



**UNILASALLE**  
CENTRO UNIVERSITÁRIO LA SALLE



BRUNNA CASTILHOS PETERSEN

**ESTUDO DAS ALTERAÇÕES METABÓLICAS EM PEIXES DA LAGOA  
TRAMANDAÍ/RS.**

CANOAS, 2016

BRUNNA CASTILHOS PETERSEN

**ESTUDO DAS ALTERAÇÕES METABÓLICAS EM PEIXES DA LAGOA  
TRAMANDAÍ/RS.**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais do Centro Universitário La Salle – UNILASALLE, como exigência para a obtenção do título de Mestre em Avaliação de Impactos Ambientais.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Alessandra Marqueze

CANOAS, 2016

BRUNNA CASTILHOS PETERSEN

**ESTUDO DAS ALTERAÇÕES METABÓLICAS EM PEIXES DA LAGOA  
TRAMANDAÍ/RS.**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais do Centro Universitário La Salle – UNILASALLE, como exigência para a obtenção do título de Mestre em Avaliação de Impactos Ambientais.

Aprovado pela banca examinadora em 02 de dezembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Alessandra Marqueze  
UNILASALLE

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Fernanda Rabaioli da Silva  
UNILASALLE

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Juliana Gomes  
UNILASALLE

---

Prof. Dr. Leonardo J. G. Barcellos  
UPF

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a minha orientadora Dra. Alessandra Marqueze, por ter tornado possível à realização deste trabalho, estando sempre presente e me incentivando para ir em frente;

Aos meus pais, Claudio e Naura, pelo apoio, carinho, confiança durante todo este período e também pela ajuda na busca das amostras de peixes;

Ao meu namorado, Henrique Zambonin, pelo apoio e parceria nas coletas dos exemplares;

Ao Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR), no município de Imbé, por ter possibilitado a utilização de seu laboratório para realização de uma parte do processo para preparação das amostras sanguíneas;

Á química Cacinele Rocha pela ajuda e troca de conhecimentos no laboratório do CECLIMAR;

Á peixaria Astro Rei, no município de Imbé, pela amizade e grande ajuda na coleta das amostras;

Aos pescadores da Barra dos municípios de Imbé e Tramandaí pela parceria e gentileza na ajuda pela coleta dos peixes;

Á Tássia, pela parceria e amizade durante as análises no laboratório;

## RESUMO

O estado do Rio Grande do Sul possui três regiões hidrográficas (Litorânea, do Uruguai e do Guaíba). Na Região Litorânea, destaca-se a Lagoa Tramandaí, pertencente ao Sistema Estuarino Tramandaí-Armazém, formado pelas lagoas Armazém e Tramandaí. Essa região é muito suscetível a danos ambientais, devido aos lançamentos de esgotos domésticos dos municípios de Imbé e Tramandaí, recebendo grande pressão antrópica, principalmente no verão, quando a população quase dobra, provocando assim maior consumo de água e peixe. Devido a estes fatores que interferem no equilíbrio do ecossistema aquático, a biota está sempre exposta a metais, afetando seu comportamento e também seu metabolismo. Com isso, se faz necessário o diagnóstico dos efeitos tóxicos que afetam os tecidos destes animais. Para isto, foram analisados os parâmetros bioquímicos como o glicogênio hepático e muscular, glicose e lactato plasmática das espécies residentes deste estuário, *Genidens genidens* e *Citharichthys spilopterus*, além da análise de metais pesados na água para verificar a possível interferência deste no metabolismo dos organismos estudados. Foi verificado que, quando as espécies foram comparadas separadamente com seus respectivos controles, ambas apresentaram o mesmo comportamento, mostrando que estavam mobilizando mais glicogênio que o controle, com exceção do glicogênio muscular para o linguado, e que apresentavam glicose e lactato sanguíneos aumentados, sendo características de animais contaminados por metais pesados. Porém quando comparadas uma com a outra, apresentaram diferenças quanto ao metabolismo de carboidrato e que a presença de metais pesados na Lagoa de Tramandaí pode estar interferindo no organismo destes indivíduos de forma negativa, fazendo com que mobilizem mais glicogênio para suprirem suas necessidades energéticas momentâneas. Além disso, foi constatado que o bagre sofre mais influência da presença de metais pesados na água da lagoa do que o linguado, uma vez que seus valores de glicogênio hepático e muscular foram menores e sua taxa de glicose sanguínea mais elevada. Frente a estes resultados, podemos concluir que ambas espécies estudadas apresentaram alterações nos seus metabolismos de carboidrato.

Palavras-chave: Lagoa Tramandaí. Bagre. Linguado. Metabolismo. Carboidrato. Metais

## ABSTRACT

The State of Rio Grande do Sul has three hydrographic regions (Coastal, Uruguay and Guaíba). In the Coastal Region, the distinct one is the Tramandaí lagoon, that belongs to the Estuarine System Tramandaí-Armazém, formed by Tramandaí and Armazém lagoons. This region is highly susceptible to environmental damage, due to the disposal of domestic sewage from the towns of Imbé and Tramandaí, receiving great anthropic pressure, mainly in the summer, when the population almost doubles, increasing the consumption of water and fish. Due those factors that interfere with the balance of the aquatic ecosystem, the biota is constantly exposed to metals, affecting its behavior and also its metabolism. Thus, it is necessary to diagnose the toxic effects that affect the tissues of those. Hence, it was analyzed the biochemical parameters such as hepatic and muscular glycogen, glucose and plasma lactate of the resident species of this estuary, *Genidens genidens* and *Citharichthys spilopterus*, further on, the analysis of the presence of heavy metals in the water to verify the interference of this in the metabolism of the studied organisms. Were verified that when the species were compared separately with their respective control group, both presented the same behavior, showing that they were using more glycogen than the control group, except for the muscular glycogen of the Guri Sea Catfish, who showed increased blood glucose and lactate, which are characteristic of animals contaminated by heavy metals. Yet, when compared to each other, they show differences regarding the metabolism of the carbohydrates and that the presence of heavy metals in the Tramandaí Lagoon might be interfering with those individuals organisms in a negative way, making them mobilize more glycogen to meet their momentary energy needs. Besides, it was found that the catfish suffers more with the influence of heavy metals in the lagoon than the halibut fish, hence their hepatic and muscular glycogen values were lower, and also their blood glucose level higher. With these results, it can be concluded that both studied species manifest alterations in their carbohydrate metabolisms.

Keywords: Tramandaí Lagoon. Guri Sea Catfish. Bay Whiff. Metabolism. Carbohydrate. Metals.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Destaque para o sistema estuarino-lagunar de Tramandaí formado pelas lagoas de Tramandaí e Armazém. ....	12
Figura 2 - Localização da Lagoa Tramandaí, que banha os municípios de Imbé, Tramandaí e Osório no estado do Rio Grande do Sul. ....	15
Figura 3 - Índices pluviométricos da região da Lagoa Tramandaí durante o período de estudo. ....	17
Figura 4 - Temperaturas mínima e máxima na região da Lagoa Tramandaí durante o período de estudo. ....	17
Figura 5 - Classificação da qualidade atual da água na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. ....	19
Figura 6 - Usos do solo e da água na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. ....	20
Figura 7 - Bagre ( <i>G. genidens</i> ) ....	25
Figura 8 - Linguado ( <i>C. spilopterus</i> ) ....	27
Figura 9 - Jundiá ( <i>R. quelen</i> ) ....	28
Figura 10 - Dourada ( <i>S. aurata</i> ) ....	29
Figura 11 – Metabolismo do carboidrato ....	33
Figura 12 – Processo de oxidação e armazenamento da glicose ....	34
Figura 13 – Ciclo da Glicólise ....	34
Figura 14 - Processo de contaminação do oceano por agroquímicos e representação da pirâmide trófica mostrando a biomagnificação. ....	43
Figura 15 - Análises do pH. ....	48
Figura 16 - Análises da Temperatura da água. ....	49
Figura 17 - Análises do Oxigênio Dissolvido (OD). ....	49
Figura 18 - Comparação entre os resultados encontrados neste estudo com resultados da literatura. ....	51
Figura 19 - Glicogênio hepático (A) e Glicogênio muscular (B) – <i>G. genidens</i> . ....	52
Figura 20 - Glicose plasmática - <i>G. genidens</i> . ....	53
Figura 21 - Lactato - <i>G. genidens</i> ....	54
Figura 22 - Glicogênio hepático (A) e Glicogênio muscular (B) – <i>C. spilopterus</i> . ....	56
Figura 23 – Glicose plasmática – <i>C. spilopterus</i> . ....	57
Figura 24 - Lactato – <i>C. spilopterus</i> . ....	58

Figura 25 - Glicogênio hepático (A) e Glicogênio muscular (B) – <i>G. genidens</i> X <i>C. spilopterus</i> .....	59
Figura 26 - Glicose (A) e Lactato (B) – <i>G. genidens</i> X <i>C. spilopterus</i> .....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média dos parâmetros Físico-Químicos das análises realizadas entre abril/2014 e outubro/2015.....	21
Tabela 2 - Concentração de metais pesados no sedimento da Lagoa Tramandaí.....	22
Tabela 3: Lista de famílias e espécies capturadas na Lagoa Tramandaí, entre abril de 2012 e março de 2013, classificação quanto ao uso da área.....	24
Tabela 4 - Valores das médias das coletas de metais pesados ( $\mu\text{g/L}$ ) na Lagoa Tramandaí no período de novembro/2011 até fevereiro/2012.....	37
Tabela 5 - Valores obtidos para o arsênio (As), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e cádmio (Cd) nas espécies estudadas.....	37
Tabela 6 - Valores de metais pesados ( $\mu\text{g/L}$ ) na água da Lagoa Tramandaí. ....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos Específicos:</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Fatores climáticos na região da Lagoa Tramandaí</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Importância da qualidade da água</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Estuários</b> .....	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Comunidade de peixes locais</b> .....	<b>23</b>
3.4.1	<i>Bagre (Genidens genidens)</i> .....	25
3.4.2	<i>Linguado (Citharichthys spilopterus)</i> .....	26
3.4.3	<i>Jundiá (Rhamdia quelen)</i> .....	28
3.4.4	<i>Dourada (Sparus aurata)</i> .....	28
<b>3.5</b>	<b>Nutrição dos peixes</b> .....	<b>29</b>
<b>3.6</b>	<b>Metabolismo de Carboidratos</b> .....	<b>31</b>
<b>3.7</b>	<b>Metais</b> .....	<b>35</b>
3.7.1	<i>Chumbo (Pb)</i> .....	38
3.7.2	<i>Cádmio (Cd)</i> .....	39
3.7.3	<i>Cromo (Cr)</i> .....	40
3.7.4	<i>Arsênio (As)</i> .....	41
3.7.5	<i>Mercúrio (Hg)</i> .....	41
<b>3.8</b>	<b>Agroquímicos</b> .....	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>44</b>
<b>4.1</b>	<b>Captura dos peixes e obtenção das amostras</b> .....	<b>44</b>
4.1.1	<i>Análise do tecido hepático e muscular</i> .....	45
4.1.1.1	<i>Glicose</i> .....	45
4.1.1.2	<i>Glicogênio</i> .....	46
4.1.1.3	<i>Lactato</i> .....	46
<b>4.2</b>	<b>Análises da água</b> .....	<b>46</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>5.1</b>	<b>Análises na água</b> .....	<b>48</b>

<b>5.2</b>	<b>Análise do metabolismo de carboidrato nos peixes .....</b>	<b>51</b>
5.2.1	<i>Bagre (Genidens genidens) .....</i>	52
5.2.2	<i>Linguado (C. spilopterus) .....</i>	55
5.2.3	<i>Bagre (G. genidens) X Linguado (C. spilopterus).....</i>	58
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da população, de indústrias e de outras atividades, cresce o consumo de água e, como consequência, se produzem resíduos líquidos que acabam retornando para os corpos d'água alterando as suas propriedades físico-químicas e biológicas (MOTA, 2006). Estas alterações, além dos danos causados à saúde pública, acabam prejudicando os ecossistemas aquáticos que vivem ou dependem deste recurso hídrico para sua sobrevivência.

Além disso, dentre as diversas fontes antropogênicas, provenientes de lançamentos de efluentes domésticos e industriais, destacam-se os metais pesados que, mesmo em pequenas concentrações, causam problemas à saúde humana e aos animais aquáticos (PIVELI; KATO, 2006). Isso porque os organismos aquáticos, como fitoplâncton, zooplâncton e peixes acumulam esses elementos e a cada nível trófico da cadeia alimentar essas substâncias elevam sua toxicidade, ou seja, o consumidor final será o portador da maior quantidade de metais pesados, que foram acumulados ao longo de toda a sua teia alimentar (PIVELI; KATO, 2006). Nesse caso, “[...] a contaminação de ecossistemas costeiros torna-se a principal via de transferência destes elementos à população humana, levando inclusive a problemas de ordem sanitária e desequilíbrio ecológico” (COSTA, 2007, p. 2).

Os organismos aquáticos também podem se comportar de duas maneiras na presença dos metais: “[...] ou é sensível à ação tóxica de um determinado metal ou não é sensível, mas bioacumula, potencializando seu efeito nocivo ao longo da cadeia alimentar, colocando em risco organismos situados no topo desta cadeia” (BRAGA et al, 2005, p. 84). Nesse caso, consequentemente, pode também afetar o ser humano.

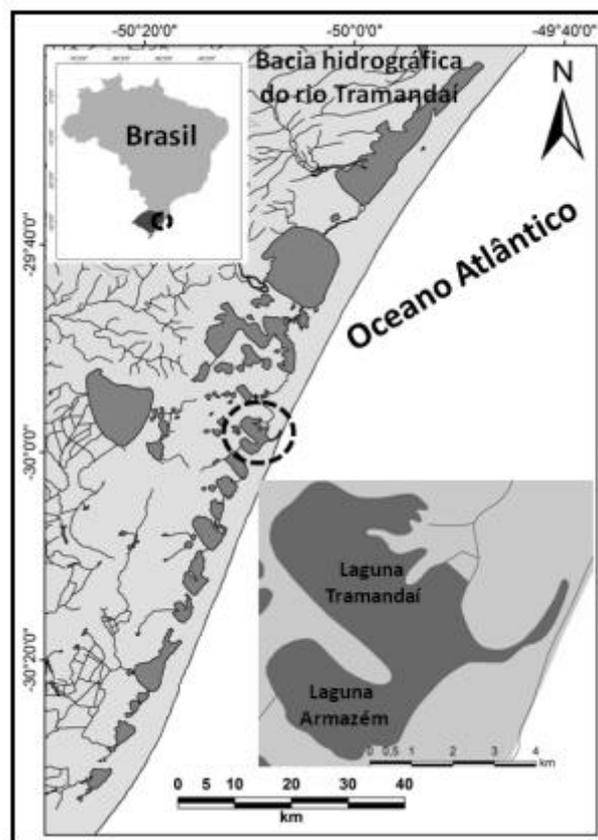
Portanto, devido aos fenômenos naturais do meio aquático, mesmo os metais sendo despejados por fontes antropogênicas em quantidades significativas, eles podem ser encontrados em pequenas frações diluídos na água e na maioria das vezes se concentram precipitados no solo. No entanto, algumas reações químicas conseguem recolocá-los em circulação e, é preciso ressaltar que, mesmo em poucas concentrações, os metais podem causar danos aos organismos aquáticos e para o ser humano, uma vez que eles não são removidos da água (BRAGA et al, 2005).

Atualmente, a contaminação por metais pesados em ambientes aquáticos ocorrem a níveis mundiais, tanto em países desenvolvidos como nos em desenvolvimento, em decorrência da expansão industrial e crescimento populacional. Devido a esta poluição hídrica, os peixes se tornam muito importantes para os testes de toxicidade e contaminação,

uma vez que eles pertencem ao topo da cadeia alimentar aquática, acumulando mais poluentes e indicando efeitos crônicos, pois possuem interações com toda a cadeia alimentar de níveis inferiores (MÖLLERKE et al., 2003).

O estado do Rio Grande do Sul possui três regiões hidrográficas (Litorânea, do Uruguai e do Guaíba), com um total de 25 bacias hidrográficas, registradas pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA, 2016). Na região Litorânea, destaca-se a Lagoa Tramandaí, pertencente ao Estuário Tramandaí-Armazém, formado pelas Lagoas Armazém e Tramandaí (Figura 1). Essa lagoa encontra-se em um dos maiores municípios da região litorânea, que dobra no verão a sua população, provocando assim maior consumo de água e peixes nesse período e, maior risco de descarga de dejetos na Lagoa.

Figura 1 - Destaque para o sistema estuarino-lagunar de Tramandaí formado pelas lagoas de Tramandaí e Armazém.



Fonte: MACHADO et al., 2015.

Devido a estes fatores que interferem no equilíbrio do ecossistema aquático, a biota está sempre exposta a substâncias tóxicas de fontes diversas, afetando seu comportamento e também seu metabolismo. Com isso, se faz necessário o diagnóstico dos efeitos tóxicos que

afetam os tecidos destes animais, chamado histologia. Mesmo não sendo um método específico para identificar a contaminação, quando associado com outros métodos, auxiliam na compreensão de certas situações. Assim, é essencial a escolha dos órgãos certos para as análises do metabolismo do indivíduo (LINS et al., 2010).

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo analisar alterações no metabolismo de carboidratos das diferentes espécies de peixes bagre (*Genidens genidens*) e linguado (*Citharichthys spilopterus*) residentes na Lagoa de Tramandaí.

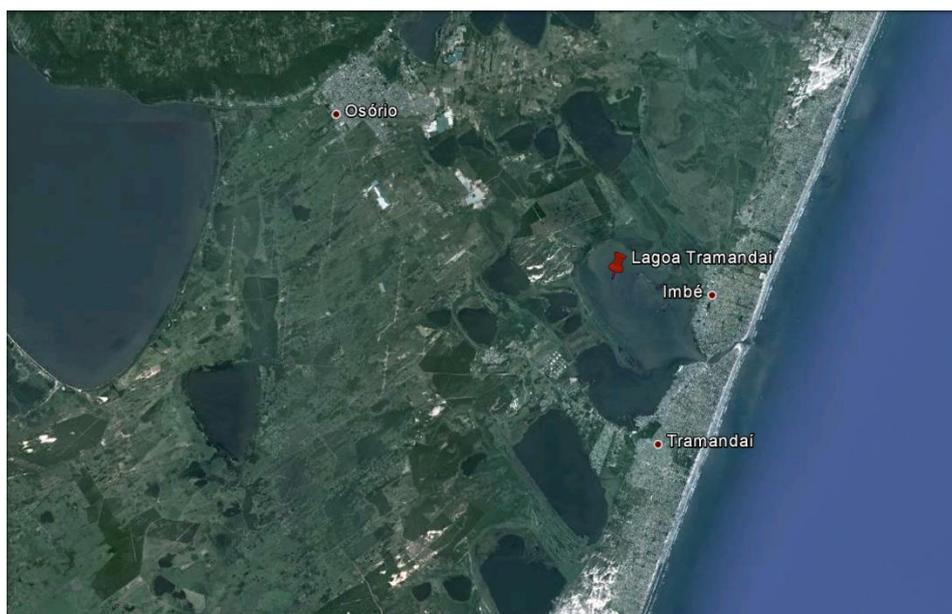
### 2.1 Objetivos Específicos:

1. Determinação das concentrações de glicogênio no tecido hepático e muscular;
2. Determinação dos níveis de lactato no plasma;
3. Determinação dos níveis de glicose plasmática;
4. Comparação do metabolismo de carboidrato das espécies *G. genidens* e *C. spilopterus*;
5. Determinação dos íons metálicos As, Cd, Cr, Pb e Hg na água da Lagoa Tramandaí;
6. Determinação dos parâmetros físicos químicos (OD, pH e temperatura) na água da Lagoa Tramandaí.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Lagoa Tramandaí banha os municípios de Imbé, Osório e Tramandaí, todos localizados no Litoral Norte do Rio Grande do Sul (Figura 2). A Lagoa Tramandaí é composta por praias arenosas ao sul, banhados ao leste, restingas a sudoeste e pelo norte recebe águas do Rio Tramandaí. A sua conexão com o mar se dá através da Barra de Tramandaí, que possui um canal de 1,5 quilômetros de extensão e 100 metros de largura, onde a lagoa se liga ao Oceano Atlântico (TRAMANDAÍ, 2013). Ela possui uma área de 12,86 km<sup>2</sup> e profundidade de, aproximadamente, 1,10 metros. Recebendo água e sedimentos finos, como argila e silte, de rios e lagoas localizadas ao norte, através do Rio Tramandaí (TOMAZELLI, 1990 apud KAPUSTA, 2005).

