinado pela razão entre o desvio-padrão (s), multiplicado por um fator e a inclinação da curva analítica (a). O desvio-padrão é obtido através de uma série de leituras de uma solução próxima do nível do branco. O fator de multiplicação do desvio-padrão em geral é 2, mas deve ser especificado. O fator 3 tem sido recomendado recentemente (Welz, 1999).

$$\text{L.D.} = [(3) \times (s/a)] \quad (3)$$

O limite de quantificação (L.Q.) é definido como o menor limite para medidas quantitativas precisas utilizando um determinado procedimento experimental. É determinado pela razão entre o desvio padrão de uma série de leituras de uma solução ao nível do branco, multiplicado por um fator (que atualmente é 10) e a inclinação da curva analítica (a) (Miller e Miller, 1993).

$$\text{L.Q.} = [(10) \times (s/a)] \quad (4)$$

Os valores de L.D. e L.Q. encontrados são apresentados na Tabela 11.

Com base no resultado obtido para L.D., calculou-se a quantidade mínima de selênio, possível de ser determinada (QMD), pelo emprego do método em questão, obtendo-se o valor de $0,05 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Tabela 11. Valores encontrados para o L.D., para o desvio-padrão (s), obtido de uma série de leituras (N=10) de uma solução ao nível do branco, e para a inclinação da curva analítica (a).

(a)	(s)	L.D.	L.Q.
0,0022	0,0007	$1,00 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	$3,18 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

6.3 Resultados e discussão para a biota

6.3.1 Peixes

Na Tabela 12 são apresentados as médias e os intervalos de alguns parâmetros bióticos das espécies estudadas.

Tabela 12. Parâmetros bióticos das espécies de **peixe** estudadas.

	<i>Micropogonias furnieri</i> (corvina) (N=34)	<i>Bagre spp.</i> (bagre) (N=14)	<i>Mugil liza</i> (tainha) (N=31)
Comprimento total médio (cm)	39 (34-58)	40 (32-54)	36 (29-50)
Peso médio (Kg)	0,75 (0,36-1,90)	0,71 (0,33-1,70)	0,56 (0,31-1,62)
Nº de fêmeas	5	-	4
Nº de machos	2	-	2
Nº de indivíduos que atingiram a maturidade sexual ^a	11	-	9

^a A maioria dos indivíduos não apresentaram amadurecimento sexual, segundo seus comprimentos.

Os resultados das concentrações de selênio total determinadas nos tecidos e órgãos das espécies estudadas e seus respectivos hábitos alimentares são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Mediana e intervalo (min.- max.) das concentrações de selênio total (T-Se) nos tecidos e órgãos dos **peixes** estudados e seus respectivos hábitos alimentares.

Espécie de peixe	<i>Micropogonias furnieri</i> (corvina)	<i>Bagre spp.</i> (bagre)	<i>Mugil liza</i> (tainha)
Tecido muscular	(N=34)	(N=14)	(N=31)
[SeT] ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ p.u.)	0,29 (0,12-1,25)	0,07 (<QMD ^a -0,12)	0,11 (<QMD ^a -0,18)
Fígado	(N=14)	(N=14)	(N=13)
[SeT] ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ p.u.)	2,47 (0,39-7,53)	1,30 (1,17-1,71)	2,44 (1,04-13,67)
Gônada	(N=12)		(N=7)
[SeT] ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ p.u.)	0,65 (0,27-1,38)	-	1,00 (0,22-1,24)
Hábito alimentar	carnívoro	onívoro	plactívoro

^a Quantidade mínima possível de ser detectada, calculada a partir do L.D. do método.

Com o objetivo de testar se havia diferenças na concentração de selênio entre as espécies e entre os tecidos, aventou-se a utilização de um teste de análise de variância (*Kruskal-Wallis* – ANOVA) entre as espécies (corvina, peixe carnívoro; bagre, peixe onívoro e tainha, peixe plactívoro) e tecidos (tecido muscular; fígado e gônada), no conjunto total das concentrações de selênio (Anexo 1). Os resultados mostraram diferença significativa na acumulação de selênio entre os tecidos ($p < 0,01$), porém, quando as espécies e seus hábitos alimentares são testados, observou-se uma diferença não significativa ($p > 0,05$), quando todos os tecidos são testados. Este comportamento indica que o hábito alimentar não influencia da mesma forma na acumulação de selênio por tecidos e órgãos. A ANOVA mostrou também, através dos resultados das somas dos quadrados dos grupos, a presença de 3 níveis tróficos distintos nos peixes (Anexo 1a), assim como a presença de 3 tecidos distintos (Anexo 1b) no conjunto total de

dados analisados. Comprovando-se assim, que as espécies de peixe utilizadas neste estudo pertencem a diferentes níveis tróficos e que seus tecidos e órgãos acumulam selênio de maneira diferenciada.

Segundo Nielsen *et al.* (2000) e Zhang *et al.* (1990), a acumulação e a retenção de elementos em organismos marinhos são processos complexos em que a dieta é o caminho mais importante para a acumulação de selênio nestes organismos. No entanto, Maher *et al.* (1997) opinaram que o efeito da dieta sobre o organismo deve ser considerado juntamente com a idade, sexo, habitat do animal ou condições físico-químicas predominantes.

A literatura revela que a taxa de incorporação de elementos, como o selênio, via dieta alimentar ou via absorção direta da água, pode influenciar o metabolismo e subsequente acumulação destes elementos pela biota (Sandholm *et al.*, 1973; Wrench e Measures, 1979; Hodson e Hilton, 1983). Então, as diferenças encontradas nas concentrações de selênio nos diferentes tecidos podem ser reflexos do modo de ingestão do elemento.

A Figura 23 mostra as concentrações de selênio nos diferentes tecidos e órgãos dos diferentes níveis tróficos.

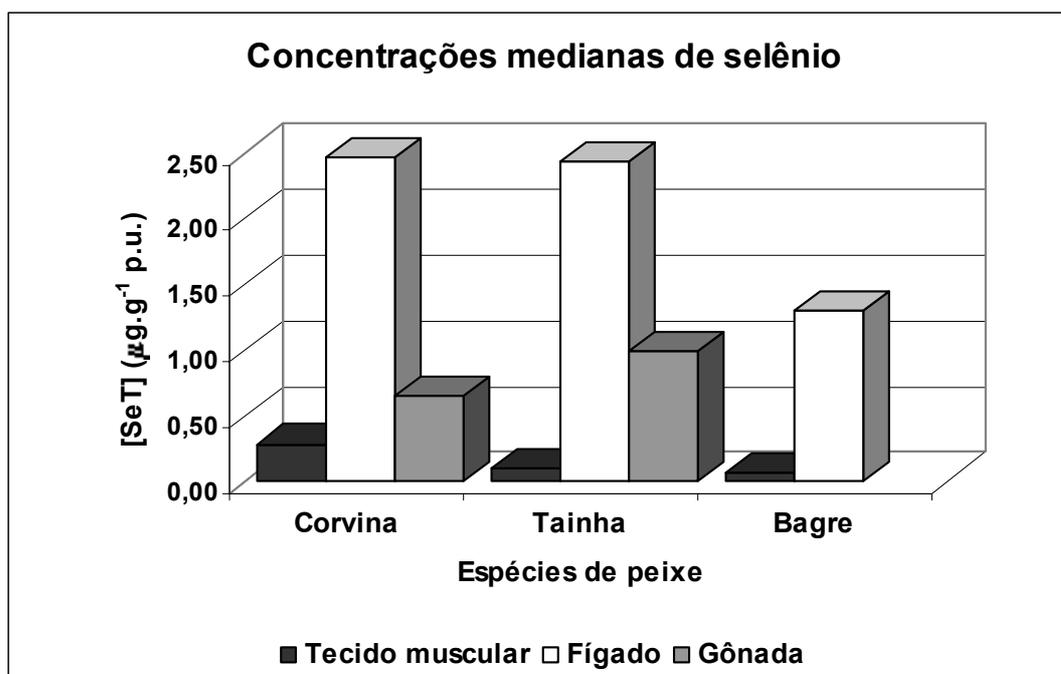


Figura 23. Medianas das concentrações de selênio nos tecidos e órgãos das espécies de peixe.

Com o intuito de se verificar em quais tecidos ou órgãos dos peixes existe uma maior influência do hábito alimentar na acumulação de selênio, foram realizados testes de ANOVA no conjunto de dados dos diferentes tecidos, aplicando-se como efeito o hábito alimentar. Diferenças significativas ($p < 0,01$) foram observadas entre as concentrações de selênio no tecido muscular dos peixes e o hábito alimentar dos mesmos (Anexo 2). No fígado, também foi observada uma diferença significativa ($p < 0,01$) entre a concentração de selênio e o hábito alimentar (Anexo 2). Porém, através da análise dos resultados das somas dos quadrados dos grupos geradas pela ANOVA, observou-se que as concentrações de selênio no fígado do peixe carnívoro e do peixe planctívoro mostravam-se similares (Anexo 2a). Para se testar esta similaridade foi aplicado o teste de concordância das medianas de *Friedman* e este apresentou uma diferença não significativa ($p > 0,05$) entre a concentração de selênio no fígado do peixe carnívoro e no fígado do peixe planctívoro (Anexo 2b), comprovando assim, a similaridade das medianas e a não influência do hábito alimentar na acumulação de selênio no fígado dos peixes. Na gônada dos peixes não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) entre as medianas das concentrações de selênio e o hábito alimentar dos mesmos (Anexo 2), indicando também, a não influência do hábito alimentar na acumulação de selênio na gônada dos peixes. Portanto, a acumulação de selênio no tecido muscular parece ser a única que sofre influência direta do hábito alimentar.

A acumulação de selênio no tecido muscular das três espécies de peixe (*Micropogonias furnieri*, *Bagre spp.* e *Mugil liza*) variou significativamente na região estudada. Muitos fatores podem afetar esta bioacumulação. O mais importante deles é a concentração de Se a qual o organismo está exposto, seja através da água, sedimento e, principalmente, através do alimento. Outros parâmetros são: a espécie de peixe, o hábito alimentar, a posição trófica e alguns parâmetros bióticos como o comprimento, peso e idade (Besser *et al.*, 1996), que serão discutidos mais adiante.

As espécies de peixe estudadas são todas de hábito bentônico (corvina, bagre, tainha). A corvina alimenta-se principalmente de copépodes e invertebrados bentônicos, tais como, poliquetas e pequenos crustáceos. O bagre alimenta-se desde detritos orgânicos até peixes pequenos e invertebrados. A tainha

alimenta-se de detritos orgânicos e fitoplâncton, principalmente de diatomáceas bentônicas.

Nos ecossistemas aquáticos, os invertebrados bentônicos são uma importante fonte de selênio para os peixes (Peters *et al.*, 1999).

Estudos anteriores mostram que há uma relação entre as concentrações de selênio no músculo do peixe bentônico planctívoro, tainha, e o sedimento do meio em que ele vive (Peters *et al.*, 1999).

As maiores concentrações absolutas de selênio, no tecido muscular, foram encontradas no peixe carnívoro. Estes resultados estão coerentes, uma vez que este organismo, dentre os estudados, está posicionado no nicho ecológico superior da teia trófica e conseqüentemente possui as maiores concentrações de selênio (Eisler, 1985). Estudos preliminares verificaram a influência do hábito alimentar e posição trófica na acumulação de selênio (Besser *et al.*, 1996; Burger *et al.*, 2001; Barwick e Maher, 2003; Bhattacharya *et al.*, 2003). Todos observaram que as espécies carnívoras ou piscívoras, geralmente, apresentam maiores concentrações de selênio no tecido muscular do que as espécies onívoras ou planctívoras.

