



RIO URUGUAI
CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS

2ª Edição: Revisada e Ampliada

Autores

Marcus Vinicius Morini Querol
Edward Castro Pessano
Michel Mansur Machado
Antônio Cléber da Silva Camargo
Cristiano Miguel Stefanello

2022

AUTORES

Marcus Vinícius Morini Querol
Edward Frederico Castro Pessano
Michel Mansur Machado
Antônio Cléber da Silva Camargo
Cristiano Miguel Stefanello



RIO URUGUAI

Contribuições Científicas

2ª Edição
Revisada e Ampliada

2022

RIO URUGUAI: Contribuições Científicas. 2ª Edição. Revisada e ampliada.

Marcus Vinícius Morini Querol
Edward Frederico Castro Pessano
Michel Mansur Machado
Antônio Cléber da Silva Camargo
Cristiano Miguel Stefanello

RIO URUGUAI

Contribuições Científicas

2ª Edição

REALIZAÇÃO



NUPILABRU

Núcleo de Pesquisas Ictiológicas, Limnológicas
e Aquicultura da Bacia do Rio Uruguai
<http://porteiros.s.unipampa.edu.br/nupilabru>

Marcus Vinícius Morini Querol
Edward Frederico Castro Pessano
Michel Mansur Machado
Antônio Cléber da Silva Camargo
Cristiano Miguel Stefanello

RIO URUGUAI

Contribuições Científicas

2ª Edição

APOIO:



Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Unipampa,
com os dados fornecidos pelos autores Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação (CIP)

Rio Uruguai [recurso eletrônico]: contribuições científicas /
organizadores Marcus Vinícius Morini Querol [et al.].
– Uruguiana: Universidade Federal do Pampa, 2022.
404 p.

ISBN 978-65-00-58155-3

Inclui referências

Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/>

1. Educação Ambiental 2. Limnologia 3. Toxicologia Ambiental
4. Ecologia I. Querol, Marcus Vinicius Morini. II. Pessano, Edward
Frederico Castro. III. Machado, Michel Mansur. IV. Camargo, Antônio
Cléber. V. Stefanello, Cristiano Miguel.

CDU 556.55

Bibliotecário Responsável
Marcos Paulo Anselmo de Anselmo - CRB 10/1559

COMITÊ EDITORIAL

Marcus Vinicius Morini Querol

Brasil – Fundação Universidade Federal do Pampa
Nupilabru

Edward Frederico Castro Pessano

Brasil – Fundação Universidade Federal do Pampa
Nupilabru

Michel Mansur Machado

Brasil – Fundação Universidade Federal do Pampa
Nupilabru

Luís Flávio Souza de Oliveira

Brasil – Fundação Universidade Federal do Pampa
Nupilabru

Luis Roberval Bortoluzzi Castro

Brasil – Universidade Federal do Santa Maria

Antônio Cléber da Silva Camargo

Brasil – Fundação Universidade Federal do Pampa
Nupilabru

Cristiano Miguel Stefanello

Brasil – Fundação Universidade Federal do Pampa
Nupilabru

AUTORES

Marcus Vinicius Morini Querol

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1994), mestrado em Biociências (Zoologia) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1998) e doutorado em Biociências (Zoologia) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (2003). Atualmente é docente associado e líder de grupo de pesquisa da Universidade Federal do Pampa. Tem experiência na área de Zoologia, Piscicultura e Ecologia, com ênfase em Biologia e Ecologia de Ecossistemas, atuando principalmente nos seguintes temas: dinâmica de populações ícticas, biologia e ecologia de peixes, ictiologia, piscicultura e limnologia.

E-mail: marcusquerol@unipampa.edu.br

Prof. Dr. Edward Frederico Castro Pessano

Graduado em Ciências Biológicas pela PUCRS em 2003, Especialista em Educação Ambiental pela FACISA em 2005 e Mestre e Doutor em Educação em Ciências pela UFSM. Atualmente é Coordenador Acadêmico e docente na Fundação Universidade Federal do Pampa. Tem formação na área da Educação, Ensino de Ciências, Biologia, Ecologia e Zoologia. Atua principalmente estudos de educação ambiental, ensino de ciências, biologia, ecologia e de dinâmica populacional. É responsável pelo Laboratório de Biologia e Diversidade Animal – LBDA e atua como pesquisador no Núcleo de Pesquisas Ictiológicas, Limnológicas e Aquicultura da Bacia do Rio Uruguai (NUPILABRU), no Grupo de Estudos em Nutrição, Saúde e Qualidade de Vida (GENSQ) e no Grupo de Ação Interdisciplinar Aplicada (UNIGAIA), desenvolvendo ações relacionadas a Capacitação, Educação e Extensão para Pescadores, Alunos e Docentes da Educação Básica. Também é Docente Colaborador do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria.

E-mail: eduardpessano@unipampa.edu.br

Prof. Dr. Michel Mansur Machado

Possui graduação em Farmácia e Bioquímica com Hab. em Análises Clínicas pela Universidade Federal de Santa Maria (2002), especialização em Laboratório Clínico (2005), mestrado em Ciências Farmacêuticas pela UFSM (2007) e Doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela UFSM (2010). Atua como Docente Adjunto da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), onde é o líder do Grupo de Pesquisa em Toxicologia Celular – ToXCel. Tem experiência na área de Farmácia, com ênfase em Análises Clínicas e na área de Bioquímica, atuando principalmente nos seguintes temas: Genotoxicidade, Quebra de DNA, Mutagenicidade, Alterações Cromossômicas e Cultura Celular. É membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, faz parte da direção do Laboratório de Imunologia e Infecção HIV. Como divulgação de ciência coordena a equipe do *podcast* Ciência no Velho Oeste e, como trabalho extensivo, faz parte do projeto voltado à drogadição escolar na cidade de Uruguaiana.

E-mail: michelmachado@unipampa.edu.br

Prof. Dr. Antônio Cléber da Silva Camargo

Possui graduação em Zootecnia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1986), mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (1995) e doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2003). Atualmente é professor associado da Universidade Federal do Pampa e Coordenador do curso de Tecnologia em Aquicultura do Campus de Uruguaiana/RS. Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Zootecnia, atuando principalmente nos seguintes temas: digestibilidade, tilápia, nutrição, *Oreochromis niloticus* e subproduto.

E-mail: antoniocamargo@unipampa.edu.br

TAE. MSc. Cristiano Miguel Stefanello

Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria (2010) e mestrado em Produção Animal pela Universidade Federal de Santa Maria (2014). Atualmente é zootecnista da Universidade Federal do Pampa e Doutorando do PPG Educação em Ciências. Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Produção e avaliação de Alimentos para Animais.

E-mail: cristianostefanello@unipampa.edu.br

DEDICATÓRIA

Marcus Vinicius Morini Querol

Michel Machado Mansur

Esta obra é dedicada a uma pessoa que surge como o vento, transforma os amanheceres em esperança, nos traz a certeza de que dias ensolarados surgirão, nos encoraja, nos dá a força que procuramos, o colega que todos desejam, e com ele e o prazer de compartilhar grandes momentos de êxito profissional e de amizade.

A vida nos dá presentes, mas é preciso estar atento para podermos ver e entender que esses são passageiros. Te agradeço por ter me mostrado o caminho da esperança e de nos renovar a cada dia em pessoas melhores. Sobretudo, te agradecemos por nos fazer enxergar que o presente da vida é poder fazer o bem e lutar por dias melhores.

Infelizmente você não está mais conosco fisicamente na construção desta segunda edição do nosso tão sonhado livro, mas te sentimos e sabemos que nos guiou em cada momento e na redação de cada palavra.

Espero que um dia possamos novamente em outro plano continuar nossa caminhada feliz e por muito mais tempo.

A ti nosso querido amigo **Luís Flávio Souza de Oliveira** dedicamos esta obra.

SUMÁRIO

COMITÊ EDITORIAL	6
AUTORES	7
DEDICATÓRIA	9
PREFÁCIO	13
AGRADECIMENTO	16
UNIDADE I – EDUCAÇÃO AMBIENTAL	17
CAPÍTULO 1	
CONTEXTUALIZANDO O ENSINO A PARTIR DE PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES INTEGRADAS: USANDO O RIO URUGUAI COMO TEMA	18
CAPÍTULO 2	
LEVANTAMENTO HISTÓRICO DA PESCA E CONSERVAÇÃO DA BACIA DO RIO URUGUAI MÉDIO	34
CAPÍTULO 3	
O RIO URUGUAI COMO TEMA O RIO URUGUAI ENQUANTO TEMA GERADOR DO ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	52
CAPÍTULO 4	
A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O RIO URUGUAI: CONTRIBUIÇÕES DA ABORDAGEM EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA) PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	65
CAPÍTULO 5	
A EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE MUDANÇA NAS PERCEPÇÕES SOBRE A PROBLEMATICA AMBIENTAL EM UMA ESCOLA E EM UM BAIRRO DO MUNICÍPIO DE ALEGRETE, RS	75
CAPÍTULO 6	
A ABORDAGEM DO TEMA ÁGUA NA ESCOLA: CONCEPÇÕES E PRÁTICAS EDUCATIVAS E METODOLÓGICAS ADOTADAS PELOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS E A PERCEPÇÃO DO ALUNO CERCA DO TEMA	95
UNIDADE II – LIMNOLOGIA	110
CAPÍTULO 7	
VARIAÇÃO ANUAL DE CONTEUDO SECO DE MACRÓFITAS NO CÓRREGO SUBTROPICAL ARROIO FELIZARDO, URUGUAIANA, RS – PAMPA BRASILEIRO	111

CAPÍTULO 8	
AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, PLANCTÔNICA E MICROBIOLÓGICA DO RIO URUGUAI MÉDIO, REGIÃO DE URUGUAIANA, RS	123
CAPÍTULO 9	
FITORREMEDIAÇÃO UMA ALTERNATIVA PARA O RIO URUGUAI	140
UNIDADE III – TOXICOLOGIA AMBIENTAL	154
CAPÍTULO 10	
CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR AGROTÓXICOS	155
CAPÍTULO 11	
CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR METAIS PESADOS	167
CAPÍTULO 12	
CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR DOMISSANITÁRIOS	181
CAPÍTULO 13	
SOLVENTES ORGÂNICOS E SUAS IMPLICAÇÕES TOXICOLÓGICAS SOBRE A FLORA E FAUNA AQUÁTICAS	190
CAPÍTULO 14	
CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR MEDICAMENTOS	204
UNIDADE IV – BIOLOGIA, ECOLOGIA, CULTIVO CONSERVAÇÃO DA ICTIOCENOSE	222
CAPÍTULO 15	
CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS GENÉTICOS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO URUGUAI	223
CAPÍTULO 16	
ASPECTOS DA BIOLOGIA ALIMENTAR DO <i>ASTIANAX JACUHIENSIS</i> (COPE, 1894), NO RIO URUGUAI MÉDIO, OESTE DO RIO GRANDE DO SUL, PAMPA BRASILEIRO	231
CAPÍTULO 17	
DETERMINAÇÃO DA IDADE E CRESCIMENTO DE <i>ASTYANAX JACUHIENSIS</i> , (COPE, 1894), NO RIO URUGUAI MÉDIO, MUNICÍPIO DE URUGUAIANA/RS, PAMPA BRASILEIRO	246
CAPÍTULO 18	
BIOLOGIA ALIMENTAR DO BIRU <i>STEINDACHNERINA BREVIPINNA</i> EIGENMANN & EIGENMANN (1889), (CHARACIFORMES, CURIMATIDAE), NA BACIA RIO URUGUAI NO PAMPA BRASILEIRO	265
CAPÍTULO 19	
REPRODUÇÃO E LARVICULTURA DA SARDINHA PRATA, <i>Lycengraulis grossidens</i> (SPIX & AGASSIZ, 1829), E DO CASCUDO VIOLA, <i>Loricariichthys platymetopon</i> (ISBRUCKER & NIJSSEN, 1979), NA BACIA DO RIO URUGUAI MÉDIO, URUGUAIANA, RS	277

CAPÍTULO 20	
CONTRIBUIÇÕES DO NÚCLEO DE PESQUISAS ICTIOLÓGICAS, LIMNOLÓGICAS E AQUACULTURA DA BACIA DO RIO URUGUAI PARA A ICTIOFAUNA DA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL	295
CAPÍTULO 21	
ASPECTOS DA BIOLOGIA REPRODUTIVA DE <i>ASTYANAX</i> <i>JACUHIENSIS</i> (COPE, 1894) NA BARRAGEM DA ESTÂNCIA SANTA ANA, PAMPA BRASILEIRO	312
CAPÍTULO 22	
ESTADO DO CONHECIMENTO INTERNACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS E PESQUEIROS DA BACIA DO RIO URUGUAI	328
CAPÍTULO 23	
PESCA NO RIO URUGUAI: DADOS QUANTITATIVOS SOBRE O MUNICÍPIO DE URUGUAIANA	338
CAPÍTULO 24	
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PRODUTIVO DA CULTURA DO MILHO FERTIRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA	357
CAPÍTULO 25	
AQUAPONIA: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PRODUÇÃO DE PEIXES NA REGIÃO DA CAMPANHA GAÚCHA	375
CAPÍTULO 26	
AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) EM SISTEMA DE AQUAPONIA ASSOCIADO À PRODUÇÃO VEGETAL	390

PREFÁCIO

Antonio Cléber da Silva Camargo

Marcus Vinicius Morini Querol

A Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) é formada por 10 Campis espalhados pela metade Sul do Rio Grande do Sul: Alegrete; Bagé; Caçapava do Sul; Dom Pedrito; Itaqui; Jaguarão; Santana do Livramento; São Borja; São Gabriel e Uruguaiana.

No Campus Uruguaiana, temos o Curso Superior em Tecnologia em Aquicultura, o Curso de Engenharia em Aquicultura, que atuam fortemente na produção animal aquícola e o curso de Ciências da Natureza, que somados, atuam em prol de um ambiente sustentável e na preservação dos recursos naturais.

Nós os Autores (Marcus Vinicius Morini Querol; Edward Frederico Castro Pessano; Michel Mansur Machado; Antônio Cléber da Silva Camargo e Cristiano Miguel Stefanello), procuramos desenvolver o máximos de contribuições juntamente com os demais colaboradores dos capítulos para agregar informações científicas oriundas das investigações de forma a contribuir para a conservação das regiões banhadas pelo rio Uruguai.

De início explicamos o título da obra “ Rio Uruguai – Contribuições Científicas”, e o que ela remete, e neste sentido, não podemos esquecer de um breve relato da Bacia do Rio Uruguai Médio, que compreendem a Fronteira Oeste do RS, na qual as maiores contribuições dos capítulos estão inseridas.

A Bacia Hidrográfica do Uruguai possui 2.200² quilômetros de extensão e se origina da confluência dos rios Pelotas e Canoas.

A bacia hidrográfica do Uruguai possui, em território brasileiro, 174.5 mil km² de área, o equivalente a 2% do território nacional.

A bacia apresentava nas nascentes do rio Uruguai, os biomas Pampa e a Mata com Araucária e, na direção sudoeste, a Mata do Alto Uruguai e a Mata Atlântica.

Atualmente, a região encontra-se intensamente desmatada e apenas regiões restritas conservam a vegetação original.

O curso total do Rio Uruguai é de com 2.200km² de extensão e é dividido em três partes dentro do que se entende Bacia Hidrográfica do Uruguai:

- * Alto rio Uruguai, onde se caracteriza por um forte gradiente topográfico, o que propicia alto potencial de geração hidrelétrica;
- * Médio rio Uruguai, onde assume a condição de fronteiro com economia local baseada em suinocultura e agricultura de soja e milho;
- * Médio baixo rio Uruguai, que se desenvolvem os pampas gaúchos, com aproveitamento de suas águas para irrigação do cultivo do arroz.

A Bacia Hidrográfica do Uruguai é delimitada ao norte e nordeste pela Serra Geral, ao sul pela fronteira com o Uruguai, a leste pela Depressão Central Riograndense e a oeste pela Argentina.

Abrange uma área de aproximadamente 384.000 km², dos quais cerca de 174.500 km² situam-se no Brasil.

Os principais rios que compõem a Bacia do Uruguai são: Rio Uruguai; Rio Negro; Rio Chapecó; Rio Passo Fundo; Rio Peixe; Rio Várzea; Rio Peperi-Guaçu; Rio Ijuí; Rio Ibicuí e Rio Quarai.

Sua porção brasileira é formada por 45.600 km² no Estado de Santa Catarina (27%) e 128.900 km² (73%) no Estado do Rio Grande do Sul. A navegação fluvial é pouco praticada devido ao relevo acidentado, as variações significativas de vazão dos rios e aos problemas de assoreamento.

Na região da Bacia Hidrográfica do Uruguai, destacam-se os impactos ambientais relacionados ao lançamento de esgotos in natura em seus principais centros urbanos (por exemplo nas cidades de Lages, Chapecó, Uruguaiana, Alegrete e Erechim) e em suas áreas rurais, associado à suinocultura, avicultura, agrotóxicos, mineração e aos efluentes das indústrias de celulose.

Estas águas superficiais, devido à exposição natural à focos de poluição, têm baixa proteção ambiental, sendo facilmente impactadas.

O bioma original que recobria as nascentes do rio Uruguai eram os Pampas e a Floresta com Araucária e ainda e em menor quantidade, a Mata Atlântica.

A situação que hoje se encontra é caracterizada por desmatamento intenso com áreas restritas à conservação da vegetação original.

A fauna relacionada a estes biomas é variada com espécies, muitas delas endêmicas, apesar do seu menor conhecimento do ponto de vista de sua diversidade biológica.

As principais ameaças são decorrentes da ação antrópica na região, como a criação de gado bovino, a cultura de arroz com drenagem dos banhados, a construção de

RIO URUGUAI: Contribuições Científicas. 2ª Edição. Revisada e ampliada.

termelétricas e gasodutos e o processo de urbanização das cidades.

Na Região Hidrográfica do Uruguai ainda existem áreas de conservação de espécies originais, como os parques estaduais que representam apenas 0,2% de sua área total.

Dessa forma, os fatores antrópicos que pressionam os ecossistemas existentes tornam as poucas áreas de proteção ambiental e os remanescentes de matas ciliares refúgios para as espécies e animais da região.

Aproveitamos para chamar a atenção de todos que o assoreamento, somados a mudança climática, onde registra-se nos últimos anos, período longevos de seca que somados a falta de saneamento básico, configuram o rio Uruguai como uma grande bomba relógio, ou seja, ameaça extrema a biodiversidade e a vida deste grande ecossistema. Assim, temos um grande risco de uma proliferação de algas, alteração físico-química da água e conseqüentemente, a morte do rio.

Nesta Edição podemos destacar 4 Unidades com os mais intrigantes temas para obra, tais como:

UNIDADE I – Educação ambiental com 6 capítulos para os mais diversos leitores;

UNIDADE II – Limnologia com 3 capítulos;

UNIDADE III - Toxicologia ambiental com 5 Capítulos para aqueles leitores com curiosidade a respeito dessa matéria;

UNIDADE IV – Biologia, Ecologia, Cultivo e conservação da Ictioenose com 9 Capítulos para encerrar esta obra.

Deseja-se, ainda que esse material contribua para formação de profissionais cada vez mais comprometidos com o desenvolvimento da região e do país, respeitando o meio ambiente e as condições sociais, econômicas, culturais e locais.

Referências

Bernardes, Luana. Bacia Hidrográfica do Uruguai. Todo Estudo. Disponível em: <https://www.todoestudo.com.br/geografia/bacia-hidrografica-do-uruguai>. Acesso em: 22 de November de 2022.

AGRADECIMENTOS

Os autores

Nós, organizadores desta obra, gostaríamos de agradecer todos que gentil e solícitamente aceitaram dividir o que construíram no âmbito da produção científica para a elaboração e compilação deste trabalho. Nele, estão indelevelmente marcados o esforço e o ideal que nos impulsiona a socializar conhecimento, assim como a paixão pelo rio Uruguai. Tal esforço prefigura a construção perfilada por várias mãos: de acadêmicos, mestrandos, doutorandos e seus respectivos docentes orientadores. Além desses, não podemos deixar de agradecer nossas famílias, que, compreensivas, são constante húmus gerador de ânimo e apoio.

Também elevamos nossos sinceros agradecimentos a todas as instituições ou órgãos públicos que, de alguma forma, cooperaram para que este trabalho se materializasse, tornando-se, portanto, corresponsáveis pelos efeitos e alcance desejados nos leitores. Listamos abaixo cada uma delas:

- Financiadora de Estudos e Projetos - Finep
- Batalhão Ambiental da Brigada Militar do Rio Grande do Sul – BPA – Uruguaiana;
- Fundação Universidade Federal do Pampa – Unipampa;
- Grupo de Pesquisa em Toxicologia Celular (ToXCel);
- Grupo de Pesquisa em Ictiologia, Limnologia e Aquicultura (Nupilabru)
- Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA;
- Marinha do Brasil – Capitânia dos Portos de Uruguaiana;
- Núcleo de Aquicultura – Naqua Unipampa;
- Programa de Extensão Universitária do Ministério da Educação – Proext-MEC;
- Programa de Fomento a Extensão – Profext;
- Tamandaré Iate Club de Uruguaiana.

UNIDADE I
EDUCAÇÃO AMBIENTAL

CAPÍTULO 1

CONTEXTUALIZANDO O ENSINO A PARTIR DE PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES INTEGRADAS: USANDO O RIO URUGUAI COMO TEMA.

Edward Frederico Castro Pessano
Marcus Vinícius Morini Querol
Claudia Lisiane Azevedo Pessano
Robson Luiz Puntel

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Iniciaremos esse capítulo com uma provocação ao leitor, questionando-o: o que é contextualizar?

Esse questionamento tem levado vários estudiosos da área de ensino a publicarem diversos trabalhos a respeito, mas ainda é um campo de pesquisa incipiente.

Apesar de já haver vários textos e materiais sobre contextualização, esta começou a ser mais difundida a partir de alguns documentos oficiais do governo brasileiro após a vigência da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica (LDB) em 1996, dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL, 1998), das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) (BRASIL, 1998) e dos PCN+ Ensino Médio (BRASIL, 2002), onde os quais tinham como uma meta ampliar e modificar o modelo educacional vigente da época, o qual se caracterizava como um transmissor de conhecimentos disciplinares, concebendo o estudante como agente passivo.

“A necessidade da contextualização do ensino surgiu em um momento da educação formal no qual os conteúdos escolares eram apresentados de forma fragmentada e isolada, apartados de seus contextos de produção científica, educacional e social” (KATO e KAVASAKI, 2011, p. 36).

Neste sentido, a resposta para o questionamento inicial deste capítulo é ainda motivo de muitas discussões, pois não existe um conceito homogêneo sobre isso. Temos muitas noções sobre o que é contextualizar, devido às diferentes interpretações no âmbito educacional sobre os documentos oficiais (RICARDO, 2005).

De acordo com o PCNEM (BRASIL, 1999), contextualizar requer *“assumir que todo o conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto.”* Ainda, coloca que *“o tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo”*. Define, assim, a contextualização como sendo *“um recurso para tornar a aprendizagem significativa ao associá-la com experiências da vida cotidiana ou com os conhecimentos*

adquiridos espontaneamente”.

Alguns termos usados nestas definições, como “recurso”, “cotidiano”, “trabalho”, segundo Ricardo (2005), são responsáveis por causar distintos entendimentos sobre contextualização, levando a compreendê-la como mostra o estudo de Silva e Marcondes (2010). Segundo os mesmos, a contextualização pode ser uma estratégia ou metodologia de ensino; descrição científica de fatos e processos do cotidiano do aluno; uso de contexto para aplicação de conteúdos escolares ou para exemplificação e compreensão da realidade social.

Contudo, deve-se tomar cuidado para que a contextualização não seja entendida apenas como a busca de aplicação imediata (RICARDO & ZYLBERSZTAJN, 2008) ou somente como a apresentação de exemplos do dia a dia. Desta forma e, como manifestado por Ruppenthal (2013), “a contextualização não proporciona ao aluno um momento para pensar e refletir tornando-o um agente passivo, que ouve e aceita, mas não tem vez nem voz”.

A contextualização quando adequadamente desenvolvida pode mudar a realidade dos atores sociais em relação aos processos educacionais, bem como proporcionar a construção de um conhecimento significativo para a vida do aluno, como ressaltado na literatura por vários autores, como Kato e Kawasaki (2011), Pessano (2013), Ruppenthal (2013).

Ainda, há outros estudos que percebem a contextualização em sentido diferente. Um deles é através da perspectiva CTSA, indicando que a contextualização deve ser trabalhada e visualizada como uma interface da ciência, da tecnologia, da sociedade e o do ambiente, caracterizado pela exploração de situações corriqueiras em situações de ensino, em uma perspectiva do movimento social e da aproximação com a pedagogia de Paulo Freire, onde o ensino parte de situações significativas aos estudantes e que se articulem em temas e conceitos (WARTHA, 2005; KATO e KAWASAKI 2011).

Wartha, Silva e Bejarano (2013), em seu trabalho bibliográfico e descritivo sobre contextualização, citam outro tipo de perspectiva, no sentido de educação transformadora, indo ao encontro dos pressupostos de Paulo Freire, onde as práticas pedagógicas devem ter significações e envolver a problematizar situações reais contraditórias de contextos locais, com a finalidade dos estudantes atuarem como transformadores da realidade.

Após esta explanação, podemos constatar que não há uma resposta única e definitiva para a questão de abertura deste capítulo, todavia, independente da concepção de contextualização, como cita Kato e Kawasaki (2011) o importante é que o docente tome conhecimento destas múltiplas interpretações e seja um mediador nos processos de ensino e aprendizagem.

Além disso, Fernandes e Marques (2012, p.526) complementam que:

“a contextualização não exclui a presença do conteúdo conceitual, ou seja, o conteúdo conceitual e o contexto devem estar vinculados para que efetivamente os conceitos possam auxiliar na compreensão dos contextos abordados”.

2. DESENVOLVENDO A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO

A contextualização pode ser desenvolvida constantemente em sala de aula de diversas maneiras. Uma delas é a partir do uso de temas que envolvam uma situação pertinente aos estudantes. Esta pode ser ofertada pelo docente ou surgir na sala de aula a partir das percepções prévias dos estudantes.

Esta forma de abordagem é muito explorada na literatura com distintas nomenclaturas especialmente em relação à área de Ensino de Ciências, como por exemplo: Situação de Estudo; Tema Gerador; Abordagem Temática e outros.

Na verdade, o foco do uso de temáticas dirigidas à contextualização deve priorizar o protagonismo dos estudantes, em todo o processo de ensino e aprendizagem e na mediação docente, situando os conhecimentos específicos dos componentes curriculares em uma perspectiva dialética de construção e reconstrução do contexto e do conhecimento.

Outra maneira de pensar a contextualização é a partir da perspectiva freiriana. Assim, a contextualização pode ser desenvolvida a partir da Problematização (BERBEL, 1999; BORDEVANE & PEREIRA, 2010) e dos três Momentos Pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI & PERNAMBUCO, 2002), de forma que a realidade pode enfatizar no sujeito o protagonismo da ação, a partir do meio que o cerca, bem como na sua capacidade de buscar explicações e soluções para a transformação daquela realidade inicial.

Desta forma, o sujeito como ator social acaba também por se transformar, em um processo de ação-reflexão-ação contínuo, passando a detectar novos problemas (FREIRE, 1977). Em relação aos três Momentos Pedagógicos, segundo Delizoicov; Angotti e Pernambuco (2002), é possível, através de uma abordagem temática, iniciar pela problematização de uma realidade, efetuando um levantamento de hipóteses, seguindo por um processo de teorização do contexto, a partir dos conhecimentos científicos, o qual é chamado pelos autores de organização de conhecimentos.

Por fim, após essas etapas iniciais, é possível aplicar os conhecimentos produzidos na vida real, em um ato de transformação e compreensão do mundo a partir da realidade local, de forma contextualizada e interdisciplinar.

Já a problematização (BERBEL, 1999; BORDEVANE & PEREIRA, 2010), parte de uma determinada temática em que os estudantes manifestam suas percepções e ansiedades, apontando problemas de acordo com a sua realidade. Posteriormente a esse momento, o educador deve instigar com questionamentos que direcionem ao estudante, a partir das áreas do conhecimento, fazendo com que eles construam novas percepções voltadas a resolução da problemática inicial. Contudo, não vamos abordá-la muito nesse capítulo, uma vez que o capítulo 3 é dedicado apenas para a metodologia da problematização pelo Arco de Maguerez.

O mais importante no uso de temáticas voltadas ao processo de contextualização, refere-se ao potencial de atratividade exercido sobre o estudante, onde os conteúdos formais da grade curricular deixam de ser isolados e passam a apresentar significado para a vida dos alunos. Assim, os fatos do cotidiano são explorados pela sala de aula através de um viés aplicado a partir de conhecimentos científicos, proporcionando a alfabetização científica, conforme manifestado por Chassot (2003).

Chassot (2003) salienta que a alfabetização científica é explicação do mundo natural através de um conjunto de conhecimentos metodicamente adquiridos que descrevem os fenômenos da realidade, através de uma linguagem dita científica e que representam uma possibilidade para uma educação mais compromissada.

Neste cenário, o rio Uruguai se apresenta com uma excelente temática para a contextualização por tratar-se de um ecossistema que permeia diversos aspectos da

RIO URUGUAI: Contribuições Científicas. 2ª Edição. Revisada e ampliada.

sociedade e que é finalidade desta obra explanar melhor sobre este contexto, o qual é significativo para a cidade de Uruguaiana e para outros municípios que estão vinculados a este rio.

Podemos perceber que a contextualização tem como pressuposição a não fragmentação do conhecimento, situando os conteúdos específicos dentro de um contexto significativo. A contextualização pode e deve também estar articulada a uma perspectiva interdisciplinar, articulando os conhecimentos das várias áreas da ciência com os múltiplos elementos constituintes dos distintos contextos, para compreender os fenômenos da realidade.

Atualmente, a complexa rede de informações que está disponível aos estudantes deve ser utilizada como ferramenta de ação e aplicação por parte do educador, onde muitas vezes o conhecimento por si só não é suficiente e seu “aprisionamento” não deve ser encorajado com forma de aprendizagem, mas, sim, a aplicação destes conhecimentos, quando em situações reais vivenciadas pelos indivíduos que compõem a sociedade.

Muitas vezes, os educadores se autoquestionam sobre o que devem ou não “ensinar”. Na verdade, o questionamento certo deve ser: Como devem ensinar? Pois a partir desta definição, novas relações se estabelecem e redireciona a (re)construção de conhecimentos, habilidades e competências, que favorecerá ao estudante na sua formação e o preparará para uma futura situação problema, o qual possuirá a capacidade de buscar respostas para a sua solução.

3. A INTERDISCIPLINARIDADE COMO AÇÃO INTEGRADORA

Atualmente, muito se estuda e se afirma a importância da inserção dos processos interdisciplinares dentro do contexto educacional como fator preponderante na construção de um conhecimento não fragmentado. Entre os principais autores, encontram-se Ivani Fazenda, Hilton Japiassu e Olga Pombo, os quais manifestam, de maneira geral, que a interdisciplinaridade é um movimento de construção do conhecimento holístico, onde diferentes áreas do saber compartilham relações de reciprocidade, mutualidade e de substituição da concepção fragmentária (SOARES, 2010).

Segundo Fazenda (2002), um dos pressupostos da Interdisciplinaridade é que ela não é apenas uma integração entre disciplinas, mas entre sujeitos que dialogam e se encontram, que estabelecem parcerias, um movimento de interação daqueles que percebem que precisam do outro, de outros, pois se sentem partes de um movimento em busca da totalidade. Ainda, Pombo (2005) manifesta que a interdisciplinaridade se deixa pensar, não apenas na sua faceta cognitiva de sensibilidade à complexidade, mas da sua capacidade para procurar mecanismos comuns, de atenção a estruturas profundas que possam articular o que aparentemente não é articulável e também em termos de atitude, curiosidade, abertura de espírito, gosto pela colaboração, pela cooperação, pelo trabalho em comum. Pombo (2005) salienta, também, que só há interdisciplinaridade se somos capazes de partilhar o nosso pequeno domínio do saber, se temos a coragem necessária para abandonar o conforto da nossa linguagem técnica, para nos aventurarmos num domínio que é de todos e de que ninguém é proprietário exclusivo.

Quando nos voltamos aos estabelecimentos de ensino, percebemos uma resistência aos processos interdisciplinares, onde Coutinho (2010), analisando a prática docente em Uruguaiana, destaca a existência de um isolamento das disciplinas no ambiente escolar, notando que muitos docentes têm dificuldades em trabalhar de forma interdisciplinar. Segundo o autor, cada docente busca valorizar a sua disciplina em detrimento da outra, demonstrando, com isso, uma visão individualista e reducionista do processo educacional.

Assim, o não desenvolvimento dessas práticas desfavorece a construção do conhecimento, o tornando fragmentado, pois como salienta Soares (2010), a interdisciplinaridade entra diretamente na relação conteúdo/método, ampliando e enriquecendo o ensino, proporcionando qualidade tanto para o ensino fundamental, quanto para o médio.

Ainda, Soares (2010), analisando os escritos de Hilton Japiassu (JAPIASSU, 1976; 1992), cita que a interdisciplinaridade é descrita como algo a ser vivida, enquanto atitude de espírito, atitude essa que é feita de curiosidade, de abertura, do senso de aventura e descoberta, exercendo um movimento de conhecimento e relações. Sendo, nesse sentido, uma prática individual e coletiva, onde o diálogo se expressa como atitude de abertura com outras disciplinas, reconhecendo a necessidade de aprender com as outras áreas do conhecimento.

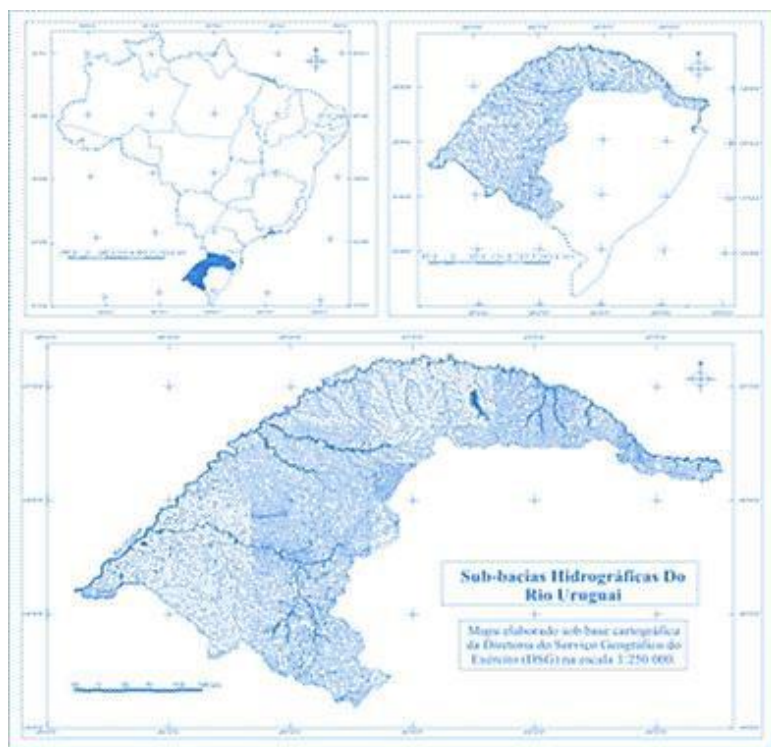
4. O RIO URUGUAI E A SUA RELEVÂNCIA PARA O ENSINO

O rio Uruguai é o segundo sistema fluvial da bacia do rio da Prata em importância, nascendo a partir da confluência dos rios Pelotas e Canoas, na Serra Geral, divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em costas aproximadas de 1.800m de altitude, até sua confluência com rio Paraná, fronteira entre a Argentina e o Uruguai. Sua bacia drena uma área em torno de 365.000 km², dos quais 130.000 km² pertencem ao estado do Rio Grande do Sul (Figura 1) e 46.000 km² ao estado de Santa Catarina, banhando um total de 384 municípios que representam uma população de 3,8 milhões de pessoas. (TUCCI, 1993; ZANIBONI FILHO et al., 2004; RIGHI & ROBAINA, 2010; CARVALHO & SPERB, 2012).

Ainda, segundo os autores Tucci (1993) e Righi & Robaina (2010), o rio Uruguai divide-se em três trechos, de acordo com a sua geografia, iniciando no Alto Uruguai, com os seus primeiros 400 km, apresentando uma declividade de 0,5 metro/km. O seu curso médio abrange uma extensão aproximada de 570 km e declividade de 0,10 metro/km. Os restantes 325 km representam o curso inferior, onde a sua declividade acha-se em torno de 3 cm/km. Destaca-se que ecologicamente as diferenças entre os ambientes podem ser fundamentais para o estabelecimento das comunidades biológicas, proporcionando uma diversidade de espécies e de relações entre os ecossistemas, podendo torná-los mais ou menos suscetíveis aos impactos ambientais (BRASIL, 2003).

A Figura 1 denota a área de drenagem da bacia do rio Uruguai em território brasileiro, destacando nas imagens superior direita e inferior, o alcance territorial no estado do Rio Grande do Sul, onde se divide em Sub-bacias. Cabe destacar que o rio Uruguai é um ecossistema de caráter internacional influenciando também nas relações ambientais na Argentina e na República Oriental do Uruguay.

Figura 1: Mapa das Sub-bacias Hidrográficas do rio Uruguai, no RS. Fonte: RIGHI & ROBAINA, 2010.



Assim, e de acordo com Pessano e colaboradores (2008), o rio Uruguai se apresenta como uma fonte natural de vida, com papel fundamental para a manutenção ecológica de diversos ecossistemas, pois além de fornecer água para o abastecimento humano e da agricultura, possui recursos pesqueiros que sustentam uma intrínseca cadeia trófica que possibilita o desenvolvimento da pesca profissional e amadora na região, influenciando diversos aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Cardoso, Rauber & Berwaldt (2006), destacam que o rio Uruguai é uma fonte de renda importante para muitas famílias que dependem dele de forma exclusiva ou complementar. E, nesse sentido, a preservação da qualidade ambiental do rio Uruguai torna-se um fator importante para a garantia de renda destas famílias, bem como para a sustentabilidade dos recursos naturais.

Ainda, o Brasil apresenta um grande número de ambientes aquáticos continentais semelhantes ao rio Uruguai (REBOUÇAS, BRAGA & TUNDISI, 2006) e, como ressaltam Lucatto & Talamoni (2007), esses ambientes são alvos de várias problemáticas ambientais, sendo os principais corpos receptores de dejetos domésticos, agrícolas e industriais, que contaminam os ecossistemas e representam um risco para todos os seres vivos.

Neste cenário, e com a necessidade de proteger os ambientes aquáticos e de promover o desenvolvimento sustentável nas bacias hidrográficas, observa-se que é preciso instituir ações que proporcionem uma mudança da realidade, em favor da melhoria da qualidade

ambiental e de vida das populações.

Entre as medidas políticas adotadas, estão a criação e manutenção de Unidades de Conservação, onde, de acordo com Carvalho & Sperb (2012), apenas dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, existem 21 Unidades de Conservação de diferentes categorias, 2 Reservas Particulares, 10 Unidades de Conservação Municipais, 3 Unidades de Conservação Estaduais e 6 Unidades de Conservação Federais.

Segundo os mesmos autores, a soma das áreas dessas Unidades de Conservação totaliza cerca de 585 km², o que representa algo em torno de 1,17% da área da Bacia. Destaca-se que essas unidades são uma forma de conservar a biodiversidade e promover o desenvolvimento socioambiental, mas que também exigem outras estratégias entre instituições públicas, organizações não governamentais e empresas privadas na implementação de ações voltadas à conservação.

Ainda, Santos & Ruffino (2002), ressaltam que considerando a atual estrutura de ensino, a produção de conhecimento a partir de bacias hidrográficas é necessária, visto o grande apelo formal e informal existente e relacionado aos ecossistemas aquáticos.

Segundo os mesmos autores, os estudos de bacias hidrográficas podem proporcionar a oportunidade de formação holística entre educandos e educadores, pois são temas integradores de conhecimentos, onde podem ser desenvolvidos conteúdos relativos a solo, relevo, geologia, vegetação, fauna, clima, ocupação humana, impactos ambientais, entre outros, diagnosticando e possibilitando ações adequadas voltadas à sustentabilidade ambiental.

Neste sentido, a Educação Ambiental e os ambientes escolares se destacam, pois de acordo com Lucatto & Talamoni (2007), a escola tem de sistematizar e socializar o conhecimento, bem como de possibilitar a formação de cidadãos suficientemente informados, conscientes e atuantes, para que as questões ambientais possam ser não apenas discutidas, mas para que se busquem soluções para as mesmas.

Por fim, a inserção do rio Uruguai como tema contextualizador para a promoção do ensino se apresenta como necessária, especialmente para as cidades que participam diretamente desta realidade, como por exemplo, o município de Uruguaiana.

5. MODELAGEM DE APLICAÇÃO: USANDO O RIO URUGUAI COMO TEMA CONTEXTUALIZADOR, TRANSVERSAL E INTERDISCIPLINAR PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE CIÊNCIAS.

Ecossistemas aquáticos continentais são ambientes fundamentais para a manutenção do meio ambiente, pois são locais que proporcionam uma grande interação entre diversas espécies e grupos de seres vivos, contribuindo para a regulação climática através dos processos de evaporação, que determinam a unidade relativa, temperatura do meio e na formação dos ventos.

Esses ecossistemas são conhecidos como rios, lagos, lagoas, riachos, açudes, barragens, arroios, córregos, tributários, vertentes, entre outros. O que importa são as características em comum existentes nesses locais e que influenciam o meio.

Historicamente, as povoações se estabelecem nas margens de ecossistemas, pois os mesmos também fornecem água para abastecimento urbano, sedentamento de animais, irrigação agrícola e, infelizmente, atua como ambiente de despejo de efluentes produzidos pela sociedade.

Aliado a esses fatores, podemos perceber que a população mundial e o êxodo rural têm aumentado significativamente e igualmente entre países desenvolvidos e em países em desenvolvimento, proporcionando um acúmulo populacional nas cidades e a consequente

RIO URUGUAI: Contribuições Científicas. 2ª Edição. Revisada e ampliada.

necessidade de produção de alimentos e outros bens de consumo que exigem a exploração do meio e acabam por gerar mais resíduos.

Isso demonstra que o atual modelo de crescimento populacional e econômico é totalmente desfavorável ao meio, onde os ecossistemas aquáticos continentais são os principais atingidos e conseqüentemente degradados, tendo seu patrimônio biológico reduzido e alterado, merecendo nossa atenção, na busca de uma solução ou diminuição do problema.

Após a segunda guerra mundial, surge no mundo uma preocupação com a questão ambiental e diversas conferências e congressos foram realizados em todo o mundo. Entre esses eventos, podemos destacar a ECO92 e a Rio+20, ambos ocorridos no Brasil. Tais encontros tiveram em comum a indicação de como resolver esses problemas, apontando para a educação a responsabilidade para desenvolver nas populações a capacidade de entender os mecanismos naturais, sua importância para o equilíbrio da vida e reverter o comportamento consumista atual.

Infelizmente, a lógica apresentada vai contra a proposta de desenvolvimento econômico existente, onde cada vez mais somos incentivados a consumir, sendo praticamente hipnotizados pelos meios de comunicação e por facilidades de empréstimos financeiros.

Assim, a educação passou por reformas em vários países, onde a Educação Ambiental e o Ensino de Ciências ganha um novo papel, de instrumentalizar os estudantes para vida em sociedade, objetivando a busca pelo desenvolvimento social, econômico e cultural, alicerçados na sustentabilidade ambiental.

Entretanto, as propostas estabelecidas, não foram suficientes para a resolução dos problemas, pois muitas vezes os docentes, os quais são responsáveis pela condução dos processos educativos, muitas vezes não apresentam formação adequada para desenvolver tal função.

Esta questão está sendo resolvida por uma política de reestruturação nos processos de formação docente dentro dos cursos de licenciatura e com a execução de cursos de formação continuada, geralmente oferecidos pelos órgãos públicos com auxílio das universidades.

Ainda, apesar da existência de um empenho coletivo na busca por estas soluções, é possível perceber certa ineficiência das propostas e, sendo assim, este capítulo tenta, através de um breve esclarecimento teórico e uma metodologia de trabalho, fornecer subsídios para dar suporte ao desenvolvimento destas questões e a aplicação prática da educação ambiental e do ensino de ciências através do uso dos ecossistemas aquáticos continentais como temas contextualizadores, transversais e interdisciplinares.

Por fim, destacamos ao leitor que as atividades propostas baseiam-se em mais de uma teoria educacional, como por exemplo, os Temas Geradores de Paulo Freire (FREIRE, 1987), a Problematização, o Arco de Magueréz, Pedagogia de Projetos e os Momentos Pedagógicos de Delizoicov e outros (DELIZOICOV et al., 2002).

Para facilitar a exemplificação das atividades, vamos utilizar o rio Uruguai, como tema para a contextualização dos eventos. A escolha deste rio se dá em virtude de ser uma realidade do município de Uruguaiana, onde este trabalho já foi desenvolvido e constatada a sua eficácia (PESSANO, 2012).

5.1. Modo de aplicação da atividade

A atividade consiste em 07 etapas:

1ª Etapa: Escolha da área a ser estudada e análise dos fatores de influência (sociais, históricos, econômicos e ambientais).

Destaca-se aqui, que para a escolha do ambiente a ser trabalhado deve ser levado em consideração a importância do mesmo para a sociedade, para o meio ou se existe uma problemática em relação ao mesmo.

A primeira etapa deverá ser realizada pelo docente ou grupo de docentes em busca de subsídios que fornecerão suporte para as demais etapas da atividade, bem como para a devida orientação dos estudantes.

A busca de informações consiste em uma análise geral em revistas, jornais, organizações não governamentais, artigos ou ainda em livros.

As principais informações a serem observadas devem referir-se aos aspectos de importância do ambiente a ser utilizado para o desenvolvimento da atividade.

Após o levantamento de informações, deve-se criar um banco de dados, o qual pode possuir contribuições dos diversos docentes da escola, em relação às suas áreas de conhecimento.

2ª Etapa: Oferecimento da proposta aos alunos e problematização da temática.

Esta etapa é crucial para o sucesso da atividade, pois o docente ou grupo de docentes deverá instigar os estudantes para com a proposta, tornando-a interessante para ser desenvolvida.

Para isso, deve-se introduzir a temática demonstrando a sua importância para o município e este processo pode ser de forma investigativa, como nos exemplos abaixo:

- A água que abastece a nossa cidade é fornecida por qual fonte?
- Quando e porque, surgiu nossa cidade?
- Quais são as principais atividades econômicas de nosso município?
- Para onde vai o esgoto produzido em nossas casas?
- Vocês conhecem o rio Uruguai?

Estes questionamentos podem variar de acordo com o local de desenvolvimento da proposta e devem surgir a partir da etapa 1, quando o docente ou grupo de docentes buscou informações sobre a área a ser estudada.

Ainda, os questionamentos contribuirão para iniciar uma reflexão dos estudantes para com o rio.

Em seguida, os estudantes devem ser estimulados a construir novos questionamentos sobre o ambiente analisado, neste caso, o rio Uruguai.

O ideal é que cada estudante elabore uma pergunta sobre a temática. Destaca-se que as perguntas elaboradas pelos estudantes serão fundamentais para a próxima etapa das atividades.

Avaliação da etapa: Agora, a avaliação pode ser desenvolvida pela observação comportamental dos estudantes em executar as atividades propostas. O docente deve analisar o interesse por meio das expressões corporais e de linguagem, verificando a aprovação ou não, das atividades realizadas pelos estudantes.

3ª Etapa: Planejamento e Teorização sobre a temática.

Agora, o docente ou grupo de docentes possui duas bases para dar continuidade ao trabalho, sendo a primeira obtida durante a 1ª etapa, por meio da coleta bibliográfica, dados e demais informações relevantes sobre a temática a ser abordada; e a segunda, através dos questionamentos dos estudantes sobre a temática, as quais deverão dar uma direção ao trabalho a ser desenvolvido.

Nesta etapa, o docente ou grupo de docentes deverá planejar as ações que serão desenvolvidas juntamente ao grupo de estudantes, devendo levar em consideração os seguintes aspectos:

- Contextualização dos conteúdos formais para com a temática abordada;
- Dar um caráter científico para a abordagem, estimulando um processo investigativo aos alunos;
- Usar conceitos e conhecimentos das várias disciplinas (interdisciplinaridade) para desenvolver os conteúdos;
- Estimular a problematização e a resolução de problemas através do uso de conhecimentos aplicados.

A partir das considerações acima, o modo de aplicação escolhido pelo docente é facultativo, onde o mesmo poderá fazer uso de aulas expositivas tradicionais, ou uso da internet, ou práticas em laboratório ou de entrevistas no bairro onde a escola está localizada.

Com o objetivo de exemplificar os conteúdos a serem trabalhados em relação à temática rio Uruguai, citamos abaixo alguns modelos:

Disciplina: Ciências / Biologia

Conteúdos que podem ser trabalhados: Seres vivos (Reinos); Análise ecológica de comunidades e populações, Ecologia de ambientes aquáticos; Fragmentação de ecossistemas; Cadeias tróficas e pirâmides ecológicas; Processos de eutrofização; Estações climáticas e ciclos reprodutivos.

Disciplina: Ciências / Física

Conteúdos que podem ser trabalhados: Velocidade de correnteza; Potencial elétrico da água; Variações de temperatura; Características Físicas de ambientes aquáticos; Produção de energia em hidrelétricas (impacto social, econômico e ambiental).

Disciplina: Ciências / Química

Conteúdos que podem ser trabalhados: Poluição; Composição química da água e dos solos; Ciclos biogeoquímicos; Sistemas químicos de tratamento da água.

Disciplina: Geografia

Conteúdos que podem ser trabalhados: Relevo; Tipo de solo; Formações geológicas; Mineração (extração de areia); Estações Climáticas; Populações; Aspectos econômicos da região.

Disciplina: História

Conteúdos que podem ser trabalhados: Formação e origens das cidades, Influência cultural do meio para a sociedade; Disputas e conflitos sociais pelo meio natural; Análise

histórica do local.

Disciplina: Matemática

Conteúdos que podem ser trabalhados: Volume de cheias e secas; Análise das áreas; Quantificações populacionais; Consumo de água e produção de efluentes.

Disciplina: Português

Conteúdos que podem ser trabalhados: Análise gramatical de textos; Interpretação de notícias; Análise Literária de músicas tradicionalistas e poesias; Interpretação de artigos relacionados em periódicos científicos; Redação sobre o rio, a pesca, o uso da água e educação ambiental.

Disciplina: Educação Física

Conteúdos que podem ser trabalhados: Esportes praticados no ambiente; Influência fisiológica em relação às condições do clima; Práticas de caminhadas e trilhas orientadas; Relação entre atividade física, saúde e meio ambiente.

Avaliação da etapa: coleta de relatos juntos as estudantes

Destacamos que as atividades citadas referem-se apenas como exemplos para o desenvolvimento dos conteúdos em relação à temática, podendo esta sofrer alterações conforme a realidade de cada situação ou temática abordada.

4ª Etapa: Oficinas Pedagógicas.

As oficinas a serem desenvolvidas podem ser elaboradas com base na metodologia de Isaia e colaboradores (2001) através da confecção de painéis baseados na construção das hipóteses, fundamentadas pelas etapas anteriores.

Os estudantes devem receber orientações para formarem grupos, onde, a partir de três questionamentos, irão construir os painéis.

Cada grupo receberá quatro “*posts*” coloridos para serem utilizados em cada painel, podendo responder com no máximo duas palavras, tendo como base inicial para as respostas, a etapa de teorização e discussão.

1º Painel - Em relação ao rio Uruguai e os aspectos históricos, sociais e culturais, reflitam e construam:

A- Quais os principais problemas observados?

B- Quais os atores sociais envolvidos com a problemática?

C- Quais as possíveis soluções para a resolução dos problemas?

2º Painel - Em relação ao rio Uruguai e os aspectos econômicos reflitam e construam:

A- Quais os principais problemas observados?

B- Quais os atores sociais envolvidos com a problemática?

C- Quais as possíveis soluções para a resolução dos problemas?

3º Painel - Em relação ao rio Uruguai e os aspectos ambientais reflitam e construam:

A- Quais os principais problemas observados?

B- Quais os atores sociais envolvidos com a problemática?

C- Quais as possíveis soluções para a resolução dos problemas?

Nesta etapa, os estudantes devem ser divididos em grupos de trabalho, permitindo uma maior participação na construção do conhecimento através de debates e reflexões.

Destaca-se que as hipóteses semelhantes apresentadas pelos grupos devem ser sintetizadas para “*didatizar*” o processo de construção das ideias através de um momento de discussão e conferência em conjunto com a turma.

Este tipo de atividade demonstra-se muito favorável para a utilização de temas contextualizadores e geradores, pois promove a ideia central da metodologia prevista por Paulo Freire, o qual destacava que o tema gerador coloca o sujeito e não o conteúdo no centro do processo educativo, e, por isso, ao referir-se ao conteúdo, inaugura o diálogo com as classes populares, dando base para a concepção de uma educação libertadora (Freire, 1987).

Avaliação da etapa: síntese dos painéis produzidos e apresentação dos grupos.

5ª Etapa: Visita ao local, coleta de dados e registro fotográfico.

Esta etapa deve ser caracterizada pela visita dirigida em loco no objeto de estudo, onde o objetivo será a observação da realidade. Esta etapa deve ter a duração de apenas um dia.

Ao longo da atividade podem-se coletar dados através de entrevistas com moradores da localidade, registro fotográfico e anotações sobre as situações observadas.

Pode também ser desenvolvidos trabalhos de análise da água, através de kits físico-químicos e biológicos.

Ainda, os docentes que acompanharem a atividade podem instigar os estudantes com questionamentos, bem como contribuir com algumas falas em relação ao observado. Ressalta-se que um grupo interdisciplinar de docentes pode explorar esta atividade, tornando o passeio uma exploração de ciências.

Avaliação da etapa: coleta de relatos juntos aos estudantes.

6ª Etapa: Culminância das atividades.

Nesta etapa deve-se objetivar atingir a comunidade escolar através dos conhecimentos produzidos nas etapas anteriores.

Assim, sugere-se o desenvolvimento de uma feira de ciências que contemple as diversas áreas do saber, possibilitando um caráter interdisciplinar.

Neste momento, podem ser desenvolvidas diversas atividades, como mostra fotográfica, rodas de conversa, experimentos didáticos, produção de maquetes, sarau textual e mostra de vídeos.

Avaliação da etapa: síntese dos trabalhos produzidos e relatos dos participantes.

7ª Etapa: Avaliação final das atividades desenvolvidas.

Esta etapa exigirá uma reflexão por parte dos docentes, sobre todo o trabalho que foi desenvolvido, onde serão utilizados os instrumentos de avaliação das etapas anteriores.

O trabalho de reflexão deverá ser embasado nas vivências proporcionadas ao longo da proposta, podendo ser elaborado um relatório do trabalho ou ainda, na melhor hipótese, pode-se confeccionar um artigo científico relatando a ideia da proposta, etapas desenvolvidas e considerações avaliativas.

Ao término do relatório ou artigo, deverão ser traçadas metas e sugestões para uma próxima proposta, dando possibilidade a uma execução contínua do projeto, o qual poderá utilizar outra temática contextualizadora.

Consolidação das ideias e objetivos:

Principais aspectos de abordagem da proposta:

- Relevância e Potencialidades da realidade;
- Atividades Teóricas, Construtivistas e Problemadoras;
- Práticas Dirigidas em Campo, Laboratorial, Construção de painéis, Elaboração de vídeos e
- Mostra fotográfica;

Avaliação:

- Contínua;
- Temporal e
- Holística.

5.2. O que se espera ao final das atividades

- O desenvolvimento e contextualização dos conteúdos formais, agregando sentido aos processos de ensino-aprendizagem;
- Um maior interesse dos estudantes em relação à temática ambiental;
- O reconhecimento da importância do ambiente para a manutenção da vida e dos processos socioeconômicos e culturais;
- O desenvolvimento de um espírito investigativo, crítico e transformador da realidade, nos estudantes em favorecimento de processos sustentáveis;
- O desenvolvimento de um sentimento de efetividade pelo seu local de vida, resgatando valores como o patriotismo e orgulho regional;
- A ocorrência de uma formação para a cidadania, através de uma alfabetização científica cívica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação à importância da transversalidade no ensino de ciências e do uso de temas contextualizadores, verifica-se que os conteúdos formais voltados à temática Uruguai, mostram-se como uma boa alternativa para os processos educacionais, podendo proporcionar interesse dos estudantes na participação das atividades e melhorando as suas próprias percepções.

Assim, percebe-se que o ensino deve se adequar à legislação existente, bem como aos referenciais educacionais de diversos autores, enfocando com seus estudantes os conhecimentos da realidade local e utilizar, neste contexto, temas contextualizadores e integradores, demonstrando sua importância no contexto, formação e constituição das comunidades, bem como da problemática socioeconômica e ambiental.

A aplicação da metodologia de ensino proposta mostra-se adequada e eficaz para o desenvolvimento da temática rio Uruguai, favorecendo mudanças significativas das concepções dos estudantes acerca dos aspectos sociais,

econômicos e ambientais, além de proporcionarem novas observações e vivências aos estudantes. Ressaltamos que as atividades de intervenção propõem a criação de um ambiente aberto às discussões, o que pode tornar o processo de ensino aprendizagem mais atraente aos estudantes, facilitando a construção de novos conhecimentos.

Desta forma, a aplicação deste trabalho poderá contribuir nos processos de gestão nas escolas, através da inclusão do rio Uruguai como temas contextualizadores e integradores ou de outras temáticas de igual relevância nas práticas pedagógicas, que apresentem importância para outras realidades, bem como o uso da educação ambiental dentro dos conteúdos programáticos.

Ainda, a estratégia proposta poderá auxiliar na busca de ações educacionais, com o desenvolvimento de metodologias pedagógicas, oficinas de ciências e programas de capacitação de docentes, preparando-os para o uso de práticas construtivas, baseadas na aplicação de temas transversais de acordo com a realidade dos alunos, promovendo também novas pesquisas e ações de preservação do ecossistema rio Uruguai, aliado à sustentabilidade econômica e social.

7. REFERÊNCIAS

- BERBEL, N. A. N. (Org) **Metodologia da problematização: fundamentos e aplicações**. Editora da UEL/INEP. Londrina: Brasil, 1999.
- BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de Ensino-Aprendizagem**. Ed. Vozes 30ª ed. Petrópolis, Brasil, 2010.
- BRASIL. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: MEC/CNE, 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998. BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Brasil, 2002.
- BRASIL (2003). **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, Efeitos sobre a Biodiversidade e Recomendações de Políticas Pública**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- CARDOSO, Eduardo Schiavone; RAUBER, Karine Rambo; BERWALDT, Vivian Michele Bergmann. Pescadores do Rio Uruguai: caracterização da atividade pesqueira em Pirapó e Roque Gonzales – RS. **Ciência e Natura**, UFSM, 28 (2): 43 - 54, 2006. Acessado em 22, de julho de 2011.
- CARVALHO, O.O.; SPERB, R.M. A bacia catarinense do Rio Uruguai e o turismo de conservação como ferramenta ao desenvolvimento sustentável regional. **Revista**

Brasileira de Ecoturismo, São Paulo, v.5, n.1, pp.67– 86. 2012.

CHASSOT, A. I. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social.

Revista Brasileira de Educação, São Paulo, v.23, n.22, p. 89-100, 2003. COUTINHO, R. X. A influência da produção científica nas práticas de docentes de educação física, ciências e matemática em escolas públicas municipais de Uruguaiana – RS. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. Editora Cortez. São Paulo: Brasil, 2002.

FAZENDA, I. C. A. Interdisciplinaridade: um projeto em parceria. 5ª Edição, Rio de Janeiro: Loyola, 2002.

FERNANDES, C. S.; MARQUES, C. A. A contextualização no ensino de ciências: a voz de elaboradores de textos teóricos e metodológicos do Exame Nacional do Ensino Médio.

Investigações em Ensino de Ciências, v.17, n. 2, p. 509-527, 2012. FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** Editora Paz e Terra, Rio de Janeiro: Brasil, 1977.

JAPIASSU, H. A atitude interdisciplinar no sistema de ensino. *Revista Tempo Brasileiro*. n.108, p. 83-94, 1992.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de docentes de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v.17, n.1, p.35-50, 2011.

LUCATTO, Luis Gustavo; TALAMONI, Jandira Liria Biscalquini. Construção coletiva interdisciplinar em educação ambiental no ensino médio: a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Peixes como tema gerador. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, p. 389-398, 2007.

PESSANO, Edward Castro; PESSANO, Claudia Azevedo; TOMASSONI, Diego; FRECERO, Liliane Simionato & CASTRO, Luis Bortoluzzi. Análise da atividade pesqueira no rio Uruguai médio, diante do panorama da associação de pescadores de Uruguaiana, RS. **Biod. Pampeana**. 6(2): 49-62, dez. 2008.

PESSANO, E. F. C.; et al. Percepções socioambientais de estudantes concluintes do ensino fundamental sobre o rio Uruguai. **Revista Ciências & Ideais**, Rio de Janeiro, v.4, n.2, p.1-26, 2013.

POMBO, Olga. Interdisciplinaridade e integração dos saberes. *Liinc em Revista*, v.1, n.1, p.3-15. 2005. Disponível em: <http://www.ibict.br/liinc>. Acesso em: 12 de julho de 2011.

REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas Doce no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. Editora Escrituras. São Paulo. 2006.

RICARDO, E. C. Competências Interdisciplinaridade e contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o Ensino de Ciências. Tese (doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciências da Educação, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005.

RICARDO, E. C. e ZYLBERSZTAJN, A. Os Parâmetros Curriculares Nacionais

para as Ciências do Ensino Médio: Uma análise a partir da visão de seus elaboradores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, n. 3, p.257-274, 2008.

RIGHI, Eléia; ROBAINA, Luis Eduardo de Souza. Enchentes do Rio Uruguai no Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005: uma análise geográfica. **Sociedade & Natureza**. v22(1) Uberlândia. 2010. Acessado em 11 de setembro de 2011.

RUPPENTHAL, R. O ensino do sistema respiratório através da contextualização e atividades práticas. p.93. Programa de Pós Graduação de Educação em Ciências, Química da Vida e Saúde. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

SANTOS, Silvia Aparecida Martins & RUFFINO, Paulo Henrique Peira. **Proposta do Programa de Educação Ambiental**. In: SCHIEL, Dietrich; MASCARENHAS, Sérgio; VALEIRAS, Nora & SANTOS, Silvia Aparecida Martins. O estudo de bacias hidrográficas, uma estratégia para educação ambiental. São Carlos, Rima, 2002 SOARES, Max Castelhanos. Uma proposta de trabalho interdisciplinar empregando os temas geradores alimentação e obesidade. Dissertação (Programa de Mestrado em Educação em Ciências, Química da Vida e Saúde) – Universidade Federal de Santa Maria. 2010.

TUCCI, C. E. Controle de enchentes. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH/EDUSP, 1993.

WARTHA, E. J.; FALJONI-ALÁRIO, A. A contextualização no ensino de química através do livro didático. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, n.22, p.42- 47, 2005.

WARTHA, E. J; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84– 91. Mai. 2013. ZANIBONI FILHO, et all. **Catálogo Ilustrado de Peixes do Alto Uruguai**. Florianópolis: Ed. UFSC: Tractebel Energia, 2004, 218 p.

CAPÍTULO 2

LEVANTAMENTO HISTÓRICO DA PESCA E CONSERVAÇÃO DA BACIA DO RIO URUGUAI MÉDIO

Vinicius Bolina
Edward Frederico Castro Pessano
Luís Flávio Souza de Oliveira
Michel Mansur Machado
Marcus Vinicius Morini Querol

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde sua existência, o homem tem desfrutado dos bens que a natureza lhe proporciona. Na pré-história, por exemplo, o ser humano adaptou-se ao meio, usufruindo dele para a confecção de suas ferramentas, a fim de utilizá-las contra o próprio meio ambiente, como na caça, mesmo que sua ação sobre o local se restringisse à interferência em algumas cadeias alimentares. Essa disposição inicial na luta de obtenção de alimento e matéria prima para suas atividades não se restringiu somente ao ambiente terrestre, mas se estendeu aos ambientes aquáticos e semiaquáticos (MOTA & BRAICK, 2005).

Neste contexto, as bacias hidrográficas são um dos componentes ambientais mais afetados pelo homem. Alterações ocorridas nestas podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade da água, entre outros fatores (MERTEN & MINELLA, 2002). Desde a década de 1980, diversas alterações, tanto nas características ambientais, quanto na legislação, marcaram e expuseram a bacia do rio Uruguai, a um destaque no meio social, chamando a atenção das comunidades próximas às diferenças que começavam a surgir a partir de então. A principal delas talvez possa ser exemplificada pela quantidade de pescado proveniente da bacia, que foi reduzindo-se tanto em quantidade, quanto em tamanho dos espécimes.

Algumas ferramentas voltadas à minimização destes problemas foram elaboradas, como a proibição de certos apetrechos para a pesca (ACCUDAM, 1994) e, também, a captura de determinadas espécies consideradas ameaçadas na região (CONSEMMA, 2002). Da mesma forma, o cultivo de espécies exóticas, como a Carpa Húngara (*Cyprinus carpio*), também faz parte desta contextualização, já que pode acarretar em graves efeitos sobre a biota nativa (QUEROL et al., 2005). O surgimento de grupos de apoio à conservação da bacia também foi de grande relevância no que tange o contexto histórico.

Ainda no âmbito das mudanças, muito antes desta mensuração de alterações pré-disposta temporalmente, mais especificamente na época das missões jesuíticas no Rio Grande do Sul, o padre jesuíta Antonio Sepp descreveu o que viu na região:

“(...) Para o oeste corre o Rio Uruguai com sua água cristalina, doce, murmurante, que em sua sanidade supera todas as fontes europeias. Esta água (...) é límpida e purificada pelas raízes das árvores, que cobrem com fresca sombra a beira de ambos

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) *os lados por 400 milhas, como também pedras e granitos de areia na qual a água bate. (...) Aqui se encontram numerosas ilhas maravilhosas, rodeadas de árvores(...). Este rio é abundante em pesca e em determinadas épocas os índios podiam pescar peixes com as próprias mãos, no qual eu mesmo experimentei várias vezes” (SEPP, 1771).*

Descrições como esta, feitas em meados do ano de 1700, servem como panoramas de observação da antiga situação da bacia, e uma expectativa futura, já que o homem, precursor de diversas destas mudanças, é produto do processo evolutivo e de um contexto cultural historicamente estabelecido, com comportamentos adaptativos, que os levam ao relacionamento social e ao contato com os elementos no meio ambiente (NEIMAN, 2009) e as consequentes alterações que tal fato pode acarretar.

