

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Determinação do teor lipídico

Em todas as amostras disponíveis foram realizadas as averiguações do teor lipídico. Entretanto, não estavam disponíveis as amostras de fígados de corvinas e de peixes-espada. A tabela 12 apresenta o percentual lipídico calculado em amostras de músculos de peixe-espada. A tabela 13 aponta a determinação do teor de lipídios em amostras de músculos de corvinas. Por fim, a tabela de número 14 apresenta o percentual lipídico em amostras de músculos e fígados da espécie tainha.

Tabela 12. Percentual lipídico calculado em amostras de músculos de peixes-espada.

<i>Código da amostra</i>	<i>Teor lipídico no músculo (%)</i>
BIG PE 1	1,07
BIG PE 3	1,81
BIG PE 6	1,71
BIG PE 8	2,37
BIG PE 10	2,08
BIG PE 11	1,73
BIG PE 14	3,18
BIG PE 15	1,18
BIG PE 16	0,96
BIG PE 17	1,07
BIG PE 19	2,61
BIG PE 20	2,24
BIG PE 21	1,95

Tabela 13. Percentual lipídico calculado em amostras de músculos de corvinas.

<i>Código da amostra</i>	<i>Teor lipídico no músculo (%)</i>
BIG C 22	1,43
BIG C 24	1,26
BIG C 25	1,43
BIG C 26	2,70
BIG C 27	1,47
BIG C 28	1,05
BIG C 30	1,41
BIG C 31	1,16
BIG C 45	0,40
BIG C 46	0,58
BIG C 47	0,69

Tabela 14. Percentual lipídico calculado em amostras de músculos e fígados de tainhas.

<i>Código da amostra</i>	<i>Teor lipídico no músculo (%)</i>	<i>Teor lipídico no fígado (%)</i>
BIG T 49	0,73	—
BIG T 50	3,79	—
BIG T 51	0,20	—
BIG T 52	1,00	—
BIG T 53	1,89	3,30
BIG T 54	1,19	1,80
BIG T 55	0,79	2,61
BIG T 56	0,60	2,87
BIG T 57	—	2,96
BIG T 58	—	2,28
BIG T 59	—	3,09
BIG T 60	—	2,26
BIG T 61	—	3,70
BIG T 62	—	2,42
BIG T 63	—	2,69

## 5.2. PCBs nas amostras biológicas

O somatório e as concentrações dos PCBs em fígados foi superior aos mesmos em músculos, atingindo valores (em  $\text{ng g}^{-1}$  de peso úmido) de 196,06 para músculos de peixes-espada, 313,36 para fígados de peixes-espada, 229,45 para músculos de corvinas referentes à primeira coleta desta espécie, 162,81 para músculos de corvinas referentes à segunda coleta desta espécie, 398,43 para fígados de corvinas referentes à segunda coleta desta espécie, de 131,95 para músculos de tainhas e, por fim, 233,93 para fígados de tainhas.

Os resultados obtidos nas amostras de músculos de corvinas das duas coletas apresentaram como principais congêneres os PCB-87, -101, -52, -70, -110, -28, respectivamente. Entretanto, os valores de PCBs obtidos nas amostras da primeira coleta (estação chuvosa) foram ligeiramente maiores em relação à segunda coleta (estação seca) de corvinas, sendo estes valores maiores até mesmo que os valores encontrados em músculos de peixes-espada. Os fígados apresentaram como principais congêneres os PCB-87, -101, -153, -110, -138 e -118.

Apresentaram perfis semelhantes em função da distribuição dos PCBs as amostras de fígados e músculos de corvina e as amostras de músculos de tainhas, onde os PCB-87 e -101 se apresentaram com os principais constituintes. Os fígados de tainhas apontaram os congêneres PCB-87 e -153 como principais compostos.

Já nas amostras de peixes-espada, o PCB-101 foi o principal composto encontrado tanto em músculos quanto em fígados. Entretanto, após este único congêneres comum, o perfil se modificou, seguindo a ordem de principais constituintes: PCB-52, -70, -28 e -87 para amostras de músculos e PCB-153, -52 e, por fim, -138.

Dentre 51 diferentes congêneres de PCBs verificados, 22 estiveram abaixo do limite de quantificação em todas as amostras: PCB-33, -56/60, -77, -81, -114, -123, -126, -141, -151, -156, -157, -167, -169, -174, -177, -183, -189, -194, -195, -199, -203 e, por fim, o PCB-206.

Pode-se observar predomínio dos compostos tetra, penta e hexaclorados. As bifenilas policloradas foram utilizadas e comercializadas sob a forma de misturas e aquelas comercializadas com maior intensidade nos Estados Unidos (Aroclor 1242, 1248, 1254 e 1260) também foram as mais utilizadas no Brasil, visto que a importação destes produtos pelo Brasil ocorria principalmente através da empresa americana Monsanto, onde a principal aplicação destas misturas ocorreu no setor elétrico (Almeida et al., 2007).

Tabela 15. Uso dos PCBs de acordo com o tipo de Aroclor (FONTE: Pentead e Vaz, 2001).

<i>Uso de PCBs</i>	<i>Tipo de Aroclor</i>
Capacitores elétricos	1221, 1254
Transformadores elétricos	1242, 1254, 1260
Bombas de vácuo	1248, 1254
Turbinas de Transmissão de gás	1221, 1242
Fluidos Hidráulicos	1232, 1242, 1248, 1254, 1260
Resinas plastificantes	1248, 1254, 1260, 1262, 1268
Adesivos	1221, 1232, 1242, 1248, 1254
Plastificantes em borrachas	1221, 1232, 1242, 1248, 1254, 1268
Sistema de transferência de calor	1242
Aditivos antichamas	1254, 1260
Óleos, lubrificantes e pesticidas	1254
Papel carbono	1242

Os principais PCBs encontrados nas amostras da Baía da Ilha Grande estão contidos nas misturas Aroclor 1242, 1254 e 1260. Este dado sugere que esta região está sujeita à relevante contaminação por tais misturas de PCBs, que são utilizadas nos setores apontados pela Tabela 8.

No Brasil não há registros da produção de PCBs. Em 2 de janeiro de 1981, a Portaria Interministerial 19 estabeleceu a proibição da fabricação, comercialização e uso no território nacional, porém os equipamentos que já estavam operando com esses compostos poderiam continuar em funcionamento

até a substituição do fluido dielétrico por outro produto isento de PCBs (Penteado e Vaz, 2001).

Tabela 16. Principais congêneres encontrados na Baía da Ilha Grande e sua porcentagem em mol nas misturas Aroclor. (Dados extraídos de WHO, 1993).

<i>Congêneres</i>	<i>Aroclor 1242</i>	<i>Aroclor 1254</i>	<i>Aroclor 1260</i>
PCB 28	13,30	—	—
PCB 52	4,08	4,36	1,91
PCB 70	1,11	4,75	0,85
PCB 87	0,09	3,81	1,10
PCB 101	0,27	6,98	5,04
PCB 118	—	8,09	2,00
PCB 138	0,08	4,17	501
PCB 153	0,02	3,32	8,22

Os PCBs menos clorados e com valores baixos de  $\log K_{ow}$  são mais rapidamente excretados, ao passo que PCBs mais halogenados são excretados mais lentamente (Meadows et al., 1998). De acordo com Kannan et al. (1998), os PCBs com maior grau de halogenação são menos eficientemente transferidos através da cadeia alimentar devido à restrição na permeabilidade das membranas celulares.

Além disso, a presença de PCBs menos clorados em maior proporção pode estar relacionada à contribuição advinda do transporte atmosférico, pois estes compostos menores apresentam caráter apolar reduzido em relação aos mais clorados e maior pressão de vapor, facilitando o transporte ao longo da atmosfera e a deposição por via seca e úmida (Harvey e Steinhauer, 1973). Este pode ser um fator contribuinte para as concentrações de PCBs, porém não é o principal responsável pelos níveis encontrados.

Dependendo da localização geográfica, condições climáticas e propriedades físico-químicas dos contaminantes, o transporte atmosférico até regiões não poluídas pode ocorrer através da atmosfera ou correntes marinhas (Skarphedinsdottir et al., 2010).

Alguns estudos sugerem que a bioacumulação dos PCBs e demais POPs em organismos aquáticos pode ser afetada pela presença de partículas nestes ambientes, tais como ácidos húmicos, matéria orgânica dissolvida e sedimentos. A redução da absorção desses compostos orgânicos por organismos é causada pela sorção destes poluentes nestas partículas, diminuindo sua biodisponibilidade (Van der Oost, Beyer e Vermuelen, 2003).

Peixes e outros animais que se alimentam de material retirado dos sedimentos contaminados podem concentrar PCBs e inseri-los na cadeia alimentar (Froehner e Maceno, 2010). Substâncias como PCBs e DDTs são muito resistentes ao metabolismo em peixes (Van der Oost, Beyer e Vermeulen, 2003).

Os principais congêneres hexaclorados encontrados foram o PCB-138 e PCB-153, os quais possuem elevados valores de meia-vida. A bioacumulação dos PCBs em organismos aquáticos está diretamente ligada ao grau de halogenação, estereoquímica e lipofilicidade (Mazet et al., 2005). PCBs com alto grau de cloração possuem maior tendência a se adsorverem em sedimentos dos que os menos clorados. Desta forma, permanecerem estáticos por longos períodos (WHO, 1993).

Em relação aos congêneres contendo oito ou mais átomos de cloro, Kannan et al. (1998) sugerem que estes atingem o equilíbrio com a biota em mais tempo. A grande presença das bifenilas policloradas em sedimentos é justificada pela grande quantidade de matéria orgânica disponível, a qual se torna um ambiente propício para adsorção destes poluentes. Estima-se que 85% dos PCBs em ambientes aquáticos encontram-se nos sedimentos (Zuin et al., 1999).

No estudo realizado por Quinete *et al.* (2011), concentrações muito semelhantes para alguns congêneres foram obtidas e comparáveis com as encontradas no presente trabalho, observando-se pouca ou nenhuma variância dentro das ordens de grandeza referentes aos congêneres comuns aos dois trabalhos.

Concentrações maiores dos que as encontradas no presente trabalho foram reportadas por Miranda *et al.* (2008) em um estudo realizado em amostras de peixes do lago Ponta Grossa, localizado no Estado do Paraná, Brasil. O trabalho realizado por Ueno *et al.* (2005) em regiões de alto mar do Brasil, onde foram coletadas amostras de peixes também apontou concentrações superiores.

Elevadas concentrações de PCBs encontradas ao longo do país sugerem a presença de fontes com alto poder poluidor no Hemisfério Sul, o que pode estar relacionado com o acelerado crescimento industrial e sócio-econômico dos últimos anos (Kajiwara et al., 2002; Quinete et al., 2011).

Os valores das concentrações médias, desvios padrão e faixa dos PCBs em músculos e fígados das espécies peixe-espada, corvina e tainhas da Baía da Ilha Grande estão presentes nas tabelas 10 até 16.

As figuras 5, 6 e 7 apresentam as distribuições médias dos PCBs em amostras de músculos e fígados de peixes-espada, corvinas e tainhas.

Tabela 17. Concentrações médias (em  $\text{ng g}^{-1}$  de peso úmido), desvio padrão e faixa dos PCBs em 21 amostras de músculos de peixes-espada da Baía da Ilha Grande.