Figura 2 - Localização da Lagoa Tramandaí, que banha os municípios de Imbé, Tramandaí e Osório no estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Google Maps, 2013.

O Estuário Tramandaí-Armazém pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, que abrange 15 municípios com população total de 198.235 habitantes (no verão essa população chega a 580.212 habitantes), sendo composto por 31 lagoas interligadas ao longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, em forma de rosário (SEMA, 2016). A formação dessas lagoas interligadas é chamada de “cordão de lagoas” e se originou devido ao tipo de solo da região e à presença do lençol freático muito

próximo à superfície. Essas lagoas acabam desaguando na Lagoa Tramandaí devido ao fluxo, no sentido Sul-Norte, que ocorre entre elas (DARIVA, 2011).

### **3.1 Fatores climáticos na região da Lagoa Tramandaí**

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, na qual a Lagoa Tramandaí está inserida, possui correntes atmosféricas alteradas de massas de ar tropicais (primavera e verão) e polares (outono e inverno). Os ventos predominantes na região são de nordeste e leste, podendo ocorrer chuvas convectivas intensas ou passageiras durante os meses de verão (CASTRO; MELLO, 2013).

No verão podem ocorrer eventualmente entradas da Massa Tropical Continental (mTc), quente e seca, dando origem aos dias muito quentes onde as temperaturas ficam mais elevadas que a média normal para a região. Já no outono e inverno, esta região recebe os ciclones migratórios polares, antecedidos por precipitações frontais e ventos frequentes de origem sul e sudoeste. Após a passagem da chuva e ventos, ocorre a queda brusca da temperatura devido a influência dos anticiclones migratórios polares, chegando a Massa de Ar Polar Atlântico (mPa) podendo ocorrer a formação de nevoeiros e geadas (CASTRO; MELLO, 2013).

A região da Lagoa Tramandaí tem umidade relativa do ar alta, pois tem a influência de massas de ar úmidas e também dos corpos d'água existente nas bacias adjacentes. Possui uma média de 83% ao longo do ano.

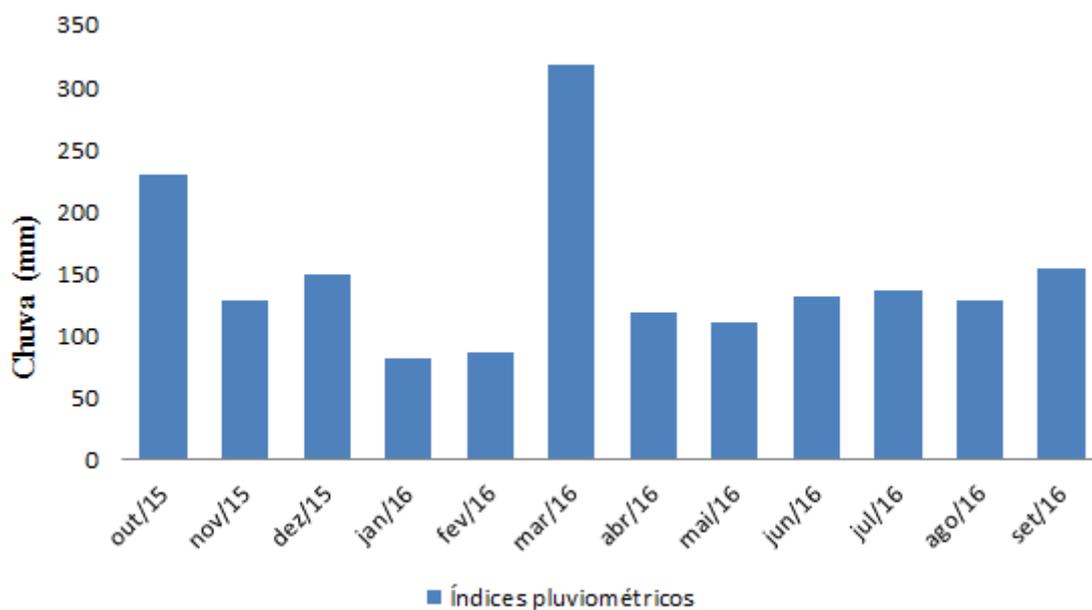
A pluviosidade anual da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí varia em torno de 1400 a 1500 mm, apresentando as maiores concentrações de chuva nos meses referentes ao verão e à primavera devido à presença das massas de ar tropical que acabam trazendo para o continente o ar quente e úmido do oceano que é forçado a subir e se resfriar, podendo formar nuvens e precipitações, Figura 3 (CASTRO; MELLO, 2013).

O clima da região pertence ao tipo subtropical úmido, segundo a classificação de Köpen-Geiger. O tipo climático é subtropical úmido com verões quentes (Cfa) que abrange as áreas baixas da planície costeira do Rio Grande do Sul, com cotas geralmente inferiores a 500 m e tem temperaturas médias entre -3°C e 18°C no inverno e superiores a 22°C no verão, Figura 4 (CASTRO; MELLO, 2013).

O oceano influencia nas temperaturas baixas no inverno e as altas no verão, amenizando-as e, com isso, a diferença térmica entre os meses mais quente e mais frio

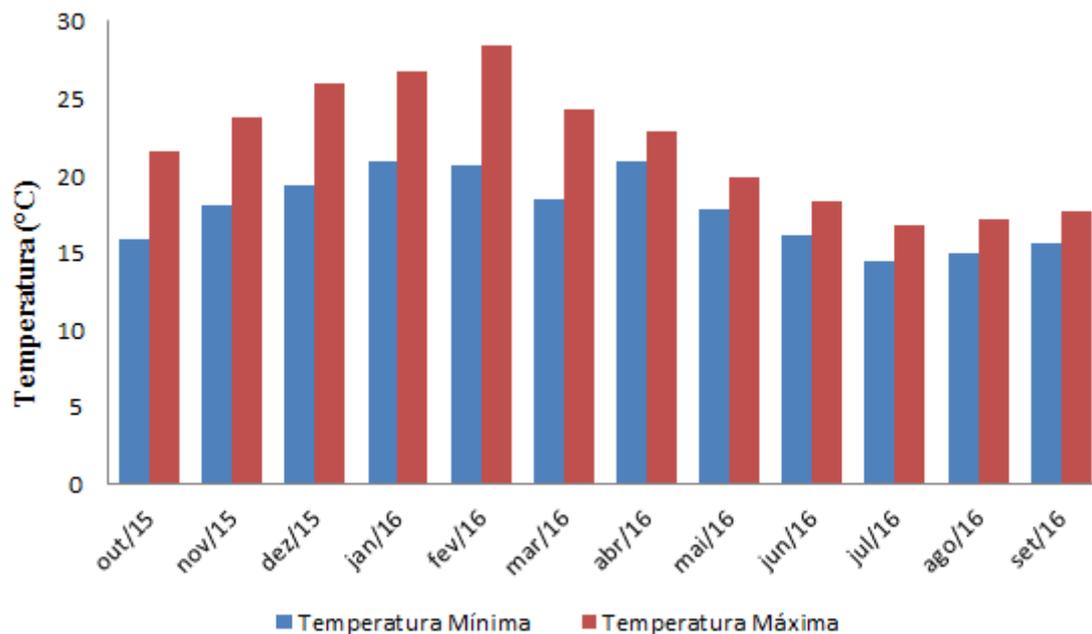
ficam menores. Dessa forma, a amplitude térmica anual fica menor nos municípios costeiros quando comparado a outras regiões (CASTRO; MELLO, 2013).

Figura 3 - Índices pluviométricos da região da Lagoa Tramandaí durante o período de estudo.



Fonte: Adaptado de IRGA, 2016.

Figura 4 - Temperaturas mínima e máxima na região da Lagoa Tramandaí durante o período de estudo.



Fonte: Adaptado de IRGA, 2016.

### 3.2 Importância da qualidade da água

No Brasil, existem áreas urbanas que se encontram com nenhuma ou precárias condições de saneamento básico, sendo os esgotos, principalmente domésticos, expelidos nos corpos d'água mais próximos das residências sem nenhum tratamento prévio. Os lançamentos incorretos de esgotos nos corpos d'água, como o que ocorre na Lagoa Tramandaí, contribuem para a queda da qualidade das águas locais (CASTRO; ROCHA, 2016). Além disso, esse tipo de água causa riscos à saúde pública, uma vez que os habitantes da região a utilizam para pesca de subsistência, comércio e para atividades de esporte e lazer, tais como moto aquática, lanchas, caiaques, banho e outras afins.

Segundo o monitoramento da qualidade das águas na bacia do Rio Tramandaí, realizado pelo Projeto Taramandahy, a classificação atual da Lagoa Tramandaí é de classe 1s para águas salobras, Figura 5 (CASTRO; ROCHA, 2016). A categorização deste corpo d'água já melhorou quando comparado com dados do Plano de Bacia do Rio Tramandaí que classificava este corpo hídrico como classe 2 para águas salobras em 2005 (COMITÊ TRAMANDAÍ, 2005).

Segundo Lissner e Gruber (2009), as águas da região do Litoral Norte, em especial da Lagoa Tramandaí, estão, na maior parte, contaminadas por despejos domésticos, agrotóxicos e pesticidas vindos da agricultura local. Isso comprova que os ecossistemas aquáticos sofrem intervenções antrópicas.

As atividades que poderiam ser possíveis fontes de contaminação no entorno da Lagoa Tramandaí são a irrigação de arroz e os lançamentos de esgotos, como foi relatado no Plano de Bacia do Rio Tramandaí (COMITÊ TRAMANDAÍ, 2005) (Figura 6). A irrigação é uma prática que utiliza, no Brasil, 65 insumos químicos como os agrotóxicos (herbicidas, inseticidas e fungicidas) que podem ser possíveis fontes de contaminação da água, do solo e de alimento (DIAS et al., 2012).

Além disso, tem sido observado um aumento da concentração de metais pesados em solos agrícolas devido ao uso de agroquímicos, o que é um fator preocupante, pois pode causar risco à saúde humana e ao meio ambiente, principalmente em regiões próximas a recursos hídricos (LIMA; SANTOS, 2012). De acordo com a FEPAM (2006), a irrigação do arroz é uma atividade de alto potencial poluidor, uma vez que aumenta a possibilidade dos agroquímicos serem transportados para águas superficiais e

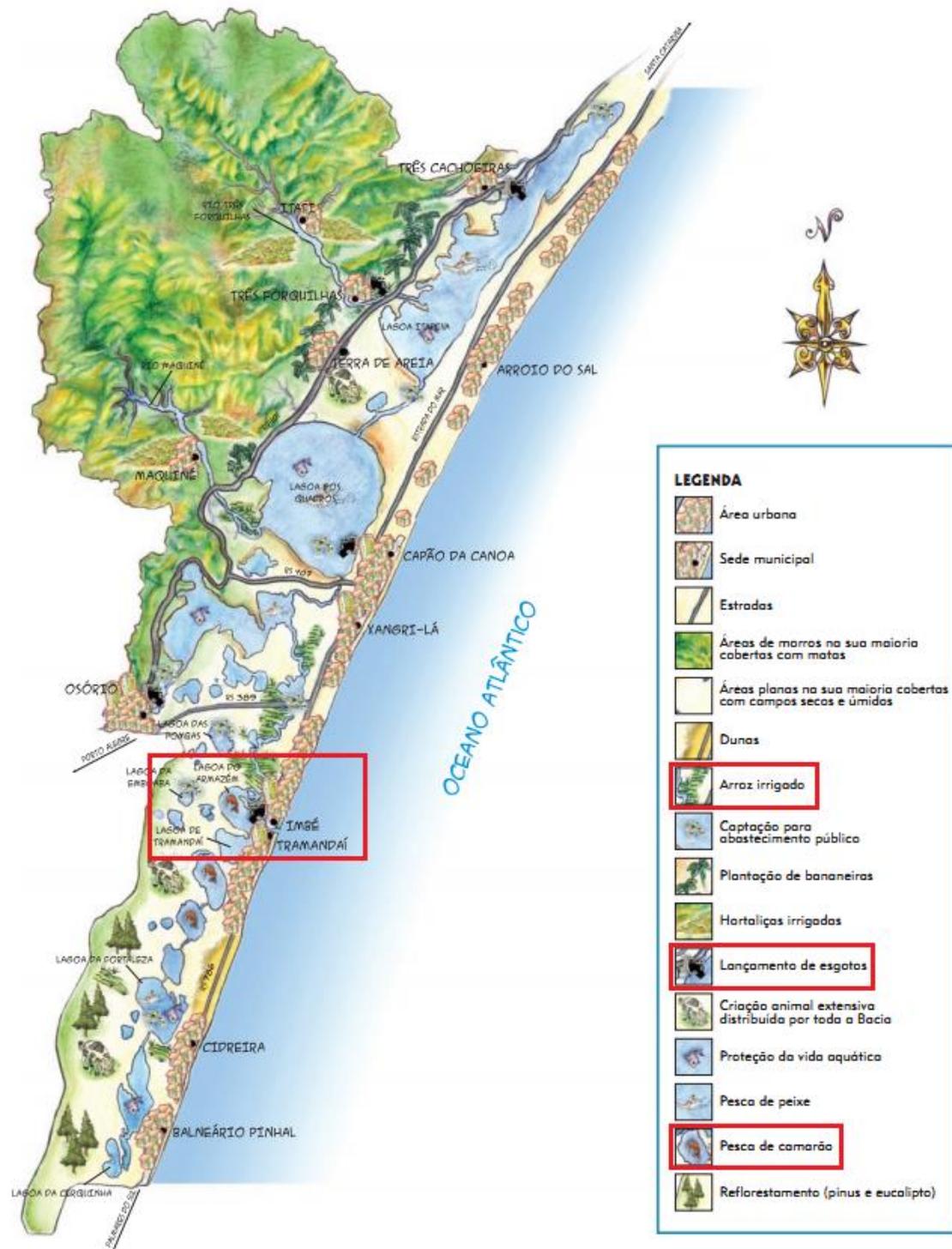
subterrâneas, por conta da chuva e da drenagem para mananciais hídricos ou ainda pela lixiviação (FEPAM, 2006 apud GRÜTZMACHER et al., 2008; REIMICHE et al., 2008).

Figura 5 - Classificação da qualidade atual da água na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.



Fonte: CASTRO; ROCHA, 2016.

Figura 6 - Usos do solo e da água na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí



Fonte: COMITÊ TRAMANDAÍ, 2005.

De acordo com o estudo realizado por Castro e Rocha (2016), a Lagoa Tramandaí sofre influência do Rio Tramandaí, com águas que traz características de toda a bacia da parte norte para este corpo d'água. O Rio Tramandaí, assim como

muitos outros, carrega cargas elevadas de sedimentos rio abaixo. As análises realizadas nos meses de abril de 2014 até outubro de 2015, classificando a lagoa como classe 1s estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Média dos parâmetros Físico-Químicos das análises realizadas entre abril/2014 e outubro/2015.

	pH	Salinidade (‰)	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) - mg/L	Temperatura da água (°C)	Coliformes Totais - NMP
Médias	6,1 a 8,0	0 a 12,3	5,8 a 10,3	1,6	17 a 28,5	1620

Fonte: Adaptado de CASTRO; ROCHA, 2016.

Os contaminantes na água da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí são muitos, podendo-se citar os metais e agroquímicos que possuem aplicação no solo, sendo lixiviados para as águas superficiais e subterrâneas. Mesmo a água sendo considerada um meio de dispersão de longo alcance, principalmente com pH mais baixo e maior teor de matéria orgânica, e também pelo fato de os corpos hídricos da bacia serem interligados, a expectativa de detecção destes contaminantes é de pequenas parcelas (CASTRO; MELLO, 2013).

A análise e saúde dos sedimentos também fazem parte da qualidade das águas, estando estes intimamente ligados e em constantes trocas de elementos, contaminantes e também nutrientes. Eles servem para fixações, especialmente no caso dos metais pesados e ali permanecem por mais tempo, funcionando como reservatório onde os metais ficam acumulados, podendo a qualquer momento serem disponibilizados para a coluna d'água novamente (CASTRO; MELLO, 2013).

A Lagoa Tramandaí, como pode ser observado na Tabela 2, apresenta níveis de metais pesados acumulados nos seus sedimentos. Estas análises foram realizadas no período de maio de 2011 até fevereiro de 2012 e evidenciam a presença elementos químicos nos solos da região, sendo o mercúrio o único que apresentou valores acima do limite de referência que é exigido pelo CONAMA 420/09 (CASTRO; MELLO, 2013).

Tabela 2 - Concentração de metais pesados no sedimento da Lagoa Tramandaí.

	Cádmio (Cd) (µg/g)	Cromo (Cr) (µg/g)	Mercúrio (Hg) (µg/g)	Chumbo (Pb) (µg/g)
	0,012	20	0,23	13
CONAMA 420/2009	0,5	40	0,05	17

Fonte: Adaptado de CASTRO; MELLO, 2013.

### 3.3 Estuários

Os estuários são considerados um dos ambientes mais produtivos do mundo e também um dos mais afetados pelos seres humanos. São áreas onde os rios encontram o mar, ou seja, onde ocorre a mistura da água doce e salgada. Estes locais são considerados únicos, apresentam características físicas e químicas próprias, o que seleciona os organismos que vivem neste tipo de ambiente (CASTRO; HUBER, 2012).

Por ser uma área de constantes trocas de água com o mar, a salinidade é muito variável, tanto de lugar para lugar dentro do estuário, como também ao longo do dia e também varia conforme a profundidade. Os organismos marinhos que vivem nestes ambientes convivem com oscilações muito drásticas na salinidade, tendo que se adaptar as mudanças bruscas, não só da concentração de sal na água, mas também de temperatura e outros fatores físicos (CASTRO; HUBER, 2012).

Devido à facilidade do aporte de água salgada pelo canal da Barra de Tramandaí-Imbé, a variação da salinidade na Lagoa Tramandaí é grande e frequente. Com isso, esse ambiente de estudo se torna muito rico e isso é de extrema importância para a economia pesqueira local, tanto amadora quanto artesanal (SILVEIRA, 2013). Além disso, essa entrada de água salgada altera as condições do meio e define a composição das comunidades locais (animal e vegetal), eliminando as espécies menos tolerantes (WÜRDIG, 2009 apud KAPUSTA et al., 2009).