As concentrações de selênio obtidas no presente estudo apresentaram-se menores e dentro de uma variação habitual quando comparadas às concentrações observadas em estudos anteriores em outros ecossistemas mundiais, como mostra a Tabela 14.

Neste estudo, pôde-se observar assim como Barwick e Maher (2003) e Bhattacharya *et al.* (2003), que existe uma diferença significativa ($p < 0,05$) da concentração de selênio no tecido muscular entre as espécies de peixe estudadas (Anexo 2). Observou-se uma elevada diferença estatística ($p = 1 \times 10^{-3}$) entre as concentrações de selênio no tecido muscular da corvina (carnívoro) e da tainha (planctívoro). Semelhante situação pôde ser observada quando comparadas entre a corvina (carnívoro) e o bagre (onívoro) onde, $p = 1 \times 10^{-3}$. No entanto, há uma diferença estatística, mas, não tão significativa ($p = 0,03$), quando são comparadas as concentrações de selênio no tecido muscular da tainha (planctívoro) e do bagre (onívoro) (Anexo 3).

Tabela 14. Intervalos das concentrações médias de selênio ($\mu\text{g.g}^{-1}$) reportadas no tecido muscular de peixes em outros ecossistemas.

Ecossistema, País	[SeT] $\mu\text{g.g}^{-1}$	Referência
Estuário de Lake Macquarie,	0,1-0,3 (p.u.)	Maher <i>et al.</i> , 1992
<i>Austrália</i>	0,3-13 (p.u.)	Roberts, 1994
	0,33-3,47 (p.u.)	Wlodarczyk e Beath, 1997
	3,4 ^b -9,3 ^c (p.s.)	Barwick e Maher, 2003
Raine Island, <i>Austrália</i>	0,39-0,80 (p.u.)	Rayment e Barry, 2000
Todo <i>E.U.A.</i>	0,7-0,82 (p.u.)	Schmitt e Brumbaugh, 1990
Savannah River, <i>E.U.A.</i>	0,21-0,64 (p.u.)	Burger <i>et al.</i> , 2001
Sunderban delta, <i>Índia</i>	1,08 ^a -1,64 ^c (p.s.)	Bhattacharya <i>et al.</i> , 2003
	1,27-1,96 (p.s.)	Chatterjee <i>et al.</i> , 2001
Baía de Guanabara, <i>Brasil</i>	0,07 ^d -0,29 ^c (p.u.)	Estudo atual

(p.u.) concentração expressa em peso úmido; (p.s.) concentração expressa em peso seco.

^a peixe planctívoro; ^b peixe herbívoro; ^c peixe carnívoro; ^d peixe onívoro.

As concentrações de selênio encontradas no tecido muscular dos peixes estudados apresentaram-se próximas e, algumas vezes, abaixo daquelas reportadas em peixes de consumo humano em outros países (Tabela 15) e também, apresentaram-se abaixo dos limites recomendáveis tanto pela OMS ($1,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ em peso úmido) quanto pela Agência Nacional de alimentação Australiana ($1,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ em peso úmido) para o consumo humano.

Tabela 15. Concentração média de selênio ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em **peixes** de consumo humano de diferentes países.

País	Concentração média de selênio ($\mu\text{g.g}^{-1}$ p.u.)	Referência
Austrália	1,0 ^a	Anon., 1994
Bélgica	0,25	Simonoff, 1988
Estados Unidos	0,53	Simonoff, 1988
França	0,20	Simonoff, 1988
Inglaterra	0,32	Simonoff, 1988
Sonora, México	0,90	Wyatt <i>et al.</i> , 1996
Baía de Guanabara, Brasil ^b	0,07-0,29 ^b	Estudo atual

^aConcentração máxima permitida no tecido muscular segundo a Anon. (1994).

^bVariação dos valores encontrados neste estudo no tecido muscular dos peixes estudados.

Embora apresentasse uma maior mediana da concentração absoluta de selênio no tecido muscular, a corvina, peixe bentônico e carnívoro, apresentou no seu fígado uma concentração de selênio similar ($p=0,88$) a concentração de selênio encontrada no fígado da tainha (plactívoro bentônico) (Anexo 2b). Porém, quando comparadas às concentrações de selênio no fígado de todas as espécies estas se mostram significativamente diferentes ($p<0,01$) (Anexo 2).

Todos os peixes estudados apresentaram a concentração de selênio no fígado maior e estatisticamente diferente da concentração de selênio encontrada nos respectivos tecidos musculares (Anexo 4). Estas observações estão consistentes com outros estudos realizados com peixes em outros ecossistemas mundiais (Eisler, 1985; Gillespie e Baumann, 1986; Liu *et al.*, 1987; Baldwin *et al.*, 1996). Porém, as concentrações de selênio obtidas no presente estudo, para o fígado dos peixes, apresentaram-se menores e dentro de uma variação habitual quando comparadas às concentrações de ambientes não impactados por selênio reportadas em estudos anteriores com peixes, como mostra a Tabela 16.

Tabela 16. Concentrações naturais de selênio reportadas no fígado de peixes.

Espécie	[SeT] ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Referência
Peixe marinho	2,6-6,6 (p.s.)	Grimanis <i>et al.</i> , 1978
Peixe marinho	0,6-5,0 (p.u.)	De Goelij <i>et al.</i> , 1974; Hall <i>et al.</i> , 1978; Luten <i>et al.</i> , 1980
Peixe marinho	5,0-30,0 (p.u.)	Hall <i>et al.</i> , 1978
Peixe marinho	0,6 (p.u.)	Heit, 1979
Peixe	2,72-11,23 (p.s.)	Liu <i>et al.</i> , 1987
Atum japonês	10,0-15,0 (p.u.)	Tamura <i>et al.</i> , 1975
Black marlin	1,4-13,5 (p.u.)	Mackay <i>et al.</i> , 1975
Corvina	0,39-7,53 (p.u.)	Estudo atual
Bagre	1,17-1,71 (p.u.)	Estudo atual
Tainha	1,04-13,67 (p.u.)	Estudo atual

(p.u.) concentração expressa em peso úmido; (p.s.) concentração expressa em peso seco.

A tendência do selênio em se acumular, principalmente, no fígado pode ser explicada através de seu metabolismo pela biota aquática. Hodson e Hilton (1983) propuseram modelos diferentes para o metabolismo do selênio absorvido pelas

brânquias e o incorporado via dieta alimentar. O selênio absorvido pelas brânquias, diretamente da água, circularia através da maioria dos tecidos do peixe antes de chegar ao fígado, tornando-se disponível para a maioria dos tecidos enquanto, o selênio incorporado, via dieta, passaria todo pelo fígado após absorção intestinal e teria uma ampla acumulação neste órgão. Este mecanismo pode explicar as maiores concentrações de selênio observadas no fígado dos peixes estudados, porém, não se pode esquecer de que as concentrações encontradas no tecido muscular também são resultado, principalmente, da transferência trófica via cadeia alimentar, uma vez que esta é a principal rota para a bioacumulação do selênio pelos organismos marinhos (Fowler e Benayoun, 1976a; Zhang *et al.*, 1990).

Com relação às concentrações de selênio nas gônadas, estas se mostraram similares entre as corvinas e tainhas ($p=0,11$) (Anexo 5). Porém, quando comparadas às concentrações de selênio obtidas nos respectivos tecidos musculares, estas apresentaram uma diferença não significativa ($p>0,05$) na corvina e uma alta diferença significativa ($p<0,01$) na tainha (Anexo 6).

Deve-se observar que os tecidos da gônada são totalmente eliminados na desova, passando tudo que nela estiver acumulado para os alevinos sendo, portanto, o tecido de escolha para o monitoramento de selênio em estudos associados a falhas reprodutivas ou baixa sobrevivência de embriões de peixes (Hamilton, 2002). Estudos sugerem que gônadas imaturas apresentam as menores concentrações de selênio (Lemly, 1982; Gillespie *et al.*, 1988) e, que as mais baixas concentrações de selênio estão presentes nas gônadas durante o período de não-desova (Sager e Cofield, 1984) do que durante o período de desova (Baumann e Gillespie, 1986). Não foi possível, no presente estudo, observar estas diferenças de concentrações nas gônadas, pois, os indivíduos coletados ao longo deste trabalho são considerados jovens.

Segundo Hamilton (2002), a maior parte da literatura contém informações sobre a acumulação de selênio no tecido muscular dos peixes.

Maher *et al.* (1997) e Maher (1983) da Austrália e Liu *et al.* (1987) da China, através de um levantamento sobre uma grande variedade de peixes e invertebrados, também registraram, como no atual estudo, as mais baixas concentrações de selênio no tecido muscular dos peixes.

Através dos resultados obtidos neste estudo pôde-se observar, assim como Gillespie e Baumann (1986), que existe uma tendência do selênio em se acumular preferencialmente em tecidos que apresentam metabolismo muito intenso como a gônada (tecido germinativo) e o fígado (órgão de detoxificação). Porém, uma variedade de parâmetros abióticos e bióticos pode influir na eficiência com que os organismos marinhos acumulam os metais pesados e metalóides em seus tecidos e órgãos (Reinfelder *et al.*, 1998). Algumas relações entre os parâmetros bióticos e a concentração de selênio foram testadas e serão apresentadas a seguir.

6.3.1.1 Influência dos parâmetros bióticos

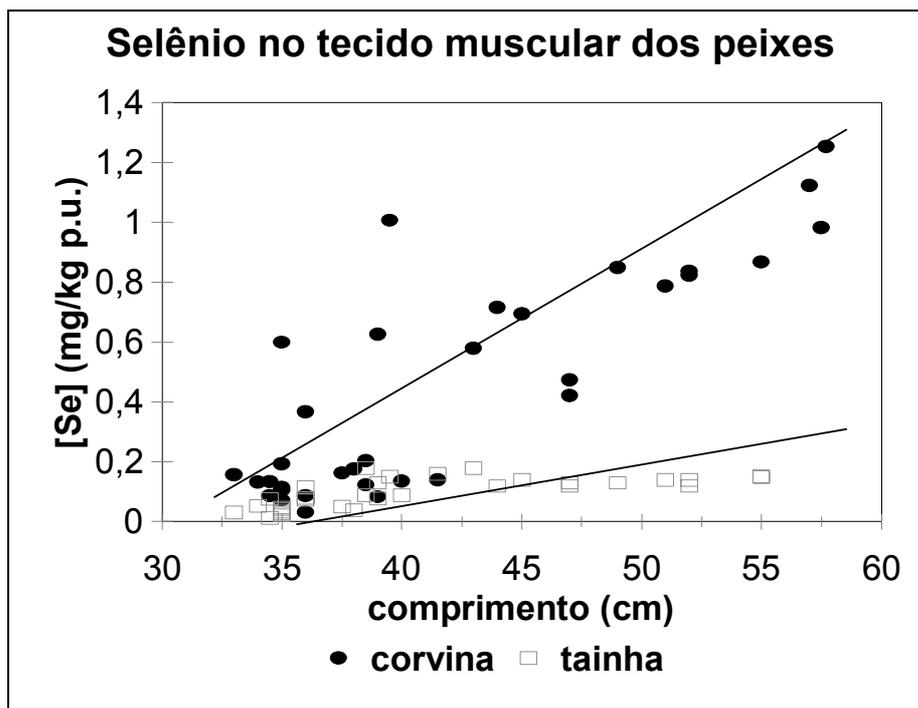
6.3.1.1.1 No tecido muscular

Dentre as regressões lineares testadas para se verificar as possíveis relações entre parâmetros bióticos e a concentração de selênio no tecido muscular dos peixes, apenas aquelas que relacionaram e apresentaram níveis de probabilidade significantes ($p < 0,05$) foram:

- Comprimento total (L) da tainha versus concentração de selênio (SeT) (Figura 24 e Tabela 17) e,
- Comprimento total (L) da corvina versus concentração de selênio (SeT) (Figura 24 e Tabela 17).