<i>CONGÊNERES</i>	<i>MÉDIA + DP</i>	<i>MÍNIMO</i>	<i>MÁXIMO</i>
PCB 8	< LQ	—	—
PCB 18	< LQ	—	—
PCB 31	7,12 ± 3,64	2,13	13,71
PCB 28	8,90 ± 3,93	2,91	16,94
PCB 33	<LQ	17,25	60,72
PCB 52	10,91 ± 4,59	6,31	26,68
PCB 49	4,15 ± 1,50	2,12	8,58
PCB 44	5,84 ± 2,80	2,33	14,89
PCB 74	3,97 ± 1,32	2,27	7,75
PCB 70	10,10 ± 3,71	5,09	21,03
PCB 66	6,17 ± 2,02	3,06	10,58
PCB 95	6,92 ± 3,36	3,00	18,43
PCB 56/60	< LQ	—	—
PCB 101	11,04 ± 3,74	6,57	22,82
PCB 99	4,99 ± 1,62	2,81	10,01
PCB 97	< LQ	—	—
PCB 81	< LQ	—	—
PCB 87	8,75 ± 8,84	3,20	42,13
PCB 77	<LQ	—	—

PCB 110	8,67 ± 3,54	3,66	20,06
PCB 151	<LQ	—	—
PCB 123	<LQ	—	—
PCB 149	<LQ	—	—
PCB 118	7,61 ± 2,32	4,80	14,13
PCB 114	<LQ	—	—
PCB 153	6,23 ± 3,32	2,83	17,46
PCB 132	<LQ	—	—
PCB 105	<LQ	—	—
PCB 141	<LQ	—	—
PCB 138	6,54 ± 2,96	3,07	15,60
PCB 158	<LQ	—	—
PCB 126	<LQ	—	—
PCB 187	<LQ	—	—
PCB 183	<LQ	—	—
PCB 128	<LQ	—	—
PCB 167	<LQ	—	—
PCB 174	<LQ	—	—
PCB 177	<LQ	—	—
PCB 156	<LQ	—	—
PCB 157	<LQ	—	—
PCB 180	<LQ	—	—
PCB 169	<LQ	—	—
PCB 170	<LQ	—	—
PCB 199	<LQ	—	—
PCB 203	<LQ	0,88	47,89
PCB 189	<LQ	—	—
PCB 195	<LQ	—	—
PCB 194	<LQ	—	—
PCB 206	<LQ	—	—
∑ PCB	196,06		

< LQ: Abaixo do limite de quantificação. DP: Desvio Padrão

Tabela 18. Concentrações médias (em ng g<sup>-1</sup> de peso úmido), desvio padrão e faixa dos PCBs em 21 amostras de fígados de peixes-espada da Baía da Ilha Grande.

<i>CONGÊNERES</i>	<i>MÉDIA + DP</i>	<i>MÍNIMO</i>	<i>MÁXIMO</i>
PCB 8	4,68 ± 2,78	0,93	10,43
PCB 18	4,57 ± 2,73	0,83	10,20
PCB 31	11,27 ± 8,75	2,58	35,00
PCB 28	12,16 ± 7,25	1,25	28,35
PCB 33	<LQ	53,81	204,56
PCB 52	21,77 ± 7,59	10,31	37,55
PCB 49	7,42 ± 4,09	1,05	16,67
PCB 44	10,88 ± 6,97	1,26	28,84
PCB 74	6,63 ± 3,67	1,05	13,81
PCB 70	17,26 ± 10,12	2,46	39,32
PCB 66	10,65 ± 6,06	1,26	21,89
PCB 95	14,51 ± 9,44	1,98	39,06
PCB 56/60	<LQ	—	—
PCB 101	22,71 ± 8,69	3,49	49,26
PCB 99	11,68 ± 7,06	2,30	31,33
PCB 97	6,76 ± 4,22	0,99	16,84
PCB 81	<LQ	—	—
PCB 87	11,17 ± 6,82	1,68	27,27
PCB 77	<LQ	—	—
PCB 110	17,84 ± 11,24	2,63	43,45
PCB 151	<LQ	—	—
PCB 123	<LQ	—	—
PCB 149	10,28 ± 5,08	2,34	24,54
PCB 118	16,63 ± 9,24	3,40	35,19
PCB 114	<LQ	—	—
PCB 153	21,43 ± 7,99	9,53	40,67
PCB 132	9,27 ± 3,90	4,00	18,16

PCB 105	7,57 ± 5,27	1,21	20,15
PCB 141	<LQ	—	—
PCB 138	21,07 ± 6,45	7,85	34,29
PCB 158	<LQ	—	—
PCB 126	<LQ	—	—
PCB 187	5,86 ± 2,92	2,00	14,92
PCB 183	<LQ	—	—
PCB 128	<LQ	—	—
PCB 167	<LQ	—	—
PCB 174	<LQ	—	—
PCB 177	<LQ	—	—
PCB 156	<LQ	—	—
PCB 157	<LQ	—	—
PCB 180	8,25 ± 4,62	2,94	23,18
PCB 169	<LQ	—	—
PCB 170	4,54 ± 2,41	1,63	12,19
PCB 199	<LQ	—	—
PCB 203	<LQ	7,93	34,34
PCB 189	<LQ	—	—
PCB 195	<LQ	—	—
PCB 194	<LQ	—	—
PCB 206	<LQ	—	—
∑ PCB	313,36		

< LQ: Abaixo do limite de quantificação. DP: Desvio Padrão

Tabela 19. Concentrações médias (em ng g<sup>-1</sup> de peso úmido), desvio padrão e faixa dos PCBs em 15 amostras de músculos de corvinas da Baía da Ilha Grande (1<sup>a</sup> coleta de corvinas).

<i>CONGÊNERES</i>	<i>MÉDIA + DP</i>	<i>MÍNIMO</i>	<i>MÁXIMO</i>
PCB 8	4,34 ± 1,45	2,40	7,21
PCB 18	4,14 ± 1,18	2,42	6,78
PCB 31	8,75 ± 2,42	5,17	16,14
PCB 28	12,22 ± 2,88	8,56	21,62
PCB 33	<LQ	22,63	63,55
PCB 52	16,28 ± 4,43	9,20	25,33
PCB 49	6,28 ± 1,44	4,03	9,94
PCB 44	8,65 ± 2,53	4,53	14,13
PCB 74	6,55 ± 1,32	4,85	9,91
PCB 70	16,07 ± 3,85	11,14	25,41
PCB 66	10,43 ± 2,13	7,46	15,19
PCB 95	10,39 ± 3,56	5,16	15,66
PCB 56/60	<LQ	—	—
PCB 101	17,41 ± 5,12	10,77	27,98
PCB 99	7,72 ± 2,16	4,96	12,09
PCB 97	5,99 ± 2,11	3,00	10,43
PCB 81	<LQ	—	—
PCB 87	25,88 ± 5,69	9,09	106,95
PCB 77	<LQ	—	—
PCB 110	15,08 ± 4,73	7,31	25,67
PCB 151	<LQ	—	—
PCB 123	<LQ	—	—
PCB 149	4,56 ± 1,72	2,30	8,83
PCB 118	12,01 ± 3,80	7,43	21,87
PCB 114	<LQ	—	—
PCB 153	6,24 ± 2,59	2,38	12,86
PCB 132	2,93 ± 1,13	1,54	5,51
PCB 105	11,62 ± 2,27	2,30	16,40

PCB 141	<LQ	—	—
PCB 138	7,49 ± 2,84	3,77	14,05
PCB 158	<LQ	—	—
PCB 126	<LQ	—	—
PCB 187	<LQ	—	—
PCB 183	<LQ	—	—
PCB 128	<LQ	—	—
PCB 167	<LQ	—	—
PCB 174	<LQ	—	—
PCB 177	<LQ	—	—
PCB 156	<LQ	—	—
PCB 157	<LQ	—	—
PCB 180	<LQ	—	—
PCB 169	<LQ	—	—
PCB 170	<LQ	—	—
PCB 199	<LQ	—	—
PCB 203	<LQ	0,97	18,23
PCB 189	<LQ	—	—
PCB 195	<LQ	—	—
PCB 194	<LQ	—	—
PCB 206	<LQ	—	—
Σ PCB	229,45	—	—

< LQ: Abaixo do limite de quantificação. DP: Desvio Padrão

Tabela 20. Concentrações médias (em ng g<sup>-1</sup> de peso úmido), desvio padrão e faixa dos PCBs em 10 amostras de músculos de corvinas da Baía da Ilha Grande (2<sup>a</sup> coleta de corvinas).

<i>CONGÊNERES</i>	<i>MÉDIA + DP</i>	<i>MÍNIMO</i>	<i>MÁXIMO</i>
PCB 8	<LQ	—	—
PCB 18	<LQ	—	—
PCB 31	5,08 ± 1,37	2,96	6,77
PCB 28	8,19 ± 2,78	5,21	13,33
PCB 33	<LQ	16,77	50,52
PCB 52	13,19 ± 4,41	4,67	18,81
PCB 49	4,37 ± 1,48	1,90	6,67
PCB 44	6,37 ± 2,14	2,55	9,78
PCB 74	4,74 ± 1,68	2,08	7,20
PCB 70	11,60 ± 3,96	4,92	18,17
PCB 66	6,81 ± 2,44	3,25	10,91
PCB 95	7,96 ± 2,75	2,59	11,72
PCB 56/60	<LQ	—	—
PCB 101	14,10 ± 4,93	4,52	21,58
PCB 99	6,08 ± 2,03	2,01	9,15
PCB 97	4,38 ± 1,22	1,50	5,59
PCB 81	<LQ	—	—
PCB 87	17,27 ± 6,07	4,38	37,48
PCB 77	<LQ	—	—
PCB 110	11,03 ± 3,67	3,87	17,04
PCB 151	<LQ	—	—
PCB 123	<LQ	—	—
PCB 149	<LQ	—	—
PCB 118	10,79 ± 3,29	3,57	14,89
PCB 114	<LQ	—	—
PCB 153	7,02 ± 3,22	1,57	13,73
PCB 132	2,29 ± 1,07	0,51	4,45
PCB 105	4,69 ± 3,13	1,24	12,66
PCB 141	<LQ	—	—

PCB 138	6,78 ± 2,28	2,11	9,78
PCB 158	<LQ	—	—
PCB 126	<LQ	—	—
PCB 187	<LQ	—	—
PCB 183	<LQ	—	—
PCB 128	<LQ	—	—
PCB 167	<LQ	—	—
PCB 174	<LQ	—	—
PCB 177	<LQ	—	—
PCB 156	<LQ	—	—
PCB 157	<LQ	—	—
PCB 180	<LQ	—	—
PCB 169	<LQ	—	—
PCB 170	<LQ	—	—
PCB 199	<LQ	—	—
PCB 203	<LQ	6,50	20,68
PCB 189	<LQ	—	—
PCB 195	<LQ	—	—
PCB 194	<LQ	—	—
PCB 206	<LQ	—	—
∑ PCB	162,81		

< LQ: Abaixo do limite de quantificação. DP: Desvio Padrão

Tabela 21. Concentrações médias (em ng g<sup>-1</sup> de peso úmido), desvio padrão e faixa dos PCBs em 10 amostras de fígados de corvinas da Baía da Ilha Grande (2ª coleta de corvinas).

<i>CONGÊNERES</i>	<i>MÉDIA + DP</i>	<i>MÍNIMO</i>	<i>MÁXIMO</i>
PCB 8	7,68 ± 4,48	1,23	16,77
PCB 18	7,03 ± 4,16	3,00	13,81
PCB 31	7,37 ± 3,43	3,59	12,94
PCB 28	12,22 ± 6,62	4,69	21,78
PCB 33	<LQ	61,90	101,50
PCB 52	18,06 ± 5,40	8,63	46,82
PCB 49	9,62 ± 6,52	2,86	18,62
PCB 44	8,09 ± 2,87	2,72	27,87
PCB 74	8,40 ± 6,43	2,15	17,31
PCB 70	20,69 ± 10,89	9,55	42,02
PCB 66	15,01 ± 8,56	7,83	29,65
PCB 95	17,91 ± 8,71	5,48	31,99
PCB 56/60	<LQ	—	—
PCB 101	27,73 ± 9,37	10,20	59,30
PCB 99	15,80 ± 11,30	4,48	31,62
PCB 97	10,81 ± 5,59	5,89	22,64
PCB 81	<LQ	—	—
PCB 87	34,22 ± 11,19	20,39	51,61
PCB 77	<LQ	—	—
PCB 110	26,94 ± 10,76	9,83	58,09
PCB 151	<LQ	—	—
PCB 123	<LQ	—	—
PCB 149	10,18 ± 6,30	2,35	18,89
PCB 118	24,42 ± 17,60	8,63	52,41
PCB 114	<LQ	—	—
PCB 153	27,10 ± 9,37	6,83	68,22
PCB 132	11,49 ± 7,29	2,81	21,72
PCB 105	10,39 ± 7,91	2,12	21,35
PCB 141	<LQ	—	—

PCB 138	25,90 ± 5,79	5,49	48,65
PCB 158	3,41 ± 2,14	0,55	6,77
PCB 126	<LQ	—	—
PCB 187	6,03 ± 4,02	1,06	11,48
PCB 183	<LQ	—	—
PCB 128	7,06 ± 5,61	2,45	19,62
PCB 167	<LQ	—	—
PCB 174	<LQ	—	—
PCB 177	<LQ	—	—
PCB 156	<LQ	—	—
PCB 157	<LQ	—	—
PCB 180	10,11 ± 6,35	2,32	20,82
PCB 169	<LQ	—	—
PCB 170	8,84 ± 3,51	4,71	15,01
PCB 199	<LQ	—	—
PCB 203	<LQ	8,54	30,25
PCB 189	<LQ	—	—
PCB 195	<LQ	—	—
PCB 194	<LQ	—	—
PCB 206	<LQ	—	—
∑ PCB	398,43	—	—

< LQ: Abaixo do limite de quantificação. DP: Desvio Padrão

Tabela 22. Concentrações médias (em ng g<sup>-1</sup> de peso úmido), desvio padrão e faixa dos PCBs em 15 amostras de músculos de tainhas da Baía da Ilha Grande.