Os rios que desaguam nos estuários acabam despejando elevadas quantidades de sedimentos e até mesmo poluentes neste ambiente. Os estuários geralmente possuem seu substrato de areia ou lama, esta segunda sendo rica em material orgânico. As bactérias decompositoras acabam utilizando praticamente todo o oxigênio disponível do local que é abastecido pela água intersticial, ou seja, água entre as partículas do sedimento. Com isso, os estuários geralmente possuem seu sedimento desprovido de oxigênio abaixo dos primeiros centímetros, ocorrendo a formação de sulfeto de

hidrogênio (H<sub>2</sub>S) pelas bactérias anaeróbias, conferindo a cor preta a esta borra e também o cheiro de ovo podre, além de ser tóxico para a maioria dos organismos (CASTRO; HUBER, 2012).

A vida dos organismos aquáticos que vivem em estuários não é fácil, por isso poucas espécies conseguem se adaptar a suas condições. A maioria dos organismos estuarinos são consideradas eurialinas, ou seja, conseguem tolerar grandes variedades de salinidade, sendo este um dos maiores desafios para a vida aquática: equilibrar o teor de sal e a quantidade dos fluidos corporais nas células (CASTRO; HUBER, 2012).

Segundo Odum (1983), os estuários são mais produtivos do que ambientes de água doce ou marinha, por isso a importância de se manter o equilíbrio nesse ecossistema pertencente à Lagoa Tramandaí, uma vez que esta possui uma rica ictiofauna. Os estuários apresentam características próprias, sendo considerados ecótonos verdadeiros. A mistura e variação da salinidade da água salgada e doce é o que confere a esse ambiente a denominação de único. Além disso, os nutrientes são transportados pelos rios e, devido à rápida troca entre as águas, esses sedimentos contribuem com a produtividade biológica alta, sendo capazes de sustentar populações abundantes de espécies marinhas e costeiras (RICKLEFS, 2003).

### **3.4 Comunidade de peixes locais**

Silveira (2013) realizou um levantamento sobre as espécies de peixes da Lagoa Tramandaí durante um ano de estudo e verificou as famílias e as espécies mais abundantes no local (Tabela 3). O uso do estuário foi classificado como: “ER – Estuarino Residentes (peixes que vivem no estuário); ED – Estuarinos Dependentes (peixes que completam alguma fase do seu ciclo de vida nos estuários); VM – Visitantes Marinhos (peixes que habitam as zonas costeiras e entram nos estuários conforme a entrada de cunha salina) e AD – Visitantes de Água Doce (peixes que habitam os sistemas lacustres ou fluviais adjacentes aos estuários e acompanham a drenagem de água doce para o sistema)”. De acordo com o estudo de Silveira (2013), as espécies mais abundantes ao longo do ano na Lagoa Tramandaí foram Savelha (*Brevoortia* sp.), Manjuba (*Lycengraulis grossidens* (Agassiz, 1829)), Corvina (*Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823)), Cará Cartola (*Geophagus brasiliensis* Quoy & Gaimard, 1824) e Tainha (*Mugil liza* Valenciennes, 1836), todas classificadas como estuarinos dependentes. Algumas espécies ocorrem mais em determinadas épocas do

ano, como no verão e outono, como é o caso da Savelha (*Brevoortia* sp.), das Anchovas (*Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766)) e das Manjubas (*L. grossidens*). Outras são constantes ao longo do ano, como a Corvina (*M. furnieri*) e a Tainha (*M. liza*), sendo estas dependentes do estuário para completar alguma fase do seu ciclo de vida (SILVEIRA, 2013).

Tabela 3: Lista de famílias e espécies capturadas na Lagoa Tramandaí, entre abril de 2012 e março de 2013, classificação quanto ao uso da área.

FAMÍLIA	USO DO ESTUÁRIO	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO
MUGILIDAE	ED	Tainha	<i>Mugil liza</i> Valenciennes, 1836
	ED	Tainha	<i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1837
CLUPEIDAE	ED	Savelha	<i>Brevoortia</i> sp.
	VM	Sardinha	<i>Platanichthys platana</i> (Regan, 1917)
POMATOMIDAE	VM	Anchova	<i>Pomatomus saltatrix</i> (Linnaeus, 1766)
SCIAENIDAE	ED	Corvina	<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest, 1823)
ENGRAULIDAE	ED	Manjuba	<i>Lycengraulis grossidens</i> (Agassiz, 1829)
ACESTRHORHYNCHIDAE	AD	Pantaneiro	<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i> Menezes, 1992
CHARACIDAE	AD	Dentuça	<i>Oligosarcus jenynsii</i> Günther, 1864
	AD	Dentuça	<i>Oligosarcus robustus</i> Menezes, 1969
	AD	Lambari	<i>Astyanax fasciatus</i> Cuvier, 1819
	AD	Lambari	<i>Astyanax jacuhiensis</i> Linnaeus, 1758
	AD	Lambari	<i>Hyphessobrycon luetkenii</i> (Ellis, 1911)
GERRIDAE	VM	Escrivão	<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)
SERRANIDAE	VM	Garoupa	<i>Epinephelus niveatus</i> (Valenciennes, 1828)
ARIIDAE	ER	Bagre	<i>Genidens genidens</i> (Valenciennes, 1840)
	ED	Bagre	<i>Genidens barbatus</i> (Lacépède, 1803)
	ED	Bagre	<i>Genidens machadoi</i> (Miranda-Ribeiro, 1918)
	ED	Bagre	<i>Genidens planifrons</i> Higuchi, Reis e Araújo, 1982
ACHIRIDAE	ER	Linguado-zebra	<i>Catharichthys spilopterus</i> (Günther, 1862)
PARALICHTHYDAE	ER	Linguado	<i>Citharichthys spilopterus</i> Günther, 1862
	ED	Linguado vermelho	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (Valenciennes, 1842)
CARANGIDAE	VM	Pampo	<i>Trachinotus carolinus</i> (Linnaeus, 1758)
	VM	Peixe-galo	<i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1766)
	VM	Guaivira	<i>Oligoplites saliens</i> (Bloch, 1766)
ATHERINOPSIDAE	ER	Peixe-rei	<i>Atherinella brasiliensis</i> Quoy e Gaimard, 1825
	ER	Peixe-rei	<i>Odontesthes argentinensis</i> (Valenciennes, 1835)
CENTROPOMIDAE	ED	Robalo	<i>Centropomus</i> sp.
ERYTHRINIDAE	AD	Traíra	<i>Hoplias malabaricus</i> Bloch, 1794
CURIMATIDAE	AD	Biru	<i>Cyphocharax voga</i> Hensel, 1869

	AD	Biru	<i>Cyphocharax saladensis</i> (Meinken, 1933)
CICHLIDAE	AD	Cará cartola	<i>Geophagus brasiliensis</i> Quoy e Gaimard, 1824
ELOPIDAE	VM	Ubarana	<i>Elops sarus</i> Linnaeus, 1766

Fonte: Adaptada de SILVEIRA, 2013.

Legenda: VM - Visitante Marinho; AD - Água Doce; ED - Estuarino Dependente; ER – Estuarino Residente.

Conforme este mesmo autor verificou-se uma grande quantidade de peixes estuarinos dependentes existentes nesse local. Comprovando assim, a importância ecológica que a Lagoa Tramandaí apresenta para a conservação dessas e de outras espécies. Isso porque a Lagoa serve como berçário para Tainhas (*Mugil* sp.), Corvinas (*M. furnieri*) e Bagres (*Genidens* sp.), apresentando esses peixes grande valor comercial e sendo muito importantes para a cadeia trófica local, além de servirem como alimento para os botos (*Tursiops truncatu*) que circulam pela Barra de Tramandaí-Imbé.

#### 3.4.1 Bagre (*Genidens genidens*)

O bagre possui 35 cm de comprimento, aproximadamente, e apresenta dorso cinza escuro, com laterais mais claras e o ventre branco. As suas nadadeiras também são escurecidas (FISCHER; VIEIRA; PEREIRA, 2011), conforme Figura 7.

Figura 7 - Bagre (*G. genidens*)



Fonte: Fishbase, 2015.

Apresenta ocorrência desde a Bahia, Brasil, até o Rio da Prata, Argentina. É uma espécie típica de estuários e ali passam todas as etapas de suas vidas. Pode ser encontrado, eventualmente, próximo à costa onde há águas marinhas. Tem o costume de viver no fundo do estuário, onde tem areia e lama (FISCHER; VIEIRA; PEREIRA, 2011).

Foram poucos os estudos realizados sobre a dieta alimentar do bagre, mas pode-se observar que ele possui hábito alimentar carnívoro, alimentando-se preferencialmente de crustáceos, peixes, moluscos e poliquetas (DEUS; ROCHA; NOVELLI, 2009).

O bagre (*G. genidens*) foi classificado, segundo Cuvier (1829), como pertencente a seguinte divisão taxonômica:

- Classe: Actinopterygii;
- Ordem: Siluriformes;
- Família: Ariidae;
- Gênero: Genidens.

Segundo a Portaria da Superintendência do desenvolvimento da pesca (SUDEPE), nº 42, de outubro de 1984, o Bagre Rosado (*G. genidens*) está proibido de ser capturado no período de 1º de janeiro a 31 de março, nas águas que banham o Rio Grande do Sul e mais três estados brasileiros (BRASIL, 1984).

Como se pode observar nas descrições acima, o bagre é típico de estuários, estando presente por toda a sua vida na Lagoa Tramandaí e, por ser um peixe que habita o fundo do estuário e se alimenta de organismos presentes no fundo, também pode sofrer alterações no seu ciclo de vida e cotidiano devido à presença de metais pesados que se depositam no sedimento da lagoa.

### 3.4.2 Linguado (*Citharichthys spilopterus*)

O linguado atinge, aproximadamente, 20 cm de comprimento e apresenta cor marrom e, às vezes, podem aparecer manchas ou pontos escuros. As suas nadadeiras seguem a mesma tonalidade (FISCHER; VIEIRA; PEREIRA, 2011), conforme Figura 8.

Está presente desde New Jersey, EUA, Golfo do México e Antilhas até o Rio Grande do Sul, Brasil. Possui hábito bentônico, ou seja, habita o fundo dos ecossistemas aquáticos (FISCHER; VIEIRA; PEREIRA, 2011).

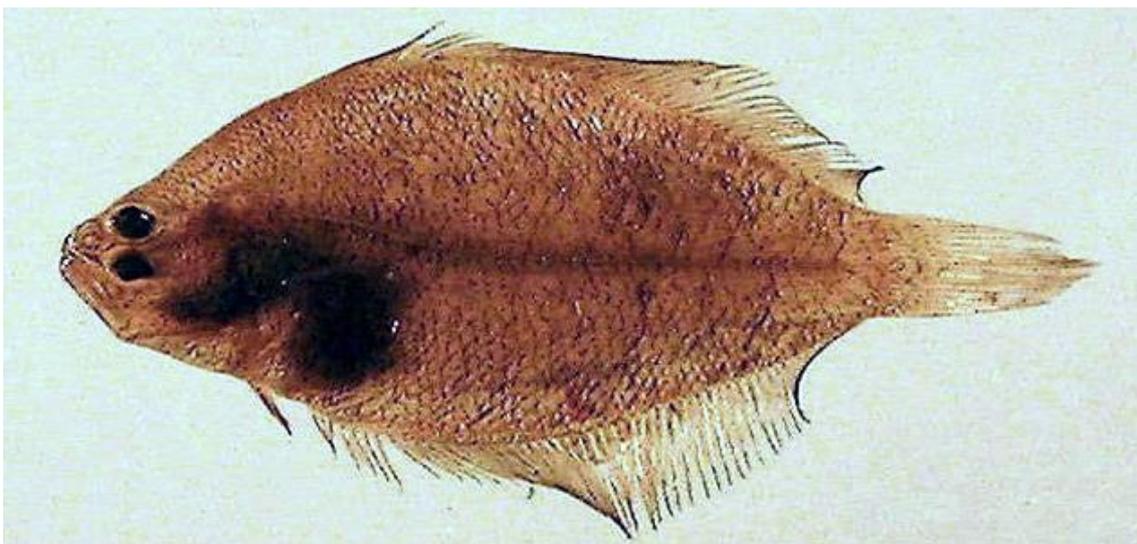
O linguado possui hábito alimentar carnívoro, se alimentando, predominantemente, de restos de crustáceos, peixes, camarões, desovas de *Copepoda*, *Calanoida*. Acaba ingerindo junto com o alimento porções de sedimento. É considerado consumidor de segunda ou terceira ordem na teia alimentar (FILHO et al., 2007).

O linguado (*C. spilopterus*) foi classificado, segundo Günther (1862), como pertencente a seguinte divisão taxonômica:

- Classe: Actinopterygii;
- Ordem: Pleuronectiformes;
- Família: Paralichthyidae;
- Gênero: *Citharichthys*.

Assim como o bagre, também é importante ser analisado o linguado devido ao seu hábito bentônico, podendo sofrer alguma alteração devido à presença de metais pesados na lagoa, uma vez que é uma espécie estuarina residente da Lagoa Tramandaí, ou seja, passa todo seu ciclo de vida neste ecossistema.

Figura 8 - Linguado (*C. spilopterus*)



Fonte: Fishbase, 2015.

### 3.4.3 Jundiá (*Rhamdia quelen*)

O jundiá (Figura 9) possui hábito bentônico, habita ambientes calmos, profundos, com areia ou lama e possui hábito noturno. É uma espécie omnívora, se alimentando principalmente de peixes, crustáceos, insetos e detritos orgânicos (GOMES et al., 1998).

Figura 9 - Jundiá (*R. quelen*)



Fonte: Fishbase, 2009.

O jundiá (*R. quelen*) foi classificado segundo Quoy & Gaimard (1824), como pertencente a seguinte divisão taxonômica:

- Classe: Osteichthyes;
- Ordem: Siluriformes;
- Família: Pimelodidae;
- Gênero: *Rhamdia*.

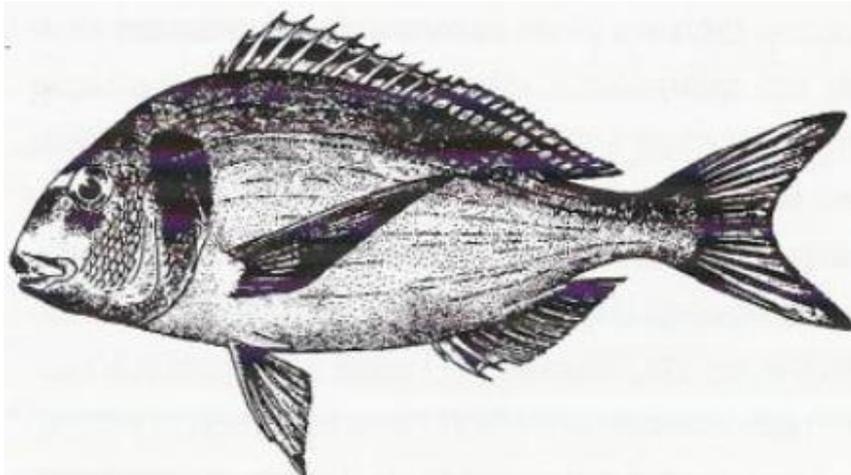
### 3.4.4 Dourada (*Sparus aurata*)

A dourada (Figura 10) habita ambientes fundos com solo arenoso, preferencialmente junto às margens e, frequentemente, costuma entrar em baías e estuários para se alimentar ou passar alguma fase da vida (FAO, 2010). É encontrada tanto em ambientes marinhos como em águas salobras e tem a característica de se deslocar em cardumes por um longo período de sua vida. Seu hábito alimentar é omnívoro, ingerindo, preferencialmente, moluscos bivalves, crustáceos, peixes e às vezes algas (LOPES, 2005).

A dourada (*S. aurata*) foi classificada segundo Fischer (1987), como pertencente a seguinte divisão taxonômica:

- Classe: Actinopterygii
- Ordem: Perciformes
- Família: Sparidae
- Gênero: Sparus

Figura 10 - Dourada (*S. aurata*)



Fonte: FAO, 2010.

As espécies de Jundiá (*R. quelen*) e Dourada (*S. aurata*) foram utilizadas neste estudo com o intuito de servirem como referência na comparação com os peixes estudados (*G. genidens* e *C. spilopterus*), por possuírem hábitos alimentares e residirem nos mesmos habitats.

### 3.5 Nutrição dos peixes

Os peixes necessitam de vitaminas, minerais, proteínas, aminoácidos, fibras, dentre outros para compor sua dieta diária. As quantidades requeridas de cada nutriente variam de peixe para peixe, alterando até mesmo dentro da mesma espécie, pois isto está relacionado com a idade, tamanho, condições ambientais e se estão em período reprodutivo (SANTOS, 2004).

No metabolismo dos peixes, em específico, não há uma demanda exclusiva de carboidratos na dieta, causando, em algumas espécies a diminuição no crescimento e,

em outras como o salmão e a truta, não conseguem ter uma eficiente absorção de carboidratos. Geralmente, os peixes absorvem melhor carboidratos complexos, amido, em vez de açúcares de cadeias simples (SILVEIRA; LOGATO; PONTES, 2009).

Os peixes necessitam de energia para todas as suas ações, desde atividades físicas até metabólicas. A taxa metabólica utilizada pelos animais marinhos varia conforme espécie, idade, tamanho, temperatura da água, oxigênio dissolvido, gás carbônico, pH, salinidade, dentre outras. O peixe necessita de uma dieta balanceada de proteínas, gorduras e carboidratos para gerar a energia necessária ao seu desenvolvimento. As necessidades energéticas dependem (SANTOS, 2004):

- Espécie: peixes migradores estão quase sempre em movimento, necessitando de mais energia para locomoção;
- Tamanho: peixes menores possuem metabolismo mais elevado;
- Idade: necessidades energéticas diminuem com a idade;
- Atividade fisiológica: durante a reprodução ou maturação gonadal as exigências energéticas aumentam devido a maior atividade metabólica do organismo;
- Temperatura da água: quanto mais distante da temperatura ideal para o desenvolvimento da espécie, menor a exigência energética;
- Tipo de alimento: alimento rico em proteínas exigem mais energia;
- Fatores ambientais: nos rios os peixes precisam de mais energia devido a maior atividade natatória;
- Condições químicas da água: águas poluídas, tóxicas, com baixos teores de oxigênio dissolvido provocam aumento da taxa energética, uma vez que provocam aceleração da respiração nos peixes.

Os peixes utilizam os carboidratos somente como fonte de energia, sendo o excesso acumulado no fígado ou músculo, na forma de glicogênio ou gordura (SANTOS, 2004).

Os peixes carnívoros apresentam pouca capacidade de digestão de carboidratos, devido à baixa taxa de atividade dos hormônios responsáveis pelo controle do metabolismo de carboidrato. Os peixes podem ser comparados com os mamíferos diabéticos quando se fala em insulina, devido ao ineficiente controle do hormônio que acaba não estimulando adequadamente a glicólise e torna estes organismos deficientes

quanto ao metabolismo dos carboidratos. Por outro lado, estudos relatam que peixes onívoros e herbívoros toleram e se adaptam aos altos níveis de carboidratos em suas dietas (SEIXAS FILHO, 2004).