Não foi observada uma relação significativa ($p < 0,05$) entre a concentração de selênio (SeT) e o comprimento total (L) do bagre, como mostra a Figura 25 e a Tabela 17.

Estudos preliminares verificaram a influência do fator tamanho na acumulação do selênio (Lyle, 1986; Chvojka, 1988; Smith e Mann, 1988; Roberts, 1993; Baldwin *et al.*, 1996). Estes não encontraram relações significativas ($p < 0,05$) entre as concentrações de selênio e o comprimento total dos organismos. Somente Mackay *et al.* (1975) encontraram relações significativas entre as concentrações de selênio e o comprimento total, no tecido muscular e no fígado de peixes (marlim-negro).



CORVINA: [Se] = 0,041 L -1,25; R = 0,84; p < 0,001

TAINHA: [Se] 0,0056 L + 0,099; R = 0,64; p < 0,001

Figura 24. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com o comprimento total (cm) no tecido muscular das **corvinas** e **tainhas**.

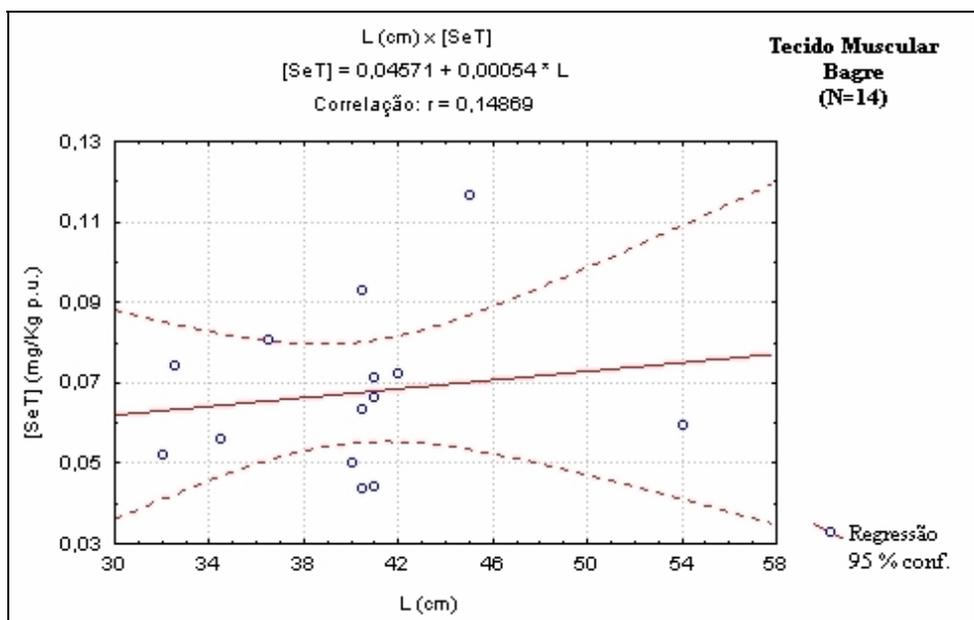


Figura 25. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com o comprimento total (cm) no tecido muscular dos **bagres**.

Tabela 17. Resultados da análise de regressão linear simples entre a concentração de selênio bioacumulado no tecido muscular (Y) e os comprimentos totais dos peixes (X). Sendo $Y = aX + b$.

Espécie	Parâmetro biótico (X)	Declividade	Intercepto	p	R	N
		(a)	(b)			
Corvina	Comprimento total (cm)	0,04051	-1,25100	0,000000*	0,84	34
	Comprimento total (cm)	0,04571	0,00054	0,611929 ns	0,15	14
Tainha	Comprimento total (cm)	0,00558	-0,09920	0,000117*	0,64	31

p (significância da regressão), R (coeficiente de regressão de Pearson), N (nº de amostras).

ns – não significativo

(*) $p < 0,01$

Observando-se a Tabela 17, o que se verifica é que a concentração de selênio total comporta-se como uma função linear do comprimento total dos indivíduos, em que o coeficiente angular apresenta-se positivo. A corvina foi a espécie que apresentou a correlação mais significativa ($R = 0,84$; $p < 0,01$) entre a concentração total de selênio no tecido muscular e o comprimento total do indivíduo, seguida pela tainha ($R = 0,64$; $p < 0,01$) e pelo bagre ($R = 0,15$; $p > 0,05$), que não apresentou uma relação significativa. Estes resultados mostraram-se perfeitamente coerentes, uma vez que com o aumento do comprimento, há o aumento da idade e, conseqüentemente, o aumento do tempo de exposição do organismo ao selênio, através do ambiente em que ele vive e também, através do alimento.

A partir da relação entre a idade e o comprimento total da corvina, obtida através da curva de crescimento desenvolvida por Vazzoler (1971) (Tabela 5), pôde-se estimar a idade dos exemplares de corvina usados nesse estudo. Verificou-se então, graficamente, a variação da concentração de selênio total no tecido muscular com a idade das corvinas (Figura 26).

Através da Figura 26, observa-se que há uma tendência do selênio em se acumular, no tecido muscular das corvinas, com o aumento da idade. Estas observações estão de acordo com aquelas feitas por Eisler (1984) que observou que, em geral, as concentrações de selênio em vários tecidos são, usualmente, mais elevadas nos organismos adultos do que nos organismos jovens e, que entre

os vertebrados marinhos as maiores concentrações de selênio são observadas em espécies predadoras adultas. Verifica-se também, através da Figura 26, que a concentração de selênio no tecido muscular dos peixes se altera bastante, principalmente, enquanto os indivíduos são jovens. Isto se deve, provavelmente, ao fato destes indivíduos possuírem um metabolismo mais ativo e como consequência, uma maior velocidade de ingestão e acumulação, nesta faixa etária (Fowler e Benayound, 1976a).

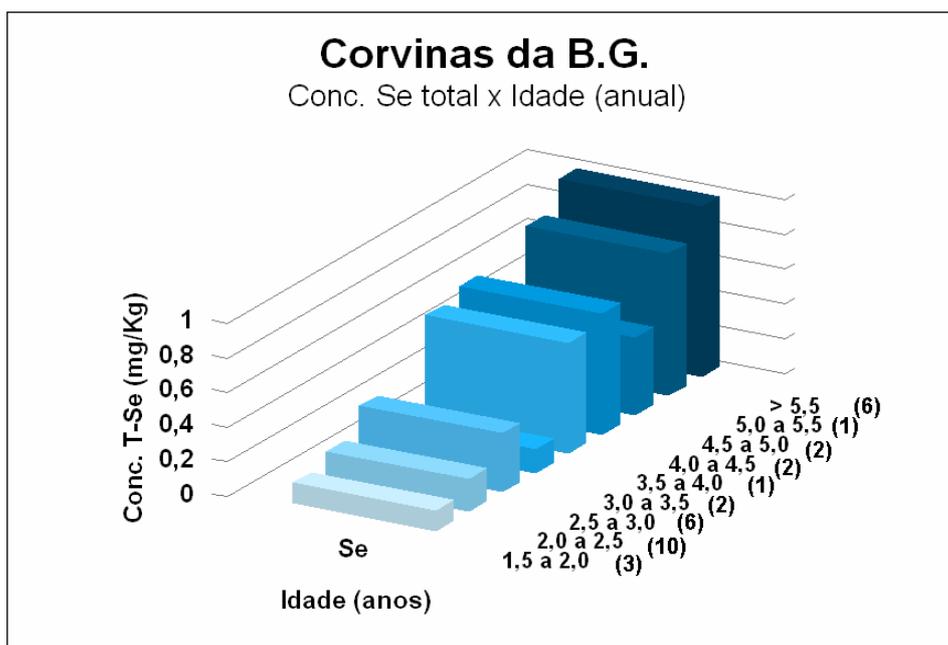


Figura 26. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com a idade das **corvinas**. Os algarismos entre parênteses representam o nº de indivíduos numa faixa de idade.

Não foi possível construir-se as figuras, que representariam a variação da concentração de selênio total do tecido muscular tanto do bagre quanto da tainha com a idade, pois ainda não existem representações gráficas das curvas de crescimento destas espécies, comprimento médio (mm) em função da idade (anos) do peixe. Isto se deve ao fato, destas espécies de peixe não possuírem uma população equilibrada, ao longo do ano, isto é, em certas estações o número de indivíduos coletados não chega a ser representativo e, como consequência, não é possível relacionar o número de anéis de crescimento com a idade.

Com o objetivo de se verificar a existência de alguma diferença significativa na acumulação de selênio no tecido muscular dos indivíduos de acordo com sua maturidade sexual, aplicou-se o teste não paramétrico de *Mann – Whitney (Teste U)* (Anexo 7). Este mostrou uma alta diferença significativa ($p < 0,01$) na acumulação de selênio, no tecido muscular, entre indivíduos jovens e adultos de corvina (Figura 27) e, uma diferença significativa ($p < 0,05$) na acumulação de selênio, no tecido muscular, entre indivíduos jovens e adultos de tainha (Figura 28).

A separação das corvinas, de acordo com sua maturidade sexual, foi realizada a partir dos resultados obtidos por Vazzoler *et al.* (1973) em que se concluiu que todos os indivíduos da população atingiam a maturidade sexual por volta de 450 mm ou 4 anos de idade. Já a separação das tainhas, foi realizada a partir das informações obtidas no Fishbase, catálogo disponível ‘on line’, onde constava que as tainhas atingem sua maturidade sexual por volta dos 400 mm. Com relação ao bagre, não foi possível realizar a separação, de acordo com a maturidade sexual, pois não foi possível identificar a família à qual a espécie estudada pertencia. Porém, sabe-se que algumas espécies, como o *Bagre marinus*, podem atingir até 1 metro de comprimento total e pesar 5 Kg (Szpilman, 1991). Daí pode-se concluir que os indivíduos estudados eram jovens, como mostram as medidas morfométricas apresentadas para esta espécie na Tabela 12.

Através das distribuições dos indivíduos mostradas nas Figuras 27 e 28, observa-se que a maioria dos indivíduos, tanto de corvina quanto de tainha, coletados ao longo deste trabalho são jovens, não sendo possível distinguir o sexo da maioria destes. Apenas em alguns poucos indivíduos foi possível realizar esta identificação (Tabela 12), e desta forma, investigou-se qual sexo acumula mais selênio total no tecido muscular. O teste não paramétrico de *Mann-Whitney (teste U)* foi aplicado com esse objetivo e, através dos resultados obtidos, dentro do pequeno número amostral, verificou-se não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre os sexos na bioacumulação de selênio no tecido muscular tanto da corvina quanto da tainha (Anexo 8). Esta investigação não foi realizada no bagre, uma vez que, esta espécie não teve sua gônada retirada e analisada.