<i>CONGÊNERES</i>	<i>MÉDIA + DP</i>	<i>MÍNIMO</i>	<i>MÁXIMO</i>
PCB 8	<LQ	—	—
PCB 18	<LQ	—	—
PCB 31	4,15 ± 2,16	1,21	9,17
PCB 28	5,30 ± 2,24	2,32	9,31
PCB 33	<LQ	15,57	63,13
PCB 52	8,64 ± 2,21	5,78	14,89
PCB 49	<LQ	—	—
PCB 44	4,05 ± 1,20	2,71	7,10
PCB 74	<LQ	—	—
PCB 70	7,63 ± 2,39	4,84	12,84
PCB 66	4,55 ± 1,56	2,47	7,60
PCB 95	5,71 ± 1,63	3,46	10,25
PCB 56/60	<LQ	—	—
PCB 101	10,48 ± 2,76	6,73	17,08
PCB 99	4,71 ± 1,27	2,95	7,56
PCB 97	<LQ	—	—
PCB 81	<LQ	—	—
PCB 87	27,60 ± 12,06	7,20	57,00
PCB 77	<LQ	—	—
PCB 110	10,24 ± 3,32	5,45	16,26
PCB 151	<LQ	—	—
PCB 123	<LQ	—	—
PCB 149	<LQ	—	—
PCB 118	8,68 ± 1,75	5,82	12,48
PCB 114	<LQ	—	—
PCB 153	6,94 ± 3,13	3,86	14,07
PCB 132	2,37 ± 1,85	1,02	8,20
PCB 105	3,54 ± 0,90	2,05	5,15
PCB 141	<LQ	—	—
PCB 138	7,84 ± 2,92	4,21	14,36

PCB 158	<LQ	—	—
PCB 126	<LQ	—	—
PCB 187	<LQ	—	—
PCB 183	<LQ	—	—
PCB 128	<LQ	—	—
PCB 167	<LQ	—	—
PCB 174	<LQ	—	—
PCB 177	<LQ	—	—
PCB 156	<LQ	—	—
PCB 157	<LQ	—	—
PCB 180	<LQ	—	—
PCB 169	<LQ	—	—
PCB 170	<LQ	—	—
PCB 199	<LQ	—	—
PCB 203	<LQ	3,21	29,06
PCB 189	<LQ	—	—
PCB 195	<LQ	—	—
PCB 194	<LQ	—	—
PCB 206	<LQ	—	—
$\Sigma$ PCB	131,95		

< LQ: Abaixo do limite de quantificação. DP: Desvio Padrão

Tabela 23. Concentrações médias (em ng g<sup>-1</sup> de peso úmido), desvio padrão e faixa dos PCBs em 15 amostras de fígados de tainhas da Baía da Ilha Grande.

<i>CONGÊNERES</i>	<i>MÉDIA + DP</i>	<i>MÍNIMO</i>	<i>MÁXIMO</i>
PCB 8	<LQ	—	—
PCB 18	3,70 ± 1,92	1,25	7,13
PCB 31	4,47 ± 1,77	2,24	7,76
PCB 28	6,37 ± 3,00	2,59	11,67
PCB 33	<LQ	33,80	92,03
PCB 52	13,05 ± 5,79	6,93	26,23
PCB 49	4,43 ± 2,06	2,22	8,13
PCB 44	5,67 ± 2,69	2,68	12,56
PCB 74	4,07 ± 2,36	2,01	10,00
PCB 70	10,48 ± 5,17	5,63	23,38
PCB 66	6,30 ± 3,12	3,23	13,05
PCB 95	8,68 ± 2,75	4,48	14,25
PCB 56/60	<LQ	—	—
PCB 101	14,95 ± 5,17	7,61	24,56
PCB 99	10,95 ± 4,75	5,41	19,06
PCB 97	4,42 ± 2,03	2,44	10,61
PCB 81	<LQ	—	—
PCB 87	24,53 ± 4,82	16,85	32,00
PCB 77	<LQ	—	—
PCB 110	12,49 ± 5,96	6,26	30,93
PCB 151	<LQ	—	—
PCB 123	<LQ	—	—
PCB 149	6,50 ± 2,73	2,26	12,88
PCB 118	13,34 ± 6,73	7,01	31,57
PCB 114	<LQ	—	—
PCB 153	18,86 ± 8,37	7,84	35,82
PCB 132	5,18 ± 3,01	1,06	11,80
PCB 105	5,95 ± 3,21	2,24	13,00
PCB 141	<LQ	—	—
PCB 138	18,10 ± 11,80	5,05	44,71

PCB 158	<LQ	—	—
PCB 126	<LQ	—	—
PCB 187	4,48 ± 2,35	1,72	8,60
PCB 183	<LQ	—	—
PCB 128	5,70 ± 3,51	2,36	12,65
PCB 167	<LQ	—	—
PCB 174	<LQ	—	—
PCB 177	<LQ	—	—
PCB 156	<LQ	—	—
PCB 157	<LQ	—	—
PCB 180	7,05 ± 4,00	0,91	14,90
PCB 169	<LQ	—	—
PCB 170	<LQ	—	—
PCB 199	<LQ	—	—
PCB 203	<LQ	4,87	33,89
PCB 189	<LQ	—	—
PCB 195	<LQ	—	—
PCB 194	<LQ	—	—
PCB 206	<LQ	—	—
∑ PCB	233,93	—	—

< LQ: Abaixo do limite de quantificação. DP: Desvio Padrão.

As figuras 4, 5 e 6 apresentam os somatórios (em ng g<sup>-1</sup> em peso úmido) em função do grau de cloração para as três espécies estudadas.

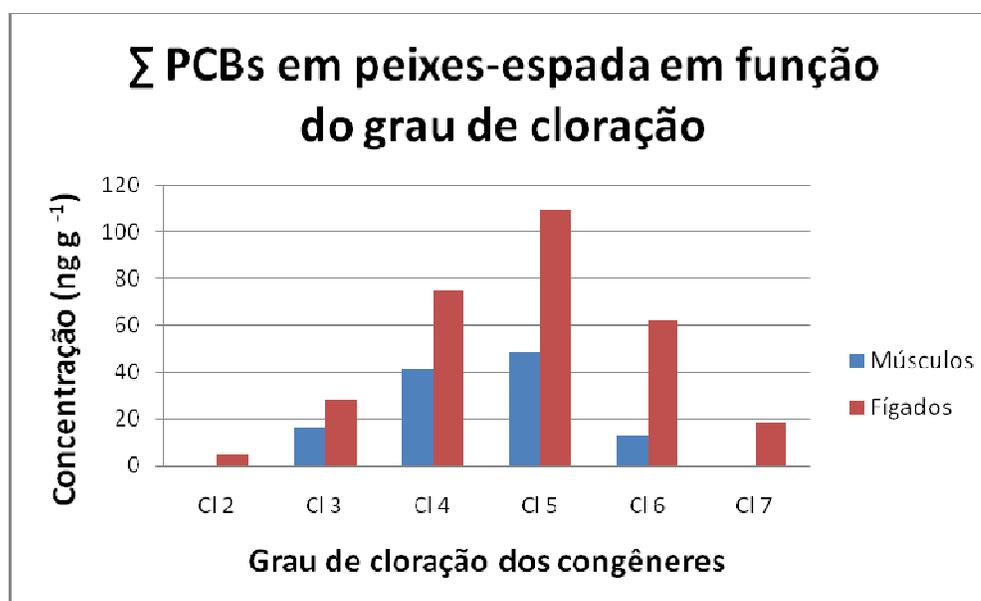


Figura 4. Somatório dos PCBs em função do grau de cloração para a espécie peixe-espada.

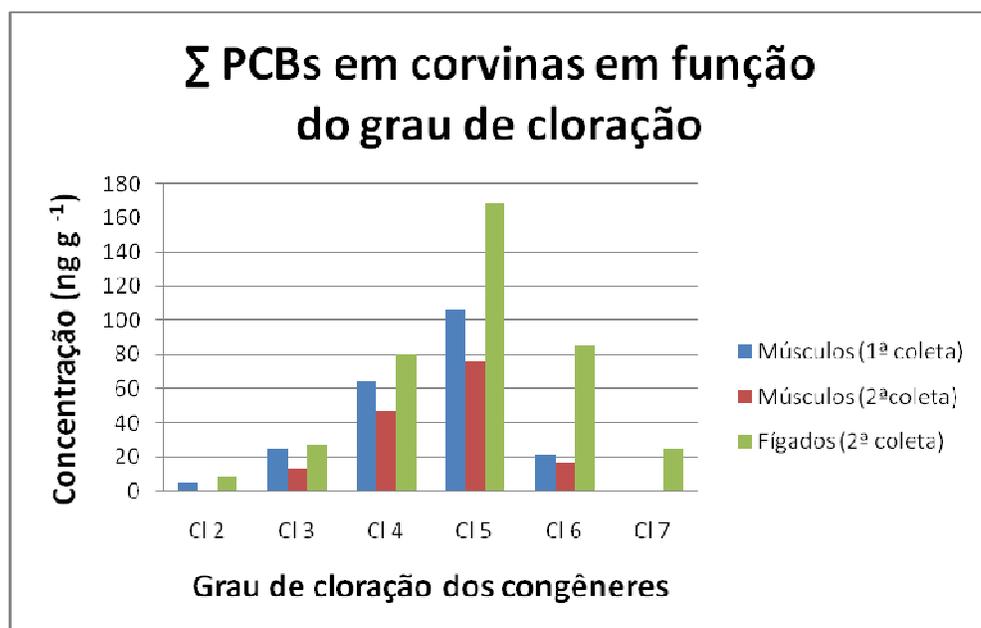


Figura 5. Somatório dos PCBs em função do grau de cloração para a espécie corvina.

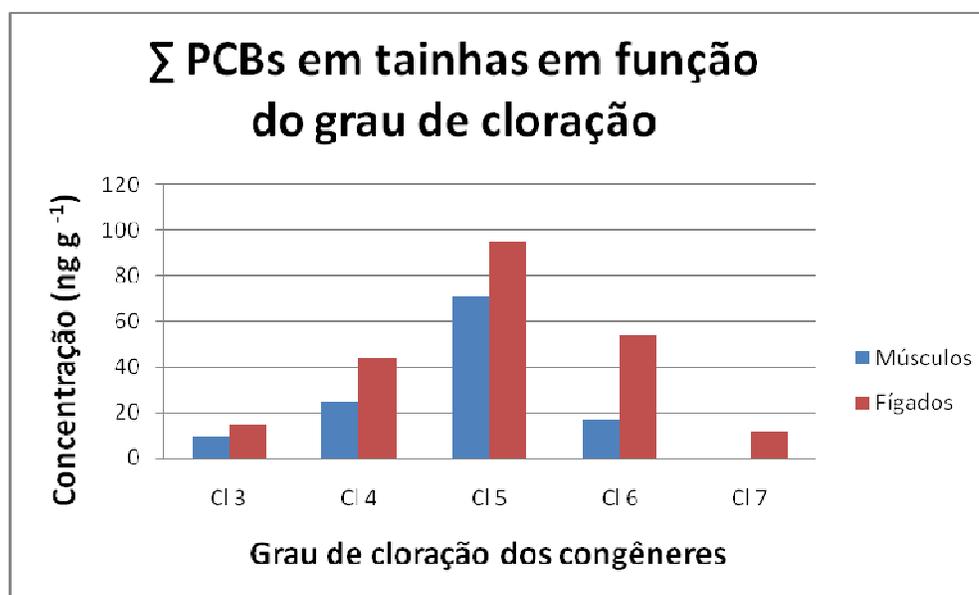


Figura 6. Somatório dos PCBs em função do grau de cloração para a espécie tainha.

As figuras 7, 8 e 9 apresentam as distribuições médias, expressas em ng g<sup>-1</sup> em peso úmido, para as espécies peixe-espada, corvina e tainha, respectivamente.

