



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA ECOANDO SUSTENTABILIDADE – PES
NOTA TÉCNICA Nº11/PES/2021**

De 01 de setembro de 2021

A presente nota técnica do Programa de Extensão Ecoando Sustentabilidade da UFSC trata da ocorrência de metais em peixes da Lagoa da Conceição.

A água, os sedimentos e os organismos são as principais vias de estoque e transformação das substâncias químicas conhecidas como metais. Quando tratamos de questões ambientais, de saúde humana e de segurança alimentar, os metais pesados são foco de atenção devido a sua toxicidade, persistência, não-degradação e potencial de ser absorvido por organismos vivos, bem como de entrarem e se acumularem na cadeia alimentar. Em geral, as intoxicações agudas ou crônicas podem ocorrer após a exposição através da água, do ar e dos alimentos. No corpo humano, a bioacumulação de concentrações elevadas de metais pesados leva a uma diversidade de efeitos tóxicos em uma variedade de tecidos e órgãos (Tabela 1). Causas e consequências da poluição por metais têm ganhado mais destaque recentemente por sua biodisponibilidade aumentar com a redução do pH de ambientes aquáticos, seja este processo determinado pela eutrofização ou pela maior disponibilidade de CO₂ na atmosfera e a consequente acidificação do oceano e de ambientes costeiros (Ivanina & Sokolova 2015). O acúmulo de metais pesados pode causar lesões do sistema nervoso central, disfunção renal, pulmonar e cardiovascular, cólica e ulceração gastrointestinal, dano hepático e hepatotoxicidade, anemia, doenças ósseas e dérmicas e câncer, entre outras (Balali-Mood et al., 2021).

Tabela 1. Mecanismos tóxicos de alguns metais pesados. *

Metal	Toxicidade de órgão	
Mercúrio (Hg)	Lesões do Sistema Nervoso Ulceração gastrointestinal Hepatotoxicidade	Central Disfunção renal
Chumbo (Pb)	Lesões do Sistema Nervoso Central Alterações hematológicas (anemia) Cólica gastrointestinal Dano hepático Disfunção cardiovascular Função pulmonar reduzida	Disfunção pulmonar
Cromo (Cr)	Disfunção renal Distúrbios gastrointestinais Aumentar a incidência de câncer, incluindo pulmão, laringe, bexiga, rins, testículo, osso e tireoide	Doenças dérmicas
Cádmio (Cd)	Doença óssea degenerativa Dano hepático Lesões pulmonares Distúrbios gastrointestinais Câncer Distúrbios no metabolismo de Zn e Cu	Disfunção renal
Arsênio (As)	Disfunção cardiovascular Desconforto gastrointestinal Mudanças de pele e cabelo Lesões do Sistema Nervoso Central	Dano hepático

* Adaptado de Balali-Mood et al. (2021)

Considerando: i. elevado risco à saúde humana, considerando a base da alimentação da comunidade da Lagoa da Conceição; ii. o histórico de drenagem urbana potencialmente contaminada por metais; iii. o rompimento da lagoa de evapoinfiltração CASAN (em 25 de janeiro de 2021), torna-se necessário a análise dos impactos ambientais e do risco sanitário relacionado ao consumo de pescado da Lagoa da Conceição. Assim, esse estudo visa avaliar os níveis de metais pesados no pescado proveniente da laguna.

O referencial teórico disponível revela um único estudo, revisado por pares, que avaliou as concentrações de metais pesados no berbigão da Lagoa da Conceição (Pereira et al., 2018). Neste trabalho, os autores mostraram que, em 2002, as concentrações de chumbo (Pb) e cromo (Cr) no berbigão, em todas as regiões da lagoa, apresentavam valores até seis vezes acima do máximo permitido na legislação americana. Este resultado já apontava, portanto, para a necessidade de haver um diagnóstico amplo do pescado da lagoa, bem como um monitoramento sistemático e permanente

da segurança alimentar, especialmente, do contingente que vive dos recursos naturais da Lagoa da Conceição.

Quanto à legislação brasileira, cabe ressaltar que os níveis máximos de metais nos alimentos estavam regulados pelo Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 (recentemente revogado juntamente com cerca de 323 outros decretos), que definia concentrações máximas para arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, estanho mercúrio, níquel, selênio e zinco, de forma genérica para a categoria “qualquer ou outros alimentos”. Naquela época, poucos países possuíam legislação específica sobre o assunto (Nauem, 1983). Já a Portaria da SVS-MS nº 685, de 27 de agosto de 1998, estabeleceu limites máximos de metais arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio para as categorias “peixes e produtos da pesca”. Mais recentemente, a Resolução ANVISA-MS nº 42, de 29 de agosto de 2013, incorpora o ordenamento jurídico do MERCOSUL (Resolução GMC nº12/2011), revoga a Portaria nº 685 e estabelece as concentrações limites específicas para as categorias de peixes, cefalópodes, bivalves e crustáceos. Como pode ser visto na Tabela 2, a atual legislação brasileira está em grande parte em sintonia com as legislações internacionais.

Tabela 2. Concentrações máximas permitidas de metais em peixes segundo várias agências.

	ANVISA ¹	FAO ²	União Européia ³	China ⁴	Australia & Nova Zelândia ⁵	Codex ⁶	FAOLEX ⁷	EUA ⁸
Arsênio (As)	1	1.5	-	0.1	2	-	-	-
Cádmio (Cd)	0.1	0.25	0.05	0.1	-	-	0.05	-
Cromo (Cr)	0.1	1	-	2	-	-	-	-
Cobre (Cu)	30	15	-	-	-	-	-	-
Mercúrio (Hg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Níquel (Ni)	5	-	-	-	-	-	-	-
Chumbo (Pb)	0.3	2	0.3	0.5	0.5	0.3	0.2	-
Selênio (Se)	0.3	1.5	-	-	-	-	-	-
Zinco (Zn)	50	50	-	-	-	-	-	-

¹ Anvisa (Decreto nº 55.871/1965 e Resolução ANVISA-MS nº42/2013), ² Mediana de todos os valores para peixe em 34 países (Nauem, 1983), ³ EU Commission (2006), ⁴ CHINA (2017),

⁵ Australia & New Zealand (2016), ⁶ Codex Alimentarius Commission (2010), ⁷ FAO (2003), ⁸ USA.

Metais em peixes da Lagoa da Conceição

A fim de verificar os níveis de contaminação nos peixes da Lagoa da Conceição, foram colhidos junto aos pescadores da Costa da Lagoa, entre os meses de março de maio de 2021, 06 exemplares

de carapeba e 09 exemplares de linguado pescados recentemente e congelados. Todo o material foi manuseado utilizando material plástico. As amostras de músculo, brânquias, fígado e gônadas foram acondicionadas em tubo do tipo falcon de 50 mL, congeladas e posteriormente transportadas em gelo seco até o Laboratório de Determinações II do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande (ICB/FURG). De todas as carapebas, foram obtidas amostras de brânquias, fígado e gônadas. Dos exemplares de linguado, em todos foram analisadas as brânquias e fígado, em 07 exemplares foram investigados os músculos e em 03 foram analisadas as gônadas.

Em laboratório, subamostras de 0,2 g dos tecidos foram secos por 48 h a 60 °C e completamente digeridas em 500 µL de HNO₃ 65% (Suprapur, Merck, Darmstadt, Alemanha) por 24 h na mesma temperatura. As amostras tiveram o volume final ajustado a 1 mL com água ultrapura (Master System MS-2000, Gehaka, Brasil) (resistividade de 18,2 MΩ/cm), para uma posterior diluição final de 100 vezes. A determinação de arsênio (As) e dos metais traço alumínio (Al), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), mercúrio (Hg), níquel (Ni), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn) foi feita usando Espectrômetro de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS PLASMAQUANT® MS, Analytik Jena, Jena, Alemanha). Os procedimentos de garantia de qualidade e controle de qualidade para quantificação de metal foram baseados em análises regulares de brancos e matrizes com adição (spiked matrices). A precisão da medição e as curvas padrão foram obtidas usando soluções padrão preparadas por diluição em série de soluções estoque de 1000 mg/L (Multi-Element Standards Certipur®, Merck, Darmstadt, Germany). Material de referência certificado (Fish protein DORM-4, National Research Council Canada, Ottawa, ON, Canada) também foi analisado para confirmar a eficiência da extração. A porcentagem de recuperação de metal com base no material de referência padrão, preparado conforme descrito para amostras de tecido, mostrou boa concordância com os valores certificados. As porcentagens de recuperação dos elementos analisados variaram de 83,8 a 92,2% (As = 92,2%; Cd = 86,3%; Cu = 87,2; Fe = 91,3%; Pb 83,8%, Cr = 88,0%; Mn = 91,3%; Hg = 85,1%; Ni = 83,7% e Zn = 88,1 Zn). Todos os

procedimentos e análises foram realizados em triplicata. Os resultados são expressos como $\mu\text{g/g}$ (= mg/kg = ppm) de peso úmido.

As carapevas, além de terem sido indicadas pela comunidade local como itens alimentares, são típicos omnívoros e, portanto, junto com os linguados que são carnívoros, são bons indicadores da contaminação por metais no ecossistema aquático, representam diferentes extratos da cadeia trófica, se alimentam dos mais variados tipos de alimento (p.ex., fitoplâncton e microalgas bentônicas, zooplâncton, zoobentos e de pequenos peixes). A Tabela 3 sumariza os dados registrados em todos os tecidos das duas espécies para todos os metais analisados. As concentrações de **ferro** foram bastante parecidas nas amostras das duas espécies de peixes, variando de 17,25 a 274,03 $\mu\text{g/g}$ (Fig. 1). As concentrações de **alumínio** atingiram valores duas vezes mais elevados nas carapevas (3,22-26,52 $\mu\text{g/g}$) do que nos linguados (0,95-11,61 $\mu\text{g/g}$; Fig. 2). Ao contrário, as concentrações de **magnésio** foram maiores nos linguados (0,17-15,44 $\mu\text{g/g}$) do que nas carapevas (0,08-8,15 $\mu\text{g/g}$; Fig. 3).

Dos 11 metais analisados nas amostras de peixes, 08 tem seus limites máximos de concentração definidos na legislação nacional e internacional. As concentrações de **cobre** (Fig. 4) e **níquel** (Fig. 5) nas duas espécies estiveram abaixo dos limites máximos de concentração permitidos (<30 e <5 $\mu\text{g/g}$, respectivamente). Uma amostra de carapeva (gônada) e uma de linguado (músculo) mostraram valores de **arsênio** acima dos limites máximos estabelecidos (>1 $\mu\text{g/g}$; Fig. 6). Uma amostra de linguado (brânquia) apresentou valores de **mercúrio** acima dos limites máximos (>0.5 $\mu\text{g/g}$; Fig. 7). A maior parte das amostras de carapeva (fígado) e uma de linguado (músculo) apresentaram valores de **cádmio** acima dos limites permitidos (>0,1 $\mu\text{g/g}$; Fig. 8). A maior parte das amostras de **chumbo** e uma boa parte das de **zinco** de todos os tipos de tecido apresentaram valores acima dos limites permitidos (>0,3 e >50 $\mu\text{g/g}$ e Fig. 9 e Fig. 10, respectivamente). Todas as amostras de **chromo** de todos os tecidos das duas espécies apresentaram concentrações acima dos valores permitidos (>0,1 $\mu\text{g/g}$; Fig. 11).

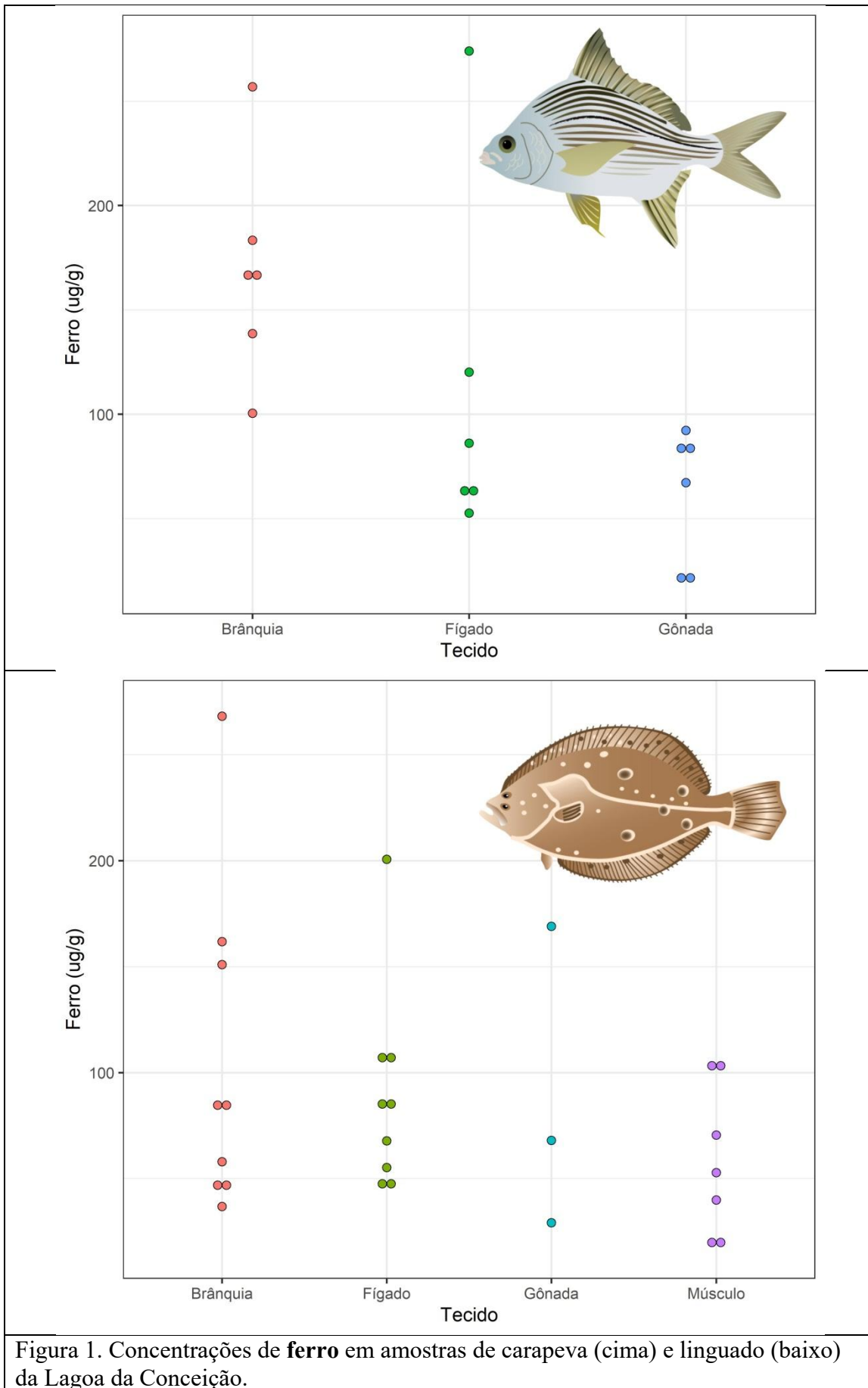


Figura 1. Concentrações de **ferro** em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