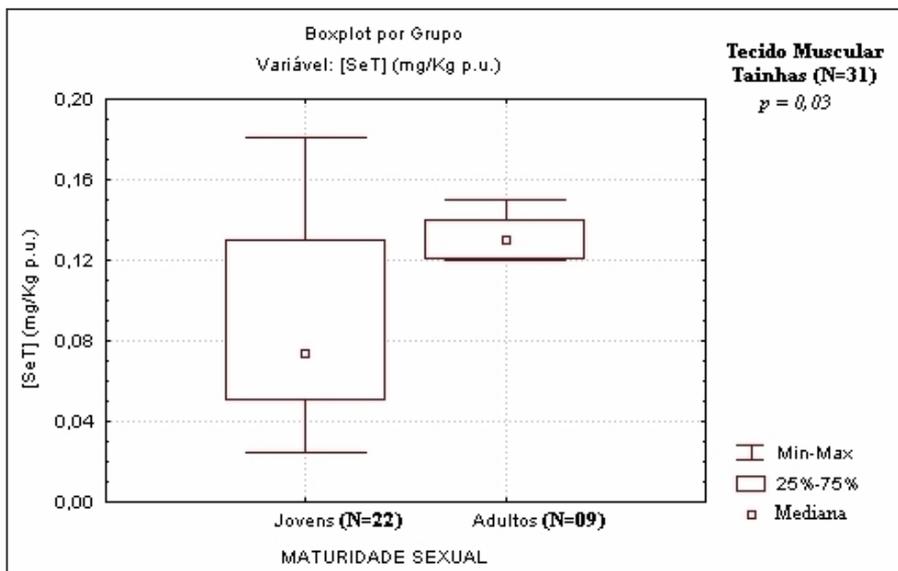


Figura 27. Representação gráfica da comparação da concentração de SeT no tecido muscular das **tainhas** entre indivíduos jovens e adultos.

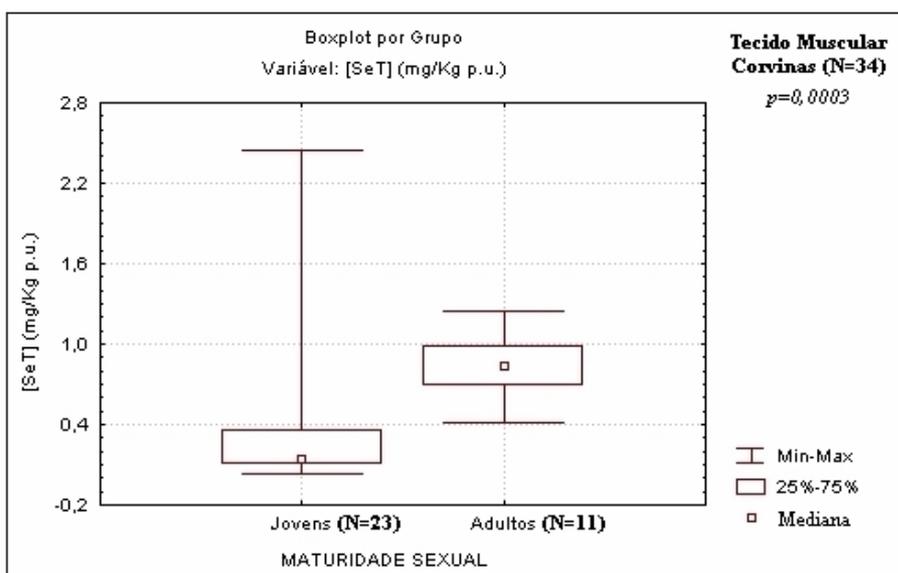


Figura 28. Representação gráfica da comparação da concentração de SeT no tecido muscular das **corvinas** entre indivíduos jovens e adultos.

Nas Figuras 29 e 30 são apresentadas as representações gráficas das comparações das concentrações de selênio no tecido muscular dos peixes entre indivíduos machos e fêmeas.

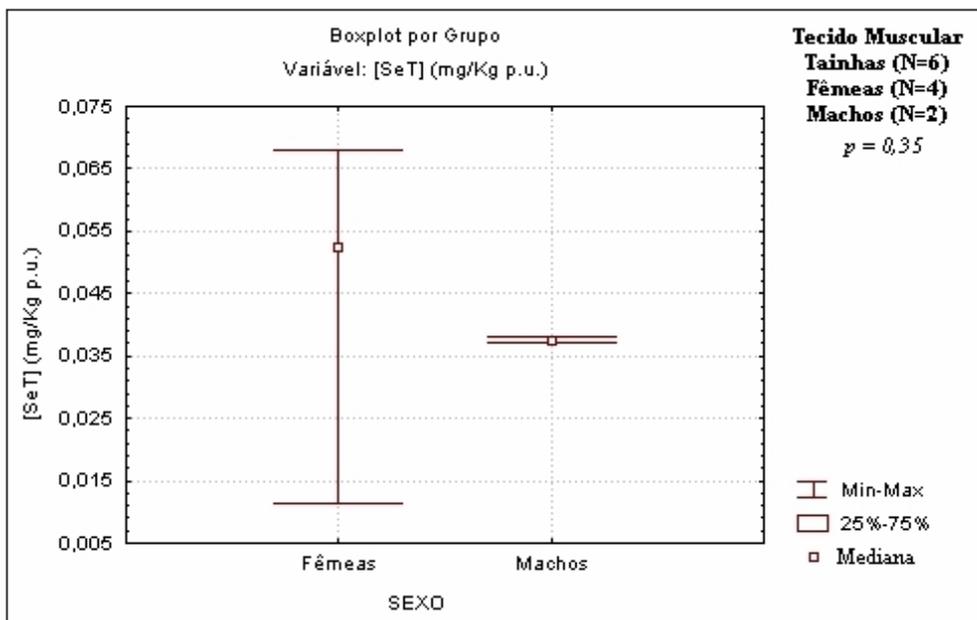


Figura 29. Representação gráfica da comparação da concentração de SeT no tecido muscular das **tainhas** entre indivíduos machos e fêmeas.

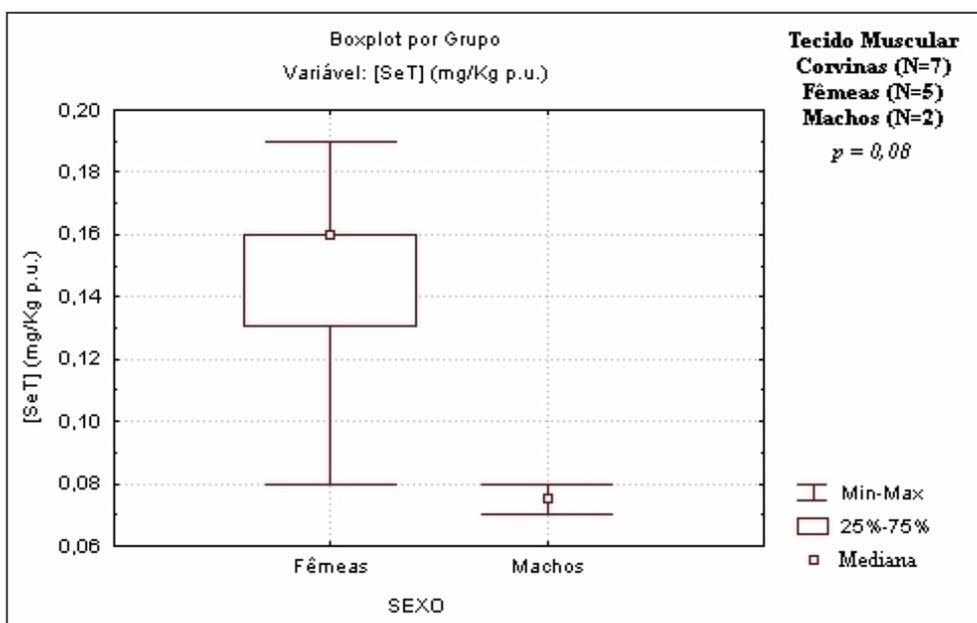


Figura 30. Representação gráfica da comparação da concentração de SeT no tecido muscular das **corvinas** entre indivíduos machos e fêmeas.

6.3.1.1.2 No fígado

Poucos trabalhos verificaram as possíveis relações entre o tamanho e a concentração de selênio no fígado dos peixes. A maioria dos autores verificou a influência do fator tamanho na bioacumulação de selênio no tecido muscular (Mackay *et al.*, 1975; Lyle, 1986; Chvojka, 1988; Smith e Mann, 1988; Roberts, 1993; Baldwin *et al.*, 1996). Somente Mackay *et al.* (1975) realizaram este tipo de verificação no fígado de peixes ('black marlin') e, encontraram relações significativas entre as concentrações de selênio e o comprimento total do peixe.

Dentre as regressões lineares testadas para se verificar as possíveis relações entre parâmetros bióticos e a concentração de selênio no fígado dos peixes, não foi observado nenhum aumento significativo ($p < 0,05$) da concentração de selênio (SeT) em relação ao de tamanho do indivíduo (L) (Tabela 18), contrariamente aos resultados obtidos por Mackay *et al.* (1975).

No entanto, através dos gráficos das concentrações de selênio (SeT) em relação ao comprimento total (L) dos indivíduos (Figuras 31, 32 e 33), verifica-se que a tainha foi a espécie que apresentou uma correlação negativa entre a concentração de selênio no fígado e o comprimento total dos indivíduos, diferenciando-se, portanto, do comportamento observado nas demais espécies de peixe onde, a concentração de selênio comporta-se como uma função linear do comprimento total apresentando-se um coeficiente angular positivo (Tabela 18).

Tabela 18. Resultados da análise de regressão linear simples entre a concentração de selênio bioacumulado no fígado (Y) e os comprimentos totais dos peixes (X). Sendo $Y = aX + b$.

Espécie	Parâmetro biótico (X)	Declividade (a)	Intercepto (b)	p	R	N
Corvina	Comprimento total (cm)	0,2420	-5,304	0,336482 ns	0,28	14
Bagre	Comprimento total (cm)	0,0069	1,057	0,375413 ns	0,26	14
Tainha	Comprimento total (cm)	-0,5594	21,270	0,334468 ns	-0,29	13

p (significância da regressão), R (coeficiente de regressão de Pearson), N (nº de amostras).
ns – não significativo

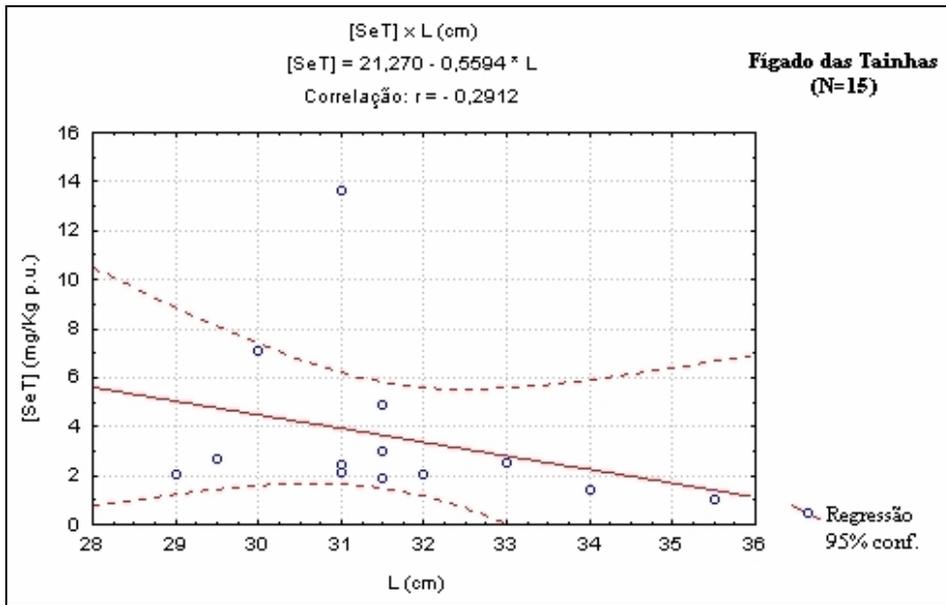


Figura 31. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com o comprimento total (cm) no fígado das **tainhas**.

