

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES
CENTRO DE ESTUDOS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS NÍVEIS DE CÁDMIO, CROMO, COBRE,
CHUMBO E ZINCO EM PEIXES DO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE
VITÓRIA -ES.**

EDMAR AUGUSTO CAMPANHA FILHO

Vitória - ES

2001

EDMAR AUGUSTO CAMPANHA FILHO

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS NÍVEIS DE CÁDMIO, CROMO, COBRE,
CHUMBO E ZINCO EM PEIXES DO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE
VITÓRIA -ES.**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Ecologia e Recursos Naturais, do Departamento de Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, como pré-requisito para obtenção do título de Especialista em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Honório Coutinho de Jesus.

Co-orientador: Jean-Christophe Joyeux

Vitória - ES

2001

Orientador: Honório Coutinho de Jesus

Co-orientador: Jean-Christophe Joyeux

FICHA CATALOGRÁFICA

CAMPANHA FILHO, EDMAR AUGUSTO

Avaliação Preliminar dos Níveis de Cd, Cr, Cu,Pb e Zn em Peixes do Sistema Estuarino da Baía de Vitória-ES.

55 p., il., tabelas, gráficos e anexos.

Monografia de Especialização – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Palavras Chave : 1. Metais Pesados; 2. Peixes; 3. Estuário; 4. Vitória.

AGRADECIMENTOS

- ❖ Agradeço ao Departamento de Ecologia e Recursos Naturais - UFES, pela oportunidade concedida para a realização do curso.

- ❖ Aos professores do Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, pelo importante papel na difusão do conhecimento.

- ❖ Aos meus orientadores, Dr. Honório Coutinho de Jesus e Dr. Jean Christophe, pela orientação, incentivo e apoio.

- ❖ À Companhia Vale do Rio Doce, Laboratório Químico da Diretoria de Pelotização e Metálico, Vitória ES, que disponibilizou materiais e o laboratório químico para a realização deste trabalho. Em especial a Geraldo Gonçalves Freitas, Simonny Farias Guachalla e aos colegas de trabalho que compreenderam e contribuíram para a realização deste trabalho.

- ❖ Ao Laboratório de Utilidades e Meio Ambiente da Companhia Siderúrgica de Tubarão pelas análises de cádmio, cromo e chumbo por espectrofotometria de absorção atômica em forno de Grafite, em especial a Carlos Eurico Conte, Terezinha de Lurdes Loss e Bernardete Montovanelli Dalmaso.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Concentrações encontradas nos padrões e os valores certificados	24
Tabela 2	Dados biométricos dos peixes.....	25
Tabela 3	Concentrações de metais pesados no pescado da Baía de Vitória, ES...	26
Tabela 4	Correlações entre concentração e comprimento e peso em robalos.....	30
Tabela 5	Correlações entre concentração e comprimento e peso em tainhas.....	30
Tabela 6	Resultados da ANOVA para o cádmio.....	33
Tabela 7	Resultados da ANOVA para o cromo.....	34
Tabela 8	Resultados da ANOVA para o cobre.....	35
Tabela 9	Resultados da ANOVA para o chumbo.....	36
Tabela 10	Resultados da ANOVA para o zinco.....	37
Tabela 11	Autovalores dos eixos da análise em componentes principais.....	38
Tabela 12	Representação gráfica dos resultados da PCA: famílias.....	38
Tabela 13	Representação gráfica dos resultados da PCA: campanhas.....	40
Tabela 14	Limites máximos de metais tolerados pela legislação brasileira.....	41
Tabela 15	Concentrações de metais pesados no pescado da Baía de Sepetiba, RJ.	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Box-Plots para as concentrações de Cd, Cr e Cu em pescado.....	27
Figura 1 Continuação	Box-Plots para as concentrações de Pb e Zn em pescado.....	28
Figura 2	Variação da concentração de metais Cd, Cr e Cu em relação ao comprimento e peso.....	31
Figura 2 Continuação	Variação da concentração de metais Pb e Zn em relação ao comprimento e peso.....	32
Figura 3	Representação gráfica da PCA: famílias.....	39
Figura 4	Representação gráfica da PCA: campanhas.....	39

LISTA DE ANEXOS

Anexo I	Concentrações ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso úmido) dos metais em tainhas.....	52
Anexo II	Concentrações ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso úmido) dos metais em robalos.....	53
Anexo III	Concentrações ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) dos metais em tainhas.....	54
Anexo IV	Concentrações ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) dos metais em robalos.....	55

LISTA DE MAPAS

Mapa 1	Sistema estuarino da Baía de Vitória.	21
--------	--	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	OS METAIS PESADOS: ORIGEM, IMPORTÂNCIA FISIOLÓGICA E TOXIDEZ.....	15
3.	OBJETIVOS.....	19
3.1.	OBJETIVO GERAL.....	19
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1.	ESPÉCIES ESTUDADAS.....	20
4.2.	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.3.	COLETAS E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	22
4.4.	ANÁLISES QUÍMICAS.....	22
4.5.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	23
5.	RESULTADOS.....	24
5.1.	MATERIAL DE REFERÊNCIA.....	24
5.2.	DADOS BIOMÉTRICOS.DAS TAINHAS E ROBALOS.....	24
5.3.	CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS.....	25
5.4.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	29
5.4.1.	TRANSFORMAÇÃO DOS DADOS.....	29
5.4.2.	VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO COM COMPRIMENTO E PESO.....	29
5.4.3.	ANOVA PARA O CÁDMIO.....	33
5.4.4.	ANOVA PARA O CROMO.....	34
5.4.5.	ANOVA PARA O COBRE.....	35
5.4.6.	ANOVA PARA O CHUMBO.....	36
5.4.7.	ANOVA PARA O ZINCO.....	37
5.4.8.	ANÁLISE EM COMPONENTES PRINCIPAIS.....	37

6.	DISCUSSÃO.....	41
7.	CONCLUSÃO.....	46
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
	ANEXOS.....	51

RESUMO

Tecidos musculares de tainhas (*Mugil sp.*) e robalos (*Centropomus sp.*) da Baía de Vitória, ES, foram analisados por espectrometria de absorção atômica para determinar as concentrações dos metais cádmio, cromo, cobre, chumbo e zinco. As concentrações de cádmio, cobre e zinco aumentaram significativamente com o tamanho em robalos, e a concentração de cromo diminuiu com comprimento em tainhas. Significativamente maiores teores de cádmio e chumbo e menores de zinco foram encontrados em tainhas que em robalos. Os teores de cádmio e chumbo foram significativamente mais altos em fevereiro (verão) que em julho (inverno). As variações de concentração de cádmio e chumbo foram positivamente correlacionadas, como as de cobre e zinco. Os dois grupos são independentes do cromo e entre si. Somente o cromo apresentou concentrações acima dos máximos permitidos pela legislação brasileira, salientando a necessidade de estudos mais aprofundados.

SUMMARY

Muscular tissue from wild-caught mullet (*Mugil spp.*) and snook (*Centropomus spp.*) was tested through atomic absorption spectrometry to determine the contamination levels in cadmium, chromium, copper, lead and zinc. All fishes were captured in Baía de Vitória, a Brazilian tropical estuary with numerous outfalls of untreated industrial and residential sewage. In snook, cadmium, copper and zinc concentrations were positively correlated with size and weight. In mullet, chromium concentration decreased with increasing size and weight. Levels of cadmium and lead were significantly higher, and level of zinc significantly lower, in mullet than in snook. February (summer) concentrations of cadmium and lead were higher than in July (winter). Principal component analysis indicated that the metals could be assigned to three independent groups: 1) cadmium and lead, 2) copper and zinc, and 3) chromium. Only the latter presented concentrations above the maximum allowed by the Brazilian legislation, pointing out the local need for studies on heavy metal contamination.

1. INTRODUÇÃO

Os metais pesados são constituintes naturais da hidrosfera, sendo suas concentrações geralmente muito baixas e normalmente expressas em partes por bilhão. O desenvolvimento industrial e a expansão urbana elevaram as concentrações destes elementos considerados traços, causando diversas alterações ao meio ambiente (RAINBOW, 1985).

As maiores fontes de metais pesados para os ecossistemas aquáticos são: os efluentes urbanos (principalmente arsênio, cromo, cobre, manganês, e níquel); a queima de carvão vegetal (arsênio, mercúrio, e selênio); fundições metálicas não ferrosas (cádmio, níquel, chumbo e selênio), as indústrias de beneficiamento de ferro e aço (cromo, molibdênio, antimônio e zinco) e os depósitos de rejeito (arsênio, manganês e chumbo). No caso do chumbo, a principal entrada para os ecossistemas aquáticos é por via atmosférica (NRIAGU & PACYNA, 1988).

Em baixas concentrações vários metais pesados (por exemplo arsênio, cobre, ferro, molibdênio, e estanho) são essenciais para o metabolismo de vegetais e animais. Porém, em altas concentrações são tóxicos aos organismos (principalmente cádmio, mercúrio e chumbo), sendo prejudiciais por interferir na ação das enzimas e de outros agentes bioquímicos (FIFIELD & HAINES, 1995).

Os metais pesados se encontram na água geralmente em concentrações muito baixas e quase não detectáveis, os organismos aquáticos podem concentrá-los e apresentar, então, altas concentrações nos tecidos e, conseqüentemente, constituem a principal via de exportação de metais pesados do ambiente aquático para o terrestre via cadeia alimentar, podendo chegar até o homem (FOWLER, 1982; CETESB, 1986).

Os estuários, regiões de grande produtividade, têm sido duramente afetados pelo crescimento industrial e pela expansão urbana, precisando ser monitorados por ser áreas de pescarias de crustáceos, peixes e extração de moluscos bivalves, destinados ao consumo humano.

A avaliação de metais pesados em peixes da região de Vitória se faz necessário para subsidiar futuras decisões relativas à saúde pública e implementação de controle ambiental, provavelmente o pescado é uma importante via de acesso de metais pesados a certa faixa da população, que utiliza estes organismos aquáticos como sua

principal fonte de proteínas. Até o momento não existe qualquer trabalho sistemático acerca de metais pesado em peixes, porém tal avaliação foi realizada em moluscos (JESUS, et al., 1998; SARAIVA, 2000) apontando para uma ligeira contaminação destas espécies por Zn e Cr, principalmente.

2. OS METAIS PESADOS: ORIGEM, IMPORTÂNCIA FISIOLÓGICA E TOXIDEZ

CÁDMIO (Cd)

O cádmio é um elemento relativamente raro na natureza, com exploração iniciada no século vinte, sendo que metade da produção do cádmio foi realizada a partir de 1967 (NRIAGU, 1987). Estudos recentes mostraram que não há aumento da concentração de cádmio em áreas remotas como a Antártica e a Groelândia, não tendo sido afetado o seu ciclo global. (HUTCHINSON & MEEMA, 1987). O cádmio pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis, sendo também utilizado na produção de pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, praguicidas, etc (CETESB, [199-?]).

É um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar (CETESB, [199-?]). O cádmio atinge o corpo humano através da respiração e da ingestão de alimentos (NRIAGU, 1987). Um dos primeiros sinais de intoxicação é uma disfunção renal com uma excreção excessiva de proteínas através da urina. Exposição por longos períodos a baixas concentrações de cádmio resulta numa perda total ou parcial do olfato, problemas respiratórios, perda de peso, problemas gastrointestinal e diminuição da taxa de hemoglobina no sangue, hipertensão, arterosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer (DEMAYO, 1981; CETESB, [199-?]). Os efeitos patológicos associados à toxicidade do cádmio são severos e essencialmente irreversíveis. A eliminação é muito lenta, sendo sua meia vida no corpo humano estimada na faixa de 10 a 30 anos. Não há nenhum tratamento efetivo para a remoção do cádmio dos tecidos. A entrada de cádmio de todas as fontes excede a taxa na qual o cádmio é excretado e os níveis de cádmio aumentam continuamente ao longo da vida de um indivíduo (FDA, 1993 a).

CHUMBO (Pb)

Aproximadamente 96 % do chumbo presente na atmosfera é de origem antropogênica. A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes, além da sua utilização como aditivo anti-detonante na gasolina. Vários trabalhos citam entre 55 % a 90 % a contribuição da combustão da gasolina na concentração de chumbo na atmosfera (GRAIG, 1980). O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição, metalurgia, materiais de construção, plásticos, tintas, etc (CETESB, [199-?]). O principal meio de remoção de chumbo da atmosfera é pela chuva, sendo que 99 % do chumbo que entra na região costeira vêm através dos rios (GRAIG, 1980).