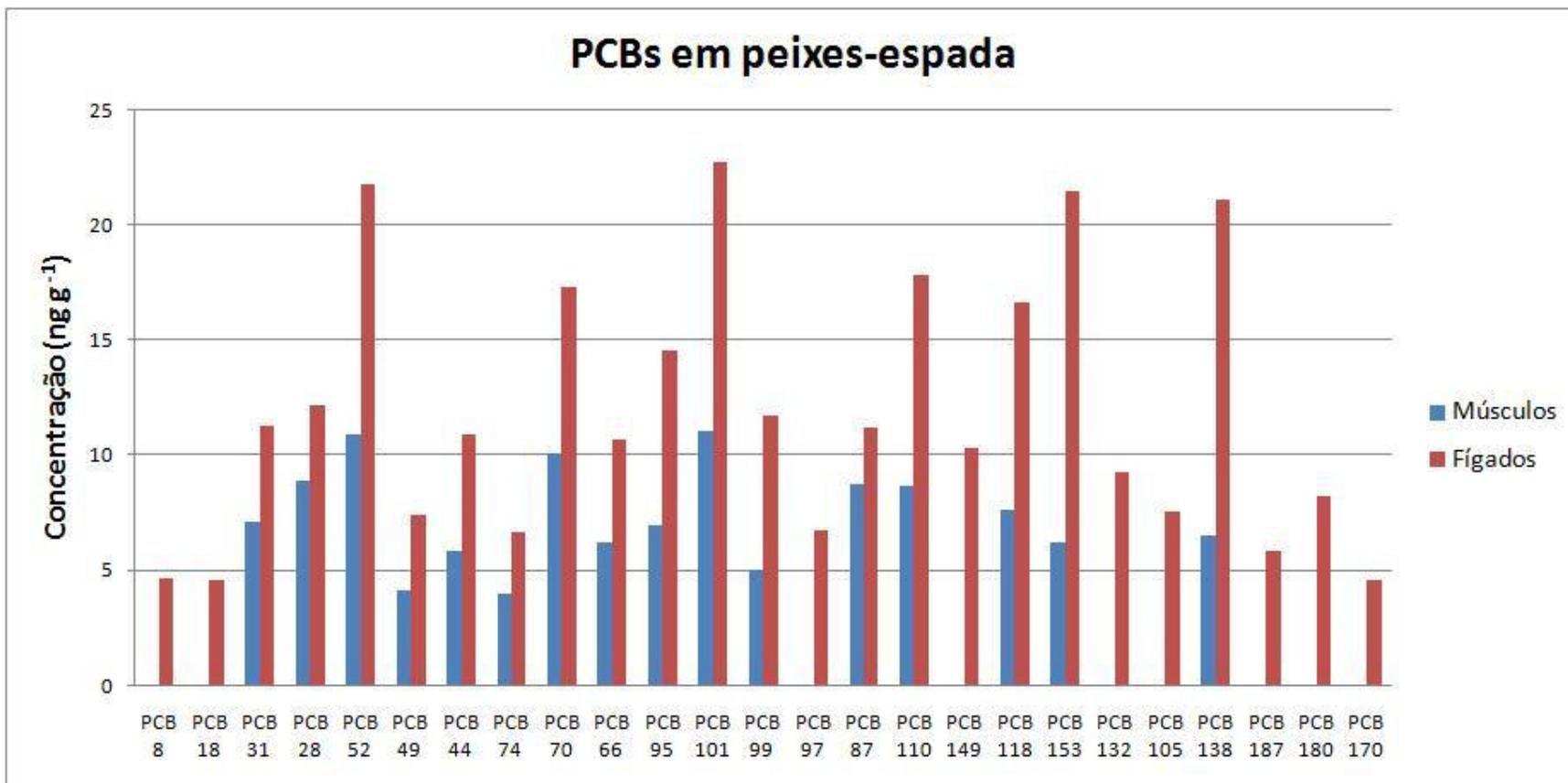


Figura 7. Distribuição média dos PCBs em amostras de músculos e fígados de peixes-espada.

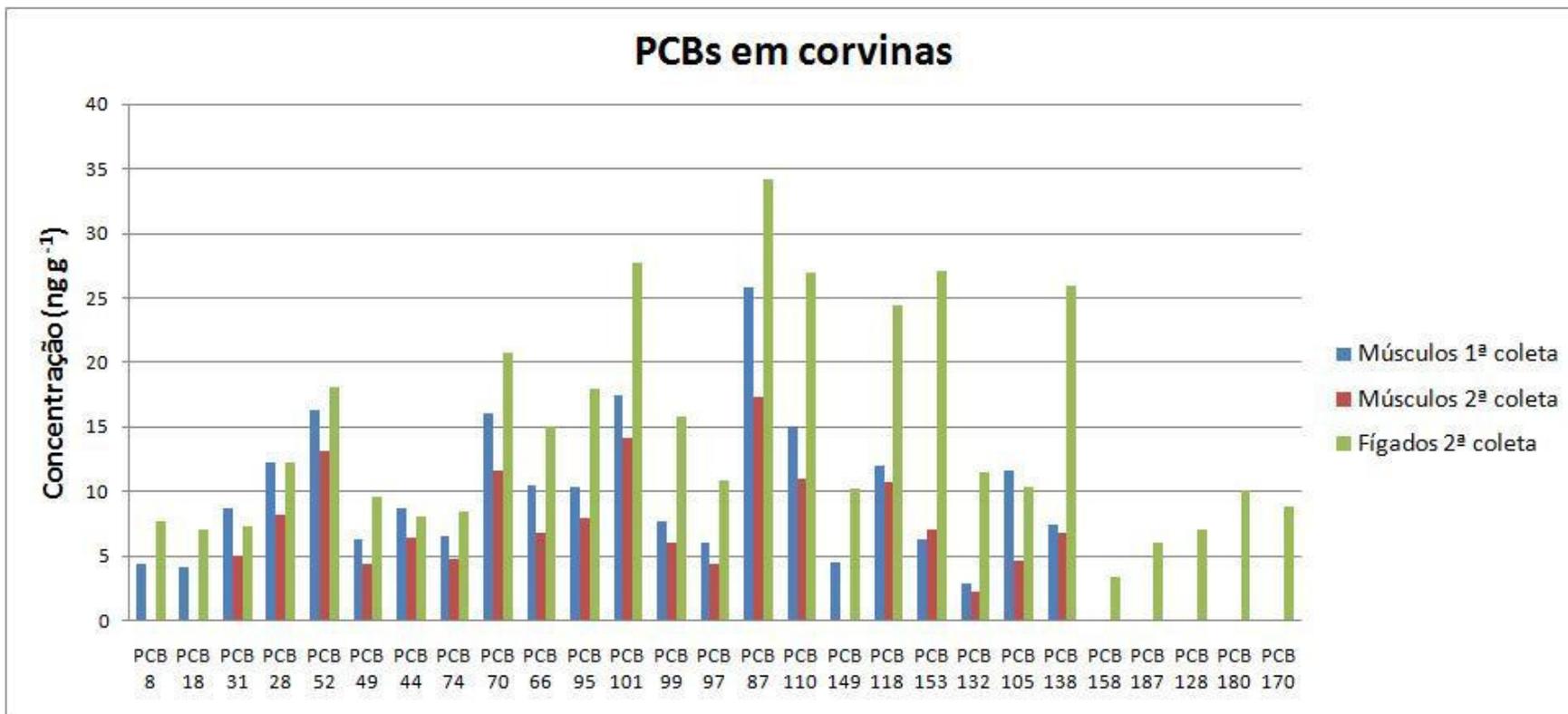


Figura 8. Distribuição média dos PCBs em amostras de músculos e fígados de corvinas.

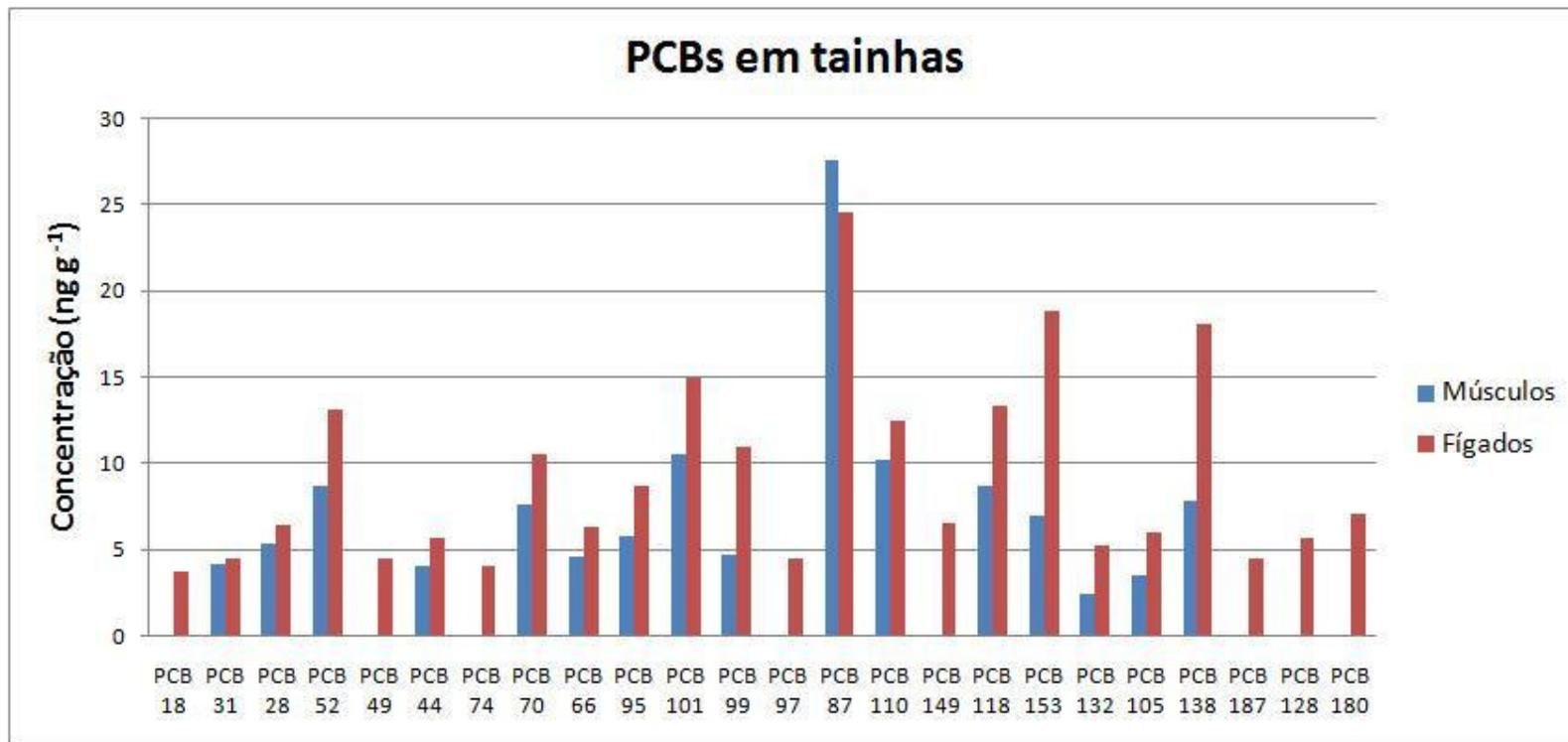


Figura 9. Distribuição média dos PCBs em amostras de músculos e fígados de tainhas.

### 5.3. PBDEs nas amostras biológicas

Todos os congêneres de PBDEs encontraram-se abaixo do limite de quantificação (LOQ). Isso significa que sua presença e distribuição na Baía da Ilha Grande não são significativas, apesar de suas características similares aos PCBs, que também são poluentes orgânicos persistentes (POPs). Este resultado sugere a inexistência de uma fonte poluidora na Baía da Ilha Grande por Éteres Difenílicos Polibromados. Outra possibilidade sugerida para a tal resultado é o fato destes compostos ainda se tratarem de um poluente emergente.

### 5.4. Ingestão de PCBs por parte da população humana

O Brasil apresenta uma ingestão média de 24,74 g diárias de peixes por habitante, correspondendo à média de 9,03 Kg anuais por habitante. Levando estes dados em consideração, a ingestão PCBs foi calculada para a ingestão de cada espécie de peixe (Brasil, 2009).

A ingestão de PCBs através do consumo da espécie tainha foi de 3127,87 ng dia<sup>-1</sup>; para corvinas na estação chuvosa foi de 3054,40 ng dia<sup>-1</sup> e na estação seca de 8100,57 ng dia<sup>-1</sup>; e, por fim, para peixes-espada, de 1953,98 ng dia<sup>-1</sup>. Estes valores encontram-se acima do limite máximo permissível para estes contaminantes, exceto os peixes-espada, de acordo com a legislação brasileira, que estipula um valor máximo de 3000 ng g<sup>-1</sup> em peso lipídico por dia (Brasil, 1999).