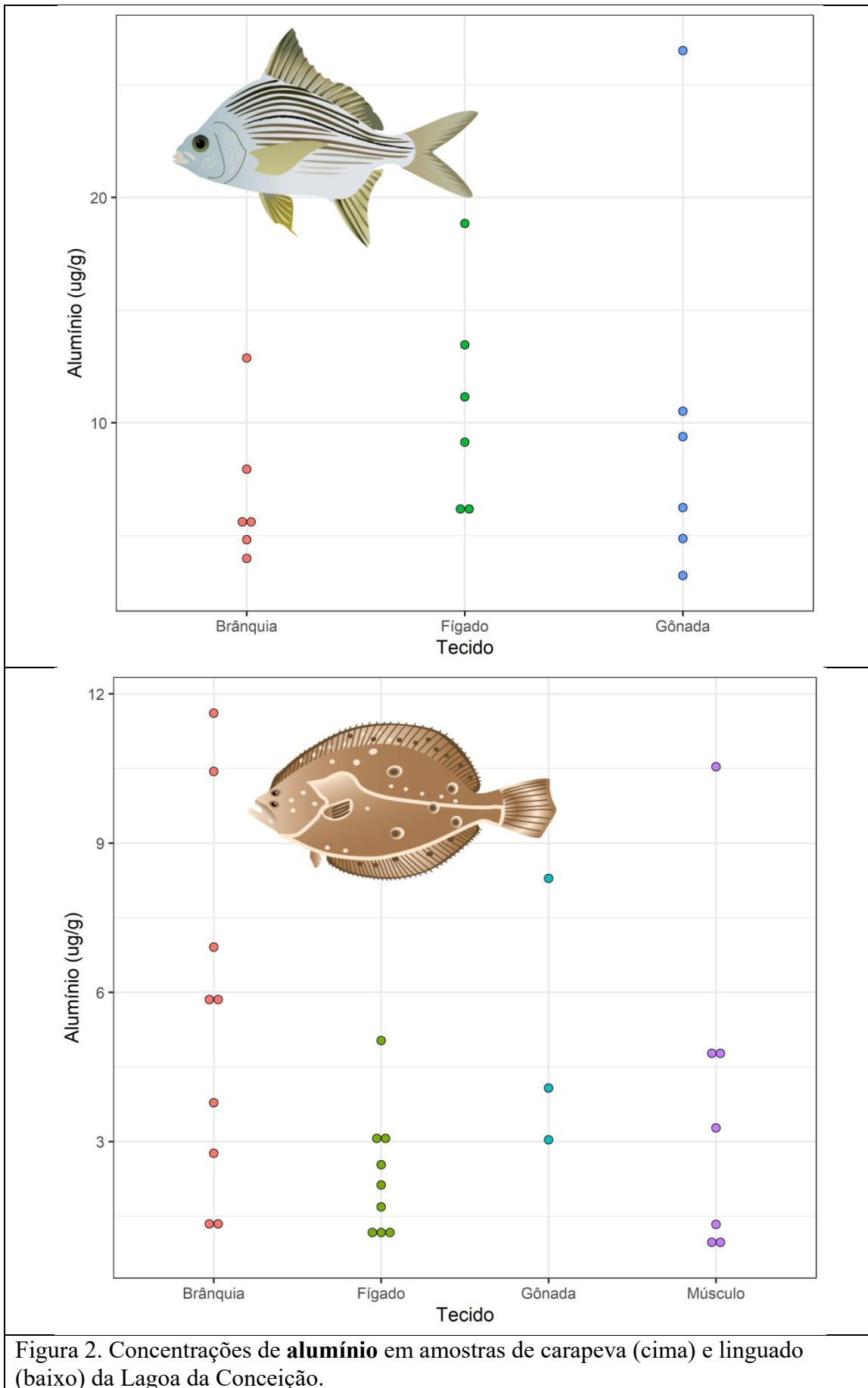


Figura 2. Concentrações de **alumínio** em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

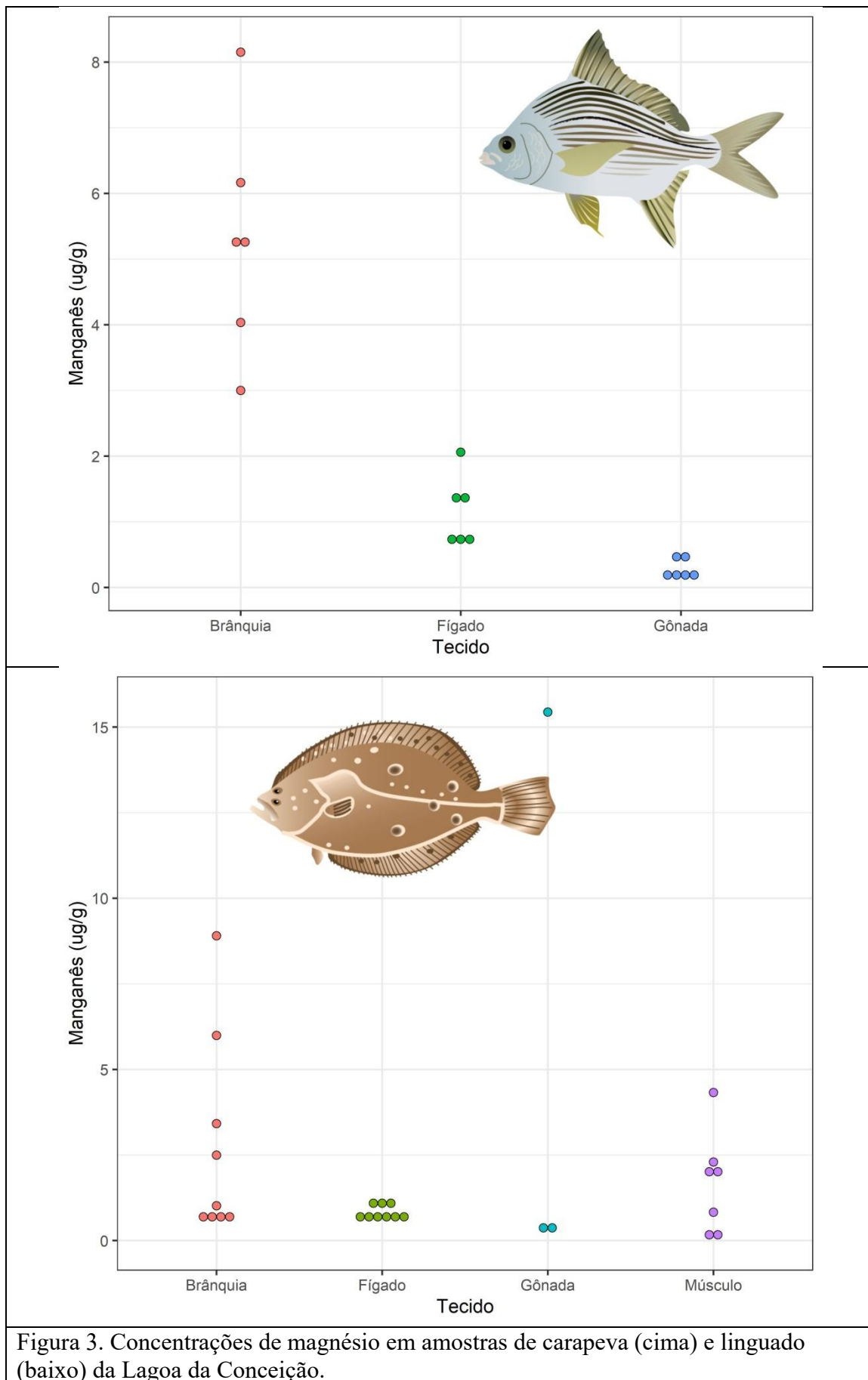


Figura 3. Concentrações de magnésio em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

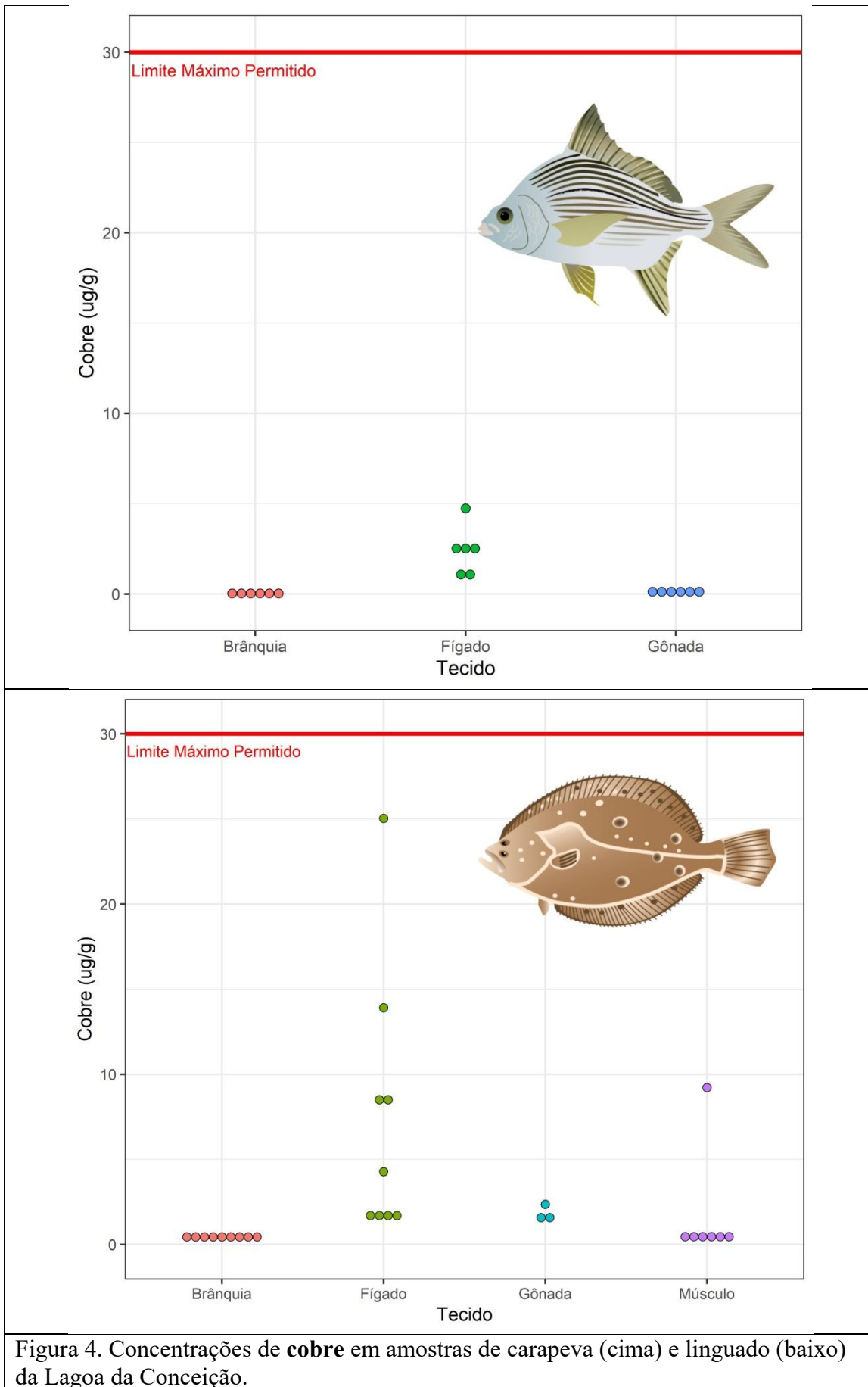


Figura 4. Concentrações de **cobre** em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