O chumbo age principalmente em três sistemas : o sistema hematológico, o sistema nervoso central e o sistema renal. A exposição ao chumbo tem sido relacionada ao retardo mental e a distúrbios no sistema reprodutor humano (DEMAYO, et al., 1980). Efeitos do chumbo são claramente observados em crianças, o quais possuem alta sensibilidade do seu sistema nervoso central, ainda em desenvolvimento. Investigações realizadas na Alemanha mostraram uma nítida associação entre o aumento da exposição do chumbo e o decréscimo da inteligência, bem como distúrbios comportamentais em crianças associadas ao chumbo (HUTCHINSON & MEEMA 1987).

O chumbo é uma substância tóxica acumulativa. A contaminação causada pela utilização excessiva do chumbo teve início no fim do Império Romano. Naquela época o consumo per capita de chumbo era de aproximadamente 4 kg/ano. (WALDRON & STOFFEN, 1974). Contudo a produção atual é bem superior. Nos EUA, em 1964 o consumo per capita era de aproximadamente 6 kg/ano. Uma intoxicação crônica por este metal pode levar a uma doença denominada saturnismo, que ocorre na maioria das vezes em trabalhadores expostos ocupacionalmente. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema periférico o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastro-intestinal, vômitos e diarreias (CETESB, [199-?]).

Níveis de 10 µg Pb/dL, encontrados em cordões umbilicais afetam adversamente o feto no desenvolvimento neurocomportamental. Os adultos absorvem de 5 a 15% do chumbo ingerido e retém menos de 5%, as crianças absorvem aproximadamente 50% do chumbo ingerido (FDA, 1993c)

CROMO (Cr)

O cromo comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel, fotografia. Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente este metal é tóxico (CETESB, [199-?]).

O cromo trivalente é um elemento essencial aos humanos, é requerido para a manutenção das taxas de gordura, metabolização do colesterol e insulina. Deficiência de cromo esta associada à queda nas taxas de glicose, algumas formas de diabetes e doenças cardiovasculares. Sua concentração decresce com a idade. Apenas 1% do cromo na dieta é absorvido. O cromo bivalente e hexavalente normalmente provem de fontes industriais sendo o cromo hexavalente solúvel em água e com tendência a ser reduzido a forma de cromo trivalente em pH decrescente. Na forma hexavalente o cromo é menos estável e mais reativo biologicamente (FDA, 1993b)

A contaminação do homem por este metal pode ser através da inalação ou ingestão dos seus compostos. A inalação de compostos a base de cromo podem provocar irritação e/ou inflamação na mucosa nasal, câncer de pulmão e até perfuração do septo nasal. Já a ingestão provoca irritação gastrointestinal, vômitos e diarreia (PURVES, 1985).

COBRE (Cu)

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, e precipitação atmosférica de fontes industriais. As

principais fontes industriais incluem indústrias de mineração, fundição e refino (CETESB, [199-?]).

O cobre é um elemento essencial na fisiologia dos animais aquáticos, altas concentrações deste metal são encontradas em crustáceos e moluscos, os quais o utilizam na formação do pigmento respiratório hemocianina. No homem o cobre possui grande importância fisiológica, pois participa na formação de proteínas. Entretanto, altas concentrações deste metal no homem podem provocar irritação estomacal e hemólise (CASTRO, 1975).

A ingestão de doses excessivamente altas pode acarretar irritação e corrosão da mucosa, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso central seguido de depressão. Entretanto, a intoxicação por cobre é muito rara. A presença de cobre no sistema de abastecimento de água, embora não constitua um perigo para a saúde, pode interferir com os usos domésticos (CETESB, [199-?]).

ZINCO (Zn)

O zinco pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, Este elemento é largamente utilizado em processos industriais, entre os quais destaca-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, e efluentes domésticos (CETESB, [199-?]).

Este metal possui grande importância fisiológica animal e vegetal. No homem, ele é responsável pela formação de aproximadamente 90 enzimas. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é extremamente raro. No entanto em altas doses provoca náuseas, vômito, sensação de paladar adocicado e secura na garganta, fraqueza generalizada, febre, além de necrose severa e ulceração caso a ingestão do metal seja na forma cloreto (DUCE et al., 1975).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

- Determinar os níveis dos metais pesados cádmio, cromo, cobre, chumbo e zinco em tecido muscular de tainhas (*Mugil spp.*) e robalos (*Centropomus spp.*).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a aceitabilidade do pescado para o consumo humano segundo a legislação brasileira;
- Determinar a relação entre teores dos metais com o comprimento e peso do pescado;
- Comparar as concentrações entre as espécies de pescado e períodos do ano;
- Detectar possíveis correlações entre os metais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ESPÉCIES ESTUDADAS

As espécies objeto deste trabalho pertencem às duas famílias Centropomidae (robalos) e Mugilidae (tainhas). Essas famílias foram escolhidas por serem relativamente abundantes na Baía de Vitória, atingirem um tamanho relativamente importante (o que proporciona uma possível bioacumulação e, também, um interesse do pescador em procurá-las), serem residentes nos estuários (e não utilizar estes somente como criadouro), e terem hábitos alimentares típicos e bastante diferentes (CARVALHO FILHO, 1999).

Os robalos são peixes de médio porte (até 1,3 m de comprimento) que toleram bem as variações de salinidade. São comuns em baías, estuários, e manguezais. São vorazes e o regime alimentar é baseado quase que somente sobre peixes e crustáceos, especialmente tainhas (Mugilidae) e manjubas (Engraulidae). Neste trabalho foram encontradas duas espécies: o robalo, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) e o robalo-peba, *Centropomus paralellus* (Poey, 1860). O primeiro atinge tamanho maior. O segundo é especialmente abundante em águas de menor salinidade. Os hábitos alimentares são semelhantes nas duas espécies.

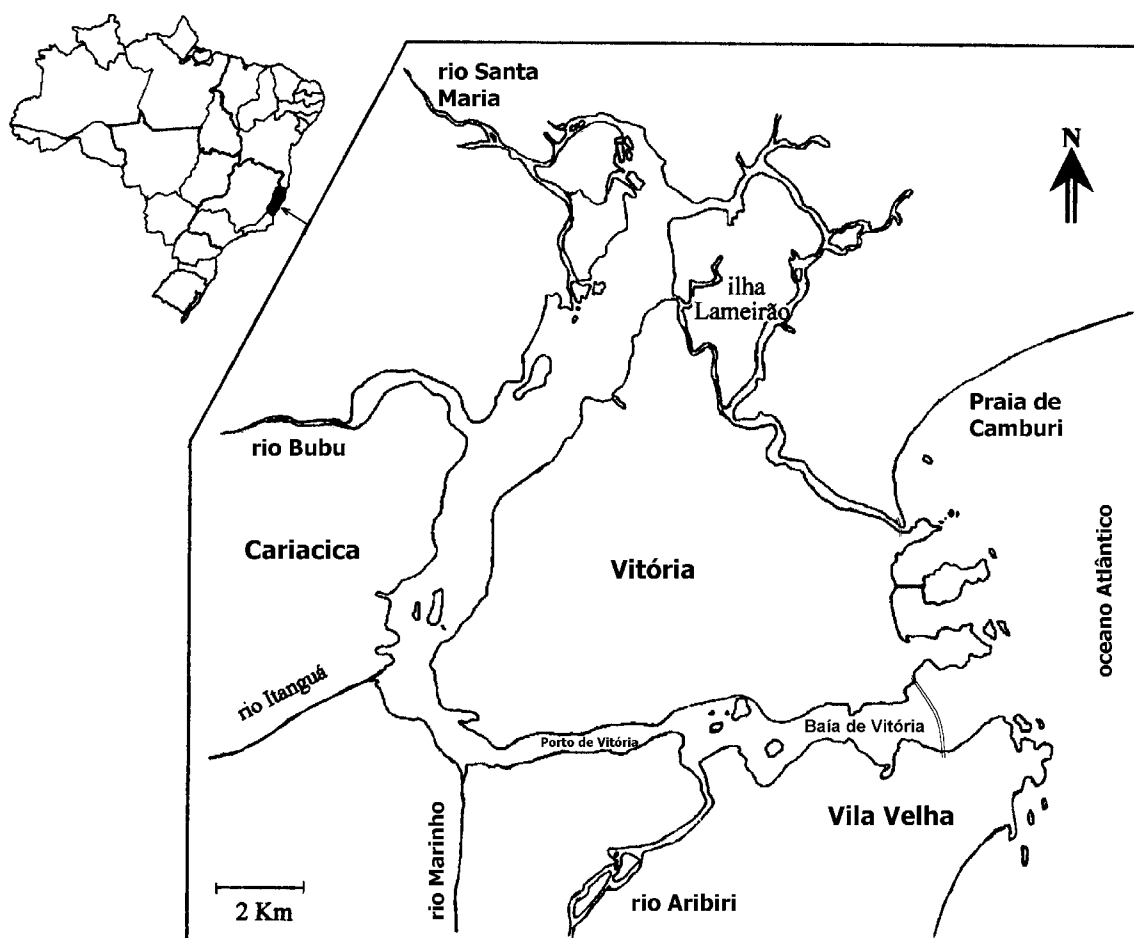
As tainhas, ou paratis, são peixes de porte médio (até 1 m de comprimento). Toleram altíssimas variações de salinidade e, dependente da espécie, podem ser encontrados indiferentemente em águas doces, salobras e marinhas. As espécies são de morfologias muito semelhantes e bem difíceis de se identificar. Todas comem algas, filme bacteriano, detritos orgânicos, e pequenos invertebrados catados no fundo. Foram encontradas neste trabalho as tainhas, *Mugil liza* (Valenciennes, 1836), o parati olho de fogo, *Mugil gairmardianus* (Desmarest, 1831) e *Mugil platanus* (Günther, 1880).

4.2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A ilha de vitória (20° 19' S e 40° 20' W) situa-se dentro de uma região estuarina, compreendida por um conjunto de tributários de grande porte (rio Santa Maria da Vitória) e de pequeno porte (rio Bubu, Itanguá, Marinho, Aribiri e Jucu), que

cambinados com o aporte marinho, propiciaram a criação de ambientes típicos, como o manguezal, ocupando no passado quase todo o entorno da ilha. Em geral, a influência humana tem contribuído ao longo destas décadas para a apreciável diminuição da área de manguezal no entorno da ilha de Vitória. Atualmente, os manguezais ocupam uma área de 18 km², e sua destruição afeta intimamente a pesca artesanal e costeira. Várias comunidades humanas têm se proliferado nas áreas de manguezais, como a de São Pedro, Santo Antônio, de Maria Ortiz e de Aribiri. A área de manguezal mais preservada refere-se a parte norte do estuário, compreendida pela ilha do Lameirão (Reserva Biológica Municipal- Lei nº 3326), e ocupando uma área de 4,9 km². Nos manguezais de Vitória, várias espécies são utilizadas pela população local para alimentação (Sá, 1995)

Mapa 1 – Sistema estuarino da Baía de Vitória



4.3. COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

Foram feitas duas campanhas de amostragens, uma na estação chuvosa (fevereiro de 2001) e outra na estação seca (julho de 2001). Para cada campanha foram coletados dez peixes de cada família (tainhas e robalos). De cada peixe foi retirado duas réplicas de músculos (parte comestível). As duas campanhas de amostragem geraram um total de 40 amostras (com uma réplica por amostra). Considerando o número de amostras, réplicas e os elementos Cd, Cr, Cu, Pb e Zn, realizamos um total de 400 análises. Os peixes foram adquiridos de pescadores locais, logo após sua captura. Foram anotados os pesos e tamanhos. As amostras foram acondicionadas em saco plástico, sob refrigeração. No laboratório, foram acondicionados em freezer até o momento da retirada das partes a serem analisadas.

As amostras foram descongeladas e o excesso de água retirado cuidadosamente com papel absorvente. Foi pesado cerca de 3g da amostra (músculo da parte comestível do peixe), em balança digital com precisão de 0,001g. A digestão foi realizada em bombas de teflon no forno de microondas com 5ml de ácido nítrico P.A. A solução resultante foi transferida para um balão volumétrico de 25ml e completada com água deionizada (AMARAL, 1989). O teor de água das amostras foi determinado após secagem das amostras em estufas a 100°C até peso constante (MO & NEILSON, 1994).

Porções representativas das amostras foram mantidas congeladas em freezer, para, se necessário, repetir as análises.

4.4. ANÁLISES QUÍMICAS

Os metais pesados foram analisados por espectrometria de absorção atômica, através dos procedimentos recomendados pelo fabricante. Utilizou-se chama (Perkin-Elmer 5100) para Zn e Cu e forno de grafite (Varian Gemini 12/1475 GTA-96) para Cd, Pb e Cr. As análises foram efetuadas com uso de curvas de calibração, tendo sido certificadas com os materiais de referência MA-A2 (Fish flesh da International Atomic Energy Agency) e DORM-2 (Dogfish Muscle da National Research Council Canadá).