Dentre os animais, os peixes são considerados os organismos que menos necessitam de energia, pois não precisam de esforço para manter a temperatura corpórea, a força gasta na movimentação na água é relativamente menor que a necessária para os mamíferos e aves, além de excretar amônia ao invés de ureia ou ácido úrico, perdendo menos energia (SILVEIRA; LOGATO; PONTES, 2009).

A maior parte da digestão dos carboidratos ocorre no intestino e cecos pilóricos e é considerada rápida. Na membrana do intestino dos peixes estão presentes enzimas digestivas, como as dissacaridases, endoglicosidases e oligossacaridases, com funções específicas para fazerem a digestão dos carboidratos consumidos. Devido ao curto trato gastrointestinal dos peixes carnívoros, a digestão dos carboidratos fica deficitária e pode resultar em uma má absorção dos carboidratos mais complexos pelo organismo (SILVEIRA; LOGATO; PONTES, 2009).

A extensão do intestino dos peixes tem relação com o hábito alimentar deles, ou seja, os carnívoros apresentam intestino curto, reto e espesso; os onívoros tem intestino em forma de “N”; os herbívoros dispõem de intestino longo, envelopado e fino. Com isso, os peixes carnívoros têm dificuldades para digerir carboidratos, impossibilitando a eficiente absorção dos compostos complexos (SILVEIRA; LOGATO; PONTES, 2009).

A absorção dos carboidratos pelos peixes se dá em nível de monossacarídeos. Estas taxas de absorção e transporte dos carboidratos são menores nos peixes carnívoros do que nos onívoros e herbívoros (SILVEIRA; LOGATO; PONTES, 2009).

### **3.6 Metabolismo de Carboidratos**

Os animais, em geral, precisam consumir alimentos, estes provenientes dos vegetais ou substâncias orgânicas, para conseguir manter constante seu metabolismo, e também para o crescimento e reprodução; além de ser a fonte de energia para manter os organismos vivos e seus processos físicos (NIELSEN, 2002).

A matéria orgânica consumida pelos animais é composta de proteínas, lipídeos e carboidratos, ambos constituídos de moléculas grandes que o organismo não consegue absorver. Com isso, estas estruturas precisam ser transformadas em unidades mais simples. Esta transformação é realizada por enzimas específicas que possibilitam a

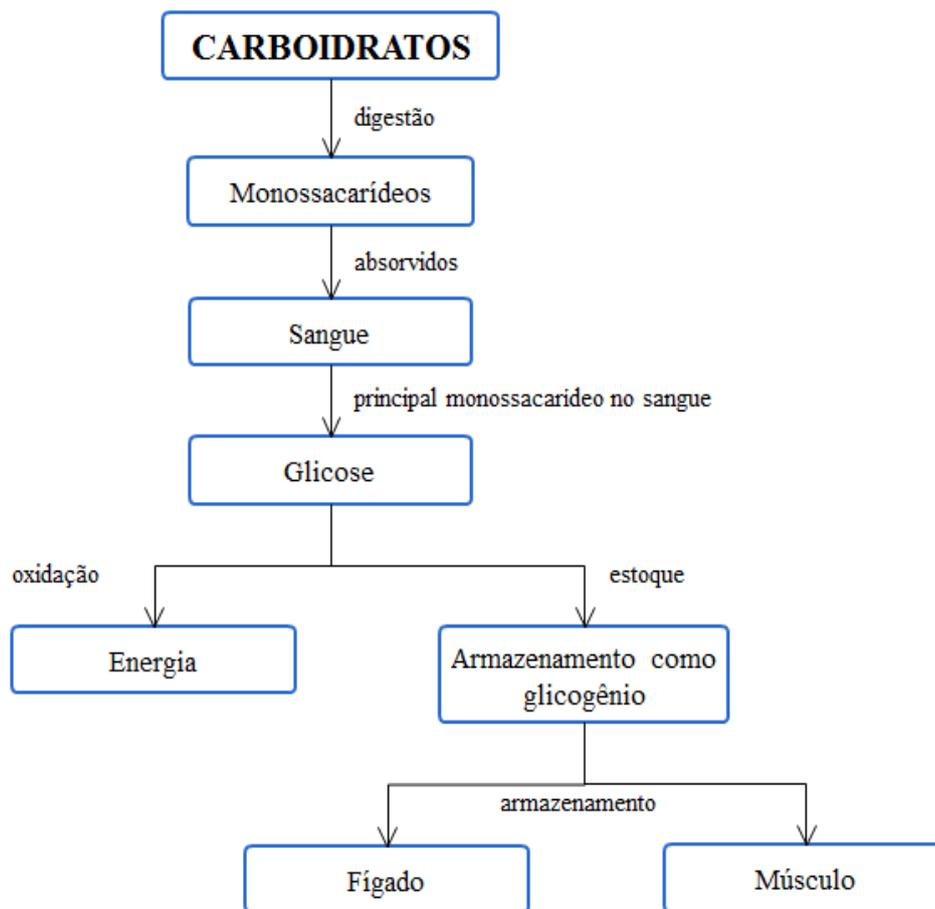
digestão e absorção pelo organismo (NIELSEN, 2002). Os carboidratos, dependendo do tamanho de suas moléculas, podem ser monossacarídeos (frutose e glicose), dissacarídeos (sacarose e lactose) e polissacarídeos (amido). Eles precisam serem digeridos a monossacarídeos para serem absorvidos pelo sangue. Através de estudos já realizados não se encontrou nenhum carboidrato, em específico, que fosse essencial na dieta dos animais, já que podem ser sintetizados a partir de aminoácidos e também carboidratos são capazes de se converter a outro tipo de carboidrato. Porém, é necessária uma quantidade mínima de carboidrato para manter o funcionamento do organismo, ou ingestão de gordura para fornecer energia (SMITH; MARKS; LIEBERMAN, 2007).

Após a digestão, estes substratos energéticos ficam circulando na corrente sanguínea entrando nos tecidos e também são absorvidos pelas células. Quando oxidados, liberam gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e produzem energia, chamada de trifosfato de adenosina (ATP). A quantidade de alimento que exceder o mínimo necessário para a dieta será armazenada como gordura no tecido adiposo, glicogênio no músculo, fígado e células e a proteína se armazena no músculo, conforme pode ser observado no resumo da Figura 11. No estado de jejum, o material armazenado se oxida para a produção de energia, suprimindo a falta da ingestão de alimento (SMITH; MARKS; LIEBERMAN, 2007).

Assim como os mamíferos, a fonte energética dos peixes é a glicose que, quando consumida acima do necessário, é transformada em glicogênio e armazenada no fígado e músculo. Quando há necessidade de suprimento imediato de energia, o glicogênio é convertido novamente em glicose e liberado no sangue garantindo a energia necessária as células e também para as necessidades momentâneas do animal, como no caso de fuga de predadores, por exemplo (SILVEIRA; LOGATO; PONTES, 2009).

O glicogênio hepático e muscular possui a mesma finalidade no organismo, porém desempenham funções diferentes. O glicogênio hepático serve como reservatório de glicose para a corrente sanguínea. O glicogênio muscular serve como reservatório de glicose para as células musculares, sendo liberado nos momentos de atividades musculares intensas (SILVEIRA; LOGATO; PONTES, 2009). Para a formação do glicogênio nos tecidos de armazenamento ocorre o processo chamado glicogênese e para a quebra do glicogênio para formar glicose novamente é denominado glicogenólise. Estes processos não são inversos um ao outro, pois ocorrem reações químicas diferentes em ambos (GUYTON; HALL, 2012).

Figura 11 – Metabolismo do carboidrato



Fonte: Autoria própria, 2015.

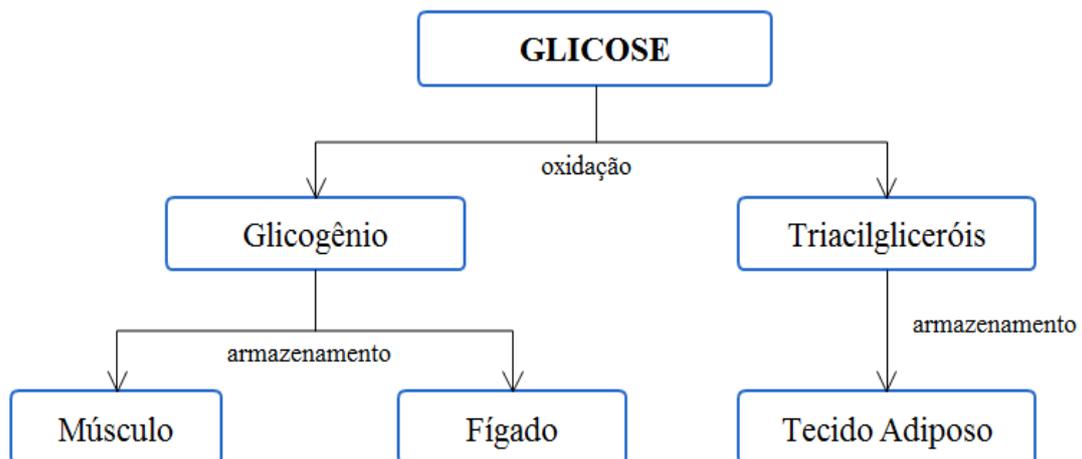
A glicose presente no sangue atravessa, primeiramente, o fígado e produz a energia necessária para o funcionamento deste órgão, sendo o restante armazenado como glicogênio ou triacilgliceróis. Os triacilgliceróis começam a ser formados a partir do momento que o estoque de glicogênio no fígado fica lotado, assim o órgão converte a glicose em triacilgliceróis. A diferença entre o glicogênio e o triacilglicerol é que o segundo não fica armazenado no fígado, pois este o excreta na corrente sanguínea e na maior parte das vezes acaba sendo armazenado no tecido adiposo como gordura, conforme pode ser observado na Figura 12 (SMITH; MARKS; LIEBERMAN, 2007).

A presença do glicogênio nas células fornece glicose nos momentos de emergência. No músculo é utilizado para fornecer energia durante as contrações musculares e no fígado serve para manter o nível de glicose no sangue durante o jejum, exercícios ou nos momentos de necessidades (SMITH; MARKS; LIEBERMAN, 2007).

Durante a glicólise ocorre a produção de duas moléculas de ATP no processo anaeróbico, ou seja, sem a presença de oxigênio e 32 moléculas de ATP no processo

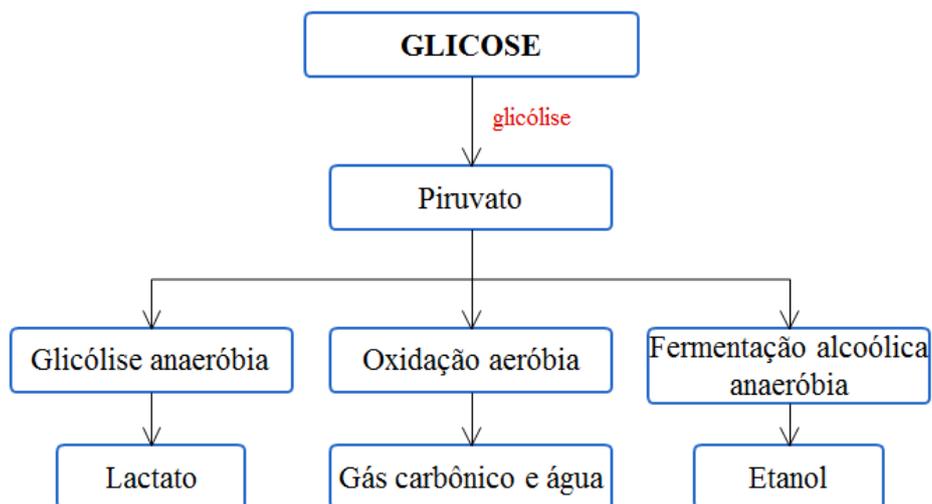
com a presença de oxigênio, aeróbio. Em momentos de muito gasto energético, o corpo utiliza os carboidratos mais rapidamente do que pode processá-los de modo aeróbio, assim a glicólise transforma a glicose direto em piruvato como produto final, Figura 13. (CAMPBELL; FARRELL, 2007).

Figura 12 – Processo de oxidação e armazenamento da glicose



Fonte: Autoria própria, 2015.

Figura 13 – Ciclo da Glicólise



Fonte: Adaptado de CAMPBELL; FARRELL, 2007.

### 3.7 Metais

Os peixes são fontes de proteína animal de grande valor biológico, fácil de serem digeridos, com elevados níveis de minerais e vitaminas A e D, além de serem uma fonte de ácidos graxos polinsaturados e ômega 3, todos essenciais para uma dieta saudável (MEDEIROS et al., 2011). Os metais são divididos em essenciais e não essenciais aos organismos animais e vegetais. Os essenciais, como cobre, ferro, manganês e zinco, são elementos indispensáveis no metabolismo desses organismos, sendo encontrados na natureza em baixas concentrações. Esses elementos químicos, por mais que sejam essenciais para a vida dos organismos, quando em elevadas concentrações, acabam se tornando tóxicos e prejudiciais à vida deles (OGA, 2003).

Os metais não essenciais, como alumínio, arsênio, mercúrio, chumbo, cádmio, cromo, níquel, prata e estanho, são muito tóxicos aos organismos vegetais e animais e podem provocar vários tipos de problemas na saúde, tais como a baixa fertilidade, queda das defesas imunológicas, entre outros. E, até mesmo, podem desencadear patologias levando à morte (COSTA, 2007).

Esses metais pesados não essenciais podem ser inseridos nos ambientes naturais (águas correntes), através dos lançamentos de esgotos domésticos e industriais. E podem ocasionar efeitos negativos na saúde humana e dos animais que têm contato com esses líquidos. Além disso, quando entram em contato com solos cultiváveis, acabam provocando uma elevação dos níveis de metais, que depois serão consumidos pela população humana através da ingestão de vegetais (OGA, 2003).

De modo geral, os metais em efluentes acabam se fixando no sedimento dos corpos d'água, além de se acumularem em algumas plantas que captam esses elementos do sedimento através de suas raízes e as acumulam nas folhas. Porém, quando morrem, acabam devolvendo esse metal para o ambiente aquático (PIVELI; KATO, 2006). Uma maior preocupação se dá em relação aos metais chumbo, cádmio e mercúrio. Isso porque eles se acumulam preferencialmente em macroinvertebrados, fitoplâncton, zooplâncton e em peixes (PIVELI; KATO, 2006). Além do mais, foram feitos estudos que mostram que os organismos de crianças possuem maior capacidade de absorção gastrointestinal de metais (OGA, 2003).

Estes elementos, quando lançados no ambiente, não são decompostos se tornando menos tóxicos, pelo contrário, a maioria consegue fazer o processo inverso, ou seja, se torna mais tóxico do que a forma inicialmente distribuída, sendo convertida por

processos naturais. Esse é o caso do mercúrio que se converte em metilmercúrio, elemento altamente venenoso ao homem (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013).

No Brasil, a quantidade de estudos e relatos envolvendo os níveis desses poluentes nos peixes destinados ao consumo ainda é muito pequena. Com isso, torna-se importante conhecer as concentrações dessas substâncias nas espécies comercializadas, para se avaliar a exposição a que a população humana está sujeita ao ingerir esse alimento.

Vários estudos já comprovaram que a maior parte dos metais pesados encontrados em ambientes aquáticos são de origem antropogênica. Segundo estes materiais, o chumbo e o cádmio têm a tendência de se acumular no sedimento e ali podem formar complexos e alterar a sua forma ou ser transportados ao longo da cadeia biológica. As concentrações de metais encontrados nos animais aquáticos podem sofrer variações até mesmo dentro da mesma espécie devido a diferença existente nas taxas de filtração, na alimentação, tamanho e também no metabolismo de cada indivíduo (BAPTISTA NETO; WALLNER-KERSANACH; PATCHINEELAM, 2008).

Diversas anormalidades biológicas estão sendo reportadas em animais marinhos por conta da presença de metais pesados neste ecossistema, como: desordens reprodutivas, deformidades nas brânquias e esqueletos, alterações no crescimento, variações no metabolismo, dentre outras (BAPTISTA NETO; WALLNER-KERSANACH; PATCHINEELAM, 2008).

As fontes de metais pesados encontradas na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí que, conseqüentemente, chegam a Lagoa Tramandaí são (CASTRO; MELLO, 2013):

- Rochas fosfatadas, matéria prima de fertilizantes;
- Combustíveis e óleos de automóveis, lanchas e moto aquática;
- Curtumes;
- Atividades industriais;
- Eletrônicos, lâmpadas, pilhas e baterias;
- Pigmentos das pinturas de embarcações;
- Cimento;
- Termômetros.

Entre os meses de novembro de 2011 e março de 2012, período de irrigação das culturas de arroz, foram encontrados níveis de cromo, chumbo e mercúrio nas águas da Lagoa Tramandaí, não sendo detectados níveis de cádmio. Os valores encontrados estão apresentados na Tabela 4 (CASTRO; MELLO, 2013).

Tabela 4 - Valores das médias das coletas de metais pesados ( $\mu\text{g/L}$ ) na Lagoa Tramandaí no período de novembro/2011 até fevereiro/2012.

	Cádmio (Cd)	Cromo (Cr)	Mercúrio (Hg)	Chumbo (Pb)
nov/11	ND	3,86	ND	3,04
dez/11	ND	2,48	ND	0,49
jan/12	ND	1,01	0,26	1,1
fev/12	ND	0,82	0,4	0,95

Fonte: Adaptado de CASTRO; MELLO, 2013.

De acordo com o estudo realizado por Petersen e Damin (2013) em peixes da Lagoa Tramandaí, foi constatada a presença de metais pesados, como o arsênio, em níveis acima do permitido em algumas espécies de peixes, Tabela 5. As análises foram realizadas no músculo dos exemplares coletados e foram encontradas grandes variações nos resultados obtidos ainda que dentro da mesma espécie. Os valores de limite máximo de resíduos (LMR) são referentes à matriz escolhida para análise (músculo), conforme publicação do Plano Nacional de Controles de Resíduos e Contaminantes (PNCRC), adotados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2012).

Além das análises de arsênio, também foram analisados os metais cádmio (Cd), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg). Em todas as avaliações teve-se a presença de metais pesados, mesmo que em concentrações mais baixas, Tabela 5.

Tabela 5 - Valores obtidos para o arsênio (As), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e cádmio (Cd) nas espécies estudadas.

	Arsênio (As)	Mercúrio (Hg)	Chumbo (Pb)	Cádmio (Cd)
Bagre (jun/2013)	3.953,94	168,56	3,95	2,45
Bagre (set/2013)	110,64	74,14	0	0
Limite Máximo de Resíduo	1000	1000	300	100

(LMR)

Fonte: BRASIL, 2012.; PETERSEN; DAMIN, 2013.

Legenda: Valores expressos em  $\mu\text{g kg}^{-1}$ .

O Projeto Taramandahy faz o monitoramento da qualidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí em 2015 através das análises físico-químicas, biológicas e também de metais. Estes estudos revelaram que a Bacia apresenta grande concentração de metais tanto na água, sedimento quanto nos pescados. Além destes, devido a diversos fatores geológicos, foram encontrados altos níveis de metais pesados na areia da praia, sendo esta facilmente carregada para dentro da Lagoa Tramandaí, tanto pelo vento quanto pelas marés (ANAMA, 2015).