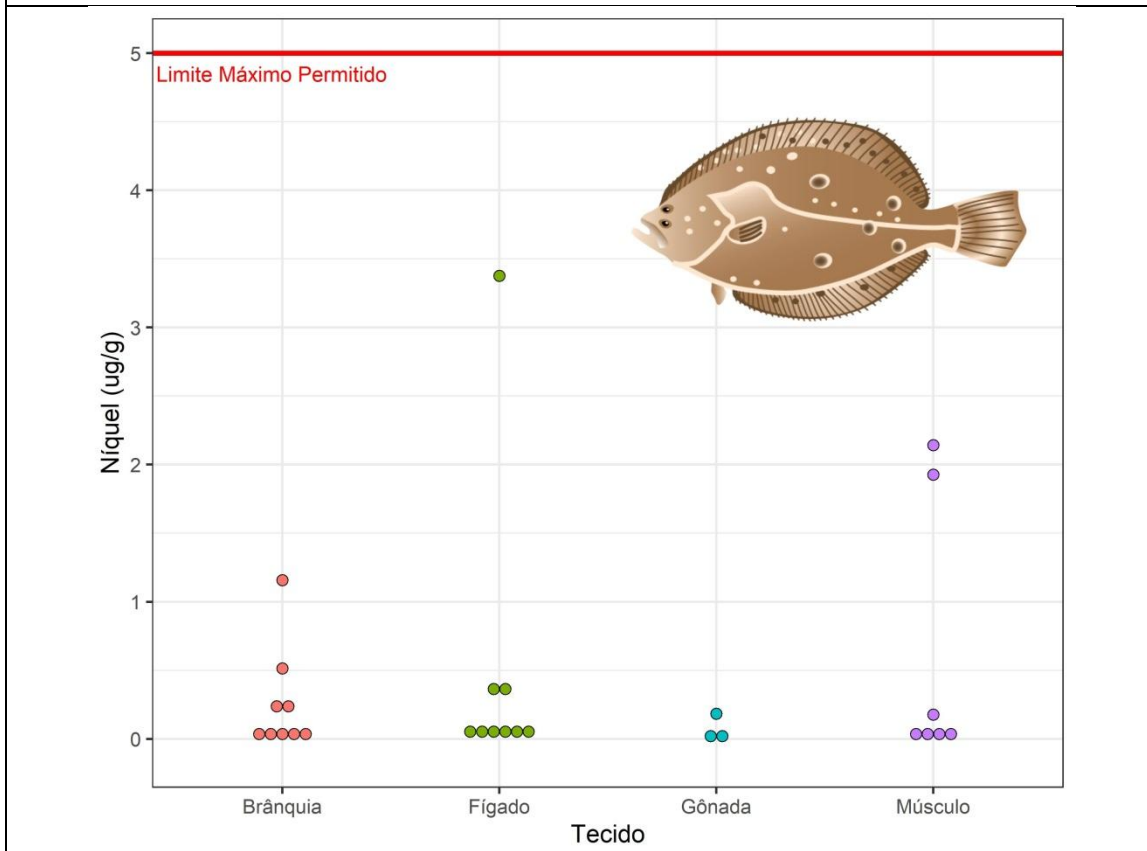
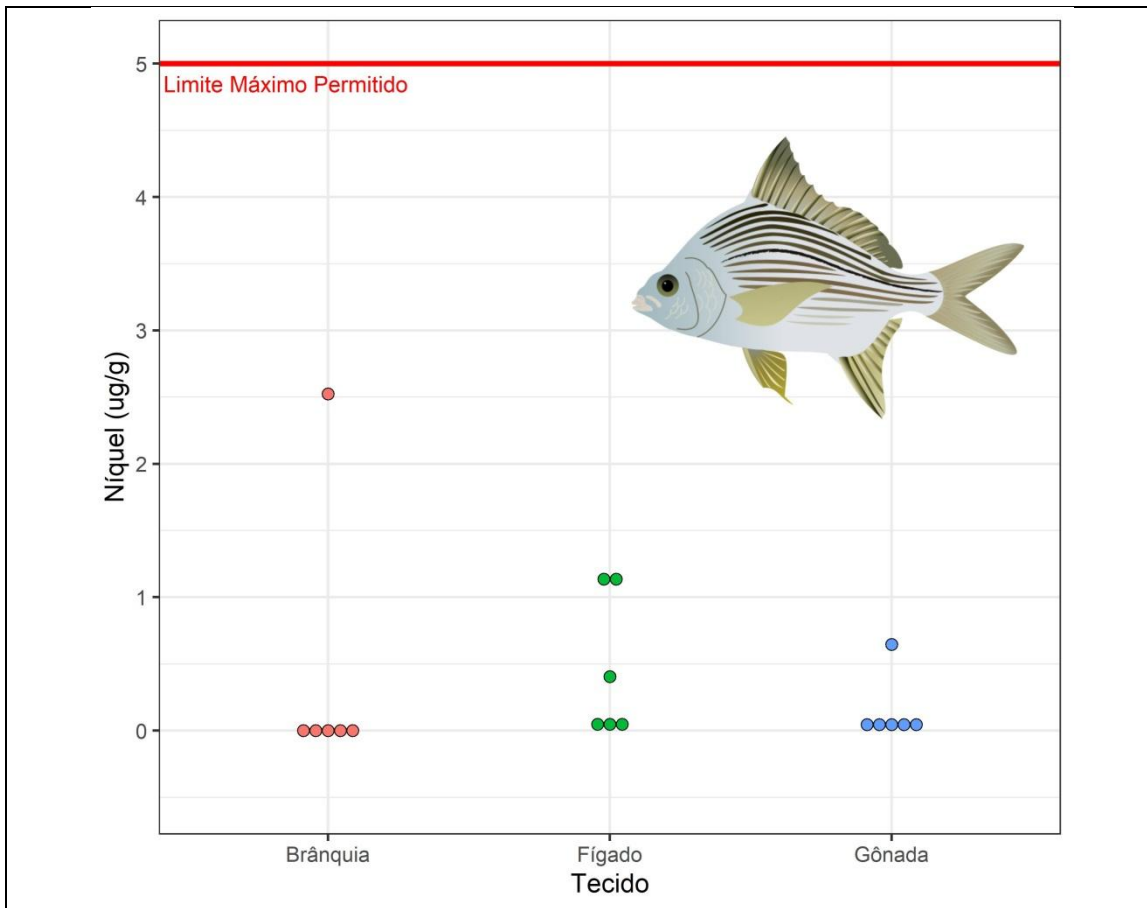


Figura 5. Concentrações de **níquel** em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

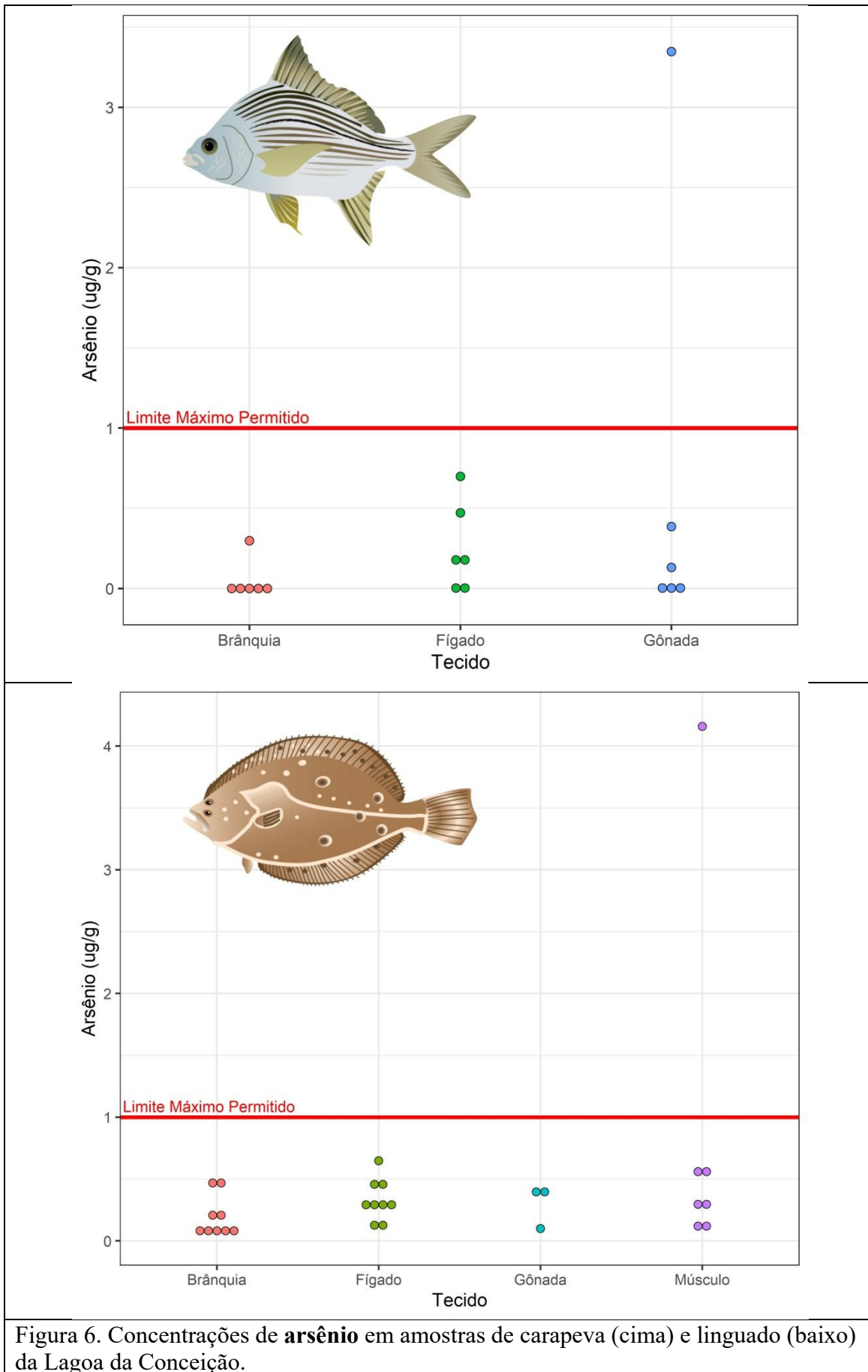


Figura 6. Concentrações de **arsênio** em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

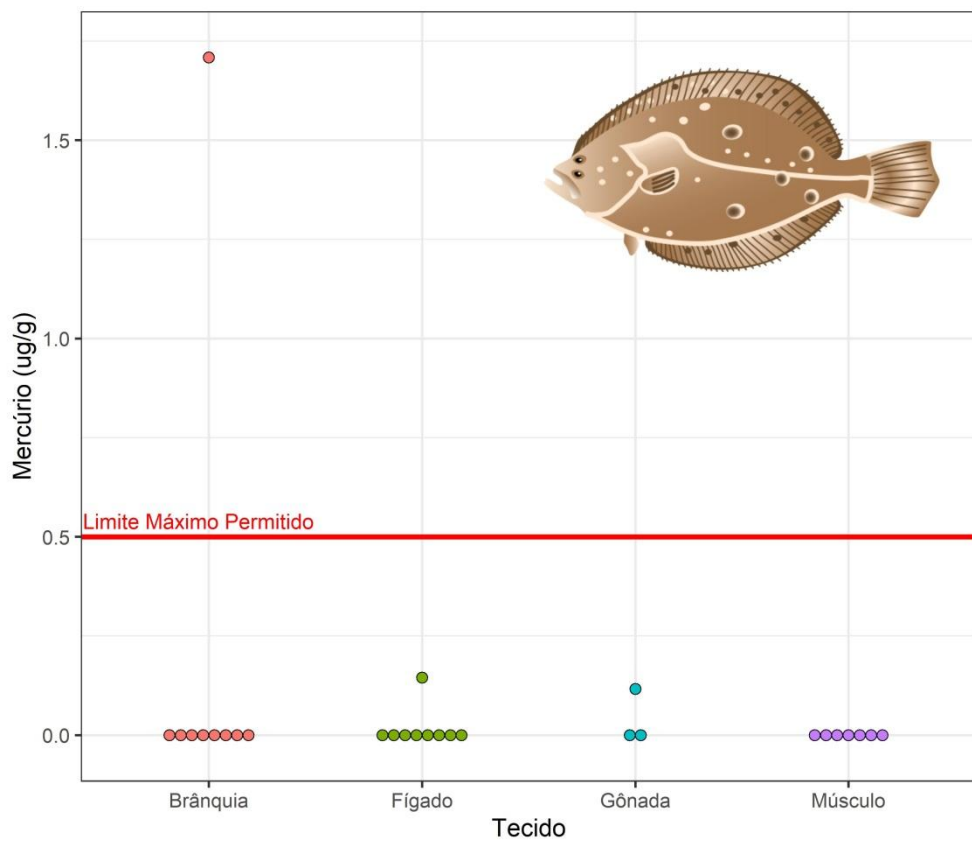
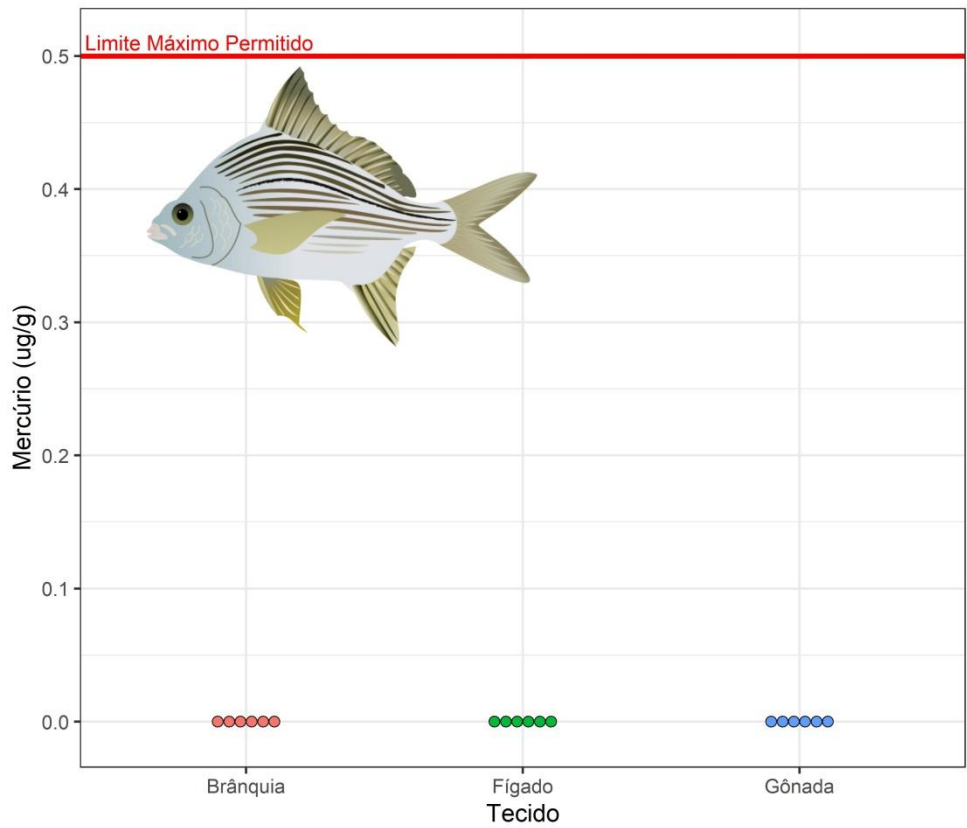


Figura 7. Concentrações de **mercúrio** em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