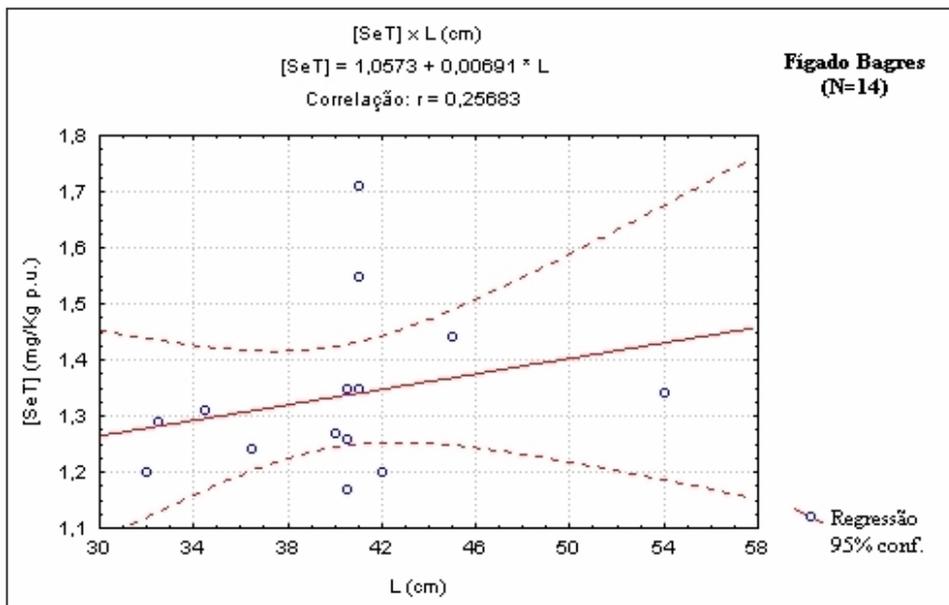


Figura 32. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com o comprimento total (cm) no fígado dos **bagres**.

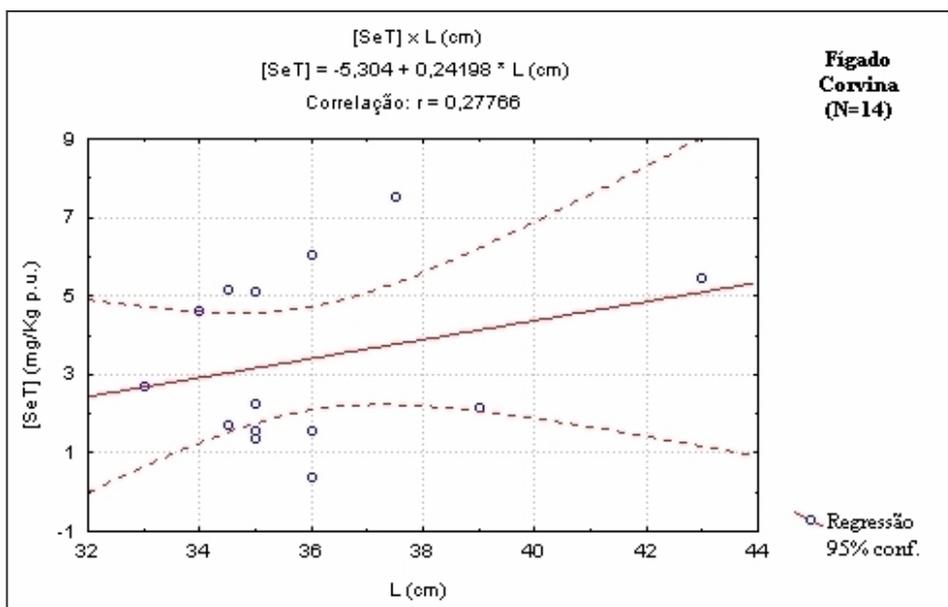


Figura 33. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com o comprimento total (cm) no fígado das **corvinas**.

Não foi possível verificar-se a existência de alguma diferença significativa na acumulação de selênio no fígado dos indivíduos de acordo com a sua maturidade sexual porque os indivíduos, os quais seus respectivos fígados foram analisados, eram jovens, isto é, ainda não tinham atingido sua maturidade sexual. No entanto, foi possível identificar o sexo de alguns poucos indivíduos (Tabela 12), e desta forma, verificou-se qual sexo acumula mais selênio no fígado. O teste não paramétrico de *Mann-Whitney (teste U)* foi aplicado com esse objetivo e, através dos resultados obtidos, dentro do pequeno número amostral, verificou-se não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre os sexos na bioacumulação de selênio no fígado tanto da corvina quanto da tainha (Anexo 9). Esta investigação não foi realizada no bagre, uma vez que este não teve sua gônada analisada.

Nas Figuras 34 e 35 são apresentadas as representações gráficas das comparações das concentrações de selênio no fígado dos peixes entre indivíduos machos e fêmeas.

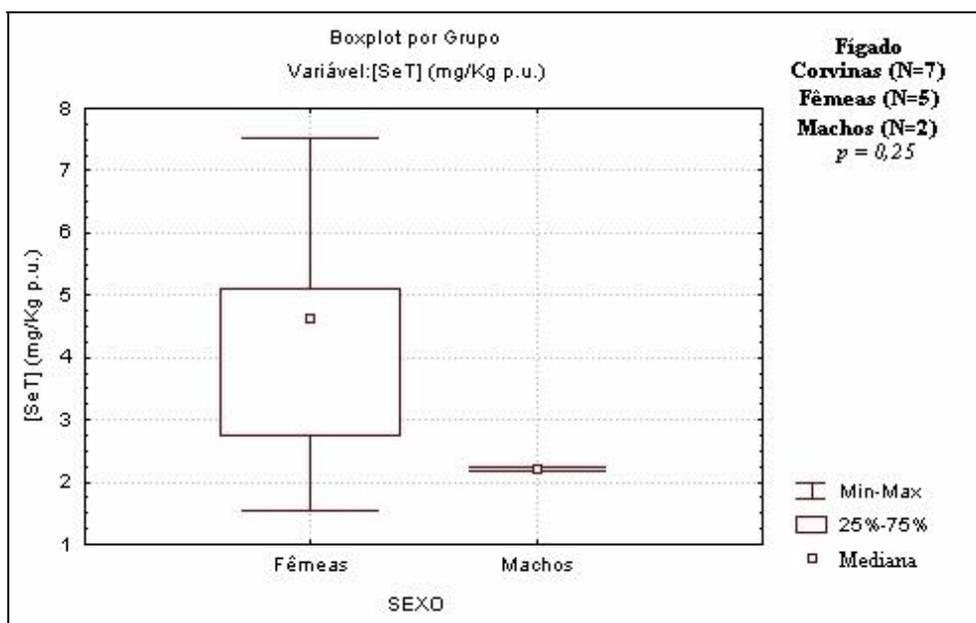


Figura 34. Representação gráfica da comparação da concentração de SeT no figado das **tainhas** entre indivíduos machos e fêmeas.

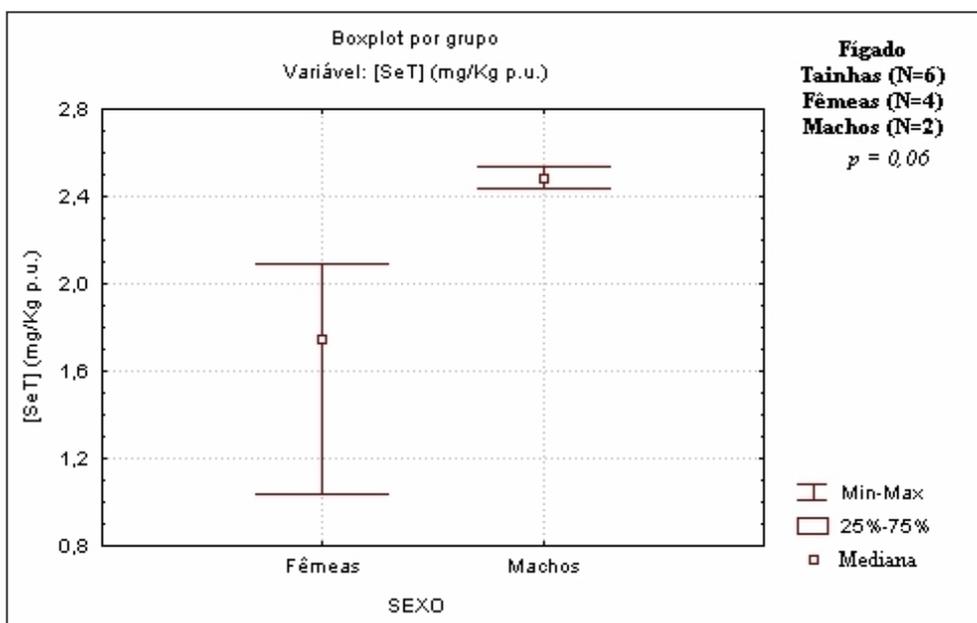


Figura 35. Representação gráfica da comparação da concentração de SeT no figado das **corvinas** entre indivíduos machos e fêmeas.

6.3.1.1.3 Na gônada

Devido às limitadas informações a respeito das gônadas, não foram encontrados trabalhos que verificassem as possíveis relações entre o comprimento total (L) e a concentração de selênio (SeT) na gônada dos peixes. Pois, como dito anteriormente, a maioria dos trabalhos verificou a influência do fator tamanho apenas no tecido muscular.

Dentre as regressões lineares testadas para se verificar as possíveis relações entre parâmetros bióticos e a concentração de selênio na gônada dos peixes, foi observado um decréscimo significativo ($p < 0,05$) da concentração de selênio (SeT) em relação ao de tamanho da tainha (L) (Tabela 19) e, um aumento não significativo ($p > 0,05$) da concentração de selênio (SeT) em relação ao de tamanho da corvina (L) (Tabela 19).

No entanto, através dos gráficos das concentrações de selênio (SeT) em relação ao comprimento total (L) dos indivíduos (Figuras 36 e 37), verifica-se que a tainha foi a espécie que apresentou uma correlação negativa entre a concentração de selênio na gônada e o comprimento total dos indivíduos, diferenciando-se, portanto, do comportamento observado na corvina onde, a concentração de selênio comporta-se como uma função linear do comprimento total apresentando-se um coeficiente angular positivo (Tabela 19).