### 3.7.1 Chumbo (Pb)

O chumbo é um metal tóxico que se acumula nos tecidos animais e humanos, provocando um grave efeito no sistema nervoso central, denominado saturnismo. Além do saturnismo, pode causar anemia, disfunção neurológica, problema nos rins, irritabilidade, aumento da pressão sanguínea, convulsão e coma. Também provoca abortos e nascimento de crianças com anomalias, sem contar que é cancerígeno (SAMPAIO, 2003). Esse metal é encontrado em tabaco, bebidas, alimentos, baterias automotivas, fabricação da solda e revestimentos elétricos (PIVELI; KATO, 2006).

No ambiente aquático, o chumbo possui fácil associação com o sedimento e, através dele, os consumidores, pela sua dieta, acumulam este metal. Assim como os outros metais, possui interferências na sua acumulação pelos organismos aquáticos devido a alterações na temperatura, salinidade, pH, dentre outras (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013).

Este metal se acumula nos peixes principalmente nas brânquias e na pele, mas também pode ser encontrado no fígado, rins e ossos. Os ovos dos peixes não sofrem interferência do chumbo, pois o metal se acumula na casta, não atingindo o embrião. Como resultado da contaminação acontece à deformação na espinha e também o escurecimento da cauda (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013).

Em relação à tolerância dos peixes ao chumbo, varia de 0,1 mg/L a 0,4 mg/L de Pb. No entanto, foi observado que peixes acompanhados em laboratório resistiram a até 10 mg/L de Pb (SAMPAIO, 2003).

### 3.7.2 Cádmio (Cd)

A acumulação do cádmio no organismo é praticamente irreversível, ficando presente durante toda a vida do ser humano. O consumo de cádmio pode causar câibras, náuseas, vômitos e diarreias. Esse metal se concentra, no homem e em animais, no rim, fígado, pâncreas e tireoide (SAMPAIO, 2003), nos peixes se acumula principalmente nas brânquias (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013). Dessa forma, o cádmio pode desencadear problemas maiores de saúde, como tumores nos testículos, disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, doenças crônicas de envelhecimento e câncer. Segundo Sampaio (2003), "as alterações fisiológicas nos organismos aquáticos são semelhantes às desencadeadas para o homem".

Nas águas naturais o cádmio pode aparecer com concentrações abaixo de 0,1 µg/L, mas o despejo de efluentes industriais e da agricultura tem aumentado significativamente estes níveis no meio aquático (PRETTO et al., 2013). Além disso, ele é utilizado como inseticida e está presente nas águas naturais através dos escoamentos de efluentes líquidos, sendo a principal fonte os efluentes de galvanoplastia (PIVELI; KATO, 2006).

Nos organismos aquáticos, o aumento da temperatura da água proporciona um ambiente melhor para a absorção do cádmio, enquanto o aumento da dureza e salinidade faz com que diminua esta facilidade. A absorção de cádmio afeta o crescimento e a divisão celular destes seres. Nos peixes, a acumulação do metal, provoca dificuldades na absorção do cálcio, causando hipocalcemia. Cada espécime de peixe reage de uma maneira diferente a presença dele no organismo, sendo os organismos mais frágeis os do estado embrionário e larval. O excesso na constituição destes animais pode causar má formação da espinha prejudicando-os durante a vida e até tornando-os mais suscetíveis a ação dos predadores (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013). Além dos danos causados nas alterações fisiológicas e bioquímicas, a exposição crônica ao cádmio também pode prejudicar o metabolismo de carboidratos, alterando as reservas de glicogênio e os níveis de glicose, e o metabolismo das proteínas (PRETTO et al., 2013).

### 3.7.3 Cromo (Cr)

Segundo Silva e Pedrozo (2001), a toxidez do cromo varia conforme a sua forma química, sendo o cromo hexavalente a espécie mais tóxica. O cromo é encontrado de forma natural em rochas, animais, plantas, solo, poeira e névoas vulcânicas. Na água do mar se encontra concentrações de cromo na faixa de 1 a 10 µg/kg, sendo o nível permitido em água potável de 50 µg/kg.

Nos solos, a concentração de cromo é baixa, sendo encontrado valores de 2 a 60 mg/kg e destes somente uma pequena parcela fica disponível para as plantas. Praticamente todo o cromo presente no meio ambiente é produto das atividades humanas. O cromo e seus compostos são liberados no ambiente nas formas trivalente, hexavalente e elementar, através das atividades de (SILVA; PEDROZO, 2001):

- Fabricação de cimento;
- Fundições;
- Soldagens de ligas metálicas;
- Lâmpadas;
- Lixos urbanos e industriais;
- Cinzas de carvão;
- Curtumes;
- Preservativos de madeiras;
- Fertilizantes.

A maior parte do cromo presente em águas superficiais pode estar na forma hexavalente, sendo este o mais estável na água do mar. O cromo pode se depositar no sedimento (SILVA; PEDROZO, 2001).

De acordo com Cheis (2013) os efeitos que o cromo hexavalente causa nos organismos variam de espécie para espécie, assim como as quantidades absorvidas, a rota e a duração da exposição. O cromo hexavalente difere dos demais metais, porque, apesar de tóxico para os humanos e para alguns animais aquáticos, ele consegue se converter rapidamente em cromo trivalente e assim não há acumulação biológica no meio ambiente.

“A toxicidade do cromo, em relação a vida aquática, varia largamente com a espécie, temperatura, pH, valência, OD e efeitos sinérgicos e antagônicos” (SAMPAIO, 2003, p. 24). Em condições normais de pH e OD, geralmente o cromo é lançado na sua forma hexavalente no ambiente, justamente a forma mais tóxica para os peixes (SAMPAIO, 2003).

A intoxicação por cromo pode causar corrosão das mucosas, problemas respiratórios e modificações hematológicas. Os animais marinhos são sensíveis ao metal em questão nas concentrações de 0,03 a 118 mg/L na água, já se for o cromo hexavalente esta concentração fica em torno de 0,05 mg/L. Em estudo realizado com a *Daphnia magna*, a concentração de 0,05 mg/L causou a morte dos organismos em seis dias (SAMPAIO, 2003).

#### 3.7.4 *Arsênio (As)*

O arsênio é um metal cumulativo no organismo, causando câncer, além de afetar vários sistemas como respiratório, circulatório, dentre outros (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013). Esse metal é encontrado tanto em fontes naturais (termais) como antropogênicas (inseticida, herbicida, fungicida, na indústria da preservação da madeira e em atividades relacionadas com a mineração e com o uso de certos tipos de vidros, tintas e corantes) (PIVELI; KATO, 2006).

Os ecossistemas que estão contaminados pelo arsênio possuem poucos espécimes e também poucos indivíduos por espécie, devido ao fato de só sobreviverem a presença deste metal os organismos resistentes a sistemas poluídos (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013).

A população ingere diariamente esse metal, porque ele está presente em alimentos do mar e também em águas naturais que estejam com elevadas concentrações dele. Já as águas para consumo humano possuem, geralmente, concentrações inferiores a 10 µg/L de As (OGA, 2003).

#### 3.7.5 *Mercúrio (Hg)*

O mercúrio está presente na natureza na forma gasosa, líquida e sólida, além das formas químicas. Devido aos seus três estados de oxidação, estas formas conseguem se transformar facilmente uma nas outras no meio ambiente. Com isso, o mercúrio se torna

muito farto na natureza (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013). Ele chega aos ecossistemas marinhos por processos naturais e antrópicos. Os naturais são o intemperismo das rochas, atividade vulcânica, partículas de poeira da atmosfera, dentre outros. Além disso, os efluentes industriais e domésticos também causam o aumento da concentração de mercúrio no ambiente aquático (CASTRO; HUBER, 2012).

"É o único metal encontrado na forma líquida em condições de temperatura e pressão normais, formando vapores incolores e inodoros" (CARDOSO, 2002). Alguns dos sintomas mais conhecidos da ação do mercúrio no ser humano são: insônia, irritabilidade, dificuldade de concentração, perda de memória, baixa estima, doenças imunológicas, desenvolvimento de câncer, que afeta o sistema hormonal feminino e provoca problemas no sistema nervoso central (CARDOSO, 2002).

O mercúrio, devido a sua capacidade de transformação no ambiente em substâncias mais tóxicas que as iniciais, é classificado como um poluente global, ou seja, presente em toda a biosfera. Além disso, apresenta facilidade de ligação com enzimas, provocando alteração nas mesmas e tornando os efeitos mais tóxicos ainda, afetando a reprodução dos organismos aquáticos (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013).

Assim como os outros metais, apresenta caráter cumulativo e provoca lesões cerebrais, sendo muito tóxico aos seres humanos e, em doses de 3 a 30 g, torna-se fatal (PIVELI; KATO, 2006). No homem, a contaminação ocorre principalmente pela ingestão de alimentos aquáticos contaminados pelo metilmercúrio (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013). Uma das maiores formas de contaminações de mercúrio junto aos corpos d'água se dá através do lançamento dos efluentes líquidos da extração de ouro (garimpo). Outras fontes estão no uso de praguicida, nas indústrias de produtos medicinais e na fabricação de tintas, desinfetantes, pigmentos, etc. (PIVELI; KATO, 2006).

Os invertebrados aquáticos possuem tolerâncias variadas quanto a presença do mercúrio. Ele possui facilidade para atravessar as membranas celulares dos organismos aquáticos causando a sua bioacumulação com o passar da cadeia trófica. A forma do mercúrio que geralmente está presente nos tecidos destes animais é o metilmercúrio que possui sua toxicidade alterada de acordo com a temperatura do meio, salinidade, teor de oxigênio dissolvido e a dureza da água (SISINNO; OLIVEIRA FILHO, 2013).

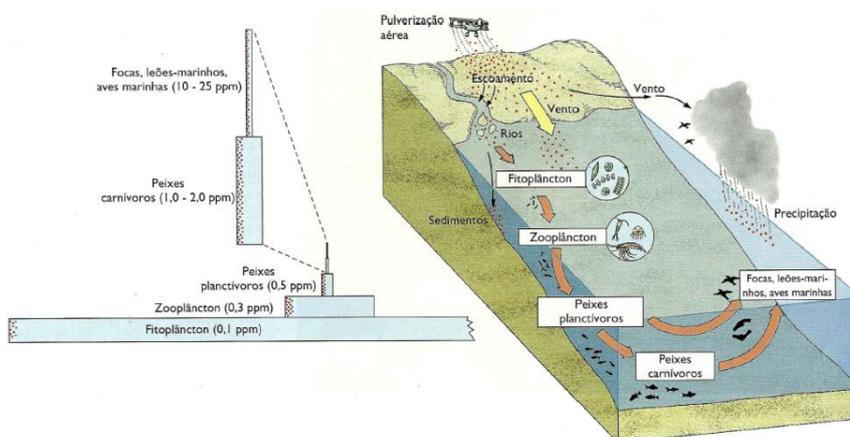
### 3.8 Agroquímicos

Os pesticidas chegam ao oceano através dos rios, escoamento pluvial, pela atmosfera e esgotos e são transportados por longas distâncias, sendo absorvidos pelo fitoplâncton e, também, por partículas em suspensão na água, entrando assim na cadeia alimentar (Figura 14). Estas partículas se dissolvem na gordura dos peixes e, com isso, não são excretadas e assim ficam bioacumuladas ao longo da teia alimentar, gerando a biomagnificação, ou seja, a cada nível trófico a concentração de metais está maior (CASTRO; HUBER, 2012). Os agroquímicos provocam lesões no fígado, rins e brânquias dos peixes (CASTRO; MELLO, 2013).

No estudo realizado por Castro e Mello (2013), no qual analisaram a presença de agroquímicos nas águas da Lagoa Tramandaí, não detectaram estes componentes químicos. Os autores relatam que, devido ao fato dos agroquímicos se biotransformarem imediatamente quando entram no ambiente, estes não foram detectados nas análises. Entretanto, isto não significa que não exista contaminação neste corpo d'água. Mesmo não sendo quantificados nas análises, eles estão exercendo seus efeitos no meio ambiente. Foram investigados a contaminação da água para os agroquímicos: glifosato, organoclorados, organofosforados e fenoxiacéticos.

“A contaminação por agroquímicos é mais difícil de ser verificada, pois estes compostos sofrem retenção, transformação, transporte e interação quando entram no ambiente” (CASTRO; MELLO, 2013, p. 153).

Figura 14 - Processo de contaminação do oceano por agroquímicos e representação da pirâmide trófica mostrando a biomagnificação.



Fonte: CASTRO; HUBER, 2012.

Legenda: A concentração dos pesticidas na pirâmide trófica é expressa em ppm .

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

O projeto de pesquisa foi submetido à Comissão de ética de uso animal (CEUA) da Universidade de Passo Fundo (UPF) e as coletas para realização deste estudo foram autorizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) através do Sistema de Autorização e Informação da Biodiversidade (SISBIO) para atividades com finalidade científica através do número 52354-2. A coleta da água e os espécimes estudados são oriundos da Lagoa Tramandaí no litoral norte do Rio Grande do Sul.

Para o estudo de ecotoxicidade, foram coletados cinco exemplares adultos e machos de cada espécime em cada coleta. As coletas foram realizadas no período de fevereiro a maio de 2016, sendo este intervalo escolhido em função do metabolismo dos peixes, ou seja, manteve temperaturas constantes sem grandes oscilações afim destas não interferirem no metabolismo dos peixes. Todos os exemplares foram analisados no Laboratório de Fisiologia Animal do Centro Universitário La Salle – Unilasalle, no município de Canoas/RS.

No momento da coleta dos peixes, verificou-se a temperatura da água com a utilização de termômetro de mercúrio, o pH com o pHmetro portátil da marca Kasvi e também o oxigênio dissolvido (OD) com o medidor portátil de oxigênio dissolvido da marca Kayto eletronic inc.

As análises de metais pesados (Ar, Cd, Cr, Pb e Hg) na água foram realizados por laboratório terceirizado e qualificado na área, Eurofins/ALAC, no município de Porto Alegre/RS.

### **4.1 Captura dos peixes e obtenção das amostras**

Estas espécies foram escolhidas por serem residentes da Lagoa Tramandaí, ou seja, passam todas as suas fases da vida neste ecossistema, estando então submetidos a todos os contaminantes e estressores presente no meio. Foram adquiridos através de pesca artesanal, sendo capturados com tarrafa, conduzida lentamente ou com anzol e linha. A seguir, os animais foram colocados no gelo e amostras de sangue coletadas no pedúnculo caudal usando seringas heparinizadas. Após a extração de sangue, os peixes foram colocados em um recipiente com anestésico MS222 (Finquel) diluído na proporção 300mg-1L de água e, posteriormente, sacrificados através de secção medular.

Também foram coletadas amostras de tecido hepático e muscular. Essas amostras foram identificadas e congeladas até o momento das análises.

Em seguida a coleta do sangue do plexo caudal por capilares, os mesmos foram identificados e mantidos congelados até o momento da centrifugação para se obter a separação do plasma do material sólido. Depois da separação, o plasma foi congelado até o momento das análises. Utilizou-se o plasma para a determinação da glicose sanguínea e do lactato através dos seus kits bioquímicos comerciais.

#### *4.1.1 Análise do tecido hepático e muscular*

As amostras foram descongeladas e pesadas, sendo necessária, aproximadamente, 100g de fígado e 200g de músculo.

Para a preparação das amostras utilizou-se, aproximadamente, 100g de fígado e 200g de músculo em solução aquosa de KOH 30%, a 100°C em banho-maria, por 1 hora. Após este processo, os tubos foram resfriados e adicionou-se 5 gotas de solução saturada de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sendo agitados em vórtex para a eliminação das bolhas de gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Em seguida, foram adicionados 4 ml de álcool etílico, agitando-se, novamente, as amostras e colocando-as para centrifugação por 10 minutos a 3.000 rpm. O sobrenadante foi descartado e o pellet lavado com 2 ml de água quente e 4 ml de álcool etílico, agitando-os outra vez e centrifugando-os. O processo foi realizado em triplicata.

Posteriormente, o pellet foi ressuspensão com 2 ml de água quente, e 500 µl da solução foram transferidos para outro tubo juntamente com 500 µl de HCl 4 mol L<sup>-1</sup>. Os tubos foram tampados e colocados em banho-maria por 1 hora a 100°C. Para a remoção das bolhas de CO<sub>2</sub> dos tubos resfriados, foram adicionados 500 µl de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2 mol L<sup>-1</sup>. Estas amostras foram utilizadas para a determinação de glicose, glicogênio e lactato e foram feitas em duplicata.

##### *4.1.1.1 Glicose*

A glicose foi determinada através do kit de glicose, marca Bioclin, utilizando-se 80µl de amostra e 1000µl de reagente em cada tubo. As amostras foram misturadas e levadas ao banho-maria a 37°C por 10 minutos. As amostras foram analisadas no espectrofotômetro com absorvância de 505 nm, calibrando o zero com o branco. O

período para fazer as análises é de 30 minutos, se não forem avaliadas neste tempo haverá perda das amostras.

#### 4.1.1.2 Glicogênio

A determinação do glicogênio foi obtida através do método de Van Handel (1965), sendo este quantificado como glicose, após hidrólise ácida e neutralização.

#### 4.1.1.3 Lactato

Para a determinação do lactato utilizou-se o kit de lactato, marca interkit, sendo necessário 80 µl de amostra e 1000 µl de reagente em cada tubo. Os tubos foram agitados e levados ao banho-maria por 5 minutos a 37°C e foram analisados no espectrofotômetro com absorvância de 540 nm, calibrando o zero com o branco.

## 4.2 Análises da água

Coletou-se 1 litro de água no local onde a pesca estava sendo realizada na Lagoa Tramandaí, a aproximadamente 15 cm de profundidade. A água foi armazenada em frascos de plásticos acidificados com ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), identificada e mantida no gelo para conservar suas propriedades até o momento das análises que foram realizadas pelo laboratório Eurofins/ALAC.

Estas avaliações foram necessárias para se ter um panorama sobre os teores de metais (As, Cd, Cr, Pb e Hg) que estão presentes no ambiente em estudo.

Mediu-se em loco os valores para OD, pH e temperatura da água no momento de cada coleta dos peixes.

## 4.3 Análise estatística

Os resultados são expressos em média  $\pm$  erro padrão, utilizando-se n=15 amostras. Aplicou-se o teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov, que avalia a normalidade de todos os dados, ou seja, se estes números estão variando de forma homogênea.

As análises de significância foram realizadas através do programa Graph Pad InStat 3.00 (GraphPad Software, San Diego, Califórnia, USA).

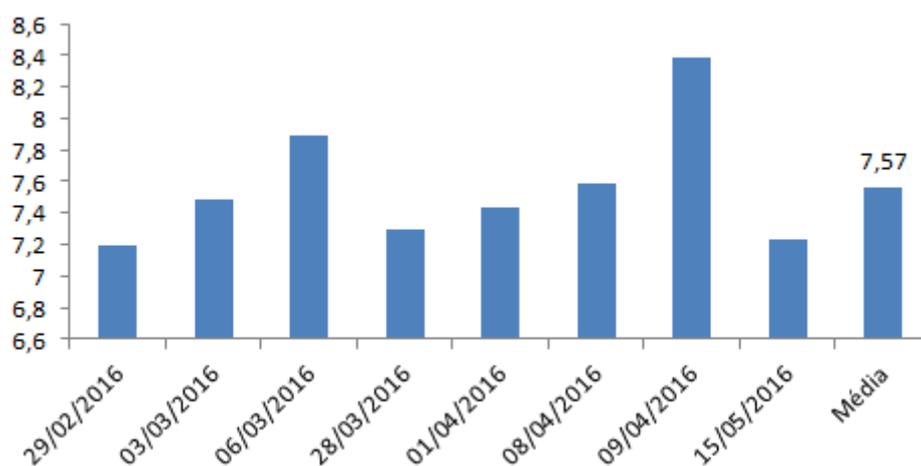
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análises na água

Os dados das análises físico-químicas mostraram que não houve grandes variações dentre os parâmetros avaliados nos períodos das coletas. A média de pH foi de 7,57 (Figura 15) e da temperatura da água ficou em 25,6 °C (Figura 16), ambas de acordo com os valores encontrados por Castro e Rocha (2016).