Duas leituras de cada réplica foram feitas. As médias das leituras foram utilizadas nas análises para amenizar diferenças no protocolo de análise, os resultados foram expressos em $\mu\text{g.g}^{-1}$ de peso úmido ($\mu\text{g.g}^{-1}$ p.u), para comparação com os valores máximos de metais permitidos pelos órgãos sanitários. O teor de água das amostras foi determinado para possibilitar a conversão das concentrações de $\mu\text{g.g}^{-1}$ de peso úmido em $\mu\text{g.g}^{-1}$ de peso seco.

4.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Com o objetivo de detectar diferenças nos teores dos metais pesados entre 'famílias' (robalos tainhas) e entre campanhas, foram conduzidas análises de variância paramétricas para cada um com pacote estatístico SPSS, (Inc, 1989). O modelo de ANOVA com medidas repetidas foi considerado adequado desde que duas réplicas foram coletadas em cada indivíduo (ZAR, 1999). As variáveis dependentes (as concentrações em metal) foram transformadas e testadas por normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors; LEGENDRE & LEGENDRE, 1983), antes de serem incluídas nos modelos. Nos casos que nenhuma transformação consiga normalizar a distribuição dos dados, um nível de significância $\alpha = 0,01$ (1%) foi utilizado. Nos outros casos, o nível de $\alpha = 0,05$ (5%) foi usado.

Uma análise de componentes principais (PCA em inglês, ou ACP em português) foi realizada sobre os dados coletados nas duas famílias e duas campanhas, no âmbito de se detectar possíveis comportamentos paralelos (VALENTIN, 2000). O pacote estatístico utilizado foi o MVSP (Kovach Computing Services, 1985). As variáveis utilizadas foram as concentrações dos cinco metais, transformadas como previamente descrito, centralizadas (média = 0), e reduzidas (desvio padrão = 1).

5. RESULTADOS

5.1. MATERIAL DE REFERÊNCIA

As análises foram acompanhadas com materiais de referência certificados MA-A-2 e DORM-2 (Tabela 1). De uma forma geral as análises dos materiais de referência certificados ficaram dentro da faixa de variabilidade contida no certificado. O material de referência MA-A-2 foi introduzido na segunda campanha, pois os valores encontrados para cromo no padrão DORM-2 ficaram abaixo do desvio permitido. Outro motivo é que os valores de cromo do MA-A-2 estão bem mais próximos das concentrações encontradas nas amostras de tainhas e robalos.

Tabela 1 – Concentrações encontradas nas amostras padrões e os valores certificados em $\mu\text{g.g}^{-1}$. As incertezas são representadas pelos limites com 95% de tolerância para amostra individual (DORM-2) ou erro padrão do valor médio (MA-A-2).

Referência	Teores				
MA-A-2	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Valor Certificado	0,066 ($\pm 0,004$)	1,30 ($\pm 0,10$)	4,0 ($\pm 0,10$)	0,58 ($\pm 0,07$)	33 (± 1)
Valor Analisado 2º Campanha	0,072	1,36	3,94	0,65	35,8
DORM-2	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Valor Certificado	0,043 ($\pm 0,008$)	34,7 ($\pm 5,5$)	2,34 ($\pm 0,16$)	0,065 ($\pm 0,007$)	25,6 ($\pm 2,3$)
Valor Analisado 1º Campanha	0,047	29,3	2,28	0,081	26,9
Valor Analisado 2º Campanha	0,047	27,49	2,35	0,059	27,5

5.2. DADOS BIOMÉTRICOS

Para detectar uma possível bioacumulação, os peixes foram medidos e pesados. Os dados biométricos dos peixes estudados estão na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados biométricos (comprimento total e peso) dos peixes do complexo estuarino da Ilha do Lameirão, Vitória – ES.

Espécies	Campanha 01		Campanha 02	
	Tamanho (cm)	Peso (g)	Tamanho (cm)	Peso (g)
Tainha	18	55	20	78
	26	190	22	138
	26	200	24,5	146
	27,5	230	28	194
	28	220	29	232
	31	270	31,5	276
	32	286	34	296
	32,5	310	34	314
	34	352	36	398
	35	398	50	905
Robalo	26	210	19	68
	26	210	20	72
	28	270	22	104
	31	310	25	156
	34	330	42	684
	48	975	46	916
	50	1170	50	1000
	50	1170	50	1166
	60	1820	62	2050
70	3550	65	2800	

5.3. CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS

Os anexos I, II, III e IV apresentam as concentrações dos metais cádmio, cobre, cromo, chumbo e zinco obtidos em tainhas e robalos, sendo que os anexos I (tainhas) e II (robalos) apresentam as concentrações dos metais em peso úmido e os anexos III (tainhas) e IV (robalos) apresentam as concentrações em peso seco. Os resultados expressos em peso úmido são para comparações com os limites máximos permitidos pela legislação brasileira (BRASIL, 1998) e pelo United States Food and Drug Administration (FDA, 1993a, b & c). As concentrações em peso seco são para auxiliar futuras comparações com outros trabalhos que tenham sido feitos em peso seco.

Um sumário das concentrações de metais pesados encontrados nas amostras analisadas é apresentado na Tabela 3. Os resultados encontrados para cada metal serão discutidos separadamente.

Tabela 3 – concentrações médias e extremas de metais pesados em peixes do sistema estuarino da Baía de Vitória – E.S, em $\mu\text{g.g}^{-1}$ de peso úmido.

Família	Estatística	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Tainha	Média	0,030	0,151	0,21	0,27	3,26
	Mínimo	0,020	0,106	0,15	0,15	2,80
	Máximo	0,040	0,210	0,37	0,41	4,26
Robalo	Média	0,026	0,161	0,26	0,23	6,14
	Mínimo	0,010	0,097	0,11	0,09	2,84
	Máximo	0,039	0,410	0,53	0,37	13,54

As distribuições dos valores de concentração dos metais nas amostras de peixes (tainhas e robalos) das duas campanhas podem ser visualizadas a seguir através de gráficos na forma de box-plot (Figura 1).

Os valores de Cd encontrados em robalos e tainhas na primeira e segunda campanha foram semelhantes (Figura 1a & 1b), a exceção dos robalos da segunda campanha que tiveram concentrações mais baixas que na primeira campanha.

As concentrações de Cr são parecidas entre tainhas e robalos da primeira e segunda campanha (Figura 1c & 1d), sendo que na segunda campanha os dados ficaram mais dispersos que na primeira campanha. Houve dois *outliers* nos dados transformados, para dois robalos, sendo um na primeira campanha e o outro na segunda campanha (Figura 1d).

A distribuição do Cu apresentaram valores semelhantes para tainhas e robalos embora, para as duas campanhas, os valores foram mais dispersos nos robalos (Figura 1e & 1f). Houve um *outlier* nos valores transformados em um robalo da primeira campanha (Figura 1f).

A distribuição do Pb evidenciou que os valores da segunda campanha ficaram abaixo dos valores da primeira campanha. Houve dois *outliers*, ambos robalos da primeira campanha (Figura 1g).

De maneira geral, as concentrações de Zn foram mais baixas nas tainhas que nos robalos. Houve um *outlier*, em uma tainha da segunda campanha. (Figura 1h & 1i).

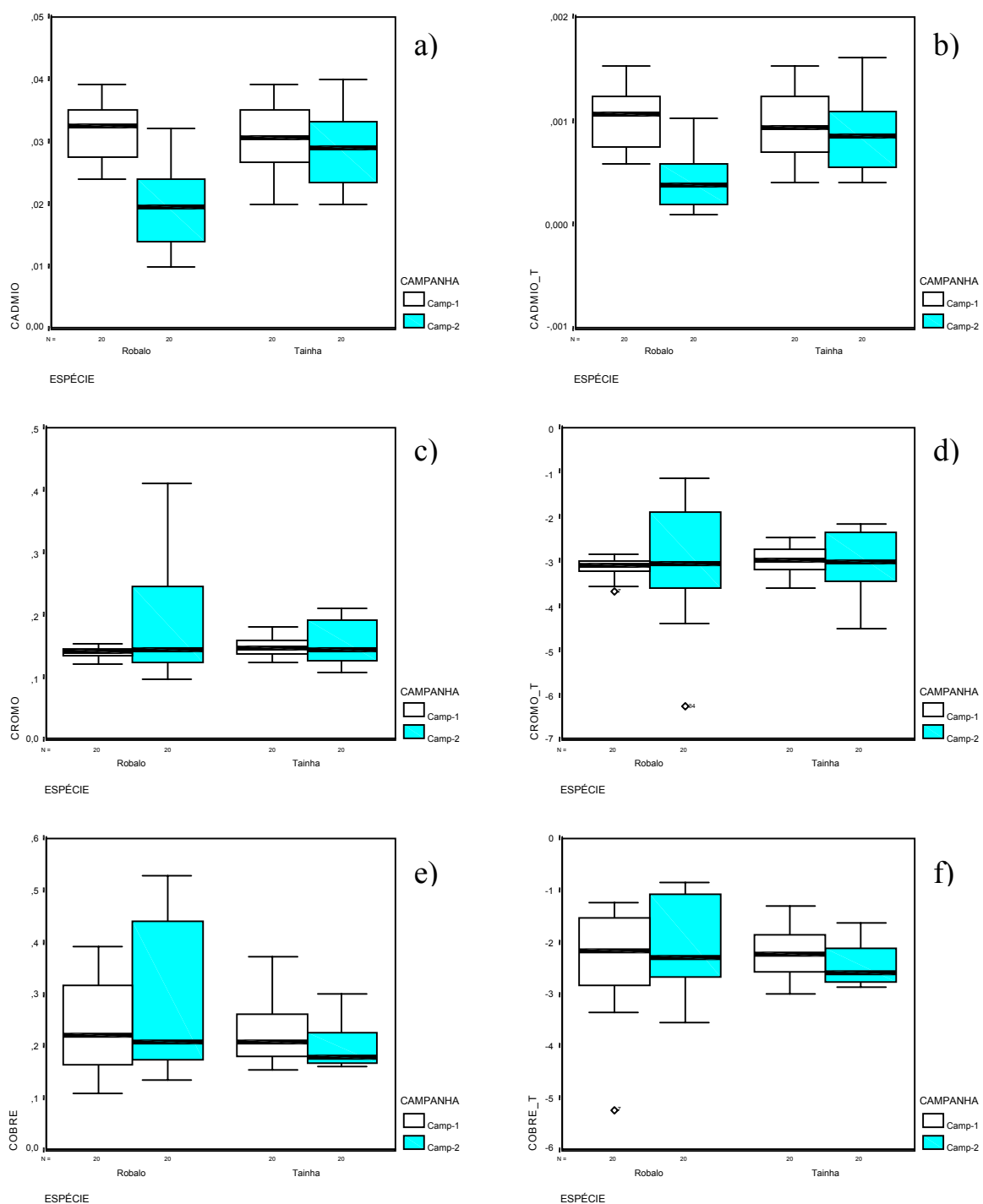


Figura 1 - Box-plots para as concentrações em metais encontrados em robalos e tainhas nas duas campanhas. À esquerda, os valores não transformados. À direita, os valores transformados através das formulas dadas no texto (Seção 5.4.1.): a), b) cádmio; c), d) cromo; e), f) cobre. Ver pagina seguinte para explicações. O "T" subsequente ao nome do metal indica que a variável foi transformada.