Estes valores também encontram-se mais altos do que os valores da FDA/EPA, a qual estipula um máximo de 2000 ng g<sup>-1</sup> (FDA/EPA, 2001) e do governo italiano, o qual estipula um valor de 100 ng g<sup>-1</sup> de PCBs em peso lipídico (Storelli et al., 2003). Estes valores apresentam preocupantes dados referentes à contaminação da população local devido ao consumo destas três espécies de peixes.

## **5.5.**

### **Aplicação da análise multivariada de dados à interpretação de dados ambientais**

Todos os dados referentes às concentrações de PCBs encontrados foram normalizados mediante transformação das variáveis através da aplicação do logaritmo, de modo que os dados apresentassem uma distribuição contínua de probabilidade teórica, na qual o eixo das abscissas representa todos os valores possíveis de uma variável e o eixo da ordenada representa a probabilidade de esses valores ocorrerem. Estes valores estão reunidos em torno da média em um padrão simétrico, unimodal, conhecido como curva normal (Hair et al., 2009).

As análises estatísticas foram desenvolvidas no programa Statistica® 7, na qual foi realizada a Análises dos Componentes Principais (PCA). Os testes foram aplicados em cada espécie de peixes separadamente e em todas as espécies juntas com intuito de investigar as correlações entre as concentrações de PCBs encontradas e as demais variáveis, tais como comprimento, peso, sexo e teor lipídico.

#### **5.5.1.**

##### **Distinção das espécies estudadas - corvinas**

O uso desta técnica tem por objetivo encontrar uma maneira de sintetizar a informação que está contida em diversas variáveis originais dentro de um conjunto menor de variáveis estatísticas (fatores), de forma que a perda de informações seja a menor possível.

A redução do número de variáveis é realizada pelo agrupamento das variáveis que possuem interrelações significativas para que estas possam apontar uma dimensão avaliativa mais geral por meio de uma matriz de correlação.

A matriz de correlação foi, então, criada a partir dos valores das variáveis acima mencionadas para as amostras de músculos e fígados da espécie corvina. Para tal, foi utilizada a opção “método de disponibilidade total (PAIRWISE)”, a

qual tem como função promover uma estimativa das correlações e maximizar a informação disponível na amostra.

Uma interessante característica desta técnica é que o perfil de uma variável ou a correlação para um par de variáveis se baseia em um conjunto de observações único, pois é esperado que as observações utilizadas nos cálculos possam variar para cada correlação. Este processo ocorre mediante uso das correlações obtidas somente nos casos com dados representativos da amostra inteira.

Os dados em vermelho apresentados pela Figura 12 apontam as correlações que são significativas entre as variáveis analisadas a  $p < 0,050$ . Com isso, podemos admitir que os congêneres PCB-28, -31, -44, -153 e -138 apresentaram correlação com peso dos indivíduos, os congêneres PCB-28, -31, -44, -153 e -138 apresentaram correlação com o comprimento dos indivíduos e, por fim, há também correlação entre a maioria dos congêneres apresentados na figura acima.

Variável	Correlações (musc_fig_Corvinas)																				
	Peso	Comprimento	PCB 31	PCB 28	PCB 52	PCB 49	PCB 44	PCB 74	PCB 70	PCB 66	PCB 95	PCB 101	PCB 99	PCB 97	PCB 87	PCB 110	PCB 118	PCB 153	PCB 132	PCB 105	PCB 138
Peso	1,00	0,89	-0,52	-0,37	-0,14	-0,16	-0,49	-0,25	-0,22	-0,30	-0,15	-0,07	0,03	-0,12	-0,05	-0,01	0,09	0,37	0,23	-0,12	0,38
Comprimento	0,89	1,00	-0,51	-0,36	-0,09	-0,09	-0,42	-0,19	-0,15	-0,22	-0,01	0,05	0,12	0,00	-0,10	0,07	0,22	0,46	0,28	0,04	0,43
PCB 31	-0,52	-0,51	1,00	0,92	0,53	0,75	0,73	0,78	0,70	0,81	0,64	0,60	0,58	0,66	0,44	0,58	0,53	0,28	0,33	0,55	0,20
PCB 28	-0,37	-0,36	0,92	1,00	0,61	0,85	0,73	0,92	0,87	0,92	0,77	0,77	0,74	0,79	0,48	0,75	0,71	0,46	0,49	0,63	0,33
PCB 52	-0,14	-0,09	0,53	0,61	1,00	0,67	0,64	0,61	0,72	0,54	0,68	0,73	0,69	0,59	0,51	0,68	0,68	0,59	0,62	0,53	0,64
PCB 49	-0,16	-0,09	0,75	0,85	0,67	1,00	0,67	0,92	0,87	0,91	0,92	0,95	0,95	0,92	0,50	0,92	0,91	0,76	0,80	0,80	0,62
PCB 44	-0,49	-0,42	0,73	0,73	0,64	0,67	1,00	0,73	0,69	0,75	0,75	0,65	0,53	0,68	0,31	0,54	0,54	0,21	0,22	0,56	0,07
PCB 74	-0,25	-0,19	0,78	0,92	0,61	0,92	0,73	1,00	0,94	0,98	0,90	0,91	0,86	0,90	0,45	0,82	0,85	0,60	0,60	0,70	0,40
PCB 70	-0,22	-0,15	0,70	0,87	0,72	0,87	0,69	0,94	1,00	0,91	0,88	0,88	0,83	0,84	0,54	0,82	0,83	0,61	0,61	0,68	0,49
PCB 66	-0,30	-0,22	0,81	0,92	0,54	0,91	0,75	0,98	0,91	1,00	0,90	0,87	0,84	0,92	0,44	0,82	0,83	0,57	0,57	0,74	0,36
PCB 95	-0,15	-0,01	0,64	0,77	0,68	0,92	0,75	0,90	0,86	0,90	1,00	0,96	0,91	0,94	0,40	0,90	0,93	0,72	0,72	0,79	0,54
PCB 101	-0,07	0,05	0,60	0,77	0,73	0,95	0,65	0,91	0,88	0,87	0,96	1,00	0,97	0,92	0,45	0,93	0,96	0,82	0,82	0,78	0,65
PCB 99	0,03	0,12	0,58	0,74	0,69	0,95	0,53	0,86	0,83	0,84	0,91	0,97	1,00	0,92	0,49	0,95	0,97	0,90	0,90	0,78	0,75
PCB 97	-0,12	0,00	0,66	0,79	0,59	0,92	0,68	0,90	0,84	0,92	0,94	0,92	0,92	1,00	0,44	0,88	0,93	0,72	0,72	0,81	0,52
PCB 87	-0,05	-0,10	0,44	0,48	0,51	0,50	0,31	0,45	0,54	0,44	0,40	0,45	0,49	0,44	1,00	0,55	0,48	0,39	0,44	0,54	0,53
PCB 110	-0,01	0,07	0,58	0,75	0,68	0,92	0,54	0,82	0,82	0,82	0,90	0,93	0,95	0,88	0,55	1,00	0,94	0,85	0,86	0,83	0,74
PCB 118	0,09	0,22	0,53	0,71	0,68	0,91	0,54	0,85	0,83	0,83	0,93	0,96	0,97	0,93	0,48	0,94	1,00	0,89	0,87	0,79	0,75
PCB 153	0,37	0,46	0,28	0,46	0,59	0,76	0,21	0,60	0,61	0,57	0,72	0,82	0,90	0,72	0,39	0,85	0,89	1,00	0,95	0,63	0,89
PCB 132	0,23	0,28	0,33	0,49	0,62	0,80	0,22	0,60	0,61	0,57	0,72	0,82	0,90	0,72	0,44	0,86	0,87	0,95	1,00	0,66	0,90
PCB 105	-0,12	0,04	0,55	0,63	0,53	0,80	0,56	0,70	0,68	0,74	0,79	0,78	0,78	0,81	0,54	0,83	0,79	0,63	0,66	1,00	0,53
PCB 138	0,38	0,43	0,20	0,33	0,64	0,62	0,07	0,40	0,49	0,36	0,54	0,65	0,75	0,52	0,53	0,74	0,75	0,89	0,90	0,53	1,00

Figura 10. Correlações entre variáveis da espécie corvina.

A etapa subsequente foi aplicação de um teste chamado “Teste *Scree*”, cuja finalidade é obter o número de fatores que podem ser utilizados nas interpretações relacionadas às correlações estimadas entre os dados das amostras.

Este teste é efetuado mediante o desenvolvimento do gráfico das raízes latentes, ou autovalores, em relação ao número de fatores em sua ordem de extração, de forma que a curva resultante deste seja utilizada para avaliar o ponto de corte, que é na verdade a estimativa do número de fatores que justificam as correlações apontadas pela matriz de correlação acima. Essa variância é explicada (compartilhada) com base nas correlações entre uma variável e as demais na análise. Neste caso, apenas dois fatores foram considerados significantes.

Começando com o primeiro fator, os ângulos de inclinação rapidamente decrescem no início e estão lentamente se aproximando de uma reta horizontal. O ponto no qual o gráfico começa a tende a ficar horizontal é considerado indicativo do número de fatores a serem extraídos.

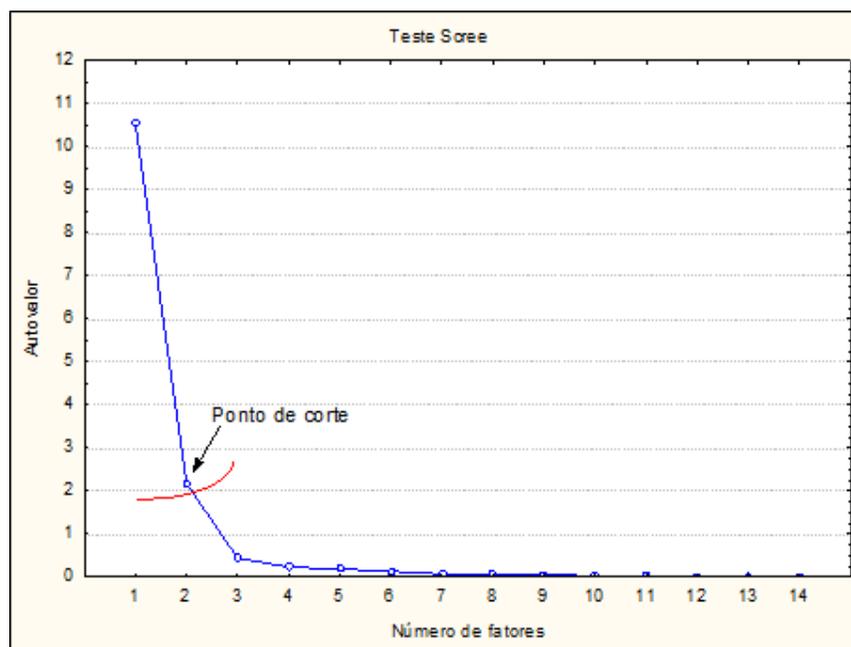


Figura 11. Estimativa dos autovalores das variáveis através do Teste *Scree* (Corvinas).

Cada fator é responsável por explicar a variância em pelo menos uma das variáveis em questão. Através da análise dos componentes, cada variável contribui com um valor 0.7 do autovalor total.

Desta forma, apenas os fatores com autovalores superiores a 0,7 são considerados significantes. Com a abordagem no gráfico gerado pelo Teste *Scree*, dois fatores foram estimados (Figura 11), bem como a contribuição percentual de cada um para a variância e a porcentagem acumulativa dos fatores (Figura 12). Então, podemos dizer que estes dois fatores explicam 90,91% da variância total do peso, comprimento e concentração dos PCBs que apresentaram algum tipo de correlação.

Autovalores Extração: Principais componentes				
Valor	Autovalor	% Total de variância	Autovalor acumulado	Acumulado %
1	10.55	75.36	10.55	75.36
2	2.18	15.55	12.73	90.91

Figura 12. Autovalores dos componentes principais dos PCBs das amostras de corvinas.