Tabela 19. Resultados da análise de regressão linear simples entre a concentração de selênio bioacumulado na gônada (Y) e os comprimentos totais dos peixes (X). Sendo $Y = aX + b$.

Espécie	Parâmetro biótico (X)	Declividade	Intercepto	p	R	N
		(a)	(b)			
Corvina	Comprimento total (cm)	0,0630	-1,611	0,083770 ns	0,52	12
Tainha	Comprimento total (cm)	-0,2033	7,587	0,049575*	-0,76	7

p (significância da regressão), R (coeficiente de regressão de Pearson), N (nº de amostras).

ns – não significativo

(*) $p < 0,05$

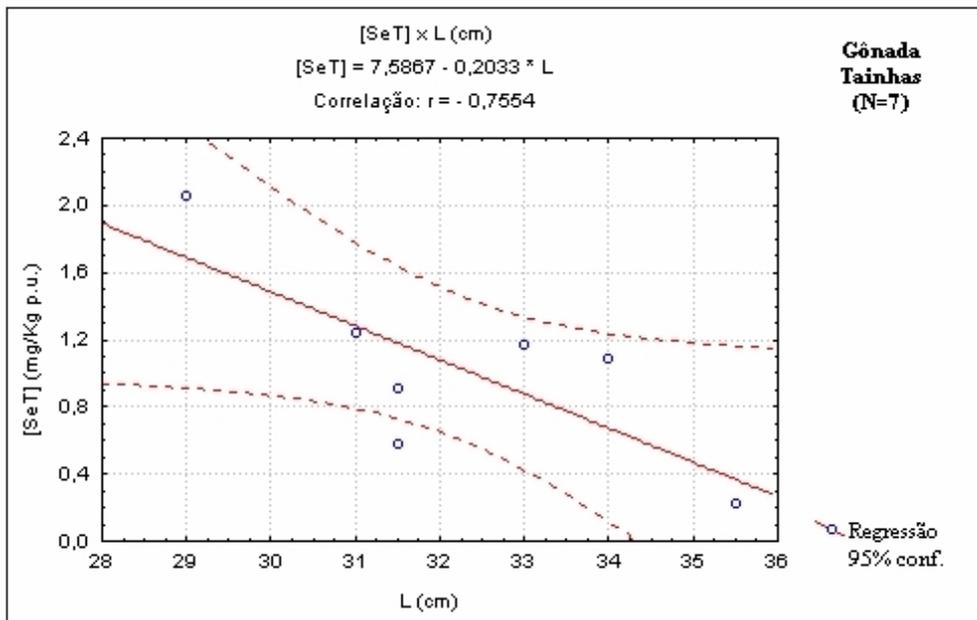


Figura 36. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com o comprimento total (cm) na gônada das **tainhas**.

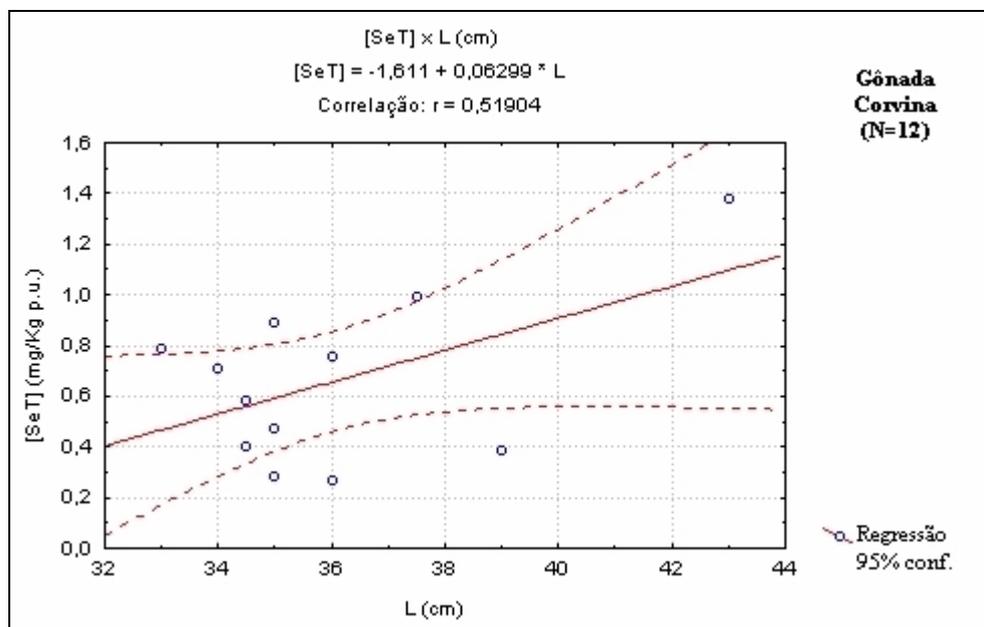


Figura 37. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com o comprimento total (cm) na gônada das **corvinas**.

Assim como no fígado, não foi possível verificar-se a existência de alguma diferença significativa na acumulação de selênio na gônada dos indivíduos de acordo com a sua maturidade sexual porque os indivíduos analisados eram jovens, isto é, ainda não tinham atingido sua maturidade sexual. No entanto, foi possível identificar o sexo de alguns poucos indivíduos (Tabela 12), e desta forma, investigou-se qual sexo acumula mais selênio na gônada. O teste não paramétrico de *Mann-Whitney (teste U)* foi aplicado com esse objetivo e, através dos resultados obtidos, dentro do pequeno número amostral, verificou-se haver pequena diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os sexos na bioacumulação de selênio na gônada da corvina (Anexo 10) onde as fêmeas mostraram acumular mais selênio do que os machos. Esta investigação não foi realizada na tainha, uma vez que os indivíduos machos não tiveram sua gônada analisada para selênio.

Na Figura 38 é apresentada a representação gráfica da comparação das concentrações de selênio na gônada das corvinas entre indivíduos machos e fêmeas.

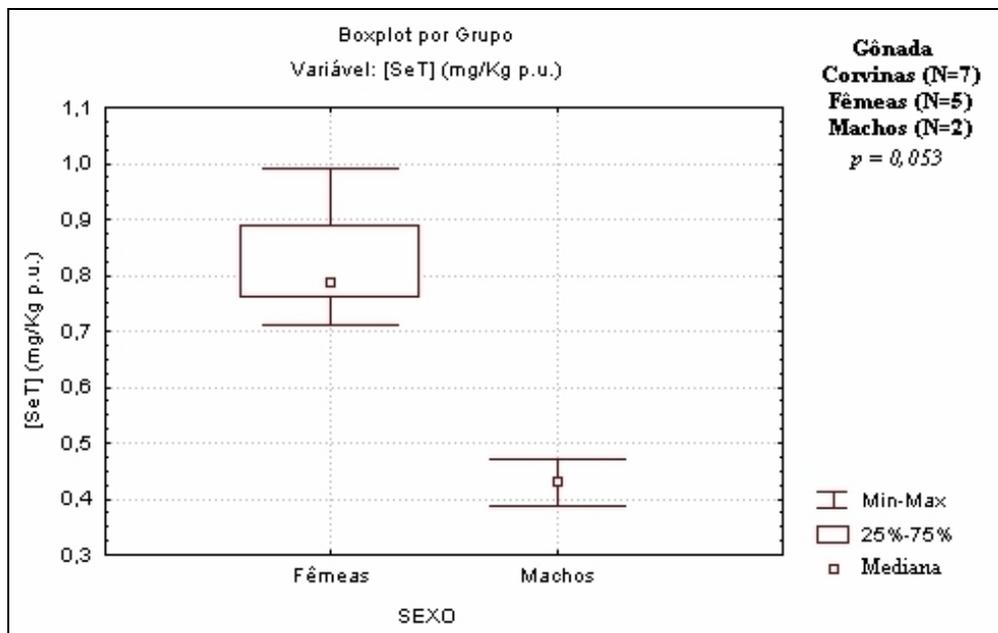


Figura 38. Representação gráfica da comparação da concentração de SeT na gônada das **corvinas** entre indivíduos machos e fêmeas.

6.3.1.2

Relações entre as concentrações de selênio nos tecidos dos peixes

Com intuito de se verificar as possíveis relações entre as concentrações de selênio nos diferentes tecidos dos peixes foram aplicados testes de regressão linear. Dentre as regressões lineares testadas aquelas que se relacionaram e apresentaram níveis de probabilidade significativa ($p < 0,05$) são apresentadas na Tabela 20.

Observando-se a Tabela 20, verificou-se que o peixe carnívoro foi a única espécie de peixe que apresentou as melhores correlações significativas de selênio total entre os diferentes tecidos analisados. A concentração de selênio no tecido muscular do peixe carnívoro mostrou ser uma função linear e positiva tanto da concentração de selênio no fígado quanto na gônada.

Tabela 20. Resultados das análises de regressão linear entre as concentrações de selênio bioacumuladas nos tecidos úmidos dos peixes da Baía de Guanabara.

Espécie	Relação testada	Equação de regressão	R	p	N
	$[\text{SeT}]_m^a \times [\text{SeT}]_f^b$	$[\text{SeT}]_f = 9,418[\text{SeT}]_m + 1,886$	0,60	0,023270*	14
<i>M. furnieri</i>	$[\text{SeT}]_m \times [\text{SeT}]_g^c$	$[\text{SeT}]_g = 1,994[\text{SeT}]_m + 0,363$	0,84	0,000633***	12
	$[\text{SeT}]_f \times [\text{SeT}]_g$	$[\text{SeT}]_g = 0,113[\text{SeT}]_f + 0,282$	0,75	0,005239**	12
<i>Bagre spp.</i>	$[\text{SeT}]_m^a \times [\text{SeT}]_f^b$	$[\text{SeT}]_f = -0,205[\text{SeT}]_m + 1,347$	-0,03	0,924493ns	14
	$[\text{SeT}]_m^a \times [\text{SeT}]_f^b$	$[\text{SeT}]_f = -11,16[\text{SeT}]_m + 4,412$	-0,01	0,669630ns	13
<i>M. liza</i>	$[\text{SeT}]_m \times [\text{SeT}]_g^c$	$[\text{SeT}]_g = -3,474[\text{SeT}]_m + 1,298$	-0,30	0,468099ns	8
	$[\text{SeT}]_f \times [\text{SeT}]_g$	$[\text{SeT}]_g = 0,020[\text{SeT}]_f + 0,961$	0,04	0,917684ns	8

p (significância da regressão), R (coeficiente de regressão de Pearson), N (nº de amostras).

ns – não significativo

(*) $p < 0,05$

(**) $p < 0,01$

(***) $p < 0,001$

^a $[\text{SeT}]_m$ – concentração de selênio no tecido muscular.

^b $[\text{SeT}]_f$ – concentração de selênio no fígado.

^c $[\text{SeT}]_g$ – concentração de selênio na gônada.

Os resultados relacionados com os peixes de diversos hábitos alimentares, apresentados na Tabela 20, sugerem que provavelmente, o hábito alimentar possa estar influenciando este tipo de correlação observada no peixe carnívoro, uma vez que esta espécie, dentre as estudadas, é a que está mais exposta ao selênio através do alimento.

6.3.2 Bivalve

Na Tabela 21 são apresentados as médias e os intervalos de alguns parâmetros bióticos da espécie estudada (*Perna perna*).