Neste capítulo, apresentou-se um estudo que teve como objetivo a tentativa de mensurar os impactos causados pelo homem durante o intervalo de tempo a partir da data base, onde se denota o início de discussões de uma maneira mais expressiva em prol do meio ambiente (Década de 80), para um possível encaminhamento dos pareceres avaliativos aos órgãos ambientais competentes, servindo, assim, como uma contribuição à preservação dos recursos naturais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Por meio de documentos, pareceres técnicos, ofícios, jornais, revistas e artigos que tratem da história do local desde 1980, se estabeleceram qualitativamente e quantitativamente as mudanças ocorridas, observando as leis e determinações vigentes, aliado ao cumprimento ou não das exigências legais. A pesquisa de campo foi feita entre fevereiro a agosto de 2013 em museus, bibliotecas, jornais, emissoras de televisão e rádios, com a busca de materiais históricos, fotografias, imagens e material jornalístico sobre o rio Uruguai e a visão popular sobre o mesmo.

Dentre os locais visitados, citamos o acervo histórico do Centro Cultural Dr. Pedro Marini, Museu do Rio Uruguai, Museu Raul Vurlod Pont, Biblioteca Municipal Luiz Guilherme do Prado Veppo, Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Campus Uruguaiana - PUCRS e Jornal Correio do Povo, além de cópias das legislações, que também foram analisadas. Além destes, órgãos como a sede do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA em Uruguaiana, Conselho Municipal de Meio Ambiente - CONSEMMA, Secretaria de Meio Ambiente de Uruguaiana – SEMA, também foram envolvidos no processo de pesquisa.

Primeiramente, foram analisados todos os acontecimentos catalogados e armazenados em arquivo relevantes desde 1980. Posteriormente, os dados coletados foram confrontados com uma visualização da realidade local, com o intuito de estabelecer relações entre os documentos históricos e as possíveis modificações ambientais. Em cada uma destas relações, foram destacados aspectos da conservação da bacia, para análise e comparação nas diferentes escalas temporais. O método de pesquisa se dividiu entre análise bibliográfica das legislações e de artigos publicados em periódicos.

Também foi aplicado um questionário (ANEXO 1), com questões abertas e fechadas a moradores ribeirinhos, pescadores, profissionais do meio-ambiente e produtores rurais sobre seu conhecimento quanto a conservação do rio, qualidade da água, principal agente poluidor da bacia e quantidade de espécies de peixes capturados ao longo dos anos. A entrevista com os pescadores ribeirinhos e demais atores sociais também aconteceu no mês de agosto, com 7 indivíduos de cada grupo, totalizando um total de 28 entrevistados, todos

RIO URUGUAI: Contribuições Científicas. 2ª Edição. Revisada e ampliada.

com idade acima de 38 anos. A idade dos mesmos se explica pela possibilidade de conhecimento da situação desde a data pré-disposta no trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise dos dados obtidos, pode se observar que as diferentes formas de combater o abuso ao meio ambiente são anualmente desempenhadas por órgãos comunitários, secretarias e conselhos de meio ambiente, que realizam discussões em prol de uma legislação mais severa. A tenuidade das aplicações das leis é traduzida em qualquer observação leiga às margens do rio Uruguai médio, seja detectando a precariedade de matas ciliares, o excesso de esgoto doméstico, industrial e o excedente agroquímico de lavouras nas barragens adjacentes à bacia, que utilizam materiais potencialmente nocivo. Neste contexto, verificou-se a diferença atual da vegetação dos dois lados do rio, onde ao topo da imagem se vê ao Brasil e, no plano inferior, a Argentina (Figura 1). O lado brasileiro caracteriza-se por uma quantidade de edificações, enquanto o lado argentino conta com uma flora mais acentuada e preservada.

Figura 1: Diferença entre as vegetações das margens do rio Uruguai Médio, onde no topo da imagem se vê Uruguaiana (Brasil) e, abaixo, Paso de Los Libres (Argentina). Créditos: Jair Prandi.



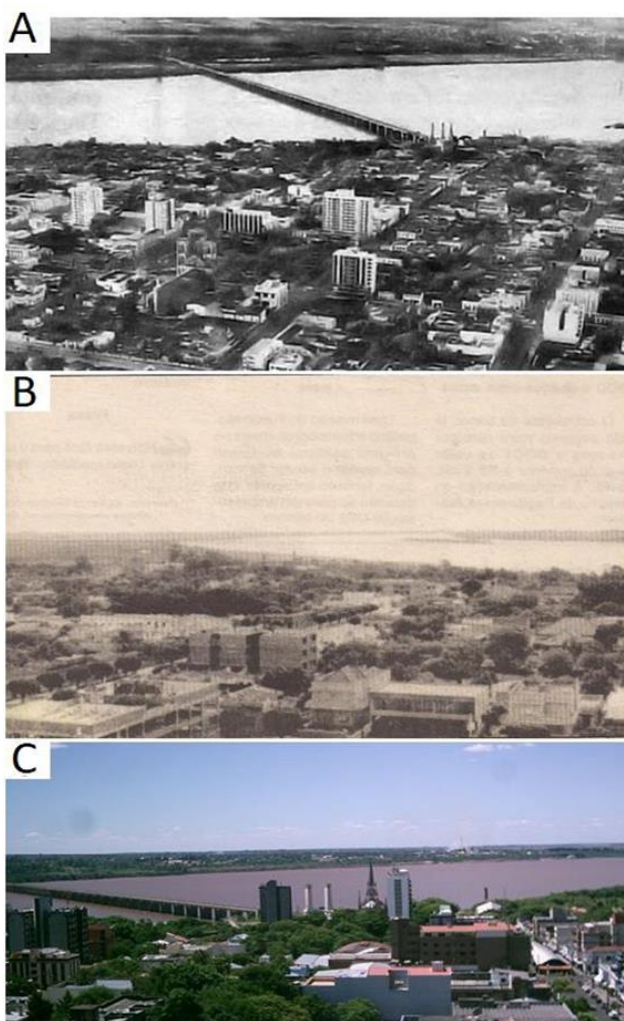
Neste contexto, ações com intuito de preservação ambiental foram discutidas no Primeiro Seminário Internacional Sobre o Meio Ambiente, Pesca e Turismo, que aconteceu em 1994, idealizado pela Associação Civil Comunitária Uruguaiense de Defesa ao Meio Ambiente (ACCUDAM). O evento teve participação de 33 entidades da Argentina, Brasil e Uruguai, que discutiram assuntos para unificação das legislações, dentre eles, a proibição da pesca e da utilização de determinados apetrechos para a atividade. Na ocasião, foi diagnosticado o forte impacto ambiental sofrido pelo rio Uruguai, caracterizado por banhados e várzeas que, gradativamente, começavam a desaparecer em decorrência da exploração de atividades agropastoris; pela continuidade do desmatamento das florestas que cobrem a região da bacia; pela destruição da mata ciliar ao longo do rio e seus efluentes; pela erosão provocada por desmatamento; pelo uso massivo de agrotóxicos e adubos; e pelo elevado número de bombas d'água sem filtros de proteção.

Esta realidade descrita em 1994 continua semelhante a atual, com o forte impacto

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) ambiental sofrido em toda a extensão do rio, tanto na diversidade íctica, quanto no número de edificações construídas ao longo dos anos sem um planejamento ambiental, influenciando o desenvolvimento da bacia do rio Uruguai e inibindo o crescimento de uma área de preservação (Figura 2 A, B e C). No entanto, estudos com intuito de mensuração destes impactos não foram realizados ou são extremamente incipientes nesta porção da bacia.

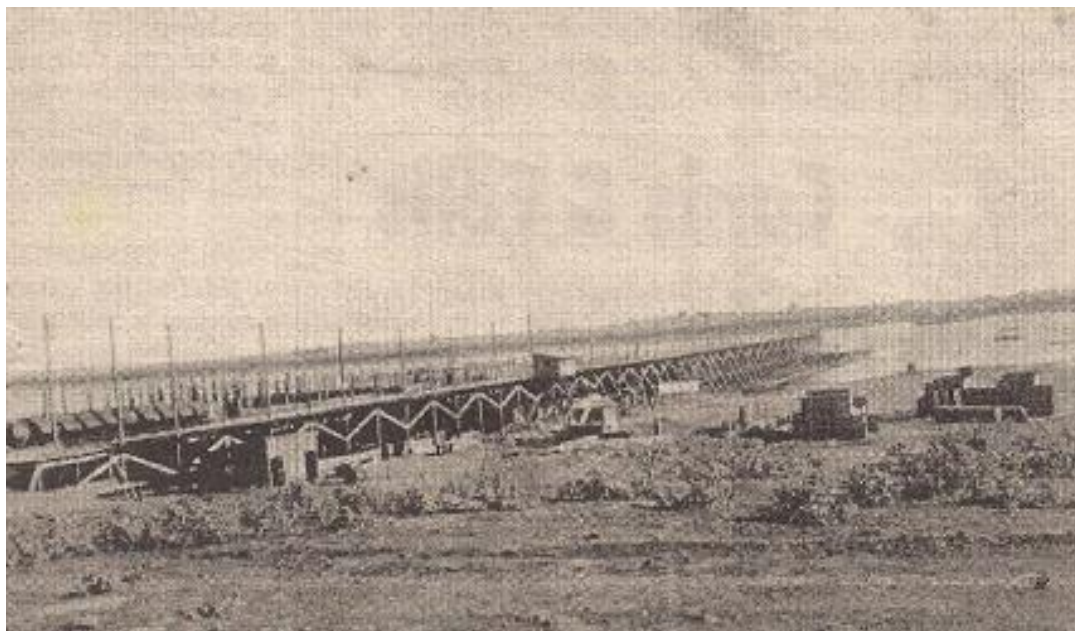
Conforme Tucci (1997), à medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorre o aumento das vazões máximas, que, segundo Leopold (1968), pode ser de até 7 vezes devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies. Ainda, pode haver o aumento da produção de sedimentos, ocasionado pela desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos; a deterioração da qualidade da água, devido à lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.

Figura 2. Edificações à beira do rio Uruguai (A), 1980; (B): 1995; (C): 2002. Créditos: Centro Cultural Dr. Pedro Marini; Jair Prandi.



Mesmo antes do período estudado, em 1943, quando construída a ponte Internacional que liga Uruguaiana a Paso de Los Libres - Argentina pode-se perceber a diferenciação da vegetação local, ao fundo (Figura 3), observa-se a grande quantidade de vegetação arbórea, enquanto no lado brasileiro, algumas mudas sendo plantadas. Tal fato talvez possa ser resultado das atividades agropastoris ao longo do rio Uruguai.

Figura 3. Construção da ponte Internacional, em 1943, com destaque para a diferenciação na masgens do rio. Fonte: Centro Cultural Dr. Pedro Marini.



Ao decorrer do tempo, diversos acontecimentos foram registrados no rio Uruguai, como a mortalidade repentina de peixes (Figura 4) e recentemente, o aparecimento de mexilhões dourados (*Limnoperma fortunei*), em Uruguaiana, como o observado por Querol *et al.* (2013), (Figura 5). Conforme PASTORINO *et al.* (1993), o primeiro registro dessa espécie na América do Sul foi no rio da Prata, balneário de Bagliardi (34°55'S, 57°59'W), próximo da capital argentina de Buenos Aires, em 1991. A espécie já foi estudada e evidenciada em meados dos anos 2000 no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil (MANSUR *et al.*, 2003), e nos outros integrantes da bacia do Prata (rio Paraná, rio da Prata e rio Paraguai), (PESTANA *et al.*, 2008). DARRIGRAN (1995) sugere que a introdução da espécie, natural do sudeste asiático, teria ocorrido com água de lastro de navios vindos de países desta região.

Figura 4. Animais flagrados mortos no rio Uruguai. Fonte: Jornal Diário da Fronteira, 2012.

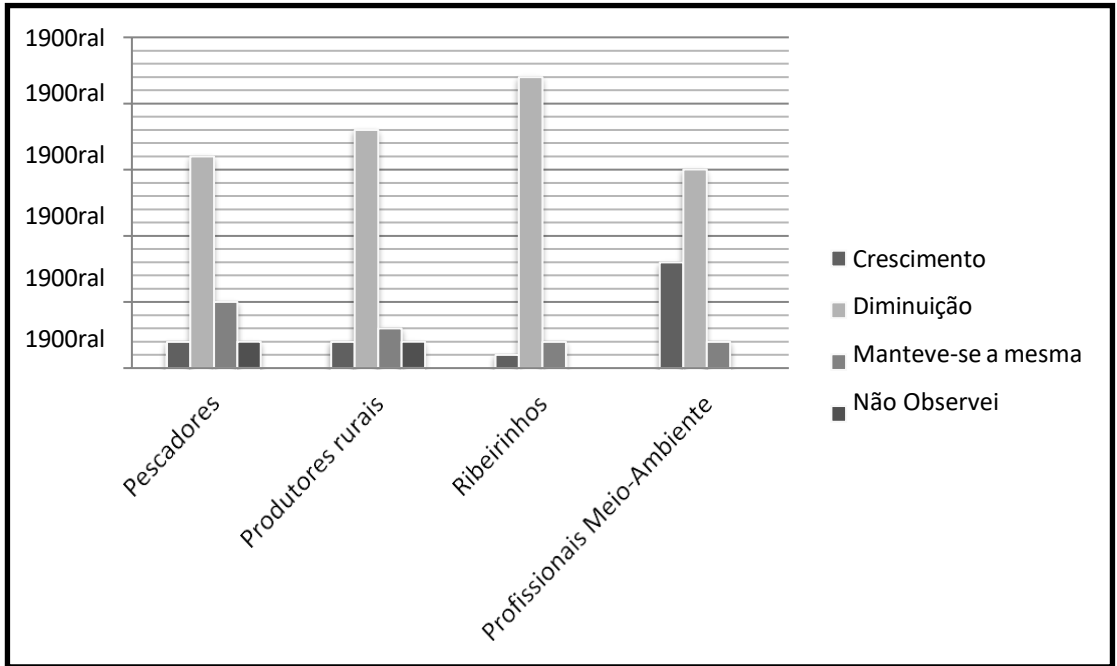


Figura 5. Mexilhões-dourados encontrados na beira do rio Uruguai. Fonte: Jornal Diário da Fronteira, 2012.



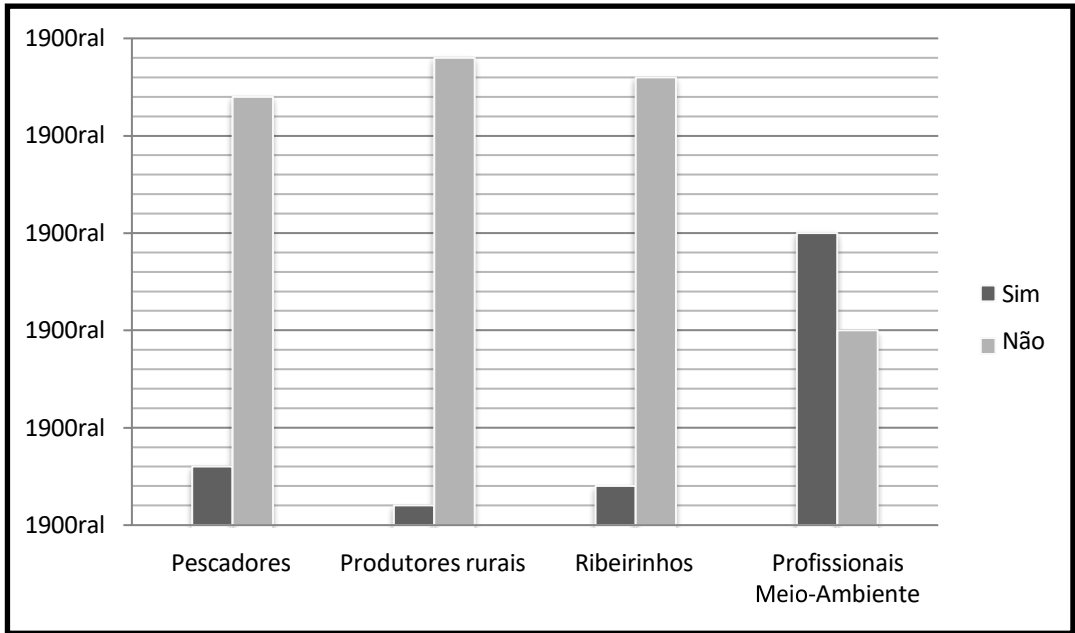
Como resposta aos questionários (Anexo 1), em alguns fatores, as quatro classes de entrevistados entraram em concordância, onde acreditam que a vegetação ciliar diminuiu nos últimos 33 anos (Figura 6). Alguns dos principais danos observados e descritos pelos questionados é semelhante ao descrito pela ACCUDAM (1994), como os banhados e várzeas que gradativamente desapareceram com atividades agropastoris, desmatamento da flora remanescente, uso abusivo de agrotóxicos, entre outros.

Figura 6. Averiguação da vegetação das margens a partir dos anos de 1980 até os dias atuais.



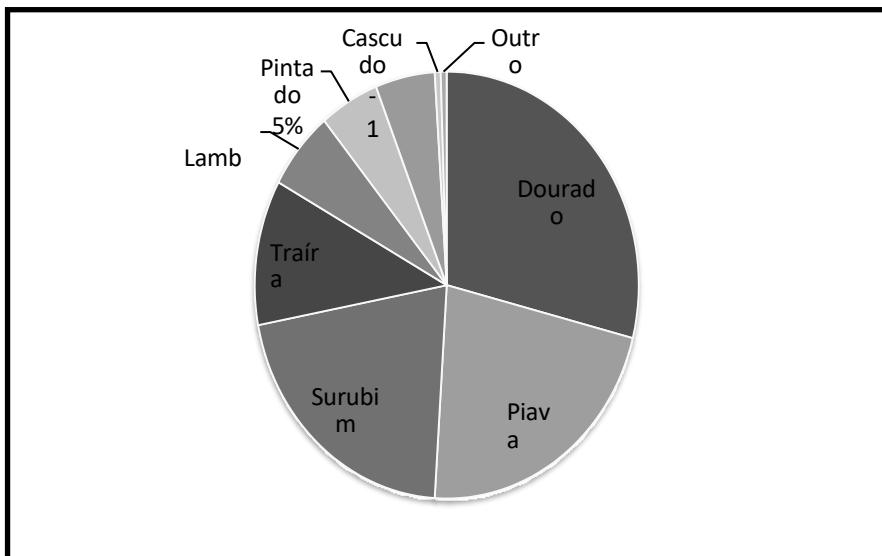
A maioria dos profissionais do meio-ambiente afirma que há uma preservação da mata ciliar em algum ponto do rio (Figura 7) devido a voluntários, tanto de ONGs quanto de escolas públicas que realizam trabalhos periódicos, envolvendo coleta de lixo e plantação de mudas de árvores nativas. Em estudo semelhante, realizado por BITTENCOURT & SORIANO-SIERRA (2007) na orla do canal da Barra da Lagoa, Santa Catarina, apenas 17% dos atores sociais entrevistados na região responderam que há importância em ações com o intuito da preservação do meio ambiente.

Figura 7. Observância de uma melhor preservação da mata ciliar em algum ponto do rio desde 1980 até hoje.



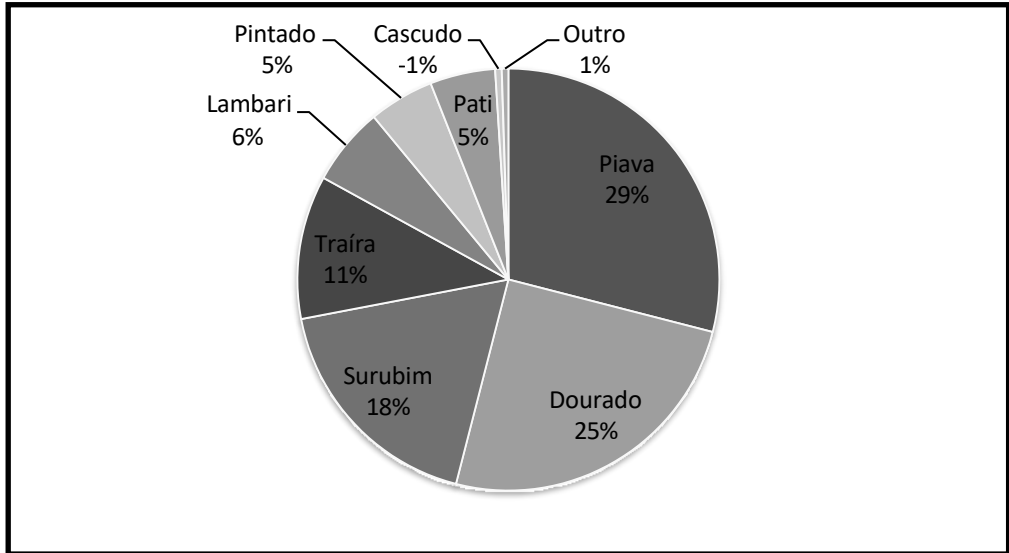
Em relação à ictiofauna, a grande maioria dos entrevistados enumerou dourado, piava, surubim traíra, lambari, pintado, pati e cascudo, de 1 a 8, respectivamente, em escala de captura, quando questionados sobre a ocorrência de peixes na década de 1980, (Figura 8).

Figura 8: Em ordem de ocorrência, animais mais capturados no rio Uruguai na década de 1980.



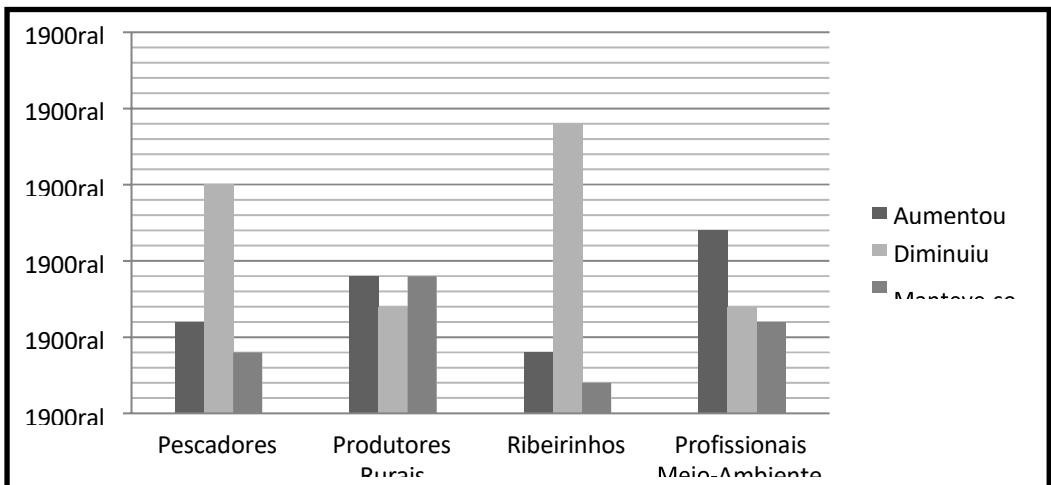
A média atual de captura de peixes se manteve semelhante, diferenciando-se apenas pelo maior número de relatos de incidência para piavas, do que dourados dos anos 2000 até 2013 (Figura 9).

Figura 9. Espécie mais encontrada entre 2000 e 2013.



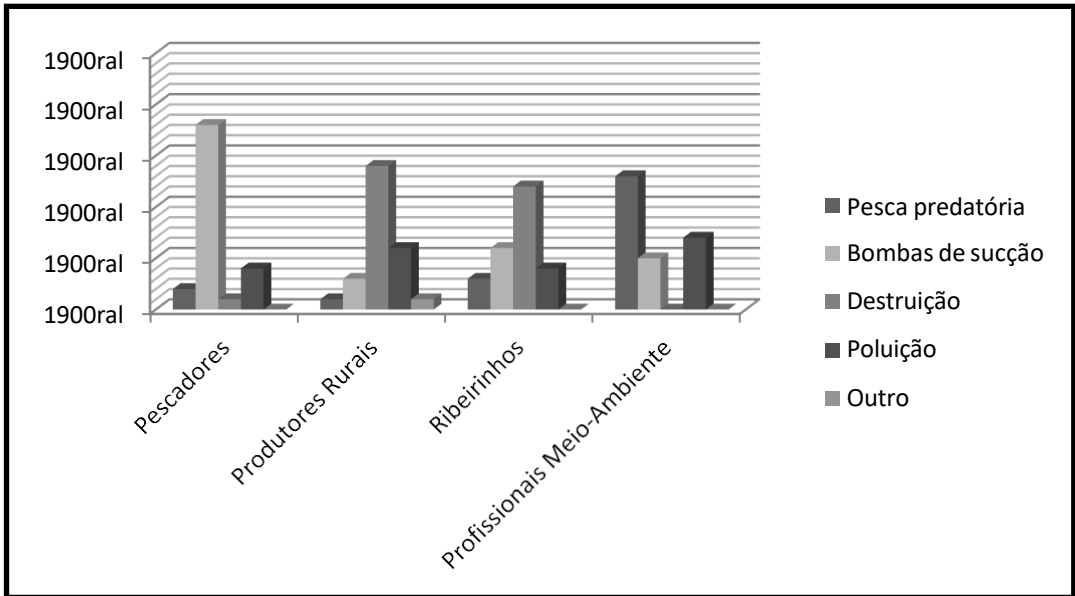
Os resultados dos questionários apontam a ictiocenose como um dos fatores mais divergentes entre os entrevistados (Figura 10). Mesmo diante da proibição da utilização de redes de pesca e da intermitência da atividade no período da piracema, os questionados afirmam que a pesca acontece da mesma forma nestes períodos.

Figura 10. Percepção sobre a quantidade de peixe capturado no rio entre 1980 e 2013.



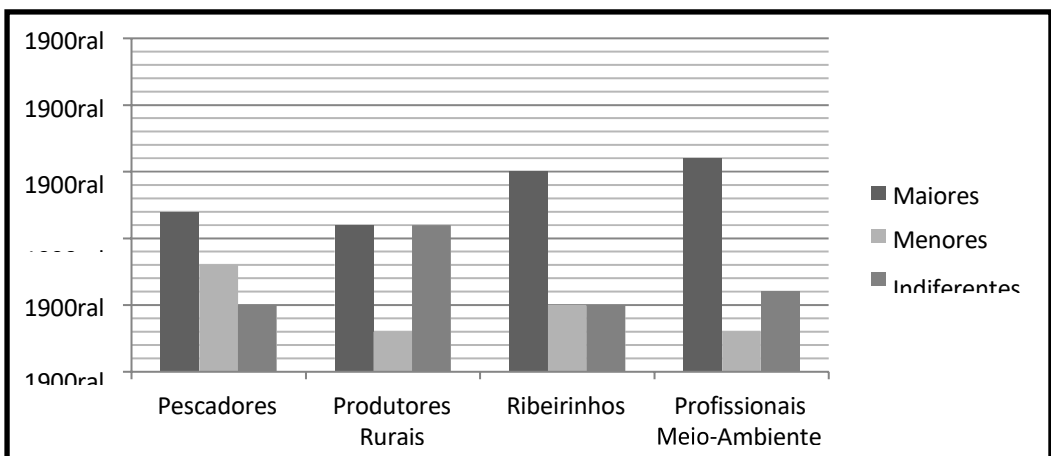
A grande maioria dos pescadores atribui a falta de peixes no rio aos agrotóxicos despejados nos adjacentes das bacias pelas lavouras, além da das bombas de sucção, enquanto grande parte dos profissionais do meio-ambiente acusam os pescadores de serem responsáveis pela falta de pescada no rio (pesca predatória). Alguns produtores rurais, por sua vez, afirmam que as hidrelétricas e os pescadores são responsáveis pela escassez de animais (Figura 11).

Figura 11. Fatores/atividades responsáveis pela diminuição de animais no rio Uruguai.



A maioria dos entrevistados concorda que os animais pescados por volta de 1980 eram maiores dos que os atuais, e explicam a situação atual devido a grande captura dos animais de pequeno porte, impossibilitando o seu desenvolvimento no seu habitat (Figura 12).

Figura 12. Os animais pescados por volta de 1980, se comparados com os capturados em 2013.



O aumento do número de secas e cheias também foi percebido por todas as classes de entrevistados (Figura 13), assim como o aumento na duração de cada uma destas (Figura 14). Este aumento, conforme também explicitado pela EMBRAPA (2009) na região do Pantanal Mato-grossense, se deve às hidrelétricas que acabam regulando o fluxo de água no rio. Segundo o mesmo documento (EMBRAPA, 2009), para a conservação da fauna de peixes, especialmente das espécies migratórias, é necessário restaurar/recuperar a conectividade entre o canal dos rios e suas áreas de inundação (várzeas).

Figura 13. Percepção acerca do número de cheias e secas 33 anos, até 2013.

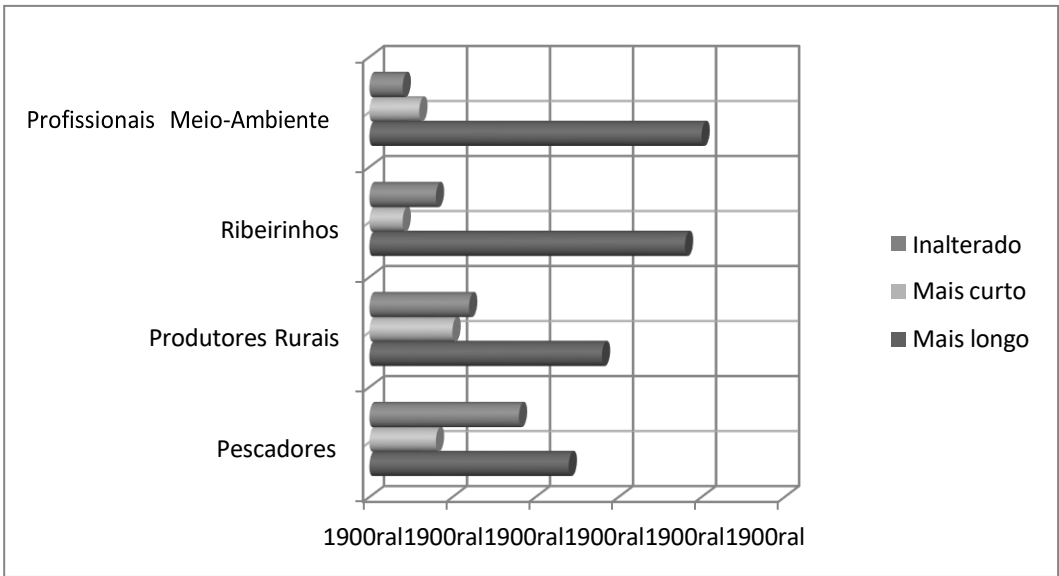
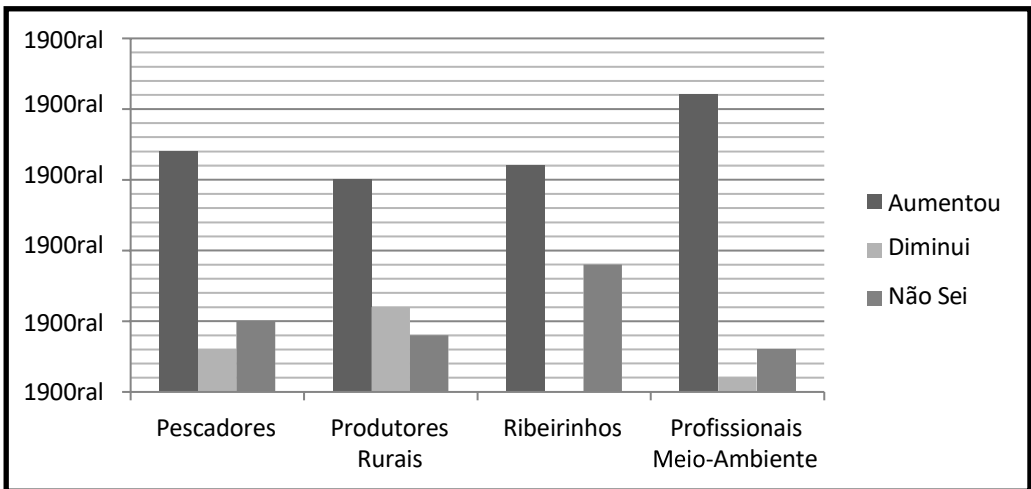


Figura 14. Percepção sobre o período das cheias e secas até 2013.



As hidrelétricas foram apontadas por profissionais do meio-ambiente, pescadores e produtores como uma das principais causas da diminuição de pescado do rio (Figura 15). Quando questionados sobre o maior agente poluidor da bacia, houve muitas divergências entre as respostas dos entrevistados (Figura 16).

Figura 15. Crença na influência das hidrelétricas no número de pescado no rio.

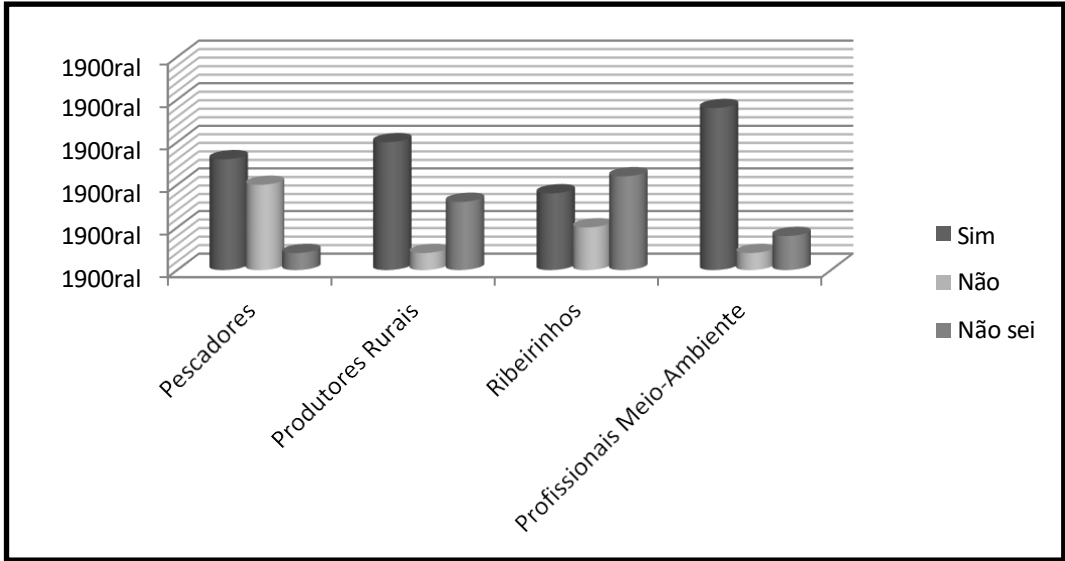
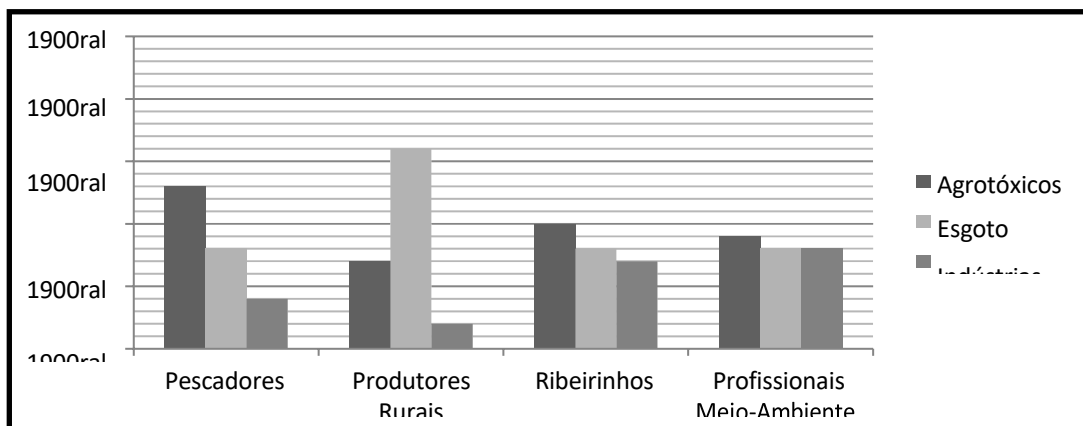


Figura 16. Principais elementos causais, responsáveis pelos impactos ambientais na bacia do rio Uruguai, segundo a percepção das classes entrevistadas.



Conforme Goulart & Callisto (2003), deve-se considerar que nas áreas com grande concentração da parcela miserável da sociedade, há uma grande pressão sobre os recursos naturais, proveniente da total desinformação e falta de recursos, aliada às péssimas condições de vida, sendo também local de despejo de lixo, com enorme potencial de veiculação de inúmeras doenças.

Na orla do Uruguai médio, percebe-se grande quantidade de lixo depositado de forma irregular, porém, por mais que parte dos ribeirinhos tenham baixa renda e baixa escolaridade, há ainda a intervenção de indivíduos das regiões mais centrais da cidade, que despejam materiais orgânicos em decomposição, animais mortos e realizam cultos religiosos com alimentos e garrafas de vidro, sem retirar os materiais do local.

Todo o contexto do trabalho se resume em um pequeno aspecto cultural: a educação. Caso esta fosse presente na atual sociedade, reverteria os danos causados por gerações anteriores e, talvez, não permitiria que tais dilemas ambientais se desencadeassem desta forma.

Em países mais desenvolvidos, esta realidade de impacto ambiental propiciado pelo homem não é tão comum. Segundo Guimarães (1995), a educação ambiental deveria ser estendida durante todas as etapas da educação formal ou informal. Com consciência e instrução, se é possível preservar, manter e fazer prosperar os bens naturais. Prova disso está do lado argentino, que por mais de 20 anos teve uma taxa de analfabetismo extremamente baixa e guarda resquícios de consciência ecológica (FAUSTO & DEVOTO, 2004).

4. CONCLUSÕES

As mudanças acontecem, e apenas uma pequena porcentagem local da população percebe que algo está errado. No momento das entrevistas, várias foram as escusas para certos questionamentos e falta de conhecimento sobre certos assuntos. Cada classe defende claramente seu ponto de vista. Tal fato pode ser notado em questionamentos sobre a diminuição de animais no rio e atividade com maior potencial de poluição. A falta de fiscalização também é algo considerável, levando em conta que, segundo os próprios pescadores, o dourado (*Salminus brasiliensis*), assim como o surubim (*Pseudoplatystoma sp.*), animais presentes no livro vermelho de espécies ameaçadas de extinção, estão entre os

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) mais capturados atualmente. Quando questionados sobre o conhecimento a respeito das leis, os extrativistas afirmam não poder perder a oportunidade, já que, caso não capture o animal, outro o fará.

Com fiscalizações extremamente brandas, percebe-se o grande acúmulo de lixo doméstico na orla do rio, despejado diariamente em grande quantidade. Pescadores utilizam redes normalmente, em contrariedade com a ação civil pública nº 2007.71.03.000201/RS de 2009, onde se tentou estabelecer uma quantidade limite de rede por pescador profissional e limite nas dimensões da malha. A fiscalização, mesmo assim, de nada adiantará enquanto a legislação argentina da pesca for de encontro com a brasileira.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao todo, foram observadas mais de 100 fotografias, 32 documentos históricos e 56 documentos jornalísticos durante todo o processo de pesquisa de campo do trabalho. Os principais foram relatados neste capítulo, enquanto muitos outros fugiam do tema central e do eixo do estudo. A cada relato inserido no presente trabalho, outras informações eram catalogadas e armazenadas, muitas vezes vindo de encontro com a realidade já estipulada, demonstrando a complexidade e a impossibilidade em se estabelecer relatos históricos específicos ao se tratar de um corpo d'água com escassos estudos a seu respeito e muita divergência de informações. Dentro das pesquisas de campo, as descobertas foram significativas, tendo em vista que a maior parte dos dados coletados serviram como base fundamental do trabalho.

Os questionários também vieram de encontro com esta realidade principal, e foi possível perceber a divergência de opinião dos diferentes grupos de entrevistados. Ainda, houve ideias desarmônicas entre as classes sociais que pertenciam a um mesmo grupo. Como principal exemplo disso, ribeirinhos com uma renda familiar maior acreditavam que os problemas ambientais do rio Uruguai médio eram consequência da destruição local como um todo, tanto da flora, quando da fauna e das características físico-químicas da água. Moradores da mesma área, com renda familiar inferior, em sua maioria, aplicavam os danos às bombas de sucção e dejetos agropastoris. Foi percebido, também, ao final do trabalho, a necessidade de aumento do número de entrevistados, para uma configuração melhor embasada dos resultados expostos. Todavia, a estimativa é de que os dados não destoem dos explícitos neste artigo.

A olho nu, as diferenças entre as margens do rio definem a realidade de políticas ambientais preservacionistas, e políticas e fiscalizações brandas e relapsas. Esta discrepância, estabelecida e reafirmada conforme o passar dos anos, pode ter relação com o período compreendido até 1995, quando o PIB argentino superava o brasileiro em larga escala e a taxa de analfabetismo do Brasil era de aproximadamente 20 % da população com 15 anos ou mais, enquanto a da Argentina não alcançava a faixa dos 10% (FAUSTO & DEVOTO, 2004).

O período de quatro décadas a ser analisado foi estabelecido por uma melhor possibilidade de busca dos dados e de um enfoque histórico e diacrônico das mudanças sociais, econômicas e biológicas (GUGELMIN, 1995). Todavia, uma amplitude neste diagnóstico temporal seria importante para um melhor conhecimento do mesmo. Um estudo antropológico mais aprofundado proporcionaria possíveis políticas de comportamento e preservação ambiental às populações locais, tratando de um âmbito de conscientização, tendo em vista que as políticas públicas dificilmente surtirão efeito neste cenário.

6. REFERÊNCIAS

- ACCUDAM, Associação Civil Comunitária Uruguaiense de Defesa ao Meio Ambiente. Seminário Internacional sobre meio ambiente, pesca e turismo. Uruguaiense, 1994.
- BITTENCOURT, Neres de Lourdes; SORIANO-SERRA, Eduardo Juan. A ótica dos atores sociais na gestão ambiental dos terrenos de marinha: o caso da orla do canal da Barra da Lagoa, Ilha de Santa Catarina, Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 15, P. 67-74. 2007.
- CONSEMMA, Conselho Municipal de Meio Ambiente. Parecer técnico: Contextualização em desfavor do uso do apetrecho (rede) na bacia do rio Uruguai, Uruguaiense – RS. Uruguaiense, 2002.
- DARRIGRAN, Gustavo. *Limnoperna fortunei*: ¿Un problema para los sistemas naturales de agua dulce del Mercosur? *Revista Museo La Plata, La Plata*, 1 (5). P. 85-87.
- DECRETO nº 41.672. Lista das Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Rio Grande do Sul. 10 de junho 2002.
- EMBRAPA. Influências de Usinas Hidrelétricas no Funcionamento Hidro- Ecológico do Pantanal Mato-Grossense – Recomendações. Embrapa Pantanal, Corumbá – MS. 2009.
- FAUSTO, Boris; DEVOTO, Fernando. Brasil e Argentina. Um ensaio de história comparada (1850 – 2002). Editora 34. São Paulo, SP. P. 146-153. 2004.
- FOLADORI, Guillermo; TAKS, Javier. Um olhar antropológico sobre a questão ambiental. *Mana* vol.10 no.2. Rio de Janeiro. 2004.
- FUNDACENTRO. Prevenção de acidentes no trabalho com agrotóxicos: segurança e saúde no trabalho, n. 3. São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, Ministério do Trabalho, 1998.
- GUGELMIN, Sílvia Ângela. Nutrição e alocação de tempo dos Xavante de Pimentel Barbosa, Mato Grosso: um estudo em ecologia humana e mudanças. (Ricardo Ventura Santos, orientador). Tese de Mestrado, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública/Fundação Oswaldo Cruz. 118p. Anexos. 1995.
- GOULART, Michael; CALLISTO, Marcos Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, ano 2, nº 1. 2003.
- Jornal Diário da Fronteira. Ano XIII, nº 3455. Fronteira Oeste, RS. 9 de fevereiro de 2012.
- Jornal Diário da Fronteira. Mexilhões-dourados. A nova ameaça ao rio Uruguai. *Fronteira Oeste*, RS. 30 de janeiro de 2012.
- KOBIYAMA, Masato. Prevenção de desastres naturais. Conceitos básicos. 1ª Edição. Organic Trading. Curitiba, PR. 2006.
- LAVILLE, Élisabeth. A empresa verde. USP. São Paulo, SP. 2009.
- LEOPOLD, Luna. Hydrology for Urban Planning – A Guide Book on the Hydrologic Effects on Urban Land Use. USGS circ 554, P. 18. 1968.
- MANSUR, Maria Cristina Dreher *et al.* Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Rev. Bras. Zool.* [online]. Vol.20, n.1, P. 75-84. 2003.
- MERTEN, Gustavo; MINELLA, Jean. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez, 2002.
- MOTA, MYRIAM; BRAICK, PATRÍCIA. HISTÓRIA DAS CAVERNAS AO TERCEIRO MILÊNIO. VOL I. 1ª EDIÇÃO, EDITORA MODERNA. SÃO PAULO, 2005.
- NEIMAN, ZYSMAN. ASPECTOS DA ECOLOGIA COMPORTAMENTAL E DA SOCIOLOGIA AMBIENTAL PARA A COMPREENSÃO DA RELAÇÃO SER HUMANO E NATUREZA. *REVISTA HOLOS ENVIRONMENT*. V.9 N.2. P. 316. 2009.

- Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022)
PASTORINO, Guido; *et al.* *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor em aguas del rio de La Plata. Neotropica. La Plata, 39. P. 101-102. 1993.
- PESTANA, Débora; *et al.* Seasonal variation in larval density of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) in the Iguaçú and Paraná rivers, in the region of Foz do Iguaçú, Paraná, Southern Brazil. Braz. arch. biol. technol. vol.51 no.3 Curitiba, PR. 2008.
- QUEROL, Marcus Vinícius Morini; *et al.* Ocorrência Da Carpa Húngara, *Cyprinus Carpio* (Linnaeus, 1758) e Disseminação Parasitária, no Arroio Felizardo, Bacia Do Médio Rio Uruguai, Uruguaiana, RS, Brasil. Biodiversidade Pampeana, PUCRS, Uruguaiana, 2005.
- QUEROL, Marcus Vinícius Morini; *et al.* Ocorrência de *Limnoperna fortunei* (Mollusca, Mytilidae), no rio Uruguai, município de Uruguaiana, Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, Pampa Brasileiro. Biotemas, 26 (3): 249-254. 2013.
- RIBAS, Priscila Pauly; MATSUMURA, Aida Terezinha Santos. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 10, n. 14, p. 149-158, jul./dez. 2009
- SANTOS, Milton. Pensando o espaço do homem. Edusp. São Paulo, SP. 2012. SEPP, Anton. Relación de Viaje a las Misiones Jesuíticas. Tomo I. EUBA. Buenos Aires, 1971.
- SOUSA, Fabrício Alves de; *et al.* Responsabilidade social empresarial: uma análise sobre a correlação entre a variação do índice de sustentabilidade empresarial (ISE) e o lucro das empresas socialmente responsáveis que compõem esse índice. Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade. Sousa, PB. 2011.
- TOMMASI, Luiz Roberto. Estudo de Impacto Ambiental. Ed. CETESB: Terragraph Artes e Informática, 354p. 1994.
- TUCCI, Carlos. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 2 n 2. 1997.

ANEXO 1

Questionário sobre alterações nas características da Bacia do Uruguai Médio, durante o transcorrer de 33 anos.

1- Você conhece o rio Uruguai? (

) Sim () Não

2 – Sobre a vegetação ciliar (mata), você observou alguma alteração no local a partir dos anos de 1980 até hoje?

() crescimento () diminuição () manteve-se a mesma () não observei

3 – Você observa uma melhor preservação da mata ciliar em algum ponto do rio desde 1980 até hoje?

() sim () não

Qual? / Onde?

4 – Sobre incidência/ocorrência de espécies de peixes, na década de 1980, a seu ver, qual delas era a mais capturada. Enumere em ordem de ocorrência:

() dourado; () surubi; () piava; () traíra; () lambari; () magurujú; () pintado; () pati; () cascudo; () outro. Qual?

5 – Atualmente, a seu ver, qual a espécie mais encontrada:

() dourado; () surubi; () piava; () traíra; () lambari; () magurujú; () pintado;

() pati; () cascudo; () outro. Qual?

6 - Você acredita que a quantidade de peixe capturado no rio entre 1980 e 2013: () aumentou; () diminuiu; () manteve-se a mesma;

7 – Se diminuiu, a que você atribui essa redução?

() pesca predatória; () aumento de bombas de sucção; () destruição do ambiente natural; () poluição do rio. () outra

Qual? _____

8 – Os animais pescados por volta de 1980, se comparados com os capturados atualmente:

() eram maiores; () eram menores; () não reparei diferença; **10** – O

número de cheias e secas aumentou nos últimos 33 anos? () sim;

() não; () não sei;

11 – O período das cheias e secas, hoje em dia:

() é mais longo; () é mais curto; () não percebi mudança;

12 – Você acredita que as hidrelétricas afetam o número de pescado no rio? () sim; () não; () não sei.

13 – Você acredita que o Rio Uruguai seja um ambiente poluído? ()

sim; () não; () não sei responder;

14 – A poluição, desde 1980 até hoje:

() aumentou; () diminuiu;

() não há poluição no rio Uruguai;

15 – Dentre as atividades abaixo, qual, na sua opinião, é a maior responsável por impactos ambientais na bacia do Rio Uruguai:

- agrotóxicos;
- esgoto doméstico;
- indústrias;
- outra. Qual?

16- Na sua opinião qual seria os meios para a solução dos problemas existentes no rio Uruguai? Numere em ordem de prioridade

- Educação Ambiental nas escolas
- Fiscalização
- Proibição da Pesca
- Proibição da Irrigação Agrícola
- Tratamento do esgoto
- Proibição de Hidrelétricas
- Outro Qual? _____

CAPÍTULO 3

O RIO URUGUAI COMO TEMA O RIO URUGUAI ENQUANTO TEMA GERADOR DO ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO AMBIENTAL.

Fernando Icaro Jorge Cunha
Ailton Jesus Dinardi
Yasmin Miranda de Paula
Claudi Guerin Junior

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS: DELINEANDO O RIO URUGUAI

O rio Uruguai, de domínio federal, origina-se da confluência dos rios Pelotas e Peixe na Serra Geral. Seu trecho em território nacional serve de limite entre os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Fronteiriço, delimita a fronteira entre o Brasil e a Argentina depois de sua confluência com o rio Peperi-Guaçu. Seu curso, com 2.200km² de extensão, é dividido em três partes: alto rio Uruguai, onde se caracteriza por um forte gradiente topográfico, o que propicia alto potencial de geração hidrelétrica; médio rio Uruguai, assumindo a condição de fronteiriço. Economia local baseada em suinocultura e agricultura de soja e milho; e médio baixo rio Uruguai, que se desenvolve pela Campanha Gaúcha, com aproveitamento de suas águas para irrigação da rizicultura, tendo Uruguaiana como principal cidade gaúcha banhada por suas águas.

Segundo Righi e Robaina (2010) o curso médio do rio Uruguai, até a localidade de Salto (Uruguai) abrange uma extensão aproximada de 570 km. Seu principal afluente pertencente à margem esquerda é o Ibicuí, por ocupar uma maior área e os principais afluentes do rio Uruguai dentro do Estado do Rio Grande do Sul são os rios Pelotas, Várzea, Ijuí, Piratini, Ibicuí e Quaraí, sendo este último situado na fronteira com o Uruguai.

Diante de sua extensão e de suas configurações geográficas, pode-se inferir a importância social, econômica, cultural e histórica deste rio para a região oeste do Rio Grande do Sul. Porém, em um estudo realizado por Pessano (2012) utilizando o rio Uruguai como tema gerador, em escolas de ensino fundamental em Uruguaiana, foi constatado que a maioria dos estudantes investigados não conhecia a importância ambiental e econômica do rio para o município e quando manifestavam conhecer, demonstravam conhecimentos fragmentados e inadequados.

Pessano et al (2015a, p. 98) registram que “o uso de temas da realidade, como o uso do rio Uruguai, na contextualização dos processos educacionais, e para a articulação interdisciplinar dos componentes curriculares, pode constituir uma importante ferramenta para a melhoria do ensino” [...]. Corroborando com a importância da contextualização no processo educativo, Ruppenthal (2013, p. 14) registra: “a contextualização e a utilização de atividades práticas podem assumir um papel importante no processo de aprendizagem significativa”.

Ou seja, o rio Uruguai que impacta a região e seus municípios limítrofes, sendo também impactado por estes, passa imperceptível por parte da população, o que demonstra a falta de conhecimentos a respeito de suas potencialidades e fragilidades. Do ponto de vista ambiental, faz-se necessário, a busca de um processo de Educação Ambiental local, transversal, interdisciplinar, que possa inserir o rio Uruguai como tema gerador em todas as escolas de Uruguaiana e dos demais municípios banhados por esse rio, propiciando, ensino e aprendizagem.

[...] no município de Uruguaiana, o Rio Uruguai participa diretamente na construção de fatores culturais, econômicos e ambientais, sendo utilizado para ações religiosas, irrigação agrícola, abastecimento urbano, rural e também outros fatores, como a pesca, formação da paisagem e influência climática. Esses aspectos caracterizam o papel do rio na formação da sociedade e a sua influência na dinâmica social, o que evidencia a necessidade de sua inserção nos processos educacionais, especialmente na promoção da educação ambiental e para a contextualização dos conteúdos formais (PESSANO et al., 2016, p. 31).

A Educação Ambiental contextualizada, regionalizada, com certeza levaria a um outro nível de conscientização, pois de fato, traria para a sociedade, discussões acerca de algo presente e que muitas vezes, é relevado a um plano de esquecimento e omissão. Sauv  (2005) apresenta uma série de correntes de Educa o Ambiental que podem ser desenvolvidas e dentre estas a Corrente Biorregionalista:

A corrente biorregionalista se inspira geralmente numa  tica ecocêntrica e centra a educa o ambiental no desenvolvimento de uma rela o preferencial com o meio local ou regional, no desenvolvimento de um sentimento de pertenc a a este último e no compromisso em favor da valoriza o deste meio (SAUVÉ, 2005, p. 28).

Segundo Nozick (1995), uma biorregi o   um lugar geográfico que corresponde habitualmente a uma bacia hidrográfica e que possui características comuns como o relevo, a altitude, a flora e a fauna. A história e a cultura dos humanos que a habitam fazem parte também da defini o de uma biorregi o, ou seja, não que seja a única possibilidade de Educa o Ambiental, mas a Corrente Biorregionalista, teria o cenário perfeito para ser desenvolvida.

Diante deste cenário, este capítulo objetiva apresentar os registros de Educa o Ambiental que foram desenvolvidos, tendo como cenário/temática o rio Uruguai, para que possamos partir do que já foi feito, para podermos avançar de forma segura e consistente nesta caminhada ambiental.

2. PERCURSO METODOLÓGICO

Este estudo enquadra-se nos moldes de uma revisão bibliográfica integrativa de literatura, pois, as obras são selecionadas minuciosamente de acordo com a especificidade do tema em questão. Sua natureza   qualitativa, pois, nossos fins de problematiza o não possuem fins estatísticos ou matemáticos, mas navegamos pelos valores subjetivos, pessoais, onde não são procuradas respostas objetivas e concretas como instrumentos de pesquisa, mas sim, um repensar de práticas e costumes que vislumbram o pensamento da Educa o Ambiental conservacionista, aquela que utiliza o ambiente em modo consciente, racional, garantindo o bem comum entre a sociedade e os recursos naturais.

Nos atentamos em Gil (2008, p. 50) quando descreve a pesquisa bibliográfica: [...] é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho desta natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas. Parte dos estudos exploratórios podem ser definidos como pesquisas bibliográficas, assim como certo número de pesquisas desenvolvidas a partir da técnica de análise de conteúdo.

Acerca do método de revisão bibliográfica, especificamente, a integrativa, busca coletar e analisar os dados de pesquisas específicas em cunho científico amplo, valorizando as nuances e perspectivas do autor frente ao tema em questão. De acordo com Souza et al. (2010, p. 1) “[...] a revisão integrativa é um método que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática”.

Para tanto, o método de coleta de dados consiste na busca inicial dos termos: rio Uruguai, Ensino e Educação Ambiental no Google Acadêmico. Foram selecionados para a pesquisa 6 estudos que apresentam contribuições científico-acadêmicas frente ao contexto do Rio Uruguai para o Ensino de Ciências e Educação Ambiental.

Os principais estudos coletados que embasam a problemática do estudo discorrem à luz de Monteiro et al. (2012), Pessano (2012), Pessano et al. (2013), Pessano et al. (2015a), Pessano et al. (2015b), Pessano et al. (2016), Pinheiro et al. (2018), Querol (2018), Bezerra e Ramich (2020). Estes, embasam toda a estrutura do estudo, bem como, alicerçam os tópicos subsequentes, contribuindo para uma leitura mais ampla e contextualizada das diferentes obras em prol de diagnosticar e descrever as potencialidades do rio Uruguai como tema gerador da Educação Ambiental e enriquecedor dos processos de ensino e aprendizagem (Quadro 1).

Quadro 1: Referências encontradas que inserem o rio Uruguai, enquanto temática ambiental.

BASE DE DADOS	AUTORES	TÍTULO	ANO
1-Artigo	Daniel Eduardo Monteiro; Rozane Maria Restello; Sônia Beatriz Balvedi Zakrzewski	CONHECIMENTOS, SENTIMENTOS, VALORES E EXPECTATIVAS SOBRE O PARQUE NATURAL MUNICIPAL MATA DO RIO URUGUAI TEIXEIRA SOARES/RS	2012
2-Dissertação	Edward Frederico Castro Pessano	O USO DO RIO URUGUAI COMO TEMA GERADOR PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO FUNDAMENTAL	2012
3-Artigo	Edward Frederico Castro Pessano; Eliziane da Silva Dávila; Marlise Grecco	PERCEPÇÕES SOCIOAMBIENTAIS DE ESTUDANTES	2013

	Silveira; Claudia Lisiane Azevedo Pessano; Vanderlei Folmer; Robson Puntel.	CONCLUINTE DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE O RIO URUGUAI	
4-Artigo	Edward Frederico Castro Pessano; Eliziane da Silva Dávila; Daniel Morin Ocampo; Cynara Terezinha Teixeira Miralha; Vanderlei Folmer; Robson Luiz Puntel.	O RIO URUGUAI COMO TEMÁTICA DE CONTEXTUALIZAÇÃO PARA O ENSINO EM UMA UNIDADE DE RESTRIÇÃO DE LIBERDADE PARA ADOLESCENTES	2015a
5-Livro	Edward Frederico Castro; Pessano Claudia Lisiane Azevedo Pessano; Eliziane da Silva Dávila; Vanderlei Folmer; Robson Luiz Puntel.	O RIO URUGUAI COMO TEMA DE CONTEXTUALIZAÇÃO INTEGRADOR	2015b
6-Artigo	Edward Frederico Castro Pessano; Claudia Lisiane Azevedo Pessano; Vanderlei Folmer; Robson Luiz Puntel.	O RIO URUGUAI COMO TEMA PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO FUNDAMENTAL	2016
7-Artigo	Fernanda de Lima Pinheiro; Murilo Ricardo Sigal Carriço; Mateus Cristofari Gayer; Ailton Jesus Dinardi	NA TRILHA DO PAMPA: UM JOGO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DO PAMPA GAÚCHO	2018
8-Livro	Marcus Vinícius Morini Querol; Edward Frederico Castro Pessano; Michel Mansur Machado; Luís Flávio Souza de Oliveira.	RIO URUGUAI: CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS	2018
9-Artigo	João Paulo Peres Bezerra; Isabel Regina Ramish	EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO APOIO AO PARQUE NATURAL MUNICIPAL MATA DO RIO URUGUAI TEIXEIRA SOARES DE MARCELINO RAMOS/RS-BRASIL	2020

Acerca da análise de dados, utilizamos o método de análise descritiva qualitativa, nos atraindo pela sua prerrogativa de identificar um determinado problema e descrever sistematicamente para bases de pesquisas futuras.

O percurso analítico e sistemático, portanto, tem o sentido de tornar possível a objetivação de um tipo de conhecimento que tem como matéria prima opiniões, crenças, valores, representações, relações e ações humanas e sociais sob a perspectiva dos atores em intersubjetividade. Desta forma, a análise qualitativa de um objeto de investigação concretiza a possibilidade de construção de conhecimento e possui todos os requisitos e instrumentos para ser considerada e valorizada como um construto científico (MINAYO, 2012, p. 626).

Minayo (2012) descreve a importância deste método enquanto percurso de pesquisa, visto que, essas possibilidades iniciais de descrição e problemática de determinado contexto, pode inferir a disseminação de ideais para pesquisas subjacentes. A autora institui essa potencialidade com o termo ‘construto científico’, onde a descrição torna-se alvo de uma eventual sondagem exploratória, posteriormente, uma pesquisa explicativa, apresentando a relação de variáveis após diversas investigações frente ao tema.

3. RIO URUGUAI: UM POTENCIAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS?

O Ensino de Ciências precisa ser contextualizado, pautado em inovação pedagógica e, principalmente, regionalizado. Precisamos sensibilizar nossas crianças, jovens e adolescentes para o exercício contínuo da valorização ambiental. Esta dinâmica pode ser iniciada desde a Educação Infantil, primeira etapa da Educação Básica. Portanto, desenvolver a Educação Ambiental na Educação Infantil não se trata de um ensino apurado, com rigor metodológico, mas sim, a partir de ações cotidianas, tais como: contação de histórias que se atenuam à proteção dos animais e meio ambiente, plantios, uso consciente da água, consumo, dentre diversas outras potencialidades pedagógicas.

A Base Nacional Comum Curricular - BNCC, apresenta uma habilidade imprescindível na etapa da Educação Infantil: “(EI03ET03) Identificar e selecionar fontes de informações, para responder a questões sobre a natureza, seus fenômenos, sua conservação” (BRASIL, 2018, p. 51). Compreendemos que essa identificação de fontes é fruto do olhar muito particular e minucioso de cada docente, entretanto, o objetivo não é padronizar uma tendência em Educação Ambiental ideal, no entanto, oportunizar um espaço interdisciplinar e transversal de múltiplos diálogos e perspectivas regionais para responder tais questões/hipóteses.

Assim, a educação passou por reformas em vários países, onde a Educação Ambiental e o Ensino de Ciências ganham um novo papel, de instrumentalizar os estudantes para vida em sociedade, objetivando a busca pelo desenvolvimento social, econômico e cultural, alicerçados na sustentabilidade ambiental (QUEROL, 2018, p. 25).

Por outro lado, temos o Referencial Curricular Gaúcho no Estado do Rio Grande do Sul enquanto documento norteador do currículo escolar em nível estadual. Sendo assim, “[...] a ciência tem como objetivo que o estudante consiga compreender e interpretar o mundo, bem como transformá-lo, tendo consciência de suas ações e consequências, as quais podem

interferir no ambiente em que vive tornando a sociedade mais sustentável” (RIO GRANDE DO SUL, 2018, p. 49).

Já o Ensino Fundamental, adota um campo mais amplo e plausível para abordagens mais contextualizadas, onde é possível utilizar o contexto social, cultural e regional dos estudantes para disseminar diversas possibilidades de ensino e aprendizagem. “Espera-se também que os alunos possam reconhecer a importância, por exemplo, da água, em seus diferentes estados, para a agricultura, o clima, a conservação do solo, a geração de energia elétrica, a qualidade do ar atmosférico e o equilíbrio dos ecossistemas” (BRASIL, 2018, p. 325).

Monteiro et al. (2012) declaram que desde a década de 1970 estudos apontam que a percepção ambiental tem sido um intenso instrumento de sondagem, diagnósticos e avaliações preliminares para elaboração de programas e projetos em cunho ambiental. Logo, avaliar as percepções de concepções ambientais de crianças e adolescentes, constitui uma métrica importante para avaliar a intervenção necessária para desenvolver o pensamento crítico-transformador.

Destaca-se que o envolvimento das crianças em situações investigativas como identificar e questionar sobre um problema, expor suas ideias, curiosidades e levantar hipóteses, é imprescindível para uma aprendizagem satisfatória, e por isso o ensino de Ciências deve estar presente desde a fase inicial, contribuindo para os processos formativos futuros (PINTO et al., 2020, p. 34).

Nos aportes metodológicos do Ensino de Ciências a partir do rio Uruguai, vale destacar a potencialidade pedagógica desenvolvida por Pinheiro et al. (2018). Os autores partem de um jogo direcionado para o Ensino Fundamental, mas que pode ser utilizado, inclusive, no ensino Superior. O objetivo do jogo é apresentar em contexto regional, o Bioma Pampa, o rio Uruguai através da Educação Ambiental. O jogo de tabuleiro "NA TRILHA DO PAMPA" foi mediado por licenciandos em Ciências da Natureza e sua aplicação rendeu uma experiência exitosa que culminou com a publicação, disseminando uma nova possibilidade de ensinar ciências.

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica, por conseguinte, é o momento onde o profissional docente precisa desenvolver a consciência ambiental, objetivando o exercício de boas práticas na vida adulta. Para tanto, como os estudantes nesta etapa possuem uma maior maturidade para se trabalhar diversos fenômenos, pode ser um campo extremamente produtivo para projetos interdisciplinares e transversais em Ensino de Ciências e Educação Ambiental (BRASIL, 2007).

O caminho para que cada indivíduo mude de hábitos e assumam novas posturas que levem à diminuição da degradação ambiental, promovam a melhoria da qualidade de vida e reduzam a pressão sobre os recursos ambientais só será possível com a vivência de práticas educativas, ou seja, através da Educação Ambiental (SÁ et al., 2015, p. 67).

Pessano et al. (2015a) nos fornece um trabalho inovador realizado com estudantes em cumprimento de medida socioeducativa, com restrição de liberdade. A intervenção buscou utilizar o rio Uruguai enquanto estratégia de contextualização do ensino. Nas últimas considerações, os autores registram:

Os resultados revelam, ainda, que a promoção de estratégias de contextualização e da interdisciplinaridade favorecem tanto o trabalho docente quanto o ensino e aproveitamento discente,

colaborando para a melhoria dos processos educacionais e conseqüentemente para a formação dos adolescentes (PESSANO et al, 2015a, p. 98).

Pessano et al. (2015b) desenvolveram um livro intitulado “O rio Uruguai como Tema de Contextualização Integrador”. A obra reúne uma coletânea rica em contextualização, problematização, investigação, exemplos de jogos e demais contribuições didático-pedagógicas que alicerçam o rio Uruguai enquanto ponto de partida ao Ensino de Ciências e Educação Ambiental.

[...] a presente obra está dividida em duas unidades, onde inicialmente são apresentados capítulos que situam o educador para com a importância de processos como a contextualização, a interdisciplinaridade, a problematização, a ludicidade e do próprio rio Uruguai com temática e em um segundo momento são apresentados em forma de capítulos, algumas estratégias e atividades pedagógicas baseadas na ludicidade e em jogos didáticos para serem aplicados na Educação Básica e que usam com tema de aplicação o rio Uruguai em uma perspectiva interdisciplinar (PESSANO et al., 2015b, p. 11).