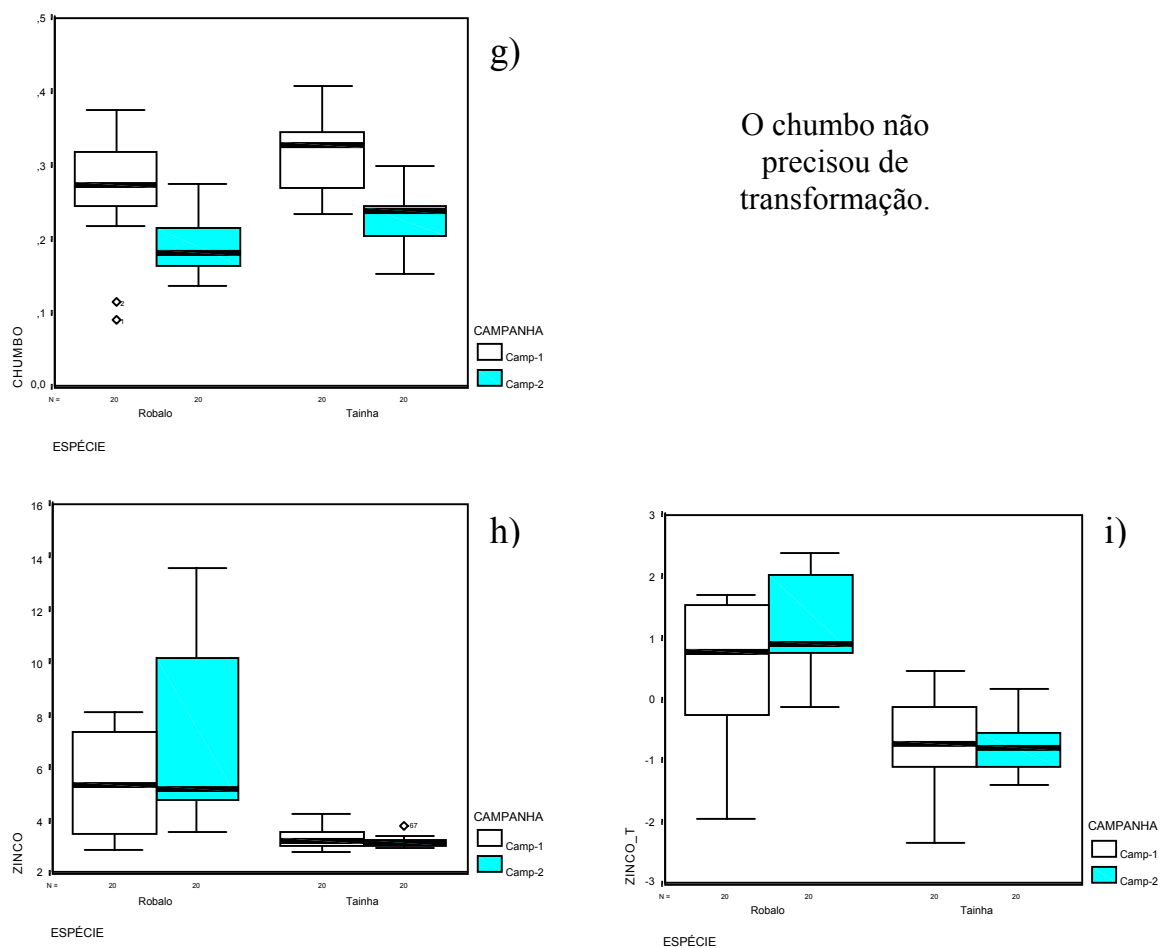


Figura 1 continuação – Box-plots para as concentrações em metais encontrados em robalos e tainhas nas duas campanhas. À esquerda, os valores não transformados. À direita, os valores transformados através das formulas dadas no texto (Seção 5.4.1.): g) chumbo; h), i) zinco. A linha horizontal forte é a mediana da distribuição; a caixa está definida pelos dois interquartis e contém 50% dos dados; as barras verticais são os extremos (mínimo e máximo), excluindo-se os dados que o programa define como "outliers" (círculos). As duas réplicas obtidas de cada peixe foram utilizadas. O "T" subsequente ao nome do metal indica que a variável foi transformada. O chumbo (5.4.1.) não precisou de transformação.

5.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

5.4.1. TRANSFORMAÇÃO DOS DADOS

Os testes de normalidade sobre as concentrações de cádmio e zinco indicou as variáveis tinham uma distribuição significativamente diferente de normal ($p = 0,021$, e $p \leq 0,001$, respetivamente). Após transformação quadrática (concentração à potencia 2 : $Cd(\text{transformada}) = Cd^2$) e logarítmica ($Zn(\text{transformada}) = \log_e(Zn - 2,70)$), as distribuições dos dados não eram significativamente diferente de normal ($p \geq 0,200$, e $p = 0,070$, respetivamente). As variáveis transformadas foram utilizadas nas análises a seguirem, utilizando-se $\alpha = 0,05$.

As concentrações de cromo e cobre tinham uma distribuição diferente de normal ($p \leq 0,001$, e $p \leq 0,001$, respetivamente). Após transformações logarítmicas ($Cr(\text{transformada}) = \log_e(Cr - 0,095)$; $Cu(\text{transformada}) = \log_e(Cu - 0,104)$), as distribuições dos dados ainda eram significativamente diferente de normal ($p = 0,018$, e $p = 0,031$, respetivamente). A variáveis transformadas foram utilizadas nas análises utilizando-se um nível de significância $\alpha = 0,01$.

O teste de normalidade sobre as concentrações de chumbo indicou a variável original ter uma distribuição normal ($p \geq 0,200$), e a variável foi utilizada sem transformação, com $\alpha = 0,05$.

5.4.2. VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO EM RELAÇÃO AO COMPRIMENTO E PESO

Para determinar o grau de associação existente entre acumulação de metais pesados em relação ao comprimento e peso, foi empregada a correlação linear (ZAR, 1999). As correlações foram realizadas considerando as famílias (robalos e tainhas) separadamente.

Para os robalos (Tabela 4 & Figura 2), observou-se correlações significativas e positivas entre concentração e comprimento e peso para o cádmio (Figura 2a & 2b), cobre (Figura 2e & 2f) e zinco (figura 2i & 2j). Para o cromo (Figura 2c & 2d) e o chumbo (Figura 2g & 2h), as correlações não foram significantes.

Tabela 4 - Correlações lineares (r = coeficiente de Pearson) entre concentração em metais (dados transformados) e dados biométricos dos robalos. As duas réplicas de cada indivíduo foram utilizadas ($n = 40$ para todos os metais). n.s. = não significativo.

Metal	Comprimento (cm)		Peso (g)	
	r	Significância*	r	Significância*
Cádmio_t	0,343	0,030	0,328	0,039
Cromo_t	0,332	n.s.	0,396	n.s.
Cobre_t	0,644	$\leq 0,001$	0,647	$\leq 0,001$
Zinco_t	0,573	$\leq 0,001$	0,588	$\leq 0,001$
Chumbo	0,075	n.s.	0,014	n.s.

* : ao nível de significância $\alpha = 0,05$ para Cd, Pb e Zn; ao nível $\alpha = 0,01$ para Cr e Cu.

Para as tainhas (Tabela 5 & Figura 2), observou-se uma correlação significativa e negativa entre a concentração e o comprimento e peso para o cromo (Figura 2c & 2d). As correlações não foram significantes nos casos do cádmio (Figura 2a & 2b), cobre (Figura 2e & 2f), zinco (figura 2i & 2j) e chumbo (Figura 2g & 2h).

Tabela 5 - Correlações lineares (r = coeficiente de Pearson) entre concentrações em metais (dados transformados) e dados biométricos das tainhas. As duas réplicas de cada indivíduo foram utilizadas ($n = 40$ para todos os metais). n.s. = não significativo.

Metal	Comprimento (cm)		Peso (g)	
	r	Significância*	r	Significância*
Cádmio_t	0,140	n.s.	-0,028	n.s.
Cromo_t	-0,498	0,001	-0,316	0,047
Cobre_t	-0,217	n.s.	-0,241	n.s.
Zinco_t	-0,034	n.s.	-0,066	n.s.
Chumbo	0,233	n.s.	0,166	n.s.

* : ao nível de significância $\alpha = 0,05$ para Cd, Pb e Zn; ao nível $\alpha = 0,01$ para Cr e Cu.

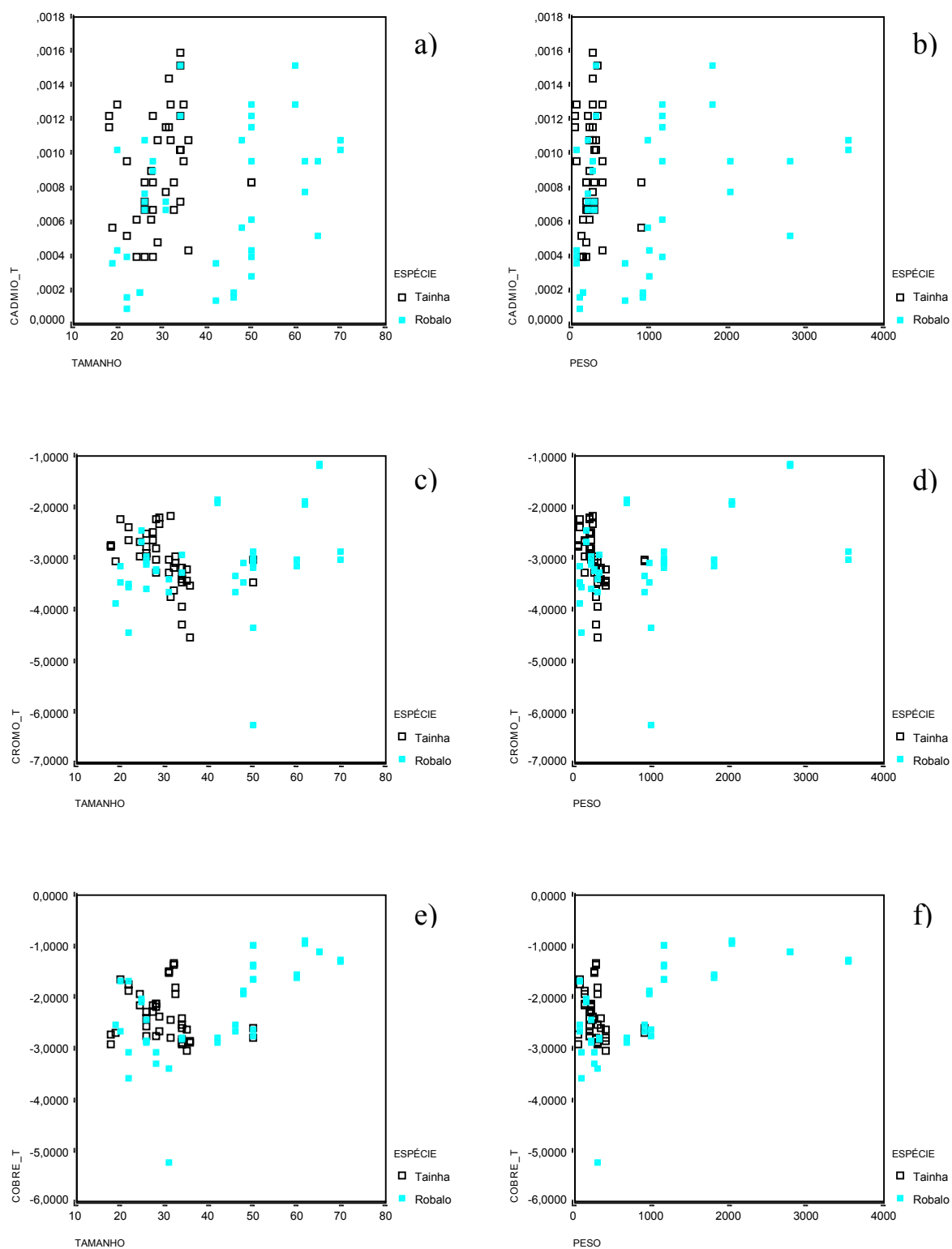


Figura 2 - Variação da concentração em metais (valores transformados) em relação ao tamanho (comprimento em centímetros, na esquerda) e ao peso (em gramas, na direita), em robalos e tainhas nas duas campanhas. a), b) cádmio; c), d) cromo; e), f) cobre.