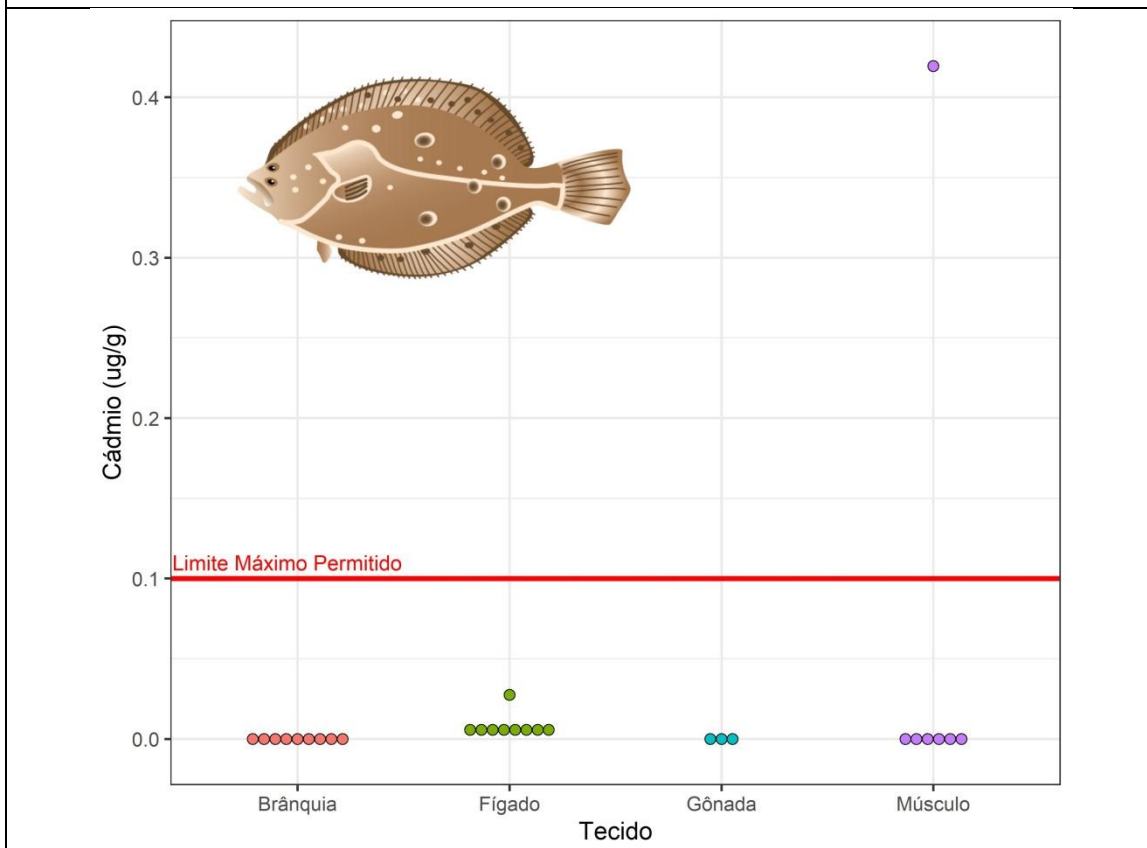
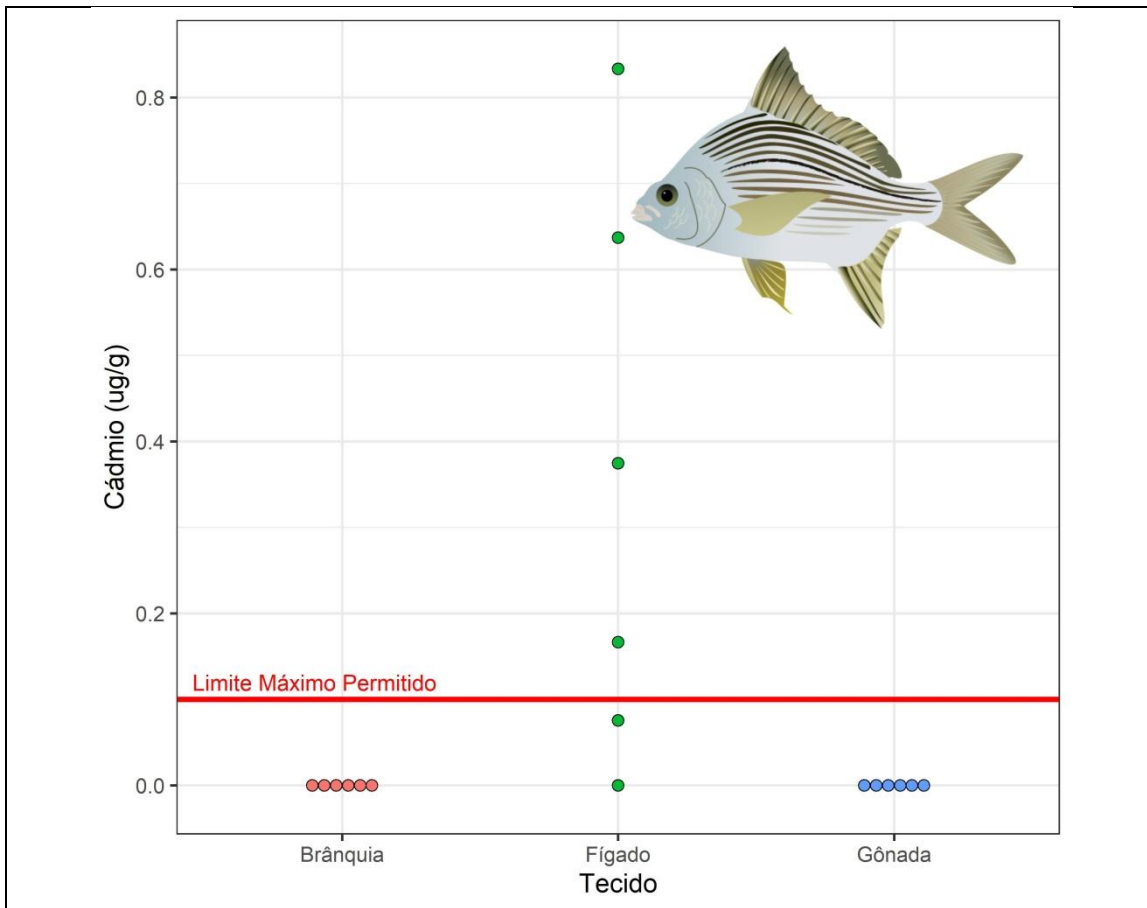


Figura 8. Concentrações de **cádmio** em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

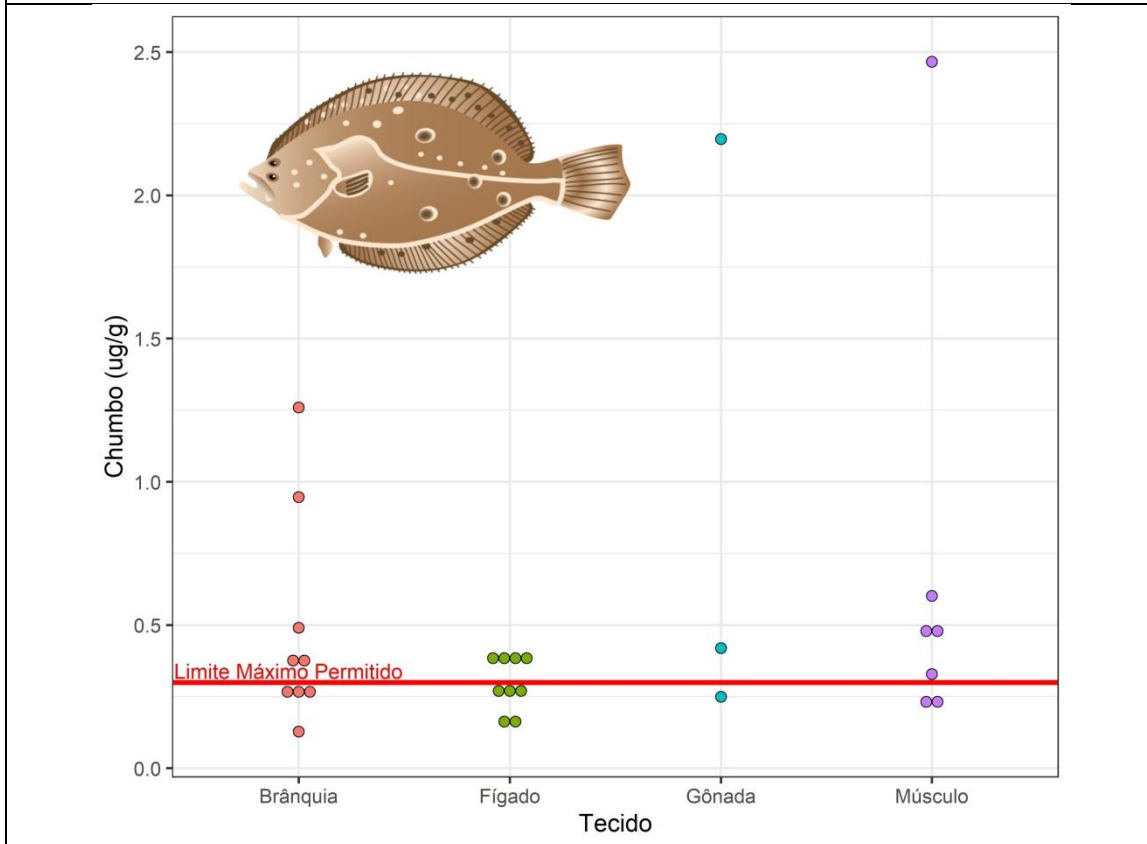
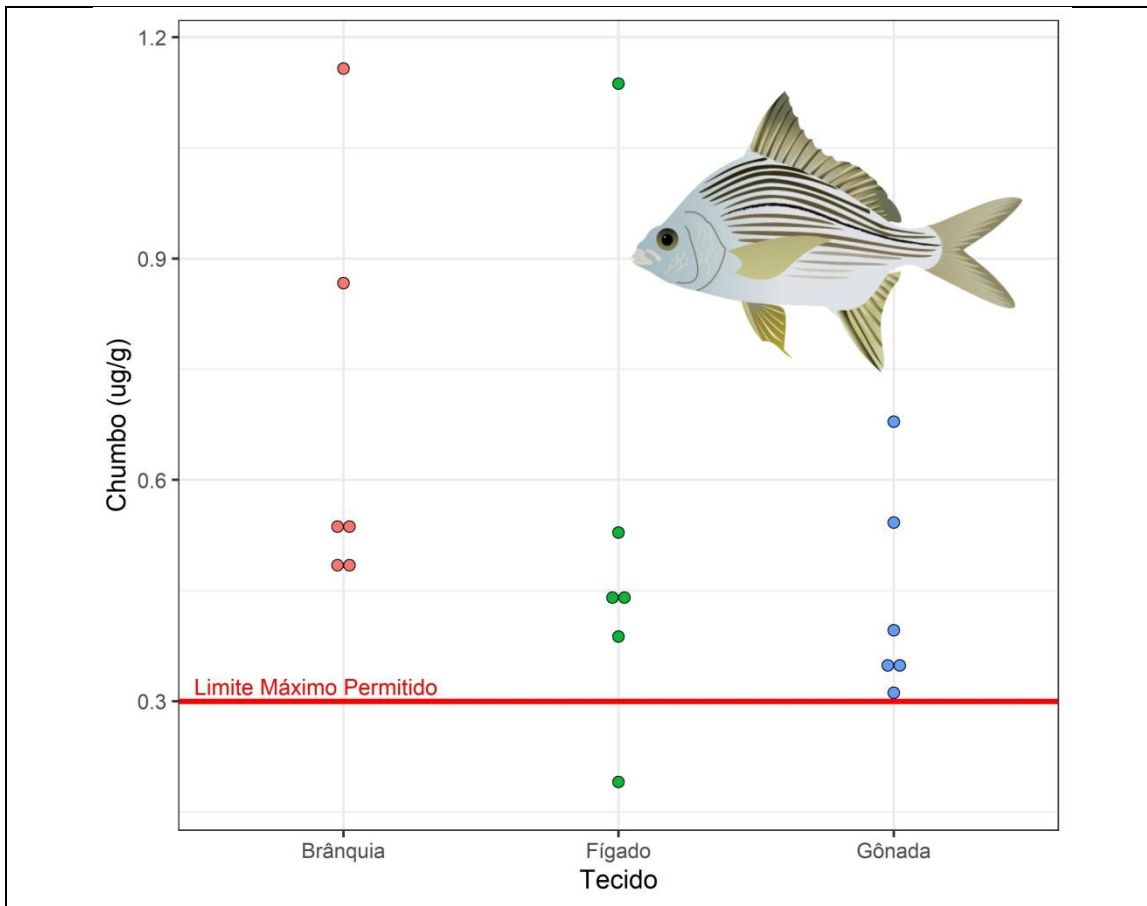


Figura 9. Concentrações de **chumbo** em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

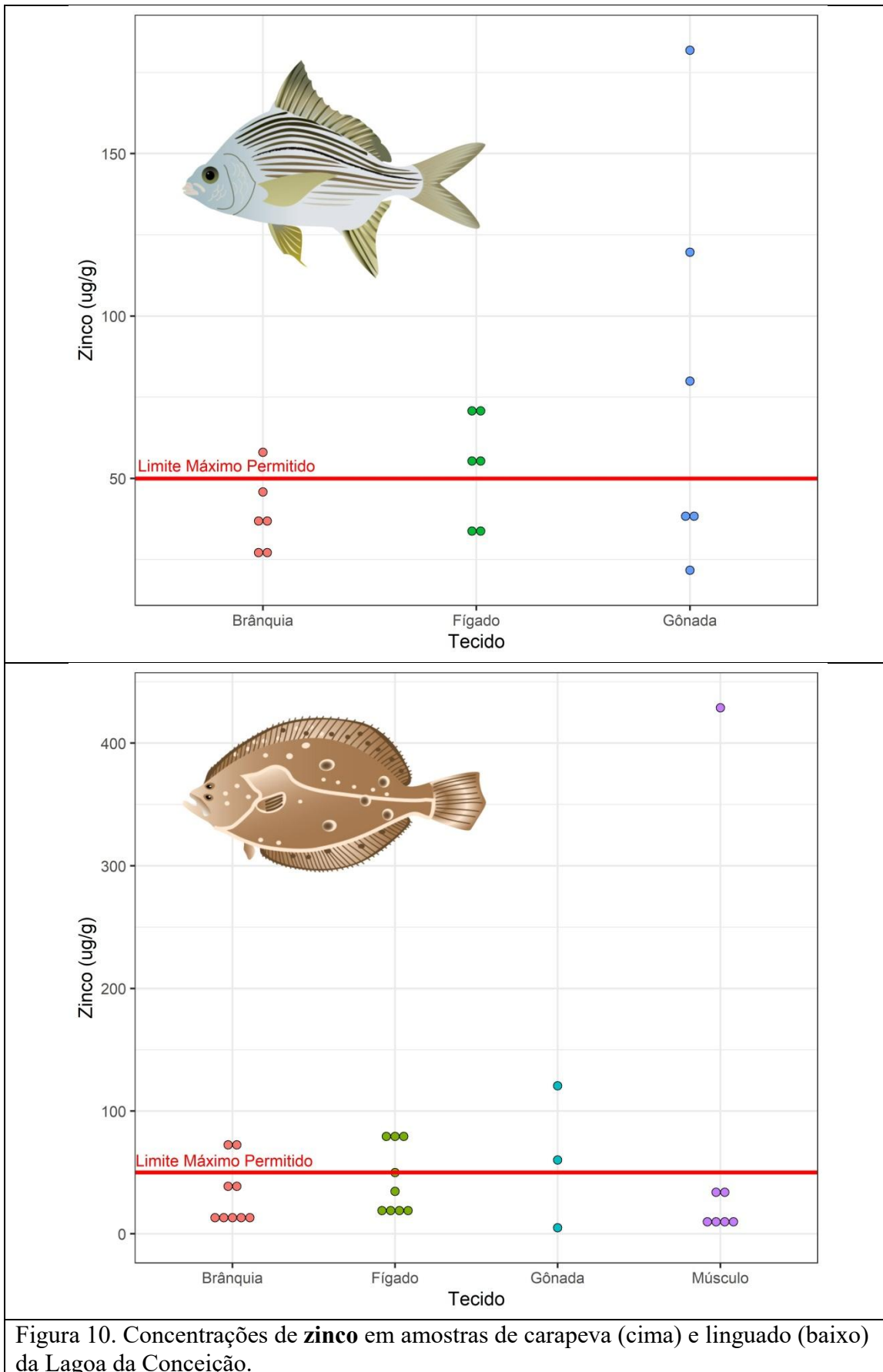


Figura 10. Concentrações de **zinco** em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