Pessano et al. (2013) analisam as concepções socioambientais de estudantes concluintes do Ensino Fundamental sobre o rio Uruguai, e culminam o estudo com uma crítica revelando que nas escolas participantes, o Ensino de Ciências não utiliza o rio Uruguai como recurso educativo.

Percebeu-se que, apesar da afinidade com as temáticas ambientais e ecológicas, a disciplina de Ciências não está utilizando adequadamente o rio Uruguai como recurso educacional nas escolas estudadas. Assim, constata-se que os processos de ensino devem se adequar à legislação vigente, bem como aos referenciais educacionais, enfocando-se, com os alunos, conhecimentos de sua realidade local, adotando as temáticas contextualizadoras como ferramenta pedagógica (PESSANO et al., 2013, p. 80).

A dissertação de mestrado de Pessano (2012) apresenta uma potência em pesquisa sobre o rio Uruguai. O estudo foi intitulado “O uso do rio Uruguai como tema gerador para a educação ambiental no ensino fundamental”. O autor destaca-se em pesquisar e disseminar a pesquisa de um recurso tão importante ao Bioma Pampa, bem como, diversas experiências na literatura científico-acadêmica, apresentando o rio Uruguai como tema gerador de Ensino de Ciências e Educação Ambiental.

4. RIO URUGUAI ENQUANTO POSSIBILIDADE DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL BIORREGIONAL

A partir do desenho metodológico, obteve-se uma base de dados registrada no Quadro 1. Pode-se inferir que há poucos trabalhos que proporcionam análises e reflexões a respeito da potencialidade do rio Uruguai, como tema gerador de Educação Ambiental, visto que nem todos os trabalhos encontrados suscitam e evidenciam esta temática, conforme o Quadro 2.

Quadro 2: Objetivos das referências encontradas que inserem o Rio Uruguai, enquanto temática ambiental.

Base de Dados	Objetivo
1	Identificar e caracterizar a percepção dos moradores do município de Marcelino Ramos/RS sobre o Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares (PNM Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares), uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral, com o objetivo de preservar um dos poucos fragmentos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual no Norte do estado, constituinte do bioma Mata Atlântica.
2	Avaliar as percepções dos estudantes sobre o rio Uruguai e promover a utilização do rio como tema gerador para a prática da educação ambiental e incremento do conhecimento da realidade através de práticas educacionais baseadas na metodologia de Paulo Freire
3	Analisar as percepções dos alunos do ensino fundamental acerca dos aspectos ambientais, econômicos e ecológicos do rio Uruguai, verificando e comparando, também, o uso do rio Uruguai como temática educacional nas escolas estudadas.
4	Avaliar a aplicação de uma estratégia pedagógica baseada na contextualização do ensino a partir da temática Rio Uruguai, voltado para a melhoria dos processos educacionais em uma escola localizada no interior de uma unidade de restrição de liberdade.
5	Vários, visto que se trata de uma coletânea de 20 capítulos.
6	Buscar a construção do conhecimento por meio da contextualização da realidade e a promoção da educação ambiental de forma holística e interdisciplinar, o presente trabalho faz uso da temática Rio Uruguai objetivando o desenvolvimento e a melhoria dos processos de ensino.
7	Construir um jogo para ser aplicado em uma turma de ensino fundamental, analisar a aplicação e refletir sobre a mesma, buscando saber se a utilização de um jogo didático motiva e mobiliza os alunos para a construção do seu próprio conhecimento acerca da Educação Ambiental, Bioma Pampa e Rio Uruguai.
8	Vários, visto que se trata de uma coletânea de 14 capítulos.

9	Relatar em memória as ações de um projeto de extensão focado na educação ambiental. Tal relato centra-se na síntese dos debates elaborados com o público alvo sendo este artigo uma comunicação que sistematiza e registra as ações realizadas ao longo do projeto de extensão.
---	---

Com relação a esta possibilidade de ter o rio Uruguai, como tema gerador de Educação Ambiental, algumas questões precisam ser discutidas previamente, pois segundo Layrargues e Lima (2014) a multiplicidade de atores, concepções, práticas e posições político-pedagógicas e o dinamismo que articula esses elementos, possibilita a identificação de três macrotendências - *conservacionista*, *pragmática* e *crítica* - convivendo e disputando a hegemonia simbólica e objetiva do campo da Educação Ambiental no Brasil.

Para Layrargues e Lima (2014, p.34):

A macrotendência *crítica*, aglutina as correntes da Educação Ambiental Popular, Emancipatória, Transformadora e no Processo de Gestão Ambiental. Apóia-se com ênfase na revisão crítica dos fundamentos que proporcionam a dominação do ser humano e dos mecanismos de acumulação do Capital, buscando o enfrentamento político das desigualdades e da injustiça socioambiental. Todas essas correntes, com algumas variações, se constroem em oposição às tendências conservadoras, procurando contextualizar e politizar o debate ambiental, problematizar as contradições dos modelos de desenvolvimento e de sociedade.

Ou seja, se em um primeiro momento a Educação Ambiental surgiu como uma prática fundamentalmente conservacionista, buscando a sensibilização humana para com a natureza, alicerçada sobre a Ciências da Natureza, com um viés quase que totalmente ecológico, atualmente não se poderá desenvolver processos educativos, sem a adjetivação da Educação Ambiental. De qual Educação Ambiental estamos falando? Quais são nossos pressupostos epistemológicos e reflexivos que levamos ao processo formativo?

Ensejamos estes questionamentos pois as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) de EA em seu Art. 6º: A Educação Ambiental deve adotar uma abordagem que considere a interface entre a natureza, a sociocultura, a produção, o trabalho, o consumo, superando a visão despolitizada, acrítica, ingênua e naturalista ainda muito presente na prática pedagógica das instituições de ensino.

Neste caso específico de evidenciar as potencialidades do Rio Uruguai para se discutir as questões ambientais e sociais de Uruguaiana, através da Educação Ambiental, entendemos que a vertente Biorregional de Educação Ambiental, poderá ser um caminho para se promover conhecimentos e conscientização junto à sociedade local.

Segundo Confortin et al (2010) o biorregionalismo surge, entre outros, no movimento de retorno à terra, em fins do século passado, depois das desilusões com a industrialização e a urbanização massivas. Trata-se de um movimento sócio ecológico que se interessa em particular pela dimensão econômica da “gestão” deste lar de vida compartilhada que é o meio ambiente.

Para Sato & Carvalho (2005), o biorregionalismo refere-se a um sentimento de identidade, a busca pelo conhecimento do meio e ao desejo de adotar modos de vida que contribuam para a valorização da comunidade natural da região.

A Educação Ambiental inserida no biorregionalismo difunde o desenvolvimento de valores comunitários de cooperação, solidariedade e reciprocidade. Assim como, a visão biorregional que nos permite contemplar o local, o que está próximo e não apenas uma noção abstrata de lugar, ou seja as particularidades de determinadas áreas, buscando a proximidade com a terra (SCHLEE, BARROS, 2020, p. 32).

Ainda segundo as autoras, a análise biorregional do Pampa gaúcho se torna especialmente rico e oportuno ao recuperarmos a história do lugar para desenvolver as relações entre a comunidade e o ambiente biofísico que habitam. Portanto, a conservação e preservação do Bioma Pampa através da Educação Ambiental inserida no biorregionalismo torna-se um desafio para os gestores e educadores ambientais.

E Confortin et al (2010, p. 828) registram que é possível perceber o quanto a escola é importante na formação dos alunos, como estimuladora de uma Educação Ambiental voltada aos princípios do Biorregionalismo.

A EA, respeitando a autonomia da dinâmica escolar e acadêmica, deve ser desenvolvida como uma prática educativa integrada e interdisciplinar, contínua e permanente em todas as etapas, níveis e modalidades, não devendo, como regra, ser implantada como disciplina isolada ou componente curricular específico (BRASIL, 2012).

Voltando a Layrargues e Lima (2014, p. 34) a multiplicidade de atores, concepções, práticas e posições político-pedagógicas e o dinamismo que articula esses elementos, a reflexão identifica três macrotendências convivendo e disputando a hegemonia simbólica e objetiva do campo da Educação Ambiental no Brasil.

Porém, muito mais didático e apaziguador, encontra-se o registro de Sauv  (2005, p. 17) que diz:

Quando se aborda o campo da educa o ambiental, podemos nos dar conta de que apesar de sua preocupa o comum com o meio ambiente e do reconhecimento do papel central da educa o para a melhoria da rela o com este último, vemos formar “igrejinhas” pedagógicas que propõem a maneira “correta” de educar, “o melhor” programa, o método “adequado”.

Segundo a autora, esta sistematiza o das correntes e tendências, deveriam tornar-se uma ferramenta de análise a serviço da explora o da diversidade de proposi es pedagógicas e não um grilh o que obriga a classificar tudo em categorias rígidas, com o risco de deformar a realidade.

Ou seja, diante do escasso material encontrado sobre a Educa o Ambiental tendo como temática o rio Uruguai, indicamos como possibilidade a Educa o Ambiental Biorregional, porém, não se pode, buscar ou se prender por modelos didático metodológicos prontos, com o risco de esvaziar o processo educacional ambiental.

5. CONSIDERA ES FINAIS

O estudo foi capaz de despertar a necessidade de inser o do rio Uruguai nas práticas pedagógicas do Ensino de Ciências da Natureza, bem como, estratégias de contextualiza o da Educa o Ambiental. Esta conclusão torna-se evidente, pois, os estudos analisados vislumbram as potencialidades deste recurso natural/ambiental acessível como tema gerador de ensino contextualizado e regionalizado, entretanto, estudos apontam que muitos estudantes inseridos em áreas banhadas pelo rio desconhecem o rio ou nunca foram alvos de estratégias

de ensino à luz da contextualização do rio como via de Educação Ambiental ou Ensino de Ciências.

Outrossim, dentre diversas possibilidades de insurgência frente à utilização do rio Uruguai na Educação, destaca-se que o mesmo pode ser instrumento de abordagem em todas as etapas da Educação Básica. Na Educação Infantil, por exemplo, seria possível utilizar o rio com viés de preservação da água, já no Ensino Fundamental é possível permear a inovação pedagógica através da transversalidade e interdisciplinaridade para promover a conservação ambiental, que busca utilizar os recursos naturais em modo consciente e racional. O Ensino Médio, portanto, constitui um campo amplo de maturidade pedagógica para abordagens que se atenuam com a vida adulta, onde o envolvimento dos estudantes com projetos é essencial para o desenvolvimento de ações conscientes.

O método de revisão narrativa foi utilizado pela carência de produções científico-acadêmicas na área disponível, onde, optamos por utilizar o método pela sua possibilidade qualitativa de coleta de dados. Tal carência literária, desperta a necessidade de utilizarmos o rio como alvo de pesquisas no Ensino Superior, formações continuadas de docentes da Educação Básica, contextualização no Ensino de Ciências e Educação Ambiental.

Pessano foi o autor que mais produziu nos últimos anos sobre Ensino de Ciências e Educação Ambiental, constituindo um pesquisador que difunde o rio enquanto alvo de pesquisa e ensino. Neste ínterim, este estudo aponta, principalmente, a necessidade do ensino contextualizado e regionalizado, bem como, uma Educação Ambiental Biorregional, esta, permite o incremento do valor, pertencimento e regionalidades a partir do contexto do rio Uruguai.

Referências

BEZERRA, J. P. P.; RAMISH, I. R. Educação ambiental no apoio ao Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares de Marcelino Ramos/RS-Brasil. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 5, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17271/1980082716520202660>.

BRASIL. **Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental na escola**. Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental: Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Educação Ambiental : UNESCO, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Versão final. Brasília-DF: MEC/SEF, 2018.

BRASIL. Resolução nº 2, 15 de junho de 2012. **Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental**. MEC, CNE, DOU nº 116, Seção 1, p. 70-71, 2012.

CONFORTIN, A. C.; MALACARNE, M. SGANZERLA, S. P. O biorregionalismo e a educação ambiental em uma escola do meio rural. In: Anais do III ENEBIO & IV EREBIO – Regional 5. **V Congresso Iberoamericano de Educación en Ciências Experimentales**, 2010, p. 819-830. Disponível em:

https://www.sbenbio.org.br/publicacoes/anais/III_Enebio/A081.pdf. Acesso em: 01 out. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MINAYO, M. C. de S. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 3, p. 621-626, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000300007>.

MONTEIRO, D. E. RESTELLO, R. M. ZAKRZEWSKI, S. B. B. Conhecimentos, sentimentos, valores e expectativas sobre o Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares/RS. **Revista Perspectiva, Erechim**. v. 36, n. 133, p. 115-128, mar, 2012. Disponível em: https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/133_257.pdf. Acesso em: 01 out. 2022.

PESSANO, E. F. C. et al. (Orgs.). **rio Uruguai como Tema de Contextualização Integrador: Estratégias Pedagógicas Interdisciplinares Aplicadas ao Ensino**. Uruguaiana-RS: Fundação Universidade Federal do Pampa, RS, 2015b.

PESSANO, E. F. C. et al. Percepções socioambientais de estudantes concluintes do ensino fundamental sobre o rio Uruguai. **Ciências & Ideias**, v. 4, n. 2, p. 61-84, 2013. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/323>. Acesso em: 01 out. 2022.

PESSANO, E. F. C. O uso do rio Uruguai como tema gerador para a educação ambiental no ensino fundamental. 96f. Programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências, Química da Vida e Saúde. Dissertação de Mestrado–Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

PESSANO, E. F. C.; PESSANO, C. L. A.; FOLMER, V.; PUNTEL, R. L. O rio Uruguai como tema para a educação ambiental no ensino fundamental. **Revista Contexto & Educação**, [S. l.], v. 30, n. 96, p. 29–63, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2015.96.29-63>.

PESSANO, E., DÁVILA, E. OCAMPO, D., MIRALHA, C., FOLMER, V. E PUNTEL, R. O rio uruguai como temática de contextualização para o ensino em uma unidade de restrição de liberdade para adolescentes. **Góndola, Enseñ. Aprend. Cienc.**, v. 10, n. 1, p. 74-101, 2015a. DOI: <https://doi.org/10.14483/udidistrital.jour.GDLA.2015.1.a05>.

PINHEIRO, F. de L.; CARRIÇO, M. R. S.; GAYER, M. C.; DINARDI, A. J. Na trilha do pampa: um jogo para o desenvolvimento da educação ambiental no contexto do pampa gaúcho. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 132–142, 2018. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/1380> . Acesso em: 30 set. 2022.

PINTO, L. F.; BACCIN, B. A.; CASTRO, L. R. B.; PESSANO, E. F. C. Percepções de estudantes dos anos iniciais do ensino fundamental sobre o bioma pampa. **Ensino, Saude e Ambiente**, v. 13, n. 1, 25 maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.22409/resa2020.v13i1.a27546>.

QUEROL, M. V. M. Q. et al. (Org.) **Rio Uruguai: contribuições científicas**. Uruguaiana: Universidade Federal do Pampa, 2018. 249 p.

RIGHI, Eléia; ROBAINA, Luis Eduardo de Souza. Enchentes do Rio Uruguai no Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005: uma análise geográfica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 31, p. 35-54, abr. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/mxGnXHkH6HstsvgSYJjMpGq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 out. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. **Referencial Curricular Gaúcho: Ciências da Natureza**. Secretaria de Estado da Educação, Departamento Pedagógico. v. 1. Porto Alegre. 2018. Disponível em: <http://portal.educacao.rs.gov.br/Portals/1/Files/1530.pdf>. Acesso em: 28 set. 2022.

RUPPENTHAL, R. Ensino do sistema respiratório através da contextualização e atividades práticas. 104f. Programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências, Química da Vida e Saúde. Dissertação de Mestrado–Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

SAUVÉ, L. Uma cartografia das Correntes em educação ambiental. In: M. SATO; I. C. M. CARVALHO (org.). **Educação Ambiental**. Porto Alegre: Artmed. p. 17-45, 2005.

SCHLEE, J. C. P.; BARROS, S. S. U. Educação ambiental e biorregionalismo:

entrelaçamentos possíveis para a conservação do pampa. **Revista GEPESVIDA**, v. 6, n. 15, 2020. Disponível em: <http://www.icepsc.com.br/ojs/index.php/gepesvida/article/view/409>. Acesso em: 01 out. 2021.

SÁ, M. A. de; OLIVEIRA, M. A. de; NOVAES, A. S. R. A importância da Educação Ambiental para o ensino médio. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 10, n. 3, p. 60–68, 2015. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2015.v10.1876>.

SOUZA, M. T., SILVA, M. D., & CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, 8, 102-106, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>.

CAPÍTULO 4

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O RIO URUGUAI: CONTRIBUIÇÕES DA ABORDAGEM EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA) PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

William Machado da Silva
Lúcia Beatriz Ott Ferreira
Sergio de Souza Silveira
Michel Mansur Machado

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este estudo tem o objetivo de articular perspectivas no âmbito da educação ambiental com relação ao Rio Uruguai – que se estende do Norte ao Oeste do Rio Grande do Sul, representando a fronteira entre Argentina e Uruguai e desaguando no Rio da Prata – como temática central. Mais especificamente, pretende-se apresentar a abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) como metodologia de ensino.

O ensino na educação básica volta-se, muitas vezes, ao conteúdo programático. Dessa forma a aprendizagem retem-se a uma determinada ordem de assuntos, em certos momentos desconectados, e de difícil compreensão na relação com a vida das pessoas. Contrariamente a isso, a abordagem em CTSA traz em seus fundamentos o princípio da cidadania, da contextualização e da autonomia do sujeito.

Nesse sentido, a preparação de discentes para o cotidiano de modo que sejam capazes de posicionar-se e relacionar-se com as questões sociocientíficas e tecnológicas que se apresentam cotidianamente. Nessa perspectiva, percebe-se a riqueza de assuntos ligados ao tema – Rio Uruguai – tornando o ensino e a aprendizagem próximo ao contexto de vida dos/as estudantes, a partir de estudos que associem a disciplina de Ciências aos elementos da ciência, da tecnologia, da sociedade e do ambiente, englobando aspectos sociais, políticos e econômicos da região. Desse modo, pretende-se destacar a abordagem CTSA como uma possibilidade de trabalhar pela ótica de um tema em associação com uma questão orientadora – qual a importância do rio Uruguai para a cidade de Uruguaiana?

A intencionalidade da pergunta vincula-se ao pensamento crítico e reflexivo atinente aos/as estudantes sobre toda a representação do rio para a sociedade uruguaiense em associação ao estudo de Ciências. Para tanto, há uma ordem de tópicos, previamente elencados pelo/a docente, para conduzir a uma visão crescente de entendimento acerca da importância do rio para Uruguaiana, em especial.

O objetivo de articular a abordagem CTSA à temática é aproximar o conhecimento aos interesses locais e regionais, e desse modo, tornar o conteúdo das aulas de Ciências mais

compreensível e perceptível ao/à educando. Mencionam-se, assim, um tópico relacionado ao ensino de ciências com vistas à alfabetização científica e o rio Uruguai pela abordagem CTSA.

Portanto, no primeiro tópico, a seguir, traçam-se considerações acerca da relevância ambiental do Rio Uruguai, em especial no que se refere à sua margem esquerda, no estado do Rio Grande do Sul, na Região Sul do Brasil. No ponto subsequente, discutem-se reflexões acerca da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) e, logo após, debate-se a proposta de estudo do Rio Uruguai pela abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) no ensino de Ciências.

2. O RIO URUGUAI: CONSIDERAÇÕES ACERCA DE SUA RELEVÂNCIA AMBIENTAL

O Rio Uruguai origina-se no Sul do Brasil, na formação da Serra Geral, a partir do encontro das águas do Rio Pelotas e do Rio Canoas, na divisa entre os estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) (DELARIVA *et alli*, 2019). Na Figura 1 abaixo mostra-se a localização do Rio Uruguai:

Figura 1 - Localização do Rio Uruguai. Fonte: Adaptado de SANTOS, 2020.



Ao longo do curso do Rio Uruguai, notam-se relevantes características ambientais,

como a fauna e a flora preservada no Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares, localizado na cidade de Marcelino Ramos, na região gaúcha do Alto Uruguai. Conforme artigo de Leyser e outros pesquisadores (2012), o a floresta do parque analisado possui alta riqueza de espécies arbóreas.

Em outro estudo, também realizado no município de Marcelino Ramos/RS, realizado em Floresta Estacional Decidual do Rio Uruguai, mais precisamente na vegetação ciliar localizada no estreito de Augusto César, área que ficou submersa após a construção do reservatório da Usina Hidroelétrica (UHE) de Itá, aponta que “a riqueza de espécies pode ser considerada alta tendo em vista que se trata de uma floresta secundária localizada em uma região subtropical” (ROGALSKI; ZANIN, 2003, p. 554).

Destaca-se a riqueza da ictiofauna na bacia do Alto Uruguai, cuja preservação é fundamental para a conservação das espécies daquela região. Nesse sentido, o resultado de um estudo realizado naquela área indica que são necessárias políticas públicas “para a conservação e gestão de uma área ictiológica do bacia paranoplatense que engloba muitas espécies endêmicas e outros possivelmente ainda desconhecidos para a ciência” (DELARIVA *et alli*, 2019, p. 11).

Além da relevância relacionada à fauna e à flora na bacia do Rio Uruguai, há importantes sítios arqueológicos, conforme demonstram escavações para obtenção de dados para elaboração de perfis funerário e biológico “à margem direita do rio Uruguai, a uma altitude que varia entre 225 e 237 m, a aproximadamente 1 km à jusante do barramento da UHE Foz do Chapecó” (CARBONERA *et alli*, 2018, p. 626), situada entre as cidades de Alpestre/RS e de Águas de Chapecó/SC. Tratam-se de achados referentes à presença Guarani na região:

Na região do alto rio Uruguai, esses achados carecem de informações provenientes de escavações sistemáticas, já que, na maioria das vezes, os sepultamentos foram encontrados pelos moradores durante suas atividades de derrubada da floresta, de agricultura, de terraplanagens, de abertura de estradas, entre outras. [...] Desde fins do século XIX, são relatados achados de sepultamentos relacionados à unidade Guarani na região do alto Uruguai [...] (CARBONERA *et alli*, 2018, p. 638).

Também, no Médio Rio Uruguai foram identificados sítios de desova de peixes ameaçados de extinção, nas proximidades da confluência com o Rio Piratinim, entre os municípios de São Nicolau e Garruchos, ambos no Oeste do Rio Grande do Sul. Tratam-se de espécies migratórias que desapareceram ou tiveram sua quantidade diminuída em diferentes locais da Bacia do Prata (REYNALTE-TATAJE *et alli*, 2020).

Em adição, a identificação de nova espécie de peixe também fundamenta a recomendação de recuperação e de proteção ambiental da bacia do Rio Uruguai. Assim, a preservação das matas ciliares do bioma Pampa apresenta contribuições para o meio ambiente em questão (FERRER; DONIN, 2017).

Apesar do registro de inundações em certas localidades:

As inundações são fenômenos de ordem natural; porém, a ação antrópica, seja nas áreas urbanas, seja nas áreas rurais que margeiam o rio Uruguai no estado do Rio Grande do Sul, tem contribuído, consideravelmente, para sua maior frequência e dimensão, a ponto de impressionar os habitantes locais, em tese acostumados a esses eventos (CESCO; CEOLIN, 2017, p. 285).

Diante disso, evidenciam-se a relações desses fenômenos e a atuação do Poder

Público “com o Direito Ambiental, ao destacar os princípios da prevenção e da precaução” (CESCO; CEOLIN, 2017, p. 307). Assim, a formulação de políticas públicas sociais e ambientais “[...] exige uma postura firme tanto do poder público quanto da coletividade, considerando que os danos socioambientais acabam tendo repercussões difusas” (CESCO; CEOLIN, 2017, p. 322).

Em consequência, a proteção ambiental relacionada ao Rio Uruguai é fundamental, diante de sua relevância no cenário local, regional e internacional. Assim, um dos caminhos para atingir esse escopo mostra-se por meio da Educação Ambiental, abordando-se a seguir a política nacional nessa área.

3. REFLEXÕES ACERCA DA POLÍTICA NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL (PNEA)

Um grande marco do início das discussões no cenário internacional acerca das questões ambientais foi a Conferência de Estocolmo de 1972 ou Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano e, após duas décadas, ocorreu no Brasil a Rio-92 ou Eco-92, a primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, na cidade do Rio de Janeiro, em junho de 1992. Sete anos mais tarde foi instituída a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) (BRASIL, 2022c), por meio da Lei nº 9.795/1999, a partir do Projeto de Lei (PL) nº 3.792/1993. Segundo a justificação do relator do projeto:

Entre os princípios estabelecidos pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972, destaque-se a utilização da educação como instrumento para a formação de uma consciência pública orientada para a conservação do meio ambiente. Entende-se a educação ambiental não como constituinte de um campo especializado da educação, não como restrita ao processo formal de instrução, mas como base de uma nova cultura voltada para a questão da qualidade do desenvolvimento. [...] A prática da educação ambiental no Brasil se apresenta como bastante problemática. Sua introdução nos currículos escolares ainda é incipiente. O enfoque interdisciplinar não é efetivo [...] (BRASIL, 1999, p. 10-11).

Nota-se, pois, que a Educação Ambiental (passou a ser percebida em um uma concepção mais ampliada, em decorrência das orientações das conferências internacionais para discussão da problemática, como também se percebe que havia a necessidade de avanços, especialmente no que diz respeito à interdisciplinaridade. Neste sentido, a Educação Ambiental passou a abranger as noções de cooperação, pluralismo, paz, ética, criatividade, afetividade, resistência, solidariedade, dignidade, coletividade, participação, igualdade, espiritualidade, amor, confiança, respeito mútuo, compromisso, iniciativa e, ainda, negociação, gestão de conflitos, cidadania e a busca por um meio ambiente sustentável (MILARÉ, 2007).

Três anos depois da sua publicação, a PNEA foi regulamentada pelo Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002, o qual dispõe que essa política será executada por entidades e órgãos que integram o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), instituições educacionais privadas e públicas, “[...] pelos órgãos públicos da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, envolvendo entidades não governamentais, entidades de classe, meios de comunicação e demais segmentos da sociedade” (BRASIL, 2002, n.p.).

Assim, emerge a concepção da Educação Ambiental como uma Política Pública, um conjunto de procedimentos formais e informais que expressam relação de poder e que se

destinam tanto à resolução pacífica de conflitos e à proteção aos bens públicos, possuindo um caráter imperativo, isto é, resultam em decisões investidas de autoridade do poder público. Sua origem ocorre mediante demandas (*inputs*) – as reivindicações da sociedade por acesso a um bem de serviço, proveniente de diversos sistemas (local, nacional, internacional) e de seus subsistemas políticos, econômicos e sociais – e suporte (*withinputs*) – a base institucional e financeira que permite a formulação e implementação das políticas, como um financiamento. Logo, no conceito de políticas públicas estão incluídos: as leis e regulamentos, os atos de participação política, a implementação de programas governamentais ou ainda participação em manifestações públicas (MILARÉ, 2007).

No que se refere ao processo educativo, envolvem-se agentes ambientais, públicos e privados, do SISNAMA às Organizações Não-Governamentais (ONGs), a população e o Poder Público, cada segmento com suas funções, sendo a Educação Ambiental não apenas aquela realizada em ambiente escolar, mas também fora dela, mediante um trabalho contínuo de conscientização e programas para a educação de todas as esferas da sociedade, com determinados mecanismos utilizados em diversas formas de divulgação (principalmente os meios de comunicação e a internet). De acordo com a PNEA, “a Educação Ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal” (BRASIL, 2022c, n.p.).

O aspecto formal diz respeito à educação ambiental nas escolas, isto é, o ensino programado das escolas, seja no âmbito privado ou público. Ressalta-se que esse tema não consiste em uma matéria específica, mas em um conteúdo interdisciplinar (BRASIL, 2022c). Logo, pela via escolar, busca-se desenvolver a consciência ambiental em discentes, que possivelmente levarão a discussão de tópicos relacionados ao assunto para familiares e amigos (MILARÉ, 2007).

Já o aspecto não-formal refere-se aos processos e às ações de educação fora do ambiente escolar, também chamada educação permanente. Busca-se conscientizar as pessoas em relação aos problemas ambientais, com a integração do Poder Público, das entidades e ONGs para atingir os objetivos da PNEA, relacionados, em síntese, à compreensão integrada do meio ambiente e de suas complexas relações, explicando que o conceito de meio ambiente não diz respeito apenas a seus componentes físicos, mas sobre tudo o que é produzido e alterado pela ação humana, bem como ao fortalecimento da consciência crítica da população em relação a cidadania ambiental, fomentando discussões e programas de conscientização. Um exemplo é a instituição da Campanha Junho Verde, incluída na mencionada lei em alteração promovida em 2022, para celebração anual de atividades ligadas à Educação Ambiental não formal (BRASIL, 2022c).

Lembra-se que para efetivação do “direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado” estabelecido pelo art. 225, *caput*, da Constituição Federal de 1988, entre outras disposições do §1º do mesmo artigo, “[...] incumbe ao Poder Público: [...] VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente; [...]” (BRASIL, 2022a, n.p.). Portanto, no que é atinente à Educação Ambiental, trata-se de um instrumento de conscientização e de justiça, pois figura como uma política pública e um direito fundamental da Sociedade. Ações integradas na formação moral, educacional e cultural das pessoas contribui para que a discussão das questões ambientais se torne um hábito inclusive para gerações vindouras.

A exemplo disso, uma potencial contribuição da educação ambiental refere-se à conscientização acerca do consumo de bens e serviços e suas implicações na sociedade contemporânea. Um grande desafio é conciliar desejos e preferências subjetivas com a utilização de produtos que não gerem ou gerem menos resíduos e que não sejam prejudiciais ao meio ambiente, no mínimo, reduzam impactos nesse aspecto.

Portanto, para que se concretizem projetos de educação ambiental a fim de que se promova uma ampla conscientização acerca das atitudes humanas. Contudo, há diversos obstáculos em uma sociedade caracterizada pela atividade produtiva em larga escala, tornando bens e serviços com nenhum ou reduzido impacto ambiental mais caros em relação aos produtos tradicionais.

Não obstante, a efetivação da Educação Ambiental possibilita a integração de instrumentos hábeis, qualificando a conscientização e a informação para a concretização dos escopos ambientais. De modo mais específico, a abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) no ensino de Ciências, também é um exemplo que ilustra essa perspectiva educacional no que diz respeito ao meio ambiente.

4. O RIO URUGUAI PELA ABORDAGEM EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA) NO ENSINO DE CIÊNCIAS

É notória a velocidade em que as informações disparam pelos meios tecnológicos e adentram o dia a dia das pessoas, em paralelo ao mercado de trabalho altamente competitivo, à vida em sociedade acelerada e a tantas outras mudanças que estão alterando a forma como a vida humana se processa. Nesse diapasão, visar a alfabetização científica contribui para que o ensino de Ciências atenda às demandas atuais, em especial, aos avanços da ciência e da tecnologia.

A compreensão da alfabetização científica, segundo Martins (2020), Cultura (ou literacia) científica e tecnológica é hoje considerada como um direito dos/as cidadãos/ãs nas sociedades democráticas e também como um instrumento privilegiado para se poder participar conscientemente em decisões políticas colocadas a discussão pública. Também se esclarece que o conceito de alfabetização científica significa facilitar a compreensão do conhecimento e favorecendo a tomada de decisões (MARTINS, 2020) e, a partir dessa perspectiva, “perceber as utilidades da ciência em suas aplicações na melhoria da qualidade de vida, quanto às limitações e consequências negativas de seu desenvolvimento” (CHASSOT, 2000, p. 46).

Logo, alfabetizar cientificamente é dar condições de desenvolvimento ao/a estudante frente às questões sociais, que por vezes terão que se posicionar, com uma bagagem de informação, capacidade crítica e interventiva na vida cotidiana. Assim, um novo olhar para o ensino de Ciências é necessário, conforme a autora:

A mudança de que a escola precisa é uma mudança paradigmática. Porém, para mudá-la, é preciso mudar o pensamento sobre ela. É preciso refletir sobre a vida que lá se vive, em uma atitude de diálogo com os problemas e as frustrações, os sucessos e os fracassos, mas também em diálogo com o pensamento, o pensamento próprio e o dos outros (ALARCÃO, 2001, p. 15).

Nesse sentido, a Constituição Federal (CF) brasileira estabelece, em seu artigo 205, que “a educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo

para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 2022a, p. 29-30). Em sintonia com a CF, o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), Lei nº 8.069/1990, art. 3º, diz que a toda a criança e adolescente lhes são conferidos os direitos fundamentais “a fim de lhes facultar o desenvolvimento físico, mental, moral, espiritual e social, em condições de liberdade e de dignidade” (BRASIL, 2022b, n.p.).

É nesse sentido que a educação se fundamenta, ou seja, para além do conteúdo programático, o qual, se aproximado à realidade do/a aluno/a, oportuniza ao/à estudante um conhecimento que venha ao encontro do/a cidadão/ã. Trabalhar esta (e nesta) abordagem, requer um planejamento das aulas que vá além do convencional ensino, ampliando o conteúdo programático e/ou o livro didático, possibilitando a inserção de problemas e de questões atuais que despertem a reflexão, a crítica e o engajamento dos/as estudantes com a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente.

Por conseguinte, o propósito maior da abordagem CTSA no de Ciências atrela-se a “uma visão integrada, relacionando-a com a Tecnologia e evidenciando os impactos que estas têm na Sociedade e no Ambiente, bem como a influência que a Sociedade/Ambiente tem no desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia” (FERNANDES; PIRES; DELGADO-IGLESIAS, 2018, p. 876). Desse modo, o/a docente parte da questão orientadora e elenca tópicos em torno dessa questão que promovem o debate entre os/as alunos/as.

Permitir que sua visão de mundo possa aflorar na sala de aula, dando possibilidade de que perceba as diferenças estruturais, tanto de procedimentos como de conceitos, pode propiciar a transição e a retroalimentação entre as diferentes formas de conhecimento de que os sujeitos dispõem (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 105-106).

Logo, propicia-se que o conhecimento inicial seja levantado pela turma, ainda que seja um conhecimento do senso comum, contudo, partindo desse, avança-se e desmistificam-se aspectos não científicos. Posteriormente o/a docente promoverá a fundamentação do conhecimento elevando os saberes à alfabetização científica.

Assim, o tema tratado, o Rio Uruguai, em Ciências, poderá compreender o estudo das espécies que habitam o rio e suas proximidades, além dos fatores abióticos que contribuem para o ecossistema local, bem como as questões ambientais que impactam a vida desse sistema. As aulas, pois, ganham novos contornos, com tópicos acerca da importância econômica do rio para a comunidade pesqueira e para a região como um todo. A ideia é permitir que os/as alunos/as se envolvam com o assunto, demonstrando interesse, entendimento e posicionamento frente aos assuntos tratados, bem como contribuindo com a dinâmica das aulas.

Uma forma de trabalhar na e pela perspectiva CTSA é preparar as aulas com base em uma sequência didática. De acordo com Oliveira (2013), é possível pensar uma sequência didática a partir de um método simples em torno de um conjunto de atividades que se conectam por uma dinâmica de ensino e aprendizagem, contemplando: a escolha do tema; problematização; organização das matérias; integração das etapas considerando o tempo das aulas; objetivos e resultados.

Conjuntamente, adicionar questionamentos acerca das questões sociocientíficas/tecnológicas (QSC/T) com fundamento na educação em CTSA, de acordo com Martínez (2012, p. 59), “as QSC/T incluem discussões, controvérsias ou temas diretamente relacionados aos conhecimentos científicos e/ou tecnológicos que possuem um grande impacto na sociedade”. Portanto, espera-se com essa metodologia de ensino que os/as estudantes se

sintam estimulados a participar do debate e contribuam com argumentos embasados e fundamentados, como também, agreguem maior conhecimento com essa dinâmica de aulas e passem a formar opinião própria com maior autonomia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ante o exposto, reafirma-se a relevância ambiental do Rio Uruguai, especialmente considerando sua diversidade no que é atinente à fauna e à flora, desde suas origens naturais nas regiões mais altas até suas áreas mais baixas. Trata-se, pois, de um dos mais importantes cursos d'água do Sul do país, percorrendo grande parte da divisa do Rio Grande do Sul com Santa Catarina e a extensão da fronteira entre a Argentina e, no Brasil, o estado gaúcho.

Não obstante os obstáculos existentes, a Política Nacional de Educação Ambiental possibilita a implementação de instrumentos que contribuam com a preservação do meio ambiente na bacia do Rio Uruguai. Seja mediante educação formal ou não formal, a implementação de ações e programas nesse sentido impactam positivamente a conscientização acerca da temática.

Portanto, apontando-se abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) como uma proposta de metodologia de ensino para tratar de conteúdos relacionados ao Rio Uruguai, espera-se estimular discentes a compreender as questões ambientais, despertando-lhes maior interesse pelo aprendizado dessa temática.

6. REFERÊNCIAS

ALARCÃO, Isabel. **Escola Reflexiva e nova racionalidade**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Dossiê digitalizado do Projeto de Lei (PL) nº 3.792/1993** – Transformado na Lei Ordinária 9.795/1999. Brasília: Câmara dos Deputados, [1999] Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=node01ub1rjflw d1131xk399b9d5u7e5430921.node0?codteor=1138324&filename=Dossie+-PL+3792/1993. Acesso em: 31 ago. 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 31 ago. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002**. Regulamenta a Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2002]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4281.htm. Acesso em: 31 ago. 2022.

BRASIL. [Estatuto da Criança e do Adolescente (1990)]. **Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990**. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8069.htm. Acesso em: 31 ago. 2022.

BRASIL. [Política Nacional de Educação Ambiental (1999)]. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental

e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm. Acesso em: 31 ago. 2022.

CARBONERA, Mirian; SILVA, Sérgio Francisco Serafim Monteiro da; LOURDEAU, Antoine; HERBERTS, Ana Lucia; KUCZKOVSKI, Francieli; HATTÉ, Christine; FONTUGNE, Michel; ONGHERO, André Luiz; BRIZOLA, Jéssica Pedrosa; SANTOS, Marcos César Pereira. Uma deposição funerária Guarani no alto rio Uruguai, Santa Catarina: escavação e obtenção de dados dos perfis funerário e biológico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, Belém, v. 13, n. 3, p. 625-644, set.-dez. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1981.81222018000300008>. Acesso em: 31 ago. 2022.

CESCO, Susana; CEOLIN, Lisianne Pintos Sabedra. Políticas públicas e inundações do rio Uruguai no município de São Borja: o olhar dos atingidos e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. *Revista Brasileira de Ciência Política*, Brasília, n. 22, jan.-abr. 2017, p. 285-328. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-335220172208>. Acesso em: 31 ago. 2022.

CHASSOT, Attico. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. Ijuí: Editora Unijuí, 2000.

DELARIVA, Rosilene Luciana; NEVES, Mayara Pereira; BAUMGARTNER, Gilmar; BAUMGARTNER, Dirceu. Fish fauna of the Pelotas River, Upper Uruguay River, southern Brazil. *Biota Neotropica*, v. 19, n. 3, e20180638, p. 1-13, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0638>. Acesso em: 31 ago. 2022.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. Colaboração Antonio Fernando Gouvêa da Silva. 5ª ed. São Paulo: Cortez, 2018.

FERNANDES, Isabel Marília Borges; PIRES, Delmina Maria; DELGADO-IGLESIAS, Jaime. Perspetiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 6º ano de escolaridade. *Revista Ciência & Educação (C&E)*, Bauru, v. 24, n. 4, p. 875-890, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320180040005>. Acesso em: 31 ago. 2022.

FERRER, Juliano; DONIN, Laura M. A new species of Ituglanis (Siluriformes: Trichomycteridae) from the rio Uruguai basin, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, Maringá, 2017, v. 15, n. 3, e170057, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170057>. Acesso em: 31 ago. 2022.

LEYSER, Gabriela; ZANIN, Elisabete Maria; BUDKE, Jean Carlos; MÉLO, Máida Ariane de; HENKE-OLIVEIRA, Carlos. Regeneração de espécies arbóreas e relações com componente adulto em uma floresta estacional no vale do rio Uruguai. *Acta Botanica Brasilica*, Brasília, v. 26, n. 1, p. 74-83, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/vNNPsZLSY8mSBDMVzdB4YLN/?lang=pt>. Acesso em: 26 ago. 2022.

MARTÍNEZ PÉREZ, Leonardo Fabio. Ensino de ciências com enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) a partir de questões sociocientíficas (QSC). In: MARTÍNEZ PÉREZ, Leonardo Fabio. *Questões sociocientíficas na prática docente: Ideologia, autonomia e formação de professores*. São Paulo: Editora UNESP, 2012, p. 55-61. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/bd67t/pdf/martinez-9788539303540.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2022.

MARTINS, Isabel P. Revisitando orientações CTS - CTSA na educação e no ensino das ciências. **APEDuC Journal**, CIDTFF & Universidade de Aveiro, v. 1, n. 1, p. 13-29, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0638>. Acesso em: 31 ago. 2022.

MILARÉ, Édís. **Direito do ambiente** – a gestão ambiental em foco. 5ª ed. São Paulo: RT, 2007.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis: Vozes, 2013.

REYNALTE-TATAJE, David Augusto; SOARES, Marlon da Luz; MASSARO, Marthoni Vinicius; BASTIAN, Rodrigo; PELICICE, Fernando Mayer. First evidence of a spawning site of the endangered fish *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1850) (Characiformes, Bryconidae) in the Middle Uruguay River, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2020, v. 32, e23, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2220>. Acesso em: 31 ago. 2022.

ROGALSKI, Juliana M.; ZANIN, Elisabete M. Composição florística de epífitos vasculares no estreito de Augusto César, Floresta Estacional Decidual do Rio Uruguai, RS, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v. 26, n. 4, p. 551-556, out.-dez. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/GFByVmsGsdWq4GcsgxpNKkR/?lang=pt>. Acesso em: 31 ago. 2022.

SANTOS, Francisco. Rio Uruguai. **Salvador-Náutico**, 19 fev. 2020. Disponível em: <http://salvador-nautico.blogspot.com/2020/02/rio-uruguai-uruguay.html>. Acesso em: 31 ago. 2022.

CAPÍTULO 5

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE MUDANÇA NAS PERCEPÇÕES SOBRE A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EM UMA ESCOLA E EM UM BAIRRO DO MUNICÍPIO DE ALEGRETE, RS BRASIL RS.

Danusa César alves
Karina Braccini Pereira
Marcus Vinícius Morini Querol

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A preocupação ambiental no mundo começou quando o homem percebeu a probabilidade da exaustão dos recursos naturais energéticos, principalmente com a crise do petróleo. Hoje, com a utilização de fontes de energia renováveis, o homem preocupa-se com o desenvolvimento sustentável, procurando atender às necessidades do presente, sem comprometer as futuras gerações (BRANDÃO, 2009). Todavia, o desenvolvimento sustentável não é conquistado globalmente. Para isso, torna-se necessária a educação ambiental, processo de reflexão e tomada de consciência dos processos socioambientais, que mobilizem a participação dos cidadãos, junto com a transformação dos métodos de investigação e formação, a partir de uma visão holística e interdisciplinar.

A partir disso, foi desenvolvida a proposta de trabalhar o tema educação ambiental relacionando-o com a realidade local, desenvolvendo a pesquisa partindo da temática água e lixo utilizando o Arroio Regalado, localizado na periferia do município de Alegrete/RS como embasamento. O mesmo foi escolhido, pois, está em contato direto com a comunidade, escola e alunos pesquisados, e sofre com a poluição causada por lixo, despejamento de esgoto sem tratamento, casas em locais impróprios, além das inúmeras enchentes e enxurradas que ocorre em todo seu percurso.

O trabalho utiliza a educação ambiental como ferramenta de mudança nas percepções sobre os principais problemas envolvendo a destruição da natureza, propõe contribuir para a construção da sustentabilidade socioambiental por meio da educação, diminuindo a distância entre as políticas públicas e a comunidade e traz em seu escopo a proposta de realizar uma investigação sobre como a educação ambiental pode trazer resultados positivos na conscientização sobre a importância da preservação dos recursos naturais, objetivando identificar a percepção do público alvo antes e após intervenção de conscientização ambiental.

A discussão sobre o desenvolvimento sustentável acarretou reflexões sobre a forma de conscientizar a comunidade em geral da importância para nossa e para as futuras gerações de que o meio ambiente seja preservado. Com isso, maiores debates foram surgindo sobre a educação ambiental. A Lei 9.795/99 da Constituição Federal (BRASIL, 1999) dispõe sobre a educação ambiental, orientando que se entendem por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos,

habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade

Assim, justifica-se a elaboração da pesquisa em razão da necessidade de informar a sociedade sobre como suas ações podem interferir na composição do meio ambiente de forma negativa ou positiva, assumindo desta forma, o seu compromisso ambiental para o meio ambiente atual e as futuras gerações.

Para Pádua e Tabanez (1998), a educação ambiental propicia o aumento de conhecimentos, mudança de valores e aperfeiçoamento de habilidades, condições básicas para estimular maior integração e harmonia dos indivíduos com o meio ambiente. Por isso, é vista como um agente eficiente de formação para uma geração consciente e sustentável.

Sendo assim, nas últimas décadas do século XX, a educação ambiental se consolidou como um campo que está em crescimento, sendo alvo de inúmeras reflexões que não se limitam ao ambiente escolar, principalmente pelo potencial de suas ações.

Na periferia, onde a escolaridade e a perspectiva de vida são reduzidas, a consciência ambiental torna-se ímpar; atividades muito amplas podem passar despercebidas por essas comunidades, o que mostra a importância de se trabalhar em pequenos grupos.

O slogan ambientalista "Pensar Globalmente, Agir Localmente" serve-nos de norte, pois é através de pequenas ações de educação ambiental que conseguiremos modificar as coisas, trazendo um melhor conhecimento sobre as temáticas de preservação ambiental aos alunos, fortalecendo sua identidade e autoestima, e formando cidadãos conscientes ambientalmente. Assim, justifica-se a elaboração do presente trabalho em razão da sua importância para a efetiva preservação do meio ambiente, bem como, as mudanças que a educação ambiental pode fazer em uma comunidade, colaborando para o bem social, coletivo e ambiental.

O presente estudo aborda o tema educação ambiental. Partiu-se da indagação sobre como a educação ambiental pode sensibilizar e conscientizar uma sociedade no sentido de não serem mais toleradas ações que sejam prejudiciais para o meio ambiente.

O objetivo do trabalho é analisar a percepção ambiental do público-alvo através de questionário, bem como, identificar as relações que o mesmo estabelece com o meio ambiente, em especial ao corpo hídrico presente em seu cotidiano, o Arroio Regalado localizado na periferia da cidade de Alegrete/RS, investigando se há alterações após intervenção de conscientização através da educação ambiental. Além de conscientizar através de palestra e conversas quanto ao uso e preservação dos recursos naturais, identificar se haverá modificações na percepção ambiental após a intervenção de conscientização, quantificar as mudanças recorrentes após a intervenção, e por fim, identificar a compreensão quanto ao impacto causado pelo lixo ao meio ambiente e aos recursos hídricos através das ações antropológicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no município de Alegrete/RS, no período de fevereiro a julho de 2016. Os sujeitos da pesquisa foram estudantes de uma escola pública estadual de ensino fundamental e moradores da periferia da cidade, nas proximidades do arroio Regalado. A mesma é uma pesquisa quantitativa, exploratória e trata-se de um estudo de caso.

Trata-se de uma escola Estadual, que atende 1.000 estudantes distribuídos nos níveis de ensino: infantil, fundamental, médio e educação de jovens e adultos – EJA. Para realização

da pesquisa foram escolhidas duas turmas de 7º ano, pois, a temática água integra o conteúdo programático nessa série. No total foram pesquisados 30 estudantes, sendo uma turma com total de 18 alunos no turno da manhã e 12 alunos no total no turno da tarde, a média de idade é de 12,4 anos, sendo o mais novo com 12 anos e com maior idade de 13anos. A realização da pesquisa na escola ocorreu em três momentos, conforme pode ser observado a sequência das ações abaixo:

- Aplicação do questionário com 18 questões (apêndice I);
- Palestra;
- Reaplicação do questionário após intervenção.

No primeiro momento foi feito contato com a direção e supervisão da escola, bem como, professora de ciências das turmas pesquisadas para apresentação do projeto, após foi feita a aplicação do questionário para averiguar o conhecimento prévio dos pesquisados sobre a temática, após um intervalo de 10 dias foi realizado uma palestra, com os temas trabalhados no questionário. Foi realizado um intervalo de 20 dias e feito a reaplicação do mesmo questionário para quantificar se ocorreram mudanças na percepção dos alunos em relação aos temas propostos.

Na comunidade, foram pesquisados 25 moradores, com idades que variaram entre 12 e 86 anos, sendo que a maioria é composta por moradores com idade superior a 18 anos. O critério utilizado foi a proximidade das residências as margens do Arroio Regalado, nas três quadras pesquisadas.

A comunidade é ribeirinha, ou seja, moram próximos ao leito do Arroio Regalado. O Arroio passa por diversos bairros da periferia da cidade desaguando no Rio Ibirapuitã, que abastece a cidade de Alegrete.

O Arroio Regalado hoje possui pontos de represamento, assoreamento, casas em locais impróprios, poluição das águas, poluição das ruas em seu entorno, e nos últimos anos, a comunidade vem sofrendo com inúmeras enchentes e enxurradas (Figuras 1, 2, 3 e 4).

Figura 1. Arroio Regalado, perímetro urbano. Ponte de ligação entre os Bairros Macedo e Boa Vista (Fonte: Arquivo próprio).



Figura 2. Arroio Regalado, perímetro urbano. Ponte de ligação entre os Bairros Restinga e Boa Vista (Fonte: Arquivo próprio).



Figura 3. Ponte sobre o Arroio Regalado (ligação Bairros Macedo e Boa Vista) durante a enchente em dezembro de 2015. Fonte: Arquivo próprio.



Figura 4 . Ponte sobre o Arroio Regalado (ligação Bairro Macedo e Bairro Boa Vista) durante a enchente em dezembro de 2015. Fonte: Arquivo próprio.



A realização da pesquisa na comunidade ocorreu na sequência de ações descritas abaixo:

- Apresentação do projeto e aplicação de questionário com 17 questões (Apêndice II);

- Conversa com utilização de folder;
- Reaplicação de questionário;

Todas as fases foram realizadas através de visita domiciliar. Inicialmente foi feita a apresentação do projeto e convite para participação, após foi aplicado o questionário para averiguar o conhecimento prévio dos participantes, após com um intervalo de 07 dias foi realizada uma visita as casas para uma conversa com utilização de um folder explicativo sobre os temas abordados no questionário, e para conclusão com um intervalo de 20 dias foi reaplicado o mesmo.

Na escola e na comunidade os dados obtidos foram analisados e esboçados em tabelas e gráficos em forma percentual de maneira que se pudesse traçar um comparativo antes a após intervenção para quantificar se houve ou não mudanças nas percepções sobre as questões ambientais propostas no presente trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos questionamentos, foi possível averiguar o conhecimento prévio do público alvo e o adquirido após a intervenção sobre os temas propostos, sendo eles a água e o lixo, utilizando como embasamento durante as intervenções o Arroio Regalado. Partindo das temáticas propostas, foram trabalhados vários tópicos descritos em forma de tabelas e gráficos a seguir.

Na tabela 01, podem ser observados os dados referentes ao diagnóstico inicial e final da turma 71 do 7º ano do ensino fundamental da escola pública estadual no município de Alegrete, RS, Brasil.

De acordo com a concepção dos alunos, em relação à importância da implantação de projetos de educação ambiental, foi possível averiguar, que antes da intervenção 83,3% dos alunos afirmaram que não acreditavam que a implantação de projetos de educação ambiental possa gerar resultados positivos, ou seja, ajudar a conscientizar a população sobre a importância de preservar o meio ambiente. Após intervenção, houve uma mudança nessa concepção, pois, 94,4% dos alunos responderam positivamente a importância da realização de projetos de educação ambiental. Isso deve-se ao fato, da maioria relatar durante a intervenção não ter conhecimento sobre o termo educação ambiental, sendo assim, relataram não possuir informações sobre como a mesma pode interferir positivamente na busca por melhorias no meio ambiente.

A educação ambiental é uma ferramenta educativa, mas também desenvolve um papel de caráter social capaz de construir valores que contribuem na efetivação das atitudes dentro de um ambiente individual ou coletivo. Segundo Reigota (1998), a educação ambiental aponta para propostas pedagógicas centradas na conscientização, na mudança de comportamento, no desenvolvimento de competências, na capacidade de avaliação e na participação dos educandos.

Tabela 01. Análise percentual dos dados referente ao diagnóstico inicial e final da turma 71 do 7º ano do ensino fundamental da escola pública estadual no município de Alegrete, RS, Brasil.

	Sem intervenção						Com intervenção						TOTAL
	Sim	%	Não	%	Não sei	%	Sim	%	Não	%	Não sei	%	
1. ... resultados positivos?	03	16,6	15	83,3	0	0	17	94,4	01	5,5	0	0	18
2. ... meio ambiente?	08	44,4	10	55,5	0	0	17	94,4	01	5,5	0	0	18
3. ...é coleta seletiva?	08	44,4	10	55,5	0	0	16	88,8	02	11,1	0	0	18
4. ... coleta seletiva?	0	0	0	0	18	100	02	11,1	14	77,7	02	11,1	18
5. ...sua residência?	04	22,2	14	77,7	0	0	16	88,8	02	11,1	0	0	18
6. ... de resíduos?	15	83,3	0	16,6	03	0	17	94,4	0	0	01	5,5	18
7. ... materiais recicláveis?	03	16,6	15	83,3	0	0	100	55,5	08	44,4	0	0	18
8. ... na sua casa?	03	16,6	01	5,5	0	0	15	83,3	01	5,5	0	0	18
8.1 Nunca pensei nisso	14	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
9. ...as enxurradas?	18	100	0	0	0	0	18	100	0	0	0	0	18
10. ...pode esgotar?	17	94,4	0	0	0	0	18	100	0	0	0	0	18
11. ... o consumo?	18	100	0	0	0	0	18	100	0	0	0	0	18
12. ... economizar água?	18	100	0	0	0	0	18	100	0	0	0	0	18
13. ... sua residência	01	5,5	17	94,4	0	0	08	44,4	10	55,5	0	0	18
14. ... ou enxurrada?	18	100	0	0	0	0	18	100	0	0	0	0	18
15. ... pela água ?	16	88,8	02	11,1	0	0	17	94,4	01	5,5	0	0	18
16. ... poluição da água?	17	94,4	01	5,5	0	0	18	100	0	0	0	0	18

Em relação ao lixo, 44,4% dos alunos afirmaram não conhecer os impactos que o mesmo causa ao meio ambiente. Após a palestra, 94,4% responderam conhecer esses impactos, mostrando que houve uma mudança após a intervenção.

Em relação à coleta seletiva, 55,5% dos alunos responderam não conhecer esse processo de recolhimento de resíduos, antes da intervenção e 44,4% afirmaram ter conhecimento. Porém quando questionados sobre a existência de coleta seletiva na cidade de Alegrete todos responderam que não sabiam. Isso demonstra que existe falta de conhecimento por falta dos alunos tanto sobre os tipos de processos de recolhimento e armazenamento de resíduos, bem como a forma operacional adotada na cidade onde vivem. Isso pode também estar relacionado a uma falha do município em divulgar em diferentes meios de comunicação social, a importância da coleta seletiva e mobilizar a população para que possam colaborar. Após a intervenção, 88,8% dos alunos responderam saber o que é coleta seletiva e 77,7% afirmaram que não existe coleta seletiva na cidade de Alegrete, demonstrando que houve um avanço no conhecimento da realidade local dos pesquisados, pois, não existe sistema de coleta seletiva na cidade.

De acordo com Didonet (1999,p.17):

“ ...a coleta seletiva constitui processo de valorização dos resíduos, em que estes são selecionados e classificados na própria fonte geradora, visando seu reaproveitamento e reintrodução no ciclo produtivo”.

Quando questionados sobre separação de resíduos, antes da intervenção, 77,7% dos alunos afirmaram que eles e seus familiares não eram adeptos dessa rotina em suas residências, após a intervenção, 88,8% responderam positivamente à questão. Durante a reaplicação do questionário foi questionado aos alunos se depois da palestra havia ocorrido mudanças em seus hábitos, e muitos responderam de forma positiva. Isso justifica a modificação de suas respostas. Na pergunta, sobre reaproveitamento de materiais recicláveis, também referente a resíduos, sem intervenção, 83,3% responderam que não realizavam reaproveitamento de materiais, e após intervenção esse número diminuiu para 44,4%, mostrando a eficácia de conversar sobre importância de reciclar.

Em relação à separação de resíduos na escola, antes da intervenção 83,3% afirmaram que há separação de resíduos dentro da escola, após intervenção 94,4% responderam da mesma forma. Isso demonstra que os alunos possuem conhecimento sobre o seu ambiente escolar, pois, a escola é adepta da separação de resíduos, possuindo lixeiras apropriadas no pátio da escola, e a separação também é feita no refeitório da mesma.

Questionado aos alunos se possuem preocupação em diminuir o lixo gerado em suas residências, sem intervenção, 77,7% responderam nunca ter pensado nisso e após intervenção, 83,3% responderam se preocupar com a problemática. Isso demonstra que a intervenção através da educação ambiental despertou diferentes olhares em relação ao meio ambiente, e embora primeiramente não demonstrassem muita preocupação em relação ao seu lixo, 100% dos pesquisados afirmaram que existe relação entre o lixo jogado na rua e as enxurradas, tanto antes como após intervenção. Mostrando que possuem conhecimento que o lixo pode causar enchentes e enxurradas, porém ainda não haviam repensado como diminuir seu próprio lixo.

Em relação à água, 94,4% responderam que acreditam que é um recurso que pode acabar. Após a intervenção esse número passou para 100%, mostrando assim, que possuem conhecimento sobre o assunto. Quanto ao lixo como contaminante os alunos tanto antes como após a intervenção, responderam em sua totalidade que acreditam que o lixo pode contaminar a água e torná-la imprópria para consumo. O intenso uso da água e a poluição gerada contribuem para agravar sua escassez e resulta na necessidade crescente do acompanhamento das alterações da qualidade da água (Braga, 2002).

Pode se observar que 100% dos alunos responderam que se preocupam em economizar água, tanto antes como após a intervenção. Porém quanto ao reaproveitamento da água nas suas residências antes da intervenção 94,4% afirmaram não reaproveitar água em suas residências. E esse número baixou para 55,5% após a intervenção. Mesmo com uma mudança, os resultados demonstram uma preocupação econômica e não ambiental na economia da água, todavia, durante a palestra foram demonstradas muitas maneiras de reutilizar a água de forma a economizar e preservar esse bem que como citado anteriormente, pode esgotar. Pois, se faz necessário que sejam repensadas as atitudes tomadas em prol do ambiente em que vivemos. Para Chalita (2002, p. 34), a educação constitui-se na mais poderosa de todas as ferramentas de intervenção no mundo para a construção de novos conceitos e a consequente mudança de hábitos.

Em relação às enchentes enxurradas, tanto antes como após intervenção, todos alunos afirmaram já ter presenciado as mesmas. Isso demonstra que essa realidade faz parte de seu cotidiano, pois, a escola é próxima do Arroio Regalado e os alunos moram nas comunidades do entorno, portanto convivem com essa realidade.

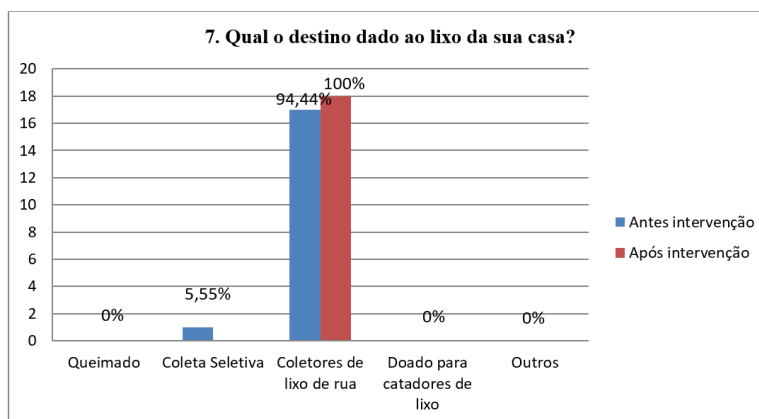
Em respeito às doenças transmitidas direta ou indiretamente pela água 88,8% dos alunos responderam antes da intervenção, conhecer algum tipo de doença e após a intervenção, esse número mudou para 94,4%, demonstrando que eles já possuíam um nível elevado de conhecimento sobre o assunto, durante a palestra eles fizeram muitos questionamentos e comentaram que esse conteúdo estava sendo trabalhado em sala de aula. Percebe-se também a importância da água para nosso organismo que para cumprir corretamente suas funções precisa ser de boa qualidade, sem sofrer com a poluição, pois, pode causar grandes riscos a saúde. Segundo Didonet (1997, p.6), as doenças que têm a água como agente transmissor poder ser classificados em dois grupos:

a) doenças de veiculação hídrica – aquelas em que a água atua como veículo propriamente dito do agente infeccioso, como no caso da febre tifóide, da desintéria bacilar etc. [...]doenças de origem hídrica – aquelas decorrentes de certas substâncias contidas na água em teor inadequado, e que dão origem a doenças como a fluorose, metamoglobinemia e saturnismo [...]

Sobre as enchentes e enxurradas os alunos responderam que acreditam que a situação pode melhorar em decorrência da mudança de atitudes da comunidade em relação ao lixo e a poluição da água, antes da intervenção a resposta positiva foi de 94,4% e esse número passou para 100% após a intervenção. Esse fato mostra que os alunos possuem conhecimento sobre a importância da preservação, e que há necessidade de instigá-los mais há repensar sobre suas atitudes em relação ao meio onde vivem.

Em relação ao destino final do lixo de suas residências, antes da intervenção, conforme figura 05, 94,4% dos alunos responderam que os resíduos são destinados a coletores de lixo de rua, que são recolhidos pelos caminhões de lixo em diferentes dias da semana. Após a intervenção, esse número passou para 100%, com os dados obtidos antes e após intervenção foi possível averiguar que os alunos possuem conhecimento sobre os processos de recolhimento de lixo de sua cidade.

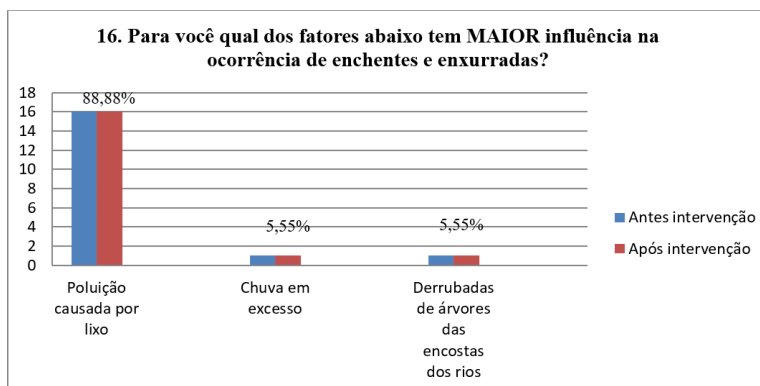
Figura 05. Análise percentual sobre o destino final do lixo em residências dos alunos da turma 71.



Na pergunta número 16, presente no gráfico da figura 06, os alunos responderam sobre o que acreditam ser o fator de maior influência na ocorrência de enchentes e enxurradas, o resultado foi o mesmo tanto antes como após a intervenção, 88,8% afirmaram acreditar que a poluição causada pelo lixo é um fator determinante na ocorrência de enchentes e enxurradas.

A análise desses resultados mostra que os alunos possuem informações sobre a gravidade da problemática da poluição.

Figura 06. Análise percentual sobre o fator de maior influência na ocorrência de enchentes e enxurradas da turma 71.



Na tabela 02, podem ser observados os dados referentes ao diagnóstico inicial e final da turma 72 do 7º ano do ensino fundamental da escola pública estadual de ensino.

Em relação à compreensão dos alunos sobre a importância da implantação de projetos de educação ambiental, antes da realização da intervenção 41,6% dos alunos afirmaram não acreditar em resultados positivos da educação ambiental. Lima (2003) enfatiza que a educação voltada para a sustentabilidade pressupõe a capacidade de aprender, criar e exercitar novas concepções e práticas de vida, de educação e de convivência, capazes de substituir os velhos modelos em esgotamento.

Após intervenção, ocorreu uma mudança e 83,3% dos alunos responderam positivamente a questão. Também foi constatado durante a intervenção que os alunos dessa turma não possuíam conhecimento sobre o termo educação ambiental, portanto muitos responderam de forma negativa a questão, dessa maneira foi possível averiguar que os alunos não conheciam a importância da implantação de projetos de educação ambiental, bem como, o propósito dos mesmos, e como eles podem interferir na busca por mudanças nas atitudes da população em relação ao meio ambiente em que vivem.

Questionados sobre os impactos que o lixo causa ao meio ambiente 58,3% dos alunos afirmaram ter conhecimento sobre o assunto, após a intervenção houve uma mudança mostrando a eficácia da palestra de intervenção, pois, 83,3% dos alunos responderam positivamente a mesma pergunta.

Em relação à coleta seletiva, antes da intervenção, 58,3% dos alunos, afirmaram não saber sobre a mesma. Após a intervenção, esse número diminuiu para 8,3%. Mostrando que os alunos possuíam pouca informação sobre o tema e a intervenção teve grande valia nesse quesito.

Tabela 02. Análise percentual dos dados referente ao diagnóstico inicial e final da turma 72 do 7º ano do ensino fundamental de uma escola pública estadual de ensino, no município de Alegrete, RS, Brasil.

	Sem intervenção						Com intervenção						TOTAL
	Sim	%	Não	%	Não sei	%	Sim	%	Não	%	Não sei	%	
1. ... resultados positivos?	07	58,3	05	41,6	0	0	10	83,3	02	16,6	0	0	12
2. ...meio ambiente?	07	58,3	05	41,6	0	0	11	91,6	01	8,3	0	0	12
3. ...coleta seletiva?	05	41,6	07	58,3	0	0	12	100	0	0	0	0	12
4. ...coleta seletiva?	04	33,3	02	16,6	06	50	0	0	10	83,3	02	16,6	12
5. ... sua residência?	04	33,3	08	66,6	0	0	07	58,3	05	41,6	0	0	12
6. ... de resíduos?	10	83,3	01	8,3	01	8,3	11	91,6	0	0	01	8,3	12
7. ...recicláveis?	04	33,3	08	66,6	0	0	07	58,3	05	41,6	0	0	12
8. ... na sua casa?	01	8,3	02	16,6	0	0	08	66,6	0	0	0	0	12
8.1 Nunca pensei nisso	09	75	0	0	0	0	04	33,3	0	0	0	0	09
9. ...ou enxurradas?	11	91,6	0	0	01	8,3	12	100	0	0	0	0	12
10. ...pode esgotar?	12	100	0	0	0	0	12	100	0	0	0	0	12
11. ...para o consumo?	10	83,3	0	0	02	16,6	12	100	0	0	0	0	12
12. ... economizar água?	11	91,6	01	8,3	0	0	12	100	0	0	0	0	12
13. ...sua residência	04	33,3	08	66,6	0	0	07	58,3	05	41,6	0	0	12
14. ...ou enxurrada?	12	100	0	0	0	0	12	100	0	0	0	0	12
15. ...pela água?	05	41,6	07	58,3	0	0	11	91,6	01	8,3	0	0	12
16. ... poluição da água?	08	66,6	04	33,3	0	0	12	100	0	0	0	0	12

Seguinte essa mesma temática, questionado sobre a existência de coleta seletiva na cidade, antes da intervenção 50% dos alunos responderam que não sabiam sobre a questão, e após a intervenção, 83,3% afirmaram que não existe esse processo na cidade. Isso demonstra que os alunos possuíam muitas dúvidas em relação ao descarte do lixo, pois, não tinham certeza sobre os processos de recolhimento e destino final do mesmo.