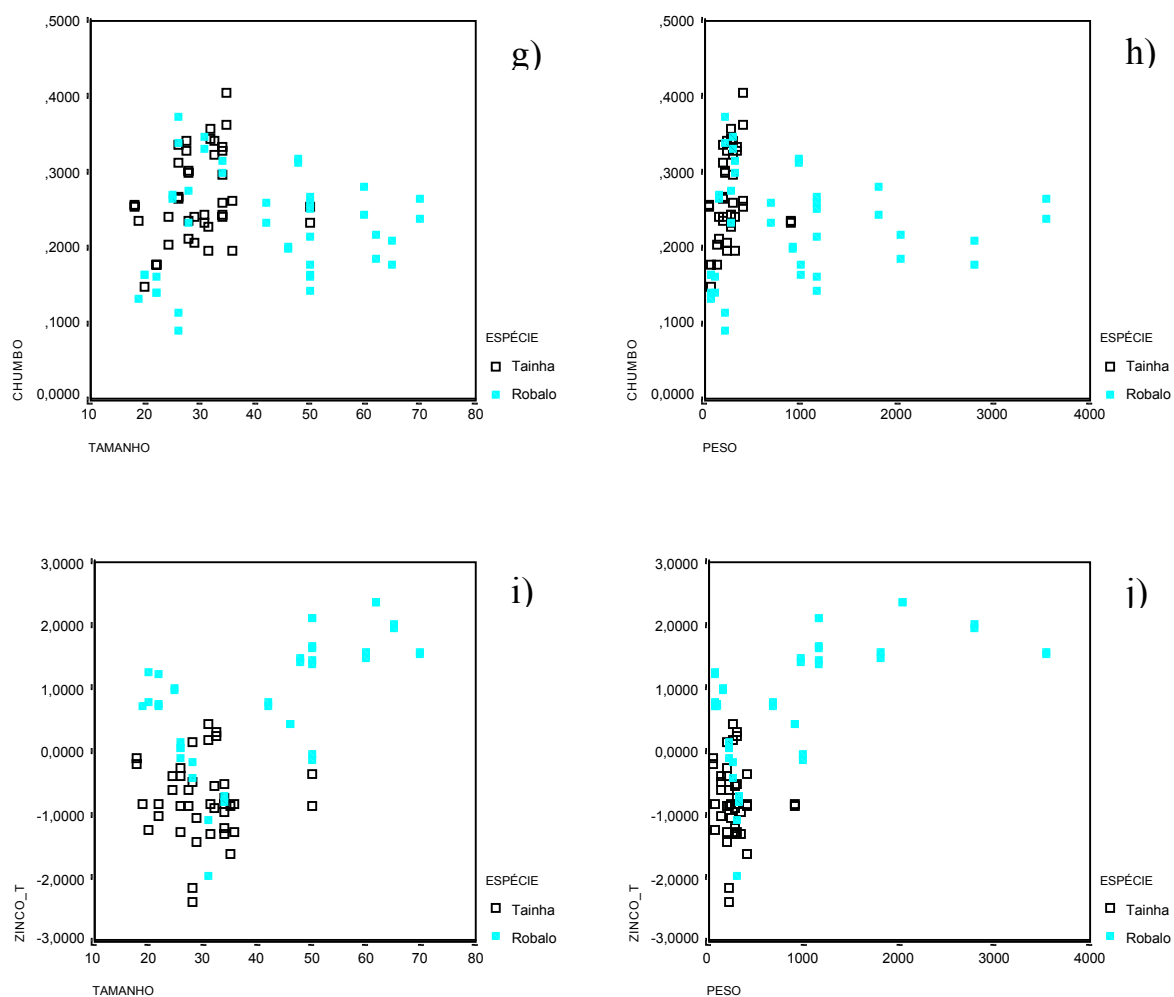


Figura 2 - continuação : Variação da concentração em metais (valores transformados) em relação ao tamanho (comprimento em centímetros, na esquerda) e ao peso (em gramas, na direita), em robalos e tainhas nas duas campanhas. g), h) chumbo; i), j) zinco. As duas amostras provenientes de cada animal são mostradas. Tainhas são representadas pelos quadrados verdes, robalos pelos quadrados vermelhos.

5.4.3. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O CÁDMIO

Os testes dentro-do-sujeito (within-subject) demonstraram que não houve diferenças significativas ($\alpha = 0,05$) entre as amostras a e b (Tabela 6). Uma correlação levemente significativa ($p = 0,041$) na interação réplica*campanha indicou uma maior variabilidade entre réplicas (a e b; anexos I e II) oriundas de um mesmo indivíduo na segunda campanha.

Os testes entre-sujeitos (between-subjects) mostraram que houve diferenças significativas entre famílias ($p = 0,042$; tainha > robalo), entre campanhas ($p \leq 0,001$; campanha 1 > campanha 2), e na interação família*campanha ($p = 0,008$) (Tabela 6).

Tabela 6 - Estatísticas da análise de variância realizada sobre o teor de cádmio. O nível de significância é $\alpha = 0,05$. n.s. = não significante.

Fonte	Graus de liberdade	Quadrado médio	Estatística F	Significância
Within-subject				
Réplica	1	$2,7 \cdot 10^{-09}$	0,062	n.s.
Réplica * Família	1	$5,1 \cdot 10^{-10}$	0,014	n.s.
Réplica * Campanha	1	$1,6 \cdot 10^{-07}$	4,480	0,041
Réplica * Família * Campanha	1	$3,7 \cdot 10^{-10}$	0,010	n.s.
Erro	36	$3,7 \cdot 10^{-08}$		
Among-subjects				
Interceção	1	$5,4 \cdot 10^{-05}$	353	< 0,001
Família	1	$6,9 \cdot 10^{-07}$	4,46	0,042
Campanha	1	$2,3 \cdot 10^{-06}$	15,2	< 0,001
Família * Campanha	1	$1,2 \cdot 10^{-06}$	7,90	0,008
Erro	36	$1,5 \cdot 10^{-07}$		

5.4.4. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O CROMO

Os testes dentro-do-sujeito (within-subject) demonstraram que não houve diferenças significativas ($\alpha = 0,01$) entre as réplicas a e b (Tabela 7; anexos I e II), nem nas interações.

Os testes entre-sujeitos (between-subjects) mostraram que não houve diferenças significativas entre famílias, entre campanhas, e na interação (Tabela 7).

Tabela 7 - Estatísticas da análise de variância realizada sobre o teor de cromo. O nível de significância é $\alpha = 0,01$. n.s. = não significante.

Fonte	Graus de liberdade	Quadrado médio	Estatística F	Significância
Within-subject				
Réplica	1	$2,4*10^{-02}$	0,283	n.s.
Réplica * Família	1	$5,1*10^{-02}$	0,599	n.s.
Réplica * Campanha	1	0,280	3,289	n.s.
Réplica * Família * Campanha	1	$4,1*10^{-02}$	0,484	n.s.
Erro	36	$8,5*10^{-02}$		
Among-subjects				
Interceção	1	744,8	718,8	< 0,001
Família	1	$7,0*10^{-02}$	0,067	n.s.
Campanha	1	$2,9*10^{-02}$	0,028	n.s.
Família * Campanha	1	0,248	0,240	n.s.
Erro	36	1,036		

5.4.5. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O COBRE

Os testes dentro-do-sujeito (within-subject) demonstraram que não houve diferenças significativas ($\alpha = 0,01$) com relação às réplicas a e b (anexos I e II), entre campanhas, as famílias e na interação entre campanhas e famílias (Tabela 8).

Os testes entre-sujeitos (between-subjects) mostraram que não houve diferenças significativas entre famílias, entre campanha, e na interação Famílias*Campanhas (Tabela 8).

Tabela 8 - Estatísticas da análise de variância realizada sobre o teor de cobre. O nível de significância é $\alpha = 0,01$. n.s. = não significante.

Fonte	Graus de liberdade	Quadrado médio	Estatística F	Significância
Within-subject				
Réplica	1	$9,1 \cdot 10^{-02}$	1,772	n.s.
Réplica * Família	1	0,101	1,970	n.s.
Réplica * Campanha	1	0,149	2,910	n.s.
Réplica * Família * Campanha	1	$3,7 \cdot 10^{-02}$	0,726	n.s.
Erro	36	$5,1 \cdot 10^{-02}$		
Among-subjects				
Interceção	1	408,0	386,0	< 0,001
Família	1	0,334	0,316	n.s.
Campanha	1	$5,9 \cdot 10^{-03}$	0,006	n.s.
Família * Campanha	1	1,37	1,30	n.s.
Erro	36	1,06		

5.4.6. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O CHUMBO

Os testes dentro-do-sujeito (within-subject) demonstraram que não houve diferenças significativas ($\alpha = 0,05$) entre réplicas a e b (Tabela 9; anexos I e II). Uma correlação significativa ($p = 0,018$) na interação réplica*campanha indicou a primeira réplica (a) ser significativamente inferior a segunda (b) na primeira campanha, enquanto o oposto ($a > b$) ocorreu na segunda campanha. As outras interações não foram significativas.

Os testes entre-sujeitos (between-subjects) mostraram que houve diferenças significativas entre famílias ($p = 0,017$; tainha > robalo) e entre campanhas ($p \leq 0,001$; campanha 1 > campanha 2).

Tabela 9 - Estatísticas da análise de variância realizada sobre o teor de chumbo. O nível de significância é $\alpha = 0,05$. n.s. = não significante.

Fonte	Graus de liberdade	Quadrado médio	Estatística F	Significância
Within-subject				
Réplica	1	$3,5 \cdot 10^{-04}$	1,305	n.s.
Réplica * Família	1	$4,2 \cdot 10^{-05}$	0,156	n.s.
Réplica * Campanha	1	$1,7 \cdot 10^{-07}$	6,126	0,018
Réplica * Família * Campanha	1	$2,6 \cdot 10^{-05}$	0,098	n.s.
Erro	36	$2,7 \cdot 10^{-04}$		
Among-subjects				
Interceção	1	5,026	1015	< 0,001
Família	1	$3,1 \cdot 10^{-02}$	6,287	0,017
Campanha	1	0,139	28,10	< 0,001
Família * Campanha	1	$2,8 \cdot 10^{-04}$	0,057	n.s.
Erro	36	$5,0 \cdot 10^{-03}$		

5.4.7. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O ZINCO

Os testes dentro-do-sujeito (within-subject) demonstraram que não houve diferenças significativas ($\alpha = 0,05$) entre as réplicas (Tabela 10).

Os testes entre-sujeitos (between-subjects) mostraram que houve diferenças significativas entre espécies ($p \leq 0,001$; tainha < robalo). Entre campanhas e na interação família*campanha não houve diferenças significativas (Tabela 10)

Tabela 10 - Estatísticas da análise de variância realizada sobre o teor de zinco. O nível de significância é $\alpha = 0,05$. n.s. = não significante.

Fonte	Graus de liberdade	Quadrado médio	Estatística F	Significância
Within-subject				
Réplica	1	$9,8 \cdot 10^{-02}$	1,383	n.s.
Réplica * Família	1	$6,4 \cdot 10^{-03}$	0,091	n.s.
Réplica * Campanha	1	0,229	3,244	n.s.
Réplica * Família * Campanha	1	$2,3 \cdot 10^{-02}$	0,320	n.s.
Erro	36	$7,1 \cdot 10^{-02}$		
Among-subjects				
Interceção	1	0,180	0,138	n.s.
Família	1	50,00	38,32	< 0,001
Campanha	1	1,236	0,948	n.s.
Família * Campanha	1	2,682	2,056	n.s.
Erro	36	1,305		

5.4.8. ANÁLISES EM COMPONENTES PRINCIPAIS

Os dois primeiros eixos definidos pela análise em componentes principais (PCA) realizada sobre os dados ambientais explicam 67% da variação observada (Tabela 11).

O primeiro eixo é essencialmente uma combinação linear das variáveis zinco e cobre [em uma PCA, a coordenada de uma variável ou amostra sobre um eixo é igual à correlação com este eixo] (Tabela 12). Essas variáveis foram positivamente correlacionadas (Tabela 12; Figura 3b), ou seja aumentam (ou diminuem) juntas. O

segundo eixo (o qual é independente do primeiro), é definido pelas variáveis chumbo e cádmio. Essas duas variáveis são positivamente correlacionada uma a outra (Tabela 12; Figura 3a & 3b). O cromo não está correlacionado a nenhum dos eixos.

Tabela 11 - Autovalores (eigenvalues) dos eixos calculados na análise em componentes principais. Os valores de porcentagem referem-se à porcentagem e porcentagem acumulada da variabilidade total explicada pelos eixos do modelo.

Estatística	Eixo 1	Eixo 2
Eigenvalues	1,952	1,398
Porcentagem	39,031	27,955
Porcentagem acumulada	39,031	66,986

Tabela 12 - Coordenadas das variáveis (variable loadings) sobre os eixos 1 e 2 da PCA. As variáveis mais correlacionadas com os eixos estão em negrito. O 't' junto ao símbolo de um metal indica que a variável foi transformada.

Metal	Eixo 1	Eixo 2
Cádmio_t	0,141	0,660
Cromo_t	-0,367	0,395
Cobre_t	-0,582	0,314
Chumbo	0,363	0,554
Zinco_t	-0,612	-0,054

A maioria das amostras fortemente correlacionadas com os eixos 1 e 2 (ou seja, bem representadas neste espaço bidimensional) são provenientes da segunda campanha e, mais especificamente, dos robalos da segunda campanha (Tabela 13). A dispersão dos pontos no espaço definido pelos eixos 1 e 2 foi menor nas tainhas que nos robalos (Fig. 3), e na campanha 1 que na campanha 2 (Fig. 4). Ambos o robalo e a segunda campanha caracterizam-se por importantes variações em zinco, cobre e possivelmente cromo, e uma relativa 'pobreza' em chumbo e cádmio. Opostamente, a tainha e a primeira campanha caracterizam-se por teores baixos e estáveis em zinco, cobre e possivelmente cromo, e relativa 'riqueza' em chumbo e cádmio.