Tabela 21. Parâmetros bióticos da espécie de **mexilhão** estudada.

Local da coleta	Ponte Rio-Niterói (N=20)	Marina da Glória (N=10)	Boa Viagem (N=10)
Comprimento médio da concha (mm)	63 (50-80)	63 (45-69)	62 (57-66)
Massa média de tecidos moles (g)	11,70 (9,92-14,95)	7,16 (3,70-9,40)	4,23 (2,69-5,39)
Índice de Condição (IC) ^a	0,1463	0,1145	0,0813

^a IC¹ = ((massa de tecidos moles (g)) / (comprimento da concha (mm))).

As medianas das concentrações de selênio nos tecidos moles dos mexilhões nos diferentes pontos de coleta da Baía de Guanabara são apresentadas na Figura 39.

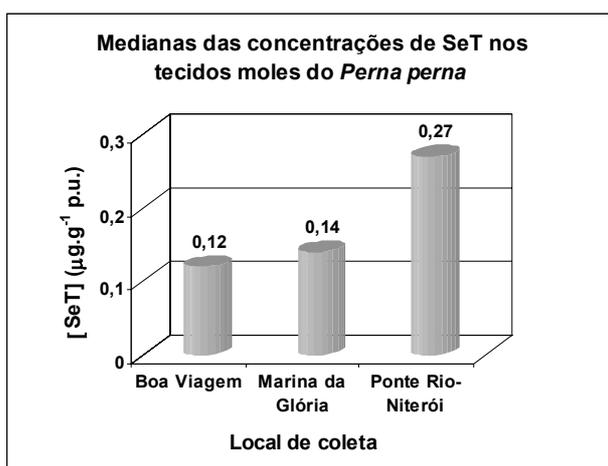


Figura 39. Representação gráfica das medianas das concentrações de selênio em *Perna perna* na Baía de Guanabara.

¹ O IC foi utilizado para se normalizarem os dados uma vez que, existia uma diferença grande de tamanho entre os indivíduos coletados na Ponte Rio-Niterói (Joiris *et al.*, 2000).

Com o intuito de se verificar a existência de diferenças espaciais na concentração de selênio, aventou-se a utilização de um teste de análise de variância (*Kruskal-Wallis* – ANOVA) entre os locais de coleta (Boa Viagem, Marina da Glória e Ponte Rio-Niterói). Os resultados mostraram haver diferença significativa ($p < 0,05$) de concentrações entre as três regiões amostradas, usando o conjunto total de dados e concentração de selênio nos tecidos moles em cada região (Anexo 11). Estas observações vêm de encontro aos resultados observados com metais pesados no ecossistema da Baía de Guanabara. Kehrig e colaboradores (2002) com o estudo de Hg total e metilmercúrio (MeHg) e Lima (1997) com Cd, Cr, Cu e Zn mostraram haver diferenças espaciais nas concentrações dos metais entre as áreas da Baía de Guanabara amostradas.

A mediana da concentração de selênio obtida nesta região para os tecidos moles do bivalve filtrador, 0,16 (0,12-0,27) $\mu\text{g.g}^{-1}$ em peso úmido ou 0,71 (0,61-1,33) $\mu\text{g.g}^{-1}$ em peso seco, foi similar àquelas encontradas por Baldwin e Maher (1997) (0,7-1,8 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em peso seco) e inferiores àquelas encontradas em moluscos bivalves de ambientes relativamente não poluídos da Austrália, que variavam de 1,3 a 11 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em peso seco (Okazaki e Panietz, 1981; Lui *et al.*, 1987; Lobel *et al.*, 1991) e, em ambientes da costa indiana (3,94 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em peso seco) (Chatterjee *et al.*, 2001). Porém, quando comparada às concentrações de selênio encontradas nos peixes (Figura 40), esta se apresenta inferior àquelas encontradas no peixe carnívoro. Este fato vem contrariar o observado em trabalhos anteriores onde os bivalves acumularam mais selênio nos seus tecidos do que os peixes (Chatterjee *et al.*, 2001; Bhattacharya *et al.*, 2003).

Assim como nos peixes, as concentrações de selênio encontradas nos tecidos moles dos mexilhões apresentaram-se abaixo do limite recomendável pela OMS (1,5 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em peso úmido) para o consumo humano e também, apresentaram-se baixas e dentro de uma variação habitual quando comparadas às concentrações naturais reportadas em estudos anteriores com bivalves, como mostra a Tabela 22.

Tabela 22. Concentrações naturais de selênio reportadas nos tecidos moles de bivalves.

Espécie	[SeT] ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Referência
Molusco bívave	0,1-0,9 (p.u.)	Lunde, 1970; Bertine & Goldberg, 1972
Molusco bivalve	1,3-9,9 (p.s.)	Karbe <i>et al.</i> , 1977; Hall <i>et al.</i> , 1978; Fukai <i>et al.</i> , 1978; Luten <i>et al.</i> , 1980
Mexilhão, <i>Mytilus edulis</i>	> 5,0 (p.s.)	Stump <i>et al.</i> , 1979
Mexilhão, <i>Mytilus galloprovincialis</i>	6,0 (p.u.)	Benayoun, 1976
Mexilhão, <i>Perna perna</i>	0,16 (p.u.)	Estudo atual
	0,71 (p.s.)	Estudo atual

(p.u.) concentração expressa em peso úmido; (p.s.) concentração expressa em peso seco.

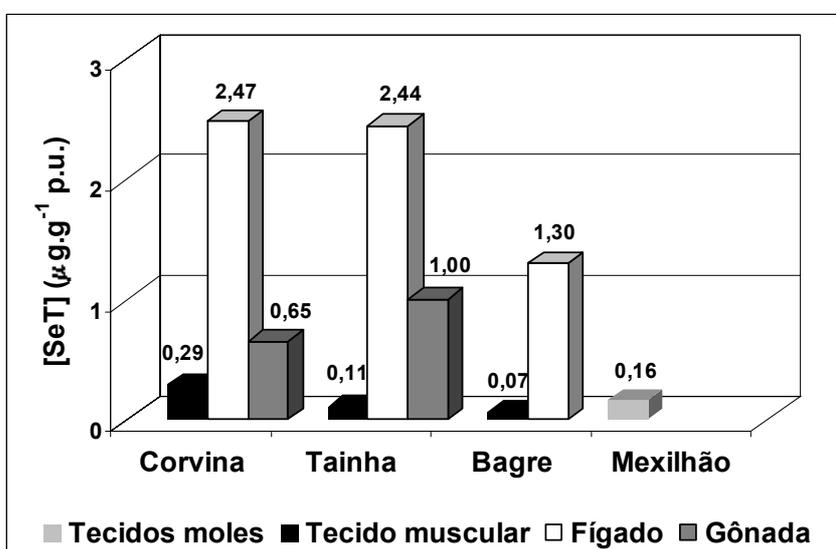


Figura 40. Mediana da concentração de selênio nos tecidos dos organismos estudados.

Os bivalves, assim como os peixes, são reconhecidamente empregados como biomonitoradores de selênio em ambientes aquáticos marinhos (Chatterjee *et al.*, 2001; Cossa *et al.*, 1980). Uma vez que, por serem filtradores, refletem as condições da coluna d'água, isto é, estes organismos são capazes de acumular poluentes nos tecidos, havendo relação entre a concentração do xenobiótico no organismo e na água circundante (Lima, 1997). E, com base nos resultados obtidos pode-se sugerir que os locais onde os bivalves foram coletados, na Baía de Guanabara, são ambientes considerados naturais para selênio; uma vez que as

concentrações observadas nos tecidos moles estudados encontram-se abaixo dos valores naturais de selênio apresentados na Tabela 22.

6.3.2.1 Influência dos parâmetros bióticos

6.3.2.1.1 Nos tecidos moles

Dentre as regressões lineares testadas para se verificar as possíveis relações entre parâmetros morfométricos e a concentração de selênio nos tecidos moles dos mexilhões apenas aquelas que relacionaram e apresentaram níveis de probabilidade significantes ($p < 0,05$) foram:

- Massa de tecidos moles versus concentração de selênio (SeT) (Figura 42 e Tabela 23);
- Índice de condição (IC) versus concentração de selênio (SeT) (Figura 43 e Tabela 23).

Não foi observada uma relação significativa ($p < 0,05$) entre a concentração de selênio (SeT) e o comprimento da concha (L) do mexilhão, como mostra a Figura 41 e a Tabela 23.

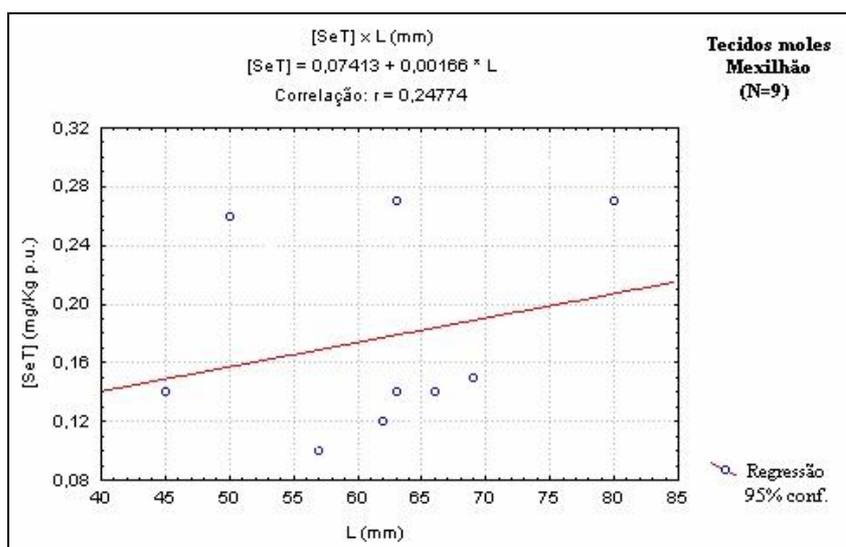


Figura 41. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com o comprimento total da concha (mm) dos **mexilhões**.

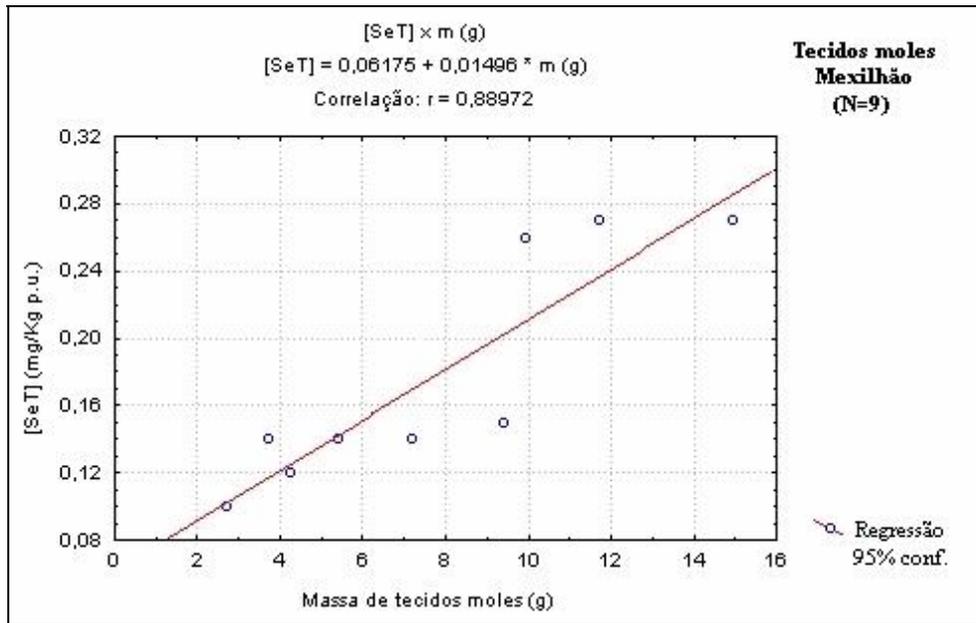


Figura 42. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com a massa de tecidos moles (g) dos **mexilhões**.