Referente à separação de resíduos antes da intervenção 66,6% dos alunos afirmaram não realizar separação de resíduos em suas residências, esse número passou para 41,6% após a intervenção. Seguindo a mesma temática, antes da intervenção 66,6% dos alunos afirmaram não reaproveitar materiais recicláveis, após a intervenção que enfatizou a importância desse recurso, esse número diminuiu para 41,6%.

Primeiramente para que se implante tanto a coleta seletiva como a reciclagem do lixo, é necessário que haja conscientização entre as pessoas. Para isso, é importante informar as vantagens da realização dessas atitudes para o bem individual e em comum. A reciclagem é um processo que interessa ao meio ambiente, constituindo em instrumento eficaz para a preservação dos recursos naturais, pois implica a reintrodução dos materiais no processo produtivo, reduzindo o desgaste físico do meio (MARQUES, 2005, p. 122).

Sobre a separação de resíduos na escola inicialmente 83,3% dos alunos afirmaram que a mesma é adequada desse recurso, e após intervenção 91,6% fez a mesma afirmação. Isso demonstra que os alunos reconhecem a política adotada pela escola, que possui lixeiras apropriadas no pátio da escola para separação de resíduos, bem como, a mesma é realizada no refeitório da escola.

Em relação ao lixo, onde foi questionado se os alunos possuem preocupação em diminuir o lixo gerado em suas residências, antes da intervenção, 75% dos alunos responderam que nunca haviam pensado sobre o assunto e após a intervenção, 66,6% dos alunos afirmaram ter repensado sobre essa problemática. Levando em consideração que o lixo causa muitos problemas ao meio ambiente como foi notório nas respostas sobre a relação do lixo e as enchentes e enxurradas, onde 91,6 % dos alunos afirmaram que existe relação direta entre eles, e esse número passou a 100% após intervenção. De acordo com Silva (2007, p. 11):

O lixo é um elemento presente na vida de qualquer pessoa, sendo um ótimo tema a ser trabalhado com os alunos, de forma interdisciplinar, objetivando a conscientização e a mudança de atitudes dentro e fora da sala de aula. Assim, a educação ambiental na escola assume um papel preponderante para a formação do sujeito e sua inserção social, propiciando-lhe um agir com consciência e atitude perante os problemas do meio ambiente.

A respeito à água, tanto antes como após a intervenção todos alunos responderam que a mesma é um recurso que pode esgotar, mostrando assim que possuem conhecimento sobre o tema. Seguindo nesta mesma temática, antes da intervenção 83,3% dos alunos responderam que o lixo pode tornar a água imprópria para o consumo, após a intervenção, esse número passou para 100%.

Relativo à economia da água 91,6 % dos alunos responderam antes da intervenção que se preocupam em economizar, esse número aumentou para 100% após intervenção. Em contrapartida apenas 33,3% dos alunos afirmaram reaproveitar água em suas residências, após a intervenção, esse número aumentou para 58,3%. Verificou-se que a maioria dos alunos não associa o uso errôneo da água com seu desperdício, nem tem consciência sobre a reutilização da água em suas residências. De acordo com Alcantara (2009) este fato deve-se também a chamada cultura do desperdício, que foi gerada com o aumento populacional das últimas décadas, proporcionada pelo modo de vida capitalista, que tem por consequência a elevada retirada de recursos naturais do planeta.

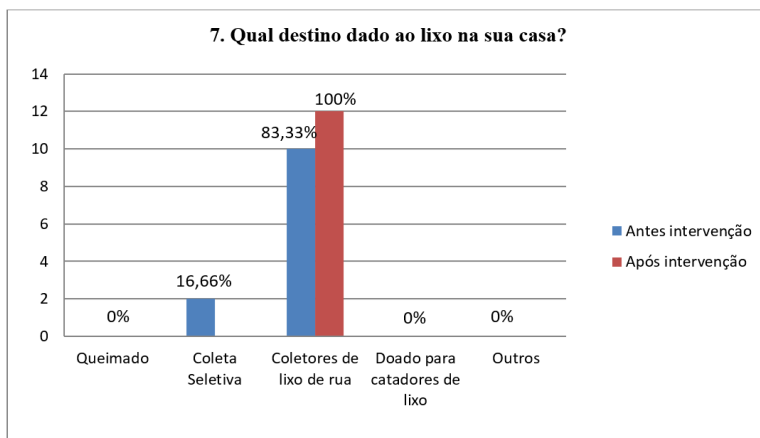
Sobre à realidade local, 100% dos alunos afirmaram antes e após intervenção já terem presenciado enchentes e enxurradas em seu bairro ou rua, pois, a maioria dos alunos, mora muito próximo ao Arroio Regalado, local que sofre regularmente com enxurradas e enchentes.

Em relação às doenças transmitidas direta ou indiretamente pela água, antes da intervenção, 58,3% dos alunos afirmaram não conhecer nenhuma, após intervenção esse número diminuiu para 8,3%, mostrando que houve grande compreensão por parte dos alunos da palestra de intervenção.

Ao serem questionados se acreditam que a situação das enchentes e enxurradas podem melhorar em decorrência da mudança de atitudes da comunidade em relação ao lixo e a poluição da água, antes da intervenção a resposta positiva foi de 66,6% e esse número passou para 100% após a intervenção. Essa análise mostra que a intervenção teve grande eficácia em instigar os alunos a repensar atitudes que promovam a preservação do meio ambiente.

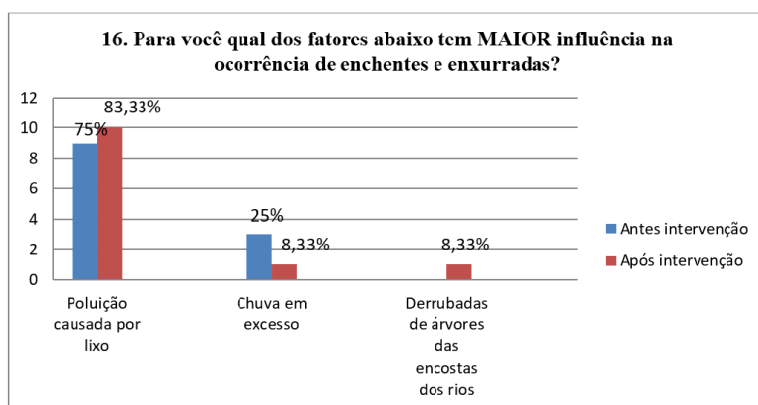
Em relação ao destino final do lixo de suas residências, antes da intervenção, conforme figura 07, 83,3% dos alunos responderam que os resíduos são destinados a coletores de lixo de rua, que são recolhidos pelos caminhões de lixo em diferentes dias da semana. Após a intervenção, esse número passou para 100%, com os dados obtidos antes e após intervenção foi possível averiguar que os alunos possuem conhecimento sobre os processos de recolhimento de lixo de sua cidade.

Figura 07. Análise percentual sobre o destino final do lixo em residências dos alunos da turma 72.



Na pergunta número 16, presente na figura 08, os alunos responderam sobre o que acreditam ser o fator de maior influência na ocorrência de enchentes e enxurradas, antes da intervenção 75% apontaram como resposta a poluição causada por lixo, após a intervenção esse número aumentou para 83,3%. Houve também antes da intervenção 25% dos alunos que apontaram a chuva em excesso como um dos principais agravantes das enchentes e enxurradas.

Figura 08. Análise percentual sobre o fator de maior influência na ocorrência de enchentes e enxurradas da turma 72.



referente ao tema água, ambas têm bastante conhecimento sobre vários aspectos, como a mesma ser um recurso que pode acabar, que o lixo pode ser um grande contaminante da água entre outros, porém em ambas as turmas foi possível observar antes da intervenção a falta de preocupação na reutilização da água. Sobre o tema lixo, também não houve muita diferença nos resultados entre as turmas, pois, ambas possuem conhecimento sobre algum tipo de impacto que o lixo causa, não possuíam preocupação em pensar na diminuição de resíduos, e em ambos os casos não tinham informações precisas sobre a coleta seletiva. Sobre o tema educação ambiental, a turma 71 afirmou não ter conhecimento sobre o termo e muitos afirmaram antes da intervenção não acreditarem em resultados positivos da mesma, já na turma 72, o número de alunos que alegava não conhecer o termo foi menor, e a maioria respondeu acreditar na educação ambiental, mostrando maior conhecimento sobre o assunto.

Na tabela 03, podem ser observados os dados referentes ao diagnóstico inicial e final dos pesquisados na comunidade moradora nas proximidades do arroio Regalado, em um bairro do município de Alegrete, RS, Brasil.

Em relação à realização de projetos de educação ambiental, anteriormente a intervenção, 80% dos participantes afirmaram que reconhecem que a implantação de tais projetos pode assegurar resultados positivos, resultando em uma maior preservação do meio ambiente. Após a intervenção houve um aumento de 12% desse valor, passando para 92% dos entrevistados. Mostrando que embora tenha ocorrido um aumento na percepção da importância das práticas em educação ambiental, a comunidade já possuía conhecimento sobre o assunto. Enfatizando assim que, a educação ambiental, pode assumir uma parte ativa de um processo intelectual, constantemente a serviço da comunicação, do entendimento e da solução dos problemas (Vigotsky, 1991).

Em relação ao lixo, foi possível averiguar que a população possui conhecimento sobre os problemas que o mesmo causa ao meio ambiente, pois, antes da intervenção 96% afirmaram conhecer esses impactos, e esse número passou para 100% após intervenção.

Sobre os processos de recolhimento de resíduos, mais precisamente sobre a coleta seletiva, 72% dos pesquisados antes da intervenção afirmaram não saber sobre a temática, já após a intervenção esse valor passou para 24%. Mostrando que através da intervenção houve uma diminuição na falta de conhecimento sobre essa questão. Em relação à coleta seletiva, antes da intervenção, a população ficou bem dividida em relação existência ou não da mesma na cidade, onde 40% responderam sim. Após a intervenção, 92% responderam que não há esse tipo de processo de recolhimento de resíduos na cidade.

Essa análise mostra que a comunidade ainda não possui muitas informações sobre as diferentes maneiras possíveis de manejo do lixo, onde a coleta seletiva é uma opção muito favorável a maior preservação do ambiente em que vivemos, mostrando também que não reconhecem como essa logística ocorre na cidade onde vivem e o lixo que produzem. Para Rodrigues e Cavinatto, (1997), a maior aliada dos programas de reciclagem é a coleta seletiva.

Sobre a separação de resíduos, onde, sem intervenção 68% afirmaram não realizá-la, após intervenção que enfatizou a importância dessa separação e as maneiras de fazê-la esse número caiu para 52%. Em relação ao reaproveitamento de materiais recicláveis, 72% dos pesquisados informaram não reaproveitá-los em suas residências, esse valor diminuiu para 56% após a intervenção.

Tabela 03. Dados percentuais referentes ao diagnóstico inicial e final da comunidade situada as proximidades do arroio Regalado, em relação as percepções ambientais no município de Alegrete, RS, Brasil.

	Sem intervenção						Com intervenção						TOTAL
	Sim	%	Não	%	Não sei	%	Sim	%	Não	%	Não sei	%	
1. ... resultados positivos ?	20	80	05	20	0	0	23	92	02	08	0	0	25
2. ...meio ambiente?	24	96	01	4	0	0	25	100	0	0	0	0	25
3. ...é coleta seletiva?	07	28	18	72	0	0	19	76	06	24	0	0	25
4. ... coleta seletiva?	10	40	06	24	09	36	0	0	23	92	02	08	25
5. ... sua residência?	08	22	17	68	0	0	12	48	13	52	0	0	25
6. ... recicláveis?	03	12	03	12	0	0	09	36	03	12	0	0	25
7. ... sua casa?	3	12	3	12	0	0	09	36	03	12	0	0	25
7.1. Nunca pensei nisso	19	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
8. ...as enxurradas?	22	88	0	0	03	12	25	100	0	0	0	0	25
9. ... pode esgotar?	24	96	01	04	0	0	25	100	0	0	0	0	25
10. ...para consumo?	25	100	0	0	0	0	25	100	0	0	0	0	25
11. ...economizar água?	25	100	0	0	0	0	25	100	0	0	0	0	25
12. ...sua residência?	11	44	14	56	0	0	18	72	07	28	0	0	25
13. ...enchente ou enxurrada?	25	100	0	0	0	0	25	100	0	0	0	0	25
14. ... pela água?	09	36	16	64	0	0	20	80	05	20	0	0	25
15. ...poluição da água?	17	68	08	22	0	0	23	92	02	8	0	0	25

Em relação ao lixo, o assunto abordado foi se os participantes possuíam preocupação em diminuir os resíduos produzidos em suas residências, antes da intervenção a maioria com 76% respondeu que nunca havia pensado sobre o assunto, após a intervenção esse número diminuiu para 52%. Mostrando que apesar de ter ocorrido uma mudança, a maioria ainda tem resistência em relação ao assunto.

Segundo Valle (1995: 71):

“... reciclar o lixo significa refazer o ciclo, permite trazer de volta, à origem, sob a forma de matéria-prima aqueles materiais que não se degradam facilmente e que podem ser reprocessados, mantendo as suas características básicas...”

Ainda na problemática do lixo, a comunidade explanou em sua totalidade (100%) que acredita que o lixo jogado nas ruas tem relação com as enchentes e enxurradas. Assim como todos responderam positivamente que a água pode se tornar imprópria para consumo devido ao contato com o lixo. Mostrando a importância da água e que reconhecem sua

finitude 100% dos participantes responderam que acreditam que a água é um recurso que pode esgotar.

Relacionado a economia da água 100% da comunidade respondeu que se preocupa em economizar a mesma, porém quando questionados sobre reaproveitamento, antes da intervenção apenas 44% afirmaram ser adeptos dessa prática. A partir disso, nota-se que há uma preocupação econômica muito maior do que ambiental em relação à água. Embora tenham conhecimento que a água é um recurso que pode acabar a economia da água é feita, mas o seu reaproveitamento não. Após a intervenção houve um aumento no número de pessoas que passou a reaproveitar a mesma, mostrando que a intervenção serviu para fazer com que algumas pessoas repensassem suas atitudes em prol do seu bem e do meio ambiente.

A respeito das enchentes e enxurradas, todos afirmaram já terem presenciado alguma enchente e enxurrada, pois, moram as margens do Arroio Regalado e infelizmente acabam desabrigados toda vez que esses fenômenos ocorrem.

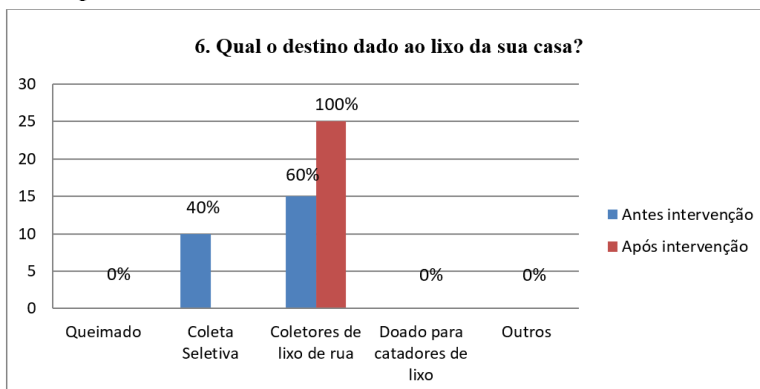
Sobre as doenças, 64% da comunidade afirmaram não conhecer nenhuma doença causada direta ou indiretamente pela água, após a intervenção 80% afirmaram conhecer alguma. Esses dados mostram que embora convivam com constantes enchentes e enxurradas por morarem próximos ao Arroio Regalado, as pessoas não possuíam conhecimento sobre o perigo das doenças que podem ser transmitidas direta ou indiretamente através da água.

Em respeito à mudança de atitudes 15, 68% dos participantes afirmaram que acreditam que a situação das enchentes e enxurradas podem melhorar em decorrência da mudança de atitude da comunidade, esse número aumentou para 92% após intervenção.

Mostrando que os mesmos possuem consciência sobre como suas atitudes podem ser determinantes na efetiva preservação do meio onde vivemos. Para Leff (2001), o desejo de melhorar a qualidade de vida deve ser feito pela união de esforços que se transformam em ações concretas e que apresentam resultados visíveis a toda sociedade. Desta maneira, a busca por soluções para a problemática será através de mudanças nos hábitos e atitudes cotidianos.

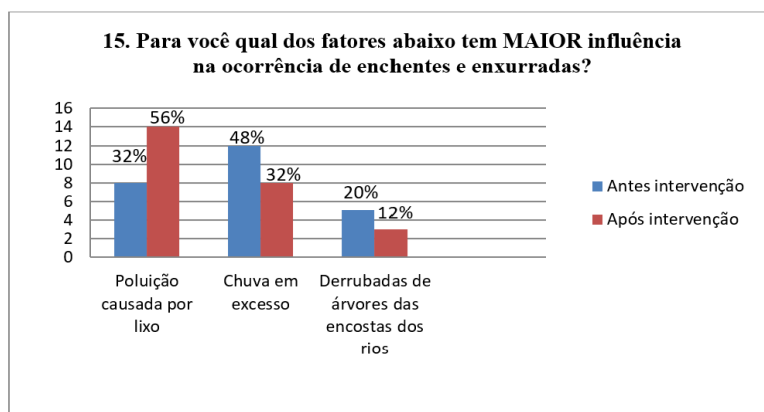
Na pergunta número 06 da figura 09, foi trabalhado a temática lixo, onde foi questionado a comunidade qual o destino dado aos seus resíduos, antes da intervenção, 60% respondeu que o lixo era destinado a coletores de lixo de rua, e 40% coleta seletiva, após intervenção 100% respondeu que o lixo era destinado aos coletores. Isso demonstra que a população possui poucas informações sobre a logística do processo de recolhimento de lixo na cidade, pois não há sistema de coleta seletiva, o lixo é recolhido através do caminhão de lixo nos coletores de lixo de rua.

Figura 09. Análise percentual sobre o destino dado ao lixo na comunidade.



Na pergunta número 15, presente na figura 10, os participantes foram questionados sobre o que consideram o fator de maior influência na ocorrência de enchentes e enxurradas. Antes da intervenção, 48% apontaram a chuva em excesso, após intervenção 56% da comunidade afirmaram que a poluição é um dos maiores fatores. Em conversa, muitos se espantaram ao perceber que muitas vezes as enxurradas ocorrem por conta da poluição, e em sua comunidade é muito comum isso acontecer quando ocorre chuva intensa num período curto de tempo.

Figura 10. Análise percentual sobre o fator de maior influência na ocorrência de enchentes e enxurradas na comunidade



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No momento em que vivemos, com tantos problemas ambientais, qualquer iniciativa que objetive a efetiva preservação dos nossos recursos naturais deve ser adotada dentro da sociedade, sendo vista como uma forma de tentar resgatar, ou pelo menos não degradar mais a natureza. A mobilização para a preservação do ambiente deve ser iniciada, essa busca depende necessariamente da educação, cujo objetivo não será alcançado se não for acompanhado por projetos, planejamentos, políticas, programas, informação e conscientização da sociedade. É através da educação ambiental que se faz presente a preocupação com a situação do ambiente e os fatores envolvidos, nos aspectos econômicos, sociais, políticos e ecológicos, cujo conhecimento adquirido permite ao indivíduo se comprometer em proteger o meio ambiente e disseminar informações sobre o controle do mesmo.

O trabalho permitiu observar que a educação ambiental nas escolas e o formato como é trabalhada pode realmente influenciar nas atitudes da sociedade contribuindo para um meio ambiente mais preservado. Na comunidade isso se repete, pois, ao trabalhar as temáticas que envolvam seu cotidiano, os resultados positivos são evidentes.

Através da pesquisa foi possível analisar a percepção ambiental sobre os temas propostos, pois, bem como identificar as relações que a população e os estudantes estabelecem com o ambiente em que vivem, assim como as informações que possuem sobre alguns temas em relação a cidade onde vivem.

Pode-se observar que houve mudanças após a intervenção através da educação ambiental, e com isso o público alvo passou a entender melhor e ter maior conhecimento

sobre como suas atitudes podem causar impactos positivos e negativos ao meio ambiente.

Também foi possível observar através da pesquisa que embora os alunos possuam conhecimentos significativos sobre a temática água, muitos não assimilavam essas informações com a realidade em que vivem, e também não conheciam alguns aspectos importantes em sua cidade. Portanto, para que se entenda todo o processo destrutivo que a humanidade vem realizando contra o meio ambiente em que habitamos é necessário conhecer os processos biológicos, a configuração do nosso planeta, para que se perceba o quanto é irreversível essa destruição e que a natureza já não possui mais capacidade regenerativa, isso mostra a importância da realização de ações que buscam reconhecer o conhecimento da sociedade, informá-las e utilizar o meio em que vivem para estimular a preservação do ambiente.

Para tanto, se faz necessário também compreender as questões sociais que envolvem essa problemática, pois, para que seja efetivada uma educação ambiental ela precisa ser realizada com pessoas, que vivem numa comunidade e mantêm relações entre si e com o meio em que vivem, para que entendam que o ambiente faz parte de nossa vida e não é algo que deve ser tratado à parte. Pode-se observar na comunidade, que embora convivam e sofram com as conseqüências da poluição, alguns ainda são resistentes em repensar suas atitudes, mas durante as visitas e conversas foi notório que algumas atitudes tomadas na comunidade eram por falta de conhecimento, e muitos aceitaram repensar pequenas atitudes que podem ajudar a modificar o caminho que estamos trilhando em relação à poluição do ambiente em que vivemos.

As diversas e grandes possibilidades da educação ambiental proporcionam um espaço propício para repensar as práticas sociais vinculadas à preservação do meio ambiente e qualquer atividade que estimule o bem comum, que consiga pelo menos fazer com que alguém repense suas atitudes já terá grande valia. Vale ressaltar que existem inúmeras dúvidas sobre os reais caminhos que irão levar nossa sociedade a ser mais justa socialmente e ecologicamente, mas, obrigatoriamente, precisaremos sempre de um caminho em comum - o caminho da educação.

Finalmente ao comparar as escolas e a comunidade conforme os dados obtidos nas tabelas 01,02,03 e gráficos presentes nas figuras 05,06,07,08,09,10, pode-se perceber realmente que o trabalho de intervenção da educação ambiental pode mudar concepções, levando uma construção de um ambiente mais equilibrado do real papel do homem enquanto cidadão.

5. REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, Vania./ **Inserção Curricular da Educação Ambiental.**/ Vania Alcantara.- Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009. 108p.
- BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. **Monitoramento da quantidade e qualidade das águas.** In: REBOUÇAS, A DA C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil. São Paulo: Escrituras. 2002. p.637-651.
- BRANDÃO, Carlos Rodrigues. **Aqui é onde moro aqui nós vivemos. Escritos para conhecer, pensar e praticar o município educador sustentável.** 2ªed. Brasília: MMA, Programa Nacional de Educação Ambiental, 2005. Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/4957701/Municipios-educadores-sustentaveis-livro>. Acesso em: 24 maio. 2015.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999.** Brasília: DF, 2008.

- CHALITA, Gabriel. **Educação: a solução está no afeto**. São Paulo: Gente, 2002.
- DIDONET, Marcos (org). **Águas – Goles de Pura Informação**. Livro zero, 1, 2, 3, 4. 6. ed. Rio de Janeiro: CIMA, 1997a. 32 p.
- DIDONET, Marcos. **O lixo pode ser um tesouro: um monte de novidades sobre um monte de lixo**. Livro do professor 8ª edição. Rio de Janeiro: CIMA, 1999.
- LEFF, E. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes, 2001.
- LIMA, G. C. O Discurso da sustentabilidade e suas implicações para a Educação. **Ambiente & Sociedade**, v. VI, n. 2, p. 99-119, jul./dez. 2003.
- MARQUES, J. R. **Meio Ambiente Urbano**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005.
- PÁDUA, S.; TABANEZ, M. (orgs.). **Educação ambiental: caminhos trilhados no Brasil**. São Paulo: Ipê, 1998.
- PELLIZZOLI, Marcelo. **Educação Ambiental e responsabilidade humana**. Cadernos La Salle. Canoas, v.1.n. 5, 85p. out./2000.
- REIGOTA, M. Desafios à educação ambiental escolar. In: JACOBI, P. et al. (orgs.). **Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências**. São Paulo: SMA, 1998. p.43-50.
- RODRIGUES, F. L, CAVINATTO, V. M. **Lixo. De onde vem? Para onde vai?** São Paulo: Editora Moderna. 1997.
- SILVA, D. T. S. **Educação Ambiental: Coleta Seletiva e Reciclagem de Resíduos Sólidos na Escola**. Cachoeirinha-RS: FASB, 2007.
- VALLE, Cyro Eyer. **Qualidade ambiental: como ser competitivo protegendo o meio ambiente**. São Paulo: Pioneira, 1995.
- VIGOTSKY, L. **A Formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

ANEXOS

APÊNDICE I

Questionário - Escolas

NOME	
ESCOLA	
BAIRRO	
RUA	
CIDADE	
SÉRIE	
TURMA	
IDADE	
SEXO	

1. Você acredita que a realização de projetos de educação ambiental pode gerar bons resultados?
() Sim () Não
2. Você conhece os impactos que o lixo causa no meio ambiente?
() Sim () Não
3. Você sabe o que é coleta seletiva?
() Sim () Não
4. Na sua cidade existe coleta seletiva?
() Sim () Não () Não sabe
5. Você e/ou seus familiares fazem separação de resíduos na sua residência?
() Sim () Não
6. Na sua escola há separação de resíduos?
() Sim () Não () Não sabe

7. Qual o destino dado ao lixo da sua casa?
 Queimado Coleta seletiva Coletores de lixo da rua Doado para catadores de lixo
 Outros
8. Na sua casa é reaproveitado materiais recicláveis (vidros, latas, etc)?
 Sim Não
9. Você tem preocupação de diminuir a quantidade de lixo que é gerado na sua casa?
 Sim Não Nunca pensei nisso
10. Você acha que existe relação entre o lixo jogado na rua e as enxurradas?
 Sim Não Não sei
11. Você acha que a água é um recurso que pode esgotar?
 Sim Não Não Sei
12. Você acha que o lixo pode contaminar a água e torná-la imprópria para o consumo?
 Sim Não Não Sei
13. Você se preocupa em economizar água?
 Sim Não
14. Você reaproveita água em sua residência?
 Sim Não
15. Você já presenciou em seu bairro/rua alguma enchente ou enxurrada?
 Sim Não
16. Para você qual dos fatores abaixo tem MAIOR influência na ocorrência de enchentes e enxurradas?
 Poluição causada por lixo Chuva em excesso Derrubadas de árvores das encostas dos rios
17. Você conhece alguma doença transmitida direta ou indiretamente pela água?
 Sim Não
18. Você acha que a situação das enchentes e enxurradas pode melhorar em decorrência da mudança de atitudes da comunidade em relação ao lixo e a poluição da água?
 Sim Não

APÊNDICE II

Questionário – Comunidade

NOME	
SEXO	
IDADE	
Nº CASA	
BAIRRO	
RUA	
CIDADE	

1. Você acredita que a implantação de projetos de educação ambiental pode gerar resultados positivos?
 Sim Não
2. Você conhece os impactos que o lixo causa no meio ambiente?
 Sim Não
3. Você sabe o que é coleta seletiva?
 Sim Não
4. Na sua cidade existe coleta seletiva?
 Sim Não Não sabe
5. Você faz separação de resíduos na sua residência?

Sim Não

6. Qual o destino dado ao lixo da sua casa?

Queimado Coleta seletiva Coletores de lixo da rua Doado para catadores de lixo
 Outros

7. Na sua casa é reaproveitado materiais recicláveis (vidros, latas, etc)?

Sim Não

8. Você tem preocupação de diminuir a quantidade de lixo que é gerado na sua casa?

Sim Não Nunca pensei nisso

9. Você acha que existe relação entre o lixo jogado na rua e as enchurradas?

Sim Não Não sei

10. Você acha que a água é um recurso que pode esgotar?

Sim Não Não Sei

11. Você acha que o lixo pode contaminar a água e torná-la imprópria para o consumo?

Sim Não Não Sei

12. Você se preocupa em economizar água?

Sim Não

13. Você reaproveita água em sua residência?

Sim Não

14. Você já presenciou em seu bairro/rua alguma enchente ou enchurrada?

Sim Não

15. Para você qual dos fatores abaixo tem MAIOR influência na ocorrência de enchentes e enchurradas?

Poluição causada por lixo Chuva em excesso Derrubadas de árvores das encostas dos rios

16. Você conhece alguma doença transmitida direta ou indiretamente pela água?

Sim Não

17. Você acha que a situação das enchentes e enchurradas pode melhorar em decorrência da mudança de atitudes da comunidade em relação ao lixo e a poluição da água?

Sim Não

CAPÍTULO 6

A ABORDAGEM DO TEMA ÁGUA NA ESCOLA: CONCEPÇÕES E PRÁTICAS EDUCATIVAS E METODOLÓGICAS ADOTADAS PELOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS E A PERCEPÇÃO DO ALUNO A CERCA DO TEMA.

Francine da Mota Lacerda
Edward Castro Pessano
Marcus Vinícius Morini Querol

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A água é essencial para a preservação da vida no planeta, e, portanto, falar da importância dos conhecimentos sobre a água, em suas diversas dimensões, é garantir a sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade. A abundância ou a escassez de água, vai delineando a história, a cultura, e os hábitos. A água determina a ocupação de territórios, vence batalhas, extingue espécies e também dá vida a outras tantas. Em condições excepcionais, deu possibilidade às espécies de evoluírem e a possibilidade da existência do homem nesse planeta.

Estima-se que o crescimento da população nos próximos 25 anos demandará 17% de aumento na disponibilidade de água para irrigação e 70% para abastecimento urbano, associado ao consumo, deverá representar um acréscimo de 40% na demanda total (SANTOS e MAY 2003, p.291 e 186).

Todos os organismos vivos no planeta Terra, dependem da água para a sua sobrevivência. Somente 3% da água do Planeta está disponível como água-doce, destes 3% cerca de 75% estão congelados nas calotas polares em estado sólido, e 10% estão confinados nos aquíferos e, portanto, a disponibilidade dos recursos hídricos no estado líquido é de aproximadamente 15% (TUNDISI, 2003).

Embora, o ensino de Ciências faça uma abordagem dos fenômenos naturais, é preciso abandonar os paradigmas de casualidade e adotar um ensino mais contextualizado, levando em conta seus aspectos históricos, sociais e culturais, para facilitar o entendimento desses processos (COMPANI 2007).

Tundisi (2003) destaca que o ciclo hidrológico, é o princípio unificador fundamental, de tudo o que se refere à água no planeta. Toda água do planeta, está em contínuo movimento cíclico, entre as reservas sólida, líquida, e gasosa. Evidentemente, a fase líquida é fundamental para a manutenção da vida na terra.

Segundo Tucci et. al(2000) a infiltração é uma das etapas mais importantes do ciclo hidrológico, uma vez que é responsável pela recarga de aquíferos e influencia diretamente o escoamento superficial e, conseqüentemente a erosão hídrica.

Waltzberg et.al(2000) destaca que 60% do organismo humano, é constituído de água,

tanto no líquido extracelular, como no líquido intracelular. A idade e o sexo, são fatores que interferem na quantidade de água no organismo. A criança tem um percentual de 80% de água, na medida que envelhece, essa quantidade reduz, chegando a 40% em idosos.

Segundo Whitney et.al., (1990) o consumo de água, é muito importante para manter o mecanismo de excreção renal em funcionamento, além de manter o controle sob os fluídos intercelular e extracelular, mantendo a temperatura corporal.

Para Mendes (2006) a busca de formas seguras de produção de água para o consumo humano, aumentou o desafio e elucidou descobertas com relação a concentrações de substâncias potencialmente perigosas para a saúde pública.

Com relação ao tratamento da água para uso doméstico, o foco principal é garantir as características sanitárias e toxicológicas, comprovando a ausência de organismos patogênicos e de substâncias tóxicas (BRAGA et.al 2005).

O tratamento de água para abastecimento público teve origem na Escócia, com a construção do primeiro filtro lento. A filtração rápida iniciou-se no Brasil, em 1980, com a instalação pioneira no mundo, na cidade de Campos, Rio de Janeiro. O órgão responsável por estabelecer os padrões mínimos de potabilidade da água é a Organização Mundial de Saúde (OMS), baseados nesses padrões, os países determinam as suas normas de tratamento (FERREIRA FILHO e ALEM SOBRINHO , 1998).

A portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos e responsabilidades, relativas ao controle e vigilância da qualidade da água, para consumo humano no Brasil, desde então foram sancionadas 04 portarias que dispõem sobre a potabilidade de água para consumo humano: Portaria 56Bsb/1977, Portaria 36Gm/1990, Portaria 1469/2000(BRASIL, 2004 apud MENDES, 2004. Todavia, é de extrema relevância, que se faça uma revisão de legislação e diretrizes, pois comumente são identificados novos contaminantes químicos, e microbiológicos que não asseguram a potabilidade da água, para proporcionar melhor qualidade de vida da população (WHO, 2000).

Da mesma forma que as discussões sobre a relação sociedade-natureza, se encontram em profundo debate, dentro da ciência geográfica (GERARDI & LOMBARDO, 2004), a dinâmica da produção do espaço, e seus efeitos na qualidade de vida, vêm se tornando pauta, não só no meio acadêmico, mas por profissionais da geografia e da ciência como um todo (GUERRA & CUNHA, 2006).

O aumento da urbanização, e o advento das indústrias, bem como as atividades agrícolas, tem um potencial de poluição muito grande. As chuvas constantes, carregam os resíduos gerados pelas cidades, para dentro dos rios. Os resíduos líquidos, carregam poluentes orgânicos. As indústrias produzem grande quantidade de resíduos em seus processos, sendo uma parte retida pelas instalações de tratamento da própria indústria, que retêm tanto resíduos sólidos quanto líquidos, e a outra parte despejada no ambiente. No processo de tratamento dos resíduos, também é produzido outro resíduo chamado "chorume", líquido que precisa novamente de tratamento e controle (GUERRA e CUNHA, 2000).

Para CUNHA (pág. 1234, 2011) implementar ações de reuso da água, consiste em reutilizar um recurso de uso 'nobre' (banho e pias), para reutilização em fins 'menos nobres', como descargas, lavagens de piso e outros. A prática reduz o descarregamento de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos, para o abastecimento público. Além de reduzir os custos, associados à poluição, e contribuir para a proteção do meio ambiente, e a promoção da saúde pública.

Para CUNHA (pág. 1228, 2011) a reciclagem e o reuso das águas residuais, é extremamente relevante, tanto para as questões ambientais, como as sociais e econômicas.

Ambientalmente a água de reuso, reduz o lançamento de efluentes nos rios e mares, o que admite obter-se água de melhor qualidade, além de aumentar a disponibilidade de água, para uso em setores como (hospitais, abastecimento público, por exemplo). A água de reuso, como benefício social, aumenta a demanda de negócios na cadeia produtiva, promovendo oportunidades de empregos diretos e indiretos disponíveis. Os benefícios econômicos, entram em concordância com a legislação ambiental, e modificam os padrões de consumo e produção.

A abordagem do tema água na escola, é de extrema importância, e deve ser fomentado dentro de uma perspectiva contextualizada, levando em consideração seus aspectos sociais. As estratégias para desenvolver um ensino com essa orientação, devem ser distintas em relação ao ensino tradicional, caracterizado pela transmissão cultural. Então, desta maneira, é extremamente relevante, que haja a problematização do assunto, Levando-se em consideração, a formulação de questões sobre a política e a cidadania. O Professor deve trabalhar numa perspectiva questionadora, elaborando projetos sobre a água, trabalhos de campo e visitas nas estações de tratamento (ACEVEDO, 1996).

Desse modo, justifica-se a seguinte pesquisa, pela investigação do modo com que é feita a abordagem do tema água na escola. Desta forma, têm-se como objetivos desenvolver a capacidade do aluno, em perceber-se como parte fundamental do ciclo hidrológico. É importante que o aluno reconheça como suas ações, o desmatamento, a poluição e outras atitudes, podem alterá-lo negativamente. Pretendemos partir da premissa, da importância da água na nossa vida, motivando-os para a construção de uma identidade, onde o indivíduo reconheça que é parte essencial da natureza. A água compõe todos os tecidos corpóreos, atua na manutenção dos processos fisiológicos, tais como: digestão, excreção, absorção e regulação da temperatura corporal, entre outras funções. O trabalho requer a construção de noções sobre os benefícios do reuso da água nos processos antropogênicos, além de avaliar os benefícios da educação ambiental, envolvidos nas estratégias de reuso, e aproveitamento da água na escola, presumindo a capacidade do aluno, de desenvolver estratégias de reciclagem, para amenizar o impacto da poluição da água, e reduzir o consumo exacerbado. Neste contexto, O objetivo principal do trabalho foi analisar e observar a perspectiva dos alunos em relação ao estudo da água, e, desta forma, projetar panoramas para possíveis transformações nos impactos ambientais causados pela má gestão desse recurso, e a discussão e levantamento de alternativas de aproveitamento da água no ambiente escolar, servindo assim como uma contribuição à preservação dos recursos naturais.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi realizada em duas turmas de 6º ano, com idades compreendidas entre 10 e 15 anos, em 2 escolas de ensino fundamental do município de Itaqui – RS, sendo uma escola estadual, (Escola A), situada próximo às margens do Rio Uruguai e atende a comunidade ribeirinha, sendo que a maioria dos alunos são filhos e parentes de pescadores e outra municipal (Escola B), situada em um bairro afastado do Rio Uruguai e os alunos são filhos de outras classes sociais que não vivem ou tem contato direto sobre o rio.

Para facilitar a compreensão das atividades desenvolvidas a pesquisa foi dividida nas seguintes etapas:

- 1 Aplicação de questionário para avaliar o conhecimento dos alunos sobre água (diagnóstico inicial);
- 2 Capacitação dos alunos sobre o tema abordado nos questionários;
- 3 Reaplicação do questionário.

- 4 Análise dos dados de cada escola
- 5 Comparativo do conhecimento final e adquirido entre as escolas.
- 6 Análise estatística

O trabalho teve início com a aplicação de questionários com 16 questões no período de 23 a 27 de Maio de 2016, (Anexo 1), sobre o conhecimento dos alunos em relação à água nos seus diferentes aspectos, como em destaque: composição física e química, a preservação do rio Uruguai, o ciclo hidrológico, o tratamento da água, as doenças relacionadas a contaminação, a presença de água no organismo, poluição, desperdício e o aproveitamento da água na escola. Após a aplicação dos questionários de avaliação do conhecimento inicial dos alunos, no período de 30 de Maio a 3 de Junho, foi realizada uma intervenção de educação ambiental, intitulada como mini curso sobre a água nos seus diferentes aspectos em ambas as escolas, onde foram apresentados slides, vídeos, palestras, questionamentos, discussões e esboçadas opiniões e relatos de vivências a cerca do tema água. O questionário aplicado anteriormente, foi reaplicado no período de 6 a 10 de Junho, com o objetivo de verificar a aprendizagem dos alunos em relação ao tema água, bem como, a compreensão final dos alunos, em termos da conscientização para a importância da preservação do rio Uruguai e da gestão correta compartilhada desse recurso para garanti-lo às gerações futuras. Os dados foram analisados e esboçados em gráficos e tabelas de forma a que se pudesse traçar um comparativo entre a visão dos alunos de escola municipal e estadual; se existem diferenças, semelhanças, conhecimento a temática e se a intervenção de educação ambiental proposta serviu para a compreensão e conhecimento a cerca do tema água, como princípio unificador da vida e da biodiversidade, para minimizar os impactos ambientais do consumo exacerbado e reduzir a degradação da natureza pelo homem.

Finalmente foi realizada análise estatística em nível de 95% de confiança através do teste χ^2 de forma a comprovar as efetivas afirmações e comprovações entre as noções prévias dos alunos, após a capacitação e entre as escolas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do diagnóstico inicial

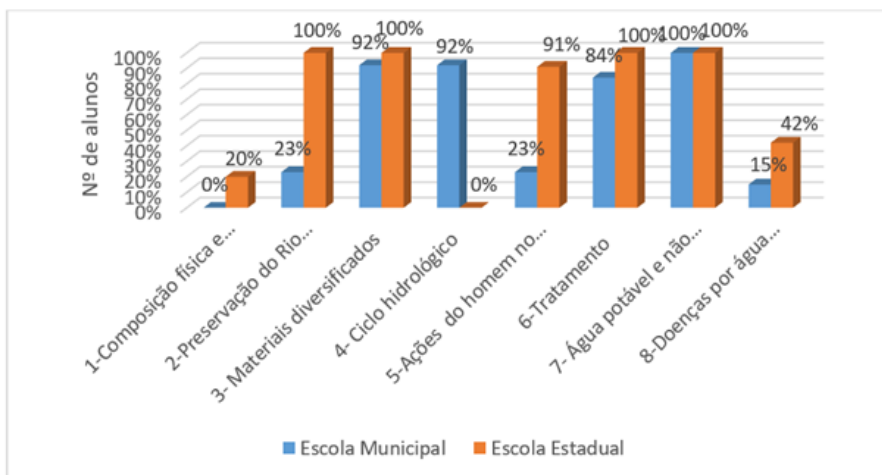
Na figura 1, onde é averiguado o conhecimento prévio sobre a preservação do rio Uruguai pode ser constatado, a partir da percepção dos alunos, a falta de conhecimento na escola municipal (Escola B), em relação a a escola estadual (Escola A), onde os alunos são da comunidade ribeirinha e tem relação direta com o Rio Uruguai. Este fato pode ter contribuído para um melhor conhecimento sobre a temática. Neste sentido 23% dos alunos da escola municipal, disseram ter conhecimento da sua importância e 100% dos alunos da escola estadual, já tem conhecimento a cerca do tema. Desta forma pôde se denotar que através da percepção dos alunos da escola municipal, que a mesma não está de acordo com a premissa da educação ambiental, que é educar para a promoção de uma população consciente, e preocupada com as questões ambientais. Cabe ressaltar que a (UNESCO, 1975), afirma que a educação ambiental deve objetivar a construção do conhecimento, desenvolvendo competências, estado de espírito, motivando-os no sentido de mobilizá-los para o trabalho individual e coletivo, afim de determinar ações para a resolução dos problemas atuais e gerar questionamentos para impedir que eles se tornem recorrentes. Ainda, PESSANO et.al (2011), encontrou resultados semelhantes ao encontrado neste trabalho quando as escolas tem como público alvo ou localização ribeirinha, sendo que mais de 75% dos alunos de ambos os sexos, destacaram reconhecer a importância ecológica do

Rio Uruguai no município de Uruguaina.

Dentre as duas escolas investigadas mediante o questionário aplicado, a escola municipal obteve um percentual de 92% dos alunos, que responderam positivamente em relação ao conhecimento das etapas do ciclo hidrológico e nenhum aluno investigado da escola estadual, afirmou ter conhecimento sobre o assunto. Porém, apenas 23% dos alunos da escola municipal afirmaram reconhecer ações que podem alterar o ciclo da água e cerca de 91% dos alunos da escola estadual, que citaram diversas ações de interferência neste processo. Este fato observado pode estar indicando um processo de ensino mais teórico na escola municipal sem fazer relações aos processos ambientais (figura 1). De acordo com Tundisi (2003 p.135), o ciclo hidrológico, é o princípio unificador fundamental, de tudo o que se refere à água no planeta. Toda água do planeta, está em contínuo movimento cíclico entre as reservas, sólida, líquida, e gasosa. Evidentemente, a fase líquida é fundamental, para a manutenção da vida na terra.

Em relação às doenças causadas pela contaminação da água, os alunos de ambas escolas demonstram pouco conhecimento sobre a temática. Cerca de 15% dos alunos da escola municipal, responderam ter conhecimento sobre tais doenças. Na escola estadual, os alunos perfizeram um total de 42% de respostas positivas em relação ao tema (Figura 1). Ainda verifica-se um melhor conhecimento neste aspecto, na escola estadual. Cabe destacar que segundo o documento elaborado pela Divisão de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar, há vários tipos de doenças causadas por organismos ou outros contaminantes, disseminados diretamente por meio da água poluída. Esses organismos se manifestam em ambientes com saneamento básico deficiente, como esgoto despejado nas ruas ou nos córregos, rios e etc (DDTHA 2009, p.1).

Figura 1. Dados percentuais obtidos na pesquisa de conhecimento prévio, em relação a abordagem do tema água sobre a percepção de alunos de escola estadual e municipal do município de Itaqui, RS.



Na figura 2, ainda sobre o aspecto de diagnóstico inicial, os alunos da escola municipal obtiveram um percentual de apenas 23% sobre o conhecimento em relação a presença de água no organismo. A escola estadual obteve 75% de alunos que responderam positivamente a essa questão. Justificamos o fato dos alunos da escola estadual ter demonstrado um melhor conhecimento nessa questão, pode estar relacionado ao fato de os alunos vivenciarem as questões ambientais mais facilmente, devido ao meio em que vivem.

Em estudo semelhante SERAFIM et.al (2004.p.147) infere que trabalhar a água sob uma perspectiva mais holística, requer construir a consciência de que a água é parte vital do nosso organismo, e que não existem dispositivos de armazenamento dentro dele, portanto a água perdida a cada 24 horas, deve ser reposta através da água pura ou dos alimentos, para manter a saúde e a atividade corpórea.

Em relação a poluição hídrica (Figura 2), observou-se pequenas diferenças no conhecimento entre os alunos de ambas escolas, cerca de 100% dos alunos da escola municipal reconhecem os principais problemas ambientais de ordem hídrica para 91% da escola estadual. Este resultado pode estar relacionado a que a temática é um assunto amplamente divulgado nos diferentes meios, desta forma favorece a sua compreensão. Em estudo semelhante, realizado em uma escola pública do município de Uruguaiana por PESSANO et.al (2011), destacou que 100% dos alunos entrevistados manifestaram conhecer pelo menos um problema ambiental, ressaltando o conhecimento dos alunos em relação às questões ambientais.

É evidente que o trabalho com projetos dentro do ambiente escolar, auxiliam a construção de conceitos, discussões, debates e a busca de soluções para minimizar os impactos ambientais causados pelo homem. Mas, a prática é que os projetos ambientais ainda são uma fragilidade da educação, poucas escolas no município de Itaqui trabalham sobre esta temática (Obs. Pessoal). Desta forma fica evidenciado que em escolas que desenvolvem projetos ambientais os alunos apresentam uma boa percepção sobre as causas ambientais. Na escola municipal obteve apenas 7% do total de alunos que afirmaram ter sido atuantes em tais projetos, e cerca de 100% de alunos na escola estadual (Figura 2), o que mais uma vez corrobora os resultados acima obtidos em relação a estes alunos. Em estudo semelhante, realizado em uma escola pública do município de Uruguaiana por PESSANO et.al (2011), houve índices que se assemelham aos registrados mediante questionário aplicado na escola municipal, visto que apenas 10,5% dos alunos, afirmaram ter participado de projetos relacionados a preservação do rio Uruguai, abordando temas como a água e etc.

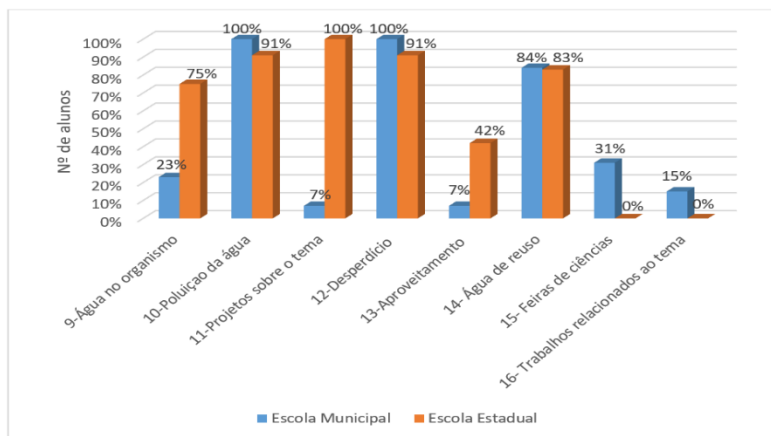
Diante da análise dos dados, é notória a dificuldade dos alunos em esboçar sugestões para aproveitamento da água na escola. A escola municipal demonstrou mais dificuldades, totalizando 7% de alunos que demonstraram conhecer algumas medidas de aproveitamento, já a escola estadual obteve percentual igual a 42% (Figura 2), demonstrando mais habilidade para levantar hipóteses e sugestões que contribuam para o reuso desse recurso. Segundo MORELLI (pág.4, 2005), o crescente consumo de água, tem feito do reuso planejado uma necessidade primordial. Essa Prática, deve ser considerada parte de uma atividade mais abrangente, que é o uso racional da água, o qual inclui também, o controle de perdas, redução do consumo de água e a minimização da geração de efluentes.

A participação dos alunos em feiras de ciências simboliza a parte prática dos conceitos construídos em sala de aula, quando questionados em ambas as escolas os percentuais foram baixos, embora que os alunos da escola municipal ainda apresentaram um conhecimento maior, 31%, que a ausência registrada no questionamento dos alunos da escola estadual (Figura 2). A participação em Feiras de Ciências é, portanto, e o ponto de culminância de um processo de estudo, investigação e produção que tem a finalidade de promover a educação científica dos estudantes. A comunicação das produções científicas para o público visitante, por sua vez, contribui para a divulgação da ciência e para que os alunos demonstrem as suas habilidades, a sua criatividade, seu raciocínio lógico, sua capacidade de pesquisa e seus conhecimentos científicos (MORAES, 1986).

À partir do último questionamento diagnóstico prévio (Figura 2), conseguiu-se perceber a ausência da manipulação de experiências práticas, que estejam vinculadas ao

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) estudo da água, pois apenas 15% da turma já fez algum trabalho relacionado a água, esse resultado ainda supera a escola estadual que obteve 0% de respostas, ou seja, nenhum aluno do grupo investigado fez trabalhos relacionados ao tema água. Convém lembrar, no entanto, que é importante que as feiras sejam a culminância de um trabalho escolar e não a realização de uma atividade extemporânea, realizada apenas para que um evento dessa natureza aconteça na escola (GONÇALVES, 2008).

Figura 2. Dados percentuais obtidos na pesquisa de conhecimento prévio, em relação a abordagem do tema água sobre a percepção de alunos de escola estadual e municipal do município de Itaquí, RS.



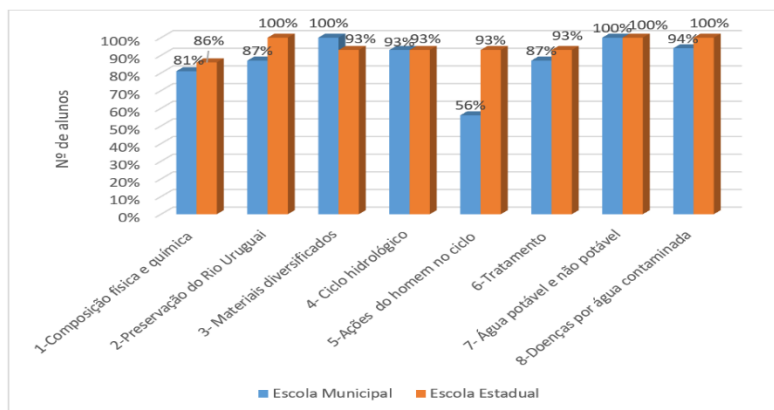
Após o diagnóstico inicial foi possível denotar um avanço no conhecimento sobre as questões relativas à água. Estes dados podem ser observados nas figuras 3 e 4.

Segundo MEIRELLES et. al(2005), o desafio de um projeto de educação ambiental, é incentivar as pessoas a se reconhecerem capazes de tomar atitudes. Pode se constatar que em todos os aspectos trabalhados durante o processo de capacitação dos alunos houve um considerável aumento nas percepções e conhecimento relativos à água. Especificamente, em relação a preservação do rio Uruguai, se obteve um destaque relevante sobre a importância da preservação do rio Uruguai, em relação ao alunos da escola municipal, onde apenas 23 % dos alunos apresentavam conhecimento prévio e após a intervenção, passaram para o total de 87% (Figura 3). Segundo Carvalho (2006) a educação ambiental, é idealizada inicialmente, como inquietação dos movimentos ecológicos com a prática de conscientização, capaz de chamar a atenção para a finitude e má gestão dos recursos naturais, com o objetivo de envolver os cidadãos em ações sociais ambientalmente apropriadas. Mas para que essas ações sejam efetivas, é preciso que haja conhecimento, sobre o papel do homem em relação aos recursos naturais, principalmente no ciclo hidrológico, pois este é o princípio unificador de tudo que se refere a água no planeta, fato que foi observado pela construção do conhecimento na escola municipal, que denotou-se um aumento de 33 % quando questionados sobre as ações do homem no ciclo da água (Figura 3).

Sobre as doenças causadas por água contaminada (Figura 3), houve um aumento de 79% de alunos da escola municipal que passaram a reconhecer as diversas doenças relacionadas ao contato com água contaminada e 58% de aumento na perspectiva dos alunos da escola estadual em relação ao tema, totalizando 100% dos mesmos. Nota-se, mesmo assim que ainda se faz necessário ampliar as discussões ensinamentos sobre esta temática pouco trabalhada até então na escola municipal. “A Educação Ambiental é um elemento de inclusão

social e na escola precisa compreender os alunos como constituintes de uma comunidade escolar que extrapola as paredes de concreto da sala de aula. Então, as ações de Educação Ambiental na escola que propiciam a proteção do meio ambiente incluindo-se os riachos como recursos naturais, são consideradas exercício de cidadania.” (COMIS; QUEROL et al., 2005).

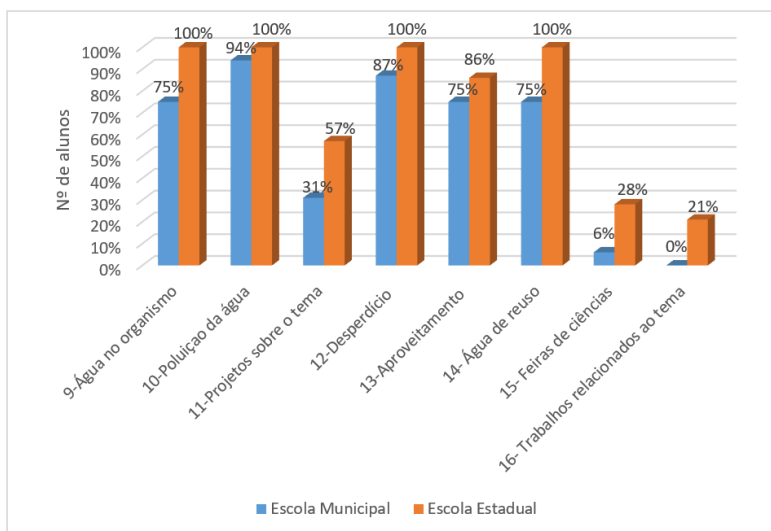
Figura 3. Dados percentuais obtidos na pesquisa após intervenção de educação ambiental, em relação a abordagem do tema água sobre a percepção de alunos de escola estadual e municipal do município de Itaquí, RS.



Houve um aumento de 52% na percepção dos alunos da escola municipal em relação a presença de água no organismo, para 25% de aumento na escola estadual, perfazendo após a intervenção 100% dos alunos investigados (Figura 4). Ao analisar o aproveitamento da água na escola, observou-se que a intervenção com as capacitações desenvolvidas neste projeto de educação ambiental na escola, possibilitou discutir e flexibilizar métodos atuais de aproveitamento da água, instigando a cooperação e o diálogo entre os alunos, o que pode ser observado grande avanço nessa perspectiva, devido ao fato que houve aumento de 68% na escola municipal, e 44% na escola estadual de alunos que responderam demonstrando conhecimento da temática quanto a algumas atitudes de aproveitamento da água na escola, atingindo acima de 70% de aprendizagem em ambas escolas. Portanto, a educação ambiental como prevista na Constituição Federal, deve ser implantada em todos os níveis de ensino, para garantir que os cidadãos sejam conscientes da importância de um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Quanto a importância ecológica do Rio Uruguai, apenas 3 alunos do total de 13 alunos da escola municipal responderam reconhecer a importância da conservação deste recurso, porém após a intervenção esse número passou para 14 alunos do total de 16 alunos, foi notória a mudança nessa perspectiva, a partir da construção de reflexões que permitiram que houvesse uma tomada de consciência para o tema. Durante a reaplicação dos questionários, houveram alguns comentários sobre as questões do lixo no leito do rio, que durante os períodos de enchentes invadem a cidade. “A fauna existente nessas áreas torna-se vulnerável à medida que a manutenção do ecossistema é alterada, acrescentando a estes fatores o sistema hidrográfico do rio Uruguai abriga uma fauna aquática pouco conhecida e podem ocorrer espécies endêmicas, necessitando estudos mais detalhados destes organismos (QUEROL et al., 1997).”

Figura 4. Dados percentuais obtidos na pesquisa após intervenção de educação ambiental, em relação a abordagem do tema água sobre a percepção de alunos de escola estadual e municipal do município de Itaqui, RS.



A Décima terceira questão solicitava aos estudantes que respondessem sobre o seu conhecimento sobre atitudes para o aproveitamento da água na escola, antes da intervenção apenas 1 aluno respondeu conhecer algumas atitudes. Este questionamento tinha a finalidade de verificar as vivências dos alunos frente a problemática da gestão correta desse recurso, incluindo atividades na escola, que contribuíssem com o aproveitamento da água. Após a intervenção 12 alunos passaram a reconhecer formas de contribuir com o aproveitamento deste recurso, desenvolvendo a capacidade de sugerir mudanças e sugestões no ambiente escolar e nas suas residências.

Neste cenário, pode se observar na tabela 2 que os conhecimentos prévios dos alunos do 6º ano da escola estadual em relação as questões ambientais são muito bons, visto que o grupo não teve dificuldades para responder as questões ligadas a conservação do rio, por exemplo. É possível visualizar, no entanto, a existência de dificuldades quanto ao conhecimento de doenças relacionadas a água contaminada, apenas 5 alunos do total de 12 investigados no primeiro momento, tiveram o discernimento de responder positivamente a questão. Após a intervenção de educação ambiental, foi notória a evolução, cerca de 14 alunos do total de 14 alunos investigados, aprenderam quais doenças podemos ser acometidos pelo contato com água contaminada, incluindo ações preventivas.

Analisando estaticamente através do teste Qui – Quadrado com nível de confiança de 95% (Tabela 01 e 02), pode se denotar a variação do aprendizado dos alunos de ambas as escolas, antes e após a intervenção com o processo de capacitação.

Na tabela 01, antes da intervenção de capacitação na (Escola A) observa-se que na questão 8 que infere sobre o conhecimento dos alunos em relação às doenças causadas por água contaminada e a questão 13 sobre as medidas de aproveitamento da água na escola, não houve uma diferença significativa, visto que os alunos investigados da escola estadual, já apresentavam conhecimentos prévios a cerca da temática em geral, mas que ainda existe um certo desconhecimento de questões específicas que não são muito exploradas na escola, fato

este que corrobora com a relação intimista dos alunos com o rio Uruguai, por se tratar de uma comunidade ribeirinha, que tem ligação direta com as atividades econômicas, sócio - culturais e ambientais do rio Uruguai. Ainda questões específicas e mais teóricas como o ciclo hidrológico da água, feiras de ciências e trabalhos específicos sobre a água em geral não são explorados na escola ou não atingiram os objetos significativos de proporcionar conhecimento aos alunos (Tabela 01, questões 4, 15 e 16).

Após a realização da capacitação (Tabela 01), na questão 11 relativa a participação dos alunos em projetos relacionados ao tema água, houve um erro de interpretação por parte dos alunos investigados, quando responderam não ter participado de projetos relativos ao tema, visto que diversas atividades foram realizadas na escola, relatadas por eles, tais como: passeios a corsan, aulas expositivas com materiais diversificados, slides, vídeos, músicas e atividades extra curriculares que compõem um projeto. Este fato pode explicar o por que não havia relatos desta ação pelos alunos antes da capacitação e após ao diálogo e capacitação passaram a reconhecer especificamente estas atividades. No entanto, ainda não é percebida claramente por todos, o que foi revelado não ausência de significância estatística para este fato.

Em todos os demais aspectos abordados, excetuando questões ligadas a feira de ciências, houve diferença significativa no aprendizado, denotando que a abordagem realizada de capacitação contribuiu neste momento para que os alunos tivessem uma aprendizagem significativa sobre a água (Tabela 01).

Tabela 1 – Tabela em dados absolutos das respostas dos estudantes em uma turma de 6º ano da (Escola A), sem e com intervenção, em relação aos questionamentos de 1 a 16, durante a etapa de diagnóstico, com avaliação do teste χ^2 , com 95 % de confiança.

	Sem intervenção			χ^2	Com intervenção			χ^2
	Sim	Não	Total		Sim	Não	Total	
1- composição física e química da água?	2	10	12	5,33	12	2	14	7,14
2-.... a importância da conservação do rio?	12	0	12	12	14	0	14	14
3-.... materiais diversificados para o estudo da água?	12	0	12	12	13	1	14	10,28
4- etapas do ciclo hidrológico?	0	12	12	12	13	1	14	10,28
.... ações do homem no ciclo da água?	11	1	12	8,33	13	1	14	10,28
6- o tratamento da água?	12	0	12	12	13	1	14	10,28
7- água potável e não potável?	12	0	12	12	14	0	14	14
8-doenças relacionadas a água contaminada?	5	7	12	0,33	14	0	14	14
9- água no organismo?	9	3	12	3	14	0	14	14
10- poluição da água?	11	1	12	8,33	14	0	14	14
11- projeto na escola sobre a água?	12	0	12	12	8	6	14	0,28
12-atitudes que podem evitar o desperdício?	11	1	12	8,33	14	0	14	14
13-medidas de aproveitamento da água?	5	7	12	0,33	12	2	14	7,14
14- água de reuso?	10	2	12	5,33	14	0	14	14
15-.... feira de Ciências?	0	12	12	5,33	2	12	14	7,14
16-.... trabalhos relacionados a água?	0	12	12	5,33	2	12	14	7,14

Analisando a tabela 2, antes da intervenção de capacitação verificou-se que não houve diferença significativa para os aspectos dos questionamentos 2, 5 e 9, embora os números sejam maiores, justificamos o fato de que alguns alunos apresentavam conhecimentos prévios sobre as questões ambientais, demonstrando a partir de relatos ligados a problemática do lixo nas margens do rio, o desmatamento, e as queimadas que interferem de modo negativo no ciclo da água, alguns alunos demonstraram conhecimento em relação a presença de água no organismo e a relação direta do homem como parte da

natureza. Cabe destacar que conhecimento prévio as principais questões ambientais que envolvem medidas de aproveitamento da água, doenças e conservação apresentaram não apresentaram diferença significativa, embora a grande maioria desconheça o assunto, denotando a falta deste conhecimento considerado relevante às questões ambientais.

Após a intervenção, na grande maioria dos assuntos abordados, e em destaque do homem como agente da natureza comprovou-se a eficácia da capacitação, pois nestes se evidenciou a diferença significativa (Tabela 2). No entanto, nos aspectos abordados nos questionamentos 5 não houve diferença significativa. Na investigação 5 revela o fato de que é preciso que os alunos aumentaram a sua compreensão sobre o tema a cerca das ações do homem quanto ao ciclo da água, porém, visto que são processos complexos, e difíceis de trazer para o cotidiano do aluno com apenas uma capacitação. Em relação ao questionamento 11 foi passivo de um erro de interpretação, pois um grupo de alunos entendeu que a capacitação em si, tratou-se de um projeto, sendo que segundo relatos não houve passeios, experiências, ou qualquer outra atividade dessa natureza que pudesse compor um projeto dessa magnitude.

Tabela 2 – Tabela em dados absolutos das respostas dos estudantes em uma turma de 6º ano da (Escola B), sem e com intervenção, em relação aos questionamentos de 1 a 16, durante a etapa de diagnóstico, com avaliação do teste χ^2 , com 95 % de confiança.

	Sem intervenção				Com intervenção			
	Sim	Não	Total	χ^2	Sim	Não	Total	χ^2
1- ...a composição física e química da água?	0	13	13	13	13	3	16	6,25
2-... importância da conservação do rio?	3	10	13	3,76	14	2	16	9
3-...materiais diversificados para o estudo da água?	12	1	13	9,3	16	0	16	16
4- ... etapas do ciclo hidrológico?	12	1	13	9,3	15	1	16	12,25
5- ações do homem no ciclo da água?	3	10	13	3,76	9	7	16	0,25
6- o tratamento da água?	11	2	13	6,23	14	2	16	9
7- ...água potável e não potável?	13	0	13	13	16	0	16	16
8- ...doenças relacionadas a água contaminada?	2	11	13	6,23	15	1	16	12,25
9- ...a água no organismo?	3	10	13	3,76	12	4	16	4
10- poluição da água?	13	0	13	13	14	2	16	9
11- ...projeto na escola sobre a água?	1	12	13	9,3	5	11	16	2,25
12- ...atitudes que podem evitar o desperdício?	13	0	13	13	14	2	16	9
13- ...medidas de aproveitamento da água?	1	12	13	9,3	12	4	16	4
14- água de reuso?	11	2	13	6,23	12	4	16	4
15-.... feira de Ciências?	4	9	13	1,92	1	15	16	12,25
16-...trabalhos relacionado a água?	2	11	13	6,23	0	16	16	16

Houve uma mudança significativa na perspectiva dos alunos em relação a gestão correta da água. No momento da aplicação dos questionários, vários aspectos foram observados, principalmente em relação a construção de conceitos prontos em relação ao tema, porém à muita falta de percepção dos alunos em relação ao seu papel na natureza. Cada escola apresenta um ponto de vista diferente. Tal fato pode ser notado em questionamentos sobre o acesso dos alunos à materiais diversificados sobre a água, onde a escola 1 obteve um índice bem maior do que a escola 2, isso se deve a vários fatores: localização, administração, professores e etc. A falta de uma construção holística no estudo da água é algo preocupante, levando em conta que, segundo os próprios alunos, não há discussões, debates e levantamento de hipóteses para o aproveitamento da água da chuva na escola, tão pouco participam de feiras de ciências com trabalhos relacionados ao tema. Quando questionados após a intervenção de educação ambiental, percebemos a mudança na perspectiva do aluno em relação ao tema, reconhecendo a água como líquido vital à manutenção da vida na terra, incluindo o levantamento de hipótese, sugestões e projeções de ideias para o reuso da água

na escola.