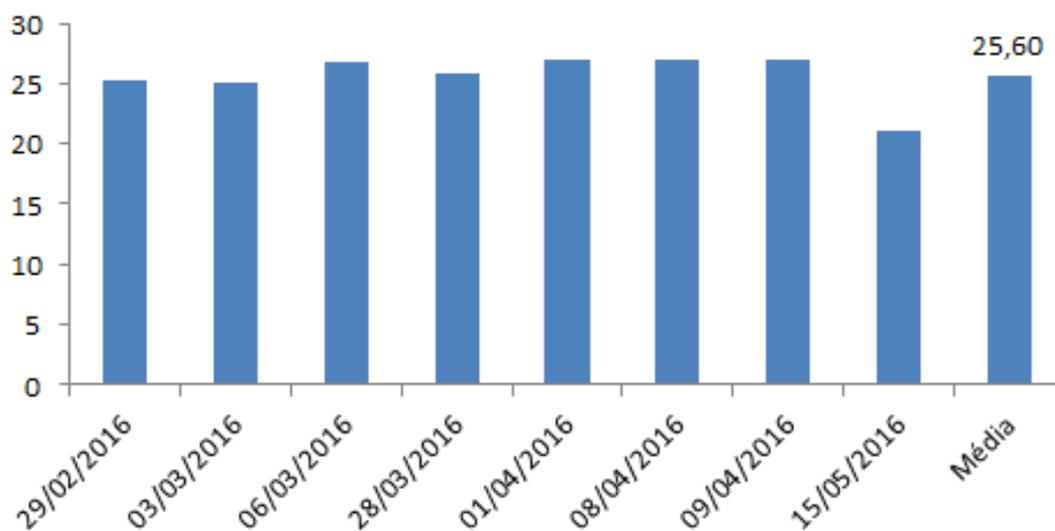
Por outro lado, os valores de OD foram divergentes (Figura 17), sendo a média do estudo de 3,46 mg/L, enquanto Castro e Rocha (2016) encontraram valores entre 6,1 e 10,3 mg/L. Esta variação pode ter influência do período das análises, que foram diferentes, do ponto de coleta e da profundidade. As condições de OD encontradas neste estudo não são favoráveis para a sobrevivência dos organismos aquáticos, sendo o valor mínimo, estipulado pelo CONAMA 357/2005, de 5,0 mg/L. Porém, há variações de tolerância dependendo da espécie de peixe, sendo umas mais resistentes e que conseguem viver em ambientes com o teor de OD menor que 5,0 mg/L e outras que necessitam de valores mais elevados, como 8 mg/L, por exemplo, como o caso das trutas (*Salmo trutta fario*) (CETESB, 2016).

Figura 15 - Análises do pH.



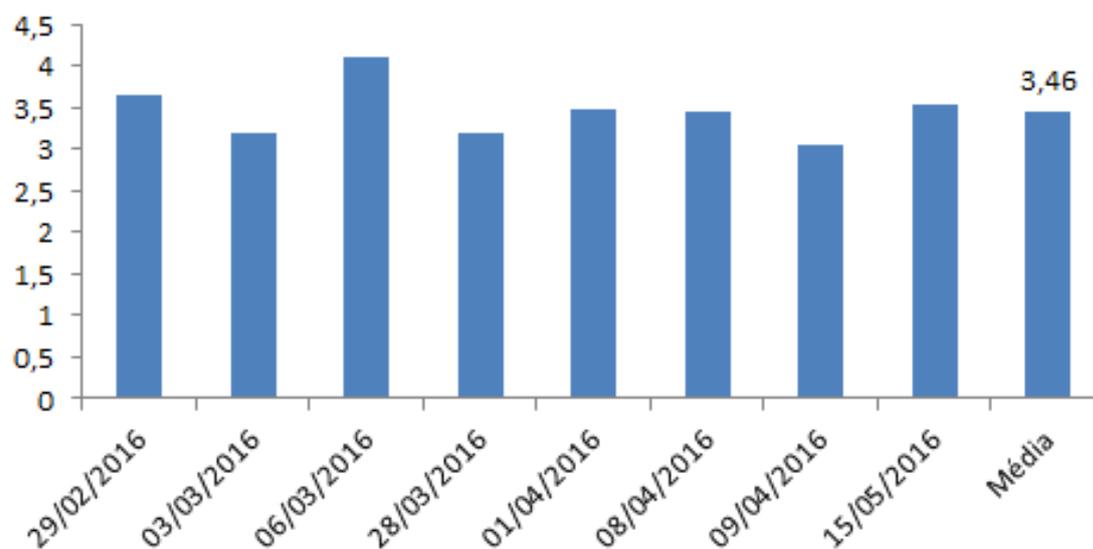
Fonte: Autoria própria, 2016.

Figura 16 - Análises da Temperatura da água (°C).



Fonte: Autoria própria, 2016.

Figura 17 - Análises do Oxigênio Dissolvido (OD) (mg/L).



Fonte: Autoria própria, 2016.

A análise de metais pesados na água foram realizadas no mês de março de 2016, sendo encontrados os valores expressos na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de metais pesados ( $\mu\text{g/L}$ ) na água da Lagoa Tramandaí.

Arsênio (As)	0,4
Cádmio (Cd)	< 0,1

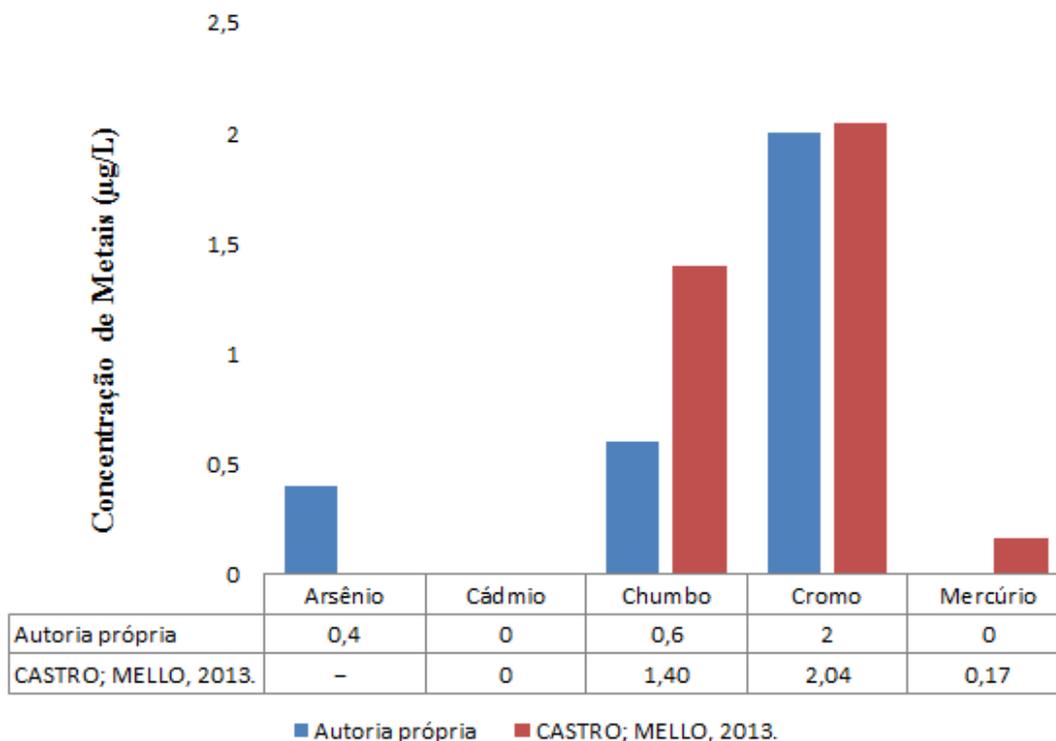
Chumbo (Pb)	0,6
Cromo (Cr)	2
Mercúrio (Hg)	0

Fonte: Autoria própria, 2016.

Os valores encontrados por Castro e Mello (2013) nas águas da Lagoa Tramandaí, foram analisadas no período de irrigação da cultura de arroz, o que mostra que o cultivo apresenta alguma relação com a presença de metais pesados na lagoa. Os dados encontrados por estes autores podem estar com números acima dos obtidos neste estudo em função do período de coleta, sendo que as variações de metais nas águas são muito rápidas, até mesmo ao longo do mesmo dia, e esta pode ser uma das razões para a concentração estar mais elevada, Figura 18. Outro fator que pode ter contribuído para a diferença nos resultados foram os meses de coleta, sendo a análise deste estudo fora do período de irrigação da cultura do arroz, o que pode ser um indicativo do valor mais baixo encontrado.

Além disso, o mês de março foi o que apresentou índice pluviométrico mais elevado durante o período das análises, como foi relatado na Figura 3, com valor de 317,7 mm. Castro e Mello (2013) tiveram índices pluviométricos em torno de 120 mm em todos os meses de coletas, sendo este índice, aproximadamente, 60% menor ao encontrado no mês de março de 2016. Este fator contribui para a diferença na queda dos valores obtidos devido à diluição dos metais na água durante o período mais chuvoso.

Figura 18 - Comparação entre os resultados encontrados neste estudo com resultados da literatura.



Fonte: Autoria própria, 2016.

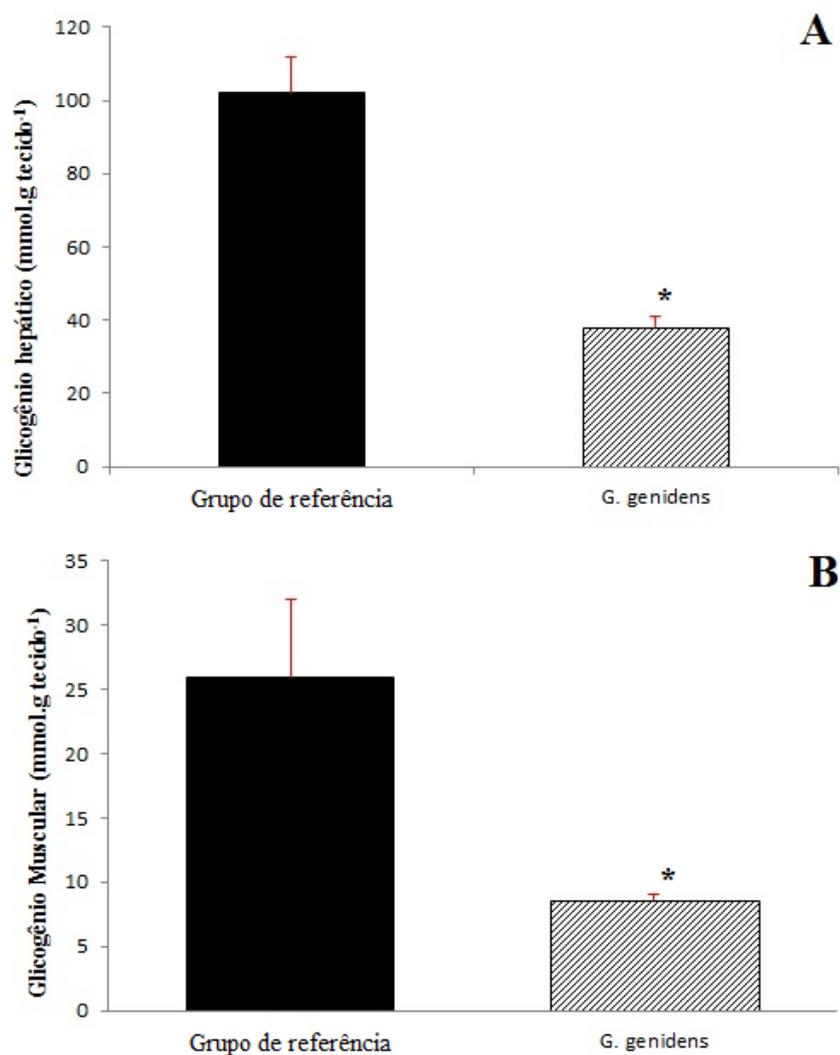
## 5.2 Análise do metabolismo de carboidrato nos peixes

Por não existir trabalhos na literatura relacionados ao metabolismo de carboidrato nas espécies estudadas, assim como a dificuldade de se obter um grupo controle (tendo em vista que as coletas foram realizadas a campo), utilizou-se valores de controle de espécies semelhantes de ordem taxonômica a fim de se obter um parâmetro de comparação e, com isso, poder avaliar a alteração ou não destes dados frente ao meio ambiente no qual se encontravam. Os valores utilizados como referência para comparação com os exemplares deste estudo foram obtidos através de uma média entre alguns resultados referentes às espécies *Rhamdia quelen* e *Sparus aurata*, que possuem hábitos alimentares carnívoros e onívoros, e que vivem no fundo dos corpos d'água, apresentando semelhanças com as espécies avaliadas neste trabalho.

### 5.2.1 *Bagre (Genidens genidens)*

Na Figura 19 está representada a comparação dos valores obtidos para o *G. genidens* com os valores da espécie de referência (*Rhamdia quelen*) (BARCELLOS et al, 2010; ZEPPENFELD et al., 2013; MIRON et al., 2008; LERMEN et al., 2004; REMPEL, 2014; SOUZA et al., 2015), tanto para o glicogênio hepático como muscular.

Figura 19 - Glicogênio hepático (A) e Glicogênio muscular (B) – *G. genidens*.



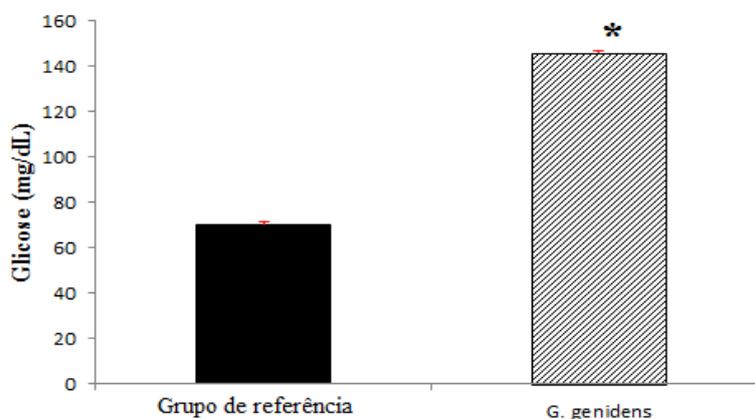
Os resultados foram expressos como média  $\pm$  erro padrão. Os asteriscos (\*) indicam diferenças significativas entre os parâmetros ( $P < 0,05$  e  $n=15$ ).  
Teste Kolmogorov-Smirnov.

Fonte: Autoria própria, 2016

Os valores encontrados para o *G. genidens* foram menores ( $p < 0,05$ ) em relação ao grupo de referência, tendo estes apresentados uma redução de  $\pm 62\%$  para o glicogênio no tecido do fígado e  $\pm 66\%$  no músculo. A diminuição do nível de glicogênio nos tecidos hepático e muscular em relação ao grupo de referência pode estar relacionada à presença de metais pesados, uma vez que foram encontrados valores de metais na Lagoa Tramandaí por Castro e Mello (2013) e por Petersen e Damin (2016) e também como foi verificado no estudo de Cicik e Engin (2005) para o *Cyprinus carpio* exposto ao cádmio. Os autores revelaram que os metais pesados podem causar estresse nos peixes e podem levar ao decréscimo do glicogênio, pois os metais afetam as atividades das enzimas que trabalham no metabolismo de carboidrato. Já Oruç e Üner (1999) constataram aumento do consumo do glicogênio muscular em relação a referência sugerindo uma alternativa energética para compensar o estresse e manter acumuladas as reservas no fígado, em casos de persistência da contaminação.

A Figura 20 abaixo, demonstra que o bagre apresentou um nível elevado significativamente de glicose plasmática, com aumento de  $\pm 100\%$  em relação ao grupo de referência (BARCELLOS et al, 2010; LERMEN et al., 2004; REMPEL, 2014 e SOUZA et al., 2015.). Este aumento ocorreu provavelmente por o organismo estar mobilizando mais as reservas de glicogênio, visto que houve uma redução do glicogênio em ambos os tecidos. O aumento de glicose também pode estar relacionado com situações de estresse, por exemplo, frente ao momento de fuga na captura, trânsito dos barcos e a própria contaminação do meio em que se encontram.

Figura 20 - Glicose plasmática - *G. genidens*.

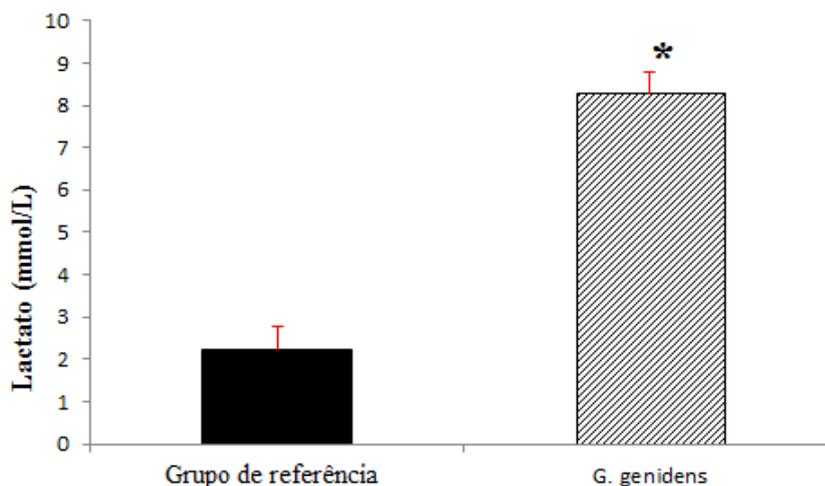


Os resultados foram expressos como média  $\pm$  erro padrão. Os asteriscos (\*) indicam diferenças significativas entre os parâmetros ( $P < 0,05$  e  $n=15$ ).  
Teste Kolmogorov-Smirnov.

Alguns estudos indicam que o esgotamento do glicogênio no fígado e músculo estão intimamente relacionados ao aumento da glicose plasmática como uma comum resposta a exposição de peixes a metais pesados (CICIK; ENGIN, 2005; PRETTO et al., 2013). O bagre, como já foi relatado no estudo de Petersen e Damin (2013), apresentou níveis de metais em seus tecidos, sendo o arsênio acima do limite máximo de resíduo adotado pelo MAPA. Estes índices de metais no organismo e também a quantidade presentes na água da Lagoa Tramandaí, podem interferir no metabolismo de carboidrato alterando suas funções.