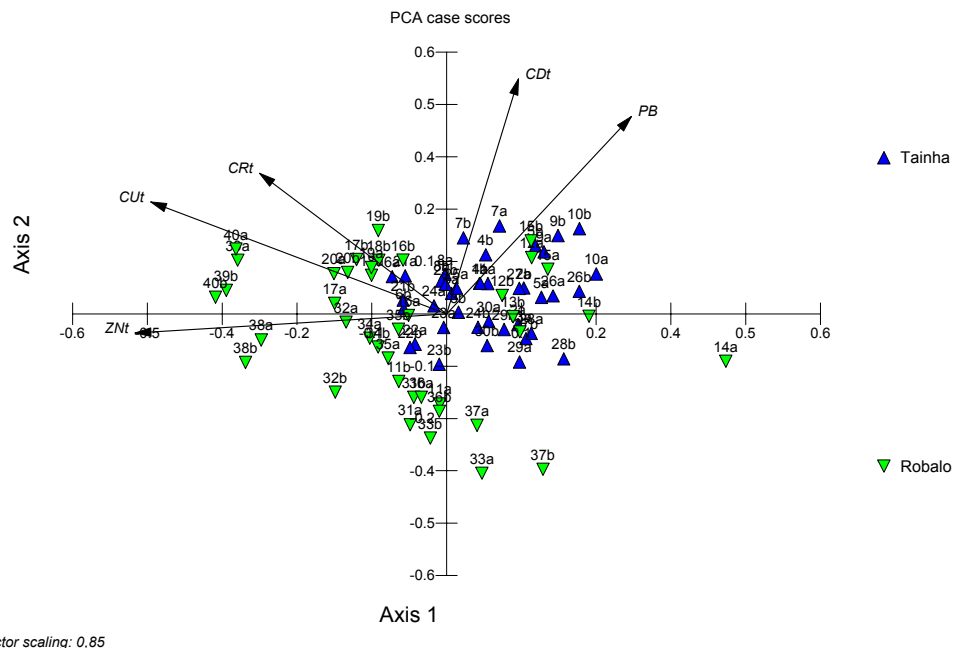


Figura 3 - Representação das variáveis (vetores) e das réplicas (triângulos) no espaço definido pelos eixos 1 (horizontal) e 2 (vertical) da análise em componentes principais. As cores diferenciam as famílias. O 't' junto ao símbolo de um metal indica que a variável foi transformada.

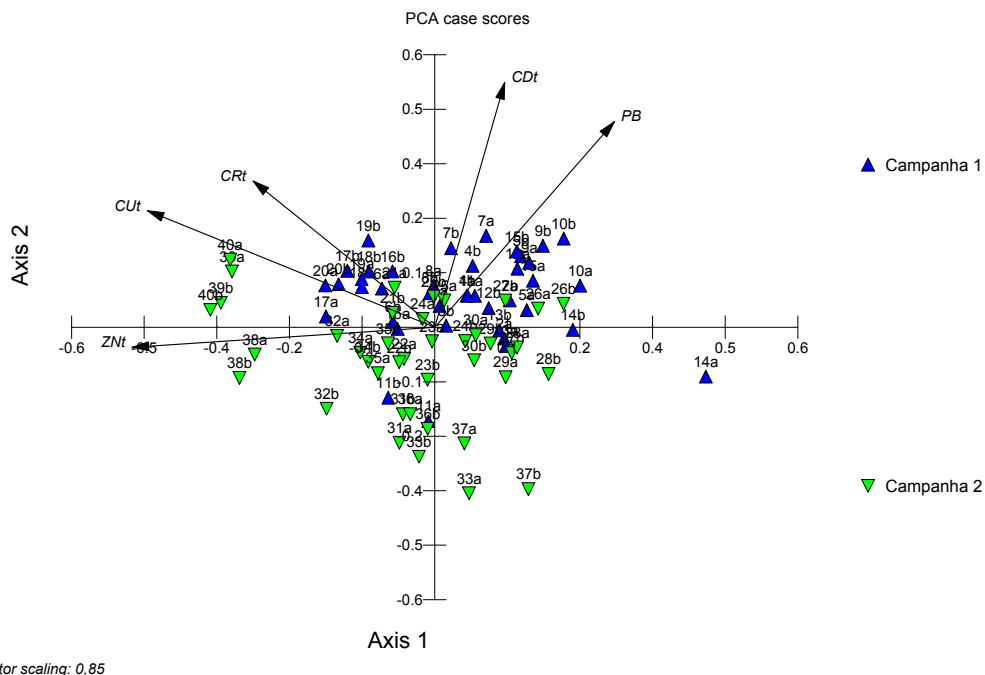


Figura 4 - Representação das variáveis (vetores) e das réplicas (triângulos) no espaço definido pelos eixos 1 (horizontal) e 2 (vertical) da análise em componentes principais. As cores diferenciam as campanhas. O 't' junto ao símbolo de um metal indica que a variável foi transformada.

Tabela 13 - Coordenadas das amostras (case scores) sobre os eixos 1 e 2 da PCA. O número do peixe e das suas duas réplicas é dado na primeira coluna. Foram consideradas significantes nos eixos 1 e 2 as coordenadas (em valor absoluto) $\geq 0,190$ no eixo considerado (em negrito). Réplicas sem coordenadas significantes foram deletadas.

Réplicas	Espécie	Campanha	Eixo 1	Eixo 2
7a	Tainha	1	0,088	0,209
10a	Tainha	1	0,249	0,095
10b	Tainha	1	0,221	0,202
11a	Robalo	1	-0,011	-0,214
14a	Robalo	1	0,464	-0,113
14b	Robalo	1	0,236	-0,006
19b	Robalo	1	-0,113	0,198
26b	Tainha	2	0,220	0,054
28b	Tainha	2	0,195	-0,107
31a	Robalo	2	-0,060	-0,263
31b	Robalo	2	-0,055	-0,198
33a	Robalo	2	0,059	-0,378
33b	Robalo	2	-0,027	-0,295
36a	Robalo	2	-0,042	-0,198
36b	Robalo	2	-0,012	-0,231
37a	Robalo	2	0,051	-0,265
37b	Robalo	2	0,160	-0,369
38a	Robalo	2	-0,308	-0,062
38b	Robalo	2	-0,334	-0,116
39a	Robalo	2	-0,347	0,127
39b	Robalo	2	-0,366	0,056
40a	Robalo	2	-0,350	0,154
40b	Robalo	2	-0,384	0,039

6. DISCUSSÃO

O sistema estuarino de Vitória vem sofrendo uma forte impacto ambiental resultado do franco processo de industrialização e urbanização. Este crescimento desordenado possivelmente tem aumentado os níveis de contaminação metálica já que os esgotos industriais e residenciais são despejados na baía quase sempre sem tratamento adequado. Isto poderá trazer graves problemas de ordem sanitária, já que seus recursos naturais, tais como o pescado, continuam sendo explorados, tornando necessário um constante monitoramento de sua contaminação.

Os resultados referentes aos teores de metais pesados cádmio, cobre, cromo, chumbo e zinco em músculo de tainhas e robalos foram comparados com os limites máximos permissíveis para o consumo humano pela legislação vigente no Brasil (BRASIL, 1998) (Tabela 14) e por United States Food and Drug Administration (FDA, 1993a, b & c) para os metais cádmio, cromo e chumbo. A toxidez de cada metal é bastante variável e depende das características de cada elemento, da sua disponibilidade para incorporação biológica, da sua concentração e forma química, bem como da sua necessidade metabólica (REZENDE & LACERDA, 1986). Os valores utilizados pelas várias legislações refletem, de maneira ou outra, esta toxidez.

Tabela 14 - Concentração Máxima Permitida (CMP) de metais pesados em alimentos, segundo o Ministério da Saúde (Brasil, 1998).

Concentração de Metais ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.u)				
Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
1,0	0,1	30	8	100

As concentrações de Cd, Cu, Pb, e Zn encontradas no tecido muscular das tainhas e robalos (Tabela 3) ficaram abaixo do limite máximo permitido pela legislação vigente no Brasil (Tabela 14). Com relação ao Cr, e com exceção a uma única réplica, todos os resultados ficaram acima do limite máximo permitido.

A legislação americana (FDA, 1993a, b & c) estabelece o limite máximo tolerável de ingestão diária de 55 μg / pessoa/ dia para o cádmio, e 75 μg / pessoa/ dia para o chumbo. Também estabelece taxa recomendada de 50 a 200 μg / pessoa/ dia para o cromo. Destes limites de consumo diário máximo recomendado pelo FDA (1993a, & c)

para cádmio, e chumbo, são calculadas as quantidades máximas do alimento contaminado que podem ser seguramente ingeridos. Para o cromo foram calculados os intervalos recomendados pelo FDA (1993b). Esses calculos supõem que todo o metal ingerido venha desta fonte. Caso haja ingestão de outras fontes, os valores deverão ser ajustados.

No caso do cádmio, temos:

$$\text{Nível Total de Cd} = \frac{\text{Entrada Diária Tolerável de Cd}}{\text{Valor médio de Cd em tainhas/robalos}}$$

$$\text{Nível Total de Cd (tainhas)} = \frac{55 \mu\text{g/pessoa/dia}}{0,030 \mu\text{g.g}^{-1}} = 1.833 \text{g/pessoa/dia}$$

$$\text{Nível Total de Cd (robalos)} = \frac{55 \mu\text{g/pessoa/dia}}{0,026 \mu\text{g.g}^{-1}} = 2.115 \text{g/pessoa/dia}$$

Em relação ao cromo, temos:

$$\text{Nível Total de Cr} = \frac{\text{Entrada Diária Recomendável de Cr}}{\text{Valor médio de Cd em tainhas/robalos}}$$

$$\text{Nível Total de Cr (tainhas)} = \frac{50/200 \mu\text{g/pessoa/dia}}{0,151 \mu\text{g.g}^{-1}} = \text{de 331 a 1.325 g/p/dia}$$

$$\text{Nível Total de Cr (robalos)} = \frac{50/200 \mu\text{g/pessoa/dia}}{0,161 \mu\text{g.g}^{-1}} = \text{de 311 a 1.242 g/p/dia}$$

No caso do Chumbo, temos:

$$\text{Nível Total de Pb} = \frac{\text{Entrada Diária Tolerável de Pb}}{\text{Valor médio de Cd em tainhas/robalos}}$$

$$\text{Nível Total de Pb (tainhas)} = \frac{75 \mu\text{g/pessoa/dia}}{0,27 \mu\text{g.g}^{-1}} = 278 \text{ g/pessoa/dia}$$

$$\text{Nível Total de Pb em robalos} = \frac{75 \mu\text{g/pessoa/dia}}{0,23 \mu\text{g.g}^{-1}} = 326 \text{ g/pessoa/dia}$$

As concentrações de cádmio encontradas nas amostras de tainhas e robalos estão abaixo do máximo permitido no Brasil (BRASIL, 1998) e pelo FDA (1993a), e estes níveis não devem representar problemas a curto prazo. Segundo o FDA (1993a), o cádmio não é um elemento essencial para animais ou plantas. Sendo recomendado uma taxa de ingestão na dieta de $10\mu\text{g}$ / pessoa/ dia. Em fumantes, a sobretaxa de exposição ao cádmio é da ordem de $10\mu\text{g}$ / pessoa/ dia.

O chumbo encontra-se abaixo dos níveis permitido pelas legislações, e também não deve representar problemas a curto prazo. Segundo PFEIFFER et al. (1985) de maneira geral este elemento é pouco concentrado na biota marinha, mesmo quando sua concentração nos compartimentos abióticos está elevada, e em geral as populações estão mais expostas à contaminação por chumbo atmosférico. O FDA (1993c) sugere que a entrada de chumbo através da alimentação fique ao redor de 5 a $10\mu\text{g}$ /pessoa/dia. Ele também recomenda uma entrada total tolerável de $6\mu\text{g}$ /dia para crianças até a idade de seis anos, $15\mu\text{g}$ /dia para crianças acima de sete anos, $25\mu\text{g}$ /dia para mulheres grávidas e $75\mu\text{g}$ dia para adultos.

As concentrações de cobre ficaram abaixo do limite máximo permitido no Brasil (BRASIL, 1998). Segundo PFEIFFER et al. (1985), as baixas concentrações encontradas (bem menores do que o permitido pela legislação brasileira), bem como o seu baixo risco toxicológico para o homem, indicam a ausência de problemas sanitários advindo deste metal para as populações locais que utilizam o pescado em sua alimentação.

O cromo apresentou concentrações acima dos limites máximos permissíveis para o consumo humano segundo a legislação brasileira (Tabela 3 & Tabela 14). No entanto estes níveis de concentração não representam problemas segundo o FDA (1993b). Esta discrepância entre as legislações se deve a dois fatores. O primeiro é devido à visão diferente das duas legislações: o Brasil instituiu limites máximos sem relacionar com a quantidade ingerida, enquanto os Estados Unidos instituíram limites sem relacionar com os teores no alimento. O segundo fator é que a forma trivalente do cromo é a forma mais estável e a forma principal achada em plantas e animais. De certa forma, os limites máximos deveriam ser estabelecidos basicamente em função do Cr hexavalente (tóxico) e não do Cr total. O FDA (1993b) relata que embora os estudos em geral não

determinem a valência do cromo, assume-se que o cromo presente em sistemas biológicos (organismos) está na forma trivalente. Naturalmente todo alimento contém cromo em número de 0,5 ppm (peso úmido). A entrada diária calculada de cromo é de 30 a 100 $\mu\text{g}/\text{pessoa}/\text{dia}$, sendo o FDA (1993b) recomendando um nível de entrada diário de cromo trivalente em torno de 50 a 200 $\mu\text{g}/\text{pessoa}/\text{dia}$. As diferenças entre as legislações, a necessidade fisiológica deste elemento químico e a toxicidade do cromo hexavalente demonstram que estudos mais aprofundados acerca deste metal deverão ser realizados.