Variável	Fatores Principais componentes Fat. marcados são >0.70)	
	Fator 1	Fator 2
Peso	-0.07	0.95
Comprimento	0.03	0.97
PCB 28	0.83	-0.41
PCB 49	0.97	-0.10
PCB 74	0.94	-0.24
PCB 70	0.91	-0.20
PCB 66	0.93	-0.28
PCB 95	0.96	-0.04
PCB 101	0.98	0.03
PCB 99	0.97	0.11
PCB 97	0.96	-0.03
PCB 110	0.95	0.07
PCB 118	0.97	0.19
PCB 105	0.83	0.02
Expl.Var	10.47	2.26
Prp.Totl	0.75	0.16

Figura 131. Componentes principais dos PCBs das amostras de corvinas. Rotação: Varimax. (Fatores marcados são > 0,70).

A tabela apresentada na Figura 13 aponta as inter-relações entre as variáveis estudadas para que seja possível explicá-las em termos de fatores. Com isso, os congêneres PCB-28, -49, -74, -70, -66, -95, -101, -99, -97, -110, -118 e -105 são componentes interligados pelo primeiro fator e correspondem a 75,36% da variância. Tal fator pode ser a afinidade entre os compostos, uma vez que todos pertencem a uma classe de poluentes orgânicos, altamente lipofílicos. Peso e comprimento estão interligados pelo segundo fator, o qual aponta que quanto maior for o peixe maior será seu peso, sendo este responsável por 15,55% da variância. Como as variáveis foram agrupadas em dois fatores, pôde-se gerar um gráfico em duas dimensões que possibilita a visualização dessas inter-relações.

Podemos também visualizar os grupos que puderam ser individualizados através desta análise de componentes principais. A Figura 15 aponta um dado interessante, pois distingue as amostras de Corvinas coletadas na estação seca das amostras coletadas na estação chuvosa, apontando disparidade entre os dados em função da sazonalidade. A presença de congêneres menores, aliada às concentrações maiores que foram encontradas neste local, aponta mais uma vez para o papel desempenhado pelo transporte atmosférico e o favorecimento da deposição destes compostos através das vias úmidas (Harvey e Steinhauer, 1973).

Então, foram obtidas correlações entre peso e comprimento e também entre os congêneres já citados acima, bem com uma significativa separação entre as amostras devido à sazonalidade (Figura 15).

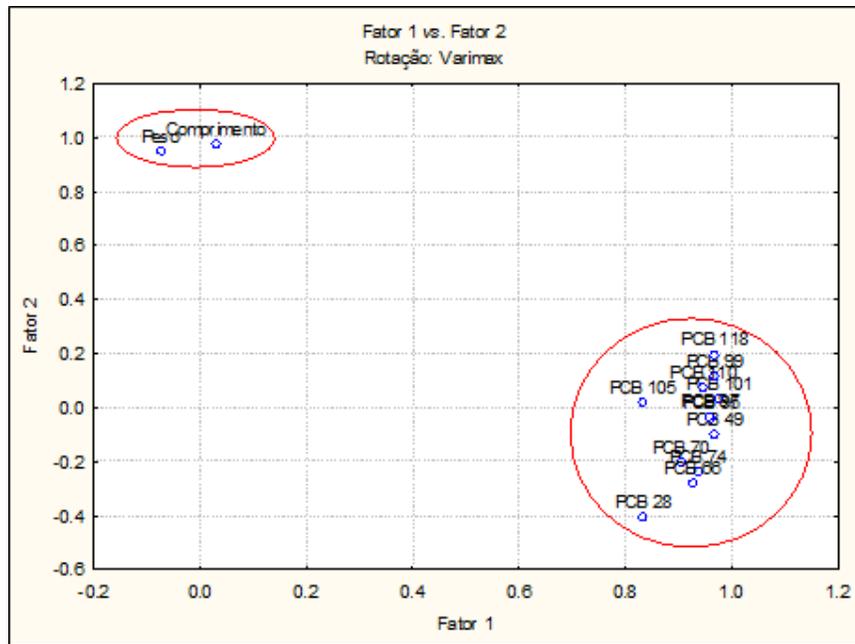


Figura 14. Gráfico em duas dimensões dos principais fatores encontrados na análise dos componentes principais das corvinas.

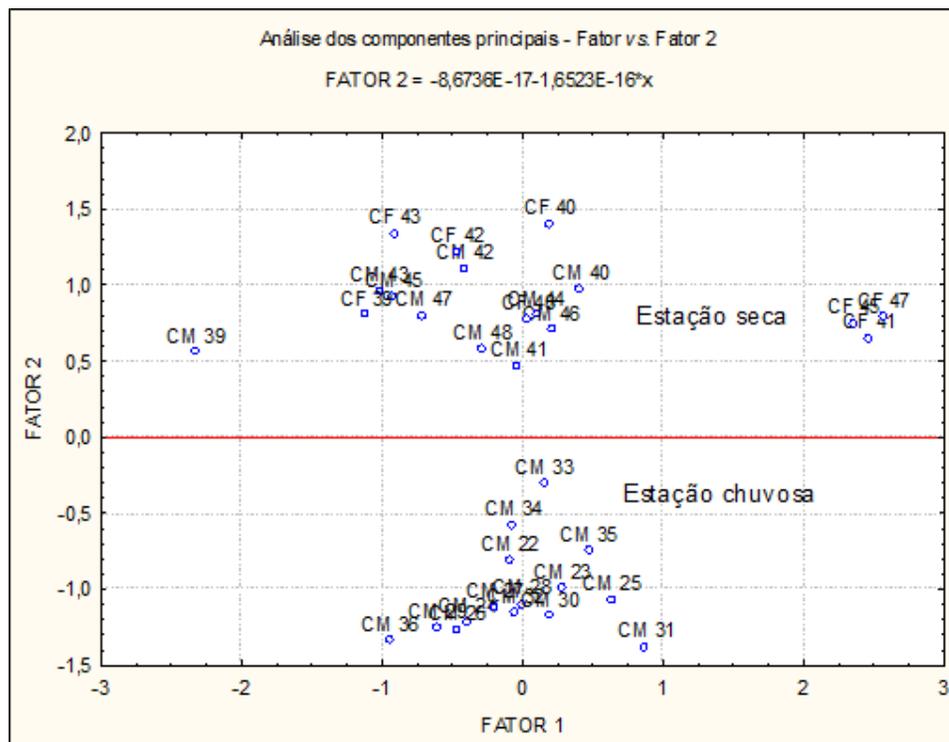


Figura 15. Análise dos componentes principais das amostras de Corvinas.

### 5.5.2. Distinção das espécies estudadas – tainhas

O mesmo tratamento foi realizado para as amostras de fígados e músculos das amostras da espécie tainha. A matriz de correlação foi estabelecida para as variáveis inerentes a este grupo de amostras, levando-se em consideração da mesma forma o peso, comprimento, teor lipídico e concentrações dos congêneres encontrados.

A matriz apontou correlação entre o peso dos indivíduos com o comprimento e também com os congêneres PCB-95, PCB-110 e PCB-105. Foi observada correlação entre comprimento e os congêneres -105 e -203. Os congêneres PCB-95, -101, -99, -118, -153 e -132 apresentaram correlação com o teor de lipídios dos indivíduos e, por fim, houve correlação entre a maioria dos congêneres apresentados na Figura 16.

Logo após, o Teste *Scree* foi desenvolvido e três fatores foram estimados (Figura 17), bem como a contribuição de cada um expressa em porcentagem, que atingiram juntos 85,23% da variância total do peso, comprimento e concentração de PCBs correlacionados (Figura 18).

A tabela apresentada na Figura 19 apresenta as inter-relações entre as variáveis estudadas na espécie tainha em termos de fatores. Desta forma, observa-se que os congêneres PCB-31, -28, -52, -44, -70, -66, -101, -110, -118 e -105 são componentes interligados pelo primeiro fator e são responsáveis por 60,40% da variância. O teor de lipídios com os PCBs -99, -153 e -132 possuem interligação devido ao segundo fator, o qual corresponde a 14,13% da variância. E, por fim, peso e comprimento estão interligados e correspondem a 10,70% da variância.

Um gráfico em duas dimensões pode representar melhor estas inter-relações que dividem os parâmetros acima em grupos distintos (Figura 20).

Então, foi estabelecida uma forte correlação entre os PCB-99, -132 e -153 e o teor lipídico, uma vez que estes possuem alto grau de cloração e são consideravelmente mais lipofílicos. Se somente a matriz de correlações for levada em consideração, podemos inserir os PCBs -101 e -118 nesta correlação entre congêneres e teor de lipídios.

Correlações (tainhas)		Correlações marcadas são significantes em $p < 0,05000$																
Variable	Peso	Comprimento	% Lipídios	PCB 31	PCB 28	PCB 52	PCB 44	PCB 70	PCB 66	PCB 95	PCB 101	PCB 99	PCB 87	PCB 110	PCB 118	PCB 153	PCB 132	PCB 105
Peso	1,00	0,91	0,07	-0,27	-0,20	-0,26	-0,27	-0,28	-0,27	-0,37	-0,29	-0,31	-0,33	-0,38	-0,23	-0,13	-0,16	-0,48
Comprimento	0,91	1,00	0,11	-0,22	-0,15	-0,20	-0,16	-0,23	-0,24	-0,31	-0,17	-0,19	-0,32	-0,34	-0,09	-0,04	-0,10	-0,44
% Lipídios	0,07	0,11	1,00	0,10	0,19	0,33	0,22	0,24	0,26	0,48	0,48	0,62	-0,25	0,24	0,41	0,72	0,56	0,24
PCB 31	-0,27	-0,22	0,10	1,00	0,93	0,68	0,74	0,78	0,75	0,52	0,61	0,43	-0,17	0,72	0,64	0,19	0,25	0,64
PCB 28	-0,20	-0,15	0,19	0,93	1,00	0,79	0,81	0,86	0,81	0,62	0,70	0,51	-0,23	0,76	0,70	0,22	0,32	0,70
PCB 52	-0,26	-0,20	0,33	0,68	0,79	1,00	0,95	0,94	0,88	0,81	0,81	0,73	-0,05	0,76	0,83	0,42	0,54	0,87
PCB 44	-0,27	-0,16	0,22	0,74	0,81	0,95	1,00	0,92	0,86	0,74	0,75	0,67	0,02	0,76	0,82	0,33	0,42	0,81
PCB 70	-0,28	-0,23	0,24	0,78	0,86	0,94	0,92	1,00	0,97	0,78	0,83	0,69	-0,09	0,85	0,82	0,35	0,46	0,84
PCB 66	-0,27	-0,24	0,26	0,75	0,81	0,88	0,86	0,97	1,00	0,75	0,82	0,67	-0,10	0,81	0,78	0,39	0,49	0,84
PCB 95	-0,37	-0,31	0,48	0,52	0,62	0,81	0,74	0,78	0,75	1,00	0,74	0,87	-0,08	0,61	0,65	0,53	0,50	0,77
PCB 101	-0,29	-0,17	0,48	0,61	0,70	0,81	0,75	0,83	0,82	0,74	1,00	0,75	-0,15	0,75	0,87	0,64	0,66	0,72
PCB 99	-0,31	-0,19	0,62	0,43	0,51	0,73	0,67	0,69	0,67	0,87	0,75	1,00	-0,11	0,54	0,73	0,76	0,55	0,71
PCB 87	-0,33	-0,32	-0,25	-0,17	-0,23	-0,05	0,02	-0,09	-0,10	-0,08	-0,15	-0,11	1,00	-0,12	-0,12	-0,15	-0,10	-0,03
PCB 110	-0,38	-0,34	0,24	0,72	0,76	0,76	0,76	0,85	0,81	0,61	0,75	0,54	-0,12	1,00	0,80	0,30	0,47	0,76
PCB 118	-0,23	-0,09	0,41	0,64	0,70	0,83	0,82	0,82	0,78	0,65	0,87	0,73	-0,12	0,80	1,00	0,59	0,58	0,77
PCB 153	-0,13	-0,04	0,72	0,19	0,22	0,42	0,33	0,35	0,39	0,53	0,64	0,76	-0,15	0,30	0,59	1,00	0,77	0,45
PCB 132	-0,16	-0,10	0,56	0,25	0,32	0,54	0,42	0,46	0,49	0,50	0,66	0,55	-0,10	0,47	0,58	0,77	1,00	0,54
PCB 105	-0,48	-0,44	0,24	0,64	0,70	0,87	0,81	0,84	0,84	0,77	0,72	0,71	-0,03	0,76	0,77	0,45	0,54	1,00

Figura 16. Correlações entre variáveis da espécie tainha.