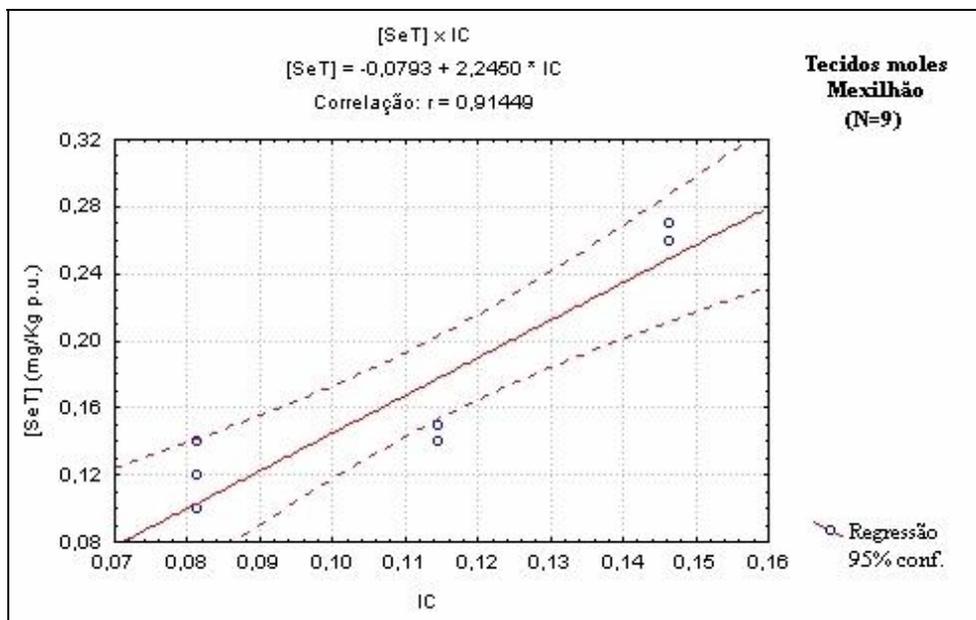


Figura 43. Representação gráfica da variação da concentração de SeT com o índice de condição dos **mexilhões**.

Tabela 23. Resultados da análise de regressão linear simples entre a concentração de selênio bioacumulado nos tecidos moles (Y) e medidas morfométricas do mexilhão (X). Sendo $Y = aX + b$.

Espécie	Parâmetro biótico (X)	Declividade	Intercepto	p	R	N
		(a)	(b)			
<i>Perna perna</i>	Comprimento concha (mm)	0,00166	0,07413	0,52042 ns	0,25	9
<i>Perna perna</i>	Massa (g)	0,06175	0,01496	0,001315*	0,89	9
<i>Perna perna</i>	Índice de condição	2,2450	-0,0793	0,000553*	0,91	9

p (significância da regressão), R (coeficiente de regressão de Pearson), N (nº de amostras).

ns – não significativo

(*) $p < 0,01$

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 23, o que se verifica é que a concentração de selênio total comporta-se como uma função linear do comprimento da concha dos indivíduos, da massa de tecidos moles e do índice de condição, onde o coeficiente angular apresenta-se positivo. O índice de condição (IC) foi o parâmetro que apresentou a correlação mais significativa ($R = 0,91$; $p = 5 \times 10^{-4}$) entre a concentração total de selênio nos tecidos moles e o parâmetro estudado, seguido pela massa de tecidos moles ($R = 0,89$; $p = 1 \times 10^{-3}$). O comprimento total da concha foi o parâmetro que apresentou uma correlação não significativa ($R = 0,25$; $p = 0,52$) entre a concentração de selênio (SeT) nos tecidos moles e o parâmetro estudado.

Outros autores já verificaram a influência do fator tamanho e massa (Cossa *et al.*, 1979, 1980; Lytle & Lytle, 1982; Johns *et al.*, 1988; Abdel-Moati & Atta, 1991; Baldwin & Maher, 1997; Baldwin, 1994; Bhattacharya *et al.*, 2003) na acumulação de selênio em moluscos. Esses autores encontraram relações não significativas ($p > 0,05$) entre as concentrações de selênio e o tamanho dos indivíduos, porém, encontraram relações significativas ($p < 0,05$) e algumas vezes altamente significativas ($p < 0,001$) entre as concentrações de selênio e a massa dos indivíduos nas regiões estudadas. A maioria dos autores observou que existe uma tendência de diminuição na concentração de selênio com o aumento da massa. Esta tendência vem sendo reportada na literatura e parece ser um fenômeno geral em moluscos (Boyden, 1977; Mackay *et al.*, 1975; Cossa *et al.*, 1980; Lobel &

Wright, 1982; Thomson, 1982; Phelps *et al.*, 1985; Savaria *et al.*, 1991; Cheung & Wong, 1992). Somente Gutierrez-Galindo *et al.* (1999) observaram as maiores concentrações de selênio em mexilhões de médio e grande porte e enfatizaram a importância do efeito local como fonte de variação para a acumulação de metais em organismos.

A maioria dos autores sugere que a tendência dos moluscos menores apresentarem as maiores concentrações de metais-traço pode ser devida, principalmente, às elevadas taxas metabólicas observadas quando os organismos são jovens (Fowler & Benayoun, 1976; Strong & Luoma, 1981; Gault *et al.*, 1983). E, pode também, ser devido aos mecanismos regulatórios de incorporação e excreção operantes nos organismos adultos (Boyden, 1974).

6.3.2.2

Influência de parâmetros abióticos

6.3.2.2.1

Nos tecidos moles

6.3.2.2.1.1

% C no material particulado dissolvido na água

As medianas das concentrações de selênio nos tecidos moles dos mexilhões nos diferentes pontos de coleta da Baía de Guanabara e o teor de carbono total (%C) no material particulado em suspensão dos locais de coleta dos mexilhões são apresentadas na Tabela 24.

Tabela 24. Mediana e intervalo (min.- max.) da concentração de SeT nos tecidos moles dos **mexilhões** dos diferentes locais da Baía de Guanabara e o teor de carbono total (%C) no material particulado em suspensão dos locais de coleta dos mexilhões.

Local de coleta	Ponte Rio-Niterói	Boa Viagem	Marina da Glória
Nº de indivíduos	20	10	10
[SeT] ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ p.u.)	0,27 (0,26-0,27) ^a	0,12 (0,10-0,14) ^a	0,14 (0,14-0,15) ^a
%C ^b	5,77	5,38	7,33

^a Intervalos encontrados para as leituras realizadas na amostra composta homogênea.

^b Valores encontrados por Kehrig *et al.* (2002).

O material particulado coletado na ponte Rio-Niterói e na praia de Boa Viagem apresentou teores de carbono total significativamente semelhante ($p = 1,00$) (Tabela 24) e estes indicam que estas duas regiões da baía apresentam uma água estuarina de boa qualidade e excelente circulação enquanto, a água da Marina da Glória pode ser considerada de má qualidade, pois recebe uma elevada carga de despejos domésticos, além de apresentar uma baixa circulação (Kehrig *et al.*, 2002).

Os valores dos teores de carbono total (% C) (Tabela 24) foram obtidos por Kehrig e colaboradores (2002) em um estudo realizado com os mesmos mexilhões analisados neste trabalho. Estes valores indicam a quantidade de aportes de esgoto nos locais de coleta, que influem na qualidade da água estuarina.

Neste trabalho, verificou-se uma correlação negativa e não-significativa ($r=-0,07$; $p>0,05$) entre a concentração de selênio nos tecidos moles do mexilhão e o teor de carbono (% C) no material particulado em suspensão, isto é, na água circundante por eles filtrada (Tabela 25 e Figura 44). Porém, pôde-se observar que em águas consideradas de boa qualidade, parece existir a tendência do selênio tornar-se mais biodisponível para os mexilhões (Tabela 24 e Figura 44). Isto pode ser devido ao fato de que, em ambientes que não recebam alta carga de carbono, os sítios de adsorção do material particulado possam estar mais livres para o selênio dissolvido na coluna d'água que, posteriormente, será filtrada pelos mexilhões.

Tabela 25. Resultado da análise de regressão linear simples entre a concentração de selênio bioacumulado nos tecidos moles (Y) e fator abiótico estudado (X). Sendo $Y = aX + b$.

Espécie	Parâmetro	Declividade	Intercepto	<i>p</i>	R	N
	abiótico (X)	(a)	(b)			
	% C no material					
<i>Perna perna</i>	particulado em suspensão	-0,0055	0,21718	0,95349 ns	-0,07	40

p (significância da regressão), R (coeficiente de regressão de Pearson), N (nº de amostras).
ns – não significativo

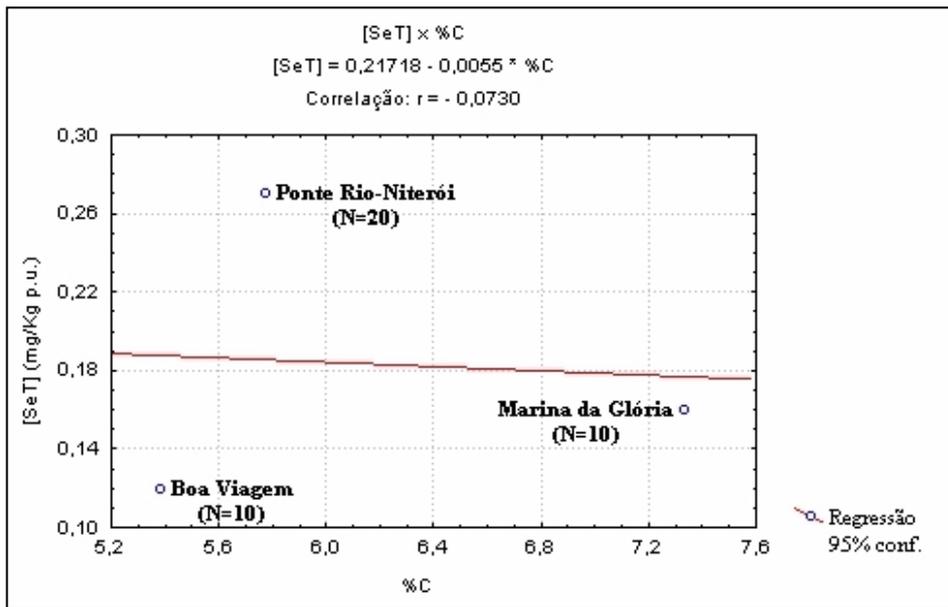


Figura 44. Representação gráfica da variação da concentração de SeT nos tecidos moles dos mexilhões com a % C no material particulado em suspensão.