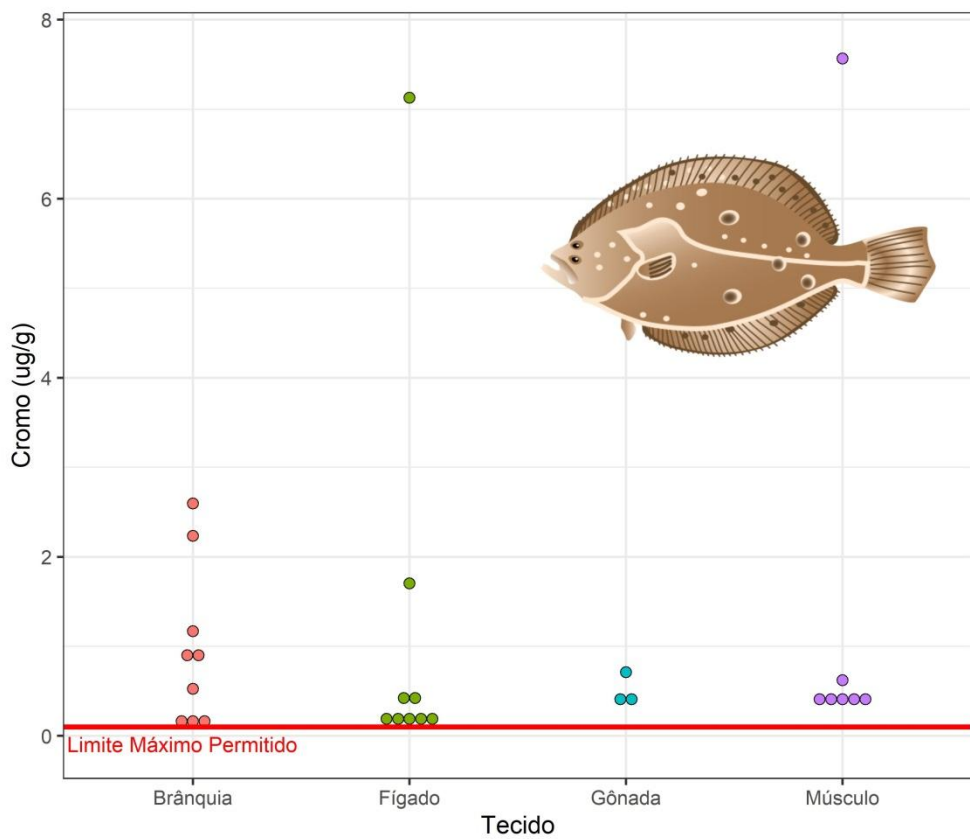
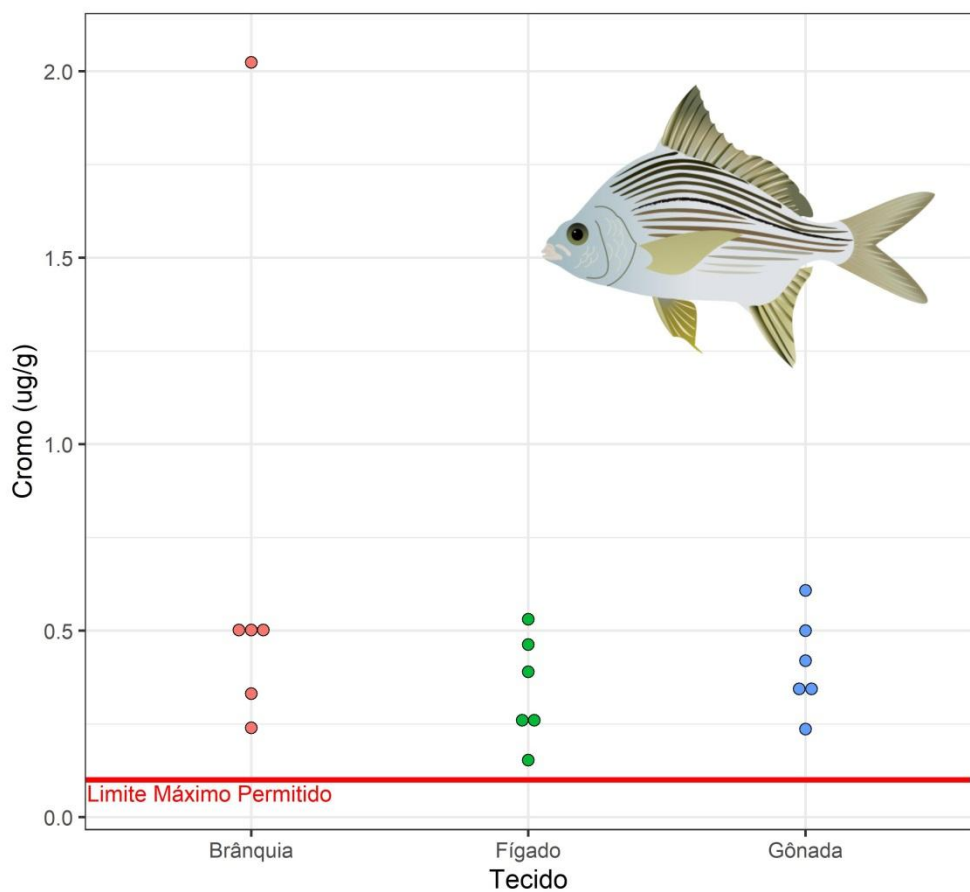


Figura 11. Concentrações de **chromo** em amostras de carapeva (cima) e linguado (baixo) da Lagoa da Conceição.

Tabela 3. Concentração de metais pesados ($\mu\text{g/g}$) em peixes da Lagoa da Conceição.

Nome	Tecido	Amostra	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Carapeva	Brânquia	1	3.98	0.30	nd	0.53	nd	256.88	nd	8.15	nd	0.49	45.82
Carapeva	Brânquia	2	4.81	nd	nd	0.33	0.08	138.65	nd	5.20	2.52	0.54	58.00
Carapeva	Brânquia	3	7.94	nd	nd	2.02	nd	100.45	nd	3.00	nd	1.16	26.83
Carapeva	Brânquia	4	12.87	nd	nd	0.48	nd	163.58	nd	5.31	nd	0.87	37.52
Carapeva	Brânquia	5	5.62	nd	nd	0.49	nd	183.32	nd	6.16	nd	0.48	36.29
Carapeva	Brânquia	6	5.58	nd	nd	0.24	nd	169.80	nd	4.03	nd	0.53	27.41
Carapeva	Fígado	1	9.14	0.70	nd	0.39	2.26	120.17	nd	0.82	1.13	0.43	53.51
Carapeva	Fígado	2	18.85	0.23	0.83	0.26	4.74	52.61	nd	1.29	0.09	0.39	73.01
Carapeva	Fígado	3	6.02	0.00	0.37	0.46	1.13	86.13	nd	0.65	1.14	0.53	34.15
Carapeva	Fígado	4	13.46	nd	0.17	0.53	1.02	274.03	nd	0.73	nd	1.14	57.17
Carapeva	Fígado	5	11.15	0.13	0.64	0.15	2.29	64.12	nd	1.44	0.07	0.19	68.61
Carapeva	Fígado	6	6.33	0.47	0.08	0.26	2.79	62.57	nd	2.06	0.41	0.45	33.41
Carapeva	Gônada	1	4.86	0.39	nd	0.50	0.26	67.21	nd	0.42	nd	0.40	40.49
Carapeva	Gônada	2	26.52	nd	nd	0.61	nd	84.94	nd	0.30	nd	0.68	79.98
Carapeva	Gônada	3	10.52	0.13	nd	0.37	0.07	82.31	nd	0.20	nd	0.35	36.27
Carapeva	Gônada	4	3.22	nd	nd	0.24	0.03	25.50	nd	0.08	nd	0.54	181.81
Carapeva	Gônada	5	6.23	0.00	nd	0.42	0.06	92.27	nd	0.51	0.65	0.34	119.68
Carapeva	Gônada	6	9.39	3.35	nd	0.32	nd	17.64	nd	0.25	0.09	0.31	21.74
Linguado	Brânquia	1	2.76	0.23	nd	2.60	0.38	84.71	nd	2.50	0.51	0.25	33.67
Linguado	Brânquia	2	5.74	0.52	nd	0.98	0.41	84.59	nd	1.02	0.07	0.41	17.81
Linguado	Brânquia	3	10.44	0.41	nd	0.82	0.06	268.24	nd	5.99	nd	1.26	67.22
Linguado	Brânquia	4	11.61	0.03	nd	2.23	nd	150.96	nd	8.91	1.16	0.95	77.61
Linguado	Brânquia	5	3.78	0.18	nd	0.53	0.74	46.30	nd	0.51	0.21	0.30	14.45
Linguado	Brânquia	6	6.91	0.09	nd	1.17	0.56	161.78	nd	3.42	0.26	0.49	43.56
Linguado	Brânquia	7	1.34	0.12	nd	0.19	0.90	57.92	nd	0.88	nd	0.24	19.61
Linguado	Brânquia	8	1.35	0.06	nd	0.07	0.23	36.76	nd	0.62	nd	0.13	6.45
Linguado	Brânquia	9	5.98	0.14	nd	0.25	0.10	47.42	1.71	0.56	nd	0.34	16.30
Linguado	Fígado	1	3.21	0.48	nd	1.70	4.28	200.65	nd	1.13	0.43	0.36	23.17
Linguado	Fígado	2	1.03	0.65	nd	0.20	25.03	105.96	nd	0.51	nd	0.19	49.80
Linguado	Fígado	3	1.69	0.32	0.01	7.13	1.43	88.96	nd	1.13	3.38	0.30	15.28
Linguado	Fígado	4	2.54	0.43	nd	0.48	8.09	67.81	nd	0.71	0.04	0.38	34.49
Linguado	Fígado	5	2.92	0.08	nd	0.13	1.36	44.42	nd	0.88	nd	0.13	81.60
Linguado	Fígado	6	5.03	0.26	nd	0.37	2.03	50.66	nd	0.76	nd	0.37	14.45
Linguado	Fígado	7	1.20	0.17	0.03	0.30	1.70	81.42	nd	1.05	0.04	0.26	15.89
Linguado	Fígado	8	1.32	0.32	nd	0.08	8.92	108.25	nd	0.86	0.30	0.41	81.39
Linguado	Fígado	9	2.13	0.30	nd	0.11	13.91	55.18	0.14	0.67	0.11	0.24	77.05
Linguado	Gônada	5	4.07	0.10	nd	0.50	1.20	68.04	nd	0.55	0.04	0.42	60.13
Linguado	Gônada	8	8.29	0.37	nd	0.71	2.36	168.98	0.12	15.44	0.18	2.20	4.96
Linguado	Gônada	9	3.03	0.42	nd	0.32	1.97	29.09	nd	0.19	nd	0.25	120.71
Linguado	Músculo	1	1.00	0.26	nd	0.48	0.92	52.82	nd	2.24	0.18	0.60	32.03
Linguado	Músculo	2	0.95	0.61	nd	0.33	nd	17.25	nd	0.17	nd	0.33	3.32
Linguado	Músculo	3	3.28	0.33	nd	0.62	0.21	39.87	nd	0.83	0.07	0.48	14.70
Linguado	Músculo	4	10.53	4.16	0.42	7.57	9.22	103.98	nd	4.32	1.93	2.47	428.76
Linguado	Músculo	5	1.33	0.16	nd	0.54	0.37	102.53	nd	2.30	2.14	0.23	35.62
Linguado	Músculo	6	4.73	0.51	nd	0.28	0.04	22.35	nd	0.18	0.07	0.24	10.95
Linguado	Músculo	7	4.82	0.08	nd	0.36	nd	70.49	nd	1.78	nd	0.48	16.24
Valores médios													
Carapeva	Todos	18	9.25	0.32	0.12	0.48	0.82	113.45	0.00	2.26	0.34	0.55	57.32
Linguado	Todos	28	4.04	0.42	0.02	1.11	3.09	86.34	0.07	2.15	0.40	0.52	50.62

nd, abaixo do nível de detecção.

Análises de avaliação de risco à saúde pela contaminação por metais em peixes

A fim de avaliar o risco à saúde associado ao consumo de peixes potencialmente contaminados por metais aplicamos dois índices, um associado ao risco em geral (*Target Hazard Quocient* – THQ) e outro ao risco de câncer (*Target Cancer Risk* – TR). Os valores de THQ superiores a 01 indicam um risco potencial à saúde dos consumidores. Os níveis de risco aceitáveis para carcinógenos (TR) variam de 10^{-4} (o risco de desenvolver câncer ao longo da vida humana é de 1 em 10.000) a 10^{-6} (o risco de desenvolver câncer ao longo da vida humana é de 1 em 1.000.000). Os índices foram calculados seguindo as fórmulas e parâmetros descritos abaixo (USEPA, 1989):

$$\text{THQ} = (\text{FExp} \times \text{DExp} \times \text{TIP} \times \text{CM} / \text{DRef} \times \text{PCA} \times \text{TExp}) / 1000$$

onde:

FExp representa a frequência de exposição, sendo considerada como 365 dias/ano; DExp é a duração média da vida, definida como 70 anos (USEPA, 1989); TIP é a taxa de ingestão de peixes. Em 1996 a FAO indicava que o consumo médio de peixe no Brasil era de 6,4 kg/ano/pessoa e um estudo do Instituto CEPA-SC (1996) mostrou que em Florianópolis o consumo era de 14,16 kg/ano/pessoa. Atualmente, o consumo de peixes pelos brasileiros é de 10,19 kg/ano/pessoa (Seafood Brasil, 2021). Se considerarmos que o consumo de peixe em Florianópolis seguiu a mesma tendência da média brasileira, estima-se o consumo é de 22,55 Kg/ano/pessoa (ou 61,77 g/dia/pessoa); CM é a concentração média de cada metal registrada nesse estudo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$); DRef é a dose oral de referência em mg/kg/dia, definida pela USEPA (2010) com os seguintes valores: 1×10^{-4} para Hg, 3×10^{-4} para As, 1×10^{-3} para Cd, 1,5 para Cr, 4×10^{-2} Cu, 2×10^{-2} para Ni e Zn, 4×10^{-3} para Pb; PCA é o peso corporal médio do consumidor adulto. A partir dos dados do IBGE (2010) foi estimado o peso médio de 70,75 kg para os catarinenses com cerca de 70 anos; TExp é o tempo médio de exposição, definido como: 365 dias/ano x DExp (duração média da vida).