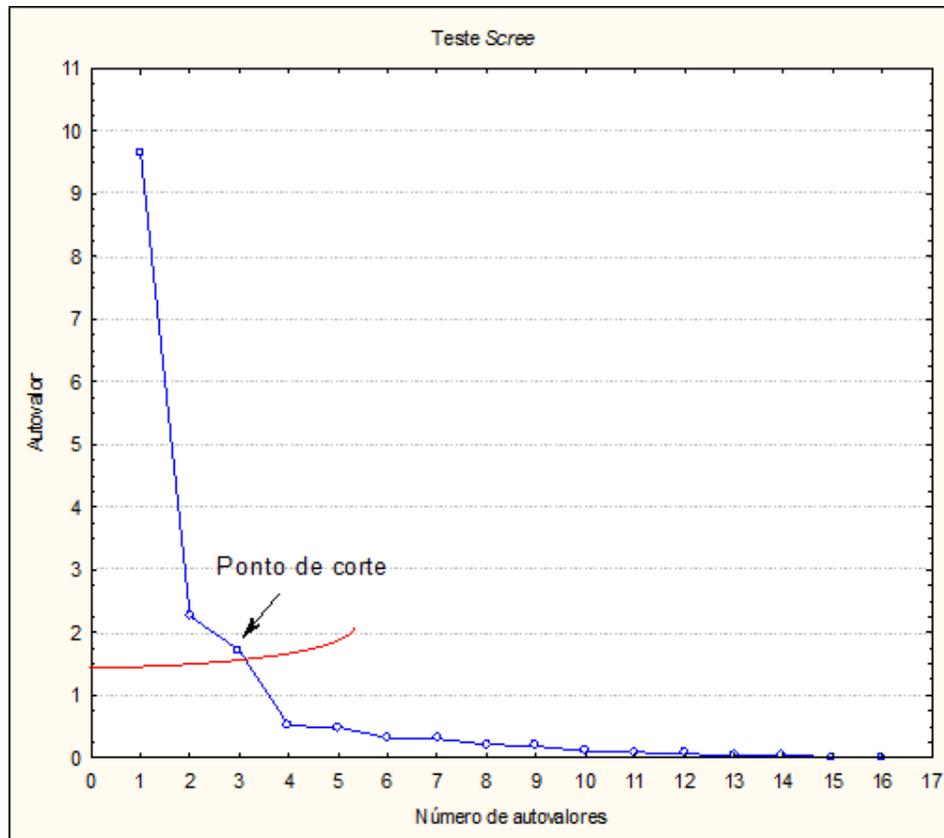


Figura 17. Estimativa dos autovalores das variáveis através do Teste Scree (Tainhas).

Autovalores				
Extração: Principais componentes				
Valor	Autovalor	% Total de variância	Autovalor acumulado	Acumulado %
1	9.664	60.40	9.66	60.40
2	2.260	14.13	11.92	74.53
3	1.712	10.70	13.64	85.23

Figura 182. Autovalores dos componentes principais dos macroelementos das amostras de tainhas.

Variável	Fatores Principais componentes Fatores marcados são > 0.70		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Peso	-0.18	-0.06	-0.95
Comprimento	-0.12	0.03	-0.97
% Lipídios	0.07	0.85	-0.16
PCB 31	0.87	-0.02	0.10
PCB 28	0.93	0.06	0.01
PCB 52	0.87	0.35	0.10
PCB 44	0.91	0.22	0.08
PCB 70	0.94	0.24	0.12
PCB 66	0.89	0.28	0.13
PCB 101	0.72	0.57	0.11
PCB 99	0.51	0.72	0.17
PCB 110	0.82	0.22	0.25
PCB 118	0.77	0.49	0.04
PCB 153	0.14	0.94	0.06
PCB 132	0.29	0.79	0.10
PCB 105	0.76	0.34	0.38
Expl.Var	7.68	3.77	2.19
Prp.Totl	0.48	0.24	0.14

Figura 19. Componentes principais dos PCBs das amostras de tainhas. Rotação: Varimax. (Fatores marcados são > 0,70).

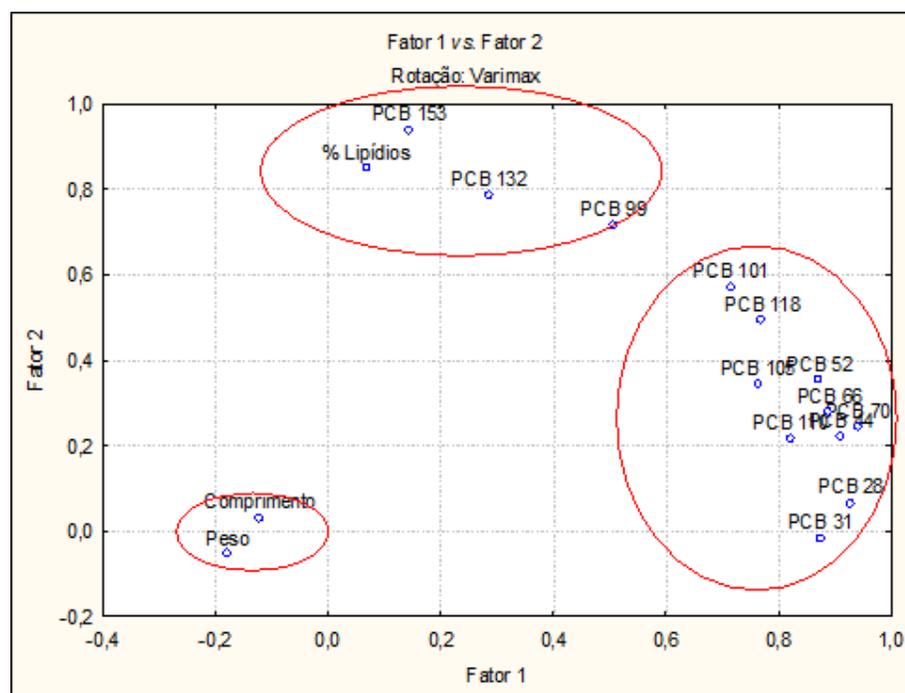


Figura 20. Gráfico em duas dimensões dos principais fatores encontrados na análise dos componentes principais das tainhas.

### 5.5.3. Distinção das espécies estudadas – peixes-espada

Para esta espécie também foi realizada uma matriz de correlação para as variáveis deste grupo. Esta matriz apontou correlação significativa apenas entre os congêneres -31, -28, -52, -49, -44, -70, -74, -66, -95, -101, -99, -110 em músculos e fígados (Figura 21).

O Teste *Scree* (Figura 22) foi, então, realizado e estimou apenas um fator, o qual é o único responsável por uma variância correspondente a 88,77% das concentrações dos congêneres estudados.

A tabela expressa através da Figura 23 apresenta as inter-relações entre as variáveis estudadas na espécie peixe-espada, na qual somente um fator é levado em consideração. Desta forma, os congêneres PCB-31, -28, -52, -49, -44, -74, -70, -66, -95, -101, -99 e -110 são componentes interligados por este único fator, responsável exclusivo pela variância.

Por apresentar este fator único, não foi possível desenvolver um gráfico que pudesse separar as variáveis deste universo em grupos distintos dentro de um determinado universo.

Correlações (musc_fig_PE)																
Correlações marcadas são significantes em $p < 0,0500$																
Variable	PCB 31	PCB 28	PCB 52	PCB 49	PCB 44	PCB 74	PCB 70	PCB 66	PCB 95	PCB 101	PCB 99	PCB 87	PCB 110	PCB 118	PCB 153	PCB 138
PCB 31	1,00	0,80	0,64	0,82	0,83	0,81	0,82	0,81	0,77	0,74	0,69	0,57	0,77	0,70	0,31	0,33
PCB 28	0,80	1,00	0,61	0,89	0,84	0,89	0,86	0,89	0,76	0,77	0,70	0,59	0,76	0,70	0,31	0,37
PCB 52	0,64	0,61	1,00	0,74	0,75	0,72	0,72	0,70	0,76	0,75	0,78	0,50	0,75	0,75	0,68	0,73
PCB 49	0,82	0,89	0,74	1,00	0,97	0,98	0,98	0,98	0,96	0,96	0,92	0,72	0,95	0,93	0,58	0,60
PCB 44	0,83	0,84	0,75	0,97	1,00	0,96	0,99	0,96	0,98	0,95	0,90	0,74	0,98	0,91	0,51	0,55
PCB 74	0,81	0,89	0,72	0,98	0,96	1,00	0,99	0,99	0,94	0,96	0,90	0,76	0,95	0,93	0,54	0,56
PCB 70	0,82	0,86	0,72	0,98	0,99	0,99	1,00	0,98	0,96	0,96	0,91	0,76	0,97	0,92	0,50	0,54
PCB 66	0,81	0,89	0,70	0,98	0,96	0,99	0,98	1,00	0,93	0,95	0,90	0,74	0,94	0,92	0,53	0,55
PCB 95	0,77	0,76	0,76	0,96	0,98	0,94	0,96	0,93	1,00	0,98	0,95	0,75	0,99	0,96	0,63	0,65
PCB 101	0,74	0,77	0,75	0,96	0,95	0,96	0,96	0,95	0,98	1,00	0,97	0,76	0,98	0,99	0,70	0,71
PCB 99	0,69	0,70	0,78	0,92	0,90	0,90	0,91	0,90	0,95	0,97	1,00	0,71	0,96	0,98	0,78	0,77
PCB 87	0,57	0,59	0,50	0,72	0,74	0,76	0,76	0,74	0,75	0,76	0,71	1,00	0,78	0,74	0,40	0,43
PCB 110	0,77	0,76	0,75	0,95	0,98	0,95	0,97	0,94	0,99	0,98	0,96	0,78	1,00	0,97	0,62	0,64
PCB 118	0,70	0,70	0,75	0,93	0,91	0,93	0,92	0,92	0,96	0,99	0,98	0,74	0,97	1,00	0,76	0,75
PCB 153	0,31	0,31	0,68	0,58	0,51	0,54	0,50	0,53	0,63	0,70	0,78	0,40	0,62	0,76	1,00	0,93
PCB 138	0,33	0,37	0,73	0,60	0,55	0,56	0,54	0,55	0,65	0,71	0,77	0,43	0,64	0,75	0,93	1,00

Figura 213. Correlações entre variáveis da espécie peixe-espada.

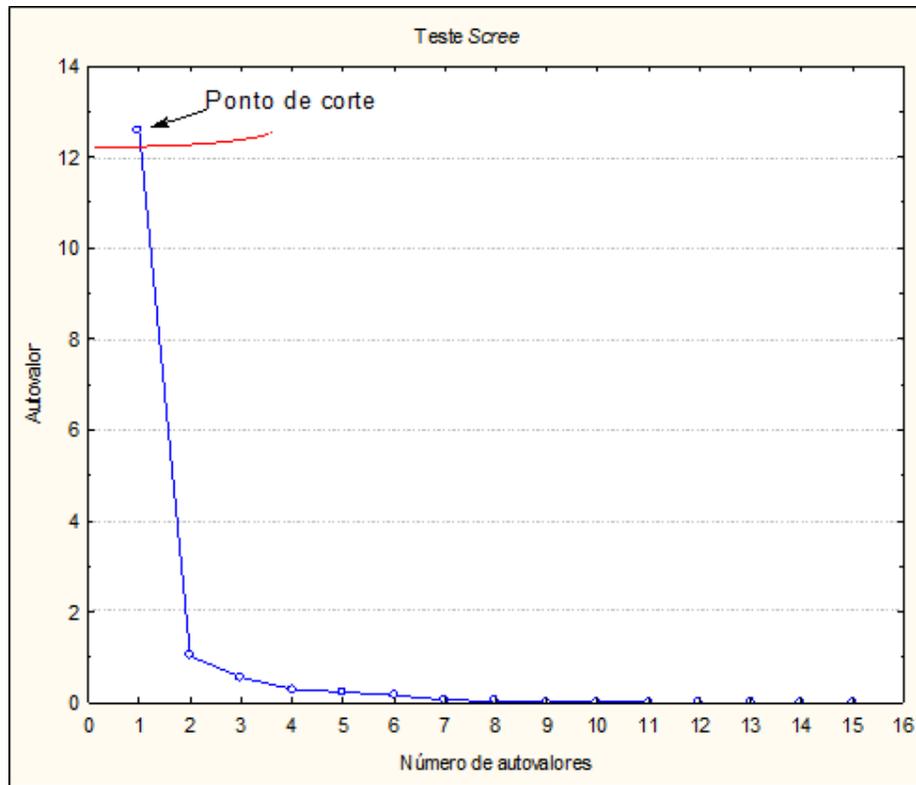


Figura 22. Estimativa dos autovalores das variáveis através do Teste Scree (Peixes-espada).