O zinco não apresentou nas amostras analisadas concentrações superiores às concentrações máximas permitidas pela legislação brasileira (BRASIL, 1998). Conforme comentado anteriormente o zinco não representa problema de ordem sanitária devido às baixas concentrações encontradas, e ao seu baixo grau de toxicidade.

Geralmente, as variações de concentrações observadas entre estações, tais como as que observamos para o cádmio e chumbo (Figura 1a, 1b & 1g; Tabelas 6 & 9) são atribuídas aos efeitos da sazonalidade. As concentrações destes metais foram mais altas no verão e mais baixas no inverno. Estas alterações paralelas refletiram a correlação entre esses dois metais notada na PCA (Figura 3 & 4). Philips (1980) relata que maiores concentrações são geralmente observadas no fim do inverno e início da primavera (estação de baixo crescimento) e valores menores encontradas no fim do verão (estação de crescimento). Entretanto isso não parece aplicável aos resultados encontrados. O mesmo autor ainda cita que a disponibilidade de alimento e a biodisponibilidade dos metais também podem ser fontes de variações sazonais.

Em peixes, geralmente a entrada de metais não bioacumuláveis é positivamente correlacionada com a temperatura e inversamente correlacionada com a salinidade. (MANCIE, 1987). Essas observações correspondem com as do cádmio e chumbo se considerarmos que entrada de metal e concentração em tecidos são correlacionadas. A água da Baía de Vitória está mais fria e com salinidade mais alta no inverno, o que prejudicaria a entrada do cádmio e chumbo. Esta hipótese, porém, não está satisfatória em relação ao cromo, cobre e zinco que não apresentaram variações sazonais (Tabela 7, 8 & 10).

Nenhum dos metais deste estudo (inclusive Cd, Cr, Cu, Pb e Zn) foi reportado como sendo comumente bioacumulável e em geral, as concentrações diminuem de

baixo para cima da cadeia alimentar. As concentrações estão também, geralmente, mais altas nos indivíduos jovens ou menores porque a contaminação não se faz por ingestão mais por contato e que o contato entre peixe e água diminui proporcionalmente quando o indivíduo cresce (MANCIE, 1987). Tal diminuição de concentração foi observada para o cromo nas tainhas. Porém, houve correlação positiva e significativa entre concentração de cádmio, cobre e zinco em relação ao comprimento e ao peso para os robalos.

As concentrações médias de cádmio, cobre, cromo, chumbo e zinco encontradas por WOLFGANG et al. (1985; Tabela 15) no pescado da Baía de Sepetiba, RJ, e as encontradas neste trabalho (Tabela 3), nos permite dizer que as concentrações médias encontradas no complexo estuarino de Vitória estão abaixo encontradas na baía de Sepetiba mesmo 19 anos depois.

Tabela 15 – Concentração de metais pesados em pescado da Baía de Sepetiba (PFEIFFER et al., 1985). Intervalos e concentrações médias em $\mu\text{g.g}^{-1}$ de peso úmido. O número de indivíduos é de 22 tainhas e 14 corvinas*.

		Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Tainha	Média	0,03	0,50	0,70	0,60	7,40
	Mínimo	0,02	0,08	0,18	0,10	0,75
	Máximo	0,05	5,30	4,45	1,10	15,5
Corvina	Média	0,04	0,77	0,54	1,08	7,30**
	Mínimo	0,02	0,18	0,33	0,58	6,0
	Máximo	0,15	3,01	0,90	1,90	10,2

* : As corvinas pertencem à família Sciaenidae, e são essencialmente invertívoras (predadores de invertebrados bentônicos).

** : O valor apresentado no trabalho em questão é de 27,30, embora o valor máximo esteja em 10,2. Isso nos faz pensar que o dado originalmente apresentado seja um erro de digitação.

7. CONCLUSÃO

Os resultados de Cádmio, Cobre, Chumbo e Zinco em músculo de tainhas e robalos ficaram bem abaixo do permitido pela legislação brasileira (BRASIL, 1998), portanto não deverão representar, em curto prazo, problemas de ordem sanitária para a população local através da ingestão do pescado. O cromo apresentou concentrações elevadas ficando acima das concentrações máximas permitidas pela legislação brasileira em todas as amostras. Sendo segundo a legislação brasileira o metal mais importante na contaminação do pescado desta região. No entanto segundo o FDA (1993b) estes níveis de concentrações não representam problemas na ingestão do pescado

Verificou-se correlações significativas e negativas em tainhas nos níveis de cromo com o tamanho e o peso. Nos robalos as correlações foram significativas e positivas para cádmio, cobre e Zinco.

Observou-se variações nas concentrações dos metais analisados entre as campanhas que podem ser atribuídos a variações sazonais: as concentrações médias de cádmio e chumbo em robalos e tainhas, foram mais altas na primeira campanha (estação chuvosa).

Detectou-se correlações positivas nas variações das concentrações para cádmio e chumbo e entre cobre e zinco, os dois grupos são independentes do cromo e entre si.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, O. L. C. **Estudo sobre o nível de concentração de Cd, Pb e Hg nas águas, sedimentos e sururu (*Mytella falcata*) da Lagoa de Mundaú, Maceió - AL.** 1989. 101 p. Dissertação (Mestrado em ciências - química) - Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

BRASIL. Portaria nº 685, de 25 agosto de 1998. Estabelece os níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 24 set. 1998.

CARVALHO FILHO, **Peixes**: costa brasileira. São Paulo: Melro, 1999. 320 p.

CASTRO, S. **Determinação de contaminantes metálicos em águas minerais por voltametria de redissolução anódica em pulso diferencial.** 1975 Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de Rio de Janeiro.

CETESB. **Níveis de contaminação por mercúrio na água, sedimento e peixes da represa de Barra Bonita e seus rios formadores: Piracicaba e Tietê.** São Paulo: CETESB, 1986. 53 p.

CETESB. **Parâmetros de Qualidade das Águas.** São Paulo, [199-?]. Disponível em: <<http://www.cetesb.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2000.

DEMAYO, A.; TAYLOR, M. C. & REEDER, S. M. **Lead.** In: Guidelines for surface water quality: inorganic chemical substances. Ottawa: Environmental Canada, 1980. v. 1, 36 p.

DEMAYO, A. **Cádmio.** In: Guidelines for surface water quality: inorganic chemical substances. Ottawa: Environmental Canada, 1981. v. 1, 55p.

DUCE, R. A.; HOFFMAN, G. L. & ZOLLER, W. H. Atmospheric trace metals at remote northern and southern hemisphere sites: Pollution or Natural. **Science**. v. 187, p. 59-61, 1975.

FDA (a). **Guidance document for Cadmium in Shellfish**. Center for Food Safety and Applied Nutrition. United States Food and Drug Administration. Washington, D.C. 1993. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~frf/guid-sf.html>>. Acesso em: 23/10/01.

FDA (b). **Guidance document for Chromium in Shellfish**. Center for Food Safety and Applied Nutrition. United States Food and Drug Administration. Washington, D.C. 1993. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~frf/guid-sf.html>>. Acesso em: 23/10/01.

FDA (c). **Guidance document for Lead in Shellfish**. Center for Food Safety and Applied Nutrition. United States Food and Drug Administration. Washington, D.C. 1993. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~frf/guid-sf.html>>. Acesso em: 23/10/01.

FIFIELD, F. W. & HAINES, P. F. **Environmental Analytical Chemistry**. London: Blackie Academic & Professional, 1995.

FOWLER, S. W. **Biological transfer and transport process**. In: Kulenberg, G. (Org) Pollutant transfer and transport in the Sea: Flórida: CRC Press, 1982. v. 2, 247 p.

GRAIG, P. J. **The natural environment and the biogeochemical cycles**. New York: Springer-Verlag, 1980.

HUTCHINSON, T. C. & MEEMA, K. **Lead, mercury, cadmium and arsenic in the Environment**. Chichester: John Wiley & sons, 1987.

JESUS, H. C.; NASSER, R. O. & OLIVEIRA, G. E. Implementação de métodos analíticos para análise de metais em águas, sedimentos e mariscos da Baía de Vitória-ES por absorção atômica com forno de grafite. **Caderno de pesquisa da UFES**, Vitória, n.9 p.30-40, 1998.

KOVACH COMPUTING SERVICES. **Multi Variate Statistical package** VERSION 3,12c, 1985

LEGENDRE L. & LEGENDRE P. **Numerical Ecology**. Amsterdam: Elsevier, 1983.

MANCE, G. **Pollution threat of heavy metals in the aquatic environment**. New York: Elsevier, 1987. 372 p.

MO, C & NEILSON, B. Standardization of oyster soft tissue dry weight measurements. **Water Research**, Virgínia, v. 28, n. 1, p. 243-246, 1994.

NRIAGU, J. O. **Cadmium in the aquatic environmental**. In: *Advances in Environmental Science and Technology*. New York: John wiley & Sons, 1987.

NRIAGU, J. O. & PACYNA, J. M. Quantitative assessment of worldwide contamination for air, water and soils by trace metals. **Nature**, London, v. 333, p. 134-139, 1988.

PFEIFFER, W. C. et al. Metais pesados no pescado da baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro RJ. **Ciência e Cultura**, v. 37, n. 2, . 297-302, 1985.

PURVES, D. **Fundamental aspects of pollution control and environmental science: Trace element contamination of the environment**. Amsterdam: Elsevier, 1985.

RAINBOW, P. S. The biology heavy metals in the sea. **International Journal of Environmental Studies**, United Kingdon: Gordon and Breach , v. 21, p. 195-211, 1985.

REZENDE, C. E. & LACERDA, L. D. Metais pesados em mexilhões (*Perna perna* L) no litoral do Estado do Rio de Janeiro. **Brasil Biologia**, v. 46, n. 1, p. 239-247, 1986.

SÁ, H. S. Caracterização da fauna de crustáceos (Crustácea) do manguezal de Cariacica, Espírito Santo, Brasil. **Caderno de pesquisa da UFES**, n. 1, p. 15-26, 1995.

SARAIVA, E. M. S. **Avaliação da contaminação por metais pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn) no Manguezal do Rio Santa Maria da Vitória – Grande Vitória/ES – utilizando *Crassostrea rhizophorae* (GUILDINS, 1828) e *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) como bioindicadores.** 2000. 91 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.

SPSS, Inc. Statistical Package for the Social Sciences for windows, release 7.0 - Standard version, 1989.

VALENTIN, J.L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos.** Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 117 p.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis.** 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663 p.

WADRON, H. A. & STOFFEN, D. **Sub-clinical lead poisoning.** New York: Academic Press, 1974.

ANEXOS

Anexo I: Concentrações ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{p.u.}$)* dos metais em tainhas referentes às campanhas de fevereiro e julho de 2001. * Concentrações em micrograma por grama de peso úmido.