Diante da fragilidade da educação, percebe-se a necessidade de um trabalho efetivo e interdisciplinar, pois observamos a contrariedade com a Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999 que dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências, a legislação pouco contribuiu, visto que é notória a necessidade de explorar temas extremamente importantes como a água, dentro de uma perspectiva holística, afim de garantir esse recurso para as novas gerações.

Por fim, a educação ambiental, pode ser aplicada de distintas maneiras, mas com uma única premissa, construir “valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente”(DIAS, 2004, pg.202).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao todo, foram analisados 28 questionários, distribuídos em duas turmas de 6º ano de duas escolas, uma da rede municipal e a outra da rede estadual de ensino do município de Itaquí, Rs, durante todo o processo de pesquisa de campo do trabalho. Os principais resultados foram relatados no artigo mediante a exposição de gráficos, e outros ainda foram exemplificados. A cada relato inserido no presente artigo, outras informações eram catalogadas e armazenadas, muitas vezes vindo de encontro com a realidade já estipulada, demonstrando assim a incompatibilidade que ocorre entre a Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999 que dispõe sobre a educação ambiental e o trabalho realizado na escola, e a impossibilidade em se estabelecer discussões, sugestões, e levantamento de hipóteses ao se tratar do aproveitamento da água. Dentro das pesquisas antes e após a intervenção de educação ambiental, as descobertas foram significativas, tendo em vista que a maior parte dos dados coletados serviram como base fundamental do trabalho.

Os questionários também vieram de encontro com esta realidade principal, e foi possível perceber algumas divergências em relação a perspectiva dos alunos, de diferentes escolas, em relação a temática água. Ainda, houveram ideias desarmônicas dos alunos de uma mesma escola, mostrando construções diferentes de aprendizagem. Como principal exemplo disso, foi a incompatibilidade entre os gêneros feminino e masculino em relação a problemática da poluição da água na escola 1, onde os alunos do sexo feminino demonstraram ter mais conhecimento nessa questão, e a mudança dessa perspectiva após a intervenção de educação ambiental, ambas as escolas foram capazes de debater sobre o assunto e reconhecer as principais causas de poluição hídrica e discutir medidas preventivas e para tratamento. Foi percebido também, ao final do trabalho, a necessidade de aumento do número de entrevistados, para uma configuração melhor embasada dos resultados expostos. Todavia, a estimativa é de que os dados não destoem dos explícitos neste artigo.

À partir das observações, é possível compreender a importância das intervenções em educação ambiental, e a necessidade de problematizar as questões ambientais no ambiente escolar. A abordagem de temáticas de ações educacionais relacionadas à educação ambiental deve ser uma realidade nos processos de ensino, permitindo a conexão entre ciência, tecnologia e sociedade, em busca de uma aprendizagem expressiva associada a realidade social do estudante (Silva, 2004; Bonenberger; Silva; Martins, 2007; Souza; Azevedo; Fonseca, 2008).

5.REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, J. A. Educacion tecnológica desde uma perspective CTS. Uma breve revisión del tema. *Alambique*, v.13, 1996.
- BARRETO, Aldo de Albuquerque. A questão da informação. *Revista São Paulo em Perspectiva*, Fundação Seade 1994.
- BONENBERGER, C. J.; SILVA, J. DA; MARTINS, T. L. C. Uso do tema gerador fumo para o ensino de química na Educação de Jovens e Adultos. Trabalho Completo In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., Florianópolis, 2007. Anais... Florianópolis: Enpec, 2007.
- BOOTH, D. E., 1998. *The Environmental Consequences of Growth*. London: Routledge.
- BRAGA, B. *et al.* Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. 2 ed. Revisada. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. Educação Ambiental: Formação do Sujeito Ecológico, 2ª ed. São Paulo, 2006.
- CUNHA, C.L.N.; MONTEIRO, T.C.; ROSMAN, P.C.C. Poluição em rios utilizando modelagem computacional. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental* Vol. 8 – Nº3: 126-134.2003.
- COMIS, R.; VIEIRA, D. P.; PICAÇÃO J. P.; QUEROL, E. & QUEROL, M. V. M. Atividades de educação ambiental visando a melhoria da qualidade de vida da população do CEANE, em Uruguaiana, RS - prevenção das zoonoses e doenças transmitidas pela água não tratada. *Revista Educação Ambiental em Ação*, nº 11, 2005.
- CUNHA, Ananda Helena Nunes. *O reúso de água no brasil: a importância da reutilização de água no país*. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011 Pág. 1225 à 1248. Disponível em <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20ambientais/o%20reuso.pdf>>. Acesso: 05/07/16.
- FENDRICH, R. Coleta, armazenamento, infiltração das águas pluviais na drenagem urbana. Tese de doutorado, Curso de Pós Graduação em Geologia Ambiental - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- FERNANDES, Diogo Robson Monte; NETO, Vicente Batista de Medeiros; MATTOS, Karen Maria da Costa. Viabilidade Econômica do Uso da Água da Chuva: Um Estudo de Caso da Implantação de Cisterna Na UFRN / RN. [artigo científico]. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR650479_0552.pdf> . Acesso em: 12 ago. 2009.
- FERREIRA FILHO, S. S.; ALÉM SOBRINHO, P. Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.3, n.5, p.128 – 136. Rio de Janeiro, 1998.
- GONÇALVES, T. V. O. Feiras de ciências e formação de professores. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. Quanta ciência há no ensino de ciências. São Carlos: EduFSCar, 2008.
- GIANNI, Kelen A experimentação no ensino de ciências: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa. Universidade de Brasília - DF, 2010.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org). *Avaliação e perícia ambiental*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (orgs.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2006. 416p
- LOPES, Welersom et.al. Educação ambiental nas escolas: uma estratégia de mudança efetiva, 2009. (artigo científico)
- MAY, Peter H. LUSTOSA, Maria Cecília. VINHA, Valéria da. (org.) *Economia do Meio*

- Ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- MAY, Peter H. LUSTOSA, Maria Cecília. VINHA, Valéria da. (org.) Economia do Meio Ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- MEIRELLES, Maria de Sousa; SANTOS, Marly Terezinha. Educação Ambiental uma Construção Participativa. 2ª ed. São Paulo, 2005.
- MENDES, C.G.N. Tratamento de águas para consumo humano – panorama mundial e ações do PROSAB. In: PÁDUA, V.L.(Coord.). Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de águas para consumo humano. Rio de Janeiro. ABES, 2006.p.1-22.
- MIERZWA, F. A poluição das águas. Disponível em: < <http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material> 2001.
- MORAES, Roque. Debatendo o ensino de ciências e as feiras de ciências. Boletim Técnico do Procirs. Porto Alegre, v. 2, n. 5, p. 18-20, 1986.
- MORELLI, Eduardo Bronzatti. *Reuso de água na lavagem de veículos*. Dissertação. 107 fls. São Paulo, 2005.
- PESSANO, E. F. C. et.al. O rio Uruguai como tema para educação ambiental no ensino fundamental. Contexto e educação, editora Unijuí, 2011.
- QUEROL, E; QUEROL, M. V. M; CERVIA, J. L. Estimativa da densidade e biomassa da população de *Cichlasoma portalegrense* (HENSEL, 1870) (PISCES, CICHLIDAE) através do Método de três Capturas Sucessivas com Pesca Elétrica em um Arroio do Pampa brasileiro. Comunicações do Museu de Ciências da PUC-RS, Série Zoologia, Porto Alegre, v10, p13-25. 1997.
- SERAFIM, Ana Lúcia et.,at. Importância da água no organismo. Dissertação. 157 fls. Unifra, 2004.
- TUCCI, C. E. M., HESPANMHOL, I. & CORDEIRO, O., 2000. Relatório Nacional sobre o Gerenciamento da Água no Brasil. Rio Grande do Sul: Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- TUNDISI, José Galizia. Água no século XXI: Enfrentando a Escassez. São Carlos: RiMa, IIE, 2003.
- UNESCO. Conferência de Belgrado. Disponível em: <http://www.brasilia.unesco.org/areas/ci> . Acesso em: 6 Jul. 2016.
- WCED (World Commission for the Environment and Development), Our Common Future, Oxford, Oxford University Press, 1987.
- SPANGENBERG, J. H. & BONNIOT, O. Sustainability Indicators – A Compass on the Road Towards Sustainability. Wuppertal Paper, 1998.
- TUCCI, C. E. M. Modelos Hidrológicos. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH, 1998.
- TUNDISI, José Galizia. Água no século XXI: Enfrentando a Escassez. São Carlos: RiMa, IIE, 2003.
- UNESCO. Conferência de Belgrado. Disponível em: <http://www.brasilia.unesco.org/areas/ci> . Acesso em: 6 Jul. 2015.

ANEXO 1 – Questionário sobre o estudo da água na escola.

- 01)** Você conhece a composição física e química da água?
() Sim () Não
- 02)** Você tem conhecimento da importância da conscientização e a preservação do Rio Uruguai ?
() Sim () Não
- 03)** Já lhes foram apresentados vídeos, músicas ou material em slides de diferentes fontes para o estudo da água?
() Sim () Não
- 04)** Você compreende as etapas do ciclo hidrológico?
() Sim () Não
- 05)** Você acha que as ações do homem podem alterar o ciclo da água?
() Sim () Não
- 06)** Você sabe como é realizado o tratamento da água nas estações de tratamento(Corsan) do seu município?
() Sim () Não
- 07)** Você sabe a diferença da água-potável e da água não-potável?
() Sim () Não
- 08)** Você conhece algumas doenças relacionadas a água contaminada?
() Sim () Não
- 09)** Você sabe onde encontramos água no nosso organismo?
() Sim () Não
- 10)** Você sabe o que é a poluição da água?
() Sim () Não
- 11)** Você já participou de algum projeto na escola sobre a água?
() Sim () Não
- 12)** Você conhece algumas atitudes que podem evitar o desperdício da água?
() Sim () Não
- 13)** Você conhece algumas medidas de aproveitamento da água na escola?
() Sim () Não
- 14)** Você sabe o que é a água de reuso e o aproveitamento da água da chuva?
() Sim () Não
- 15)** Você já participou de uma Feira de Ciências?
() Sim () Não
- 16)** Você já fez algum trabalho relacionado a água na feira de Ciências?
() Sim () Não

UNIDADE II
LIMNOLOGIA

CAPÍTULO 7

VARIAÇÃO ANUAL DE CONTEÚDO SECO DE MACRÓFITAS NO CÓRREGO SUBTROPICAL ARROIO FELIZARDO, URUGUAIANA, RS- PAMPA BRASILEIRO

Mário Davi Dias Carneiro

Alessandra Sayuri Kikuchi Tamajusuku

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Macrófitas aquáticas são vegetais visíveis a olho nu que estão parciais ou totalmente submersos ou flutuantes em água doce ou salobra, permanente ou sazonalmente todos os anos, sendo estas subdivididas em grupos ecológicos. Esta importante comunidade límnica foi esquecida pelos pesquisadores que há apenas 50 anos descobriram sua significativa importância na dinâmica ecológica de qualquer ecossistema. Os ecossistemas que as macrófitas habitam, em contrapartida, determinam suas quantificações nutricionais, pois dele é oriundo os fatores bióticos e abióticos que as plantas, através de seus processos fisiológicos, transformam em biomassa. Este capítulo traz a avaliação de 6 espécies de macrófitas presentes no Arroio Felizardo, existentes no campus Uruguaiana da Universidade Federal do Pampa. A partir de análises Matéria Parcialmente Seca (MPS) destas macrófitas de diferentes tipos ecológicos, em dois pontos distintos do arroio a macrófita que apresentou perenidade e ampla distribuição, pertencente ao grupo das plantas enraizadas de folha flutuante, foi submetida a análises de sua composição nutricional. Diversas diferenças foram observadas e ao longo do capítulo são discutidas e relacionadas com o potencial desses vegetais aquáticos como agentes no tratamento de efluentes e como substitutivo nutricional. Apesar da divulgação destes resultados, mais pesquisas principalmente quanto a utilização dos vegetais, ainda são necessários para viabilizar a utilização sustentável desta importante comunidade ecológica, fundamental para o Bioma Pampa.

2. MACRÓFITAS AQUÁTICAS

Segundo Esteves (1998) a comunidade aquática mais negligenciada no âmbito das pesquisas limnológicas foi a formada pelas macrófitas aquáticas. Toda a comunidade científica voltada aos estudos limnológicos na área vegetal se empenhava diretamente e, sobretudo, em comunidades planctônicas, principalmente pelo fato destes estudos terem se iniciado na Europa, local com existência de lagos profundos e gélidos e, portanto, com pouca ou nula presença de exemplares das macrófitas. Este contexto infelizmente fez com que pouco se produzisse sobre estes vegetais; fato que se reflete ainda em um passado recente, como o relato da Declaração de Bangucoque (NACA/FAO) citada por Henry-Silva & Camargo (2006). Nesta ocasião, sugeriu-se que as investigações sobre a utilização de plantas aquáticas como suplemento alimentar em atividades de aquicultura fossem intensificadas

mundialmente (HENRY-SILVA & CAMARGO, 2006). Historicamente, os estudos limnológicos passaram a considerar os vegetais superiores apenas após o início da década de 1960.

Continuar estes esforços científicos iniciados apenas há 60 anos concede, portanto, grande importância ecológica para os ecossistemas aquáticos assim como também indica sugestões sobre manejos e usos das comunidades vegetais de macrófitas aquáticas. A grande maioria das pesquisas sobre macrófitas aquáticas até a década de 1960 era de cunho taxonômico e os diferentes termos então utilizados para caracterizar estes vegetais, não eram os mais adequados do ponto de vista ecológico (ESTEVES, 1998). Neste capítulo, embora existam outras terminologias e definições dos vegetais aquáticos, será seguido o conceito de Irgang & Gastal (1996) utilizado, principalmente, no sul do Brasil (THOMAZ & BINI, 2003). Neste conceito, serão consideradas macrófitas aquáticas como vegetais visíveis a olho nu, cujas partes fotossinteticamente ativas estão permanente ou periodicamente, total ou parcialmente submersas em água doce ou salobra, ou ainda flutuantes na mesma. Estes autores segmentam as macrófitas por seus tipos ecológicos, que neste capítulo estão adaptados como:

- **Plantas Livres:**

- **Flutuante livre:** Plantas que não estabelecem contato o substrato, mesmo que contenham raízes, e estão presentes na interface ar-água ;

- **Submersa livre:** Plantas que vivem abaixo do nível da água, que não apresentam contato com o substrato e geralmente não possuem estruturas de enraizamento;

- **Plantas Fixas (enraizadas no substrato):**

- **Submersa enraizada:** Plantas que vivem abaixo do nível de água, não tolerando dissecação, e que estabelecem relação com o substrato por estruturas de enraizamento

- **Enraizadas de folha-flutuante:** Vegetais cujas partes do caule permanecem submersas, enquanto as folhas estão presentes na interface ar-água, sendo também estabelecido um contato com o substrato através das raízes.

- **Emergentes:** Plantas que mantêm suas estruturas caulinares e foliares parte abaixo e parte acima da água, fixam-se no substrato por raízes e não tolerando terrenos secos.

- **Anfibias:** Plantas com as mesmas características das emergentes que toleram terrenos secos.

Assim as macrófitas aquáticas abrigam diversos grupos taxonômicos podendo incluir desde macroalgas a grandes árvores de ambientes inundáveis como é o caso da macroalga *Chara spp.* e da Cortiçeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli*) respectivamente. Considera-se ainda que outros tipos ecológicos possam ser encontrados como o epífita (plantas que crescem sobre outros vegetais) e que uma mesma espécie pode ocupar mais de um tipo ecológico dependendo de sua fase de vida ou dinâmica do ambiente. Segundo Thomaz & Bini (2003), no Brasil, os estudos sobre plantas aquáticas, geralmente consideraram poucas espécies, havendo também um grande desequilíbrio sobre os tipos ecológicos estudados. Metade dos trabalhos investigados considerou apenas nove espécies, dentre as quais 5 são emergentes e apenas uma é submersa.

3. PERENIDADE DE MACRÓFITAS COLETADAS NO CAMPUS URUGUAIANA DA UNIPAMPA – ESTUDOS INICIAIS

Considerando esta falta de estudos de macrófitas e de sua diminuta abrangência, este capítulo traz dados coletados sobre o estudo de seis macrófitas, de diferentes tipos ecológicos, avaliando assim sua importância ecológica e seus possíveis manejos em prol da aquicultura, nutrição e tratamento de efluentes. As espécies coletadas estão descritas abaixo e seguem as caracterizações de Irgang & Gastal (1996):

- ***Azolla spp.***: Macrófita flutuante livre (Figura 1A), da família Azollaceae, de pequeno porte, mas encontrada geralmente em grandes comunidades sobre a lâmina d'água. Sua cor varia de verde a avermelhada de acordo com a concentração de fósforo na água, podendo também serem utilizadas como bioindicadores deste elemento. Este gênero se distribuía pela América, sendo hoje cosmopolita e conhecida popularmente como “murerê-rendado”;

- ***Chara spp.***: Da família Characeae, são ervas aquáticas submersas sem raízes e avascularizadas (Figura 1B), algas verdes filamentosas que habitam lagos e arroios de águas tranquilas, não tolerando a emersão e encontradas na planície costeira do Rio Grande do Sul e também presente na porção Oeste deste estado.

- ***Ludwigia spp.***: Macrófita emergente (Figura 1C), perene, encontrada em colônias nas margens do Arroio Felizardo. Com folhas venosas e flores amarelas, da família Onograceae, são popularmente conhecidas como “Cruz-de-malta” e se distribuem por todo o estado do Rio Grande do Sul;

- ***Nymphoides indica***: Macrófita enraizada com folhas flutuantes (Figura 1D) de tamanho médio em formato triangular com as arestas arredondadas, folhas verdes ou manchadas de marrom com flores pilosas de cor branca com centro amarelo. Espécie única da família das Menyanthaceae possui floração e frutificação entre primavera e verão. Cosmopolita habita todos os corpos de águas tranquilas por todo o Estado do Rio Grande do Sul, sendo popularmente conhecida como “Estrela-branca” ou “Soldanela-d'água”;

- ***Polygonum spp.***: Macrófita emergente/anfíbia (Figura 1E) encontrada em todas as partes do Arroio Felizardo se estabelece geralmente em colônias sendo raramente vista individualmente, da família Polygonaceae possui floração e frutificação ao longo de todo o ano, estando distribuída por toda a América Tropical até a Argentina, logo é encontrada em todo o estado do Rio Grande do Sul, sendo conhecida popularmente como “Erva-de-bicho”. Esta é utilizada como chá medicinal e apresenta variação em sua coloração provavelmente pela intensidade luminosa.

- ***Potamogeton spp.***: Macrófita submersa enraizada (Figura 1F), da família Potamogetonaceae de cor verde escura amplamente distribuída pelo Arroio Felizardo. Possui floração e frutificação durante a primavera e o verão. Distribuída pela Argentina, Brasil e Uruguai, ainda que adventícia e cultivada em todo o mundo.

Figura 1. Vegetais coletados ao longo do Arroio Felizardo.



Fonte: Próprio autor.

Com estas descrições e avaliações de cada espécie de seu respectivo tipo ecológico, acredita-se ser possível enriquecer o conhecimento sobre a interação dos ecossistemas aquáticos considerando a variação climática anual, nesta essencial comunidade. Macrófitas aquáticas, segundo Henry-Silva & Camargo (2003), podem ser aproveitadas de inúmeras maneiras inclusive como fertilizantes da água, ou mesmo como fonte alternativa de proteína: como foi observado por Santiago et al. 1988, os quais constataram que uma dieta contendo valores de 42,45% de macrófita aquática flutuante *Azolla pinnata* proporcionou maiores taxas de crescimento para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) do que a dieta controle com farinha de peixe. Estudos como este afirmam a importância de conhecer a composição nutricional dos vegetais sugerindo manejos ecológicos, sustentáveis e economicamente viáveis.

Segundo Esteves (1998), baseado nos trabalhos de Barbieri, estudos sobre a variação sazonal da composição química de macrófitas aquáticas têm mostrado que, com relação a alguns elementos como fósforo, nitrogênio e compostos como carboidratos, proteínas e lipídios, as concentrações variam constantemente. Estas variações estão ligadas além da dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas, à disponibilidade de nutrientes do meio e a fatores climáticos, que possibilitem estocá-los, metabolizá-los, translocá-los ou mesmo excretá-los para o meio ambiente.

Segundo Barbieri et al. (2004), estudos foram realizados com o intuito de se descobrir a importância das macrófitas aquáticas no metabolismo dos ecossistemas. Entretanto, ainda faltam pesquisas a serem realizadas na ordem de aproveitamento desses vegetais. Primavezi

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) (2002) afirma que as plantas são o elo entre os minerais e os homens, podendo representar todos os níveis tróficos, pois somente as plantas são capazes de transformar minerais em proteínas, vitaminas, lipídeos e carboidratos utilizando luz para seus processos bioquímicos. Assim é importante compreender melhor os ecossistemas aquáticos, da ordem da interação físico-química dos nutrientes na formação nutricional das macrófitas e destas na ciclagem dos nutrientes em corpos hídricos de diferentes proporções, dinâmicas e em cada Bioma, como o Pampa, no caso.

Para melhor compreensão destas variáveis foram feitas quatro amostragens ao longo do período de um ano, uma em cada respectiva estação climática: Verão, Outono, Inverno e Primavera. As coletas foram realizadas no Arroio Felizardo (29° 50' 09.8" S, 57° 05' 31.6" O), localizado na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) Campus Uruguaiana, Br 472 km 592. Foi utilizado GPS para marcação dos segmentos amostrais:

1° Percurso, denominado Ponto 1: A primeira parte compreende a montante da barragem deste Arroio existente para sanar as necessidades do setor aquícola do campus universitário (29° 50' 08.87" S, 57° 05' 41.23" O à 29° 50' 07.64" S, 57° 05' 53.53" O).

2° Percurso, denominado Ponto 2: A segunda parte (29° 50' 07.7" S, 57° 05' 57.1" O à 29° 50' 12.2" S, 57° 06' 09." O) está a jusante da mesma barragem.

Um barramento altera a ciclagem dos nutrientes sendo um dos maiores impactos para um corpo hídrico nas questões nutricionais (SOUZA et al., 2007). Segundo o autor o barramento estaciona a ciclagem dos nutrientes, pois nele os mesmos sedimentam ou são melhor aproveitados pelas comunidades vegetais. Assim se acredita que utilizar estes dois segmentos, antes e pós-barramento, demonstram melhor como ocorre a dinâmica limnológica de um mesmo corpo hídrico sobre a comunidade de macrófitas aquáticas.

Foram coletadas seis espécies, de diferentes tipos ecológicos, cuja presença havia sido previamente confirmada nestes locais e as amostras analisadas no Núcleo de Pesquisas Ictiológicas, Limnológicas e Aquicultura da Bacia Rio Uruguai (NUPILABRU). O processamento realizado nos vegetais permitiu a quantificação numérica da variação do Material Parcialmente Seco (MPS) dos vegetais, ao longo do ano e entre os diferentes percursos da mesma estação climática. As variações de MPS nos diferentes pontos e estações foram medidas em cada espécie: *Azolla spp.* (Figura 2), *Chara spp.* (Figura 3), *Ludwigia spp.* (Figura 4), *Nymphoides* (Figura 5), *Polygonum spp.* (Figura 6) e *Potamogetum spp.* (Figura 7) entre as estações do ano e pontos de coleta. A ausência de informações nos gráficos indica que o vegetal não foi encontrado naquela época ou naquele segmento.

Figura 2. Variação de Material Parcialmente Seco (MPS) de *Azolla spp* nos pontos de coleta 1 e 2.

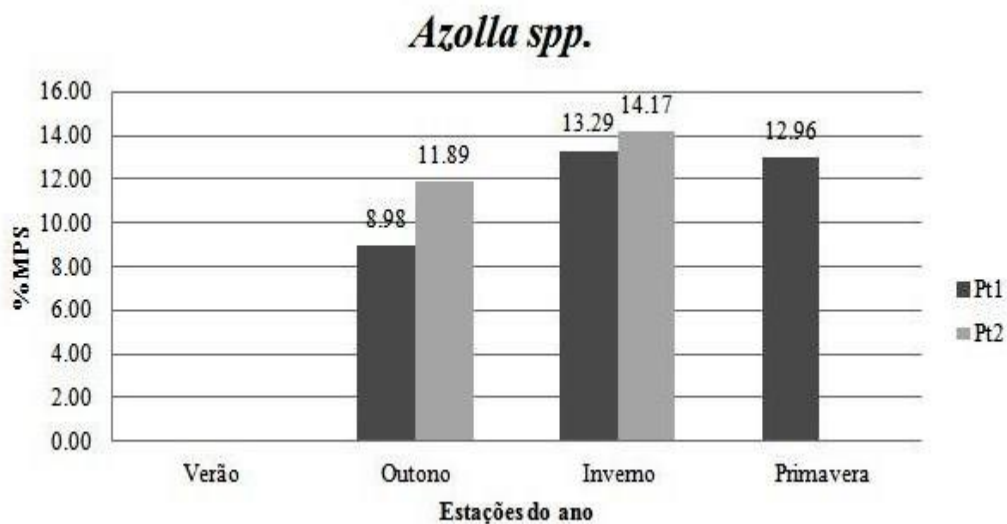


Figura 3. Variação de Material Parcialmente Seco (MPS) de *Chara spp.* nos pontos de coleta 1 e 2.

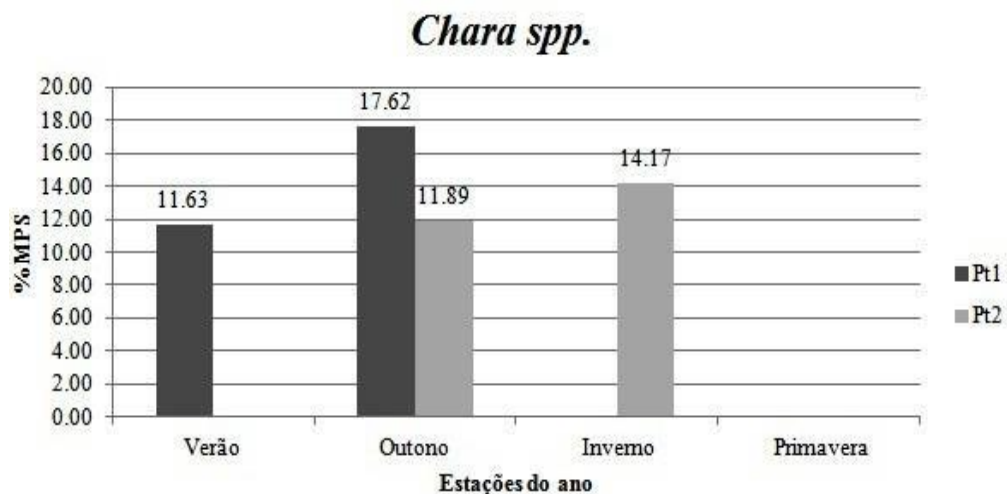


Figura 4. Variação de Material Parcialmente Seco (MPS) de *Ludwigia spp.* nos pontos de coleta 1 e 2.



Figura 5. Variação de Material Parcialmente Seco (MPS) de *N. indica* nos pontos de coleta 1 e 2.

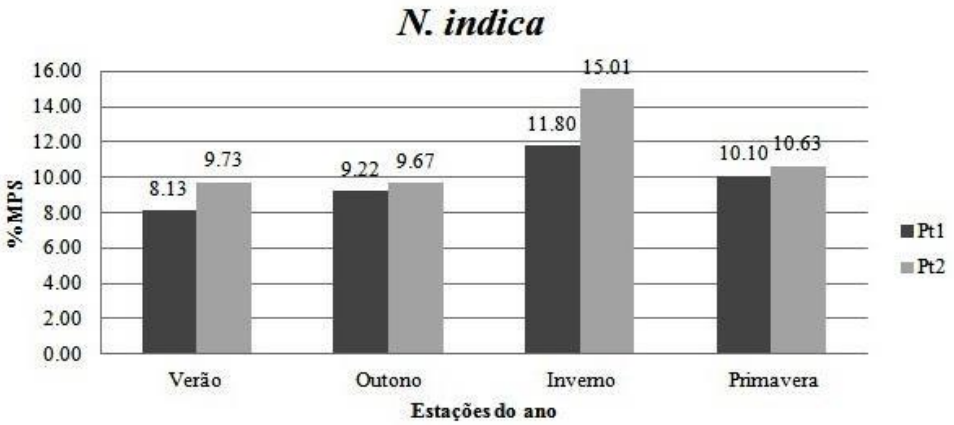


Figura 6. Variação de Material Parcialmente Seco (MPS) de *Polygonum spp.* nos pontos de coleta 1 e 2

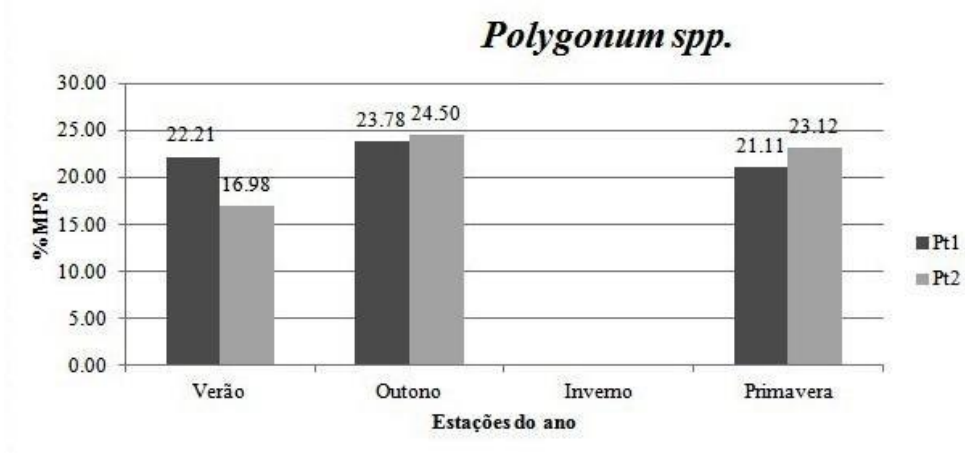
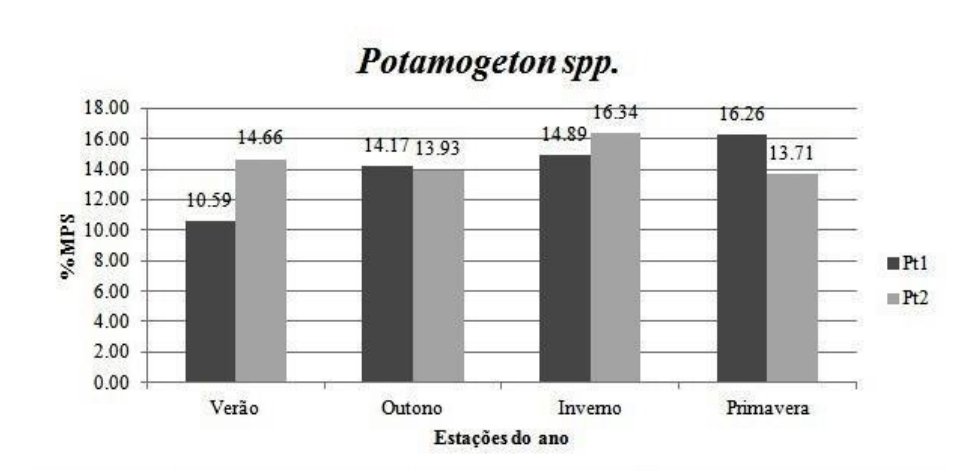


Figura 7. Variação de Material Parcialmente Seco (MPS) de *Potamogeton spp.*



Ao longo das coletas foram realizadas análises de água, apresentadas na Tabela 1, com os valores e possíveis oscilações das características físico-químicas da água do Arroio Felizardo, também para compreender se diferenças nesses parâmetros poderiam influenciar nos dados nutricionais. Entretanto os valores foram bem similares entre os pontos de coleta, sendo a condutividade sempre superior no ponto 1.

Tabela 1. Variação das análises físico-químicas da água nas coletas

Parâmetro	Ponto 1				Ponto 2			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Condutividade (µS)	0.16	0.22	0.47	0.29	0.12	0.14	0.47	0.06
Salinidade (mg/L)	0.07	0.1	0.21	0.13	0.05	0.06	0.23	0.02
pH	8	9.9	8.42	6.99	8.09	9.97	8.75	7.75
Temp. Ar (°C)	33.3	19.9	11.8	30.05	34.11	20	14.6	32.5
Temp. Água (°C)	31.48	16.4	12.9	27.18	29.41	19.2	12.8	29.3
Oxigênio (mg/L)	6.3	6.66	7.51	5.4	6.22	6.82	9.85	5.6
Fluxo	Corrente	Parado	Parado	Parado	Pouco corrente	Pouco corrente	Parado	Pouco corrente
Aparência	Turva	Pouco Turva	Límpida	Límpida	Límpida	Pouco Turva	Límpida	Turva

Variáveis limnológicas alteram o tamanho dos vegetais e o número de indivíduos da assembleia de macrófitas. Estas alterações também são dependentes da espécie e de sua relação ecológica com a água e o substrato. Isto pode ser visualizado no trabalho de Henry-Silva & Camargo (2008), que encontraram valores de biomassa seca estimada entre 2000 e 3000 g para *Eichhornia crassipes*, enquanto que a *Pistia stratiotes* não excedeu os 500 g, sendo estes vegetais utilizados para tratar o mesmo efluente oriundo da carcinicultura. Tamaña diferença pode ser explicada pelo fato de que os vegetais possuem taxas de saturação; assim em um certo momento um nutriente, oriundo do ambiente, não poderia ser mais utilizado pelo mesmo precisando este vegetal ser manejado (ESTEVES, 1998; HENRY-SILVA & CAMARGO, 2008). Esta saturação espécie-específica também causa consequências em seu crescimento e composição, o que pode ter influenciado as diferenças observadas no Material Parcialmente Seco (MPS)/Umidade das macrófitas.

Estudos de tratamento de efluentes com vegetais flutuantes demonstram que estes retiraram fosfatos da água na ordem de 71,6% por *E. crassipes*; 69,9% por *P. stratiotes*; 72,5% por *E. crassipes* + *P. stratiotes* e 72,1% por *P. stratiotes* + *E. crassipes* (Henry-Silva & Camargo, 2008). Assunção (2011) encontrou percentuais de remoção do fósforo de 58,1% para *E. crassipes*, 63,6% utilizando *Ceratophyllum demersum* e 68,1% para *Typha dominguensis*, no tratamento de efluentes do Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Alguns materiais são encontrados quanto à utilização de leitos de macrófitas para tratamento de efluentes urbanos e rurais. Estes leitos podem retirar até 70 % da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do sistema, logo dos substratos, pois são utilizados leitos superficiais de escoamento horizontal ou vertical onde se utiliza macrófitas emergentes e a coluna d'água é nula ou muito reduzida (MAVIOSO, 2010). Estes dados demonstram o quão importante é a comunidade de macrófitas para ciclagem dos nutrientes e passagem de energia, tornando inegável que sua utilização em tratamento de efluentes, desde que com os manejos adequados, é interessante.

4. ANÁLISE BROMATOLÓGICA DA MACRÓFITA *Nymphoides indica*

Entre as macrófitas coletadas no arroio Felizardo, foi escolhida uma que tivesse sua presença registrada ao longo de todo o ano: a *Nymphoides indica*. Além da influência dos nutrientes do ambiente no crescimento das comunidades vegetais observada por Esteves

(1998) e Henry-Silva & Camargo (2008), nesse estudo as variações nutricionais apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$) entre as estações climáticas (Tabelas 2 e 3), verificada por análise centesimal pelo método de Weende. A variância pelo teste ANOVA seguida de Tukey ($p < 0,01$) comparando o mesmo ponto entre as estações aponta para uma diferença estatística entre as estações do ano para Umidade e Proteína Bruta (PB) no ponto 1, não sendo observadas diferenças para Cinzas (CZ), Fibra (FB) ou Extrato Etéreo (EE). No ponto 2 não houve diferenças significativas entre as estações somente para FB, houve diferença estatística entre todas as épocas para Umidade e Cinzas (CZ); os valores de EE foram diferentes entre Inverno e Verão; e na PB houve diferença do Verão para Inverno e o Outono, sendo que a Primavera apresentou valores similares a todas as demais estações.

Tabela 2. Diferença dos nutrientes de *N. indica* entre as épocas no PT1

Época	Ponto	Umidade	CZ	FB	EE	PB
Inverno	1	89,75 ± 0,03 d	7,92 ± 0,08	9,96 ± 0,07	1,26 ± 0,12	12,72 ± 0,18 a
Outono	1	91,90 ± 0,28 b	9,12 ± 0,43	11,52 ± 0,18	1,66 ± 0,12	11,55 ± 0,16 b
Primavera	1	91,17 ± 0,01 c	8,49 ± 0,06	9,42 ± 0,60	1,77 ± 0,11	10,89 ± 0,17 b
Verão	1	92,96 ± 0,02 a	9,21 ± 0,06	10,79 ± 0,35	2,12 ± 0,12	13,18 ± 0,16 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de significância **Fonte:** Próprio autor.

Tabela 3. Diferença dos nutrientes de *N. indica* entre as épocas no PT2

Época	Ponto	Umidade	CZ	FB	EE	PB
Inverno	2	86,87 ± 0,01 d	6,99 ± 0,03 d	8,64 ± 0,15	1,02 ± 0,24 b	11,46 ± 0,09 b
Outono	2	91,66 ± 0,07 a	9,52 ± 0,27 a	10,98 ± 0,23	1,50 ± 0,05 ab	11,28 ± 0,10 b
Primavera	2	90,64 ± 0,01 c	8,95 ± 0,07 b	7,32 ± 0,97	1,43 ± 0,15 ab	11,62 ± 0,30 ab
Verão	2	91,49 ± 0,01 b	7,83 ± 0,04 c	14,74 ± 2,79	2,28 ± 0,18 a	12,66 ± 0,17 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de significância.

Segundo Esteves (1998) em regiões temperadas, como as do Arroio Felizardo, os valores do estoque nutricional, ou seja, os valores centesimais observados apresentam enormes variações durante o período de crescimento. Este fato decorre da grande variação de biomassa observada nas macrófitas aquáticas destas regiões. Assim a concentração de MPS e sua composição nutricional são fatores primordiais na determinação do nível de estocagem de nutrientes. Segundo o mesmo autor para as macrófitas aquáticas tropicais, os valores, em geral, não apresentam variações significativas durante o ano.

Os valores obtidos demonstram que o vegetal estudado possui variáveis nutricionais médias no ano de 8,51% para CZ, 10,08% para FB, 1,64% para EE e 11,72% para PB e 90,63 % de umidade, indicando que embora a planta não possua altos valores de proteína e lipídeos ainda assim, poderia ser testada como suplemento nutricional, pela sua abundância e perenidade. Graeff et al. (2007) comparando diferentes estudos com macrófitas aquáticas demonstram uma variação entre 12,2 e 16,7 % para PB e 3,1 e 11,2 para EE na mesma espécie

desse estudo. Essa diferença na quantidade de PB pode estar relacionada com os diferentes fatores de correção utilizado na análise de proteínas, que geralmente é de 6,25, e que nas amostras do arroio Felizardo foi utilizado 5,75 como recomenda a Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Ainda que o valor de proteína do vegetal tenha sido baixo, este é superior ao de alguns ingredientes utilizados em rações para peixes, e outros organismos, como milho (7,4% de PB) e o sorgo (10% de PB). Em contrapartida, os vegetais aquáticos expõem altos teores de umidade em torno de 90%, como encontrado no presente estudo, o que demonstra uma necessidade grande de biomassa úmida, se comparado aos grãos que apresentam umidade em torno de 10 – 15%. Ainda assim, vegetais aquáticos são muito prolíferos, podendo alcançar taxas de crescimento de 51,8 g PS/m²/dia⁻¹ com biomassa de 2200 g PS/m² e 28,3 g PS/m²/dia⁻¹ com biomassa de 974 g PS/m² para *E. crassipes* e *P. stratiotes*, respectivamente (THOMAS & BINI , 2004).

Outro potencial recentemente explorado é a utilização de macrófitas na nutrição de peixes. Segundo Souza et al. (2008) dietas suplementadas de *A. filiculoides* para alevinos de carpa capim apresentaram melhor taxa de crescimento específico (TCE) de 1,39 ±0,03 quando a relação R (Ração/*A. filiculoides*) = 5. Henry-Silva et al. (2006) encontraram baixos valores de digestibilidade aparente da proteína para *E. crassipes* (7,37 %) e *P. stratiotes* (7,84%) utilizadas na alimentação de alevinos de Tilápia do Nilo, quando comparado a ração controle (30,37%), mas o próprio autor discute os dados referenciando resultados de digestibilidade melhores em outras espécies. Graeff et al. (2007) encontrou um resultado melhor no crescimento de carpa comum na fase de recria, substituindo 6 % de farinha de soja por farinha de *Lemna minnor*. Embora os resultados sejam promissores, a utilização de vegetais aquáticos para nutrição animal ainda é incipiente. Estudos específicos para a espécie ou com vegetais de mesmo tipo ecológico (flutuante fixo) são necessários para que se obtenha a real possibilidade de utilizá-lo no tratamento de efluentes e na nutrição animal.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As macrófitas aquáticas gradualmente estão tendo sua importância reconhecida, não só ecologicamente, mas quanto sua aplicabilidade em áreas como tratamento de efluentes e nutrição animal. Neste capítulo, foram apresentados dados de macrófitas coletadas no arroio Felizardo, que passa pelo campus da Universidade Federal do Pampa, campus Uruguaiana. Além da avaliação da ocorrência das espécies ao longo do ano, a análise da MPS apresentou uma variação numérica entre os pontos, estações do ano e plantas. Análises bromatológicas de Matéria Seca Total (MST), Fibra (FB), Cinzas (CZ) e Proteína Bruta (PB), realizadas sobre a macrófita perene *N. indica* apontaram variações significativas (P<0,01), entre os pontos e épocas estudadas. Espera-se que mais estudos nessa área possam ser realizados a fim de que o potencial das macrófitas aquáticas seja descoberto e devidamente explorado quer seja na aquicultura, no tratamento de efluentes ou ainda qualquer outra área ainda não conhecida.

6. REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, Argos W. de A. **Tratamento de efluentes de piscicultura utilizando sistema wetland povoado com espécies de macrófitas aquáticas de três tipos ecológicos diferentes**. Dissertação de Mestrado. CAUNESP. Jaboticabal - São Paulo, 2011.
- BARBIERI, Ricardo; CARIDADE, Elenice de O.; ALMEIDA, Izabel Cristina S.; BEZERRA, Denílson da S.; DINIZ, Sílvia, C. C. S. **Conteúdo de Proteína, Cinzas e Sais Minerais de Plantas Herbáceas Utilizadas como forrageiras em Tanques de Piscicultura (Vitória do Mearim, MA)**, Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, 2004.;

ESTEVEES, Francisco. de A. **Fundamentos de Limnologia**, Rio de Janeiro, 2º Ed. Interciência, 1998;

GRAEFF, Álvaro; VIANNA, Adriano Gonçalves; TONETTA, Denise; PRUNER, Evaldo Nazareno. **Avaliação do potencial nutritivo da Macrófita aquática *Lemna minor*, por meio da análise da composição química e por sua utilização em ração para carpa comum (*Cyprinus carpio* L.) na fase de recria**. Evidência, Joaçaba, v. 7, n. 1, p. 37-50, 2007

HENRY-SILVA, Gustavo. G.; CAMARGO, Antonio. F. M. **Composição Química de Macrófitas Aquáticas Flutuantes Utilizadas no Tratamento de Efluentes de Aquicultura**, Planta Daninha, Viçosa-MG, 2006;

HENRY-SILVA, Gustavo G.; CAMARGO, Antonio F. M., PEZZATO, Luiz Edivaldo. **Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes**. R. Bras. Zootec., v.35, n.3, p.641-647, 2006

HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. **Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes**. R. Bras. Zootec., v.37, n.2, p.181-188, 2008

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. **Dicionário Houaiss de Língua Portuguesa**, Rio de Janeiro, Objetiva, 2001;

IRGANG, Bruno E.; GASTAL, C. V. de S. Jr., **Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do RS**, Proto Alegre, Ed. Dos Autores, 1996.

MAVIOSO, Joana Ferreira. **Tratamento de águas residuais através de Leitões de Macrófitas: A influência da vegetação**. Dissertação de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

SANTIAGO, C.B.; ALDABA, M.B.; REYES, O.S. **Response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry to diets containing *Azolla* meal**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, Philippines, 1988.

SILVA, Dirceu J.; QUEIROZ, Augusto César de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3º Ed. UFV, Viçosa, 2002;

SOUZA, Weber F. L.; MEDEIROS, Paulo R. P.; KNOPPERS, Bastiaan A.. **O Comportamento da Sílica Dissolvida em Rios e Estuários da Costa Leste do Brasil**. XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - XII COLACMAR, Florianópolis, 2007;

SOUZA, Silvia M. G. de; OLIVEIRA, Diego de; SANTOS, Caetano V. dos; GOMES, Maria E. C. 3; ESTEVES, Karina D. **Desempenho e conversão alimentar de juvenis de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) alimentadas com *Azolla filiculoides* e ração com baixo teor lipídico**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 2, p. 459-464, 2008

THOMAZ, Sidinei M; BINI, Luiz M. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá, Eduem, 2003;

Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1c2998004bc50d62a671ffbc0f9d5b29/RDC_N_360_DE_23_DE_DEZEMBRO_DE_2003.pdf?MOD=AJPERES (acesso 08/05/13).

CAPÍTULO 8

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, PLANCTÔNICA E MICROBIOLÓGICA DO RIO URUGUAI MÉDIO, REGIÃO DE URUGUAIANA, RS.

Jonathan jardim da silva
Vanessa Bley Ribeiro
Marcus Vinícius Morini Querol

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente conhecemos que três quartos da superfície da terra é composta por água, dividida entre água doce, salgada e salobra. A água salgada constitui 97% da água de todo o globo e aproximadamente 2% constituem geleiras inacessíveis, ou seja, a água doce para o consumo humano e animal resta de um pequeno percentual, do qual, praticamente sua totalidade (97%) está localizada nos aquíferos, que constituem fontes subterrâneas (ANA, 2003).

O Brasil é um dos principais países do mundo com recursos hídricos, representando 11% dos recursos hídricos mundiais, onde um dos principais aquíferos (Guarani) tem boa parte de sua extensão em solo brasileiro. Com todo esse potencial hídrico, algumas regiões ainda sofrem com escassez uma vez que essa fartura hídrica é mal distribuída, tanto socialmente quanto geograficamente (REBOUÇAS, 1999).

O Brasil apresenta doze regiões hidrográficas formadas por diversas bacias hidrográficas, onde estão localizados os principais rios do país: Amazonas, São Francisco, Tocantins, Araguaia, Parnaíba, Paraguai, Paraná e Uruguai, dentre outros (ECOА, 2015). A água de um rio pode ser utilizada para diferentes fins: agricultura, pecuária, piscicultura e principalmente para o consumo humano.

O rio Uruguai é um dos principais rios do Rio Grande do Sul. Ele nasce na Serra Geral, sendo originário do cruzamento do rio Pelotas e rio Canoas, tendo um comprimento de 1770 km, altitude de 400 m, e localizado na divisa dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O rio Uruguai é o rio que cruza na fronteira entre Argentina e Brasil (ECOА, 2015). A cidade de Uruguaiana é uma das cidades gaúchas que é banhada por suas águas. Neste sentido são verificados vários impactos ambientais ao longo da bacia do rio Uruguai, com destaque o lixo e o saneamento básico precário.

A ação do homem sobre o rio Uruguai, tem sido mais expressiva a cada ano, com o despejo de resíduos domésticos e industriais sem tratamento adequado, bem como o desmatamento da mata ciliar e a destruição dos arroios, cujo cenário acaba por contribuir efetivamente para a poluição hídrica do rio (QUEROL et al., 1997). Neste sentido, faz-se necessário um monitoramento contínuo da qualidade da água, bem como ações de conscientização da população, a fim de evitar uma contaminação maior do rio, assim como de arroios e córregos.

O rio Uruguai sustenta três usinas ao longo de sua extensão, sendo elas a Usina Hidrelétrica de Itá, a Usina Hidrelétrica de Machadinho e a Usina Hidrelétrica Foz do

Chapecó (NAVARRO, 2013).

A degradação dos rios brasileiros está crescendo logisticamente e embora sejam drenadas águas de importante região agroindustrial, a fiscalização ambiental permanece quase inexistente. Desse modo, houve a quase extinção de boa parte das reservas naturais de mata ciliar, resultando na exposição dos recursos hídricos à ação de fenômenos climáticos. As enxurradas subsequentes geraram erosão e assoreamento (ECOIA, 2015).

No Brasil, a partir da década de 60, houve uma produção de inúmeros projetos e consequentemente gerou movimentos ambientalistas que protestavam contra derramamentos de petróleo, construções de grandes represas, complexos industriais, rodovias, usinas nucleares, projetos agrícolas e de mineração, dentre outros (GOULART; CALLISTO, 2003).

Segundo o CONAMA, considera-se “impacto ambiental” quando em um ambiente ocorrem alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas resultantes de atividades humanas e, que desse modo afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população (Conselho Nacional do Meio Ambiente “CONAMA”, 1986).

A água é um elemento indispensável à vida, é necessário que se adotem medidas, para garantir que suas características físicas, químicas e biológicas estejam dentro dos padrões desejáveis.

Segundo Brasil (2004), a água utilizada para o consumo humano necessita de uma qualidade excelente para sua potabilidade, ou seja, esta água necessita estar livre de patógenos nas análises microbiológicas, apresentar padrões físico-químicos bem estabelecidos, conforme a resolução nº20 do CONAMA/86 e, principalmente, não oferecer riscos à saúde da população.

As principais fontes de contaminação de rios são: esgotos de cidades sem tratamento adequado que são lançados diretamente em rios, lagos e açudes; aterros sanitários que afetam os lençóis freáticos; os defensivos agrícolas que com as chuvas acabam escoando e sendo arrastados para rios e lagos; os garimpos que lançam produtos químicos, como mercúrio, em rios e córregos e as indústrias que utilizam os rios como carreadores de seus resíduos tóxicos (RSC, 1992; EMBRAPA, 1994).

Um dos principais fatores a ser analisado no rio Uruguai são os padrões microbiológicos em diferentes pontos de referências, enquadrando-os nas classes estabelecidas pela resolução que classifica a água do rio em quatro classes e seus fins. Quanto maior o número da classe, menos nobre são os usos destinados para a água, e consequentemente os padrões ambientais de qualidade serão menos exigentes.

Na resolução nº 20 do CONAMA/86, a água doce é classificada em classes e sua utilização (Classes 1, 2, 3 e 4):

Classe 1

- a) Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado;
- b) Proteção das comunidades aquáticas;
- c) Recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho);
- d) Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rente ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção da película;
- e) Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 2

- a) Abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) Proteção das comunidades aquáticas;

- c) Recreação de contato primário;
- d) Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 3

- a) Abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) Dessedentação de animais.

Classe 4

- a) Navegação;
- b) Harmonia paisagística;
- c) Usos menos exigentes.

Outro fator de suma importância para toda teia trófica de um rio é o levantamento planctônico, cuja população de microrganismos é responsável pela produtividade primária desses ambientes (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005). O zooplâncton é formado pelos seres planctônicos heterotróficos, que geralmente se alimentam do fitoplâncton e detritos orgânicos em suspensão. É constituído, por exemplo, por várias espécies de animais microscópicos. Já o fitoplâncton, compreende o conjunto de seres planctônicos clorofilados, ou seja, aqueles que realizam fotossíntese (PEREIRA, 2013).

Uma comunidade planctônica pode ser utilizada em estudos de biomonitoramento de corpos hídricos em função de sua capacidade ecológica em responder a diferentes estímulos externos, como por exemplo, aos processos de poluição e contaminação de um rio, servindo, portanto, como bioindicador da qualidade ambiental (AQUINO et al., 2001; CARVALHO et al., 2003; PEREIRA, 2007).

A utilização da comunidade planctônica em estudos de impacto ambiental ainda é bastante incipiente no Brasil. Entretanto, nos últimos anos têm demonstrado uma mudança de consciência em relação a estudos sobre atividades potencialmente poluidoras no meio ambiente e a cada estudo criam-se métodos para minimizar os impactos resultantes e os já existentes (SILVEIRA; ARAÚJO, 2013). O estudo ecológico destes organismos como bioindicadores de qualidade de água é amplamente utilizado em diversos países da Europa (p. ex., Inglaterra e Espanha), Austrália, Estados Unidos e Canadá (GOULART; CALLISTO, 2003).

Organismos aquáticos, como Rotíferos, Isopoda, Ostrachoda, dentre outros, podem ser quantificados e servir como bioindicadores de qualidade de água a partir da classificação em três distintos grupos: organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes (GOULART; CALLISTO, 2003).

As características físico-químicas e biológicas de um rio são fortemente influenciadas pelo clima, geologia, nutrientes presentes na água, geomorfologia e cobertura vegetal da região. Entretanto, deve-se considerar que para um ambiente ser considerado ideal, é necessário haver um equilíbrio entre os fatores (OLIVEIRA, 2003). A composição química da água de um rio depende das características dos ecossistemas terrestres, da conservação ambiental e das atividades humanas exercidas em diferentes segmentos de um rio (ex. construções de represas, dejetos de efluentes industriais e domésticos, drenagem de áreas alagáveis, etc.) (MARGALEF, 1983).

Para fazer uma avaliação microbiológica e planctônica em um ambiente lótico, é necessário analisar os padrões físico-químicos da água, evidenciando que essas análises são complementares. Neste sentido o trabalho tem como objetivos: avaliar a qualidade da água

do rio Uruguai médio no município de Uruguaiana, RS em relação aos parâmetros físicos-químicos, planctônicos e microbiológicos, como bioindicadores de qualidade ambiental.

2. MATERIAL E MÉTODO

O presente estudo foi conduzido no Núcleo de Pesquisas Ictiológicas, Limnológicas e Aquicultura da Bacia do Rio Uruguai (NUPILABRU), juntamente com o laboratório de Microbiologia dos Alimentos da Universidade Federal do Pampa – Campus Uruguaiana, por das de setembro à novembro de 2016. As análises ocorreram num período de três meses, resultando em cinco coletas, que foram realizadas conforme os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA/86. Foram coletadas amostras de água em três pontos distintos do rio Uruguai. O primeiro ponto de coleta (P1) próximo a ponte internacional de Uruguaiana (S' 29° 44'.987 e W' 057° 05.449); o segundo ponto de coleta (P2) próximo a captação de água para o abastecimento público de Uruguaiana e ao lado direito da ponte internacional (S'29°44.619 e W'057° 04.280) e o terceiro ponto de coleta (P3) ao lado esquerdo da ponte internacional, próximo ao arroio do Salso (S'29° 45.548 e W'057° 06.208).

Dentre os parâmetros físico-químico que foram analisados no local da coleta estão a temperatura do ar e da água - medida através de termômetro do Alfakit, a alcalinidade total, dureza, amônia e nitrito - analisados através do Polikit de análise colorimétrica, e a transparência - realizada com um disco de Secchi. O oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica foram analisados por multiparâmetro no laboratório do NUPILABRU, assim como a turbidez da água que foi analisada através de um turbidímetro, a partir da obtenção da média de três amostras para cada ponto de coleta.

Para identificação e quantificação do plâncton foi usado uma rede de plâncton de 25µ e um balde de cinco litros. No local de amostragem foi filtrado um volume total de 300 litros em cada ponto de coleta, captando um volume total de 250 ml de amostra de plâncton que, posteriormente, foi fixado com formol a 5%.

A análise do plâncton, realizada no NUPILABRU, identificou os principais itens que compõem o fitoplâncton e o zooplâncton. A análise consistiu-se na identificação e quantificação dos principais grupos de plâncton, conforme as seguintes chaves taxonômicas, como os zooplânctons: Cladocera, Ostrachoda, Copepodo, Cordata, Rotífero e Isopoda e os fitoplânctons: Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Diatomáceas, Dinophyta e Cyanophyta (LALLI; PARSONS, 1995).

As amostras foram homogeneizadas e foi retirada uma alíquota de 1 ml para a confecção de nove lâminas, a partir das quais registrou-se a frequência dos indivíduos encontrados, conforme descrito por Querol (1997). Para melhor identificação dos táxons, os plânctons foram fotografados para facilitar a identificação.

Para as análises microbiológicas, foram coletados 600 ml de água de cada ponto de amostragem, numa profundidade de 15 cm através de uma garrafa pet previamente higienizada.

As análises microbiológicas para contagem de coliformes totais e coliformes fecais foram realizadas pelo método do número mais provável (N.M.P) ou também método de tubos múltiplos (FUNASA, 2009), que divide-se em duas etapas: a) teste presuntivo em caldo lactosado, b) teste confirmativo em caldo verde brilhante e caldo EC.

Para o teste presuntivo foram usados 15 tubos, distribuídos de cinco em cinco, com 10 ml de caldo lactosado adicionados de um tubo de Durhan, onde as amostras de água foram inoculadas em três diluições: 1:1; 1:10 e 1:100.

Os primeiros cinco tubos foram inoculados com uma pipeta esterilizada, com 10 ml da amostra de água (diluição 1:1). O segundo grupo de cinco tubos recebeu uma alíquota de 1ml da amostra (diluição 1:10) e o último grupo recebeu uma alíquota de 0,1 ml da amostra (diluição 1:100). Os tubos foram incubados a 37,5°C durante 24 horas.

A interpretação do resultado foi avaliada após 24 horas de incubação, a partir da formação de gás dentro do tubo de Durhan, indicando a presença de metabolismo bacteriano. Os tubos que não apresentaram a formação de gás permaneceram por mais 24 horas na estufa, para posterior interpretação do resultado.

b) Teste Confirmativo

O teste confirmativo foi realizado a partir de todos os tubos que apresentaram resultado positivo no teste presuntivo nas três diluições. Para tal, as amostras dos tubos positivos foram inoculadas em caldo verde brilhante na presença de tubo de Durhan com uma alça de platina, previamente flambada e fria. Em seguida, os tubos foram identificados e incubados durante 24 horas a 37,5°C.

No final de 24 horas, havendo a formação de gás dentro do tubo de Durhan o teste foi considerado positivo. Caso a formação de gás não tenha ocorrido, os tubos permaneceram na estufa por mais 24 horas. Para a interpretação dos resultados e avaliação dos coliformes totais na amostra em questão, determinou-se o N.M.P/100 ml de água, a partir da combinação formada pelos tubos positivos nas três diluições.

A avaliação dos coliformes fecais foi realizada a partir do repique das amostras positivas no teste presuntivo para o caldo EC na presença de tubo de Durhan. Os tubos foram, então, incubados a 44,5° C por 24 horas. A presença de gás evidenciada no tubo de Durhan indicou a positividade do teste e a confirmação da presença de *E. coli* na amostra analisada. Caso um resultado positivo não tenha sido observado, os tubos permaneceram incubados por mais 24 horas para a interpretação final dos resultados.

Os resultados são expressos em N.M.P/100 ml de amostra, determinados a partir da combinação formada pelo número de tubos positivos nas diluições 1:1; 1:10 e 1:100 no teste confirmativo (FUNASA, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros químicos do rio Uruguai, Uruguaiana, RS estão demonstrados na Tabela 1. Os parâmetros de pH, nitrito, alcalinidade, e oxigênio dissolvido apresentaram-se dentro dos limites exigidos na resolução. A dureza não consta na resolução do Conama, mas os valores encontrados são considerada dentro do padrão de qualidade da água. Chamou atenção o fato de que a amônia apresentou índices superiores ao valor máximo permitido (CONAMA/86) em todas as análises realizadas no P1, próximo a ponte internacional de Uruguaiana. O nitrogênio orgânico e amônia estão associados à liberação de esgoto não tratado diretamente no rio e quantidades elevadas de amônia podem letais aos seres aquáticos (Motta, 1995; Richter e Azevedo Netto, 1995). Registros realizados neste ponto de coleta revelaram o esgoto em contato diretamente com a água do rio (Figura 2), justificando os resultados encontrados. Resultados semelhantes já haviam sido encontrados por Carvalho e colaboradores (2007), em análises realizadas 15 anos antes.

Quanto ao pH, nos três pontos de coleta, os valores foram bastante semelhantes em

quase todas as análises. O pH no rio Uruguai apresentou um mínimo de 6,2 na segunda coleta, no P2, ou seja, próxima a captação da água para o abastecimento público e o máximo chegando a 7,5 na terceira coleta, no mesmo ponto. Constata-se, a partir desses resultados, que a água do rio é levemente ácida nos três pontos, corroborando com Maier (1987), que afirma que muitos rios em território brasileiro apresentam pH com tendência de neutro à ácido.

O rio Uruguai apresentou variações de alcalinidade durante as coletas. Na segunda coleta, os três pontos apresentaram os mesmos valores de 20 mg/l CaCo₃ e na primeira coleta apresentou o valor máximo 40 mg/l CaCo₃ no ponto um (Tabela 1). A importância de aferir a alcalinidade total se deve ao fato de que ela reflete a quantidade de substâncias com efeito tamponante presentes na águas, ou seja, capazes de neutralizar ácidos. Se numa água quimicamente pura de pH 7,0 for adicionada pequena quantidade de ácido fraco seu pH instantaneamente mudará. Numa água com certa alcalinidade a adição de uma pequena quantidade de ácido fraco não provocará alteração de seu pH, porque os íons presentes neutralizam o ácido, ou seja, alcalinidade da água é uma medida de sua capacidade em reagir com ácidos fortes para atingir um determinado valor de pH (GONÇALVES, 2009).

Embora a resolução n° 20 do CONAMA/86 não atribua valores de referência para a alcalinidade, segundo Castagnolli e Cyrino (1986), até 30 mg/l de carbonato de cálcio são considerados índices ideais. Nesse contexto, duas das cinco coletas realizadas no P1 revelaram valores superiores ao descrito. Nos demais pontos, os valores foram iguais ou inferiores a 30 mg/l.

Tabela 1. Parâmetros químicos do rio Uruguai, Uruguiana, RS.

Coletas	pH	Amônia (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Alcalinidade (mg/l)	Dureza (mg/l)	OD (mg/L)
1 (13/09/2016)	(P1)6,4 (P2)6,3 (P3)6,5	(P1)0,3 (P2)0,1 (P3)0,3	(P1)0,0 (P2)0,0 (P3)0,3	(P1)40 (P2)30 (P3)30	(P1)40 (P2)20 (P3)20	(P1)5,6 (P2)5,7 (P3)5,0
2 (27/09/2016)	(P1)6,3 (P2)6,2 (P3)6,4	(P1)0,3 (P2)0,1 (P3)0,1	(P1)0,0 (P2)0,0 (P3)0,0	(P1)20 (P2)20 (P3)20	(P1)30 (P2)20 (P3)20	(P1)6,0 (P2)6,2 (P3)5,2
3 (11/10/2016)	(P1)7,0 (P2)7,5 (P3)6,5	(P1)0,3 (P2)0,1 (P3)0,1	(P1)0,0 (P2)0,0 (P3)0,0	(P1)30 (P2)20 (P3)20	(P1)40 (P2)20 (P3)30	(P1)6,1 (P2)6,3 (P3)5,7
4 (25/10/2016)	(P1)6,4 (P2)6,4 (P3)6,8	(P1)0,3 (P2)0,0 (P3)0,1	(P1)0,0 (P2)0,0 (P3)0,0	(P1)40 (P2)20 (P3)20	(P1)30 (P2)20 (P3)30	(P1)6,3 (P2)6,0 (P3)6,0
5 (08/11/2016)	(P1)6,6 (P2)6,5 (P3)6,2	(P1)0,3 (P2)0,0 (P3)0,0	(P1)0,0 (P2)0,0 (P3)0,0	(P1)20 (P2)30 (P3)20	(P1)30 (P2)30 (P3)20	(P1)5,4 (P2)5,9 (P3)5,8
Limites da Legislação	6,0 à 9,0	0,2	1,0	Até 40UNT (Águas de Classe 2)	Não definido	5,0 mg/l

Os resultados obtidos mostraram um valor mínimo de 20 mg/l em todas as coletas,

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) no P2, jamais ultrapassou essa quantidade de CaCO_3 . O máximo chegou a 40 mg/l de CaCO_3 na primeira e na segunda coleta, principalmente no P1, próximo a ponte internacional. Pode ser considerada dureza baixa, pois os valores não ultrapassaram de 50 mg/l de CaCO (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1995).

A resolução estabelece que diferentes classes de água necessitam uma quantidade mínima de demanda bioquímica de oxigênio. Águas de classe I deverão ter valores de até 3 mg/l para 5 dias; águas de classe 2 deverão apresentar valores de até 5 mg/l para 5 dias; águas de classe 3 deverão apresentar valores de até 10 mg/l para 5 dias.

Os resultados obtidos nos três pontos, demonstraram uma variação no mínimo de 5,0 mg/l de DBO no P3 a um máximo de 6,3 mg/l de OD no P2 (Tabela 1). Portanto, através desses resultados das análises, constatamos que os valores de OD estão dentro dos padrões da resolução.

Figura 2. Esgoto não tratado no P1 (S' 29° 44'.987 e W' 057° 05.449).Fonte: Foto própria.



Os resultados dos parâmetros físicos são apresentados na Tabela 2 e todos foram comparados à resolução do CONAMA/86. Os parâmetros de temperatura do ar e da água e condutividade não ultrapassaram o limite máximo exigido. A transparência da água apresentou variação ao longo de todo estudo, porém não são estabelecidos limites para este parâmetro na resolução. Da mesma forma, a turbidez também apresentou variação nas coletas e os valores ultrapassaram o limite máximo preconizado 100 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT), na primeira e na terceira coleta.

Nos resultados obtidos, a transparência variou muito a cada coleta e a cada ponto. Tendo um mínimo de transparência de 16 cm na primeira coleta no P1 e no máximo chegando a 122 cm na terceira coleta no mesmo ponto. A transparência das águas lóticis podem variar muito, porque a turbidez é provocada pela presença de partículas em suspensão, entres elas, areia, argila, matéria orgânica, silte, microrganismos, entre outros, o que dificulta a penetração da luz solar e, conseqüentemente, a realização da fotossíntese (GALLI; TORLONI, 1992).

Tabela 2. Parâmetros físicos do rio Uruguai, Uruguiana, RS.