Na Figura 21, o lactato aumentado indica que a via glicolítica anaeróbia está ativa, ou seja, que a glicose está sendo degradada com redução dos níveis de oxigênio para sua utilização. Levando-se em consideração os estudos de Castro e Mello (2013) que analisaram a presença de agroquímicos e de metais pesados na Lagoa Tramandaí e relataram que, por mais que os níveis de agroquímicos não foram detectados devido à biotransformações que sofrem ao entrarem no ambiente, estão presentes e exercendo suas funções.

Figura 21 - Lactato - *G. genidens*



Os resultados foram expressos como média  $\pm$  erro padrão. Os asteriscos (\*) indicam diferenças significativas entre os parâmetros ( $P < 0,05$  e  $n = 15$ ).  
Teste Kolmogorov-Smirnov.

Fonte: Autoria própria, 2016.

Com isso, o aumento ( $p < 0,05$ ) de  $\pm 200\%$  do lactato em relação ao grupo de referência (REMPEL, 2014 e SOUZA et al., 2015) pode estar relacionado com a

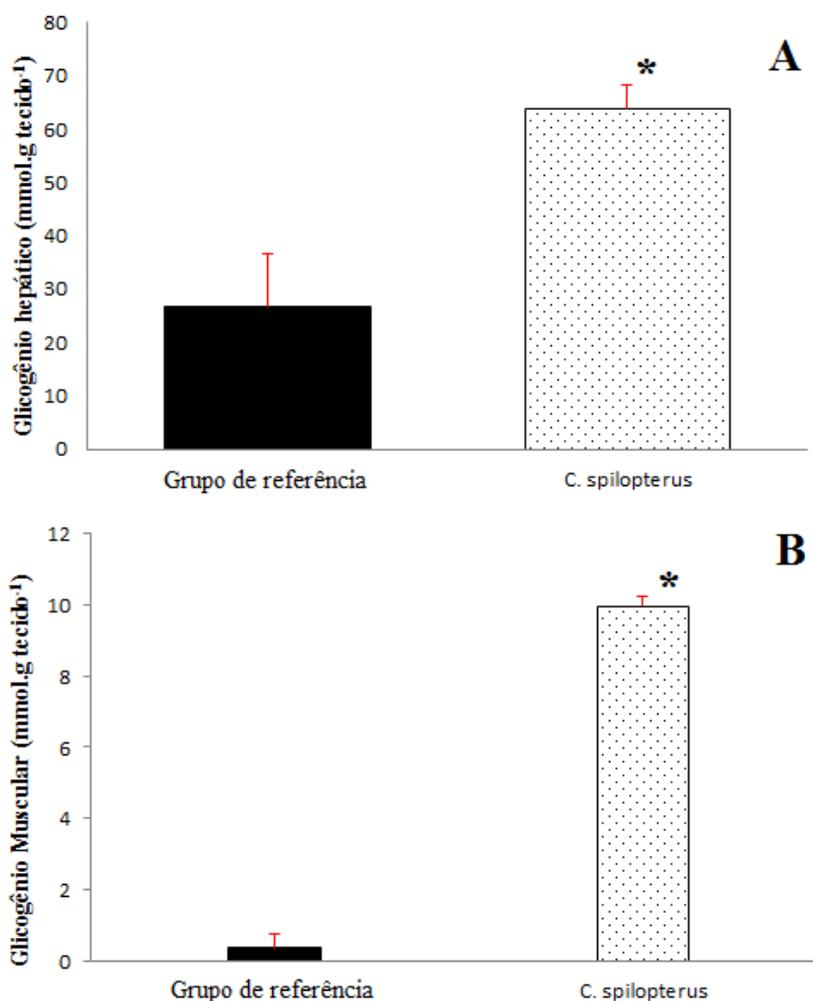
capacidade dos agroquímicos de induzir uma condição de baixa concentração de oxigênio disponível para os peixes, assim favorecendo o metabolismo anaeróbico e, com isso, aumentando os níveis de lactato. Por outro lado, segundo Rempel (2014), o aumento do lactato plasmático não significa só o aumento da sua produção, podendo apenas ser um retardo na utilização deste pelos tecidos e por isso sua elevada taxa no sangue.

### 5.2.2 *Linguado (C. spilopterus)*

A concentração de glicogênio hepático no linguado (Figura 22A) apresentou um aumento significativo de  $\pm 77\%$  em relação ao grupo de referência (*Sparus aurata*) (CARRIÓN et al., 2005; PERES; GONÇALVES; TELES, 1999 e MONTSERRAT et al., 2007). Esta relação também ocorreu no estudo de Pretto e colaboradores (2013) com o *Rhamdia quelen* exposto ao cádmio, no qual relatou que o decréscimo de glicogênio é uma resposta comum a exposição de metais pesados. Pretto e colaboradores (2013) também descrevem que os peixes conseguem se adaptar aos ambientes que contenham cádmio a fim de manter a glicose tecidual e sanguínea.

Para o glicogênio muscular (Figura 22B), houve o contrário, sendo os valores do linguado bem superiores ( $p < 0,05$ ) aos do grupo de referência (PERES; GONÇALVES; TELES, 1999 e MONTSERRAT et al., 2007). Isso pode ter ocorrido devido ao fato da mobilização do glicogênio ocorrer primeiro no fígado e se esse aporte de energia for suficiente para a manutenção do organismo, ocorre pouca ou nenhuma degradação do glicogênio muscular. Neste caso, que apresenta a taxa de glicose sanguínea elevada, houve pouco ou nenhum consumo do glicogênio muscular, sendo o teor de glicose no sangue e a degradação do glicogênio hepático suficientes para garantir o suprimento energético do indivíduo (CYPRINO; ZUCAS, 1999). Outros fatores que podem ter propiciado esta grande diferença nos valores de glicogênio são a diferença de espécies, o meio que se encontravam e também as interferências que estavam sofrendo do ambiente.

Figura 22 - Glicogênio hepático (A) e Glicogênio muscular (B) – *C. spilopterus*.



Os resultados foram expressos como média  $\pm$  erro padrão. Os asteriscos (\*) indicam diferenças significativas entre os parâmetros ( $P < 0,05$  e  $n=15$ ).  
 Teste Kolmogorov-Smirnov.

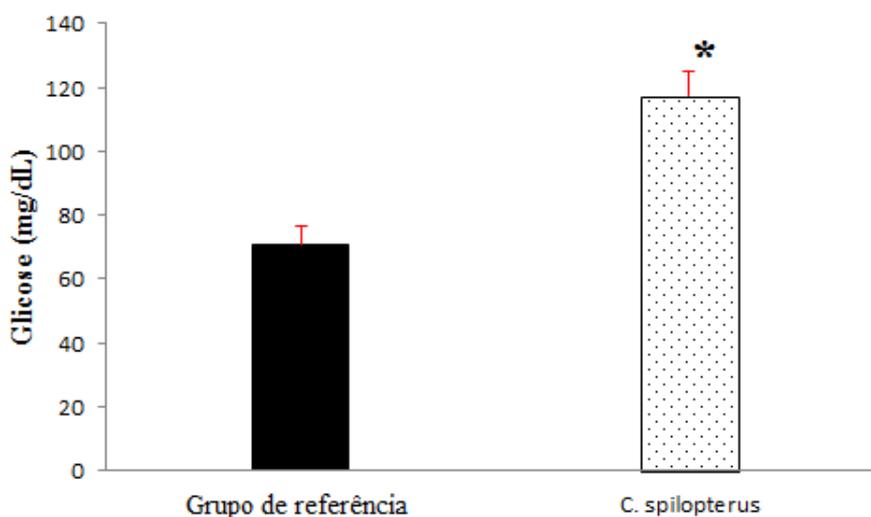
Fonte: Autoria própria, 2016.

Essa grande variação do glicogênio tanto muscular como hepático pode estar relacionada com o meio que estes organismos viviam, sendo os deste estudo capturados em seu ambiente natural e os do grupo de referência mantidos em laboratório. Além de serem espécies diferentes podem apresentar diversidade no funcionamento metabólico. A concentração de contaminantes também pode ter influenciado, sendo os de estudo expostos a todos os tipos de contaminantes e interferências presentes na Lagoa Tramandaí e os do grupo de referência mantidos em laboratórios, em águas sem nenhum teor de substâncias anômalas.

Também vale ressaltar que o linguado, assim como o bagre, são animais predominantemente de fundo e vivem em ambientes de sedimento arenoso ou lodosos e, por se alimentarem próximo ao fundo, acabam ingerindo junto partículas de sedimento que, como foi constatado por Castro e Mello (2013), possuem metais pesados depositados, que entram em suas cadeias alimentares e podem ser uma interferência no metabolismo de carboidrato deles.

Assim como observado no bagre, o linguado apresentou um aumento significativo nos níveis de glicose plasmática (Figura 23), com um aumento de  $\pm 69\%$  em relação ao grupo de referência (CARRIÓN et al., 2005; ARENDS et al., 1999; ROLLANT et al., 2001; TELES; PACHECO; SANTOS, 2004; PERES; GONÇALVES; TELES, 1999 e MONTSERRAT et al., 2007), o que mostra que estes animais estavam mobilizando as reservas de glicogênio através da manutenção da glicemia com a finalidade de conseguirem equilibrar suas necessidades metabólicas.

Figura 23 – Glicose plasmática – *C. spilopterus*.



Os resultados foram expressos como média  $\pm$  erro padrão. Os asteriscos (\*) indicam diferenças significativas entre os parâmetros ( $P < 0,05$  e  $n = 15$ ).

Teste Kolmogorov-Smirnov.

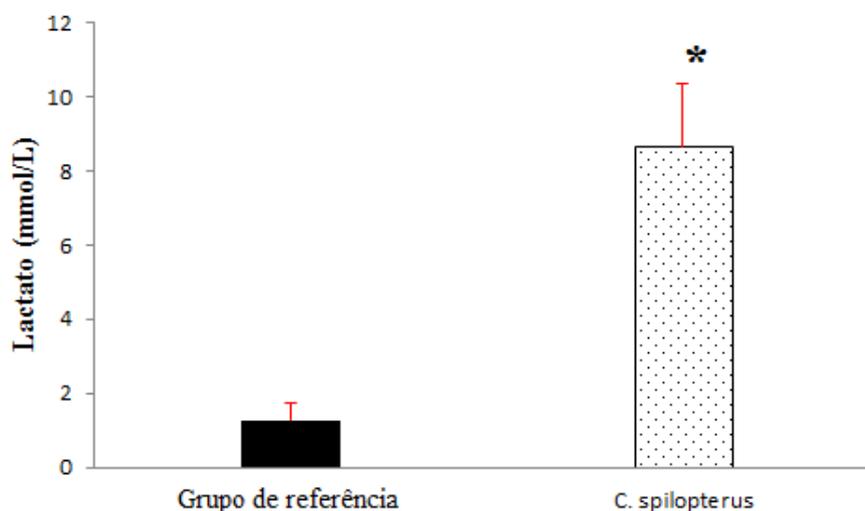
Fonte: Autoria própria, 2016.

O lactato (Figura 24) abaixo também apresentou valores superiores ( $p < 0,05$ ) a 100% em relação ao grupo de referência (CARRIÓN et al., 2005; ARENDS et al., 1999; ROLLANT et al., 2001; TELES; PACHECO; SANTOS, 2004), o que mostra e comprova a degradação da glicose para utilização pelo organismo, mantendo assim

energia disponível para atender a demanda energética. Rempel (2014) também encontrou valores elevados para o lactato em comparação com seu controle.

Neste trabalho foi analisada a interferência de agroquímicos no metabolismo de carboidrato do *Rhamdia quelen*. Este autor sugere que a busca pela homeostase levou o organismo a usar uma rota alternativa devido à queda dos teores de oxigênio dissolvido provocados pela presença do agroquímico na água, o que explica o aumento do lactato.

Figura 24 - Lactato – *C. spilopterus*.



Os resultados foram expressos como média  $\pm$  erro padrão. Os asteriscos (\*) indicam diferenças significativas entre os parâmetros ( $P < 0,05$  e  $n=15$ ).  
Teste Kolmogorov-Smirnov.

Fonte: Autoria própria, 2016.

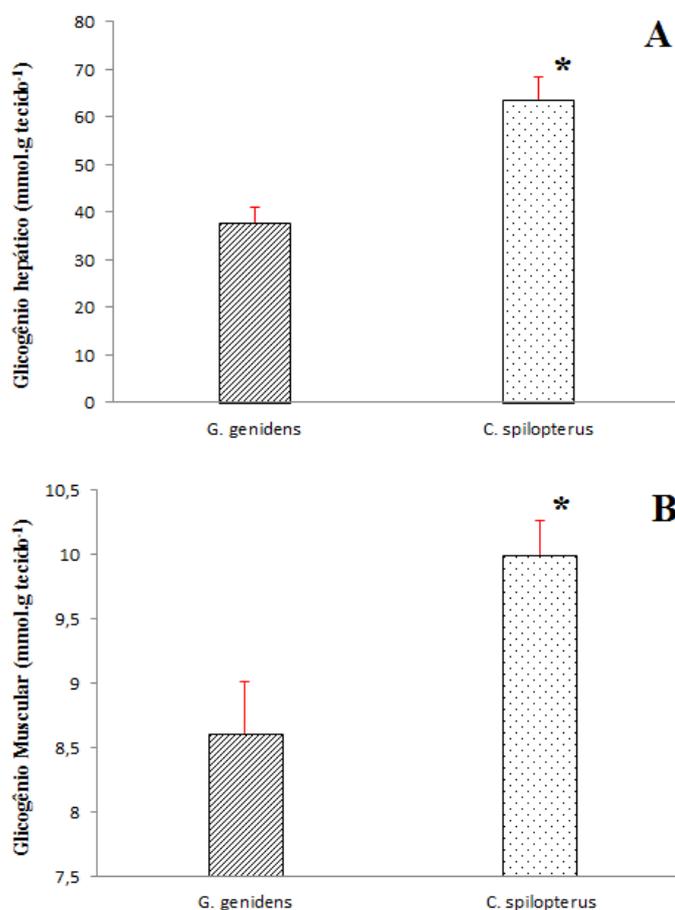
O aumento do lactato observado neste estudo também pode estar relacionado com os baixos teores de oxigênio dissolvido que foram encontrados na Lagoa Tramandaí. A pesquisa apresenta uma média de 3,46 mg/L enquanto o CONAMA 357/2005 estipula o valor mínimo de 5 mg/L como favorável a sobrevivência dos peixes, proporcionando assim a rota anaeróbica e o aumento do composto orgânico.

### 5.2.3 *Bagre (G. genidens) X Linguado (C. spilopterus)*

Os gráficos abaixo mostram a comparação das duas espécies coletadas neste estudo, analisando-se se há diferenças, significativas ou não, entre os parâmetros analisados.

O glicogênio hepático (Figura 25A) do linguado apresentou um aumento significativo de  $\pm 67\%$  em relação ao bagre e, para o glicogênio muscular, (Figura 25B) este aumento foi de  $\pm 16\%$ . Estes valores demonstram que as reservas de glicogênio eram maiores no linguado, ou seja, esta espécie estava utilizando menos as reservas energéticas.

Figura 25 - Glicogênio hepático (A) e Glicogênio muscular (B) – *G. genidens* X *C. spiloferus*



Os resultados foram expressos como média  $\pm$  erro padrão. Os asteriscos (\*) indicam diferenças significativas entre os parâmetros ( $P < 0,05$  e  $n=15$ ).  
Teste Kolmogorov-Smirnov.

Fonte: Autoria própria, 2016.

Segundo estudo realizado por Petersen e Damin (2013), no qual apresentou valores de metais no músculo do bagre, pode-se entender que esta espécie sofre influência da presença de metais, mesmo que em poucas concentrações. Isso se dá através da degradação do glicogênio e aumento da glicose plasmática, característica dos

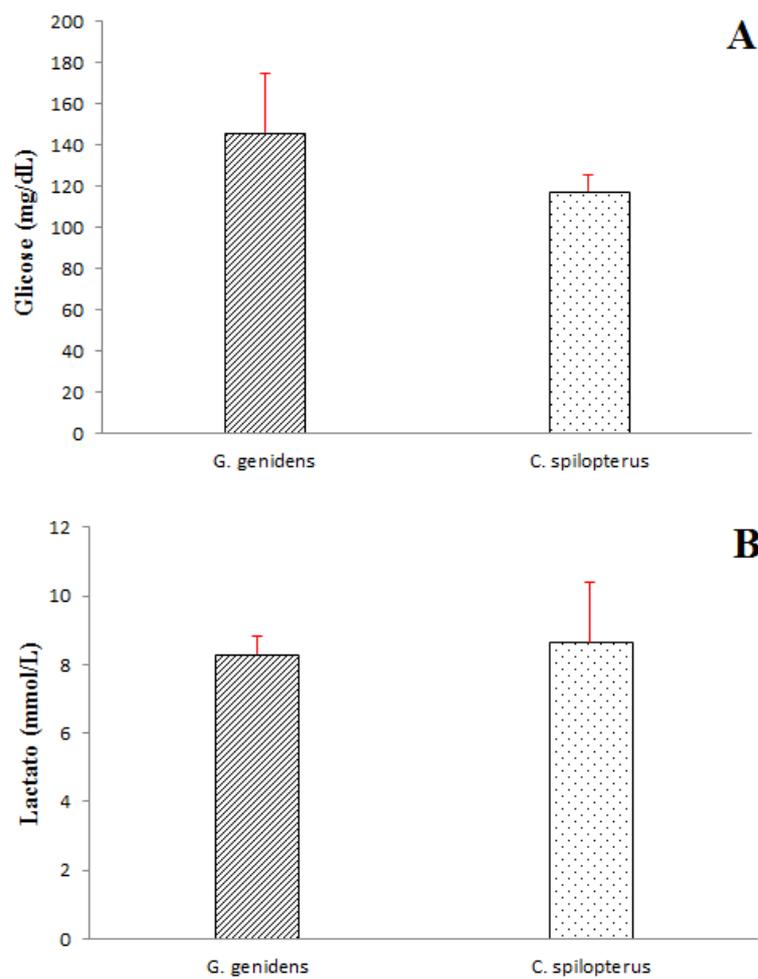
comportamentos dos organismos quanto à presença de metais pesados (CICIK; ENGIN, 2003).

De acordo com o estudo realizado por Moreira (2015), que analisou a presença de metais pesados (As, Cd, Cu e Pb) no músculo de algumas espécies de peixes mais consumidas pelos seres humanos na Baía de Sepetiba no Rio de Janeiro, tanto o bagre (*G. genidens*) como o linguado (*C. spilopterus*) apresentaram teores de metais pesados em seus organismos. Porém o bagre apresentou concentrações mais elevadas para todos os metais analisados, em relação do linguado. Pode-se supor que o metabolismo do linguado absorva menos metais pesados que o do bagre, uma vez que estes animais habitam o mesmo ambiente, residem no fundo e possuem praticamente os mesmos hábitos alimentares.

Levando-se em consideração o estudo de Moreira (2015), pode-se relacionar a Baía de Sepetiba com o ambiente da Lagoa Tramandaí, no sentido de os espécimes habitarem o mesmo local e sofrerem influências dos mesmos teores de contaminação por metais pesados presentes no meio. Com isso, pode-se associar os valores mais elevados para o linguado em relação à mobilização do glicogênio hepático e muscular com a diferença taxonômica das espécies, sendo o bagre mais suscetível a contaminação dos metais pesados e necessitar mais das reservas de glicogênio em comparação com o linguado.