Espécie	Amostra	Réplica	Campanha	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Tainha	1	a	1	0,035	0,159	0,16	0,26	3,61
Tainha	1	b	1	0,034	0,160	0,17	0,26	3,53
Tainha	2	a	1	0,020	0,147	0,18	0,31	2,98
Tainha	2	b	1	0,027	0,158	0,17	0,34	3,13
Tainha	3	a	1	0,029	0,177	0,20	0,27	3,49
Tainha	3	b	1	0,026	0,152	0,21	0,27	3,39
Tainha	4	a	1	0,025	0,168	0,22	0,33	3,13
Tainha	4	b	1	0,030	0,179	0,21	0,34	3,25
Tainha	5	a	1	0,026	0,144	0,22	0,30	2,80
Tainha	5	b	1	0,035	0,157	0,23	0,30	2,82
Tainha	6	a	1	0,034	0,144	0,33	0,24	4,26
Tainha	6	b	1	0,028	0,133	0,33	0,25	3,94
Tainha	7	a	1	0,036	0,122	0,37	0,36	3,12
Tainha	7	b	1	0,033	0,137	0,37	0,35	3,29
Tainha	8	a	1	0,029	0,147	0,25	0,33	3,99
Tainha	8	b	1	0,026	0,142	0,27	0,34	4,09
Tainha	9	a	1	0,035	0,137	0,20	0,33	2,98
Tainha	9	b	1	0,039	0,129	0,18	0,34	3,10
Tainha	10	a	1	0,031	0,136	0,15	0,36	2,90
Tainha	10	b	1	0,036	0,128	0,18	0,41	3,13
Tainha	1	a	2	0,036	0,204	0,30	0,15	3,00
Tainha	1	b	2	0,031	0,187	0,28	0,18	3,15
Tainha	2	a	2	0,023	0,167	0,26	0,18	3,07
Tainha	2	b	2	0,020	0,165	0,25	0,21	3,25
Tainha	3	a	2	0,025	0,147	0,22	0,24	3,40
Tainha	3	b	2	0,020	0,133	0,23	0,21	3,33
Tainha	4	a	2	0,029	0,205	0,17	0,24	3,89
Tainha	4	b	2	0,022	0,206	0,18	0,24	2,95
Tainha	5	a	2	0,033	0,193	0,20	0,21	3,06
Tainha	5	b	2	0,034	0,210	0,19	0,20	3,14
Tainha	6	a	2	0,038	0,119	0,17	0,23	2,98
Tainha	6	b	2	0,040	0,109	0,17	0,25	3,00
Tainha	7	a	2	0,032	0,132	0,19	0,30	3,19
Tainha	7	b	2	0,027	0,127	0,16	0,26	3,15
Tainha	8	a	2	0,032	0,115	0,16	0,24	3,31
Tainha	8	b	2	0,033	0,106	0,16	0,20	2,98
Tainha	9	a	2	0,021	0,125	0,16	0,26	3,14
Tainha	9	b	2	0,029	0,127	0,17	0,26	3,41
Tainha	10	a	2	0,029	0,144	0,18	0,24	3,13
Tainha	10	b	2	0,024	0,143	0,17	0,24	3,15
Média				0,030	0,151	0,21	0,27	3,26
Mínimo				0,020	0,106	0,15	0,15	2,80
Máximo				0,040	0,210	0,37	0,41	4,26
Desvio padrão				0,006	0,028	0,06	0,06	0,35

Anexo II: Concentrações ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{p.u.}$)* dos metais em robalos referentes às campanhas de fevereiro e julho de 2001. * Concentrações em micrograma por grama de peso úmido.

Espécie	Amostra	Réplica	Campanha	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Robalo	1	a	1	0,028	0,123	0,16	0,09	3,64
Robalo	1	b	1	0,026	0,143	0,19	0,12	3,87
Robalo	2	a	1	0,033	0,140	0,16	0,37	3,77
Robalo	2	b	1	0,027	0,147	0,16	0,34	3,79
Robalo	3	a	1	0,031	0,136	0,14	0,24	3,37
Robalo	3	b	1	0,03	0,135	0,15	0,28	3,57
Robalo	4	a	1	0,027	0,121	0,11	0,33	2,84
Robalo	4	b	1	0,026	0,129	0,14	0,35	3,05
Robalo	5	a	1	0,035	0,133	0,17	0,32	3,16
Robalo	5	b	1	0,039	0,150	0,17	0,30	3,21
Robalo	6	a	1	0,024	0,127	0,25	0,32	6,86
Robalo	6	b	1	0,033	0,142	0,26	0,32	7,18
Robalo	7	a	1	0,031	0,137	0,36	0,22	8,01
Robalo	7	b	1	0,035	0,141	0,36	0,27	8,08
Robalo	8	a	1	0,034	0,141	0,30	0,26	7,01
Robalo	8	b	1	0,036	0,144	0,30	0,26	6,73
Robalo	9	a	1	0,036	0,139	0,31	0,25	7,13
Robalo	9	b	1	0,039	0,145	0,32	0,28	7,64
Robalo	10	a	1	0,033	0,153	0,38	0,24	7,56
Robalo	10	b	1	0,032	0,144	0,39	0,27	7,46
Robalo	1	a	2	0,019	0,116	0,18	0,14	4,81
Robalo	1	b	2	0,021	0,127	0,18	0,17	4,93
Robalo	2	a	2	0,032	0,139	0,30	0,17	6,33
Robalo	2	b	2	0,020	0,126	0,30	0,14	6,17
Robalo	3	a	2	0,013	0,107	0,13	0,14	4,81
Robalo	3	b	2	0,010	0,124	0,15	0,16	4,87
Robalo	4	a	2	0,014	0,183	0,24	0,27	5,41
Robalo	4	b	2	0,014	0,166	0,23	0,27	5,46
Robalo	5	a	2	0,012	0,256	0,16	0,24	4,79
Robalo	5	b	2	0,019	0,246	0,17	0,26	4,90
Robalo	6	a	2	0,014	0,131	0,19	0,20	4,26
Robalo	6	b	2	0,013	0,121	0,18	0,20	4,26
Robalo	7	a	2	0,017	0,108	0,18	0,18	3,58
Robalo	7	b	2	0,021	0,097	0,17	0,17	3,67
Robalo	8	a	2	0,025	0,146	0,49	0,16	11,14
Robalo	8	b	2	0,020	0,153	0,49	0,15	11,04
Robalo	9	a	2	0,031	0,251	0,53	0,22	13,54
Robalo	9	b	2	0,028	0,242	0,50	0,19	13,50
Robalo	10	a	2	0,031	0,410	0,44	0,21	10,32
Robalo	10	b	2	0,023	0,402	0,44	0,18	10,00
Média				0,026	0,161	0,26	0,23	6,14
Mínimo				0,010	0,097	0,11	0,09	2,84
Máximo				0,039	0,410	0,53	0,37	13,54
Desvio padrão				0,008	0,068	0,12	0,07	2,83

Anexo III: Concentrações ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{p.s.}$)* dos metais em tainhas referentes às campanhas de fevereiro e julho de 2001. * Concentrações em micrograma por grama de peso seco. Teor de água das amostras de tainhas = 75,21%.

Espécie	Amostra	Réplica	Campanha	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Tainha	1	a	1	0,141	0,641	0,65	1,05	14,56
Tainha	1	b	1	0,137	0,645	0,69	1,05	14,24
Tainha	2	a	1	0,081	0,593	0,73	1,25	12,02
Tainha	2	b	1	0,109	0,637	0,69	1,37	12,63
Tainha	3	a	1	0,117	0,714	0,81	1,09	14,08
Tainha	3	b	1	0,105	0,613	0,85	1,09	13,67
Tainha	4	a	1	0,101	0,678	0,89	1,33	12,63
Tainha	4	b	1	0,121	0,722	0,85	1,37	13,11
Tainha	5	a	1	0,105	0,581	0,89	1,21	11,29
Tainha	5	b	1	0,141	0,633	0,93	1,21	11,38
Tainha	6	a	1	0,137	0,581	1,33	0,97	17,18
Tainha	6	b	1	0,113	0,537	1,33	1,01	15,89
Tainha	7	a	1	0,145	0,492	1,49	1,45	12,59
Tainha	7	b	1	0,133	0,553	1,49	1,41	13,27
Tainha	8	a	1	0,117	0,593	1,01	1,33	16,10
Tainha	8	b	1	0,105	0,573	1,09	1,37	16,50
Tainha	9	a	1	0,141	0,553	0,81	1,33	12,02
Tainha	9	b	1	0,157	0,520	0,73	1,37	12,51
Tainha	10	a	1	0,125	0,549	0,61	1,45	11,70
Tainha	10	b	1	0,145	0,516	0,73	1,65	12,63
Tainha	1	a	2	0,145	0,823	1,21	0,61	12,10
Tainha	1	b	2	0,125	0,754	1,13	0,73	12,71
Tainha	2	a	2	0,093	0,674	1,05	0,73	12,38
Tainha	2	b	2	0,081	0,666	1,01	0,85	13,11
Tainha	3	a	2	0,101	0,593	0,89	0,97	13,72
Tainha	3	b	2	0,081	0,537	0,93	0,85	13,43
Tainha	4	a	2	0,117	0,827	0,69	0,97	15,69
Tainha	4	b	2	0,089	0,831	0,73	0,97	11,90
Tainha	5	a	2	0,133	0,779	0,81	0,85	12,34
Tainha	5	b	2	0,137	0,847	0,77	0,81	12,67
Tainha	6	a	2	0,153	0,480	0,69	0,93	12,02
Tainha	6	b	2	0,161	0,440	0,69	1,01	12,10
Tainha	7	a	2	0,129	0,532	0,77	1,21	12,87
Tainha	7	b	2	0,109	0,512	0,65	1,05	12,71
Tainha	8	a	2	0,129	0,464	0,65	0,97	13,35
Tainha	8	b	2	0,133	0,428	0,65	0,81	12,02
Tainha	9	a	2	0,085	0,504	0,65	1,05	12,67
Tainha	9	b	2	0,117	0,512	0,69	1,05	13,76
Tainha	10	a	2	0,117	0,581	0,73	0,97	12,63
Tainha	10	b	2	0,097	0,577	0,69	0,97	12,71
Média				0,120	0,607	0,864	1,092	13,172
Mínimo				0,081	0,428	0,605	0,605	11,295
Máximo				0,161	0,847	1,493	1,654	17,184
Desvio padrão				0,022	0,111	0,238	0,239	1,405

Anexo IV: Concentrações ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{p.s}$) dos metais em robalos referentes às campanhas de fevereiro e julho de 2001. * Concentrações em micrograma por grama de peso seco. Teor de água das amostras de robalos = 76,81%.

Espécie	Amostra	Réplica	Campanha	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Robalo	1	a	1	0,121	0,530	0,69	0,39	15,69
Robalo	1	b	1	0,112	0,616	0,82	0,52	16,68
Robalo	2	a	1	0,142	0,603	0,69	1,59	16,25
Robalo	2	b	1	0,116	0,634	0,69	1,47	16,33
Robalo	3	a	1	0,134	0,586	0,60	1,03	14,52
Robalo	3	b	1	0,129	0,582	0,65	1,21	15,39
Robalo	4	a	1	0,116	0,522	0,47	1,42	12,24
Robalo	4	b	1	0,112	0,556	0,60	1,51	13,15
Robalo	5	a	1	0,151	0,573	0,73	1,38	13,62
Robalo	5	b	1	0,168	0,647	0,73	1,29	13,84
Robalo	6	a	1	0,103	0,547	1,08	1,38	29,57
Robalo	6	b	1	0,142	0,612	1,12	1,38	30,95
Robalo	7	a	1	0,134	0,590	1,55	0,95	34,52
Robalo	7	b	1	0,151	0,608	1,55	1,16	34,82
Robalo	8	a	1	0,147	0,608	1,29	1,12	30,21
Robalo	8	b	1	0,155	0,621	1,29	1,12	29,01
Robalo	9	a	1	0,155	0,599	1,34	1,08	30,73
Robalo	9	b	1	0,168	0,625	1,38	1,21	32,93
Robalo	10	a	1	0,142	0,659	1,64	1,03	32,58
Robalo	10	b	1	0,138	0,621	1,68	1,16	32,15
Robalo	1	a	2	0,082	0,500	0,78	0,60	20,73
Robalo	1	b	2	0,091	0,547	0,78	0,73	21,25
Robalo	2	a	2	0,138	0,599	1,29	0,73	27,28
Robalo	2	b	2	0,086	0,543	1,29	0,60	26,59
Robalo	3	a	2	0,056	0,461	0,56	0,60	20,73
Robalo	3	b	2	0,043	0,534	0,65	0,69	20,99
Robalo	4	a	2	0,060	0,789	1,03	1,16	23,32
Robalo	4	b	2	0,060	0,715	0,99	1,16	23,53
Robalo	5	a	2	0,052	1,103	0,69	1,03	20,64
Robalo	5	b	2	0,082	1,060	0,73	1,12	21,12
Robalo	6	a	2	0,060	0,565	0,82	0,86	18,36
Robalo	6	b	2	0,056	0,522	0,78	0,86	18,36
Robalo	7	a	2	0,073	0,465	0,78	0,78	15,43
Robalo	7	b	2	0,091	0,418	0,73	0,73	15,82
Robalo	8	a	2	0,108	0,629	2,11	0,69	48,01
Robalo	8	b	2	0,086	0,659	2,11	0,65	47,58
Robalo	9	a	2	0,134	1,082	2,28	0,95	58,36
Robalo	9	b	2	0,121	1,043	2,16	0,82	58,19
Robalo	10	a	2	0,134	1,767	1,90	0,91	44,48
Robalo	10	b	2	0,099	1,733	1,90	0,78	43,10
Média				0,112	0,694	1,12	0,99	26,46
Mínimo				0,043	0,418	0,47	0,39	12,24
Máximo				0,168	1,767	2,28	1,59	58,36
Desvio padrão				0,034	0,293	0,52	0,30	12,20