Variável	Fatores Principais Correlações Fatores marcados são > 0.70	
	Fator 1	
PCB 31	-0.84	
PCB 28	-0.86	
PCB 52	-0.78	
PCB 49	-0.99	
PCB 44	-0.98	
PCB 74	-0.99	
PCB 70	-0.99	
PCB 66	-0.98	
PCB 95	-0.97	
PCB 101	-0.98	
PCB 99	-0.94	
PCB 110	-0.98	
Expl.Var	10.65	
Prp.Totl	0.89	

Figura 234. Componentes principais dos PCBs das amostras de peixes-espada. Rotação: Varimax. (Fatores marcados são > 0,70).

#### 5.5.4. DISCRIMINAÇÃO DOS TECIDOS ESTUDADOS EM RELAÇÃO A TODAS AS ESPÉCIES

Por fim, todas as amostras de músculos e fígados oriundas das três espécies de peixes passaram pelo mesmo tratamento estatístico já citado anteriormente.

A matriz apresentou correlação significativa entre os congêneres PCB-31, -28, -52, -44, -70, -66, -95, -101 e -87 e peso dos indivíduos utilizados nestas análises. Além disso, apresentou também correlações entre os congêneres marcados na Figura 24.

Apenas dois fatores foram estipulados através do Teste *Scree* (Figura 25), os quais são responsáveis por 81% de variância dos valores referentes às concentrações encontradas nas espécies (Figura 26).

A tabela expressa através da Figura 27 apresenta as inter-relações entre as variáveis estudadas em todas as espécies. Assim, os congêneres PCB-31,-28, -44, -70, -66, -95, -101, -110 estão interligados pelo primeiro fator e são responsáveis por 65,70% da variância e os congêneres PCB-153 e -138 estão interligados e correspondem a 15,30% da variância.

Um gráfico em duas dimensões pode representar melhor estas inter-relações que dividem os parâmetros acima em grupos distintos (Figura 28).

Podemos também visualizar os grupos que puderam ser individualizados através desta análise de componentes principais. A Figura 29 aponta um dado interessante, pois distingue as amostras por tecido, separando-as em um grupo contendo músculos e um grupo contendo fígados.

Correlações (Todas as espécies - FIG E MUSC)															
Correlações marcadas são significantes em $p < 0,05000$															
Variable	Peso	PCB 31	PCB 28	PCB 52	PCB 44	PCB 70	PCB 66	PCB 95	PCB 101	PCB 99	PCB 87	PCB 110	PCB 118	PCB 153	PCB 138
Peso	1,00	-0,49	-0,42	-0,31	-0,43	-0,34	-0,37	-0,26	-0,21	-0,10	0,26	-0,13	-0,05	0,12	-0,15
PCB 31	-0,49	1,00	0,87	0,68	0,81	0,79	0,79	0,68	0,67	0,54	0,06	0,65	0,58	0,21	0,38
PCB 28	-0,42	0,87	1,00	0,71	0,82	0,88	0,89	0,72	0,74	0,60	0,15	0,71	0,65	0,23	0,40
PCB 52	-0,31	0,68	0,71	1,00	0,79	0,79	0,79	0,72	0,74	0,75	0,14	0,70	0,70	0,50	0,63
PCB 44	-0,43	0,81	0,82	0,79	1,00	0,90	0,87	0,87	0,83	0,72	0,23	0,79	0,76	0,33	0,42
PCB 70	-0,34	0,79	0,88	0,79	0,90	1,00	0,96	0,89	0,91	0,80	0,34	0,89	0,85	0,41	0,51
PCB 66	-0,37	0,79	0,89	0,72	0,87	0,96	1,00	0,89	0,90	0,79	0,30	0,86	0,83	0,42	0,49
PCB 95	-0,26	0,68	0,72	0,74	0,87	0,89	0,89	1,00	0,94	0,90	0,34	0,90	0,90	0,59	0,54
PCB 101	-0,21	0,67	0,74	0,75	0,83	0,91	0,90	0,94	1,00	0,91	0,38	0,93	0,95	0,66	0,59
PCB 99	-0,10	0,54	0,60	0,70	0,72	0,80	0,79	0,90	0,91	1,00	0,39	0,86	0,92	0,78	0,54
PCB 87	0,26	0,06	0,15	0,14	0,23	0,34	0,30	0,34	0,38	0,39	1,00	0,50	0,46	0,16	0,07
PCB 110	-0,13	0,65	0,71	0,70	0,79	0,89	0,86	0,90	0,93	0,86	0,50	1,00	0,93	0,56	0,56
PCB 118	-0,05	0,58	0,65	0,70	0,76	0,85	0,83	0,90	0,95	0,92	0,46	0,93	1,00	0,71	0,59
PCB 153	0,12	0,21	0,23	0,50	0,33	0,41	0,42	0,59	0,66	0,78	0,16	0,56	0,71	1,00	0,63
PCB 138	-0,15	0,38	0,40	0,63	0,42	0,51	0,49	0,54	0,59	0,54	0,07	0,56	0,59	0,63	1,00

Figura 24. Correlações entre variáveis oriundas de todas as espécies.

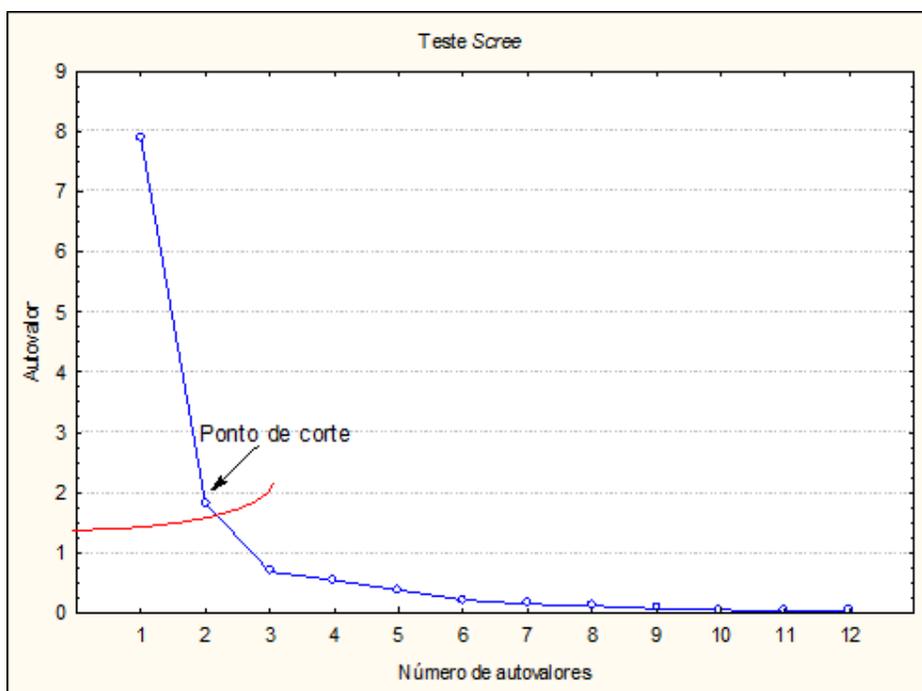


Figura 25. Estimativa dos autovalores das variáveis através do Teste *Scree* (Fígados e músculos de todas as espécies).

Autovalores (TUDO - FIG E MUSC)				
Extração: Principais componentes				
Valor	Autovalor	% Total de variância	Autovalor acumulado	Acumulado %
1	7.88	65.7	7.88	65.7
2	1.83	15.3	9.71	81.0

Figura 26. Autovalores dos componentes principais dos PCBs das amostras de todas as espécies.

Variável	Fatores Principais componentes Marcados são > 0,70	
	Factor 1	Factor 2
PCB 31	0,867513	0,090349
PCB 28	0,919997	0,089981
PCB 44	0,915704	0,201622
PCB 70	0,937505	0,271238
PCB 66	0,935268	0,251972
PCB 95	0,831610	0,444282
PCB 101	0,817845	0,497834
PCB 110	0,807027	0,440319
PCB 153	0,204903	0,849956
PCB 138	0,333874	0,721640
Expl.Var	6,396749	3,317736
Prp.Totl	0,533062	0,276478

Figura 27. Componentes principais dos PCBs das amostras de todas as espécies. Rotação: Varimax. (Fatores marcados são > 0,70).

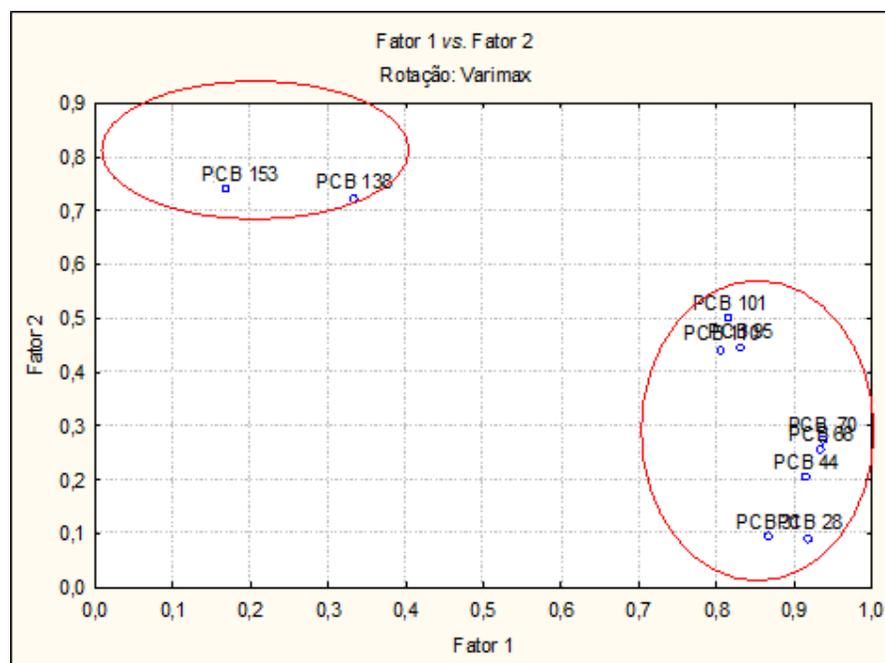


Figura 28. Gráfico em duas dimensões dos principais fatores encontrados na análise dos componentes principais de todas as amostras das três espécies de peixes analisados.

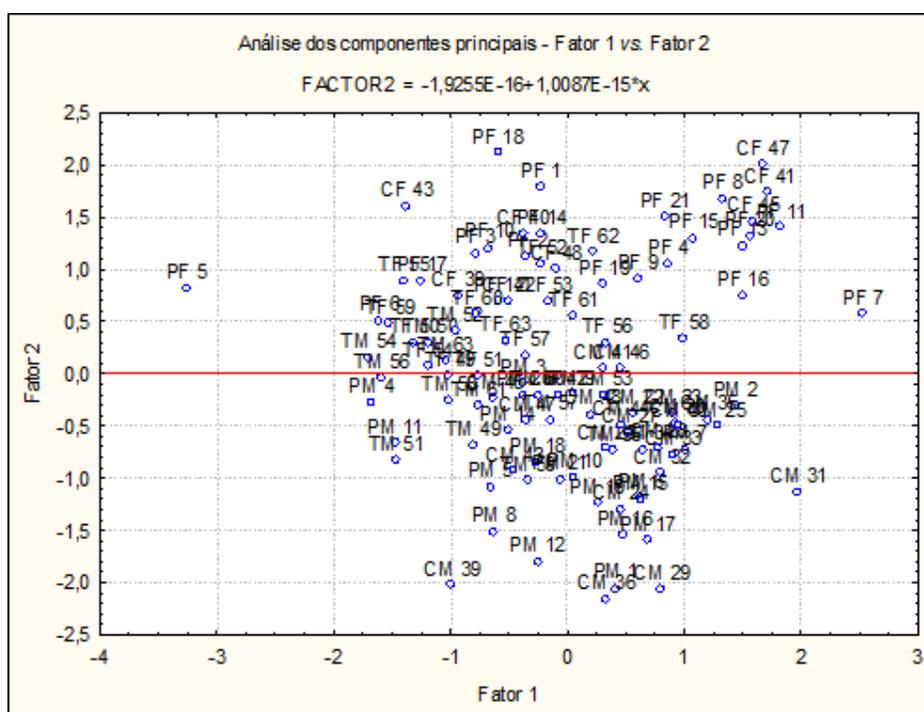


Figura 29. Análise dos componentes principais de todas as amostras analisadas.