Uma vez que a exposição a dois ou mais poluentes pode resultar em efeitos aditivos (Hallenbeck, 1993), também foi estimado o risco total a partir da soma aritmética de cada valor de THQ (Chien et al., 2002):

$$\sum \text{THQ} = \text{THQ}(\text{As}) + \text{THQ}(\text{Cd}) + \text{THQ}(\text{Cr}) + \text{THQ}(\text{Cu}) + \\ \text{THQ}(\text{Hg}) + \text{THQ}(\text{Ni}) + \text{THQ}(\text{Pb}) + \text{THQ}(\text{Zn})$$

O risco de câncer foi estimado como a probabilidade de um indivíduo desenvolver câncer durante sua vida devido à exposição a agentes cancerígenos em potencial (USEPA, 1989). O risco de câncer ao longo da vida (TR) é obtido multiplicando a dose diária pelo fator de inclinação do câncer (CSF), que é derivado pela curva de dose de resposta para ingestão de tóxicos e segue a seguinte fórmula (Bonsignore et al., 2018):

$$\text{TR} = (\text{FExp} \times \text{DExp} \times \text{TIP} \times \text{CM} \times \text{CSF} / \text{PCA} \times \text{TExp}) / 1000$$

Valores de CSF são conhecidos apenas para As (CSF = 1,5 mg/kg/dia), Cd (CSF = 6,3 mg/kg/dia) e Pb (CSF = 8,5 * 10⁻³ mg/kg/dia) (USEPA, 2010; IARC, 2012).

A Tabela 04 contém os valores calculados para o risco geral (THQ) associado ao consumo de peixes potencialmente contaminados por metais na Lagoa da Conceição. Os valores indicam que para as duas espécies de peixes o risco potencial à saúde dos consumidores é elevado (valores > 1). Quando analisados individualmente, arsênio para as carapevas e zinco para carapevas e linguados alcançam valores não aceitáveis. Para os demais metais os riscos estão dentro do valor aceitável.

A Tabela 5 mostra os valores para o risco de câncer (TR) associado ao consumo de peixes potencialmente contaminados por metais na Lagoa da Conceição. Os valores de arsênio e cádmio são considerados negligenciáveis, enquanto os valores encontrados para chumbo são inaceitáveis, evidenciando um risco elevado.

Tabela 4. Estimativa do risco à saúde em geral (THQ) associado ao consumo de peixes na Lagoa da Conceição. Nível de risco aceitável é até 1 (USEPA, 2010).

Espécie/metal	Fexp	Dexp	TIP	CM	Dref	PCM	Texp	THQ
Carapeva								
Arsênio (As)	365	70	61.77	0.32	0.0003	70.75	25550	0.921
Cádmio (Cd)	365	70	61.77	0.12	0.001	70.75	25550	0.101
Cromo (Cr)	365	70	61.77	0.48	1.5	70.75	25550	0.000
Cobre (Cu)	365	70	61.77	0.82	0.04	70.75	25550	0.018
Mercúrio (Hg)	365	70	61.77	0	0.0001	70.75	25550	0.000
Níquel (Ni)	365	70	61.77	0.34	0.02	70.75	25550	0.015
Chumbo (Pb)	365	70	61.77	0.55	0.004	70.75	25550	0.119
Zinco (Zn)	365	70	61.77	57.3	0.02	70.75	25550	2.502*
							∑THQ	3.676*
Linguado								
Arsênio (As)	365	70	61.77	0.42	0.0003	70.75	25550	1.226*
Cádmio (Cd)	365	70	61.77	0.02	0.001	70.75	25550	0.014
Cromo (Cr)	365	70	61.77	1.11	1.5	70.75	25550	0.001
Cobre (Cu)	365	70	61.77	3.09	0.04	70.75	25550	0.067
Mercúrio (Hg)	365	70	61.77	0.07	0.0001	70.75	25550	0.614
Níquel (Ni)	365	70	61.77	0.4	0.02	70.75	25550	0.017
Chumbo (Pb)	365	70	61.77	0.52	0.004	70.75	25550	0.115
Zinco (Zn)	365	70	61.77	50.6	0.02	70.75	25550	2.210*
							∑THQ	4.264*

* Valor acima do aceitável

Tabela 5. Estimativa do risco de câncer (TR) associado ao consumo de peixes na Lagoa da Conceição. Nível de risco aceitável é até 0,0001-0,000001 (USEPA, 2010).

Espécie/Metal	Fexp	Dexp	TIP	CM	CSF	PCM	Texp	TR
Carapeva								
Arsênio (As)	365	70	61.77	0.32	0.0003	70.75	25550	0.0000001
Cádmio (Cd)	365	70	61.77	0.12	0.001	70.75	25550	0.0000001
Chumbo (Pb)	365	70	61.77	0.55	0.004	70.75	25550	0.0000019*
Linguado								
Arsênio (As)	365	70	61.77	0.42	0.0003	70.75	25550	0.0000001
Cádmio (Cd)	365	70	61.77	0.02	0.001	70.75	25550	0.0000000
Chumbo (Pb)	365	70	61.77	0.52	0.004	70.75	25550	0.0000018*

* Valor acima do aceitável

Considerações finais

Os dados trabalhados na presente nota técnica são oriundos de uma demanda e de um esforço da comunidade de pesca/moradores da Costa da Lagoa e de pesquisadores do PES-UFSC e da FURG.

Embora o levantamento dos metais em peixes não tenha sido sistematizado, **os dados indicam um**

padrão consistente de contaminação por alguns metais e um elevado risco à saúde dos consumidores desse pescado. Em particular, é possível que muitos moradores apresentem o hábito de consumo de peixe em níveis acima dos considerados nas nossas estimativas (61,77 g/dia/pessoa), o que torna a situação ainda mais crítica. Os riscos se estendem também a boa parte do comércio e do turismo na bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, que tem suas atividades relacionadas com a laguna propriamente dita e com o consumo de peixes do referido sistema. Os resultados encontrados evidenciam que é **urgente a realização de um diagnóstico amplo da situação do pescado da Lagoa da Conceição, das possíveis fontes de contaminação e da saúde de seus moradores** a fim de proporcionar informação qualificada para que tomadores de decisão e a comunidade possam discutir as ações a serem tomadas nas áreas da saúde, segurança alimentar, hídrica e ambiental.

O PES recomenda fortemente que seja iniciado um **monitoramento sistematizado e permanente do pescado da Lagoa da Conceição e das possíveis fontes de contaminação.** Em anexo a essa nota técnica apresentamos uma proposta de monitoramento que foi elaborada considerando: *i) o estabelecimento de espécies alvo*, a partir de dados da ecologia das populações e das espécies comumente utilizadas na pesca e consumo; *ii) número de indivíduos por espécie*, a fim de produzir informação qualificada; *iii) distribuição espacial das amostras*, a fim de contemplar todas as regiões da lagoa e do mar adjacente; *iv) frequência temporal das amostras*, adequada para o efetivo monitoramento real, sistemático e permanente; e *v) acompanhamento das possíveis fontes de contaminação*, verificada por meio dos sedimentos.

Bibliografia utilizada

Australia & New Zealand. 2016. Food Standards Code. Part 1.4 Contaminant and residues, Standard 1.4.1 – contaminants and natural toxicants.

- Balali-Mood, M.; Naseri, K.; Tahergorabi, Z.; Khazdair, M.R.; Sadeghi, M. 2021. Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic. *Frontiers in Pharmacology*, 12:643972.
- Bonsignore, M.; Salvagio Manta, D.; Mirto, S.; Quinci, E.M.; Ape, F.; Montalto, V.; Gristinac, M.; Traina, A.; Sprovieri, M., 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish, crustaceans, molluscs and echinoderms from the Tuscany coast. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 162, 554–562.
- Centro de Socioeconomia e planejamento agrícola – CEPA/SC. 1996. *Pescado em Santa Catarina*. Florianópolis, 86 p.
- Chien, L.C.; Hung, T.C.; Choang, K.Y.; Yeh, C.Y.; Meng, P.J.; Shieh, M.J.; Han, B.C. 2002. Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan. *Sci. Total Environ.* 285, 177–185.
- China. 2017. GB2762-2017 National Food Safety Standards. <http://down.foodmate.net/standard/sort/3/50748.html>
- Codex Alimentarius Commission. 2010. Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed. CODEX STAN 193-1995.
- EU Commission No 1881/2006. 2006. Commission regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *OJEC (L364)*, 5–24.
- Food and Agriculture Organization – FAO. 2003. Heavy Metal Regulations – Faolex. Legal Notice no. 66/2003.
- Hallenbeck, W.H.; Cunningham, K.M. 1988. Quantitative risk assessment for environmental and occupational health. *J. Hazard. Mater.* 17: 227–234.
- International Agency for Research on Cancer – IARC. 2012. Monograph on Cadmium, Chromium, Copper, Iron, Plumbum and Zinc. International Agency for Research on Cancer, Lyon, France.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2010. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009. Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil. 130p.
- Ivanina, A. V.; Sokolova, I. M. 2015. Interactive effects of metal pollution and ocean acidification on physiology of marine organisms. *Current Zoology*, 61(4), 653-668.

Nauen, C.E. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fishery Circular, 464, 5–100.

Pereira, N.C.; Cantoviski, K.; Sell, F.; Parisotto, E.B.; Pedrosa, R.C.; Zamoner, A.; Wilhelm Filho, D. 2018. Risk assessment of a coastal lacustrine environment using oxidative stress biomarkers present in the digestive gland of the Brazilian clam *Anomalocardia brasiliiana*. SDRP Journal of Aquaculture. Fisheries & Fish Science, 2(1):90-104.

Seafood Brasil, 2021. Você sabe quanto o brasileiro realmente come de pescado? <https://www.seafoodbrasil.com.br/voce-sabe-quanto-o-brasileiro-realmente-come-de-pescado>.

US Environmental Protection Agency – USEPA. 2010. Risk assessment guidance for superfund. In: Human Health Evaluation Manual (Part A). Volume I. pp. 2015. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/rags_a.pdf.

US Environmental Protection Agency – USEPA. 1989. Guidance manual for assessing human health risks from chemically contaminated, fish and shellfish (EPA-503/8-89-002). USEPA, Washington DC <https://www.epa.gov/nscep>.

Assinam a presente nota técnica os pesquisadores ligados aos seguintes laboratórios de pesquisa e/ou grupos de trabalho:

Programa Ecoando Sustentabilidade (PES/UFSC)

Núcleo de Estudos do Mar (NEMAR/UFSC)

Laboratório de Ficologia (LAFIC/UFSC)

Laboratório de Biodiversidade Costeira (LABCOST/UFSC)

Laboratório de Biogeoquímica Marinha (LOQUI/UFSC)

Laboratório de Ecologia (UDESC)

Laboratório de Determinações II (IB/FURG)



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA ECOANDO SUSTENTABILIDADE – PES
ANEXO DA NOTA TÉCNICA Nº11/PES/2021**

De 01 de setembro de 2021

**Proposta para monitoramento sistemático da saúde do pescado da Lagoa da Conceição
e suas possíveis fontes de contaminação**

1. Objetivo

A presente proposta apresenta um plano de amostragem para dar início ao monitoramento sistemático da saúde do pescado da Lagoa da Conceição (LC) e suas possíveis fontes de contaminação.

2. Motivação

A motivação para a formulação da proposta partiu de análises preliminares da contaminação de peixes e invertebrados da LC por metais, realizadas pela equipe do Programa Ecoando Sustentabilidade/UFSC em parceria com o Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande (ICB/FURG), e da discussão desses dados com a comunidade em dois encontros realizados utilizando ferramentas de comunicação virtual realizadas durante o mês de julho de 2021. Nos encontros estiveram presentes integrantes da pesca, de escola e moradores da Costa da Lagoa, da Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca (SAR/SC), da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola (CIDASC/SC), do Instituto do Meio Ambiente (IMA/SC) e da Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLORAM).

3. Princípios norteadores que subsidiaram a formulação da presente proposta

Como são raros os estudos que tratam da saúde dos pescados da LC, é necessário o estabelecimento de princípios a serem seguidos para definir uma metodologia formal e factual refinada para o estabelecimento das espécies alvo, número de indivíduos por espécie, distribuição espacial e frequência temporal das amostras mais adequada para o efetivo monitoramento sistemático e permanente.

- A seleção das espécies a serem incorporadas ao monitoramento permanente deve ser feita considerando os organismos sabidamente consumidos e que representem os diferentes níveis da cadeia alimentar.
- A definição do planejamento espacial do monitoramento deve levar em consideração a distribuição das espécies nos diferentes compartimentos da laguna e o mar adjacente.
- O planejamento espacial do monitoramento deve abranger os diferentes compartimentos da laguna e áreas de influência a fim de ser capaz de detectar possíveis fontes de entrada de contaminantes no sistema.
- A definição da frequência temporal das amostragens deve levar em consideração o ciclo de vida das espécies alvo, selecionando a periodicidade capaz de detectar possível contaminação ocorrida no intervalo entre gerações (coortes) de cada espécie.
- O número de exemplares por espécie para o monitoramento deve ser no mínimo 30 exemplares por espécie, considerando a variabilidade observada na análise apresentada na nota anexa, a fim de obter representatividade e robustez da informação para análise dos dados considerando ferramentas estatísticas diversas.
- O monitoramento das possíveis fontes de contaminação deve focar na contaminação dos sedimentos, considerando que é o substrato onde os metais se acumulam e onde as espécies costumam forragear/alimentar.