Conforme demonstrado na Figura 26, os valores de glicose e lactato entre as espécies não apresentaram diferenças significativas. Sugere-se que a diferença entre as espécies se dá na mobilização maior ou menor das reservas em nível de tecido hepático e muscular, já os metabolitos plasmáticos não se diferem entre as espécies.

Assim como já foi relatado por Cheis (2013), os efeitos dos metais pesados e a sua acumulação variam de espécie para espécie, e esta pode ser essa uma das influências para a diferença dos níveis consumidos de glicogênio. Os valores obtidos para o glicogênio, glicose e lactato comprovam que estes animais possuem um perfil metabólico diferente, podendo ser consequência da diferença taxonômica entre eles. Eles possuem os mesmos hábitos alimentares, características de viverem no fundo dos estuários e pertencentes à mesma classe, porém de ordem, família e gênero diferentes, o que pode provocar estas mudanças encontradas no metabolismo deles.

Figura 26 - Glicose (A) e Lactato (B) – *G. genidens* X *C. spilopterus*

Os resultados foram expressos como média  $\pm$  erro padrão.

( $P > 0,05$  e  $n=15$ ).

Teste Kolmogorov-Smirnov.

Fonte: Autoria própria, 2016.

## 6 CONCLUSÃO

A presença de íons metálicos (As, Cr e Pb) constatada na água da Lagoa de Tramandaí interfere no metabolismo de carboidratos do bagre (*Genidens genidens*) e do linguado (*Citharichthys spilopterus*) pois observou-se:

- Uma redução do glicogênio hepático em ambas as espécies, sendo que o glicogênio muscular diminui somente no bagre enquanto que no linguado, neste tecido, a reserva se manteve aumentada;
- Um aumento da glicose e do lactato plasmático em ambas as espécies;
- As diferenças encontradas nos valores de glicogênio, glicose e lactato demonstram que estas espécies possuem um metabolismo de carboidrato diferente, possuindo cada uma suas características próprias em relação ao ambiente exposto.

## REFERÊNCIAS

- ANAMA. **Boletim Taramandahy 5**. 2015. Disponível em: <[http://www.onganama.org.br/Impressos/boletim\\_taramandahy\\_5-faseII\\_marco\\_2015\\_revisao\\_FINAL\\_04-03-2015.pdf](http://www.onganama.org.br/Impressos/boletim_taramandahy_5-faseII_marco_2015_revisao_FINAL_04-03-2015.pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2016.
- ARENDS, R J et al. The stress response of the gilthead sea bream (*Sparus aurata L.*) to air exposure and confinement. **Journal Of Endocrinology**, Inglaterra, v. 163, n. 1, p.149-157, 1999.
- BAPTISTA NETO, Jose Antonio; WALLNER-KERSANACH, Monica; PATCHINEELAM, Soraya Maia. **Poluição marinha**. Rio de Janeiro: Interciencia, 2008.
- BARCELLOS, L. J. G. et al. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundia *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 300, n. 1, p.231-236, 2010.
- BARROSO, Marcia Vanacor et al. Valor Nutritivo de Alguns Ingredientes para o Robalo (*Centropomus parallelus*). **R. Bras. Zootec.** Espirito Santo, p. 2157-2164. mar. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n6/a02v31n6.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2016.
- BRAGA, Benedito et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRASIL. Define o período proibido da captura do bagre rosado. Portaria n. 42 de 218 de outubro de 1984, da Superintendência do desenvolvimento da pesca – SUDEPE. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1984.
- BRASIL. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.
- BRASIL. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Resolução n. 420 de 28 de dezembro de 2009, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2009.
- BRASIL. Instrução normativa, Nº 11, de 22 de maio de 2012. Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes - PNCRC. **Diário oficial da União**, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 25 de maio de 2012, seção 1 Página 7.
- CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. O. **Bioquímica Metabólica**. São Paulo: Cengage Learning, 2007.
- CAMPELLO, F. D. **A Problemática da Poluição por Esgotos Domésticos no Sistema Estuarino-Lagunar Tramandaí-Armazém (RS, Brasil): Física e Química da Água e a**

**Resposta dos Macroinvertebrados Bentônicos.** Monografia (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CARDOSO, Plínio C. S. et al. **Efeitos Biológicos do Mercúrio e seus Derivados em Seres Humanos - Uma revisão Bibliográfica.** Artigo - Universidade Federal do Pará, Pará, 2002.

CARRIÓN, Raúl Laiz et al. Growth performance of gilthead sea bream *Sparus aurata* in different osmotic conditions: Implications for osmoregulation and energy metabolism. **Aquaculture**, v. 250, n. 2, p.849-861, 2005.

CASTRO, D.; MELLO, R. S. P. (Org.). **Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí:** Atlas Ambiental. Porto Alegre: Via Sapiens. 2013. 179 p.

CASTRO, Dilton de; ROCHA, Cacinele Mariana da. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.** Porto Alegre: Via Sapiens, 2016. 172 p.

CASTRO, Peter; HUBER, Michael E. **Biologia marinha.** 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012. 461 p.

CETESB. **Mortandade de peixes.** Disponível em: <<http://mortandadedepeixes.cetesb.sp.gov.br/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

CHEIS, Daiana. Os danos que o Cromo Hexavalente pode causar à saúde. **Revista Tae: especializada em tratamento de água & efluentes**, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=6928>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

CICIK, Bedii; ENGIN, Kenan. The effects of cadmium on levels of glucose in serum and glycogen reserves in the liver and muscle tissues of *Cyprinus carpio* (L., 1758). **Turk J Vet Animal Science**, Turquia, v. 29, n. 1, p.113-117, 2005.

CYRINO, Edilson Serpeloni; ZUCAS, Sérgio Miguel. INFLUÊNCIA DA INGESTÃO DE CARBOIDRATOS SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO. **Revista da Educação Física/uem**, v. 10, n. 1, p.73-79, 1999.

COMITÊ TRAMANDAÍ. **Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.** 2005. Disponível em: <[http://www.comitetramandai.com.br/files/plano\\_bacia\\_hidrografica\\_rio\\_tramandai.pdf](http://www.comitetramandai.com.br/files/plano_bacia_hidrografica_rio_tramandai.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2013.

COSTA, J. R. **Distribuição de Metais em Peixes Marinhos ao Longo do Litoral Sudeste do Brasil.** 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2007.

DARIVA, F. G. **Qualidade da água para consumo humano e seus resíduos em Tramandaí, RS.** 36 f. Monografia (Bacharel) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé, 2011.

DEUS, A. A. Lopes de; ROCHA, D. F.; NOVELLI, R.. **DIETA DO BAGRE *GENIDENS GENIDENS* (VAL. 1839) NA LAGOA DE IQUIPARI, NORTE DO ESTADO DO RIO**

**DE JANEIRO.** 2009. Disponível em: <[http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos\\_clae/264.pdf](http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos_clae/264.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2016.

DIAS, Natália et al. **Qualidade das águas de escoamento de lavouras de arroz, Palmares do Sul, Rio Grande do Sul.** 2012. Disponível em: <<http://www.jovenspesquisadores.com.br/2012/restrito/uploads/posters/1348278255.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2013.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **Sparus aurata.** 2010. Disponível em: <[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus\\_aurata/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/es)>. Acesso em: 30 set. 2016.

FEPAM. **Atividades agropecuárias.** 2006. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em: 13 set. 2013

FILHO, Antônio Lemos Vasconcelos et al. BIOLOGIA ALIMENTAR *DE Citharichthys spilopterus* (PARALICHTHYIDAE) EM UM ESTUÁRIO TROPICAL, PERNAMBUCO, BRASIL. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, Maranhão**, v. 2, n. 2, p.6-12, maio 2007.

FISCHER, L.G.; VIEIRA, J.P.; PEREIRA, L.E.D. **Peixes estuarinos e costeiros.** 2. ed. Rio Grande: Luciano Gomes Fischer, 2011.

FISHBASE. *Citharichthys spilopterus.* Disponível em: <<http://www.fishbase.org/summary/Citharichthys-spilopterus.html>> Acesso em: 13 jul. 2015.

FISHBASE. *Genidens genidens.* Disponível em: <<http://www.fishbase.org/summary/Genidens-genidens.html>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

FISHBASE. *Rhamdia quelen.* 2009. Disponível em: <<http://www.fishbase.org/Photos/PicturesSummary.php?StartRow=4&ID=23351&what=species&TotRec=9>>. Acesso em: 30 out. 2016.

GOMES, Levy de Carvalho et al. Biologia do Jundiá *Rhamdia quelen* (TELEOSTEI, PIMELODIDAE). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p.179-185, dez. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v30n1/a29v30n1.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

GOOGLE MAPS. **Laguna de Tramandaí.** Disponível em: <<https://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 05 abr. 2013

GRÜTZMACHER, D. D. et al. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. **Agrimbi**, Paraíba, v. 12, n. 6, p.632-637, 25 abr. 2008.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Guyton & Hall: fundamentos de fisiologia.** 12. ed. Rio de Janeiro: Saunders: Elsevier, 2012.

IRGA. **Médias Climatológicas.** Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/766/medias-climatologicas>>. Acesso em: 10 out. 2016.

KAPUSTA, S. C. et al. Invertebrados bentônicos do estuário de Tramandaí-Armazém. In: WÜRDIG, N. L.; FREITAS, S.M.F. (Org.) **Ecossistemas e biodiversidade do Litoral Norte do RS**. Porto Alegre: Nova Prova, 2009. P. 142-157.

KAPUSTA, S. C. **Padrões espaciais e temporais da comunidade de invertebrados bentônicos no estuário Tramandaí-Armazém, RS, e a resposta da macro e meiofauna a um derrame experimental de óleo bruto**. 126 f. Monografia (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LERMEN, Carine Luísa et al. Effect of different temperature regimes on metabolic and blood parameters of silver catfish *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 239, n. 2, p.497-507, 2004.

LIMA, A. M.; SANTOS, F. F. **Análise das propriedades físico-químicas e de metais potencialmente tóxicos na água do Rio Claro, próximo à cidade de Jataí – GO**, 2012. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/viewArticle/2316>>. Acesso em: 13 nov. 2013.

LINS, J. A. P. N.; KIRSCHNIK, P. G.; QUEIROZ, V. S.; CIRIO, S. M. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 4, p. 469-484, 2010.

LISSNER, J. B.; GRUBER, N. L. S. **Contaminação dos recursos hídricos e gestão integrada no litoral norte do Rio Grande do Sul**. 2009. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/paraonde/article/view/22096/12854>>. Acesso em: 03 nov. 2013.

LOPES, João Sollari. **CRIAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO PARA MODELAR O CRESCIMENTO DA DOURADA (SPARUS AURATA) EM AQUACULTURA**. 2005. 161 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2005.

MACHADO, Rodrigo et al. OCORRÊNCIA DE PEIXES NÃO-NATIVOS NO SISTEMA ESTUARINOLAGUNAR DE TRAMANDAÍ, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL. **Revista Eletrônica Científica da Uergs**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p.37-43, dez. 2015. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/ppgban/wp-content/uploads/2015/11/35-2313-1-PB-1.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

MAGALHÃES, D.P.; FERRÃO FILHO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**. v. 12, n. 3, p. 355-381, 2008.

MEDEIROS, Renata Jurema et al. Anais. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONTAMINANTES INORGÂNICOS, 12., 2011, São Paulo. **Avaliação de As, Cd e Pb em peixes comercializados no município de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2011. v. 1, p. 118 - 122.

MIRON, Denise dos S. et al. Ammonia and pH effects on some metabolic parameters and gill histology of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Heptapteridae). **Aquaculture**, v. 277, n. 1, p.192-196, 2008.

MÖLLERKE, R.O. et al. Níveis de arsênio total como indicador biológico, na avaliação da qualidade do pescado (*Leporinus obtusidens* e *Pimelodus maculatus*) do lago Guaíba em Porto Alegre RS-Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, n. 2, p. 117-121, 2003.

MONTSERRAT, Núria et al. Distinct role of insulin and IGF-I and its receptors in white skeletal muscle during the compensatory growth of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v. 267, n. 1, p.188-198, 2007.

MOREIRA, Vanessa de Almeida. **DISTRIBUIÇÃO DE METAIS EM ESPÉCIES DE PEIXES DA BAÍA DE SEPETIBA – RIO DE JANEIRO**. 2015. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geociências – Geoquímica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Disponível em: <[http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/1607/1/Dissertação\\_Vanessa\\_de\\_Almeida\\_Moreira.pdf](http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/1607/1/Dissertação_Vanessa_de_Almeida_Moreira.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2016.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 4 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

NIELSEN, K. S. **Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente**. 5. ed. São Paulo: Santos, 2002.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983.

OGA, S. **Fundamentos de Toxicologia**. 2. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2003. 474 p.

ORUÇ, O. E.; ÜNER, N.. Effects of 2,4-Diamin on some parameters of protein and carbohydrate metabolisms in the serum, muscle and liver of *Cyprinus carpio*. **Environmental Pollution**, v. 105, p.267-272, 1999.

PERES, H.; GONÇALVES, P.; TELES, A. Oliva. Glucose tolerance in gilthead seabream (*Sparus aurata*) and European seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 179, n. 1, p.415-423, 1999.

PETERSEN, Brunna Castilhos; DAMIN, Isabel Cristina Ferreira. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PESCADO DA LAGOA TRAMANDAÍ/RS. In: 10º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 10º, 2016, Porto Alegre. **Anais...** . Porto Alegre: Abes, 2016. p. 1 - 15. Disponível em: <[http://www.abes-rs.org.br/centraldeeventos/\\_arqTrabalhos/trab\\_20160902101515000000593.pdf](http://www.abes-rs.org.br/centraldeeventos/_arqTrabalhos/trab_20160902101515000000593.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2016.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2006.

PRETTO, Alexandra et al. Alterations in carbohydrate and protein metabolism in silver catfish (*Rhamdia quelen*) exposed to cadmium. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, 2013.

REIMCHE, Geovane Boschmann et al. Persistência na água e influência de herbicida utilizados na lavoura arrozeira sobre a comunidade zooplânctônica de Cladocera, Copepoda e Rotifera. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p.7-13, 05 jan. 2008.

REMPEL, Simone de Souza Borges. **ALTERAÇÕES NO METABOLISMO DE CARBOIDRATOS EM JUNDIÁS (*RHAMDIA QUELEN*) EXPOSTOS A AGROQUÍMICOS E AO ESTRESSE**. 2014. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Avaliação de Impactos Ambientais, Centro Universitário La Salle, Canoas, 2014.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

ROLLANT, J. et al. Pituitary and Interrenal Function in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L., Teleostei) after Handling and Confinement Stress. **General And Comparative Endocrinology**, v. 121, n. 8, p.333-342, 2001.

SAMPAIO, A. C. S. **Metais Pesados na Água e Sedimentos dos Rios da Bacia do Alto Paraguai**. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2003.

SANTOS, Felipe Wagner Bandeira. Nutrição de peixes de água doce: definições, perspectivas e avanços científicos. **Revisa Panorama da Aquicultura**, v. 83, 2004.

SEIXAS FILHO, J. T. Uma revisão sobre o papel do carboidrato e da proteína no metabolismo de peixes com hábitos alimentares carnívoro e onívoro. **Augustus**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 18, p.32-51, maio 2004. Semanal. Disponível em: <[http://apl.unisuam.edu.br/augustus/index.php?option=com\\_content&view=article&id=180:uma-revisao-sobre-o-papel-do-carboidrato-e-da-proteina-no-metabolismo-de-peixes-com-habitos-alimentar-carnivoro-e-onivoro&catid=50:edicao-18-artigos&Itemid=86](http://apl.unisuam.edu.br/augustus/index.php?option=com_content&view=article&id=180:uma-revisao-sobre-o-papel-do-carboidrato-e-da-proteina-no-metabolismo-de-peixes-com-habitos-alimentar-carnivoro-e-onivoro&catid=50:edicao-18-artigos&Itemid=86)>. Acesso em: 15 jun. 2015.

SEMA. **O que é uma Bacia Hidrográfica?** Disponível em:<[http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu=54](http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=54)>. Acesso em: 09 abr 2016.

SILVA, Carlos Sérgio da; PEDROZO, Maria de Fátima M.. **Ecotoxicologia do cromo e seus compostos**. Salvador: Departamento Nacional do Livro, 2001. 100 p.

SILVEIRA, R. A. **Variação temporal e espacial da assembleia de peixes na Laguna Tramandaí, RS**. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé, 2013.

SILVEIRA, U. S.; LOGATO, P. V. R.; PONTES, E. C. Utilização e metabolismo dos carboidratos em peixes. **Nutritime**, Minas Gerais, v. 6, n. 1, p.817-836, jan. 2009. Disponível em: <[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/079V6N1P817\\_836\\_JAN2009\\_.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/079V6N1P817_836_JAN2009_.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2015.

SISINNO, C.L.S; OLIVEIRA—FILHO, E.C. **Princípios de Toxicologia Ambiental**. Interciência: Rio de Janeiro, 2013.

SMITH, C. M.; MARKS, A. D.; LIEBERMAN, M. **Bioquímica médica básica de Marks: uma abordagem clínica**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

SOUZA, Carine de Freitas et al. *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824), submitted to a stressful condition: effect of dietary addition of the essential oil of *Lippia alba* on metabolism, osmoregulation and endocrinology. **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 4, p.707-714, 2015.

TELES, M.; PACHECO, M.; SANTOS, M. A.. *Sparus aurata* L. liver EROD and GST activities, plasma cortisol, lactate, glucose and erythrocytic nuclear anomalies following short-term exposure either to 17 $\beta$ -estradiol (E2) or E2 combined with 4-nonylphenol. **Science Of The Total Environment**, Portugal, v. 336, n. 1, p.57-69, 2004.

TOMAZELLI, L. J. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da Planície Costeira do Rio Grande do Sul – com ênfase no sistema eólico**. Porto Alegre, UFRGS, 1990.

TONINI, William Cristiane Teles; BRAGA, Luís Gustavo Tavares; NOVA, Débora Luana Daltro Vila. **DIETA DE JUVENIS DO ROBALO *Centropomus parallelus* POEY, 1860 NO SUL DA BAHIA, BRASIL**. Disponível em: <<http://www.uesc.br/laboratorios/aquanut/3315.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

TRAMANDAÍ. **Aspectos Geográficos**. Disponível em: <[http://www.tramandai.rs.gov.br/index.php?acao=conteudo&conteudos\\_id=12](http://www.tramandai.rs.gov.br/index.php?acao=conteudo&conteudos_id=12)>. Acesso em: 06 jun. 2016.

VIALI, Lorí. **Testes de hipóteses não paramétricos**. 2008. Disponível em: <[http://www.mat.ufrgs.br/~viali/estatistica/mat2282/material/apostilas/Testes\\_Nao\\_Parametricos.pdf](http://www.mat.ufrgs.br/~viali/estatistica/mat2282/material/apostilas/Testes_Nao_Parametricos.pdf)>. Acesso em: 31 out. 2016.

WÜRDIG, N. L.; FREITAS, S. M. F. de (org) **Ecosistemas e biodiversidade do Litoral Norte do RS**. Porto Alegre: Nova Prova, 2009. p. 142-157.

ZEPPENFELD, Carla Cristina et al. Physiological and biochemical responses of silver catfish, *Rhamdia quelen*, after transport in water with essential oil of *Aloysia triphylla* (L'Herit) Britton. **Aquaculture**, v. 2, n. 3, p.101-107, 2013.