Coletas	Transparência (cm)	T° ar (°C)	T° água (°C)	Condutividade (µ)	Turbidez (NTU)
1 (13/09/2016)	(P1)16cm (P2) 22cm (P3) 19cm	(P1)21 ° (P2)22 ° (P3)22 °	(P1)18 ° (P2)17 ° (P3)19 °	(P1)73 (P2)65 (P3)67	(P1)122 (P2)109 (P3)129
2 (27/09/2016)	(P1)31cm (P2)93cm (P3)38cm	(P1)20 ° (P2)20 ° (P3)20 °	(P1)19 ° (P2)18 ° (P3)18 °	(P1)70 (P2)64 (P3)74	(P1)20 (P2)58 (P3)28
3 (11/10/2016)	(P1) 122cm (P2) 26cm (P3) 77cm	(P1)21 ° (P2)22 ° (P3)22 °	(P1)17 ° (P2)18 ° (P3)18 °	(P1)68 (P2)61 (P3)71	(P1)102 (P2)83 (P3)84
4 (25/10/2016)	(P1) 23cm (P2) 30cm (P3) 19cm	(P1)23 ° (P2)23 ° (P3)23 °	(P1)19 ° (P2)17 ° (P3)17 °	(P1)71 (P2)69 (P3)69	(P1)42,1 (P2)28,8 (P3)78,6
5 (08/11/2016)	(P1) 33cm (P2) 21cm (P3) 30cm	(P1)21 ° (P2)21 ° (P3)21 °	(P1)18 ° (P2)17 ° (P3)18 °	(P1)71 (P2)68 (P3)71	(P1)47,8 (P2)47 (P3)69,8
Limites da Legislação	-	-	-	-	100

De acordo com Carvalho et al., (2007), a transparência feita no rio Uruguai em 2001 e 2002 nos meses de outubro e novembro não apresentou muitas variações e não ultrapassou os 27 cm. Em 2016 nas datas das coletas, o mês de outubro foi chuvoso e alterou o nível do rio. Nos dias em que a transparência ultrapassou 50 cm o nível do rio estava abaixo do nível normal, o que sugere ter sido o motivo da alteração na transparência da água.

Muitos produtores usam a transparência com relação aos níveis de oxigênio numa produção aquícola. Geralmente é usado um valor mínimo de transparência da água para garantir uma concentração mínima de 2 mg/l de oxigênio dissolvido ao amanhecer. Se a

transparência mínima for maior que a transparência obtida com o disco de Secchi há uma grande probabilidade de ocorrência de concentrações de oxigênio menores que 2 mg/l numa produção, causando malefícios à produção (KUBITZA, 1998).

Com relação à temperatura, ao longo de toda realização do trabalho não houve alterações significativas, variando de 20°C a 22°C a temperatura do ar e de 17°C a 19°C a temperatura da água. A temperatura tem um importante papel no controle de espécies aquáticas e pode ser considerada uma das características mais importantes do meio aquático. Seu valor pode variar entre 0°C e 30° C, acima disso, torna-se prejudicial para algumas espécies (SILVA et al., 2008). A condutividade elétrica da água do rio Uruguai apresentou um mínimo de 61 uMHOS no P2 na segunda coleta e um valor máximo de 74 uMHOS no P3. Essa variação deve-se ao abaixamento do pH e isso implica em uma elevação da condutividade, (ABREU; MAIER, 1992). Uma vez que a variação é pela função direta da quantidade de sais dissolvidos e da temperatura, a condutividade elétrica dá uma ideia da produtividade potencial do sistema, em função do maior ou menor teor de elementos minerais dissolvidos na água (CASTIGNOLLI; CYRINO, 1986).

Os resultados obtidos da turbidez variam em todas as coletas e pontos de coletas, variando de um mínimo de 28 NTU à 122 NTU na primeira coleta. A resolução destaca que o limite máximo de turbidez é de 100 NTU para água doce, na primeira coleta em todos os pontos e na terceira coleta no ponto um, os índices de turbidez ultrapassam o limite máximo exigido pela resolução, demonstrando uma grande quantidade de sedimentos sólidos variados em suspensão na água, tais como: silte, argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica, finamente divididas, organismos microscópios, algas, dentre outros.

O resultado do exame da comunidade planctônica de um manancial pode ser expresso qualitativamente, por meio da listagem dos táxons observados na amostra analisada, ou semi quantitativamente, pela frequência ou abundância relativa dos organismos presentes na amostra.

Nos três pontos de coleta foi realizada a filtragem da água com a rede de plâncton, o P1 foi local onde mais organismos foram encontrados (Tabela 3), principalmente nas primeiras coletas, onde o nível do rio estava normal em comparação aos outros dias de coleta ao longo do estudo, onde no final do mês de agosto os índices pluviométricos foram maiores. Seguindo ao P1, o P3 também apresentou organismos nas lâminas, enquanto que o P2 apresentou apenas fitoplâncton em pequenas quantidades. No P1 é onde se encontra um esgoto que deságua próximo ao ponto de coleta. Segundo Fiorucci & Benedetti Filho (2005), o plâncton se desenvolve com mais facilidade com a presença de matéria orgânica, uma vez que, no P1 é o único ponto onde a matéria orgânica é despejada diretamente no rio Uruguai, sem o tratamento adequado.

Os principais zooplâncton encontrados no P1 foram os Rotíferos (*Keratella cochlearis* e *Brachionus falcatus*), (Figura 3) e Ostrachoda (*Cypridina mediterranea*) e os principais fitoplâncton encontrados no P1 foram Chlorophyta (*Kirchneriella* sp. e *Cosmarium pseudoconnatum*).

Como já mencionado, no P2 não foi encontrado zooplâncton durante as coletas e o acesso ao ponto de coleta foi difícil, pois o nível do lodo no local era elevado, dificultando a passagem do balde na filtragem. Dentre os grupos de fitoplâncton, foi encontrado em maior quantidade de Chryptophyta (*Cryptomonas* sp.) e Euglenophyta (*Euglena spyrogira*), (Figura 4).

Por outro lado, o P3 foi o de mais fácil acesso, a passagem do balde durante a filtragem foi facilitada, podendo filtrar ao longo de 3 metros de distância. A quantidade de plâncton encontrada no P3 foi muito próximo do P1 (Tabela 4), entretanto, no P3 não havia esgoto e nem despejo de matéria orgânica no ponto de coleta. Dentre os organismos mais

comuns encontrados foram os zooplâncton Rotíferos (*Keratella cochlearis* e *Brachionus falcatus*) e o fitoplâncton Chryptophyta (*Cryptomonas* sp.).

Tabela 3. Organismos encontrados no P1 em 1 ml de amostra.

Zooplâncton	Nº organismos/mL	Fitoplâncton	Nº ORG/mL
Cladocera	1	Chlorophyta	3
Ostrachoda	3	Euglenophyta	1
Copepodo	1	Dinophyta	2
Cordata	1		
Rotífero	11		
Isopoda	2		
Total organismos/ml	19	Total organismos/ml	6

Figura 3. Zooplâncton Rotífero (*Keratella cochlearis*). Objetiva 10x. Fonte: Foto própria.



Os resultados microbiológicos das amostras dos três diferentes pontos ao longo dos meses de setembro, outubro e novembro, no rio Uruguai médio mostraram uma variação nos índices de coliformes fecais e bactérias totais no período do estudo (Tabela 5). A água do rio Uruguai é utilizada pela população de Uruguaiana como fonte de água para o abastecimento público com tratamento convencional feito pela empresa Odebrecht. A cidade de Uruguaiana não é uma das principais cidades do estado com produções aquícolas, porém, necessita de uma água com condições adequadas para a pecuária e produção de arroz, dentre outros.

Figura 4. Fitoplâncton Euglenophyta (*Euglena spirogira*). Objetiva 10x.



Tabela 4. Organismos encontrados no P3 em 1 ml de amostra.

Zooplâncton	N° ORG/mL	Fitoplâncton	N° ORG/mL
Cladocera	1	Chlorophyta	1
Ostracoda	1	Chryptophyta	5
Copepodo	2	Dinophyta	1
Cordata	2	Cyanophyta	2
Rotífero	6		
Isopoda	1		
Total ORG/mL	13	Total ORG/mL	9

Os resultados obtidos mostram que os índices de coliformes fecais e totais superam o limite exigidos na resolução para águas de classe I e seus usos destinados em 80% dos resultados obtidos. Considerando esse resultado a água do rio Uruguai pode ser classificada como água de classe II, uma vez que, 80% das amostras obtidas não ultrapassam o limite máximo exigido na resolução que é de 1.000 coliformes fecais para 100 ml de água e 5.000 coliformes totais para 100 ml de água. Conforme esta classificação, a água é própria para abastecimento doméstico, após tratamento convencional e para uma produção natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Nas primeiras coletas nos meses de setembro, os valores de coliformes totais no P1 e P3 foram elevados, o que pode ser justificado por ser um mês com pouca presença de chuva, embora no P2 não tenha sido observado o mesmo padrão. Ainda no mês de setembro o nível do rio estava no mesmo nível do esgoto, como mostra a Figura 5, ou seja, o efluente do esgoto estava sendo jogado diretamente no rio Uruguai sem tratamento adequado

Tabela 5. Resultados microbiológicos das coletas. N.M.P.

COLETAS	Pontos de Coleta	ColiColiformes Fecais (EC) / NMP (100ml)	ColiColiformes Totais (VB) / NMP (100ml)
1	P1	1600	>1600
	P2	11	90
	P3	350	>1600
2	P1	1600	1600
	P2	170	300
	P3	280	>1600
3	P1	2	280
	P2	2	50
	P3	6	220
4	P1	900	900
	P2	900	900
	P3	900	1600
5	P1	500	900
	P2	50	280
	P3	500	1600

Os valores obtidos nos resultados nas cinco coletas foram comparados a resolução nº 20 e ao artigo nº 26 do CONAMA/86, conforme tabela 6.

Tabela 6. Limites máximo da resolução Nº 20 do CONAMA de 1986.

Classes	N.M.P/100 ml de Coliformes fecais (CONAMA)	N.M.P/100 ml de Coliformes totais (CONAMA)
I	200	1000
II	1000	5000
III	4000	20000

Figura 5. Nível do rio Uruguai e do esgoto no P1. (S' 29° 44' .987 e W' 057° 05.449)



A terceira coleta foi realizada no início do mês de outubro e foi um mês em que o nível do rio estava muito abaixo do normal. Durante a coleta foi presenciado um odor muito forte de decomposição de peixes no P1, porém os mesmos não foram encontrados no local da coleta. Os valores obtidos de coliformes fecais apresentaram-se diminuídos, no P1, o que pode ser justificado pelo nível do rio que estava muito abaixo do nível do esgoto que deságua próximo ao ponto de coleta, o efluente liberado pelo esgoto estava tão fraco que não chegava no rio (Figura 6). Nogueira e colaboradores (2003), já haviam observado essa variação nos resultados, de acordo com o índice pluviométrico na época da coleta.

No final do mês de outubro, foi o intervalo da terceira para a quarta coleta e o índice pluviométrico foi muito alto, desse modo, foi esperado que os valores de coliformes fecais e totais passassem a ser superiores aos valores obtidos na coleta anterior. Nesse período houve enchente em alguns pontos da cidade, dificultando a coleta (Figura 7). Foi o mês em que os índices pluviométricos foram maiores, alterando totalmente os resultados. Os valores encontrados de coliformes totais e fecais nos três pontos foram os mesmos, exceto no P3, onde o número de coliformes totais foi de 1.600, comparado aos 900 obtidos nas demais análises. Ao longo das coletas foi possível notar muito lixo, garrafas, cadeiras, oferendas na beira do rio (Figura 8).

Figura 6. Esgoto liberando pequenas quantidades de efluentes no rio no P1



Figura 7. Aumento do índice pluviométrico no mês de outubro em Uruguaiana, RS.



Fonte: Reprodução/RBSTV

Em 2001, Silva et al. (2008), fizeram análises de coliformes totais no rio Uruguai, durante os meses de setembro, outubro e novembro, cujos resultados demonstraram valores similares (1.100 N.M.P em 100 ml) aos encontrados no presente estudo. Assim, conclui-se que, passados 15 anos não houve alterações significativas nos padrões microbiológicos do rio Uruguai, evidenciando que o sistema de saneamento básico da cidade ainda deixa a desejar.

Em comparação ao artigo nº 26 da resolução nº 20 do CONAMA/86, que trata sobre a balneabilidade das águas, incluindo recreação de contato, como natação, esqui-aquático, a água do rio Uruguai pode ser classificada como “SATISFATÓRIA”, considerando os resultados obtidos para coliformes totais e fecais

Figura 8. Oferendas deixadas na beira do rio Uruguai a Cosme Damião



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados sugerem que a avaliação da qualidade da água do rio Uruguai nos três pontos de coleta, na maioria dos parâmetros físicos e químicos, mostrou-se dentro dos

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) padrões. Os resultados obtidos para a amônia e turbidez das amostras analisadas estão acima do máximo previsto pela legislação. A análise planctônica demonstrou que a água do rio está em boas condições, considerando que foram observados (micro)organismos bioindicadores à qualidade da água. A partir da análise microbiológica, a água do rio Uruguai foi classificada como de classe II, sendo própria para abastecimento doméstico, após tratamento convencional e satisfatória para balneabilidade. A partir dos resultados encontrados em nosso estudo, pode-se concluir que umas das principais causas da poluição dos três pontos de coleta deve-se à precariedade de saneamento básico na cidade, aliada à cultura local, onde é comum se observar a entrega de oferendas à beira do rio. Sendo assim, nosso trabalho constitui-se uma fonte importante de conhecimento sobre a qualidade da água do rio para a população de Uruguiana e região, que utiliza as águas do rio para diferentes fins, que vão desde a recreação até o uso direto da água sem tratamento prévio. Além disso, os dados gerados são relevantes a partir da perspectiva que poderão ser utilizados em análises futuras, para comparação dos padrões estudados e melhoria das condições sanitárias do município.

5 REFERÊNCIAS

ABREU, R. M.; MAIER, M. H. Bacia do rio Acre (67°-71 W, 09°-11° S, Acre, Brasil) – Aspectos Ecológicos: Limnologia, fisiografia e clima. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 19. P. 39-47. 1992.

ANA. **Agência Nacional das Águas**. Água Subterrâneas. 2003. Disponível em <www.ana.gov.br/.../aguasSubterr/EstudoAguasSubterraneasANA22-08-02.doc>. Acesso em: 10 out. 2016, 21:14:30.

AQUINO, E. P. et al. Fitoplâncton de uma lagoa de estabilização no nordeste do Brasil. **Brazilian Brasiliensia**, v. 8, n. 1, 13-27, 1996.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Legislação para águas de consumo humano. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 de mar. 2004. Seção 1.

CARVALHO, F. M. et al. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. In: **Revista Panamericana de Salud Pública**, vol.13 nº1, Washington (EUA), jan. 2003.

CARVALHO, L. C. G.; et al. Diagnóstico ambiental do arroio salso de baixo e rio Uruguai, Rs, Brasil. **Biodiversidade Pampeana**. V. 5, nº 2. 2007.

CASTAGNOLLI, N.; CYRINO, J. E. P. **Piscicultura nos trópicos**. 1º ed. São Paulo. 152p. 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIOAMBIENTE. CONAMA. **Ministério do**

Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Resolução nº 20, 18 de junho de 1986.

ECOIA- **ECOLOGIA E AÇÃO**. 2015. Disponível em <<http://www.riosvivos.org.br/a/Canal/Rio+Uruguai/542>> Acesso em: 10 out. 2016, 23:30:30.

EMBRAPA. **Atlas do meio ambiente do Brasil**. Brasília: Terra Viva, 1994. 138p.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos. **Química e Sociedade**. Nº 22. 2005.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. FUNASA. **Manual Prático de Análise de Água**. 2009.

GALLI, L. F.; TORLONI, C. E. C. **Criação de peixes**. São paulo: Nobel, 1992.

GONÇALVES, E. M. **Avaliação da qualidade da água do rio Uberabinha – Uberlândia**

- MG. 2009. 159f. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-graduação em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos)- Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, no1. 2003.
- KARR, J. R. Rivers As Sentinels: UsingtheBiologyof Rivers toGuideLandscape Management. In: R. J. Naimanand R. E. Bilby (eds.) **River Ecologyand Management: Lessonsfromthe Pacific CoastalEcoregion**, pp. 502-528. 1988.
- LALLI, C.M.; PARSONS, T.R. **BiologicalOceanography: anIntroduction**. Butterworth-HeinemannLtd., Oxford. 301 p. 1995.
- MAIER, M. H. Ecologia da bacia do rio Jacaré-Pepira. Qualidade do rio principal. **Ciência e Cultura**. v 39, n 2, p 164-185, 1987.
- MARGALEF, R. **Limnología**. Ed. Omega, Barcelona. 1010p. 1983.
- MOTA, S. **Preservação de recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 1995.
- NAVARRO, E. A. Dicionário de tupi antigo: a língua indígena clássica do Brasil. **São Paulo Global**. 2013.
- NOGUEIRA, G. et al. Microbiologicalqualityofdrinkingwaterofurbanand rural communities, Brazil. **Revista de Saúde Pública** , v.37, p.2, p.232-236, 2003.
- OLIVEIRA, M. D. **Estudos Limnológicos para o Monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal Sul**. 2003.
- OLIVEIRA, L. **A importância da vigilância da qualidade d água no município de São Gonçalo**. Rio de Janeiro, 2007.
- PEREIRA, L. D. A. **Saber Ecológico: O Fitoplâncton e nossas águas**. Dissertação (Mestrado). PUC Minas. Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG. 2013.
- PEREIRA, A. C. A. **Bioindicadores fitoplanctônicos da qualidade da água no estuário do rio Catu, Aquiraz, Ceará**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- QUEROL, E., QUEROL, M. V. M., LOBON-CERVIÁ, J. Estimativa da Densidade e Biomassa da população de *Cichlasoma portalegrense* (Hensel, 1870) (*Pisces, Cichlidae*) através do método de três capturas sucessivas com pesca elétrica em um arroio do Pampa brasileiro. **Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia, PUCRS, sér. Zool.**; Porto Alegre, v. 10. 1997.
- REBOUÇAS, Aldo, et al. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conervação**. 1ª edição. São paulo: Escrituras editora, 1999.
- RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. 1995.
- ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY – RSC. **Understandingourenvironment: anintroductiontoenvironmentalchemistryandpollution**. London: Paston Press LTD. 326p. 1992.
- SHIBATA, T. Et al.; **Monitoring marine recreationalwaterqualityusingmultiple microbial indicators in anurban tropical environment**. *WaterResearch*, v. 38, 3119–3131, 2004.
- SILVA, A. et al. Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus. **Acta Amazônica**. 2008.
- SILVA, S. M. et al. Aspectos microbiológicos do arroio salso de cima e rio Uruguai, na região urbana de Uruguaiana, RS, Brasil. **Biodiversidade Pampeana**. v. 6, nº1. 2008.
- SILVEIRA, M; ARAÚJO, M. D. N. Environmental licensingof major undertakings:Possible connection betweenhealthandenvironment. **Ciência e Saúde coletiva**. 2013.

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022)

SOUZA, L.C.; IARIA, S.T.; LOPES, C.A.M. Bactérias coliformes totais e coliformes de origem fecal em águas usadas na dessedentação de animais. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, 17, n.2, p.112-122, 1983.

TUNDISI, J.G. TUNDISI, T.M.A.; Água. São Paulo. **Publifolha**. 120p. 2005.

CAPÍTULO 9

FITORREMEDIAÇÃO UMA ALTERNATIVA PARA O RIO URUGUAI

Carlos Aurélio Dilli Gonçalves
Dario Munt de Moraes

1. Considerações Iniciais

A disponibilidade de água doce e o fácil acesso a ela favoreceu o desenvolvimento dos primeiros aglomerados populacionais, influenciando na escolha de suas localizações e permitindo o crescimento demográfico. Entretanto, a humanidade ao fazer um uso irrefletido da água acaba promovendo a deterioração de sua qualidade e limitando o seu potencial de uso, afetando todo o ecossistema de um corpo d'água, fazendo com que o equilíbrio natural que havia até então fosse quebrado. Nesse sentido a ação antrópica e o estudo das mudanças climáticas, distribuição, sustentabilidade e preservação da qualidade da água doce superficial são fundamentais para os enfrentamentos dos desafios dos próximos séculos (MARTÍNEZ, 2021; TARTARI, 2021).

Esta questão afeta diretamente a humanidade pelo fato de a presença de uma substância em um determinado local acima do nível considerado seguro passa a ser entendido como tóxico e nocivo ao ser humano. Esta é uma preocupação constante pelo hábito deletério de descarte de resíduos e insumos agrícolas, domésticos e industriais ser descartados nos recursos hídricos, conscientemente ou inconscientemente, levando a sua contaminação (TARTARI, 2021).

Como exemplo, Braga (2019) menciona o caso do flúor, que embora seja inclusive recomendável ao ser humano em pequenas quantidades pela sua participação na prevenção de cáries e auxílio na calcificação de ossos e dentes, em grandes quantidades pode representar um risco à saúde. E ainda existem as práticas desportivas como pesca e tiro de caça que oferecem risco de contaminação por chumbo, no caso da pesca por perda de chumbadas e anzóis e do tiro os grânulos de chumbo que ficam no ambiente. Scheuhammer et al. (2003) calcularam que aproximadamente 4.384 toneladas de equipamentos de pesca contendo chumbo eram perdidos a cada ano nos rios navegáveis dos EUA. É necessário o desenvolvimento de materiais não tóxicos para pesca recreativa (GRADE, 2019).

Em face desta realidade foram desenvolvidos ordenamentos jurídicos que tratam especificamente da questão da potabilidade da água, podendo ser mencionadas a Portaria de Consolidação 05/2017 do Ministério da Saúde, a Resolução CONAMA 357/2005 e 396/2008 e na Agência Nacional das Águas (TARTARI, 2021).

De acordo com Braga (2019) a fitorremediação é uma alternativa acessível, esteticamente agradável e ambientalmente correta para neutralização de poluentes na água, que se fundamenta na utilização de plantas aquáticas que sejam capazes de absorver, imobilizar, degradar ou reter substâncias tóxicas, sendo uma medida que pode ser aplicada para substratos líquidos gasosos e sólidos contaminados com metais pesados, pesticidas, substâncias orgânicas e inorgânicas.

Tartari (2021) considera a fitorremediação como uma medida que requer baixo investimento e possui alta eficácia para a restauração de recursos hídricos, possibilitando a regeneração do ecossistema natural e o consumo humano sem riscos. Este estudo de traz como objetivo, explorar a possibilidade de aplicação da medida de fitorremediação no Rio Uruguai, para este fim, propôs-se uma revisão de literatura sobre o tema, a partir de pesquisa bibliográfica qualitativa e exploratória.

O Rio Uruguai tem origem na confluência dos rios Pelotas e Canoas, fazendo divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, além disso, também faz divisa entre os territórios do Brasil e da Argentina. E ao receber as águas do afluente Rio Quaraí, o Rio Uruguai também promove a divisa entre a Argentina e o Uruguai, encerrando sua trajetória no Rio do Prata, que deságua no Oceano Atlântico (OLIVEIRA, 2018). Nesse sentido de caracterização e importância do Rio Uruguai para região do Pampa brasileiro, no que se refere a conservação ambiental, é destacado a relevância e a necessidade da manutenção do equilíbrio da fauna e flora nos seus diferentes capítulos (QUEROL, 2018).

Desde que o Tratado de Madri entrou em vigor em 1750 o Rio Uruguai passou a fazer parte dos domínios da coroa portuguesa, entretanto, o processo de colonização às suas margens remonta ao período mais recente do Primeiro e Segundo Impérios e o Período Republicano, neste último caso pela necessidade de substituir os braços na lavoura devido a abolição da escravatura, o que motivou imigrantes de diversos países europeus a se instalar na região (OLIVEIRA, 2018).

1.1 Fitorremediação de águas poluídas

A eutrofização caracteriza a contaminação de um corpo d'água por um elevado índice de nutrientes, em específico fosfatos e nitratos, levando ao acúmulo de matéria orgânica em decomposição. Assim, buscando contornar este tipo de situação, diversos métodos foram desenvolvidos, sendo eles físicos, químicos e ecológicos. Entretanto, as abordagens físicas e químicas tem a característica de serem muito dispendiosas ou então possuem alto risco de poluição secundária, enquanto que a abordagem ecológica requer baixo investimento, efeitos colaterais mínimos e é de fácil manejo (LAZARO, 2020).

Diante deste cenário, a proposta do cultivo de plantas aquáticas para a assimilação e remoção de nutrientes da água é uma possibilidade que vem chamando a atenção de muitos pesquisadores. Entretanto, Lazaro (2020) reconhece que uma concentração excessiva de nitratos e fosfatos na água pode ser tóxica para as plantas e levar a alteração de suas características fisiológicas, sendo necessário o monitoramento constante da enzima peroxidase presente nas plantas a fim de avaliar a sua capacidade de resistência a danos antioxidantes, o que é o papel da enzima. Ou seja, uma vez que a enzima passa a não dar conta de controlar oxidação, passa a ocorrer a alteração das características fisiológicas da planta.

A proposta da fitorremediação se fundamenta na utilização de espécies vegetais que apresentam potencial para a remoção, degradação ou isolamento de contaminantes orgânicos e inorgânicos de um meio seja ele terrestre ou aquático. A medida é vista como promissora ao contribuir para retardar o processo de destruição e desestabilização dos ecossistemas dentro de uma abordagem de baixo impacto ambiental e que favorece a contínua regeneração da biomassa (SILVA; LIZIERI; OLIVEIRA JÚNIOR, 2021).

Atualmente se reconhece que o emprego de plantas aquáticas pelo processo de fitorremediação, em específico pelo fenômeno da rizofiltração em wetlands tem se mostrado bem sucedido para a mitigação de corpos d'água contaminados, inclusive para o tratamento de esgoto doméstico e industrial, o que se deve a lógica simples da operação, sendo que o

clima do Brasil favorece a medida, ao apresentar condições climáticas propícias, e ampla diversidade de espécies vegetais (SILVA; LIZIERI; OLIVEIRA JÚNIOR, 2021).

Entretanto, a utilização dentro da proposta de fitorremediação exige uma série de pré-requisitos que uma planta deve atender, sendo elas alta biomassa, crescimento rápido e alta taxa de acúmulo de nutrientes. Cabe considerar também que o comprimento da raiz da planta afeta diretamente a profundidade de limpeza da planta, o que impactará na profundidade de purificação da superfície da água (LAZARO, 2020).

Em seu artigo, Silva, Lizieri e Oliveira Júnior (2021) avaliam o potencial fitorremediador de algumas plantas por meio do cultivo das mesmas em soluções com excesso de determinados produtos químicos. No caso da *Spirodela Polyryza* as alterações na planta devido ao ambiente com excesso de Mn foram se tornando visíveis a partir do quarto dia de experimento, pela manifestação de clorose foliar na concentração de 25 mg/L. Sob o microscópio foram observadas manchas de coloração marrom alaranjada nas raízes e frondes, bem como necroses e pontos pretos indicando áreas de acúmulo de Mn (Figura 1):

Figura 1. Sintomatologia visual das plantas de *Spirodela polyryza* cultivadas sob excesso de Mn. A - Fronde de plantas controle; B - Fronde de plantas submetidas ao excesso de Mn, seta indicando necrose foliar; C - Detalhe da parte abaxial de planta submetida ao Mn, seta evidenciando Mn adsorvido; D - Raízes de plantas controle; E - Raízes de plantas submetidas ao Mn; F - Detalhe da raiz de plantas submetidas ao Mn, seta indicando pontos pretos na coifa sugerindo Mn acumulado. Mn = manganês.



Fonte: Silva, Lizieri e Oliveira Júnior (2021, p.5)

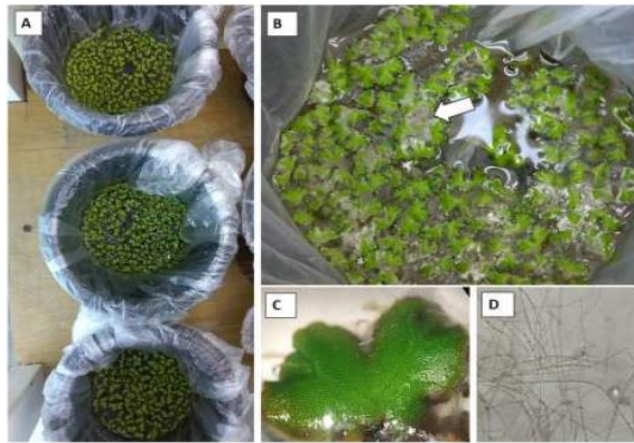
Em geral, as plantas aquáticas macrófitas apresentam estas características de fácil cultivo, elevada taxa de crescimento, produção de biomassa e tolerância a substâncias tóxicas, o que abre o caminho para sua utilização na extração de metais pesados e outros poluentes ao serem inseridas em ambientes contaminados. Posteriormente estas plantas podem ser colhidas e utilizadas para fins não alimentares (TEIXEIRA, 2019).

Como exemplo neste sentido, Lazaro (2020) afirma que a biomassa de sementes de pimenta descartada pode ser utilizada para a biorremediação de corantes e produção sustentável de biodiesel dentro de uma proposta de alta eficiência e baixo custo. Teixeira (2019) também não deixa de considerar que estas plantas podem responder de formas diferentes a estes espaços contaminados pela sua sensibilidade enquanto planta que realiza processos de absorção de nutrientes para sobreviver, e caso um determinado nutriente esteja presente em excesso, poderá, em algumas circunstâncias, representar uma intoxicação.

Lazaro (2020) menciona como possibilidade o acúmulo de algas nos ambientes aquáticos, que ao impedir que a luz alcance a superfície das macrófitas submersas e sua fauna associada, representam um obstáculo para o processo de fotossíntese. Silva, Lizieri e Oliveira Júnior (2021) relatam que ao tratarem plantas de *Ricciocarpus natans* com Fe estas se mostraram visualmente saudáveis em contato com concentrações reduzidas deste elemento, entre 1 e 2 mg/L de Fe, entretanto, foi observado o crescimento de fungos na solução, independentemente da concentração.

Para o caso de concentrações de Fe entre 25 e 30 mg/L, começaram a se manifestar pontos de necrose na região adaxial, como é possível observar na Figura 2 onde a seta branca aponta, e na figura D, que evidencia os filamentos de fungos observados no cultivo de *R. natans* (SILVA; LIZIERI; OLIVEIRA JÚNIOR, 2021).

Figura 2. Sintomatologia visual das plantas de *Ricciocarpus natans* cultivadas sob excesso de Fe. A - Visão geral de plantas controle; B- Plantas submetidas ao excesso de Fe (20mg/L) - seta indicando o crescimento de fungos na solução; C- Detalhe da parte adaxial de planta submetida ao Fe; D - Filamentos de fungos presentes no cultivo.



Fonte: Silva, Lizieri e Oliveira Júnior (2021, p.5)

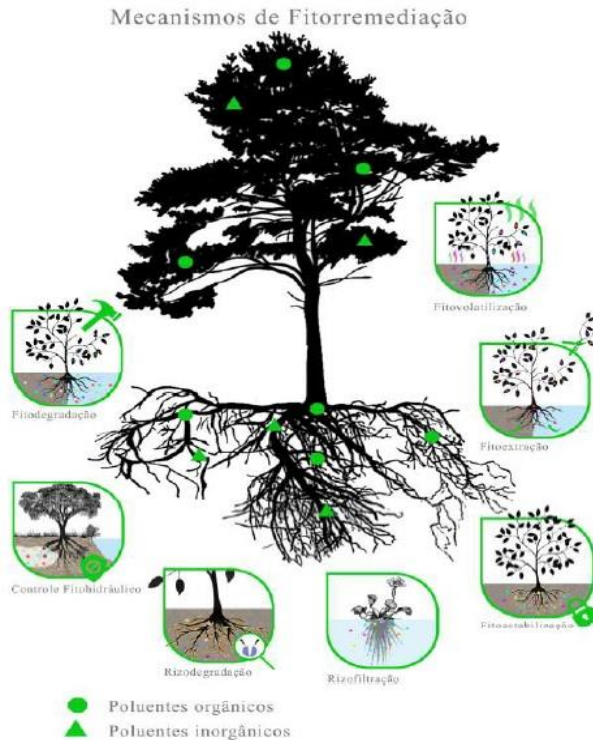
Segundo Pinheiro (2017), a fitorremediação pode ser classificada com base na destinação dos contaminantes, pela capacidade de degradação, extração, contenção, imobilização, volatilização, ou então ainda pela dinâmica envolvida nesse processo de fitorremediação. Para exemplificar, há, também, a extração de contaminantes do solo ou água subterrânea, concentração de contaminantes no tecido da planta, degradação de contaminantes por meio de processos bióticos, abióticos, volatilização, transpiração de compostos voláteis das plantas para a atmosfera e/ou imobilização dos contaminantes na rizosfera, entre outras possibilidades.

Cabe considerar também que estes mecanismos podem atuar em conjunto ou isoladamente em diferentes substratos, permitindo assim estabelecer uma dinâmica com diversos tipos de poluentes orgânicos e inorgânicos (Figura 3) (PINHEIRO, 2017).

Braga (2019) reconhece que alguns desafios precisam ser superados a fim de que se atinja a ampla aplicação da técnica de fitorremediação. A começar pela escolha das espécies ideais para um determinado contexto, o que evidencia a necessidade de se avaliar com profundidade qual é a realidade de um determinado espaço contaminado, e principalmente qual é a concentração do poluente, levando em consideração que as plantas possuem um limite de tolerância à toxicidade. Sendo necessário também avaliar possíveis fatores externos que possam interferir no desempenho destas plantas, a exemplo do pH, temperatura e a

ausência ou presença de macro e micro nutrientes.

figura 3. Mecanismos de fitorremediação e contaminantes envolvidos



Fonte: Pinheiro (2017, p.57)

1.2 Plantas aquáticas aplicáveis

A presença de macrófitas aquáticas em um ambiente pode servir de indicativo da qualidade de um curso d'água e suas características, fazendo com que possam ser utilizadas como bioindicadores da qualidade da água. Cabe considerar que nem todas as macrófitas tem qualidades bioindicadoras ou então fitorremediadoras. Quando presentes em excesso, as macrófitas também podem oferecer prejuízo aos corpos hídricos, pela possibilidade de impedir a penetração eficiente de luz no meio aquático (SANTOS et al, 2020).

Como exemplo de macrófitas que possuem capacidades fitorremediadoras, Santos et al (2020) mencionam o Aguapé (*Eichhorniacrassipes*), a Orelha de onça (*Salviniaminimos*), o Musgo d'água (*Azollacaroliniana*) e a Alface d'água (*Pistiastratiotes*) (Quadro 1), espécimes que podem ser utilizados para a descontaminação de corpos hídricos contaminados por metais pesados, entre outros poluentes.

Para além dos exemplos mencionados, Alves, Andrade e Fernandes (2020) acrescentam também a *Echinochloacrusgalli* (*E. crusgalli*), conhecida como capim-arroz como possibilidade, uma gramínea daninha muito observável em campos de arroz e que cresce anualmente em abundância. Os pesquisadores reconheceram o potencial fitorremediador do capim-arroz ao observarem a sua presença até mesmo em áreas

contaminadas por metais pesados.

Em seu artigo, Alves, Andrade e Fernandes (2020) afirmam que as espécies *E. crusgallie* e *P. stratiotes* foram capazes de remover o hormônio contraceptivo Levonorgestrel de ambientes aquáticos dentro de um período de 14 dias, podendo ser aplicadas tanto em conjunto quanto separadamente, pois a sua presença simultânea não afetou a eficácia da medida.

Quadro 1. Alguns gêneros de macrófitas aquáticas e suas funções ambientais

Gênero observado	Função Ambiental
<i>Azolla</i> sp.	Eficiente para remover nutrientes da coluna d'água evitando o surgimento de algas. É um eliminador natural da amônia, uma vez que além deste composto, absorverá também outros compostos como nitrito, nitrato e fosfatos, além de metais pesados.
<i>Sagittaria</i> sp.	É uma planta invasora medianamente frequente, infestando principalmente lavouras de arroz inundado, margens de lagos, canais de drenagem e baixadas úmidas. Vegeta tanto em áreas inundadas como em locais pantanosos.
<i>Eichhornia</i> sp.	Não cresce em ambientes de água pura, é bioindicadora de ambientes poluídos.
<i>Pistia</i> sp.	Bioindicadora de poluentes e de presença de metais pesados, proliferam rapidamente em ambientes poluídos e ricos em nutrientes.
<i>Typha</i> sp.	É uma espécie indicada como remediadora de águas contaminadas por Arsênio, tolerando a presença deste elemento químico.
<i>Salvinia</i> sp.	Suas raízes atuam como esponja, filtrando a água. Usada para purificação e oxigenação da água.
<i>Echinodorus</i> sp.	São capazes de absorver e acumular chumbo (Pb) principalmente nas raízes; esta absorção é, por outro lado, modulada pela anatomia radicular

Fonte: Adaptado de Santos et al (2020, p.13)

Teixeira (2019) descreve o aguapé (*Eichhorniacrassipes*) como uma planta igualmente daninha e de reprodução rápida, embora possua elevado potencial econômico e ecológico em diversas regiões subtropicais e tropicais do mundo. Identificou-se que a *Eichhorniacrassipes* também apresenta alta tolerância em ambientes contaminados por metais pesados, viabilizando seu uso enquanto fitorremediador.

Oliveira (2019) afirma que as raízes do Aguapé foram capazes de absorver aproximadamente 80% de todo o Cádmiio (Cd) presente em meio aquático em baixas concentrações, sem apresentar qualquer tipo de sintoma observável de toxicidade ou de alteração em seu metabolismo. Para o caso de concentrações mais elevadas, sintomas de toxicidade começaram a ser observados, entretanto, considera que mais estudos precisariam ser realizados a fim de avaliar a possibilidade de isto ter ocorrido por alguma deficiência mineral, e não exatamente pela presença maciça de Cádmiio.

Em seu estudo, Santos (2021) descreve as possibilidades fitorremediadoras da Taboa (*Typhadomingensis*), planta aquática emersa, descrita como perene, herbácea, rizomatosa,

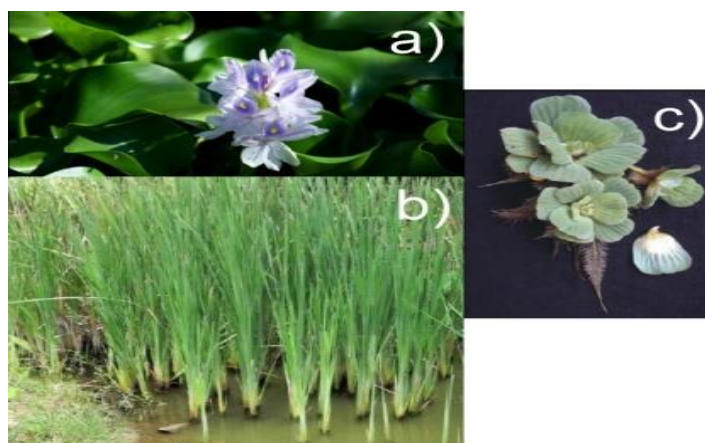
de caule cilíndrico e que pode atingir até os 3 metros de altura, podendo ser encontrada em margens de lagos, reservatórios, canais de drenagem e em várzeas.

Suas propriedades fitorremediadoras já foram avaliadas em relação ao Zinco (Zn) e Manganês (Mn), alcançando resultados que atestam sua eficácia, neste caso, tanto pelas suas raízes quanto pelas suas folhas, comprovando a sua viabilidade para a extração de elementos tóxicos de efluentes da mineração e abrindo caminho para a descontaminação de ambientes pela colheita das partes aéreas da planta (SANTOS, 2021).

A *pistiastratiotes* é uma planta aquática que possui diversas denominações populares, à exemplo de alface d'água, repolho d'água, Erva de Santa Luzia, flor d'água e Mururê, sendo descrita como uma espécie herbácea da família *Araceae* capaz de atingir entre 15 e 20 cm de altura, podendo ser mais observada nas regiões tropical e subtropical. A espécie possui como característica a sua baixa tolerância a temperaturas reduzidas (SILVA, 2018).

A espécie apresenta a capacidade de rápida multiplicação vegetativa, bem como capacidade de regeneração a partir de pequenas porções do talo, e independência parcial ou completa das estruturas sexuais de reprodução. Embora seja descrita como erva daninha, serve de base de fixação para ovos de peixe na desova e para a fixação de algas que servem de alimento a outras espécies. Atualmente se reconhece a sua capacidade de remover o nitrogênio, fósforo e outros sólidos suspensos na água (PINAFFI, 2017).

Figura 4. a) Aguapé (*Eichhorniacrassipes*), b) Taboa (*Typhadomingensis*), c) Alface d'água (*Pistiastratiotes*). Fonte: Adaptado de Teixeira (2019, p.3), Santos (2021, p.33) e Pinotti (2017, p.48)



1.2.1 Plantas fitorremediadoras após a intervenção

Uma das grandes vantagens das plantas fitorremediadoras é o fato de a presença de biodiversidade, juntamente ao clima, favorecerem processos biológicos no tratamento da poluição, levando em consideração também a dimensão estética, sendo que as técnicas verdes em geral são reconhecidas como sendo mais atraentes comparativamente as soluções técnicas, que podem implicar em poluição visual (NEGRÃO, 2022).

Negrão (2022) relata também a capacidade mais elevada que as plantas fitorremediadoras possuem para a recuperação de metais nobres, principalmente em se tratando de plantas hiperacumuladoras, pela sua capacidade que chega a ser 100 vezes maior de reter metais comparativamente a outros vegetais.

No que diz respeito a destinação destas plantas após a intervenção fitorremediadora, cabe considerar que cada caso deve ser estudado à parte, pois atualmente se reconhece a existência de diversas dinâmicas de absorção e desconstrução destes metais pesados. Como exemplo, Negrão (2022) menciona a Fitoextração, Fitotransformação, fitovolatilização, fitoestabilização, fitoestimulação ou rizodegradação e rizofiltração, cujos detalhes se encontram no Quadro 2.

Quadro 2. Tipos de fitorremediação usados atualmente e o destino dado aos contaminantes

Tipo	Destino dos contaminantes
Fitoextração	Absorção do solo e armazenamento nas raízes ou em outros tecidos, sem modificação; o descarte do material contaminado é facilitado;
Fitotransformação	Absorção e bioconversão do contaminante em formas menos tóxicas nas raízes ou em outros tecidos vegetais (catabolismo ou anabolismo);
Fitovolatilização	Absorção e conversão do contaminante numa forma volátil, a qual é liberada na atmosfera;
Fitoestimulação	Estimulação da biodegradação microbiana através dos exsudatos das raízes;
Rizofiltração	Absorção e concentração do contaminante nos tecidos vegetais e descarte eventual do material vegetal, apropriado para meios aquosos;
Fitoestabilização	Imobilização, lignificação ou humificação do contaminante no solo.

Fonte: Negrão (2022)

1.3 Rio Uruguai

O Rio Uruguai tem origem na confluência dos rios Pelotas e Canoas, a uma altitude aproximada de 470 m (SIMAS, 2018) fazendo divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, além disso, também faz divisa entre os territórios do Brasil e da Argentina. E ao receber as águas do afluente Rio Quarai, o Rio Uruguai também promove a divisa entre a Argentina e o Uruguai, encerrando sua trajetória no Rio do Prata, que deságua no Oceano Atlântico (Figura 5), totalizando uma trajetória de 1.816 Km (OLIVEIRA, 2018; SIMAS, 2018).

De acordo com Simas (2018) a bacia do Rio Uruguai apresenta uma área aproximada de 384 mil km², sendo que 48% deste total se encontra em território nacional. Desde que o Tratado de Madri entrou em vigor em 1750 o Rio Uruguai passou a fazer parte dos domínios da coroa portuguesa, entretanto, o processo de colonização às suas margens remonta ao período mais recente do Primeiro e Segundo Impérios e o Período Republicano, neste último

Chapecó: balseiros e balsas

Fonte: Lemos (2017, p.290)

Simas (2018) afirma que a partir de 2000, em específico o trecho do Alto Rio Uruguai passou a ser alvo de significativas modificações em sua paisagem, devido a instalação de Usinas Hidrelétricas (UHE). Pode ser mencionada a UHE Itá que entrou em operação neste ano, também, a UHE Machadinho em 2002 e a UHE Foz do Chapecó em 2010.

Santos Neto (2017) acrescenta que a sub-bacia do Rio Uruguai vem sendo ameaçada pela ação de diversos fatores. Como a degradação ambiental decorrente da poluição e contaminação, expansão da atividade agrícola e industrial no entorno do rio, e a fragmentação do fluxo das águas em decorrência da construção de barragens hidrelétricas. No que se refere às macrófitas aquáticas presentes no ambiente do Rio Uruguai, Carneiro e Tamajusuku (2018) elencam os seguintes espécimes (Quadro 3).

Quadro 3. Macrófitas aquáticas presentes no ambiente do Rio Uruguai

Azolla spp.:	Macrófita flutuante livre, da família Azollaceae, de pequeno porte, mas encontrada geralmente em grandes comunidades sobre a lâmina d'água. Sua cor varia de verde a avermelhada de acordo com a concentração de fósforo na água, podendo também serem utilizadas como bioindicadores deste elemento. Este gênero se distribuía pela América, sendo hoje cosmopolita e conhecida popularmente como “murerê-rendado”;
Chara spp.:	Da família Characeae, são ervas aquáticas submersas sem raízes e avascularizadas, algas verdes filamentosas que habitam lagos e arroios de águas tranquilas, não tolerando a emersão e encontradas na planície costeira do Rio Grande do Sul e também presente na porção Oeste deste estado.
Ludwigia spp.:	Macrófita emergente, perene, encontrada em colônias nas margens do Arroio Felizardo. Com folhas venosas e flores amarelas, da família Onograceae, são popularmente conhecidas como “Cruz-de-malta” e se distribuem por todo o estado do Rio Grande do Sul;
Nymphoides indica:	Macrófita enraizada com folhas flutuantes de tamanho médio em formato triangular com as arestas arredondadas, folhas verdes ou manchadas de marrom com flores pilosas de cor branca com centro amarelo. Espécie única da família das Menyanthaceae possui floração e frutificação entre primavera e verão. Cosmopolita habita todos os corpos de águas tranquilas por todo o Estado do Rio Grande do Sul, sendo popularmente conhecida como “Estrela-branca” ou “Soldanella-d'água”;
• Polygonum spp.:	Macrófita emergente/anfíbia encontrada em todas as partes do Arroio Felizardo se estabelece geralmente em colônias sendo raramente vista individualmente, da família Polygonaceae possui floração e frutificação ao longo de todo o ano, estando distribuída por toda a América

	Tropical até a Argentina, logo é encontrada em todo o estado do Rio Grande do Sul, sendo conhecida popularmente como “Erva-de-bicho”. Esta é utilizada como chá medicinal e apresenta variação em sua coloração provavelmente pela intensidade luminosa.
•Potamogetum spp.:	Macrófita submersa enraizada, da família Potamogetonaceae de cor verde escura amplamente distribuída pelo Arroio Felizardo. Possui floração e frutificação durante a primavera e o verão. Distribuída pela Argentina, Brasil e Uruguai, ainda que adventícia e cultivada em todo o mundo.

Fonte: Lemos (2017, p.290)

1.4 Contaminação no Rio Uruguai

Reis (2019) afirma que uma série de atividades promovidas na região do Médio e Alto Rio Uruguai tem a capacidade de poluir o leito do rio, principalmente a agropecuária, suínocultura e atividade industrial. Especialmente, na porção oeste catarinense e norte noroeste gaúcho, como evidencia a Figura 7.

Figura 7. Panorama de atividades na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai e afluentes



Fonte: Reis (2019, p.18)

Kuhn (2018) se propôs a avaliar a contaminação da água do Rio Uruguai e efluentes antes e após a aplicação de pesticidas, pela utilização de *Carnorhabditiselegans*, como biomonitor. A pesquisadora reconhece que a determinação da qualidade da água é fundamental para as políticas de gestão da água, sendo capaz de confirmar a presença de pesticidas nas amostras pós-aplicação, bem como alterações limnológicas nessas amostras que não são consideradas adequadas para os índices de qualidade da água.

Independentemente de as amostras terem sido coletadas antes ou depois da aplicação de pesticidas, os vermes apresentaram pontos finais alterados que indicam que as amostras tinham má qualidade. Kuhn (2018) também pôde observar que a reprodução e a vida útil de "C. elegans" foi afetada por mudanças na qualidade da água, mesmo quando as amostras de água pareciam ser de qualidade adequada. Para a pesquisadora, este aspecto reforça o

conceito de que deve haver outras substâncias ou produtos químicos nas amostras de água que embora não tenham sido devidamente mensuradas, mas que foram capazes de exercer efeitos toxicológicos.

Foi encontrada maior quantidade de metais como As e Al em amostras de pré-pesticidas em relação aos pós-pesticidas, porém Kuhn (2018) alega não ter sido capaz de relacionar esses níveis com os pontos finais alterados. A presença de pesticidas comumente usados nas plantações de arroz como Clomazona, Imazethapyr e Tebuconazole foi detectada nas amostras obtidas após a aplicação de pesticidas, mesmo no Rio Uruguai, que é o receptor do afluente.

Neste sentido, Kuhn (2018) relata que ao ser comparado os pontos finais biológicos de vermes tratados com a aplicação de pré versus pós-pesticidas, não foram encontradas mudanças significativas, o que espantou a pesquisadora, que imaginou que encontraria uma toxicidade significativamente maior nas amostras pós-pesticidas considerando a presença de agrotóxicos. Portanto, conclui que a falta de normas e métodos padronizados de quantificação impactaram negativamente nos resultados da pesquisa.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do cultivo de plantas aquáticas para a assimilação e remoção de nutrientes da água é uma possibilidade que vem chamando a atenção de muitos pesquisadores. Essa iniciativa se fundamenta na utilização de espécies vegetais que apresentam potencial para a remoção, degradação, isolamento de contaminantes orgânicos e inorgânicos de um meio, seja ele terrestre ou aquático.

Assim, a medida é vista como promissora ao contribuir para retardar o processo de destruição e desestabilização dos ecossistemas dentro de uma abordagem de baixo impacto ambiental. Isso favorece a contínua regeneração da biomassa. Entretanto, alguns desafios precisam ser superados a fim de que se atinja a ampla aplicação da técnica de fitorremediação. Como a escolha das espécies ideais para um determinado contexto, evidenciando a necessidade de se avaliar detalhadamente qual é a realidade de um determinado espaço contaminado. Sobretudo, qual é a concentração do poluente, na medida em que as plantas possuem um limite de tolerância à toxicidade. Por fim, é necessário avaliar três principais possíveis fatores externos que possam interferir no desempenho destas plantas: o pH, a temperatura e a ausência ou presença de macro e micro nutrientes.

3. BIBLIOGRAFIA

ALVES, R. T. P.; ANDRADE, S. J. de; FERNANDES, K. D. Interação das espécies *Echinochloa crusgalli* e *Pistia stratiotes* para fitorremediação de Levonorgestrel. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 16, n. 4, 2020.

BRAGA, Amanda Fernandes. **Fitorremediação de águas contaminadas com fluoreto por *Landoltia punctata* e *Eichhornia crassipes***. 2019. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.

CARNEIRO, Mário Davi Dias; TAMAJUSUKU, A.S.K. Variação anual de conteúdo seco de macrófitas no córrego subtropical arroio felizardo, Uruguaiana, RS- pampa brasileiro. in: QUEROL, Marcus Vinícius Morini. **Rio Uruguai: contribuições científicas**. 2018.

GRADE, T., et al. Lead poisoning from ingestion of fishing gear: a review. **Ambio** **48** , 1023-1038 (2019). <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01179-w>

KUHN, Eugênia Carla. **Avaliação ecotoxicológica do Rio Uruguai e efluentes pré e pós aplicação de pesticidas utilizando *Caenorhabditielegans* como biomonitor**. 33p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Aquicultura) - Universidade Federal do Pampa, Uruguiana, 2018.

LAZARO, Lais Carine Candido. **Fitorremediação em águas contaminadas com o hormônio estriol**. Dissertação de mestrado. Engenharia de Biomateriais. UNESP, 2020.

LEMOS, João Henrique Zöehler. Percepções paisagísticas da raia do rio Uruguai através da geofotografia. **Revista GeoPantanal**, v. 12, n. 23, p. 275-304, 2017.

MARTÍNEZ A, M; SESMA MARTÍN, Diego; RUBIO VARAS, María del Mar. Tracking water for human activities: from the ivory tower to the ground. **Water Resources and Economics**, 36, October 2021, 2021.

NEGRÃO, Leticia Maria Viana. **A Fitorremediação e seus mecanismos em plantas submetidas a metais pesados: Uma Revisão de Literatura**. Orientador: Cândido Ferreira de Oliveira Neto. 2022. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2022.

OLIVEIRA, L.F.S. Prefácio à obra. in: QUEROL, Marcus Vinícius Morini. **Rio Uruguai: contribuições científicas**. 2018.

PINAFFI, Camila Dias. **Desempenho de plantas aquáticas na minimização da carga poluente de dejetos líquidos de suinocultura**. 2017. 137 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2017.

PINHEIRO, Maitê Bueno. **Plantas para infraestrutura verde e o papel da vegetação no tratamento das águas urbanas de São Paulo: identificação de critérios para seleção de espécies**. 2017. Dissertação (Mestrado em Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, University of São Paulo, São Paulo, 2017.

QUEROL, Marcus Vinícius Morini. **Rio Uruguai: contribuições científicas**. 1. ed. Uruguiana. 249p .2018.

REIS, Mateus Vinícius. **Determinação de Cd, Cu e Pb em águas superficiais no Médio Rio Uruguai e seus afluentes**. **Engenharia Ambiental**. Universidade Federal da FronteiraSul,2019.

SANTOS, Gabriel Borges et al. Bioquímica ambiental: as macrófitas aquáticas como fitorremediadoras e bioindicadoras de poluentes. **Revista Macambira**, v. 4, n. 2, p. e042004-e042004, 2020.

SANTOS, Nathiely Pereira dos. **Avaliação do desempenho da *Thyphadomingensis* e *Eichhorniacrassipes* como fitorremediadoras para remoção de Fe e Mn de águas destinadas ao abastecimento das Minas do Camaquã**. 62 p. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2021.

SANTOS NETO, Mario Joaquim dos. **Desenvolvimento e hidro-hegemonia: A economia política da governança global da água e o caso do Rio Uruguai**. Graduação em Relações Internacionais. Universidade Federal da Bahia, 2017.

SCHEUHAMMER, Anton Michael. Lead fishing sinkers and jigs in Canada: review of their use patterns and toxic impacts on wildlife. 2003.

SILVA, L. M. **Potencial da *Pístiastratiotes* na fitorremediação de efluente da piscicultura**. 2018. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2018.

SILVA, D. M.; LIZIERI, C.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. S. Aquatic plants in ecotechnologies: perspectives for phytoremediation of iron and manganese. **Research, Society and**

Development, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e29510313320, 2021.

SIMAS, Sunshine de Ávila. **Interações e recursos alimentares para a comunidade de peixes: a invasão do mexilhão-dourado no alto rio Uruguai**. 2018.

TARTARI, Matheus Tomim. **Qualidade e fitorremediação das águas superficiais e subterrâneas da zona urbana de Feira de Santana, Brasil**. Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal da Bahia, 2021.

TEIXEIRA, Débora Luisa Silva et al. Fitorremediação de águas contaminadas: Uma revisão bibliográfica. **III ENCONTRO ACADÊMICO DA ENGENHARIA AMBIENTAL DA EEL-USP**, v. 3, p. 1-9, 2019.

UNIDADE III
TOXICOLOGIA AMBIENTAL

CAPÍTULO 10

CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR AGROTÓXICOS

Mariana Balhego Rocha
Lea Augusta de Bairros Zambrano
Taís Fernanda Andrzejewski Kaminski
Marcus Vinícius Morini Querol
Michel Mansur Machado
Luís Flávio Souza de Oliveira

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde o início da civilização o homem tem desenvolvido métodos para o crescimento e qualidade das atividades agrícolas, com o anseio de atender a crescente demanda de produtos alimentícios que advém do aumento populacional. Com decorrer do tempo, a população foi em busca de novas tecnologias que combatessem as pragas que atacavam plantações, desenvolvendo desde rituais religiosos e mágicos até a produção de pesticidas (BRAIBANTE & ZAPPE, 2012).

Os pesticidas constituem uma classe de produtos químicos utilizados na produção de alimentos que têm como finalidade a melhoria da produção agrícola, controle e eliminação de pragas causadoras de doenças infecciosas que, devido às suas propriedades toxicológicas, afetam os organismos vivos (MOSTAFALOU & ABDOLLAHI, 2013).

Os agrotóxicos podem ser originados a partir de compostos inorgânicos, os quais foram utilizados inicialmente nos Estados Unidos no século XIX, onde muitos destes foram considerados altamente tóxicos, como o ácido cianídrico. Mais recentemente, se destaca o uso de compostos orgânicos como os clorados, fosforados, carbamatos e os piretróides, onde estes últimos são de origem vegetal (BRAIBANTE & ZAPPE, 2012).

No entanto, segundo Mostafalou & Abdollahi (2013), a ampla utilização destes agrotóxicos e a produção de resíduos, tornam essas substâncias mundialmente consideradas como um dos principais fatores de contaminação ambiental, pois os resíduos permanecem inevitavelmente no solo, águas e alimentos contaminados, causando um desequilíbrio constante para o ecossistema.

No Brasil, o consumo de agrotóxicos ganhou intensidade durante os últimos anos devido a sua grande importância para o desenvolvimento das diversas atividades agrícolas do país, caracterizando-o como maior consumidor mundial de agrotóxicos desde o ano de 2009 (DELLAMATRICE & MONTEIRO, 2014). O Rio Grande do Sul, no ano de 2011, utilizou, em média, cerca de 8 litros de agrotóxicos por habitante, enquanto que a média nacional chegou a 4,5 litros (CASSAL et al., 2014).

Em território nacional dispomos da Lei nº 7802/89, que dispõe sobre todas as atividades relacionadas ao uso correto dos agrotóxicos, desde a produção até o destino final dos resíduos e embalagens, além do registro e classificação dos mesmos. Em decorrência do amplo uso de agrotóxicos no país, devemos tomar conhecimento da sua toxicidade, pois estes resíduos tóxicos e seus metabólitos quando atingem o meio ambiente acabam por

afetar, de forma direta ou indireta, a saúde de humanos, animais e dos ecossistemas em geral (BRASIL, 1989).

O uso de agrotóxico deve seguir as recomendações descritas na bula dos produtos, desde a aplicação até o destino final das embalagens, sendo de extrema importância o conhecimento dos produtos manipulados e o uso de equipamentos de proteção individual para diminuir riscos de exposição ocupacional e danos ambientais (OLIVEIRA & FAVARETO, 2013).

Estudos demonstram que as exposições ambientais aos agrotóxicos são consideradas fatores de risco para uma série de doenças crônicas, por mecanismos diferenciados, que mais afetam a população mundial como, por exemplo, alguns tipos de câncer, que podem ser induzidos através da exposição a alguns pesticidas, onde muitos podem apresentar efeito teratogênico. O Parkinson, o Alzheimer e a esclerose múltipla são doenças neurológicas que atualmente demonstraram estar presentes em graus mais intensificados em populações com exposição ambiental e/ou ocupacional a agrotóxicos (MOSTAFALOU & ABDOLLAHI, 2013).

Além disso, a exposição a certos agrotóxicos pode aumentar o risco de doenças pulmonares, aumentar o risco de desenvolver diabetes e também pode apresentar riscos em relação a obesidade, através de circuitos neurais que regulam o comportamento alimentar (MOSTAFALOU & ABDOLLAHI, 2013).

No meio ambiente, os agrotóxicos apresentam comportamento bastante complexo, podendo ser transportados através dos ventos e das chuvas, e assim atingir solo e águas. O destino final destes produtos é definido pela forma de manejo dos pesticidas e pelas suas propriedades físico-químicas, pois compostos hidrossolúveis têm maior afinidade em permanecer em águas. As características ambientais e as diferentes épocas do ano também devem ser levadas em consideração nessa análise, já que podem favorecer a permanência dos resíduos de agrotóxicos por um período maior no leito dos rios (DELLAMATRICE & MONTEIRO, 2014).

Para um melhor entendimento das características e do comportamento dos agrotóxicos no meio ambiente, é de suma importância a realização de experimentos, tanto em laboratórios quanto no campo, os quais possam vir a auxiliar na aplicação destes agrotóxicos, reduzindo perdas para o ambiente, conferindo assim, maior eficácia a esses produtos. O monitoramento garante redução dos danos ambientais e conseqüentemente, melhor desenvolvimento social e econômico (PEREIRA et al., 2016).

2. CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS

Os agrotóxicos podem ser classificados quanto à sua toxicidade, a qual é definida de acordo com a avaliação do grau de periculosidade ambiental baseado nos estudos toxicológicos, físico-químicos e ecotoxicológicos, além da modalidade em que são empregados, definidos pela DL50 (administração de uma dose capaz de matar 50% da população em teste). Estes por sua vez, são divididos em quatro classes, que podem ser visualizadas no Quadro 1. Esta classificação toxicológica deve estar expressa no rótulo e na bula dos agrotóxicos (BRASIL, 1989).

Quadro 1: Classificação dos agrotóxicos de acordo com a DL50. Adaptado de: PINTO G. M. F. (2015); OLIVEIRA & FAVARETO (2013).

Classe	Classificação (DL 50)	Grau de Toxicidade	Cor da Faixa
I	Menor que 50 mg/kg	Extremamente tóxicos	Vermelha
II	50 mg/kg a 500 mg/kg	Altamente tóxicos	Amarela
III	500 mg/kg a 5000 mg/kg	Mediamente tóxicos	Azul
IV	Maior que 5.000 mg/kg	Pouco tóxicos	Verde

Quanto à ação toxicológica direcionada ao organismo alvo, os agrotóxicos podem ser classificados em diferentes grupos, como pode ser observado no quadro 2.

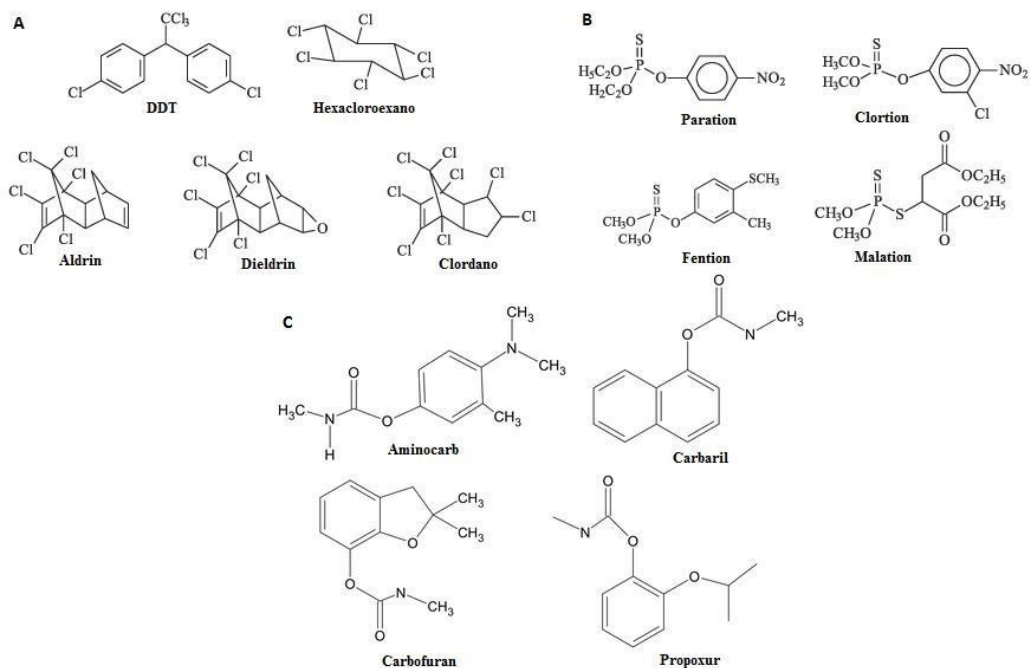
Quadro 2: Classificação dos agrotóxicos quanto à sua ação toxicológica. Adaptado de: BRAIBANTE & ZAPPE (2012); NACIMENTO & MELNYK (2016); PINTO G. M. F., (2015).

Agrotóxico	Organismo Alvo
Inseticida	Insetos
Herbicida	Ervas daninha
Fungicidas	Fungos
Fumigante	Bactérias do Solo
Algicida	Algas
Avicida	Aves
Nematicida	Nematoides
Moluscidas	Moluscos
Desfoliantes	Folhas indesejadas
Acaricidas	Ácaros
Rondicidas	Roedores

No que se refere à composição química, os agrotóxicos podem ser classificados em organoclorados, que possuem átomos de Carbono (C), Hidrogênio (H) e Cloro (Cl) em sua estrutura molecular (Figura 1A); em organofosforados, com átomos de Fósforo (P) (Figura 1B); e em carbamatos, que são agrotóxicos derivados do ácido carbâmico, H₂NCOOH (Figura 1C) (NACIMENTO & MELNYK, 2016).

Figura 1: (A, B e C).

Classificação dos agrotóxicos quanto à sua composição química. (A) Organoclorados (B) Organofosforados (C) Carbamatos. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas/> Acesso em: 01/08/2016.



2.1 Organoclorados

Os agrotóxicos organoclorados correspondem a uma classe de compostos orgânicos estruturalmente heterogêneos, com vários átomos de cloro (Cl) em sua molécula, que lhes conferem a característica de alta lipofilicidade. Quando liberados no ambiente, oferecem risco de dano ambiental e à saúde da população em geral (MREMA et al., 2012).

Os organoclorados são mundialmente utilizados como inseticidas na agricultura, para o controle de pragas e de vetores em seres humano (YANG et al., 2015). O diclorodifeniltricloroetano (DDT), descoberto no ano de 1939 por Paul Muller, que recebeu o prêmio Nobel por demonstrar a utilidade desta substância como inseticida (SILVA, et al., 2013), foi utilizado primeiramente na saúde pública. O endossulfan, outro organoclorado utilizado por um bom tempo no país, foi empregado como praguicida em vegetais, frutas e grãos, também no controle de ectoparasitas em bovinos de corte. Outro organoclorado extensamente utilizado foi o γ - hexaclorociclohexano (HCH), usado no tratamento de sementes de cevada, milho, aveia, centeio, sorgo e trigo. Outro organoclorado, o

hexaclorobenzeno, foi extensamente usado, com efetividade reconhecida, como acaricida (MREMA et al., 2012).

Estes compostos semi-voláteis apresentam baixa solubilidade em água e longa persistência de bioacumulação em partículas de sedimentos do ecossistema aquático, motivo pelo qual várias regiões do mundo têm realizado pesquisas para avaliar a segurança e persistência destes compostos no ecossistema (MENDES et al., 2016).