4. Proposta de monitoramento sistemático e permanente do pescado

4.1. Espécies alvo

A seleção das espécies alvo abrange todos os grupos de animais pescados e consumidos da LC (peixes, crustáceos e moluscos; Tabela A1). O grupo dos moluscos será representado pelo berbigão (*Anomalocardia flexuosa*) por ser alimento tradicional na Ilha de Santa Catarina. O grupo dos crustáceos será representado pelo siri (*Callinectes danae*) e o camarão (*Farfantepenaeus paulensis*), fartamente utilizado na culinária local. As espécies de peixes selecionadas são as mais abundantes, que ocorrem em todas as regiões da laguna e que são representativas de organismos com diferentes hábitos alimentares (comunicação pessoal com pescadores locais; Ribeiro et al., 1999; Borgo et al, 2015, Cattani, et. al.2019; Rios, 2017), sendo peixe rei (*Atherinella brasiliensis*), sardinha (*Sardinella brasiliensis*), carapicu (*Eucinostomus argenteus*), parati (*Mugil curema*), tainha (*Mugil liza*), anchova (*Pomatomus saltatrix*) e corvina (*Micropogonias furnieri*). Na Tabela A1 também pode ser verificado que as espécies selecionadas bem representam diferentes níveis da cadeia trófica, o que pode ser verificado pelos principais itens alimentares consumidos por cada espécie (hábitos: detritívoro, filtrador, zoobentívoro, zooplantívoro, piscívoro e oportunista).

4.2. Periodicidade das amostragens

A definição da frequência temporal das amostragens leva em consideração o tempo necessário para que as espécies alvo atinjam o tamanho da primeira maturação (L_{m50} ; comprimento para o qual 50 % dos peixes são imaturos e 50% maduros), sendo geralmente o tamanho mínimo utilizado para a comercialização e o tamanho que não coloca em risco a sustentabilidade do estoque pesqueiro. A Tabela A1 apresenta o L_{m50} e a idade das espécies alvo quando atingem o tamanho da primeira maturação, bem como as bibliografias referentes às informações. Quase a totalidade das espécies alvo atinge a sua primeira maturação com cerca de 01 ano de idade (exceção à tainha que atinge a primeira maturação com 5-6 anos de idade, embora é sabido que o estoque que permanece dentro dos sistemas estuarinos atinge a maturação antes dessa idade e com tamanhos menores).

Considerando que um programa de monitoramento deve ser capaz de detectar alterações ao longo do tempo, as amostragens tomadas com **frequência anual** terão a capacidade de detectar possível contaminação do pescado entre as diferentes gerações das espécies alvo. Em outras palavras, as concentrações de metais no pescado serão representativas do seu acúmulo no período de um ano. A fim de facilitar a identificação do tamanho de cada espécie alvo quando atinge na idade de 01 ano, a Tabela A1 mostra os tamanhos corrigidos para um ano.

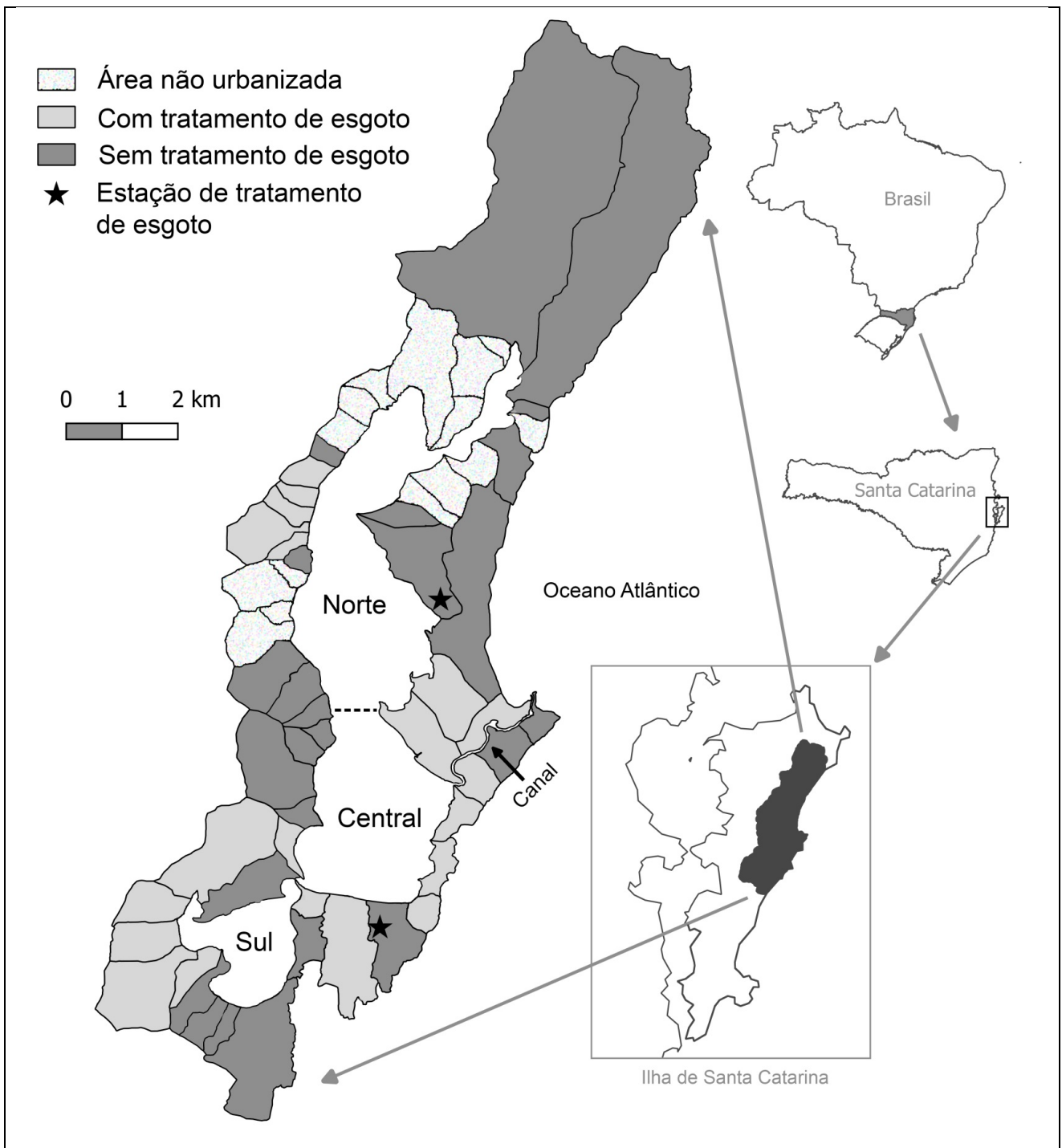


Figura A1. Mapa da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição indicando a delimitação das 03 regiões da laguna (sul, central e norte) e o mar adjacente para monitoramento do pescado.

Tabela A1. Espécies alvo de pescada selecionadas para o monitoramento sistemático e permanente considerando a hábito alimentar, percentagem de abundância em 63 meses de coleta (realizados entre 1983 a 1993*), ocorrência nos compartimentos S sul, C central e N norte da Lagoa da Conceição e do Mar adjacente, tamanho e idade na primeira maturação (L_{m50}) e tamanho com 1 ano de idade.

Nome comum	Espécie	Hábito alimentar	Abundância (%)	Compartimentos da LC				Idade			Referência
				Norte	Centro	Sul	Mar	L_{m50} (anos)	Tamanho L_{m50} (cm)	Tamanho (1 ano)	
1 Peixe-rei	<i>Atherinella brasiliensis</i>	Oportunista	12,0	P	P	P	P	1,0	6,9-7,6	7,6	Pessanha & Araújo (2001)
2 Sardinha	<i>Sardinella brasiliensis</i>	Zooplancívoro	1,0	P	P	P	P	1,3	15,6	15,0	Cergole et al. (2005)
3 Carapicu	<i>Eucinostomus argenteus</i>	Zoobentívoro	6,0	P	P	P	P	0,6-0,8	6,0-8,0	12,0	Leão (2016), Silva et al. (2014)
4 Parati	<i>Mugil curema</i>	Detritívoro	18,0	P	P	P	P	1,4	24,9	21,5	Fernandez (2011) Gonzalez-Castro et al. (2011),
5 Tainha	<i>Mugil liza</i>	Detritívoro	12,0	P	P	P	P	5,0-6,0	40,0-45,0	20,0	Garbin et al. (2014)
6 Enchova	<i>Pomatomus saltatrix</i>	Piscívoro	1,5	P	P	r	P	2,0	35,0	30,0	Haimovici & Krug (1992)
7 Corvina	<i>Micropogonias furnieri</i>	Zoobentívoro	1,0	r	P	P	P	1,0	15-20	20,0	Costa & Araújo (2003)*
8 Camarão	<i>Farfantepenaeus paulensis</i>	Detritívoro	-	P	P	P	P	0,10	8,8-9,3	10,0	Branco & Verani (1998)
9 Siri	<i>Callinectes danae</i>	Zoobentívoro	-	P	P	P	P	1,6	8,4-9,5	6,5	Branco & Masunari (1992)
10 Berbigão	<i>Anomalocardia flexuosa</i>	Filtrador	-	P	P	P	-	1,0	2,6	2,6	Pezzuto & Echernacht (1999)

Fontes da informação para % da abundância e distribuição nos compartimentos da LC: Comunicação pessoal e entrevistas com pescadores realizados por Rios (2017); Ribeiro et al. (1999); Borgo (2014).

Fonte da informação para tamanho e idade na L_{m50} e tamanho na idade de 1 ano estão na coluna Referências.

P presente, r raro, - ausente.

4.3. Distribuição espacial das amostragens

A LC normalmente é dividida em três regiões (sul, central e norte) seguindo mudanças nos parâmetros físico-químicos, geológicos, hidrológicos (Cabral et al., 2019). A urbanização na bacia hidrográfica da LC também se diferencia nas três regiões. Dessa forma, possíveis fontes de contaminação para o pescado podem ser identificadas de acordo com essas regiões. A região sul se caracteriza pela extremamente baixa capacidade de renovação de suas águas e tem como potenciais fontes de contaminação os canais pluviais que trazem esgoto não tratado e a poluição urbana, além da presença de uma marina. A região central tem a capacidade de uma rápida renovação de suas águas e também conta com a presença de uma marina e diversos pontos de entrada de esgoto não tratado, bem como de esgoto tratado pela ETE das Rendeiras. A região norte tem maior influência de água doce e drena o bairro do Rio Vermelho e da Costa da Lagoa, porém pode ter como potenciais fontes de contaminação a tinta utilizada nas embarcações e o acumulado de contaminantes na região de dispersão da ETE do Rio Vermelho.

A Tabela A1 mostra a distribuição das espécies alvo nas três regiões da LC e no mar adjacente, evidenciando que as espécies selecionadas ocorrem em todas as áreas. Dessa forma, para o monitoramento da saúde do pescado devem ser coletadas amostras **em 04 regiões**, sendo três nos principais compartimentos da LC (sul, central, norte) e uma no mar adjacente para servir de controle, delimitados espacialmente conforme Figura A1.

4.4. Procedimentos de campo e laboratório

Em cada região devem ser amostradas as 10 espécies identificadas como as mais representativas na pesca, de acordo com a bibliografia local, pesquisadores e a comunidade pesqueira da Costa da Lagoa. Para cada espécie em cada região devem ser

capturados 10 exemplares (total de 40 exemplares por espécie e período de amostragem) utilizando petrechos de pesca mais indicados para cada espécie, tais como tarrafa (diferentes malhagens), rede de espera, armadilhas com isca (covos) e rede de arrasto de praia. Ainda em campo os organismos devem ser acondicionados em gelo individualmente em recipiente plástico previamente limpo e etiquetado. Os exemplares de cada espécie devem ter tamanho próximo ao tamanho com um ano de idade, conforme Tabela A1.

No momento de cada uma das amostragens deve ser anotada a localização geográfica (graus decimais com no mínimo 04 casas; WGS84) o horário de início e fim da do trabalho em campo e medidos a salinidade, temperatura e oxigênio da água a 1 m de profundidade. Adicionalmente, deve ser registrado o apetrecho utilizado para amostragem de cada espécie alvo, bem como uma medida padronizada do esforço de coleta por apetrecho para obter o número de exemplares planejado por espécie em cada área. O esforço amostral realizado para cada espécie deve ser adequado para atingir os objetivos dessa proposta.

Em laboratório, cada indivíduo será medido o comprimento total (cm, precisão de duas casas decimais), pesado (kg, precisão de duas casas decimais) e obtida amostra do músculo com o uso de materiais em aço inoxidável ou plástico e congelados (freezer comum). Caso necessário, o transporte das amostras congeladas até o laboratório onde serão realizadas as análises de metais e metalóides deverá ser realizado utilizando-se gelo seco. As amostras devem ser analisadas quanto às concentrações dos elementos arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn). Estes são os elementos que têm seus limites máximos de presença em pescados previstos na legislação nacional (ANVISA, 1965; ANVISA, 2013) e internacional (FAO, 1983; EU Commission, 2006).

Os elementos em questão devem ser analisados nas amostras biológicas de acordo com metodologia EPA 6020A (USEPA, 1998), utilizando-se espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS, p.ex., Analytic Jena, Alemanha). As amostras devem ser secas em estufa (45-60°C) e o teor de umidade será obtido. A digestão deve ser realizada em um sistema de digestão por micro-ondas (p.ex., o modelo Multiwave 3000®; Anton-Paar, França), equipado com um rotor para oito recipientes de quartzo do tipo 80 mL (operando pressão, 80 bar), utilizando-se ácido nítrico ultrapuro (p.ex., Suprapur, Merck, Alemanha). No momento das análises, caso necessário, as amostras devem ser diluídas utilizando-se água ultrapura (18 MΩ cm), visando adequar as concentrações dos metais e arsênio às aquelas das soluções padrão certificadas, utilizadas para calibrar os equipamentos. As concentrações dos elementos analisados no material biológico devem ser expressas em µg/g de peso úmido (= mg/kg de peso úmido) e µg/g de peso seco (= mg/kg de peso seco).

As técnicas de extração e análise das concentrações dos metais deverão seguir todos os padrões e procedimentos de controle de qualidade analítica. O limite de quantificação instrumental (LQ_i) deve ser determinado pela relação 10/1 (sinal/ruído). Para o limite de quantificação do método (LQ_m) deve ser utilizado o LQ_i, considerando-se a média da massa de amostra extraída (g), a unidade de concentração utilizada para expressar os resultados e o fator de diluição dos extratos. Os valores dos limites de quantificação para cada analito deverão ser indicados. O controle de qualidade deve ser realizado por meio da utilização de reagentes de alto grau de pureza, consumíveis novos e/ou livres de contaminação, análise em branco de equipamento e branco de método a cada batelada de amostras, curvas analíticas construídas com solução padrão certificada e utilizando-se materiais de referência certificados.