Os peixes são considerados bons indicadores de contaminação ambiental e, durante seu estágio juvenil, alimentam-se de sedimentos. Quando há a constatação da presença de organoclorados, assim como de outros agrotóxicos em organismos aquáticos, é sugestivo de que neste local há poluição no ambiente aquático (MENDES et al., 2016).

No Rio Alafia, na Flórida, foi possível detectar dez tipos de organoclorados nas amostras dos sedimentos rurais e urbanos, entre eles: HCH, endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfato, heptacloro, metoxicloro e DDT. Interessantemente, este último não deveria ser encontrado, pois, foi proibido nos Estados Unidos da América (EUA) em meados de 1970 devido a sua alta toxicidade (YANG, Y.; TOOR, G.S.; WILLIAMS, C. F., 2015).

O DDT foi utilizado na saúde pública para o controle da transmissão de piolhos e mosquitos vetores da malária durante a Segunda Guerra Mundial. Após esse período, passou a ser utilizado na agricultura (MREMA et al., 2012).

Na década de 1990, ocorreu no Brasil um elevado número de casos de malária na região da Amazônia, o que levou o país importar cerca de 3.000 toneladas de DDT para o controle da epidemia (MENDES et al., 2016). No ano de 2009, o então presidente do Brasil, sancionou a lei Nº 11.936, que proíbe em todo território brasileiro a fabricação, a importação, a exportação, a manutenção em estoque, a comercialização e o uso de diclorodifeniltricloreto (DDT) (BRASIL, 2009). Porém, desde 1985 o seu uso na agricultura já havia sido proibido (BRASIL, 1985).

Atualmente, há 128 estoques deste pesticida no Brasil, sendo que alguns estão localizados no estado do Pará, uma área considerada de alto risco para a malária. A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) foi responsável pelos resíduos de DDT dispersos no solo por antigos depósitos de inseticidas, causando dano ambiental que afeta ambos os organismos terrestres e aquáticos até hoje (MENDES et al., 2016).

Mendes et al. (2016) analisaram os níveis de DDT e metabólitos em peixes na região do Rio Tapajós, afluente do Rio Amazonas, onde os habitantes desta região são economicamente dependentes do pescado, porém os resultados demonstram que os níveis encontrados são inferiores aos limites máximos de resíduos estabelecidos pela Food and Drug Administration (FDA) e do Ministério Brasileiro de Agricultura, não oferecendo risco para a saúde do consumidor.

Em análise de águas superficiais e de chuvas dos municípios de Lucas do Rio Verde e Campo Verde do Estado do Mato Grosso, mesmo sendo proibido no Brasil, foi possível detectar resíduos de endosulfan, que superavam níveis permitidos no país (MOREIRA et al., 2012).

2.2 Organofosforados

Os organofosforados são um grupo de compostos tóxicos, amplamente utilizados, com aplicação na agricultura e na saúde pública voltada para a produção e armazenamento de alimentos e para o controle de uma variedade de pragas (SALLES et al., 2015).

Estes compostos foram desenvolvidos para serem utilizados como armas químicas durante a Segunda Guerra Mundial e são derivados do ácido fosfórico (BRAIBANTE & ZAPPE, 2012). Apresentam em sua molécula um átomo de fósforo (P) e possuem características de alta lipossolubilidade, que favorece a absorção pelas vias cutânea, respiratória e digestiva (NACIMENTO & MELNYK, 2016).

Os pesticidas organofosforados podem ser detectados em matrizes biológicas, incluindo sangue e cabelo. Logo após entrarem no organismo, estão sujeitos a várias reações de biotransformação, podendo causar efeitos nocivos a curto ou longo prazo (ANDROUTSOPOULOS, V. P.; HERNANDEZ, A. F.; LIESIVUORI, J.; TSATSAKIS A. M., 2013).

De acordo com a classificação toxicológica da ANVISA, com base na DL50 após a administração de uma única dose, o metil paration e o metamidofós, estão entre os pesticidas organofosforados classificados como extremamente tóxicos. Já o malation, diazinon e o polytrin são exemplos de organofosforados medianamente tóxicos, e como pesticida considerado pouco tóxico, citamos o acefato (O,S-dimethyl acetylphosphoramidothiote), comercialmente conhecido como Orthene® (BARTH & BIAZON, 2010).

Dentre os organofosforados mais utilizados, podemos destacar o metil paration, o qual, de acordo com sua classificação toxicológica, é um pesticida de uso restrito, podendo ser utilizado somente por aplicadores autorizados (ANVISA, 2016).

O metil paration apresenta um importante mecanismo de toxicidade aguda por inibição da atividade da acetilcolinesterase, resultando no acúmulo de acetilcolina e, conseqüentemente, instala um quadro de hiperestimulação dos receptores colinérgicos nas sinapses nervosas (BARTH & BIAZON, 2010). Apesar de ser um fraco inibidor enzimático, ele pode ser ativado e biotransformado em metabólitos mais potentes, que aumentam e prolongam os seus efeitos tóxicos, como por exemplo, o seu derivado paraoxon (SALLES et al., 2015).

O biomonitoramento contínuo dos níveis de pesticidas e seus metabólitos em organismos vivos são essenciais para a avaliação do risco e a previsão de possíveis efeitos adversos, em populações expostas ocupacionalmente ou ambientalmente aos pesticidas (ANDROUTSOPOULOS, V. P.; HERNANDEZ, A. F.; LIESIVUORI, J.; TSATSAKIS A. M., 2013). Também não se deve diregrir da possibilidade desses compostos atingirem diferentes organismos, dada sua não seletividade, bastando apenas que tal organismo disponha de um sistema colinérgico em sua fisiologia, reforçando a necessidade de seu biomonitoramento (SALLES et al., 2015).

Com o desenvolvimento da indústria peixeira no Brasil, o metil paration foi amplamente utilizado em viveiros de aquicultura para o controle de infestações de ectoparasitas em peixes. Sendo assim, foram realizados estudos no sentido de avaliar a segurança de uso desse pesticida em espécies de peixes de água doce, nativos de águas brasileiras, que demonstraram que este composto é capaz de bioacumular nos peixes após uma exposição de 5 ppm. Além disso, peixes com maior sensibilidade aos metabólitos do metil paration podem sofrer danos maiores, quando expostos a uma contaminação ambiental por estas substâncias (SALLES et al., 2015). Diante disso, se depara com um binômio paradoxal de necessidade de controle de pragas e contaminação de fonte alimentar, no caso, peixes.

O sul do Brasil dispõe de uma vasta área de pastagem e grande biodiversidade, que compreende o chamado Bioma Pampa. Porém, este bioma tem sido ameaçado pelo crescimento agroindustrial do Rio Grande do Sul, que libera em águas gaúchas muitos

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) poluentes e resíduos agroquímicos, como descrito por Nunes et al. (2015). Estes pesquisadores utilizaram peixes da espécie *Astyanax sp.* como matriz biomarcadora de qualidade ambiental e, em geral, apontaram níveis significativos de poluição nas águas do Rio Santa Maria e significativa inibição da acetilcolinesterase nos peixes, o que sugere a presença de organofosforado nos corpos d'água de onde foram coletados.

2.3 Carbamatos

Os carbamatos são compostos tóxicos isolados a partir da planta *Physostigma venenosum*, nativa do oeste da Ásia, que foram primeiramente extraídos na metade do século XIX, apresentando em sua estrutura um grupo carbamato (BRAIBANTE & ZAPPE, 2012).

Derivados do ácido carbâmico (H_2NCOOH) atuam de forma semelhante aos organofosforados (NACIMENTO & MELNYK, 2016). Seu mecanismo de ação é semelhante, porém apresenta menor toxicidade (SILVA et al., 2013), em virtude de se ligarem de forma reversível à enzima acetilcolinesterase, mas ainda provocando acúmulo de acetilcolina na fenda sináptica (NUNES et al. 2015).

Os carbamatos são bastante eficazes como inseticidas e no meio ambiente são menos persistentes que os organoclorados. Costumam ser degradados pelo excesso de umidade e altas temperaturas, tendo o processo de bioacumulação centrado no tecido adiposo, porém, de modo geral, com menor volume de distribuição aparente que os organofosforados (SILVA et al., 2013).

O Carbofurano, carbaril e o aldicarb estão entre os princípios ativos da classe dos carbamatos mais utilizados (BRAIBANTE & ZAPPE, 2012). Devido à sua ampla utilização, é possível detectar resíduos em solos, águas superficiais e água da chuva (JABEEN et al., 2015).

Segundo Oliveira & Favareto (2013), no ano de 2009 o carbendazim, reservado costumeiramente para controle de fungos, estava entre os agrotóxicos mais comercializados no Brasil, destinado às culturas de soja e de citros.

Estudos demonstraram a presença de altas concentrações de carbofurano em meses com maiores índices pluviométricos na região de nascente Rio São Lourenço, no município de Campo Verde – MT. Este aumento pode ser explicado pela alta solubilidade em água e pela sua utilização na área do estudo (RIBEIRO et al., 2013).

Mendes et al. (2011) avaliaram a qualidade das águas do Rio Maromba (SC), que identificou a presença de metomil, agrotóxico da classe dos carbamato. Posteriormente a esse estudo, Stolberg et al. (2015), também buscaram quantificar metonil nas águas do Rio Maromba, onde encontraram níveis desse carbamato nas matrizes estudadas, contudo, ainda em limites permitidos pela legislação. Este achado, contudo, não deve ser razão para o destensionamento e o cuidado com os dejetos das lavouras de cultivares adjacentes aos corpos d'água.

Com o aumento da cultura de arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul e, consequentemente maior utilização de agrotóxicos. Martini et al. (2012) avaliaram a probabilidade de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, onde foi possível encontrar o inseticida carbofurano em sedimentos de águas superficiais. Já em sedimentos subterrâneos, foi possível identificar dois inseticidas da classe dos carbamato - carbofurano e carbaril, além de outros agrotóxicos.

A avaliação da qualidade da água fornece informações importantes sobre os recursos hídricos do país, fazendo com que a preservação do patrimônio hídrico do país seja uma questão de soberania nacional, de cuidado com o meio ambiente e com a própria saúde da

população, o que torna imperativo o biomonitoramento de agrotóxicos, incluindo obviamente os carbamatos (STOLBERG et al., 2015).

2.4 Piretróides

Os pesticidas piretróides (inseticidas sintéticos), são ésteres hidrofóbicos que, na grande maioria, apresentam em sua estrutura o ciclopropanocarboxilato (BOONCHIANGMA et al., 2012). São vastamente utilizados para o controle de pragas e, atualmente, têm sido mais empregados que os organofosforados (JABEEN et al., 2015).

Esta classe de compostos inclui substâncias do tipo I e tipo II (YANG et al., 2014), as quais são divididas de acordo com sua estrutura molecular. A permetrina (Figura 2) e tetrametrina apresentam um substituinte ciano e compreendem os piretróides do tipo I; já os piretróides do tipo II apresentam substituinte α -ciano, a cipermetrina (Figura 3), a deltrametrina, fenvalerato e a fenpropatrina são alguns exemplos do segundo grupo (BOONCHIANGMA et al., 2012).

Figura 2: Estrutura química da Permetrina (-3-phenoxybenzyl (1R,3R;1R,3SR)-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclo propanecarboxylate). Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas> Acesso em: 18/08/2016.

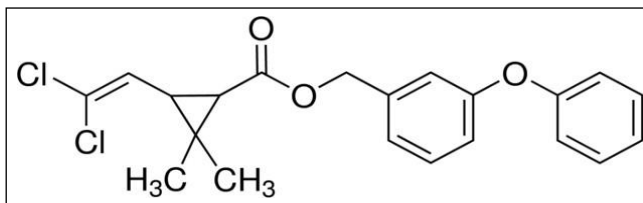
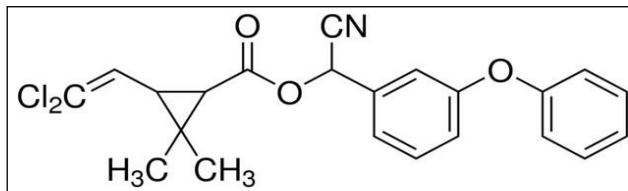


Figura 3: Estrutura química da Cipermetrina ((RS)- α -ciano-3-phenoxybenzyl (1R,3R; 1R,3SR)-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylate). Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas> Acesso em: 18/08/2016



Por volta de 400 a.C as pessoas utilizavam o piretro ou pó da Pérsia, como era chamado, para combater piolhos. Este pó era derivado das flores secas de *Chrysanthemum cinerariaefolium* e *Chrysanthemum coccineu*. No século XIX, o uso do piretro como inseticida foi propagado graças às piretrinas, que são as substâncias ativas presente no composto (BRAIBANTE & ZAPPE, 2012).

Sintetizados em substâncias mais simples, semelhante às substâncias químicas naturais (BOONCHIANGMA et al., 2012), os piretróides passaram a ser comercializados no Brasil no ano de 1976 (SILVA et al., 2013).

Os piretróides apresentam um mecanismo de ação através da interação com o canal de sódio, levando à exaustão do sistema nervoso e, conseqüentemente, à morte dos insetos (SILVA et al. 2015). De modo geral, apresentam baixa toxicidade para mamíferos em relação aos organoclorados, organofosforados e carbamato, que são mais persistentes no ambiente (YANG Y.; MA, H.; ZHOU, J.; LIU, J., 2014).

Curiosamente, nem todos os insetos apresentam sensibilidade aos piretroide, alguns, como a *Tuta absoluta*, inseto nativo da América do Sul conhecido como traça do tomateiro, não são afetados com aplicações de piretros (SILVA et al., 2015). Os pesticidas piretróides apresentam toxicidade mais elevada em peixes do que em mamíferos, pois os mamíferos possuem um metabolismo mais rápido, portanto, a eliminação também tende ser mais rápida, se não houver outros interferentes sobre os processos toxicocinéticos (JABEEN et al., 2015).

Em consequência dos efeitos ecológicos adversos em ambientes aquáticos, a avaliação de resíduos de piretróides ganha notória importância, uma vez que são comumente detectados em várias regiões do mundo. Na Califórnia, a bifentrina foi o pesticida mais encontrado em águas superficiais (ENSMINGER et al., 2013). Uso cosmopolita de piretros traz uma preocupação adicional, pois não se sabe, na verdade, principalmente à longo prazo, os efeitos dessas substâncias sobre o organismo de humanos e de animais.

Em estudos feitos com em espécies de peixe-zebra frente a exposição à piretróides, foi demonstrado que a permetrina e a cipermetrina, quando combinados e de forma concentração dependente, apresentam uma elevação de danos, observados pelos seus efeitos deletérios sobre o desenvolvimento embrionário e malformações morfológicas. Além disso, se observou um aumento da atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) nos embriões dos peixes, na tentativa de controlar o excesso espécies reativas de oxigênio (ROS) geradas após exposição aos piretróides testados e suas combinações (YANG Y.; MA, H.; ZHOU, J.; LIU, J., 2014).

É bem estabelecido que a exposição a compostos químicos induza o stress oxidativo, que é dependente e modulado pela concentração e natureza dos mesmos, com frequência geram desequilíbrio entre a produção e controle/neutralização de ROS em diferentes organismos, o que corrobora para a indução de efeitos tóxicos, que estão associados ao aumento da geração de ROS, como os peróxidos, e radicais livres (MOSTAFALOU & ABDOLLAHI, 2013).

Neste contexto, Jabeen et al. (2015) avaliaram águas do Rio Indo, no Paquistão, região que possui uma grande área cercada por produções agrícolas, que favorece a contaminação das águas. As análises demonstraram que foram detectados níveis acima dos permitidos para resíduos de piretróides nos peixes. Entretanto, ainda não está claro se o consumo diário desses peixes promove risco real para o consumidor.

Interessantemente, Moreira et al. (2012) não encontrou resíduos de cipermetrina e permetrina em amostras de rios, de poços artesianos, e de chuva coletadas em Campo Verde (MT) entre o período de outubro de 2007 e abril de 2009, apesar destes piretróides serem utilizados na região. Porém, resíduos de outros tipos de agrotóxicos foram detectados. Talvez essa discrepância se dê quanto à proporcionalidade de uso ou outros fatores que interferiram na obtenção dos resultados.

Ainda no Estado do Mato Grosso, Possavatz et al. (2014) avaliaram sedimentos do fundo do Rio Cuiabá e do Rio São Lourenço, onde foi possível detectar, nos dois rios,

permetrina nos sedimentos. Há a constatação que esse piretróide é extensamente utilizado na região, o que parece ter favorecido sua detecção nas análises realizadas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poluição ambiental é um dos grandes problemas do mundo moderno, onde vários efeitos deletérios podem ocorrer em consequência do uso indiscriminado de agrotóxicos. Alternativas que minimizem os impactos ambientais se fazem de suma importância, devendo ser propostas no intuito de manter a expansão e a qualidade da produção agrícola, da pecuária, da saúde domiciliar e de campanhas sanitárias.

Anualmente milhões de agricultores morrem no mundo em consequência da intoxicação causada por agrotóxicos e apontam que a falta de informação é o motivo do uso incorreto que expõe estes trabalhadores a este tipo de substâncias tóxicas (BARTH & BIAZON, 2010). Cassal et al. (2014) afirmam que o produtor é diretamente afetado, pois é economicamente dependente das atividades rurais e deve estar ciente dos possíveis riscos e tomar providências que zelem pela sua saúde e conservem o meio ambiente.

A conscientização de agricultores através da informação é uma medida necessária para conhecer os riscos de contaminação, tomando medidas preventivas, além da monitoração dos recursos hídricos. Pelo menos teoricamente, essas alternativas diminuiriam a incidência de contaminação ambiental e melhorariam a saúde pública como um todo.

4. REFERÊNCIAS

- ANDROUTSOPOULOS, V. P.; HERNANDEZ, A. F.; LIESIVUORI, J.; TSATSAKIS A. M. A mechanistic overview of health associated effects of low levels of organochlorine and organophosphorous pesticides. *Toxicology*. v.307, p.89– 94, 2013.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadass> Acesso em: 01 de Agosto de 2016.
- BARTH, V. G.; BIAZON, A. C. B. Complicações decorrentes da intoxicação por organofosforados. *SaBios: Rev. Saúde e Biologia*. v.5, n.2, p.27-33, 2010.
- BRAIBANTE, M. E. F; ZAPPE, J. A. A. Química dos Agrotóxicos. *Química e Sociedade: Química Nova na Escola*, Santa Maria, v. 34, n.1, p.10-15, 2012.
- BRASIL. Lei n.7.802, de 11 de Julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7802.htm Acesso em 30 de Julho de 2016.
- BRASIL. Lei nº 11.936, de 14 de Maio de 2009. Proíbe a fabricação, a importação, a exportação, a manutenção em estoque, a comercialização e o uso de diclorodifeniltricloreto (DDT) e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2007-2010/2009/Lei/L11936.htm Acesso em 30

de Julho de 2016.

- BRASIL. Ministério Da Agricultura. Portaria nº 329 de 02 de Setembro de 1985. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/sileg/integras/616627.pdf> Acesso em 30 de Julho de 2016.
- CASSAL, V. B. et al. Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET*. Santa Maria. v. 18 n. 1 p.437-445, 2014
- DELLAMATRICE, P.M; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande. v.18, n.12, p.1296–1301, 2014.
- ENSMINGER, M. P. et al. Pesticide occurrence and aquatic benchmark exceedances in urban surface waters and sediments in three urban areas of California, USA, 2008–2011. *Environmental Monitoring and Assessment*. V.185, p. 3697-3710, 2013.
- JABEEN, F.; CHAUDHRY, A. S.; MANZOOR, S.; SHAHEEN, T. Examining pyrethroids, carbamates and neonicotinoids in fish, water and sediments from the Indus River for potential health risks. *EnvironMonitAssess*. 187: 29, 2015.
- MARTINI, L. F. D. et al. Risco de contaminação das águas de superfície e subterrâneas por agrotóxicos recomendados para a cultura do arroz irrigado. *Ciência Rural*. Santa Maria, v.42, n.10, p.1715-1721, 2012
- MENDES, B. C. et al. Estudo da qualidade das águas do Rio Marombas (SC/Brasil), utilizando parâmetros físico-químicos e bioensaios. *Revista de Ciências Ambientais*. Canoas, v.5, n.2, p. 43- 58, 2011.
- MENDES, R. A. et al. DDT concentration in fish from the Tapajos River in the Amazon region, Brazil. *Chemosphere*. v.153, p.340-345, 2016.
- MOREIRA, J. C. et al. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. *Ciência & Saúde Coletiva*. v.17, p.1557-1568, 2012.
- MOSTAFALOU, S.; ABDOLLAHI, M. Pesticides and human chronic diseases: Evidences, mechanisms, and perspectives. *Toxicology and Applied Pharmacology*. v. 268, p.157–177, 2013.
- MREMA, E. J. et al. Persistent organochlorinated pesticides and mechanisms of their toxicity. *Toxicology*. v. 307, p. 74– 88, 2012.
- NACIMENTO, L.; MELNYK, A. A química dos pesticidas no meio ambiente e na saúde. *Revista Manguio Acadêmico*. v.1, n.1, 2016.
- NUNES, M. et al. Assessment of Water Pollution Signs in the Brazilian Pampa Biome Using Stress Biomarkers in Fish (*Astyanax* sp.). *Journal of Ecosystems*. v.2015, p1-7, 2015.
- OLIVEIRA, T. G; FAVARETO, A. P. A. Agrotóxicos: levantamento dos mais utilizados no oeste paulista e seus efeitos como desreguladores endócrinos. *IX Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 9, n. 11, p. 375-390, 2013.
- PEREIRA, V. J. et al. Physical - chemical properties of pesticides: concepts, applications, and interactions with the environment. *Bioscience Journal*. Uberlândia, v. 32, n. 3, p. 627-641, 2016.
- PINTO, G. M. F. Os Pesticidas, Seus Riscos e Movimento no Meio Ambiente. *Revista Eletrônica FACP*. Ano III – nº 08, 2015.
- POSSAVATZ, J. et al. Resíduos de pesticidas em sedimento de fundo de rio na Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Revista Ambiente e Água*. Taubaté. v.9, n.1, 2014.
- RIBEIRO, A. C. A. et al. Resíduos de pesticidas em águas superficiais de área de nascente do rio são Lourenço MT: validação de método por extração em fase sólida e cromatografia

líquida. *Química Nova*. v.36, n.2, p.284-290, 2013.

SALLES, J. B. et al. Bioconcentration and Acute Intoxication of Brazilian Freshwater Fishes by the Methyl Parathion Organophosphate Pesticide. *BioMed Research International*. v. 2015, p. 1-9, 2015.

SILVA, M. R.; CAMPOS, A. C. E.; BOHM, F. Z. Classificação dos agrotóxicos quanto à sua composição química. *SaBios: Rev. Saúde e Biologia*, v.8, n.2, p.46-58, 2013.

SILVA, W. M. et al. Status of pyrethroid resistance and mechanisms in Brazilian populations of *Tuta absoluta*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. v.122, p.8-15, 2015

STOLBERG, J. et al. Study of the occurrence of agrochemicals in the waters of the Marombas River- Santa Catarina – Brazil. *Ecotoxicol. Environ. Contam.*, v. 10, n. 1, p.37-40, 2015.

YANG, Y.; MA, H.; ZHOU, J.; LIU, J. Joint toxicity of permethrin and cypermethrin at sublethal concentrations to the embryo-larval zebrafish. *Chemosphere*. v.96, p.146–154, 2014.

YANG, Y.; TOOR, G.S.; WILLIAMS, C. F. Pharmaceuticals and organochlorine pesticides in sediments of an urban river in Florida, USA. *Journal of Soils and Sediments*. v.15, p.993–1004, 2015.

CAPÍTULO 11

CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR METAIS PESADOS

Queila Daiane Fonseca do Amaral
Luísa Zuravski
Marcus Vinícius Morini Querol
Michel Mansur Machado
Luís Flávio Souza de Oliveira

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O desenvolvimento econômico e industrial aliado ao aumento populacional gera diversos impactos ambientais. De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente, Impacto Ambiental consiste em qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, bem como a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA 001/1986).

A poluição ambiental é um problema que atinge não somente as grandes metrópoles, como também todo território mundial. Em conjunto, todos os compartimentos ambientais vêm sendo degradados de forma muito rápida devido ao crescimento econômico, populacional e industrial desordenado e insustentável. Com isto, o aumento da poluição por contaminantes antrópicos como emissões veiculares, resíduos industriais e outras atividades são evidentes (INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE – INAC, 2013).

Dentre esses poluentes, os metais pesados são um dos que trazem uma gama de problemas para a saúde humana, animal e ambiental. Os metais pesados são um grupo de elementos químicos que apresentam número atômico relativamente alto, maior que 22 e densidade superior a 4 g/cm^3 , e que, dependendo da concentração de exposição, podem ser tóxicos e danosos à vida, apresentando efeitos nocivos à saúde e a conservação ambiental. Eles se diferenciam de compostos orgânicos tóxicos, pois não são degradáveis e se acumulam no ambiente onde desencadeiam sua toxicidade (BUCCI, 2015; DUFFUS, 2002).

Os metais estão amplamente distribuídos na crosta terrestre e, em conjunto com outros elementos químicos, compõe a estrutura cristalina das rochas. Por meio de processos geoquímicos, como o intemperismo e por processos resultantes de atividades humanas eles são introduzidos nos ambientes (SOUZA, V. A., 2016). A industrialização diminuiu significativamente a permanência desses metais nos

minérios, dando origem aos seus compostos e alterando a distribuição desses elementos no planeta.

Dentro do preâmbulo de metais pesados, há de se considerar que alguns são classificados como elementos traços, quando relacionados às concentrações em que são encontrados, na ordem de partes por milhão ou concentrações ainda menores. Interessantemente, alguns deles são essenciais à manutenção da fisiologia humana, animal e vegetal, porém, em concentrações mais elevadas, acabam por protagonizar quebras homeostáticas e, portanto, induzir quadros tóxicos. Todas as formas de vida são afetadas pela presença destes elementos, variando entre elas a necessidade das concentrações requeridas e a forma química de apresentação, que será importante nos processos e vias de absorção e excreção.

Segundo Souza et al. (2015), metais-traço são metais encontrados em baixa concentração nos solos, nas plantas, tecidos, águas subterrâneas e outros. Suas principais fontes naturais são o intemperismo, que os liberam na forma dissolvida ou particulada, atividade vulcânica, queimadas e atividade biogênica. Entretanto, em diversas vezes são encontradas na natureza concentrações de metais superiores às concentrações de referência, ou concentrações estipuladas pela legislação ambiental. Este aumento da quantidade de metais pode ocorrer naturalmente, associado a depósitos naturais, por meteorização das áreas, ou por ação antrópica, como a descarga de efluentes domésticos e industriais e atividade de mineração (MARTINS *et al.*, 2014).

Quando a concentração de um elemento químico excede a concentração encontrada naturalmente em um ambiente, este é considerado um ambiente contaminado, podendo restringir a utilização dos recursos naturais no momento ou futuramente. Os teores de metais pesados naturalmente são os determinados sem influência antrópica e variam de acordo com a composição do mineral de origem, os processos pedogenéticos e o grau de desenvolvimento do solo (BIONDI *et al.*, 2011). Alguns fatores influenciam a disponibilidade de elementos-traço para os organismos, são eles: intrínsecos, como tamanho, idade e sexo; e extrínsecos, como especiação metálica, salinidade, temperatura, pH, dureza e presença de outros poluentes. O mecanismo básico de toxicidade dos metais em nível molecular pode ser limitado pelo bloqueio e modificação da atividade enzimática e de polinucleotídeos, pela destruição da integridade de membranas e pela substituição de elementos que desempenham importantes funções no metabolismo da célula e, por meio da qual, perdem sua função (RODGHER *et al.*, 2012).

Atividades industriais, urbanização e a intensificação da agricultura tem introduzido elementos-traço, em quantidade bem maior que a necessária, em diferentes ambientes, causando impactos ambientais de distintas formas. De acordo com Li et al. (2013), alguns poluentes tóxicos com metais pesados oriundos de atividades humanas, como descarte de lixo e processos industriais, continuam a ser introduzidos em ambientes aquáticos e se depositam nos sedimentos. Ao serem lançados em corpos d'água, por exemplo, os metais sofrem partição entre a água e os particulados suspensos. Parte dessa carga é metabolizada pela fauna e flora local e a outra parte se deposita nos sedimentos de fundo, torna-se o destino final desses contaminantes (SOUZA *et al.*, 2015).

A persistência destes elementos é um dos seus maiores problemas. Devido a esse fato, apresentam grande potencial de bioacumulação e biomagnificação, causando implicações em longo prazo sobre a saúde humana e dos ecossistemas (LI *et al.*, 2013). Os contaminantes metálicos, por não serem biodegradáveis e serem facilmente bioacumulados em organismos, são considerados, dentre os compostos químicos tóxicos, um dos poluentes

de grande importância ambiental. Pelo processo de bioacumulação há um incremento das concentrações destes elementos químicos através da cadeia alimentar, sendo encontrados nos membros superiores da cadeia com valores muito acima dos encontrados no ar, na água e no solo.

A presença de metais muitas vezes também está associada à localização de regiões agrícolas. Segundo Baggio (2013), a agricultura é uma das principais fontes não pontuais de poluição por metais pesados, devido à presença destes elementos em fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn), pesticidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn), preservativos de madeiras (As, Cu, Cr) e dejetos de produção de aves e porcos (Cu e Zn).

Outra fonte importante de contaminação por metais pesados, principalmente em países mais pobres, é o descarte e reciclagem de resíduos eletrônicos (*e-waste*), além do próprio descarte de lixo urbano. O lixo eletrônico contém em sua constituição elementos químicos potencialmente tóxicos, de difícil mobilidade devido à sua característica de não biodegradabilidade. Estes metais no solo podem ser lixiviados pela chuva e acabar nos mananciais próximos, contaminando as águas superficiais e subterrâneas, especialmente sob condições ácidas. Dessa forma, é plausível considerar que o potencial de risco ecológico de metais pesados nas imediações dos locais de reciclagem e descarte de lixo eletrônico é evidente e não deve ser negligenciado (WU *et al.*, 2015).

A contaminação do ambiente por substâncias tóxicas é um dos mais sérios problemas ecológicos da atualidade. Já nos centros urbanos, as principais fontes de poluição ambiental são os transportes e as indústrias. Os solos urbanos localizados próximos de rodovias em grandes cidades também apresentam grande contaminação ambiental por metais e ainda é pouco estudado (STEPANOVA, YAKOVLEVA & PISAREV, 2016). Esses elementos químicos também são lixiviados pelas águas pluviais e acabam sendo direcionados aos mananciais próximos causando impactos pela sua presença e pelas suas interações com a flora e fauna local. Para identificação e mensuração destes contaminantes em ambientes aquáticos, podem ser usadas amostras de águas, sedimentos, materiais particulados, como também de organismos que vivem nestes sistemas (BETEMPS, SANCHES & KERSTNER, 2014).

Com base nisto, atualmente tem-se realizado diversos estudos com a finalidade de identificar, quantificar os metais e suas interações danosas aos diferentes ambientes, solo, ar, água e sedimento, bem como os impactos à saúde humana e animal.

2. PRINCIPAIS METAIS CONTAMINANTES

Em concentrações adequadas, a grande maioria dos elementos químicos existentes estão intimamente envolvidos em ciclos biogeoquímicos na natureza, se deslocando entre os diferentes compartimentos ambientais, como no solo, na água, nos sedimentos e no ar, de acordo com suas características. Porém, o aspecto que traz reflexão e preocupação da presença de elementos químicos nesses compartimentos é a possibilidade de sua bioacumulação na cadeia alimentar existente principalmente nos ambientes aquáticos e terrestres (VIRGA, GERALDO & SANTOS, 2007).

Os metais pesados, como Al, As, Ba, Be, Cd, Pb, Hg e Ni podem alterar as estruturas e o funcionamento celulares tendo como alvo várias biomoléculas, como as enzimas, que podem sofrer ação direta ou indireta, quando metais substituem seus co-fatores. Alguns metais como Cr, Cu, Zn são considerados microelementos essenciais para o metabolismo do organismo, tanto que sua deficiência pode levar a distúrbios significativos e, em alguns casos, obitularizar indivíduos. (VIRGA, GERALDO & SANTOS, 2007).

Outros elementos traços como Cr, Cd e Pb, tem sido alvo de pesquisas devido seu alto grau de toxicidade, biocumulatividade, carcinogênese e mutagênese, mesmo quando

presentes em concentrações consideradas muito baixas, na ordem de pico, nano e fentograma por mililitro. Alguns metais, como o Al, Fe, Mn e Zn se encontram em concentrações bem maiores que a natural em regiões impactadas, principalmente onde existe abundância de fontes de emissão veicular, o que corrobora com riscos à saúde, considerando as várias formas de exposição que os rodeiam (MURO JÚNIOR, 2013).

2.1 Arsênio

O As é um metal muito encontrado na natureza, existindo uma gama de compostos que o contém. Pode ser localizado tanto em moléculas orgânicas, onde se encontra ligado ao carbono, quanto em inorgânicas, ligado a outros elementos como Fe, S e O. Os compostos orgânicos de arsênio são produzidos por atividade biológica, geralmente em águas superficiais impactadas pela poluição. Nas águas subterrâneas, a forma mais comum encontrada deste metal é o arsenito (As^{+3}), nas águas superficiais, o arseniato (As^{+5}).

Por ser de fácil obtenção, ser inodoro, não apresentar gosto e ter alto poder tóxico, este metal teve sua história relacionada a envenenamentos desde a antiguidade e perdeu por vários anos (MURO JÚNIOR, 2013). O As possui uma variedade muito grande de aplicações. Em alguns países, como os Estados Unidos, ele é usado como aditivo na alimentação de frangos, para controle de parasitas e melhor aproveitamento da ração, aumentando o ganho de peso. Porém, seu uso está sendo questionado devido ao aumento das fontes de exposição a este metal (FRANCO, 2014).

Em seres humanos, a principal via de absorção é a digestiva que, reconhecidamente, é biocumulativo e carcinogênico. Todavia, sua absorção também pode ocorrer por meio de inalação de gases oriundos da combustão de carvão mineral. Naturalmente, o As é encontrado em águas, principalmente águas subterrâneas, águas das chuvas e marinhas. Há diferente distribuição do metal em solo, rocha e águas ao redor do mundo. As águas subterrâneas de alguns países são consideradas ricas em As, tais como Argentina, México, China, Hungria e Bangladesh, o que traz uma preocupação adicional à saúde pública destes lugares (FRANCO, 2014). Já as fontes antropogênicas deste metal estão relacionadas à exploração de minérios, fabricação de vidros, ligas não-ferrosas e produtos eletrônicos (MURO JÚNIOR, 2013).

2.2 Bário

O Ba é um metal encontrado naturalmente constituindo sulfetos e carbonatos de bário (barita), presentes em rochas, tais como feldspato e mica. Esse metal também se encontra em combustíveis fósseis, sendo a queima desses combustíveis uma das principais fontes antropogênicas de contaminação ambiental por bário (MURO JÚNIOR, 2013).

A contaminação por Ba em seres humanos ocorre primeiramente pelas vias aéreas, seguida pela ingestão de água e alimentos. Concentrações de bário entre 550 a 600 mg são fatais ao homem, causando bloqueio no sistema nervoso e aumento da pressão sanguínea por vaso constricção (KEMERICH *et al.*, 2014). Na fauna e flora, esse metal também apresenta fortes impactos, causando paralisia muscular e respiratória nos animais e mutação em plantas. Os valores máximos permitidos (VMP) pela resolução do CONAMA 420/2009 estabelece que o limite de Ba no solo seja de 150 mg/Kg.

2.3 Cádmio

O Cd é um metal branco acinzentado, que faz parte do grupo IIB, e normalmente ocorre associado a sulfetos em minérios de Zn, Pb e Cu. É abundante na crosta terrestre e a sua principal fonte natural é a atividade vulcânica. Esse metal ocorre na atmosfera na forma de material particulado suspenso oriundo das emissões industriais, queima de combustíveis fósseis e erosão do solo. Ele chega aos ambientes aquáticos através do intemperismo, da erosão do solo e da camada de rocha viva, descargas atmosféricas diretas ou decorrentes de atividades industriais, drenagem de minas e efluentes de fundições de minério não-ferroso, vazamentos de aterros sanitários e de locais contaminados por lodos de esgotos (MURO JÚNIOR, 2013).

A exposição humana a este metal pode causar dores reumáticas e mialgias, com deformidades ósseas e distúrbios renais. Nas plantas o Cd pode diminuir o crescimento, reduzir a taxa de fotossíntese e provocar alterações, tanto enzimáticas quanto metabólicas. Os efeitos do Cd, assim como de qualquer outro metal, são dependentes da concentração e do tempo de exposição, ou seja, quanto maior a concentração e o tempo de exposição, maior é a interferência sobre os sistemas metabólicos (AUGUSTO *et al.*, 2014).

2.4 Cobre

Entropicamente, o Cu se origina de efluentes de metalurgia e mineração, de inseticidas e de fungicidas. Grande parte do Cu existente nos corpos d'água ocorre na forma de material particulado que é adsorvido pela matéria orgânica, pela argila ou pelos óxidos e hidróxidos de Fe e Mn e se deposita ou precipita nos sedimentos (BETEMPS, SANCHES & KERSTNER, 2014).

Apesar de ser essencial para a saúde humana, uma dose elevada ou uma exposição em longo prazo ao Cu pode trazer relevantes distúrbios à homeostase corporal. Altas concentrações deste metal podem causar danos ao fígado, aos rins e ao cérebro; e a inalação de poeiras e vapores pode irritar o nariz, a boca e os olhos, causar cefaleia, tonturas, náuseas e diarreia. A resolução do CONAMA 420/2009 estabelece que o valor máximo permitido de Cu em solos seja de 60 mg/Kg. Crianças alimentadas basicamente com leite de vaca estão mais propensas a desenvolver deficiência de Cu do que as crianças alimentadas com leite materno, devido à absorção limitada deste elemento, cerca de 15%, no leite de vaca (KEMERICH *et al.*, 2014).

2.5 Cromo

O Cr é um metal cinza-aço, sem odor e muito resistente à corrosão. É um metal de transição localizado no grupo VI B, sendo encontrado principalmente nas formas de óxidos (CrO_3 , CrO_4^{2-} , Cr O ^{2-}). Naturalmente é encontrado em rochas, animais, plantas, solos, poeiras e névoa vulcânica. É um elemento abundante na crosta terrestre e os incêndios florestais e as erupções vulcânicas estão entre as principais fontes de contaminação ambiental por Cr. As atividades antropogênicas o colocam em suspensão e, logo após, se deposita no solo, atingindo os corpos d'água e, por conseguinte, peixes e plantas aquáticas, chegando até o homem pela cadeia alimentar ou pela respiração (MURO JÚNIOR, 2013).

O Cr é um elemento indispensável ao metabolismo dos glicídeos, sua deficiência no organismo humano pode levar à neuropatia periférica e ao diabetes. Entretanto, o Cr^{+6}

(hexavalente), em altas concentrações, pode causar câncer, principalmente pulmonar, pois é através deste órgão a principal via de entrada do metal no organismo humano. A concentração máxima deste metal em solos pode variar de acordo com as normas estabelecidas para cada país, variando de 125 mg/Kg na Alemanha até 250 mg/Kg na França. No Brasil, o valor máximo permitido proposto pela CONAMA 420/2009 é de 75 mg/Kg (KEMERICH et al., 2014).

2.6 Chumbo

O escoamento superficial urbano e a deposição atmosférica são fontes indiretas significativas de Pb encontrado em ambientes aquáticos. Esse metal tem a tendência de formar compostos de baixa solubilidade com ânions presente em águas naturais, como hidróxidos, carbonatos, sulfatos e fosfatos. Devido a isto, uma grande parte do Pb existente nas águas dos rios encontra-se sob forma de partículas coloidais ou maiores aliadas a outros componentes do material particulado (BETEMPS, SANCHES & KERSTNER, 2014). O Pb é absorvido pelas plantas em sua forma catiônica Pb^{+2} , devido sua semelhança com os metais essenciais, diferindo no que se refere a translocação nas plantas e a facilidade de formar complexos com alto impedimento estérico (AUGUSTO et al., 2014).

O Pb não tem funções nutricionais, bioquímicas ou fisiológicas conhecidas e é tóxico para a maioria dos organismos vivos. E, quando lançado no meio ambiente, ele tem um tempo de resistência elevado quando comparado a outros metais poluentes (BETEMPS, SANCHES & KERSTNER, 2014). A toxicidade desse metal para as plantas está relacionada à redução no crescimento pela diminuição da assimilação de CO_2 , reduzindo o processo respiratório. Distúrbios no metabolismo do cálcio e a inativações enzimáticas também estão presentes na toxicodinâmica desse metal (AUGUSTO *et al.*, 2014).

2.7 Mercúrio

O Hg é um contaminante de grande preocupação para a saúde humana, pois tem alta toxicidade e capacidade de grande distribuição, sendo considerado um dos metais mais tóxicos presentes no meio ambiente. Naturalmente, se encontra nas formas orgânica e inorgânica, no estado sólido, dissolvido e na fase gasosa. Tem a particularidade de volatilizar-se a temperatura ambiente e seu ciclo biogeoquímico envolve processos no ar, solo e água. Por serem muito estáveis na atmosfera, os vapores de Hg podem ser transportados por longas distâncias, tendo grande abrangência na área de contaminação (DA SILVA & ESTANISLAU, 2015).

As concentrações desse metal no ambiente aquático e, por conseguinte, na biota, têm aumentado significativamente devido ao seu lançamento por atividades antropogênicas e sua capacidade de fácil distribuição atmosférica. Estima-se que cerca de 20% do Hg emitido a partir de fontes pontuais são depositados nas proximidades, sendo que o restante é depositado regionalmente ou globalmente (SOUZA & WASSERMAN, 2015).

A bioacumulação do mercúrio nas cadeias alimentares aquáticas, em especial quando biotransformado em MeHg (metilmercúrio) é preocupante devido a sua alta toxicidade, tanto que tem sido tema para várias pesquisas sobre as concentrações deste metal em diferentes compartimentos ambientais, como água, sedimento e biota. O seu ciclo biogeoquímico no ambiente sedimentar é fonte de inquietude para os órgãos fiscalizadores e para os pesquisadores em geral, pois a acumulação do Hg e suas transformações são

favorecidas pela baixa hidrodinâmica e depleção de oxigênio. Os sedimentos anóxicos favorecem o desenvolvimento de bactérias redutoras de sulfato que são importantes metiladoras do Hg (SOUZA & WASSERMAN, 2015).

2.8 Zinco

O Zn é encontrado naturalmente no solo e na água, podendo se propagar para o ar atmosférico através do ciclo hidrológico. No entanto, a maior fonte de contaminação por zinco são os processos de mineração fabricação de aço, queima de carvão e de lixo em processos industriais (MURO JÚNIOR, 2013).

É um elemento essencial, porém, em altas concentrações é biocumulativo, tanto em plantas como em animais. Em ambientes aquáticos, ele se encontra na forma oxidada de Zn^{+2} , e a reação de adsorção é a principal reação do metal particulado de suspenso e nos sedimentos. A exposição alimentar excessiva a esse metal pode resultar em distúrbios gastrointestinais – incluindo diarreia, danos pancreáticos e anemia (BETEMPS, SANCHES & KERSTNER, 2014). A via respiratória também é uma importante via de absorção de Zn em seres humanos, podendo causar morte em caso de exposição aguda ao elemento em altas concentrações; e efeitos hematológicos deletérios, em caso de exposição crônica (MURO JÚNIOR, 2013).

3. FONTES DE LIBERAÇÃO NO AMBIENTE

As principais fontes de metais para solos e corpos hídricos podem ser naturais, como erosão de rochas-mães e depósitos de minérios e/ou antropogênicas, como a mineração, a aplicação de fertilizantes e agrotóxicos, urbanização, produção e queima de combustíveis fósseis, fundição, galvanoplastia, lodos, descarga de águas residuais industriais e domésticas, locais para descarte de resíduos urbanos, resíduos eletrônicos, dentre outros (RIZZO, 2015).

De acordo com Rizzo (2015), os veículos automotores são uma das mais importantes fontes de liberação de metais nos centros urbanos. Esses elementos químicos podem ser emitidos pelo desgaste dos pneus, queima incompleta de combustíveis e resíduos de catalisadores veiculares. Combustíveis, como o diesel e a gasolina, apresentam metais traço na sua composição, que se originam desde o processo de formação do petróleo, até o armazenamento e transporte destes combustíveis.

Conforme Santos et al. (2015), efluentes domésticos e industriais, componentes químicos de pesticidas e fungicidas usados na para o cultivo agrícola e rejeitos da exploração mineral são as principais fontes de metais no sistema aquático. Em determinadas regiões do país, como a Amazônica, os rejeitos oriundos da mineração nos garimpos de extração de ouro são os grandes responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos e da biota aquática.

No que diz respeito à contaminação marinha por metais pesados, os efluentes se apresentam como a maior ameaça, em grau variável de importância e dependendo das diferentes fontes destes: sanitários, lixiviados de áreas agrícolas, industriais ou de mineração. A exploração de óleo e gás “offshore” e o risco de acidentes na operação de poços de prospecção de petróleos estão entre as atividades antrópicas realizadas nas plataformas continentais como importantes fontes de impactos ambientais por metais pesados, os quais podem afetar diretamente a biota oceânica que normalmente se encontra submetida a concentrações muito baixas destes elementos (TORRES *et al.*, 2014).

3.1 Contaminação aérea

A poluição atmosférica é caracterizada pela presença de gases e/ou partículas no ar em concentrações elevadas o suficiente para gerar mudanças na qualidade ambiental. Segundo a Resolução 03/1990 da CONAMA, poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; e/ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. Os metais pesados fazem parte destes poluentes. Eles podem ser liberados na atmosfera tanto por fenômenos naturais, como erupções vulcânicas e tempestades de ventos, quanto por fenômenos associados à atividade humana (TADIELLO *et al.*, 2015).

O constante lançamento de poluentes oriundos da queima de combustíveis fósseis e das atividades industriais tem comprometido a qualidade do ar e, conseqüentemente, a saúde da população em grandes centros urbanos. Metais traço, como Cd, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb e Sb, são elementos que fazem parte naturalmente da composição química de matrizes ambientais, como solo e sedimento, mas que também estão associados à poluição atmosférica em áreas urbanas (INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE – INAC, 2013).

De acordo com Gunawardena *et al.* (2013), esses poluentes atmosféricos também irão se depositar nas superfícies, e serão eventualmente transportados pelas águas pluviais. Sendo assim, a deposição atmosférica de metais irá ter influência direta na qualidade e contaminação de corpos d'água, que pode ocorrer de dois tipos: deposição úmida ou deposição seca. Sendo que, a deposição seca tem maior faixa de alcance, podendo atingir distância em escalas regionais.

Estudos sobre a contaminação de solos urbanos por deposição atmosférica de metais pesados têm sido realizados com a finalidade de auxiliar o desenvolvimento de estratégias para proteção de ambientes e da saúde. Por serem onipresentes, tóxicos e persistentes em áreas urbanas, estes elementos podem ser facilmente transferidos para o homem através de contato dérmico, inalação e/ou ingestão. Por serem biodegradáveis e de difícil eliminação, os metais podem se acumular por longos períodos no corpo humano, podendo ter efeitos tóxicos, carcinogênicos e mutagênicos para o organismo (GUO *et al.*, 2012).

Existem diversos estudos que utilizam organismos bioindicadores para identificação e monitoramento da qualidade do ar. As informações reveladas no biomonitoramento com plantas ou animais, normalmente são deduzidas das concentrações de substâncias específicas acumuladas no tecido do organismo monitorado (bioindicadores de acumulação), ou por mudanças de comportamento do organismo, como os impactos na composição ou riqueza de espécies, na fisiologia, na morfologia e/ou no desempenho ecológico (bioindicadores de reação) (TADIELLO *et al.*, 2015).

3.2 Contaminação do solo

A contaminação dos solos por metais pesados e metaloides pode ocorrer através de emissões oriundas de áreas industriais, rejeitos de minas, aterros sanitários e lixões, combustíveis, tintas, fertilizantes, pesticidas, lodo de esgotos, águas residuais de irrigação, resíduos da combustão de carvão, derrames de produtos petroquímicos e deposição de contaminantes atmosféricos (WUANA & OKIEIMEN, 2011). A migração desses contaminantes para áreas não contaminadas como poeira ou lixiviados através do solo e sua

disseminação são a principal fonte de contaminação dos ecossistemas.

A agricultura é uma das maiores fontes não pontuais de poluição por metais pesados, sendo as fontes principais as impurezas em fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, U, V e Zn); pesticidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn e Zn); preservativos de madeiras (As, Cu e Cr) e os dejetos de produção de aves e porcos (Cu e Zn).

Considerando que o solo é o principal sumidouro de metais pesados lançados no meio ambiente pelas atividades citadas acima e ao inverso dos contaminantes orgânicos, que podem ser oxidados a dióxido de carbono por ação dos micro-organismos, grande parte dos metais não sofre degradação química ou microbiana e sua concentração persiste por um longo período após sua introdução neste ambiente. No entanto, mudanças em suas formas químicas (especiação) e biodisponibilidade são possíveis (ZHANG, LIU & WANG, 2010).

Este tipo de contaminantes no solo representa um risco para os seres humanos e para os ecossistemas, por meio da ingestão direta ou contato com solo contaminado, pela cadeia alimentar, ingestão de água de lençóis aquáticos contaminados, comprometimento da qualidade de alimentos devido à fitotoxicidade e inviabilidade do uso da terra para produção agrícola. As restaurações desses ecossistemas exigem primeiramente a caracterização para a especiação dos metais e remediação destes contaminantes (WUANA & OKIEIMEN, 2011).

A contaminação dos solos por metais pesados está mais conhecida e entendida atualmente, entretanto tem se buscado desenvolver técnicas de descontaminação fundamentadas em processos naturais e com custo mais baixo. O uso de sistemas hidropônicos de cultivo, em que os nutrientes do solo são fornecidos através de solução aquosa contendo elementos químicos essenciais aos vegetais tem sido usado para contornar os problemas de contaminação do solo (AUGUSTO *et al.*, 2014).

Diferentes métodos vêm sendo usados para remoção destes contaminantes de solos, porém a maioria deles tem alto custo e não tem desempenho ideal. Dentre esses, os químicos e térmicos são difíceis tecnicamente e podem causar danos irreparáveis ao solo. Convencionalmente, a remediação de solos contaminados com metais envolve a remoção do local contaminado e a posterior disposição em aterro sanitário, porém, o uso deste método não é considerado ideal, pois apenas muda o problema de lugar, não eliminando os contaminantes. Adicionalmente, tem como inconveniente os riscos associados ao transporte do solo contaminado (TANGAHU *et al.*, 2011).

A lavagem do solo é uma forma alternativa para remoção de contaminantes. No entanto, é um método com alto custo e produz um resíduo rico em metais pesados, que irá requerer tratamento adicional. Além disso, essas tecnologias físico químicas usadas para a descontaminação do solo inviabilizam o posterior uso do mesmo para fins de cultivo, uma vez que removem a atividade biológica (AUGUSTO *et al.*, 2014).

Uma solução tecnológica, eficaz e acessível para a remoção de metais do solo é a fitorremediação. Este processo consiste no uso de plantas com capacidade excepcional de acumular metais para remoção de contaminantes dos solos, sedimentos e água e é baseada na capacidade de absorção de sistemas únicos e seletivos da raiz da planta, translocação, bioacumulação e habilidade de degradação de contaminantes de todo corpo da planta. Muitas espécies de plantas têm sido bem sucedidas em contaminantes absorventes, tais como Pb, Cd, Cr, As e vários radionuclídeos de solos (TANGAHU *et al.*, 2011).

Em trabalho realizado por Dias *et al.* (2014), foi realizada avaliação de uma área contaminada com elevadas concentrações de As, Cd, Cu, Pb e Zn no estado de Minas Gerais e possível implantação de um sistema de fitorremediação para descontaminação do solo. De acordo com os resultados obtidos no estudo, foi visto a real possibilidade de implementação desta técnica no local estudado, pois as características do solo (acidez, pH e saturação de alumínio) em conjunto com as características dos contaminantes (tipos e concentrações)

seriam ideais ao que as plantas poderiam suportar. No entanto, os autores do estudo mencionam que apesar da aplicabilidade da fitorremediação como técnica de recuperação ambiental ela ainda tem algumas limitações como a necessidade de cultivar um grande número de espécimes, o longo tempo para obtenção de resultados, as dificuldades de estabelecer as condições necessárias e a impossibilidade de remover poluentes abaixo do nível radicular.

3.3 Contaminação de sedimentos

Lagoas costeiras e estuários são considerados ecossistemas de transição complexos, que quando são submetidos a grandes impactos antropogênicos sofrem flutuações significativas em seus parâmetros físico químicos. Estes ecossistemas estão ameaçados pela crescente descarga de contaminantes de fontes urbanas, agrícolas e industriais. Estes contaminantes têm sido frequentemente detectados e persistem em sedimentos, água e biota podendo causar efeitos deletérios sobre habitats da vida selvagem, degradação de ecossistemas e à saúde humana (CHALGHMI *et al.*, 2016).

Metais pesados lançados em um sistema fluvial, seja por fontes naturais ou por fontes antrópicas, irão ser distribuídos entre as fases do sedimento e as camadas aquosas. Devido aos processos de adsorção, hidrólise e co-precipitação apenas uma pequena porção de íons metálicos livres permanece dissolvido na água, sendo que a maior parte destes íons se deposita no sedimento. Estudos revelam que até 98% da carga total de metal presente em um rio possa ser transportado numa forma associada ao sedimento (VAROL & ŞEN, 2012).

Segundo Varol e Şen (2012), o sedimento é um dos componentes ecologicamente mais importantes do ambiente aquático desempenhando um papel significativo na manutenção do estado trófico de qualquer corpo d'água. Paralelamente a isto, também consiste em um reservatório e transportador de contaminantes, como os metais pesados. De acordo com Betemps, Sanches e Kerstner (2014), o sedimento reflete a qualidade corrente do sistema aquático, tendo um papel importante na identificação de contaminação dos rios e córregos. Por isso, ele representa um meio para concentrar metais nos ambientes aquáticos, podendo ser usado como indicador de poluição.

Análises de sedimentos de um rio, por exemplo, constitui-se um método útil para o estudo da poluição em determinada área. Metais armazenados nos sedimentos podem servir como futuras fontes de contaminação. Por exemplo, se o rio for geomorfologicamente ativo, possuir bancos de canal ou superfícies de baixa altitude e apresentar elevadas concentrações de metais, o armazenamento metálico pode ser curto, consistindo em uma ameaça eminente de poluição à jusante. Caso contrário, se as concentrações de metais estiverem espalhadas de forma uniforme em toda a planície de inundação do rio, apresentar posições topográficas mais altas, ser geomorfologicamente pouco acidentável, os sedimentos metálicos podem permanecer armazenados por décadas ou até mesmo séculos (VAROL & ŞEN, 2012).

De acordo com Chalghmi *et al.* (2016), a contaminação ambiental por metais é uma questão de constante preocupação, especialmente em ambientes marinhos, devido a sua abundância, persistência e bioacumulação. Nos sedimentos, eles podem ser acumulados e se fixarem, podendo ser liberados por uma perturbação natural ou antropogênica, atuando, assim, como uma fonte de contaminação das águas. Esta acumulação nos sedimentos pode fornecer um histórico da entrada dos metais no local, enquanto a acumulação na biota pode indicar a biodisponibilidade de cada

metal. Medindo as mudanças em nível bioquímico, celular e fisiológico através do uso de bioindicadores é possível complementar as informações ecotoxicológicas desses contaminantes.

A utilização de multibiomarcadores tem sido aplicada para avaliar a qualidade ambiental de lagoas com a finalidade de avaliar os efeitos biológicos de metais em organismos aquáticos e compreender as interações entre os metais, sua evolução espaço-temporal e especificidade em ambientes aquáticos. Moluscos bivalves, em especial, moluscos marinhos, tem sido usado como bioindicadores de qualidade ambiental, principalmente para identificar e quantificar a contaminação por metais pesados. Esses organismos, com ampla distribuição, pouca mobilidade, tolerantes a uma ampla gama de condições ambientais, associado a seu hábito alimentar, baixo metabolismo, reúne características favoráveis à bioacumulação e, por conseguinte, apresentam-se como potenciais matrizes para estudos na área (CHALGHMI *et al.*, 2016).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento populacional aliado ao aumento da urbanização e industrialização ocasionou uma elevação no consumo mundial de água e deu origem a um dos maiores problemas enfrentados atualmente, a escassez de água. O manejo inadequado dos recursos hídricos agrava este problema, devido à poluição dos corpos d'água e os efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde humana (2º CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG: GESTÃO DA ÁGUA E MONITORAMENTO AMBIENTAL, 2015).

De acordo com Varol e Şen (2012), a contaminação ambiental por metais em ambientes aquáticos tem recebido especial atenção nos últimos tempos, devido sua toxicidade, abundância e persistência no ambiente e a facilidade de bioacumulação. Contaminantes com metais pesados podem se acumular em micro-organismos, flora e fauna aquáticas, podendo entrar na cadeia alimentar humana causando problemas à saúde. Contaminantes com metais pesados podem chegar aos ambientes aquáticos a partir de uma gama de fontes naturais e/ou antropogênicas, como mencionado anteriormente.

Os metais lançados no ambiente podem ser carregados para o ambiente hídrico pelo escoamento de águas superficiais proveniente das chuvas, seguindo para o meio aquático na forma química livre ou iônica (DA SILVA & ESTANISLAU, 2015). A ação tóxica dos metais nos organismos aquáticos ocorre através da contínua entrada de metais pesados. Nestes ambientes, os organismos estão expostos tanto a metais dissolvidos na água quanto aos presentes na cadeia trófica.

A fim de entender os processos de acumulação e transferência trófica e os efeitos dos metais dentro de um ecossistema, deve-se fazer uma investigação sobre seu comportamento sob uma ótica química e biológica. Inicialmente, deve-se levar em consideração seu comportamento químico em ambientes aquáticos e o nível de interação e de concentração do metal. Logo após, deve-se identificar o nível de retenção do metal dentro da cadeia alimentar, enfatizando os produtores primários, onde seria a entrada desses elementos na cadeia trófica e por fim, devem-se compreender os processos que controlam a retenção do metal em nível molecular, celular, no organismo, na população, na comunidade e no ecossistema (RODGHER *et al.*, 2012).

Atividades de mineração, fundição, agrícolas e descarte de efluentes ou resíduos não tratados ou parcialmente tratados são as principais fontes antropogênicas de contaminação por metais pesados. Já as fontes naturais de inclusão de metais em ambientes aquáticos, podem ser degradação de rochas e agentes atmosféricos (LI *et al.*, 2013).

Estudos sobre bioacumulação de metais pesados em peixes demonstraram ser

interessantes e efetivos para a identificação de contaminação ambiental. Substâncias nocivas, como metais pesados, liberados em ambientes aquáticos, são acumulados nos organismos e transportados através da cadeia alimentar, o que pode causar riscos à saúde humana pelo consumo de peixes contaminados. Dependendo de uma variedade de fatores como: características da espécie, período de exposição, concentração do elemento e fatores abióticos (temperatura, salinidade, pH e alterações sazonais) os peixes podem absorver estes contaminantes a partir do ambiente (COPAT *et al.*, 2012).

Niencheski et al. (2016), em seu estudo defende que a biota é um dos compartimentos mais utilizados para monitorar o ambiente, pois é capaz de fornecer informações sobre a contaminação ao longo do tempo. Também menciona que, embora existam estudos sobre a bioacumulação de metais, é pouco conhecido o *status* de contaminação em peixes e organismos filtradores em diferentes ecossistemas brasileiros, os quais abrigam uma grande variedade de espécies. Nos peixes, a intoxicação por metais causa uma série de distúrbios, como a diminuição das defesas imunológicas, a baixa fertilidade, a redução da taxa de crescimento e patologias variadas, que aumentam sua taxa de mortalidade.

Nos organismos aquáticos, o processo acumulativo de metais abrange a bioconcentração, a bioacumulação e biomagnificação. Sendo a bioconcentração o processo de absorção dos elementos químicos por meio das superfícies dérmicas e respiratórias, não apresentando ligação com a exposição alimentar ao contaminante. Já a bioacumulação engloba todas as rotas de exposição ao contaminante, inclusive a dieta alimentar. E a biomagnificação, consiste na transferência de compostos metálicos através dos níveis tróficos por ingestão direta de alimentos contaminados, normalmente dando origem a concentrações mais altas no organismo do que na fonte alimentar. (DA SILVA & ESTANISLAU, 2015).

5. REFERÊNCIAS

- INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE – INAC, 2013, Recife, PE. **Utilização da bromélia *Tillandsia usneoides* L. no biomonitoramento da poluição atmosférica na região metropolitana de São Paulo - SP, Brasil.** Recife: Associação Brasileira de Energia Nuclear – ABEN, 2013.
- AUGUSTO, A. S. et al. Bioacumulação de metais pesados em *Brassica juncea*: Relação de toxicidade com elementos essenciais. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 5, p. 1221-1236, 2014.
- BAGGIO H. Fonte, distribuição e características geoquímicas dos sedimentos de corrente do Rio do Formoso - MG. **Unimontes Científica**, v. 15, n. 1, p. 11-17, 2013.
- BETEMPS, G. R.; SANCHES FILHO, P. J.; KERSTNER, T. Caracterização físico- química da água e determinação de metais pesados (Cr, Cu, Pb e Zn) no sedimento do riacho Arroio do Padre (Arroio do Padre, Brasil/RS). **Revista Thema**, v. 11, n. 2, p. 4-20, 2014.
- BIONDI, C. M. et al. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni e Co em solos de referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, 2011.
- BRASIL, Resolução CONAMA 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>. Acesso em: 01 julho de 2016.
- BRASIL, Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em: 01 julho de 2016.

- BUCCI, M. M. H. S. **Estudo da qualidade da água na Represa Dr. João Penido: metais, agrotóxicos, índices de qualidade da água e de estado trófico (Juiz de Fora, MG)**. Juiz de Fora: EdUFJF, 2015.
- CHALGHMI, H. et al. Combined effects of metal contamination and abiotic parameters on biomarker responses in clam *Ruditapes decussatus gills*: an integrated approach in biomonitoring of *Tunis lagoon*. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 18, n. 7, p. 895-907, 2016.
- COPAT, C. et al. Heavy metals concentrations in fish from sicily (mediterranean sea) and evaluation of possible health risks to consumers. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 88, n. 1, p. 78-83, 2012.
- DA SILVA, M. W.; ESTANISLAU, C. A. M. Concentração de mercúrio em peixes da Amazônia. **Boletim ABLinno**, v. 41, n. 1, p. 8-14, 2015.
- DIAS, N. et al. Avaliação da contaminação e proposta de remediação de solos em clima tropical, na envolvente de uma unidade de processamento de metais pesados, Minas Gerais, Brasil. **Comunicações Geológicas**, v. 101, n. Especial II, p. 981-985, 2014.
- DUFFUS, J. H. "Heavy metals" a meaningless term? **Pure and Applied Chemistry**, v. 74, n. 5, p. 793-807, 2002.
- FRANCO, M. W. **Avaliação da qualidade ambiental no entorno de áreas de mineração e análise da exposição da cianobactéria *Synechococcus nidulans* a oxiânions de arsênio**. Belo Horizonte: EdUFMG, 2014.
- GUNAWARDENA, J. et al. Atmospheric deposition as a source of heavy metals in urban stormwater. **Atmospheric Environment**, v. 68, p. 235-242, 2013.
- GUO, G. et al. Spatial distribution and pollution assessment of heavy metals in urban soils from southwest China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 24, n. 3, p. 410- 418, 2012.
- KEMERICH, P. D. C. et al. Indicative of environmental pollution by heavy metals in landfill. **Monografias Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 3744-3755, 2014.
- LI, G. et al. Heavy metals distribution and contamination in surface sediments of the coastal Shandong Peninsula (Yellow Sea). **Marine Pollution Bulletin**, v.76, n. 1, p. 420-426, 2013.
- NIENCHESKI, L. F. et al. Metais traço em peixes e filtradores em quatro estuários da costa brasileira. **Tropical Oceanography**, v. 42, n. 1, p. 94-106, 2016.
- SANTOS, C. et al. Heavy metal contamination in fish and water from Cassiporé River basin, State of Amapá, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 4, p. 405-414, 2015. 2º CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG: GESTÃO DA ÁGUA E MONITORAMENTO AMBIENTAL, 2015, Aracajú, SE. **Metais pesados em lodo de esgoto da ETE Laboreaux (Itabira/MG): quantificação total e restrições ao uso na fertilização de solos em áreas agrícolas**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.
- MARTINS, L. et al. Análise geoquímica dos sedimentos de um curso de água contaminado por metais pesados na área de uma unidade fabril metalúrgica, Minas Gerais, Brasil. **Comunicações Geológicas**, v. 101, n. Especial II, p. 1023-1026, 2014.
- MURO JÚNIOR, A. **Proposta de implementação de legislação ambiental, através de políticas de controle de poluição atmosférica, por meio de sistemas de monitoramento passivo**. Goiânia: EdUFG, 2013.
- RIZZO, F. A. **Níveis de metais no solo e na água da microbacia do distrito industrial do Pequiá, município de Açailândia, MA**. Rio de Janeiro: EdFOC, 2015.
- RODGHER, S. et al. Cadmium and chromium toxicity to *Pseudokirchneriella subcapitata* and *Microcystis aeruginosa*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, n. 1, p. 161-169, 2012.
- SOUZA, V. A.; WASSERMAN, J. C. Mercury distribution in sediments of a shallow tropical reservoir in Brazil. **Geochimica Brasiliensis**, v. 28, n. 2, p. 149-160, 2015. SOUZA, V. A.

Análise de metais (Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Al e Hg), em sedimentos superficiais do reservatório de Jurtunaíba, Rio de Janeiro, Brasil. Niterói: EdUFF, 2016.

SOUZA, V. L. B. et al. Biodisponibilidade de metais-traço em sedimentos: uma revisão. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2015.

STEPANOVA, L. P.; YAKOVLEVA, E. V.; PISAREV, A.V. The environmental assessment of the intensity of heavy metal accumulation in anthropogenically transformed soils. **Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development**, v. 5, n. 1, 23-26, 2016.

TADIELLO, R. B. et al. Utilização da *Tillandsia aeranthos* como bioindicador de poluição atmosférica, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. **Revista Tecnológica**, v. 23, n. 1, p. 85-98, 2015.

TANGAHU, B. V. et al. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. **International Journal of Chemical Engineering**, v. 2011, 2011.

TORRES, I. F. A. et al. Elementos traço e agrotóxicos em amostras de água, sedimento e mata ciliar coletadas no entorno do Ribeirão da Mata (MG). **Revista de Estudos Ambientais**, v. 15, n. 1, p. 6-19, 2014.

VAROL, M.; ŞEN, B. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. **Catena**, v. 92, p. 1- 10, 2012.