Para as análises devem ser utilizados materiais de referência certificados para análise de metais traços do Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá (NRCC), de acordo com o material biológico analisado (DOLT-5: fígado de peixe; DORM-4: músculo de peixe; TORT-3: hepatopâncreas de lagosta). Amostras destes materiais são tratadas e analisadas da mesma forma que as amostras do material biológico coletado no monitoramento, conforme descrito anteriormente. Os percentuais de recuperação dos metais presentes nos materiais de referência certificados, bem como os limites de detecção e quantificação do método para os elementos analisados devem ser apresentados.

5. Proposta de monitoramento das possíveis causas de contaminação dos pescados

A fim de subsidiar tomadas de decisão sobre a contaminação do pescado faz-se necessário realizar a identificação das causas de contaminação. No caso dos metais pesados, o monitoramento dos sedimentos pode indicar com boa segurança a localização de possíveis fontes de contaminação. A partir de um mapeamento inicial foram identificados 04 potenciais fontes de contaminação na lagoa: i) canais pluviais, que deságuam as atividades difusas da urbanização; ii) postos de gasolina e marinas, que manipulam diversos produtos contaminantes; iii) áreas sob influência do acumulado de efluentes tratados de estações de tratamento de esgoto (ETEs); e iv) locais onde são realizadas manutenção de embarcações utilizadas na pesca e no transporte. Na Tabela A2 e Figura A2 são apresentadas 20 áreas na lagoa onde são identificadas potenciais fontes de contaminação a serem monitoradas (incluindo 02 áreas no canal da barra), além de 03 áreas controle para caracterização das concentrações naturais de metais na matriz sedimentológica/geológica local. A frequência de amostragem do monitoramento deve seguir a mesma estabelecida para o pescado (anual).

5.1. Procedimentos de campo e laboratório

Em cada área deve ser obtida uma amostra da superfície do sedimento (de 2 a 5 cm de profundidade) de aproximadamente 50 g. O equipamento para realizar a amostragem pode ser variado, como testemunhos de PVC, ou pegador de fundo de aço inox, desde que seja garantida a amostragem apenas da superfície do sedimento e sem contato com o metal do amostrador. A manipulação dos sedimentos, bem como o seu armazenamento deve ser feito com material plástico. A preparação inicial das amostras envolve a separação do material que passa por peneira de 0,63 mm e, se necessário, posterior congelamento até análise.

As amostras de sedimentos, coletadas conforme descrito acima, devem ser tratadas com digestão ácida, conforme os procedimentos descritos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1996). As concentrações de arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn) nas amostras de sedimento devem ser analisadas utilizando-se espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS, p.ex., Analytic Jena, Alemanha). As concentrações dos metais no sedimento devem ser expressas em $\mu\text{g/g}$ de peso úmido (mg/kg de peso úmido) e $\mu\text{g/g}$ de peso seco (mg/kg de peso seco). Para verificar a acurácia e exatidão das análises, devem ser realizados controles de qualidade analíticos. Para tal, devem ser analisados "brancos", onde todos os procedimentos para a preparação e análise das amostras serão igualmente realizados, porém na ausência da amostra. Além disso, deve ser utilizado material de referência certificado do Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá (NRCC) para os elementos a serem analisados (MESS-4). Amostras deste material devem ser tratadas e analisadas da mesma forma que as amostras de sedimento coletadas no monitoramento, conforme descrito anteriormente.

Os percentuais de recuperação dos elementos presentes no material de referência certificado, bem como os limites de detecção e quantificação do método para os elementos analisados devem ser apresentados.

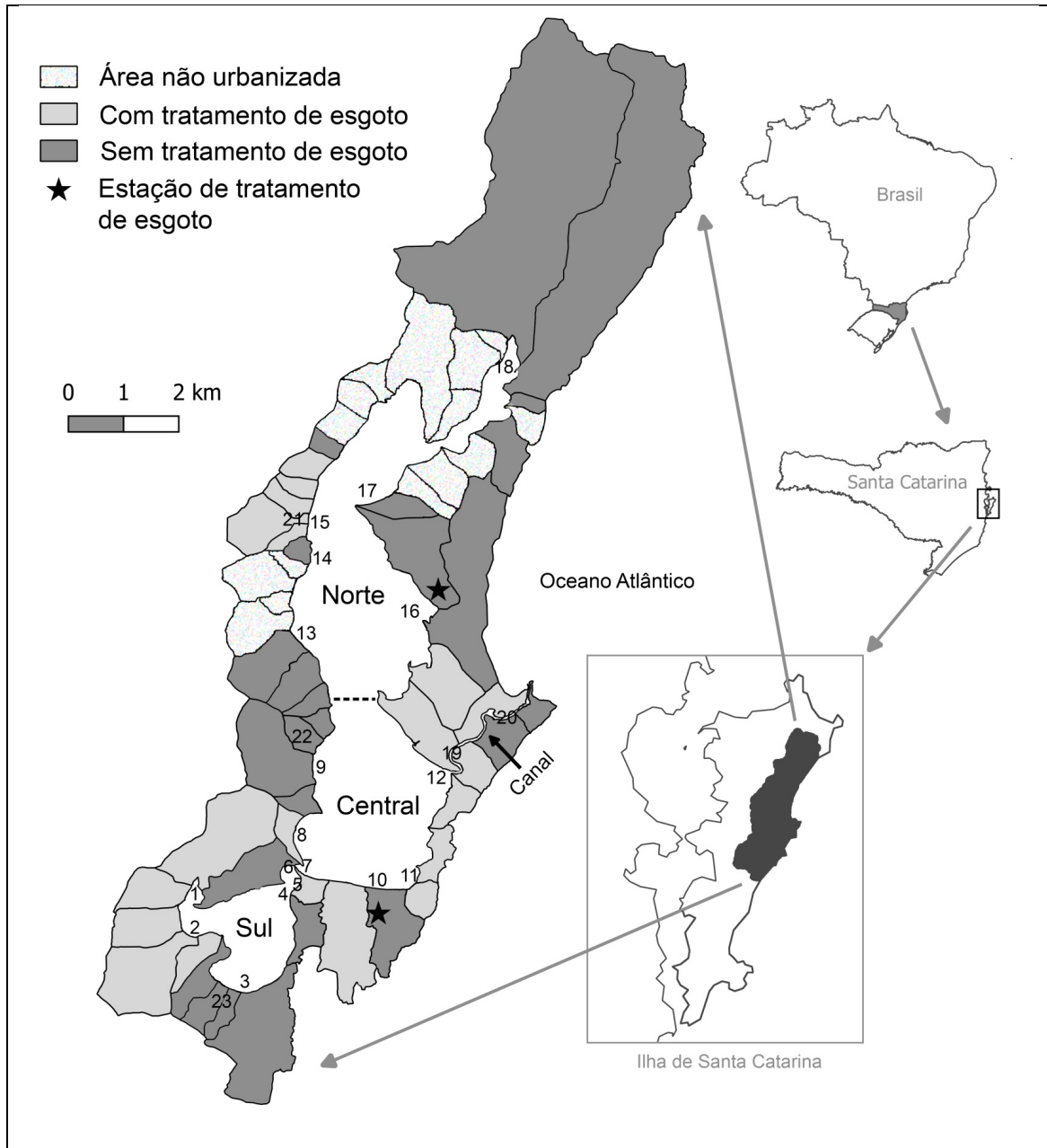


Figura A2: Mapa da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição indicando as 20 áreas para monitoramento das possíveis fontes de contaminação e 03 áreas controle para caracterização das concentrações naturais de metais na matriz sedimentológica/geológica. Para nome dos dos pontos ver Tabela A2.

Tabela A2. Áreas para monitoramento das possíveis fontes de contaminação na Lagoa da Conceição e áreas controle para caracterização das concentrações naturais de metais na matriz sedimentológica/geológica.

Ptos	Região	Área de amostragem
01	Lagoa Sul	Rio/canal pluvial Canto da lagoa
02		Marina Canto da Lagoa
03		Canal Pluvial Porto da Lagoa
04		Marina Osni Ortiga
05		Marina Osni Ortiga/Av. das Rendeiras
06		Canal Pluvial centrinho da Lagoa/Posto de gasolina
07	Lagoa Central	Marina Centrinho/Terminal Cooperbarco
08		Canal Pluvial entre marina e Ponta das Almas
09		Canal Pluvial Canto dos Araçás
10		Ponto de deságue da ETE da Av. das Rendeiras
11		Canal Pluvial Praça Renato Antônio de Souza
12		Marina próxima à ponte da Barra SC406
13	Lagoa Norte	Pontos 7-8, comunidade de pesca
14		Pontos 14-15, comunidade de pesca
15		Ponto 16-17, comunidade de pesca
16		Próximo ao camping Rio Vermelho/ETE Barra da Lagoa
17		Terminal Lacustre Rio Vermelho
18		Desembocadura Rio João Gualberto
19	Canal da Lagoa	Canal da Lagoa, mais próximo da ponte (marinas e canais pluviais)
20		Canal da Lagoa, mais próximo da desembocadura (marinas e canais pluviais)
21	Controles	Riacho da Cachoeira da Costa
22		Riacho no Canto dos Araçás
23		Riacho no Porto da Lagoa

6. Bibliografia Utilizada

Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. 1965. Decreto nº55871, de Março de 1965, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos.

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. 2013. Resolução nº42, de 29 de Agosto de 2013, que dispõe sobre o regulamento técnico Mercosul sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos.
- Borgo, D.; Cattani, A.P.; Ribeiro, G.C.; Pichler, H.A.; Hostim-Silva, M.; Clezar, L.; Santos, L.O.; Spach, H.L. 2015. Os padrões de distribuição dos peixes de uma laguna costeira aberta no Atlântico oeste subtropical são influenciados pelas variações espaciais e sazonais? *Biotemas* 28(3): 93–105. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2015v28n3p93>
- Branco, J.O.; Masunari, S. 1992. Crescimento de *Callinectes danae* smith (Decapoda, Portunidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revta bras. Zool.* 9 (1/2): 53-66.
- Branco, J.O.; Verani, J.R. 1998. Estudo populacional do camarão-rosa *Penaeus paulensis* Perez Farfante (Natantia, Penaeidae) na Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil. *Revta bras. Zool.* 15 (2): 353-364.
- Cabral, A.; Bercovich, M.V.; Fonseca, A. 2019. Implications of poor-regulated wastewater treatment systems in the water quality and nutrient fluxes of a subtropical coastal lagoon. *Regional Studies in Marine Science*, 29: 100672.
- Cattani, A.P.; Ribeiro, G.C.; Cardoso, O.R; Afonso; M.G.; Hostim-Silva, M.; Pichler, H.A.; Louis Spach, H.L, 2019. Diversity and space-time dynamics of fish assemblages in a coastal lagoon, western Atlantic. *Neotropical Biology and Conservation* 14(2): 221–239.
- Cergole, M.C.; Ávila-da-Silva, A.O.; Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B. 2005. Análise das principais pescarias comerciais da região Sudeste-Sul do Brasil: dinâmica populacional das espécies em exploração. Série documentos Revizee: Score Sul. São Paulo. Instituto Oceanográfico - USP. 176p.

- Comunidade Europeia – CE. 2006. Regulamento da Comunidade Europeia (CE) Nº1881/2006, de 19 de Dezembro de 2006, que fixa os teores máximos de certos contaminantes presentes nos gêneros alimentícios. Jornal Oficial da União Europeia (L364), 5–24.
- Costa, R.R.; Araújo, F.G. 2003. Use of a tropical bay in southeastern Brazil by juvenile and subadult *Micropogonias furnieri* (Perciformes, Sciaenidae). ICES Journal of Marine Science, 60: 268–277.
- Fávaro, L.F.; Lopes, S.C.G.; Spach, H.L., 2003. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente a gamboa do Bagaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. Revta bras.Zool., 20 (3): 501-506.
- Fernandez, W.S. 2011. Dinâmica populacional, análise das concentrações de metais e utilização de biomarcadores em *Mugil curema* Valenciennes, 1836 do estuário de Santos e do sistema costeiro Cananéia-Igualpe, São Paulo, Brasil. Tese do Instituto Oceanográfico da USP. 215p.
- Food and Agriculture Organization – FAO. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fishery Circular, 464, 5–100.
- Garbin, T.; Castello, J. P.; Kinas, P. G. 2014. Age, growth and mortality of the mullet *Mugil liza* in Brazil's southern and southeastern coastal regions. Fisheries Research, 149:61-68.
- González-Castro, M.; Abachian, V.; Perrotta, R. G. 2009. Age and growth of the striped mullet, *Mugil platanus* Actinopterygii, Mugilidae), in a southwestern Atlantic coastal lagoon (37°32'S-57°19'W): a proposal for a life-history model. Journal of Applied Ichthyology, 25: 61-66.

- Haimovici, M.; Krug, L.C. 1992. Alimentação e reprodução da enchova *Pomatomus saltatrix* no litoral sul do Brasil. Rev. Bras. Biol. 52(3), 503-513.
- Leão, G.N. 2016. Aspectos da biologia de *Eucinostomus argenteus* Baird e Girard, 18855, Gerreidae, capturado no canal de Santa Cruz – Pernambuco. Dissertação do PPG Recursos Pesqueiros da Universidade Federal Rural de Pernambuco. 60p.
- Pessanha, A.L.M.; Araújo, F.G. 2001. Recrutamento do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae), na margem continental da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. Revta bras. Zool. 18 (4): 1265 – 1274.
- Pezzuto, P.R.; Echternacht, A.M. 1999. Avaliação de impactos da construção da via expressa sc-sul sobre o berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Pelecypoda) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Florianópolis, SC - Brasil). Atlântica, Rio Grande, 21: 105- 119.
- Ribeiro G.C.; Clezar L.E.M.; Hostim-Silva, M. 1999. Comunidade Íctica, sua variação espacial e sazonal na Lagoa da Conceição e área costeira adjacente, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. In: Sierra de Ledo B, Soriano-Sierra EJ (Eds) O Ecossistema da Lagoa da Conceição. NEMAR/CCB/UFSC, SDM/FEPEMA, Florianópolis, 261–273.
- Rios, M.C.F.A. 2017. Percepção da qualidade ambiental da Lagoa da Conceição pelos pescadores artesanais e sua relação com a pesca (Ilha de Santa Catarina, Brasil). Trabalho de conclusão do curso de graduação em oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 54p.
- Silva, J.P.C.; Santos, R.S.; Costa, M.R.; Araujo, F.G. 2014. Parâmetros de crescimento e mortalidade de *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1854) capturados no manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 40(4): 657 – 667.

USEPA, 1998. Method 6020A. Inductively coupled plasma – mass spectrometry. CD Rom, 6020A-23, Revision 1 January 1998. United States Environmental Protection Agency, USA.