VIRGA, R. H. P.; GERALDO, L. P.; SANTOS, F. H. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siris azuis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 787-792, 2007.

ZHANG, M. K.; LIU, Z. Y.; WANG, H. Use of single extraction methods to predict bioavailability of heavy metals in polluted soils to rice. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 41, n. 7, p. 820-831, 2010.

WU, Q. et al. Heavy metal contamination of soil and water in the vicinity of an abandoned e-waste recycling site: implications for dissemination of heavy metals. **Science of the Total Environment**, v. 506, p. 217-225, 2015.

WUANA, R. A.; OKIEIMEN, F. E. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. **Isrn Ecology**, v. 2011, 2011.

CAPÍTULO 12

CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR DOMISSANITÁRIOS

Elizandra Gomes Schmitt
Emanoeli da Rosa
Marcus Vinícius Morini Querol
Luís Flávio Souza de Oliveira
Michel Mansur Machado

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os domissanitários são substâncias ou preparações destinadas à higienização ou desinfecção de ambientes coletivos ou públicos e representam uma grande variedade de agentes de limpeza, incluindo desinfetantes definidos como um agente químico ou físico que inativam microrganismos vegetativos, mas não necessariamente esporos resistentes (BRASIL, 2013). Esses produtos são comuns em residências e nas indústrias devido a facilidade de compra, além de odor agradável. Como exemplo desses produtos, podemos citar: água sanitárias, desinfetantes, desodorizantes, desengraxantes, removedores de manchas, entre outros (PINHEIRO et al., 2014).

Os domissanitários são potenciais geradores de quadros de toxicidade em humanos e animais, muito em função de seu emprego no ambiente doméstico e suas adjacências, especialmente quando aplicados de forma excessiva e continuamente. Estão presentes em registros de intoxicação intencional e acidental, atingindo, portanto, diferentes faixas etárias, como também animais (OLIVEIRA & BURIOLA, 2009).

Não menos importante, em função da precariedade das redes de esgoto no país, os domissanitários também fazem parte dos agentes toxicantes e poluentes em corpos de água e solo. Dessa forma, há de se haver uma conscientização e medidas efetivas quanto a essa problemática, que vai desde a clandestinidade e comercialização de produtos sem controle de qualidade - segurança dos ingredientes que os compõe, passando pelo uso e descarte corretos desse tipo de produto. Não há como negar a importância dos domissanitários nas atividades antropogênicas, mas também não há como digredir dos riscos à saúde, caso não se observe alguns importantes pressupostos de uso racional (BRASIL, 2003).

2. CLASSES DE DOMISSANITÁRIOS

Saneantes domissanitários são as substâncias ou preparações destinadas à higienização, desinfecção ou desinfestação domiciliar, em ambientes coletivos ou públicos, em lugares de uso comum e no tratamento da água. São subdivididos em quatro grupos: produtos de limpeza (detergentes, lava-louças, sabão de coco e congêneres); de ação antimicrobiana, tais como desinfetantes e esterilizantes usados em diversos ambientes; desinfetantes, como raticidas e inseticidas; produtos biológicos de uso domiciliar, como os que são utilizados para remover matéria orgânica de caixas de gordura ou aqueles empregados nos hospitais ou clínicas, tanto para superfície quanto para instrumentos e materiais de

procedimentos cirúrgicos (BRASIL, 2001).

2.1 Surfactantes

Surfactantes ou tensoativos são compostos que apresentam em sua estrutura um grupo apolar constituído de cadeias carbônicas longas com um grupo catiônico ou aniônico em sua extremidade. Esses produtos são amplamente utilizados na produção de detergentes, que, devido ao poder anfifílico, podem remover sujeiras que a água não é capaz de fazê-lo. Adicionalmente, são utilizados para a produção de tintas, plásticos, herbicidas, pesticidas, nos processos de indústrias têxteis, mineradoras e alimentícia (CUNHA & LOBATO, 2001).

Os detergentes são importantes causadores da poluição aquática, pois possuem em sua composição grupamento fosfato, que contribui para o processo de eutrofização, dificultando trocas gasosas entre a superfície da água e a atmosfera, incidindo diretamente sobre a mortalidade de organismos aquáticos aeróbios (PAUTA-PRADO & MORALES-VELASCO, 2013). O processo de fabricação de detergentes representa mais de 50% do uso de surfactantes. Os detergentes são amplamente utilizados a nível industrial durante as etapas de limpeza ou lavagem na linha de produção, por exemplo, o fato de poder ser misturado a outras substâncias, devido a característica de se manter neutro em solução aquosa (LEE et al., 2016.)

Dentro do contexto biológico, os surfactantes interagem principalmente com componentes da membrana celular, enfraquecendo as estruturas de proteção dos organismos. Com base nessa característica, possuem ação bactericida e bacteriostática em baixas concentrações, podendo, ainda, disponibilizar poluentes orgânicos muitas vezes insolúveis, como pesticidas e derivados do petróleo, além de remobilizar metais na água e no solo, aumentando a absorção de diversos poluentes por diferentes organismos. Sendo assim, além dessas características, sua toxicidade está diretamente associada ao tipo de surfactante ou à combinação destes, podendo ser protagonistas ou adjuvantes em diversas manifestações de quadros clínicos ou, ainda, induzir o aparecimento de distúrbios como retardo no crescimento e espasmos musculares em animais aquáticos (FAO, 1993).

No Brasil, a produção de detergentes sintéticos tem crescido consideravelmente, sendo responsável por quase metade das vendas de produtos de limpeza da América Latina. Apesar do consumo excessivo, a falta de tratamento de esgoto domiciliar em áreas urbanas tem causado efeitos indesejáveis, como a formação de espumas nas águas dos rios, acarretando problemas ambientais graves, como a dispersão de poluentes através de ventos, fazendo com que se atinjam grandes distâncias (PENTEADO, SEUD & CARVALHO, 2006).

Tendo em vista que os tensoativos alquilbenzenosulfonato (ABS), são resistentes à biodegradação ambiental e produzem espumas excessivamente, houve tensionamento para buscar uma alternativa de geração de produtos biodegradáveis que os substituísse, pois tensoativos ABS tendem a acumular-se em corpos aquáticos. A proposta é o emprego de Alquilbenzenosulfonato Linear (LAS) (IVANKOVIC & HRENOVIC, 2010).

O LAS é uma mistura de inúmeros homólogos e isômeros com diferentes massas moleculares, a sua biodegradação pode ser afetada por sua estrutura, pois o tamanho da sua cadeia linear e a posição do grupo fenila na cadeia alquílica interfere na constante de biodegradação. Por outro lado, os demais componentes das formulações comerciais, como enzimas, polímeros naturais modificados ou sintéticos e branqueadores ópticos podem afetar a remoção de tensoativos do meio ambiente (PENTEADO, SEUD e CARVALHO, 2006).

Os principais problemas decorrentes do acúmulo de LAS são a diminuição da

concentração de elementos necessários para a vida aquática, diminuição da penetrabilidade de luz e aumento da concentração dos compostos xenobióticos nos corpos de água. Embora não ocorra uma fotodegradação significativa no ambiente pelo LAS, inúmeros mecanismos de remoção têm sido reconhecidos como precipitação, absorção e biodegradação. O fato de o Brasil apresentar atividades industriais amplamente difundidas próximas à costa territorial, e levando em consideração a baixa eficiência do tratamento de efluentes urbanos, a contaminação do ambiente marinho por surfactantes é uma variável certa e esperada. Dados descritos na literatura evidenciam que o teor de tensoativos em águas brasileiras é elevado, confirmando essa hipótese (SANTOS JÚNIOR et al., 2012).

Cserhat et al. (2002), apontam em seu estudo que o efeito dos surfactantes tem afetado no crescimento e no comportamento alimentar dos peixes, sendo, portanto, preciso obter meios de fazer um descarte correto desses produtos, para que não acabem nos efluentes e, assim, se evite a contaminação da flora e fauna aquáticas.

O ácido sulfônico é a matéria ativa do detergente e, se ingerido, provoca queimaduras, vômitos e dores abdominais, que é acentuada pelo seu poder corrosivo. Adicionalmente, pode ser substrato para reações catalisadas por metais, de forma a gerar hidrogênio e, na sequência, formar misturas explosivas com o ar. É bem estabelecido a constatação de efeitos ambientais, como a alteração do pH e a formação de espuma, com risco de contaminação de solo e lençol freático, o que é visivelmente prejudicial à vida aquática (SILVA et al., 2014).

2.2 Inseticidas

Os inseticidas são as substâncias mais utilizadas nas áreas agrícolas e em programas de saúde pública, em especial para controle de vetores como o mosquito transmissor da dengue, chikungunya, zika, entre outros. O extenso uso desses produtos faz com que, invariavelmente, haja exposição humana e animal aos mesmos. O nível de intoxicação ou manifestações clínicas frente a exposições é dependente do tipo de inseticida em questão, a via de absorção envolvida, a sensibilidade individual e, como um dos principais fatores, o tempo de exposição aos compostos ou produtos (BRASIL, 2012).

Dentre os inseticidas utilizados, estão os da classe dos organofosforados e carbonatos. O primeiro, um inibidor irreversível da acetilcolinesterase; o segundo, um inibidor reversível da mesma enzima. Essas características, por si só, já dimensionam a gravidade dos quadros de intoxicação por um e por outro. Uma vez inibida a acetilcolinesterase em seu resíduo de serina pelo grupamento fosfato ou carbamato dos inseticidas supracitados, não há metabolização de acetilcolina e, portanto, ocorre uma permanência maior deste neurotransmissor na fenda sináptica ou neuromuscular. Esse fenômeno deflagra uma síndrome colinérgica que, por sua vez, tem como efeito mais deletério a parada respiratória, motivo maior dos óbitos registrados a partir de intoxicações por essas classes de inseticidas (OLIVEIRA & BURIOLA, 2009).

Além da parada respiratória, a sintomatologia é bem mais abrangente dada a instalação da síndrome colinérgica, que se manifesta em diferentes níveis de gravidade, a qual é dependente das razões acima expostas. Dentre as manifestações, podem estar presentes: reações alérgicas, distúrbios no trato respiratório, distúrbios gastrointestinais, cardiovasculares e manifestações oculares como conjuntivite, bem como prurido e lesões dérmicas (BRASIL, 2012).

Não bastasse, longos períodos de exposição podem levar a danos ao nível de sistema nervoso central, causando ansiedade, agitação, cefaleia, dificuldade na fala, tremores, convulsões e coma. Em outros casos, alguns sintomas tardios após intoxicação aguda pode

levar a síndrome neurológica intermediária, que decorre de 12 h a 7 dias após o evento de intoxicação, a qual é caracterizada por fraqueza muscular nos músculos responsáveis pela respiração e do pescoço, bem como fraqueza muscular dos membros inferiores e superiores; ou ainda, o quadro de polineuropatia tardia, que, embora rara seja fatal na maioria dos casos, decorre de 6 a 21 dias após exposição por qualquer via de absorção (OLIVEIRA & BURIOLA, 2009; VILELA, MARAGOLI & MORRONE, 2003).

A maioria das intoxicações por esses produtos ocorre em países em desenvolvimento e sem higiene adequada, ainda que esses países representem apenas 25% do consumo global de inseticidas, eles contabilizam cerca de 99% dos relatos de morte (OLIVEIRA e BURIOLA, 2009).

No Brasil, estudos realizados no nordeste do Paraná demonstraram que os casos de intoxicação envolvendo inseticidas inibidores de colinesterases podem estar associados ao uso desses produtos na produção de grãos como o milho e a larga escala de uso, por serem produtos com custo de aquisição menor quando comparados a outros (OLIVEIRA & BURIOLA, 2009).

2.3 Rodenticidas

Com o crescimento desordenado das cidades somado à falta de políticas de saneamento efetivas, se propicia o desenvolvimento de animais, como roedores, que se adaptam facilmente a diferentes condições. Associado a isso, está a alta taxa reprodutiva dos mesmos, o que corrobora e multiplica sua extensão territorial e, por consequência, os dados provocados sobre a saúde e produção. Essa problemática, por sua vez, incita sobremaneira ao uso de produtos para combater infestações desses animais. Dessa forma, os rodenticidas acabam por serem instalados no seio das acomodações familiares que, nem sempre dispensam o cuidado necessário quanto à guarda e acondicionamento desses produtos, gerando exposição e riscos desnecessários aos familiares, em especial, às crianças - maiores vítimas por ingestão acidental, que são atraídas pela coloração e forma das apresentações comercializadas (FERREIRA & FIGUEIREDO, 1982).

Tais compostos são classificados em agudos e crônicos. Os rodenticidas agudos, como o arsênio, a estricnina, o sulfato de tálio causam a morte do roedor em até 24 horas após a ingestão, mas foram proibidos no Brasil devido à alta toxicidade; todavia, há possibilidade de se deparar com os mesmos em função do mercado ilegal de substâncias ou produtos, infelizmente. Já os crônicos, também chamados de modernos, têm a efetividade materializada mais tardiamente, isto é, levam o roedor à morte em alguns dias após a ingestão. Contudo, são largamente utilizados em todo o mundo por serem mais seguros e por existir antídoto: a vitamina K (AMARAL et al., 2015).

Esses últimos têm efeito anticoagulante, ou seja, impedem o processo de coagulação sanguínea provocando hemorragias internas que culminam na morte do animal. Essa classe inclui os hidroxycumarínicos de primeira geração, como a cumarina e a warfarina; os de segunda geração, como o bromadiolona e a bromadiolona; e anticoagulantes indanediônicos, como a difacinona, a difenadiona, a clorofacinona, o velone e o pidone. Rodenticidas anticoagulantes inibem o sistema vitamina K peróxido redutase, o que gera incapacidade do organismo em ativar a vitamina K1. Os sinais clínicos se desenvolvem quando a toxina deixa de ativar proteínas de coagulação inativas e fatores ativos se esgotam, ocorrendo sangramento e outros sinais, como depressão, fraqueza e palidez (AMARAL et al., 2015).

A estricnina, como supracitado, rodenticida de uso proibido, age aumentando a

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) excitabilidade reflexa da medula espinhal. Assim, o controle normal dos estímulos neurais é perdido, provocando a contração simultânea de todos os músculos do corpo (OGA, CAMARGO & BATISTUZZO, 2014).

O arsênio, ingrediente ativo de outros rodenticidas, também com comercialização vetada no Brasil, se apresenta de diversas formas, incluindo espécies orgânicas e inorgânicas. Esse metal também está presente em poeiras antropogênicas, como em processos biológicos, processos químicos e industriais, como na manufatura de vidros, de materiais semicondutores e de fotocondutores. Não menos importante, também compõe fontes naturais, como na erupção de vulcões em atividade, solos e rochas banhadas por corpos de água ou não. Sendo assim, fica fácil prevermos sua distribuição ubíqua (BUCHET & LISON, 2000; CARABANTES & FERNICOLA, 2003).

Outra classe de rodenticidas são os análogos à vitamina D ou mesmo à base de vitamina D, os quais são encontrados sob forma de iscas para roedores. Esse tipo de rodenticidas provoca hipercalcemia pelo aumento de sua absorção intestinal, das reabsorções renal e óssea. A ação hipercalcêmica máxima ocorre de 10 a 24h após a ingestão, com duração média de 2 meses. Dentre as manifestações mais comuns estão a anorexia, o vômito, a diarreia, a poliúria, a polidipsia e a insuficiência renal (OLIVEIRA E MENEZES, 2003).

3. RISCOS À SAÚDE

O risco de intoxicações por domissanitários tem se posicionado entre os primeiros cinco agentes causadores de quadros de intoxicação. Esses dados alertam para possíveis problemas no que se refere à utilização e disponibilidade desses produtos. As mulheres são consideradas a população com maior acessibilidade e, portanto, maior exposição, muito embora elas estejam progressivamente mais envolvidas com atividades fora do ambiente domiciliar (FOOK et al., 2013).

O termo saneante designa, como já fora citado, o produto químico cuja aplicação se destina à limpeza geral, desinfecção e desinfestação de ambientes, objetos e superfícies, bem como tratamento da água. Todas essas aplicações são reconhecidamente necessárias, pois se integram às práticas antropogênicas, como a erradicação de doenças, epidemias, dentre outras, mas, que devido ao seu uso abusivo, tem aumentado o risco à saúde humana e dos ecossistemas. Contudo, todo e qualquer saneante manufaturado, vendido ou distribuído deve receber autorização do Ministério da Saúde, caso contrário, o produto se reveste de natureza “clandestina” ou “pirata” (BRASIL, 2009; PINHEIRO et al., 2014).

A realidade é que esse mercado ilegal existe, muitas vezes devido à falta de recurso financeiro ou de conhecimento, ou até mesmo por falta de interesse em regulamentar sua empresa. O fabricante, entretanto, teria por dever apresentar um produto de qualidade a fim de promover a saúde e a segurança do consumidor. Mas não é o que se observa em muitas das ruas de nossas cidades, onde, se pode avistar a venda de produtos clandestinos e artesanais, oferecidos em embalagens inapropriadas, expostos a elevadas temperaturas e luz solar, sequer com alguma identificação

A escolha da formulação é um item essencial, pois é um fator determinante do risco ao qual o fabricante, o consumidor e o meio ambiente estarão expostos e responsabilizados. Contudo, essas questões não são levadas em consideração no fabrico e na venda clandestina de produtos clandestinos, que, de maneira geral, se concentram na produção de água sanitária, amaciantes e desinfetantes, os quais chamam a atenção dos clientes por promessas de eficácia do vendedor, de suas apresentações - com cores fortes e essências diversas, e o baixo custo (BRASIL, 2013).

Pessoas que adquirem esses produtos clandestinos colocam em risco não só a própria segurança, uma vez que produtos assim não passam por nenhuma inspeção de qualidade, e os danos causados pelo uso indiscriminado podem atingir tanto o ser humano, quanto o meio ambiente e suas espécies (SILVA & FRUCHTENGARTEN, 2005).

Figura 1: Produtos domissaneantes de fabricação clandestina.



Fonte: Conselho Regional de Química- 8º região (2016).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) tem alertado aos consumidores quanto aos riscos da aquisição de saneantes clandestinos, destacando a importância das informações necessárias no rótulo e acondicionamento adequado, uma vez que esses produtos não possuem nenhum tipo de avaliação quanto à eficácia e possíveis contaminações, diminuindo a segurança do consumidor.

4. RISCO AO MEIO AMBIENTE

Do ponto de vista ambiental, o excesso de produtos de limpeza em corpos de água tem diminuído o poder autodepurador devido sua ação germicida, que inibe a oxidação biológica do meio (Figura 2). É bem sabido que grande parte dos compostos presentes nas formulações de domissaneantes passam pela rede de tratamento esgoto e atingem mananciais de abastecimento, sem contar a precariedade, e até inexistência de sistemas de tratamento em inúmeras regiões do país, e, não obstante, ao nível mundial. (LANDRIGAN e GARG, 2002).

Figura 2: Descarte de produtos sem procedência no meio ambiente.



Fonte: Vigilância Sanitária do município de Novo Hamburgo, RS (2016).

De acordo com os dados do SINITOX, os domissanitários são protagonistas de uma significativa parcela de intoxicação humana e contaminação ambiental. Tal condição é decorrente da desinformação que a população tem sobre esses produtos, que se expõem pelo uso, manipulação, acondicionamento e guarda inadequados, comprometendo, sobremaneira, a saúde de crianças, que os consomem pensando se tratar de bebida refrigerante ou alguma guloseima.

Um comparativo realizado pelo SINITOX em 2012 descreve o tipo de agentes intoxicantes e os registros das intoxicações por regiões do Brasil. A intoxicação por domissanitários ocupa o segundo lugar, somente atrás dos medicamentos em todas as regiões do país, com maior atenção para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Interessante destacar que as intoxicações por rodenticidas domésticos apresentaram um maior número de notificações nas regiões Centro-Oeste e Sul.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de domissanitários tem sido alvo de alerta em relação aos inúmeros casos de intoxicações provocados por estes produtos, uma vez que sua aquisição é fácil, relativamente barata e seu uso e manipulação são inadequados. Adicionalmente, seu descarte, que também costuma ser inadequado, não sofre qualquer processo de fiscalização, pois não há a obrigatoriedade legal em fazê-lo, muito menos a penalização judicial deste ato. Não bastasse, há uma produção e comercialização paralela à permitida e regulamentada pelos órgãos de controle, portanto, sem procedência ou qualquer tipo de controle de qualidade, o que corrobora para potencializar os riscos à saúde de humanos e animais, sem considerar o meio ambiente como um todo.

Dentre às questões que permeiam o meio ambiente, a via de dissipação mais importante é a aquática, onde, por meio da veiculação doméstica ou industrial, os resíduos de domissanitários acumulam-se em corpos de água que irão abastecer ciclicamente as próprias vicissitudes antropogênicas. E quando não o fazem, acabam por dispersar-se em corpos de água que afetam o meio ambiente. De qualquer sorte, a curto, médio ou longo

prazo, de forma direta ou indireta, esses resíduos acabam, invariavelmente, por nos alcançar em algum momento.

Não se nega a importância de seu emprego nas ações e atividades cotidianas. Pelo contrário, se reconhece que o emprego de domissanitários é crucial para a manutenção da saúde pública coletiva e individual. Contudo, se percebe que há carência de informações sobre a potencialidade de riscos associados ao seu mau uso, de forma irracional quanto as proporções e quantidades utilizadas, bem como do descarte de alguns desses produtos.

Desta forma, pensa-se não haver outro caminho que não o da conscientização e punição aos abusos e descaminhos frente à produção de domissanitantes, de forma que a defesa à saúde humana, animal e do meio ambiente como um todo sejam preservadas.

6. REFERÊNCIAS

AMARAL, A. F, et al. Surto de intoxicação por cumarínico em leitões de maternidade. **Acta Scientiae Veterinariae**. v.43, n. 1, p.80, 2015.

BRASIL- Ministério da Justiça. Departamento de Proteção e Defesa do Consumidor e Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Consumo e saúde – Produtos de limpeza: diga não aos clandestinos. Ano 2, n. 12, 2009

BRASIL. Agência nacional de vigilância sanitária- ANVISA. Resolução nº 184 de 22 de outubro de 2001. Altera resolução 336 de 30 de julho de 1999. Diário Oficial, Brasília, DF, 23 de outubro de 2001.

BRASIL. Agência nacional de vigilância sanitária- ANVISA. Resolução nº 47, de 25 de outubro de 2013. Aprova o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Produtos Saneantes, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, DF, 2013.

BRASIL. Decreto Nº 8.077, DE 14 DE AGOSTO DE 2013. Regulamenta as condições para o funcionamento de empresas sujeitas ao licenciamento sanitário, e o registro, controle e monitoramento, no âmbito da vigilância sanitária, dos produtos de que trata a Lei no 6.360, de 23 de setembro de 1976, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, DF, 15 de agosto de 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Orientações para os consumidores de Saneantes. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária; 2003.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações Tóxico Farmacológica. SINITOX: Casos Registrados de Intoxicação Humana, de Intoxicação Animal e de Solicitação de Informação por Agente Tóxico. 2012. 1p. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/sinitox>

BUCHET, J. P; LISON, D. Clues and uncertainties in the risk assessment of arsenic in the drinking water. **Food Chem. Toxicol.**, Oxford, v. 38, p. 81-85, 2000.

CSERHÁT, T.; FORGACS, E.; OROS, G. Biological activity and environmental impact of surfactants. **Environ. Intern.**, v. 28, p. 337-348, 2002.

CUNHA, C.P.; LOBATO, N.; DIAS, S. Problemática dos tensoativos na indústria de produção de detergentes em Portugal. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2001.]

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Svobodová, Z.; Lloyd, R.; Máchová, J.; Vykusová, B. Water quality and fish health. **EIFAC Technical Paper**, n. 54, Rome, p.59, 1993.

FOOK, S. M. L et al. Poisoning with household cleaning products in a city in Northeast Brazil. **Cad. Saúde Pública**, v. 29, n.5, p. 1041-1045, 2013.

IVANKOVIC, T; HRENOVIC, J. Surfactants in the environment. **Arquivos de higiene industrial e toxicologia**, v. 61, n. 1, p. 95- 110, 2010.

LANDRIGAN, P. J.; GARG, A. Chronic effects of toxic environmental exposures on

- children's health. **Journal of Toxicology**, v. 40, n. 4, p. 449-456, 2002.
- LEE, S. A et al. Synthesis of environment friendly nonionic surfactants from sugar base and characterization of interfacial properties for detergent application. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 38, p. 157-166, 2016.
- OGA, S.; CAMARGO, M.M.A.; BATISTUZZO, J.A.O. Fundamentos de Toxicologia. ATHENEU Editora. SÃO PAULO, 3A. EDIÇÃO, 2008.
- OLIVEIRA, M. L. F; BURIOLA, A. A. Gravidade das intoxicações por inseticidas inibidores das colinesterases no noroeste do estado do Paraná, Brasil. **Revista Gaúcha de Enfermagem. (Online)** v. 30, n. 4, p. 648-655, 2009.
- OLIVEIRA, R. D. R; MENEZES, J. B. Intoxicações exógenas em Clínica Médica. **Medicina, Ribeirão Preto**, v. 36, p. 472-479, 2003.
- PALTA-PRADO, G. H; MORALES-VELASCO, S. Fitodepuración de aguas residuales domesticas con poaceas: *Brachiaria mutica*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximum* en el municipio de Popayán, Cauca. **Rev.Bio.Agro**, v. 11, n. 2, p. 57-65, 2013.
- PENTEADO, J.C.P; SEoud, O.A.E; CARVALHO, L.R.F, Alquilbenzeno Sulfonato Linear: Uma abordagem ambiental e analítica. **Química nova**, v. 29, n.5, p.1038-1046, 2006.
- PINHEIRO, G.A; MACEDO, I; SILVA, J.A; JANNINI, M.J.D.M. Conscientização sobre o uso correto de saneantes domissanitários visando a prevenção de acidentes, intoxicações e contaminação ambiental. **Revista Dialogos: Extensão e Aprendizagem: tempos e espaços**, v.19, n.1, p. 8-16, 2014.
- SANTOS JÚNIOR, L. A; LACERDA, M. F. A. R; SALES, P. T. F; SCHIMIDT, F; SANTIAGO, M. F. Avaliação do reuso de água de limpeza em uma indústria desabão em pó sintético. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 5, n. 2, p. 12- 19, 2012.
- SILVA, C. A. M; FRUCHTENGARTEN, L. Riscos químicos ambientais à saúde da criança. **Jornal de Pediatria**, v. 81, n. 5, p. 205-211, 2005.
- SILVA, N.G. et al. Análise do ciclo de vida para determinação dos impactos da produção de detergentes de forma irregular. Instituto Brasileiro de Gestão Ambiental. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/V-008.pdf>>.
- VILELA, R.A.G; MALAGOLI, M.E; MORRONE, L.C. Gerenciamento Participativo em Saúde do Trabalhador: uma experiência na atividade de controle de vetores. **Saúde Soc.** v.19, n.4, p.969-980, 2010.

CAPÍTULO 13

SOLVENTES ORGÂNICOS E SUAS IMPLICAÇÕES TOXICOLÓGICAS SOBRE A FLORA E FAUNA AQUÁTICAS

Aline Augusti Boligon
Vanessa da Silva Corralo

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Considerando a quantidade de água na Terra, a maior parte, é salgada (97%) e está distribuída nos mares e oceanos. Apenas 3% é doce e, excluindo a água congelada dos polos, a quantidade no planeta cai para 0,6% (PENATTI & GUIMARÃES, 2011). A água subterrânea representa, em termos globais, mais de 97% da água doce do mundo que está disponível para uso humano. Nesse sentido, o Brasil é um país privilegiado pois possui 12% das reservas mundiais de água doce e apresenta a rede hidrográfica mais extensa (ANA, 2002).

As águas subterrâneas são utilizadas como fonte de abastecimento doméstico, industrial e agrícola. Países como Alemanha, Bélgica, França, Holanda, Rússia e Suíça utilizam 70 a 90% da demanda do abastecimento público pelas águas subterrâneas (REBOUÇAS et al., 1999).

Mediante esses dados, é possível perceber a importância da água subterrânea para a humanidade, porém esta problemática nem sempre recebe a devida atenção, mesmo sendo a contaminação por combustíveis derivados de petróleo uma preocupação crescente no Brasil e mais ainda nos Estados Unidos e Europa (COUTINHO & GOMES, 2016).

O processo de urbanização das cidades vem sendo acompanhado por alterações marcantes no meio natural ocasionando impactos ambientais negativos aos ecossistemas aquáticos (LUOGON et al., 2009; PINHEIRO et al., 2014). Rios, córregos, lagos e reservatórios têm sido degradados em consequência do impacto crescente das atividades humanas. Esta situação é particularmente visível em áreas de densa população humana, especialmente no meio urbano, onde cursos de água recebem uma grande quantidade de esgoto doméstico e industrial, como também sedimentos e resíduos sólidos (BUZELLI et al, 2013).

Sirigate et al. (2005) destacam que as águas superficiais raramente estão livres de contaminação, mesmo nas bacias com pouca ou nenhuma atividade humana. Os mananciais mais próximos às zonas urbanas são os mais castigados, pois permeiam um contexto crítico que desequilibra a harmonia entre o desenvolvimento e as condições que o ambiente oferece.

Além disso, a contaminação de águas naturais decorrentes da ocorrência e concentração de compostos orgânicos em áreas de disposição de resíduos tem merecido grande atenção atualmente (MALAJ et al., 2014). Substâncias químicas tóxicas e carcinogênicas podem ser frequentemente encontradas nestas áreas. As fontes desses contaminantes incluem resíduos sólidos municipais e seus produtos de degradação, resíduos

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) perigosos depositados ilegalmente e pequena quantidade de resíduo perigoso legalmente disposto. Resíduos perigosos têm apresentado em seu conteúdo significantes quantidades de substâncias orgânicas, como pesticidas, hidrocarbonetos e solventes (BARROS et al., 2015).

2. SOLVENTES ORGÂNICOS

Os solventes orgânicos são definidos como substâncias químicas orgânicas, líquidas à temperatura ambiente, que apresentam variável grau de volatilidade e lipossolubilidade. São empregados como solubilizantes, dispersante ou diluente em diferentes processos ocupacionais. Possuem variadas estruturas químicas (álcoois, hidrocarbonetos, éteres, cetonas) e podem ser empregados como substâncias puras ou na forma de misturas. Estão subdivididos em: Hidrocarbonetos alifáticos (thinners, querosene, n-hexano); aromáticos (benzeno, tolueno, xileno) ou halogenados (tricloroetileno, percloroetileno); álcoois; cetonas (metil-n-butilcetona); éteres entre outros.

Milhões de pessoas são expostas diariamente a estes solventes, seja em nível domiciliar, em atividades laborais ou até mesmo socialmente. Segundo Agência Nacional de Águas (ANA), cerca de 70% dos rios que fazem parte das bacias hidrográficas que vão do Sergipe ao Rio Grande do Sul apresentam altos índices de contaminação, principalmente por efluentes urbanos, substâncias lixiviadas de grandes lixões e agrotóxicos (ANA, 2002).

Além disso, pode-se destacar que uma importante parcela do processo de contaminação pode ser atribuída às atividades das refinarias de petróleo e seus derivados (TIBURTIUS et al., 2004).

O risco tóxico do uso de solventes orgânicos é bastante variável, em função de suas propriedades físico-químicas e de fatores diversos que podem alterar as fases de exposição, toxicocinética e toxicodinâmica dos mesmos.

São substâncias com propriedades neurotóxicas que podem atingir tanto o sistema nervoso central (SNC) quanto o sistema nervoso periférico (SNP). As agressões ao sistema nervoso são provocadas provavelmente devido às suas propriedades lipofílicas (Rosenberg, 1989). Diversos sintomas decorrentes da exposição ocupacional têm sido descritos, entre eles ansiedade, irritabilidade, fadiga, depressão, perda de concentração, perda de memória, perda de motivação, perda cognitiva, demência, alteração na regulação postural, mialgia, hipostesia dos membros e perda visual (BAELUM; ANDERSEN; MOLHAVE, 1982; BAKER, 1994; DICK et al., 2002; GREGERSEN et al., 1984, 1987; HERPIN et al., 2009).

A contaminação dos corpos d'água por hidrocarbonetos, por exemplo, pode representar um risco para os ecossistemas aquáticos e para a saúde humana.

3. PRINCIPAIS SOLVENTES ORGÂNICOS

3.1 Hidrocarbonetos aromáticos

Segundo Corseuil (1997), os hidrocarbonetos aromáticos, benzeno, tolueno, etilbenzeno e os três xilenos orto, meta e para, chamados compostos BTEX, são os constituintes da gasolina que têm maior solubilidade em água e, portanto, são os contaminantes que primeiro irão atingir o lençol freático. As espécies benzeno, tolueno e xilenos (BTXs) são frequentemente encontradas em águas subterrâneas, por causa de vazamentos em tanques de estocagem.

Os postos de combustíveis, mais concentrados nas zonas urbanas das cidades, são um

importante causador da poluição dos recursos hídricos subterrâneos. A contaminação é gerada pela infiltração de contaminantes derivados de petróleo, principalmente óleo diesel e gasolina, oriundos de tanques de armazenamento de combustível (COUTINHO; GOMES, 2016).

Benzeno: o benzeno, um composto reconhecidamente carcinogênico (C₆H₆), é um hidrocarboneto cíclico aromático, em condições normais de temperatura e pressão, é um líquido incolor, volátil, altamente inflamável e com aroma doce. Possui ponto de ebulição relativamente baixo (80,1°C) e uma elevada pressão de vapor, o que provoca a sua rápida evaporação à temperatura ambiente. É pouco solúvel em água, mas miscível como a maioria dos outros solventes orgânicos. Traços de benzeno podem resultar quando materiais ricos em carbono passam por combustão incompleta. Isto é produzido em vulcões e incêndios florestais, e é também um componente da fumaça dos cigarros. Benzeno é o componente principal dos produtos de combustão do PVC (policloreto de vinila).

É produzido em grandes quantidades em todo o mundo, sendo que o seu uso como solvente está sendo reduzido nos países industrializados, representando atualmente menos que 2%. Ainda hoje é usado como solvente em laboratórios científicos, tintas industriais, adesivos, removedores de tinta, agentes desengraxantes, beneficiamento de borracha e couro artificial, indústrias de calçados. É componente da gasolina e assim, o vazamento de tanques em postos de gasolina constitui-se em importante fonte de contaminação do solo e das águas subterrâneas. Dadas as características físico-químicas do benzeno no ambiente (volatilidade, apolaridade, lipofilicidade, solubilidade moderada em água, alta mobilidade no solo), este se encontra em maior parte no ar atmosférico. A maior parte do benzeno liberado no solo volatiliza ou infiltra para os corpos aquáticos, de superfície ou subterrâneos, de onde também pode migrar para o ar, retendo-se apenas uma pequena parte. Os corpos aquáticos e o solo recebem o benzeno, em grande maioria, de efluentes industriais tratados e não tratados e de vazamentos de combustíveis fósseis, sendo encontrado em lençóis freáticos e em sedimentos de rios em áreas de influência de atividades que envolvem este contaminante (ATSDR, 2007).

Em animais e plantas pode ocorrer a bioacumulação do benzeno, sendo de maior importância em vegetais. Collins e colaboradores (2000) cultivaram framboesas expostas ao benzeno e, após 40 dias, a quantidade de benzeno no fruto era superior à disponível no ar.

O benzeno predomina no ar na forma de vapor, pode ser removido do ar pelas chuvas, contaminando as águas superficiais e subterrâneas, onde é solúvel até cerca de 1000 mg/L. O benzeno do solo pode ser transportado para o ar via volatilização e para as águas superficiais pelo escoamento superficial das águas pluviais (WHO, 1993). Para a água de abastecimento público, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece um limite de 10 partes por bilhão (ppb). Nos Estados Unidos, esse limite é de 5 ppb, e na União Europeia é de 1 ppb. No Brasil, a Portaria 2914/2011 fixou um valor limite de 5 µg/L (micrograma por litro). Importante salientar que em qualquer vazamento, as concentrações destes compostos tóxicos chegam a níveis três mil vezes maiores (FERNANDES, 1997).

Sob condições aeróbias, o benzeno na água é rapidamente degradado por bactérias, a lactato ou piruvato, tendo o fenol e o catecol como intermediários. Por outro lado, em condições anaeróbias, a degradação pode levar semanas ou meses, caso não haja uma população bacteriana adaptada. Pesquisas recentes com lodo anaeróbio já adaptado mostraram que a degradação do benzeno pôde ser obtida em menos que 15 horas em experimentos de laboratório. Na ausência de bactérias degradadoras, o benzeno pode ser

persistente, mas não se tem registros da bioconcentração ou bioacumulação em organismos aquáticos ou terrestres.

A exposição humana ao benzeno deve-se principalmente à poluição atmosférica. A exposição por um longo período ao benzeno provoca diversos efeitos no organismo humano, destacando-se entre eles a mielotoxicidade, a genotoxicidade e a sua ação carcinogênica (CAMARGO, 2008).

Em ambientes externos, a principal fonte é o uso da gasolina como combustível e, em ambientes internos, a fumaça do cigarro. A ingestão pela água contribui apenas com quantidades muito pequenas. O benzeno é metabolizado principalmente no fígado, apresenta baixa toxicidade aguda sobre diversas espécies animais, com valores de DL50 após exposição oral, variando entre 3000 e 8100 mg/kg de peso corporal, para ratos. Os resultados de CL50 variam entre 15000 e 40000 mg/m³, em ratos expostos durante 4 horas. Com relação aos efeitos sobre os seres humanos, pode ser dito que o benzeno provoca diversos efeitos nocivos à saúde (WHO, 1993).

Damas et al. (2000), em seu trabalho sobre os efeitos tóxicos das marés negras sobre a fauna marinha, fizeram menção aos efeitos danosos do benzeno, tolueno e xilenos ao organismo humano e de outros seres vivos. Estes poluentes influenciam sistemas endócrinos e enzimáticos, além de que hidrocarbonetos ingeridos por organismos marinhos passam através da parede intestinal e se tornam parte da reserva lipídica. Quando hidrocarbonetos aromáticos são incorporados pela flora e fauna, ligam-se às moléculas proteicas e ao tecido gorduroso, sendo transferidos através da cadeia alimentar. Muitos seres expõem-se à contaminação por hidrocarbonetos derivados do petróleo por ingestão de cadáveres, ou de outros animais ou plantas que tenham acumulado hidrocarbonetos no seu organismo, em quantidades insuficientes para causar lesão. Isto traz sérias implicações para a pesca e a saúde pública.

Como exemplo podemos citar a transferência de petróleo do terminal São Francisco do Sul para a refinaria de Araucária. Cerca de 4 milhões de litros de petróleo atingiram os rios Barigüi e Iguaçú. Após o evento, concentrações elevadas de benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos e naftaleno foram detectadas, o que provocou significativos danos à flora e fauna aquáticas e sério risco à população humana ali residente.

Fortes et al. (2007) evidenciaram a presença de hidrocarbonetos derivados de petróleo nas amostras de água analisadas e coletadas de poços de monitoramento e de poços utilizados como fontes de abastecimento na Vila Tupi, em Porto Velho. Amostras de água coletadas de um poço artesiano de uma das residências apresentaram valores de benzeno acima dos permitidos para potabilidade.

Manzochi (2001) em um estudo realizado em Florianópolis/SC, acompanhando as atividades operacionais de em um posto de abastecimento de combustíveis, alertou que, carregado pela chuva, o material derramado pode contaminar o solo e a água, atingindo rios, lençóis freáticos e galerias pluviais. Se considerarmos o vazamento de 10 mL por dia, durante um ano, estima-se que pode haver comprometimento de 3 milhões de litros de água, sendo que a extensão da contaminação depende do vazamento e das condições do solo. Saliencia ainda que a contaminação do solo e da água pode trazer graves consequências, inclusive riscos à saúde pública, principalmente em áreas urbanas.

O benzeno na água é determinado tratando-se a amostra com um gás inerte como o nitrogênio, adsorvendo-se o benzeno em carvão ativado, dessorvendo-o posteriormente. A análise propriamente dita se dá por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa, cromatografia gasosa com detector de ionização por chama ou cromatografia gasosa com detector por foto-ionização (NARDI, 2002). Pode ser removido das águas através de processos físico-químicos como o arraste com ar ou a adsorção em carvão ativado. Pode

também ser degradado biologicamente em reatores aeróbios quando as condições ambientais nestes forem favoráveis, especialmente quando sua concentração for baixa relativamente ao conteúdo global de matéria orgânica biodegradável.

Tolueno: tolueno é o nome usual do metil-benzeno (C₇H₈). É um líquido incolor, volátil, com pressão de vapor de 3,82 kPa, inflamável e explosivo no ar. O produto comercial possui pequenas quantidades de benzeno. Não reage com soluções diluídas de ácidos e bases e não é corrosivo. O tolueno é derivado de frações do petróleo contendo metil-ciclo hexano desidrogenadas cataliticamente, sendo produzido em grandes quantidades em todo o mundo. É produzido tanto na forma pura (usado na produção de outras substâncias químicas, como solvente ou removedor de tintas, adesivos, tintas de impressão, produtos farmacêuticos e como aditivo de cosméticos) como componente de misturas e como aditivo da gasolina (PENATTI & GUIMARÃES, 2011). As principais fontes de liberação de tolueno para o ambiente são as emissões pelos veículos automotores e sistemas de exaustão de aeronaves, manipulação de gasolina, derramamentos e a fumaça do cigarro. A proporção entre essas fontes varia de país a país, contaminando a biosfera. A vida média do tolueno varia desde alguns dias até diversos meses.

Estudos existentes indicam que a produção e o uso do tolueno não trazem efeitos adversos significativos sobre os ecossistemas aquáticos e terrestres. Os níveis de toxicidade aguda para peixes e invertebrados aquáticos (CL₅₀) variam de 3,7 a

1180 mg/L, sendo que a maioria dos organismos apresentam CL₅₀ na faixa de 15 a 30 mg/L (FORSTER et al., 1994). A fotossíntese e a respiração dos organismos das comunidades fitoplantônicas marinhas são inibidas na faixa de 34 mg/L. Nenhum efeito adverso foi observado em estudos de exposição a longo prazo com três espécies de peixes de água doce e salgada, em concentrações na faixa de 1,4 a 7,7 mg/L. Os peixes em desova podem detectar e evitar águas contendo tolueno na faixa de 2 mg/L (WHO, 1985). Os efeitos da exposição ao tolueno são reversíveis e seus resíduos não se acumulam em peixes ou através da cadeia alimentar aquática.

Os testes de toxicidade aguda em cobaias por inalação indicam valores de CL₅₀ variando entre 20.000 e 26.000 mg/m³. A DL₅₀ via oral para ratos está compreendida entre 2,6 e 7,5 g/kg de peso corporal (TIBURTIUS et al., 2004).

Com relação a mutagenicidade do tolueno, a maioria dos testes apresentaram resultados negativos. O SNC é alvo primário do tolueno e outros alfenilbenzenos. Manifestações agudas podem variar desde vertigem e cefaleia até coma e óbito. Pode causar excitação ou depressão, com euforia na fase de indução, seguida de desorientação, tremores, desânimo, alucinações, convulsões e coma. Pode também causar anomalias transitórias nas atividades enzimáticas no fígado e problemas renais. Altos níveis de tolueno podem causar malformação congênita, caracterizada por microcefalia e alterações faciais semelhante à síndrome alcoólica fetal (WILKINS-HAUG, 1997).

Diversos métodos podem ser utilizados para a determinação da concentração de tolueno em águas. O tolueno exibe espectros característicos de ultravioleta, infravermelho e massa. Os métodos analíticos incluem a espectrofotometria, envolvendo a nitração seguida de extração com cetonas, espectrofotometria, estimativa direta por meio de tubos de indicação colorimétrica e a cromatografia gasosa. Processos físico-químicos como a adsorção ou o arraste com ar podem ser empregados na remoção de hidrocarbonetos voláteis das águas. Também a degradação biológica destes compostos é possível em determinadas condições específicas.

Xileno: conhecido como dimetil-benzeno, é um hidrocarboneto aromático (C₈H₁₀)

usado como aditivo à gasolina e é empregado como solvente, particularmente nas indústrias de fabricação de tintas para a imprensa e nos ateliês de pintura. A maior parte de xileno liberado ao meio ambiente atinge diretamente a atmosfera. Nesta, os isômeros de xileno degradam-se rapidamente, principalmente por foto-oxidação. Os três isômeros (orto-xileno, meta-xileno e para-xileno) volatilizam-se rapidamente da água para a atmosfera. Na água e no solo, os isômeros meta e para degradam-se facilmente, em uma ampla variedade de condições aeróbias e anaeróbias, porém, o isômero orto é mais persistente. Os isômeros de xileno provocam uma toxicidade entre moderada e baixa nos organismos aquáticos (SANCHEZ-BAYO, 2006). Evidências disponíveis são limitadas, mas parecem indicar que a bioacumulação dos isômeros de xileno em peixes e invertebrados é baixa. A eliminação dos xilenos dos organismos aquáticos é bastante rápida a partir do momento em que a exposição é interrompida. Além disso, o xileno não se acumula de forma significativa no organismo humano, entretanto, a exposição aguda a altas doses de xileno pode afetar o sistema nervoso central e causar irritações nos seres humanos. Os xilenos não provocam efeitos mutagênicos ou carcinogênicos (WHO, 1997).

As concentrações basais médias de xilenos em águas superficiais geralmente são inferiores a 0,1 µg/L. Contudo, tem-se reportado valores bem superiores em zonas industriais, principalmente em zonas próximas a indústrias petrolíferas (até 30 µg/L em águas contaminadas e até 2000 µg/L nas proximidades das tubulações de descarga). Com relação às águas subterrâneas, os níveis de xilenos são semelhantes aos das águas superficiais e também se tem observado valores bem superiores atribuídos à contaminação localizada em tanques de armazenamento e tubulações subterrâneas (WHO, 1997).

A técnica de head-space (espaço gasoso livre em garrafas) acompanhada de cromatografia gasosa de coluna capilar pode ser recomendada, com limite de detecção em nível de ppb (µg/L). O limite de detecção pode ser reduzido se os xilenos forem extraídos da água através de arraste com ar e condensados em coluna refrigerada. Alternativamente, a amostra pode ser extraída com hexano ou aquecida em banho de água a 25°C durante uma hora. As alíquotas podem então ser analisadas por cromatografia gasosa com detector de foto-ionização ou espectrometria de massa. O limite de detecção é de 1 µg/L, embora em estudos mais recentes tenham-se obtidos limites de detecção inferiores. A associação de processos físico-químicos com biológicos pode ser indicada para a sua remoção de efluentes industriais.

3.2 Hidrocarbonetos alifáticos

n-Hexano: é um hidrocarboneto alifático de cadeia normal contendo seis átomos de carbono, é um líquido incolor à temperatura ambiente, de odor característico, insolúvel em água e com elevado coeficiente de partição em gordura. As principais fontes industriais de exposição incluem a industrialização da borracha, produção de pneumáticos, colas e tintas, fabricação de sapatos, indústrias de extração de óleos vegetais, indústrias farmacêuticas e de cosméticos, indústrias têxteis, de móveis, de produtos químicos, petroquímicos e em laboratórios (CARVALHO, 1990).

A principal via de absorção do n-hexano é a pulmonar, causando intoxicação aguda e crônica. É rapidamente absorvido pelo organismo através das vias gastrointestinal, pulmonar e, em menor quantidade, pela pele (COURI & MILKS, 1982). Após a absorção, o n-hexano é rapidamente distribuído pelos tecidos, em especial, fígado, rins e tecido adiposo. A exposição humana aguda ao n-hexano tem demonstrado o surgimento de tontura, mal-estar, vertigem e náusea. Esse composto atravessa facilmente a barreira placentária, o que determina no sangue fetal concentração semelhante à encontrada no sangue materno. É

biotransformado através do sistema enzimático hepático (citocromo P450) tendo uma eliminação urinária (LEITE, 2008).

3.3 Solventes clorados voláteis

A maioria dos solventes clorados voláteis são líquidos incolores, pertencentes aos grupos dos hidrocarbonetos clorados aromáticos e alifáticos. São um grupo de contaminantes que têm sido amplamente detectados no meio ambiente nos últimos anos (JUSTIÇA-LEON et al., 2014; MORAN et al., 2007). Neste grupo podemos incluir os compostos policlorometanos, policloroetanos e policloroetilenos (KROL et al., 2003). Esses compostos possuem alta volatilidade e difícil degradação, por exemplo, o tempo de vida na atmosfera de tetracloreto de carbono e 1,1,1- tricloroetano pode chegar tão alto como 100 e 6 anos, respectivamente (ATSDR, 2005), permitindo-lhes ser transportados por longas distâncias em diferentes locais.

A maioria dos compostos orgânicos clorados são líquidos incolores com um cheiro doce à temperatura ambiente, enquanto alguns são gases (clorometano, cloroetano e cloroetileno) e sólido (hexacloroetano). Eles têm sido amplamente utilizados como solventes para os processos, tais como: desengordurante de metais e limpeza a seco, produção de produtos farmacêuticos, pesticidas, adesivos e refrigerantes, desempenhando assim um papel essencial no desenvolvimento industrial e vida das pessoas ao longo das últimas décadas (DOHERTY, 2000). Liberações involuntárias no ambiente ocorrem frequentemente durante a produção, o consumo de produtos contendo compostos orgânicos clorados e métodos impróprios de eliminação nas últimas décadas, resultou em sua ampla distribuição no ambiente (BEAMER et al., 2012; MORAN et al., 2007; SCHEUTZ et al., 2011). Outra causa de contaminação é cloração, um dos métodos prevalentes de desinfecção da água. O cloro reage com matérias orgânicas naturais em água de modo a formar grandes quantidades de desinfecção subprodutos, entre os quais, metanos clorados, como clorofórmio são os mais abundantes (HUNKELER et al., 2012; ZENG et al., 2013). Todos estes fatores assim fizeram os compostos orgânicos clorados contaminantes no solo, no ar e qualquer tipo de meios fluviais, como águas subterrâneas, rios e lagos (KROL et al., 2003; MORAN et al., 2007; PECORAINO et al., 2008).

A exposição humana a compostos orgânicos clorados pode ocorrer por diferentes rotas, tais como a inalação de ar ambiente, a ingestão de água ou alimentos, a absorção cutânea durante o banho ou ao nadar. Impactos toxicológicos demonstram que são potenciais produtos cancerígenos a humanos. Alguns dos compostos orgânicos clorados, portanto, foram listados como poluentes prioritários em alguns países e estão sob monitoramento e controle restrito (SCHEUTZ et al., 2011).

Metanos clorados: Policlorometanos ou metanos clorados são um grupo de compostos análogos em que pelo menos um átomo hidrogênio do metano é substituído por cloro. A maioria são líquidos incolores voláteis com baixa solubilidade em água. Eles compartilham as propriedades comuns de alta estabilidade, elevada volatilidade, baixa inflamabilidade e de alta capacidade de solvente.

São largamente utilizados na indústria química como solventes, produtos de limpeza, agentes desengordurantes, componentes adesivos, intermediários em indústria sintética, etc (MARTIN-MARTINEZ et al., 2013). Grandes quantidades de policlorometanos são liberados no ambiente através de descargas de água ou evaporação na atmosfera (HUNKELER et al., 2012). Além de suas contribuições para o aquecimento global, esgotamento da camada de ozônio e formação de nevoeiro fotoquímico, possuem elevada

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) toxicidade e característica cancerígena para o homem (MARTIN-MARTINEZ et al., 2013). Por isso, são classificados entre os poluentes atmosféricos mais perigosos hoje em dia (ÁLVAREZ-MONTERO et al., 2010).

Clorofórmio: é um líquido volátil pesado. É um solvente comum devido à sua natureza não reativa e miscível com a maioria dos solventes orgânicos (CAPPELLETTI et al., 2012). A sua utilização em produtos de consumo foi banida em 1976 nos EUA pela Food and Drug Administration (FDA) devido as suas propriedades cancerígenas (Rosenthal, 1987). Hoje em dia, o clorofórmio é utilizado principalmente como um solvente em produtos farmacêuticos na indústria e como uma importante matéria-prima para a produção de corantes, pesticidas, clorodifluorometano (CAPPELLETTI et al., 2012). Clorofórmio é emitido principalmente ao meio ambiente, como gases de escape e de águas residuais.

Estudos têm demonstrado que o clorofórmio é frequentemente encontrado tanto em terra e fontes de água de superfície. A exposição a essa substância pode resultar em carcinoma hepatocelular, depressão do SNC, náuseas, vômitos, ataxia, tontura e sonolência (SASSO et al., 2013; HUANG et al., 2014)

Tetracloroeto de carbono: é um líquido volátil incolor com cheiro doce único, muitas vezes encontrado na atmosfera sob a forma gasosa (ATSDR, 2005). Foi amplamente utilizado como extintor de incêndio, limpeza a seco, desengordurante, pesticidas, e como precursor de refrigerantes no passado. Além disso, foi usado como pesticida para matar insetos de grãos armazenados, mas a sua utilização foi proibida em 1970 para produtos de consumo (DOHERTY, 2000; MALAGUARNERA et al., 2012).

Devido a sua larga utilização e aos inadequados métodos de eliminação, o tetracloroeto de carbono tem sido um dos compostos orgânicos voláteis detectados mais frequentemente no ambiente (SHAO et al., 2011). O tetracloroeto de carbono causa danos hepáticos, renais, pulmonares, testiculares, cerebrais e sanguíneos (BALAHOROGLU et al., 2008; TAKEMURA et al., 2006; ANAND et al., 2011).

Diclorometano: também conhecido como cloreto de metileno, é um gás incolor, volátil, líquido, com um aroma moderadamente doce. Apesar de sua má solubilidade em água, é miscível com muitos solventes orgânicos. É a principal matéria-prima para a produção de filmes de acetato de celulose, e solvente na indústria farmacêutica (ATSDR, 2000). Pesquisas mostraram que a exposição ocupacional ao diclorometano está associada a numerosos efeitos adversos sobre a reprodução, SNC, fígado e rins (OLVERA-BELLO et al., 2010).

Tricloroetileno: é um líquido não inflamável, incolor, com um cheiro doce e pouco solúvel em água. É utilizado principalmente em adesivos, solventes, tintas, vernizes e como desengordurante de metais na fabricação da eletrônica (BEAMER et al, 2012; WHO, 2010). Pode ser liberado para o meio ambiente como vapor durante operações de desengorduramento e consumo de produtos relacionados, através da água descarregada durante os processos de produção e de eliminação, e através de vazamentos no processo de armazenamento. É o contaminante orgânico mais frequentemente relatado nas águas subterrâneas (HUANG et al., 2014). Devido à presença no ambiente, a exposição humana ao tricloroetileno pode ocorrer por inalação, ingestão e contato dérmico (WHO, 2010) e causa efeitos adversos sobre o sistema nervoso central, sistema imune e sistema endócrino em adultos. Além disso, está associada a dificuldades de fala e audição, problemas de fígado, erupções cutâneas, doenças renais, urinárias e doenças do sangue (BEAMER et al., 2012; WARTENBERG et al., 2000).

4. TOXICIDADE DOS POLUENTES ORGÂNICOS

Atualmente, existem dados toxicológicos disponíveis sobre a toxicidade de produtos químicos para grupos específicos de organismos, os dados são correlacionados com certas características das espécies envolvidas, tais como tamanho ou tipo de mídia no caso de ambientes aquáticos. Tais dados de referência já estão disponíveis para as aves (MINEAU et al., 2001), e em alguns países existem documentos com informação específica sobre os organismos aquáticos (MAYER; ELLERSIECK, 1986). Para o público em geral, livros sobre toxicologia dos poluentes orgânicos (WALKER, 2001) descrevem em detalhe os mecanismos de toxicidade dos diferentes produtos. Existem vários testes de toxicidade para espécies individuais. Vanhaecke et al. (1981) propôs o crustáceo de água salgada, *Artemia salina* (Leach) como um organismo de teste adequado para bioensaios de toxicidade. Outros autores recomendam a *Daphnia magna* como espécie substituta para crustáceos de água doce planctônicas (Adema, 1978; Sanchez-Bayo, 2006).

5. FISCALIZAÇÃO E MONITORAMENTO

A disposição adequada dos resíduos sólidos é importante para evitar que os mesmos se transformem em fonte de contaminação ambiental e humana. No Brasil, as preocupações relacionadas ao potencial de contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de combustíveis vêm crescendo em diversas cidades, fazendo com que muitas elaborem legislação sobre o tema, como é o caso de São Paulo, Belo Horizonte, Florianópolis e Curitiba (Forte et al., 2007).

A água subterrânea é uma fonte importante para o abastecimento da população, tanto coletivo como individual. Quando a contaminação por estes produtos acontece, o uso da água fica inviável. A Portaria 2914 do Ministério da Saúde, que trata do padrão de potabilidade da água, estabelece uma frequência de monitoramento. Existem dezenas de parâmetros que o responsável deve avaliar: alguns com frequência diária, mensal, sendo que a frequência varia de acordo com a importância que o parâmetro tem para a saúde. Não existe uma avaliação específica para hidrocarboneto. O que temos é uma avaliação da qualidade da água que vai ser utilizada para o abastecimento e dentre esses parâmetros alguns estão relacionados com a família dos hidrocarbonetos.

A tecnologia colabora para a detecção e monitoramento de vazamentos e contaminações nas águas subterrâneas. Os aparelhos *Uvilux* são instrumentos de alerta para detecção de acidentes e/ou vazamentos, permitindo às empresas de saneamento tomar as medidas necessárias no que se refere ao bombeamento de água para o abastecimento público, ao monitoramento de processos e a medições pontuais ou permanentes em campo. O equipamento *Uvilux* é destinado à detecção do contaminante hidrocarboneto (HC) em sua fase bruta (petróleo) ou refinada (combustíveis, benzeno, acetona e toda a cadeia de HC).

Quando um local apresenta o solo contaminado por qualquer tipo de hidrocarboneto, é bastante provável que a água subterrânea também tenha sido atingida. A hidrogeologia considera solo não só as partículas sólidas, mas também o fluido que está entre as partículas. Então, a água subterrânea é considerada parte do solo e, geralmente, esses contaminantes interagem intensamente com as partículas sólidas e a fase líquida. Existem vários métodos para fazer a remediação da água subterrânea, dependendo das características da

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) hidrogeologia local. Geralmente, o método mais utilizado é o bombeamento, onde se retira a água subterrânea e realiza-se o tratamento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ambientes aquáticos, assim como os solos, estão em constantes interações com as atividades humanas. Diante do fato, todo processo final de produção ou descarte de materiais obsoletados pelas sociedades, inevitavelmente, gera algum tipo de composto que entra em contato direto com a água ou com o solo e esses dois ambientes são os principais meios de difusão dos resíduos líquidos provenientes de atividades industriais ou de prestação de serviços, independentemente dos motivos pelos quais os serviços são prestados, os resíduos são gerados. Os combustíveis possuem compostos especialmente nocivos à saúde como o benzeno, tolueno e xilenos. Ao contaminar as águas, esses compostos inviabilizam fontes alternativas de abastecimento e, quando ingeridos, dependendo da concentração e tempo de exposição, podem afetar o sistema nervoso central. O benzeno, o mais tóxico dos compostos, já está associado a cânceres. Desse modo, se não forem manejados de maneira segura e tratados de forma adequada, poderão causar impactos primários e secundários negativos, que resultarão em condições reversíveis ou não, considerando, ainda, as dimensões naturais e sociais, relativas à vulnerabilidade ambiental, de acordo com a sua concentração, em um tempo muito curto de exposição.

7. REFERENCIAS

- ADEMA, D. M. M. *Daphnia magna* as a test animal in acute and chronic toxicity tests. **Hydrobiologia**, v. 59, n. 2, p. 125-134, 1978.
- ÁLVAREZ-MONTERO, M. A. et al. Hydrodechlorination of chloromethanes with Pd on activated carbon catalysts for the treatment of residual gas streams. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 96, n. 1, p. 148-156, 2010.
- ANAND, K. V.; ANANDHI, R.; PAKKIYARAJ, M.; GERALDINE, P. Protective effect of chrysin on carbon tetrachloride (CCl₄)-induced tissue injury in male Wistar rat. **Toxicology and Industrial Health**, v. 27, n. 10, p. 923-933, 2011.
- ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for carbon tetrachloride**. Atlanta, Georgia: Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Service, 2005.
- ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for methylene chloride (update)**. Atlanta, Georgia: Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, 2000.
- ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological Profile For Benzene**. Atlanta, Georgia: Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, 2007.
- BAELUM, J.; ANDERSEN, I.; MOLHAVE, L. Acute and subacute symptoms among workers in the printing industry. **British Journal of Industrial Medicine**, v. 39, n.1, p. 70-75, 1982.
- BAKER, E. L. Review of recent research on health effects of occupational exposure to organic solvents. **Journal of Occupational Medicine**, v. 36, n. 10, 1994.
- BARROS, L. S. S.; CRUZ, C. R. da; SILVA, V. C. Qualidade das águas de nascentes na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n.3, p. 668-676, 2015.
- BEAMER, P. I. et al. Concentration of trichloroethylene in breast milk and household water

from Nogales, Arizona. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 16, p. 9055-9061, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 dez. 2011, Sec. 1, p. 39.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. **A evolução da gestão de recursos hídricos no Brasil**: edição comemorativa do Dia Mundial da Água. Brasília: ANA, 2002. 64 p.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.8, n.1, p. 186-215, 2013.

CAPPELLETTI, M. et al. Microbial degradation of chloroform. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 96, n.6, p. 1395-1409, 2012.

CARVALHO, W. A. Toxicologia do n-hexano: Aspectos toxicocinéticos e de neurotoxicidade. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 71, n. 18, p. 14-25, 1990.

COLLINS, C. D.; BELL, J. N. B.; CREWS, C. Benzene accumulation in horticultural crops. **Chemosphere**, v. 40, n. 1, p. 109-114, 2000.

CORSEUIL, H. X. **Enhanced Degradation of Monoaromatic Hydrocarbons in Sandy Aquifer Materials by Inoculation Using Biologically Active Carbon Reactors**. PhD dissertation, Ann Arbor, EUA, 1992.

COURI, D.; MILKS, M. Toxicity and metabolism of the neurotoxic hexacarbons n-hexane-2-hexanone and 2,5 hexanedione. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology**, v. 22, n. 1, p.145- 166, 1982.

COUTINHO, R. C. P.; GOMES, C. C. Técnicas para remediação de aquíferos contaminados por vazamentos de derivados de petróleo em postos de combustíveis. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo, 2016.

DAMAS, A. et al. As marés negras e os seus efeitos tóxicos na fauna marinha (1999/2000). Universidade Técnica de Lisboa. Disponível em: <http://fmu.utl.pt/democ/sft/sem9900/g0004.pdj>. Acesso em: 01 ago. 2016.

DICK, F. et al. Is colour vision impairment associated with cognitive impairment in solvent exposed workers? **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 61, n. 1, p. 76-78, 2004.

DOHERTY, R. E. A history of the production and use of carbon tetrachloride, tetrachloroethylene, trichloroethylene and 1,1,1-trichloroethane in the United States: part 1-historical background; carbon tetrachloride and tetrachloroethylene. **Environmental Forensics**, v.1, n.2, p. 69-81, 2000.

FERNANDES, M.; CORSEUIL, H. X. Contaminação de águas subterrâneas por derramamento de gasolina: efeito cosolvência. In: 3º Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Gramado, 1996.

FERREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**. IPH-UFRGS, v. 1, n. 1, p. 20- 36, 2004.

FORTES et al. Contaminação de aquífero por hidrocarbonetos: estudo de caso na Vila Tupi, Porto Velho – Rondônia. **Química Nova**, v. 30, n. 7, p. 1539-1544, 2007. FORSTER, L. M.

K.; TANNHAUSER, M.; TANNHAUSER, S. L. Toxicologia do tolueno: aspectos relacionados ao abuso. **Revista de Saúde Pública**, v. 28, n. 2, 1994.

GREGERSEN, P. et al. Neurotoxic effects of organic solvents in exposed workers: an occupational, neuropsychological and neurological investigation. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 5, n. 201, p. 201-205, 1984.

- GREGERSEN, P.; KLAUSEN, H.; ELSNAB, U. C. Chronic toxic encephalopathy in solvent-exposed painters in Denmark 1976-1980: clinical cases and social consequences after a 5 year follow up. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 11, n. 1, p. 399-417, 1987.
- HERPIN, G. et al. Effect of chronic and subchronic organic solvents exposure on balance control of workers in plant manufacturing adhesive materials. **Neurotoxicity Research**, v. 15, n.2, p. 179-186, 2009.
- HUANG, B. et al. Chlorinated volatile organic compounds (Cl-VOCs) in environment - sources, potential human health impacts, and current remediation technologies. **Environment International**, v. 71, n. 1, p. 118-138, 2014.
- HUNKELER, D. et al. Demonstrating a natural origin of chloroform in groundwater using stable carbon isotopes. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 11, p. 6096-60101, 2012.
- JUSTICIA-LEON, S. D. et al. Bioaugmentation with distinct dehalobacter strains achieves chloroform detoxification in microcosms. **Environmental Science & Technology**, v. 48, n.3, p. 1851-1858, 2014.
- KROL, M. C. et al. Continuing emissions of methyl chloroform from Europe. **Nature**; v. 421, n.1, p. 131-135. 2003.
- LEITE, E. Solventes orgânicos. In: OGA, S.; CAMARGO, M. M. A., BATISTUZZO, J. A. O. **Fundamentos de toxicologia**. 3^a ed. São Paulo: Atheneu, 2008. p. 275-324.
- LUOGON, M. S. et al. Diagnóstico ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego amarelo, abordando o uso e ocupação do solo e a qualidade da água. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 350-367. 2009.
- MALAGUARNERA, G. et al. Toxic hepatitis in occupational exposure to solvents. **World Journal of Gastroenterology**, v. 18, n. 22, p. 2756-2766, 2012.
- MALAJ, E. et al. Organic chemicals jeopardise freshwater ecosystems health on the continental scale. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 26, p. 9549-9554, 2014.
- MANZOCHI, C. De olho nos postos de abastecimento. **Ciência Hoje**. v. 29, p. 40, 2001.
- MARTIN-MARTINEZ, M. et al. Comparison of different precious metals in activated carbon-supported catalysts for the gas-phase hydrodechlorination of chloromethanes. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 132, n. 3, p. 256-265, 2013.
- MAYER, F. L.; ELLERSIECK, M. R. **Manual of Acute Toxicity**: interpretation and database for 410 Chemicals and 66 Species of freshwater animals. U.S. Fish and Wildlife Service Resource Publication 160. Washington, 1986.
- MINEAU, P. et al. Pesticide acute toxicity reference values for birds. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 170, p. 13-74, 2001.
- MORAN, M.; ZOGORSKI, J. S.; SQUILLACE, P. J. Chlorinated solvents in groundwater of the United States. **Environmental Science & Technology**, v. 41, n. 1, p. 74-81, 2007.
- NARDI, I. R. **Degradação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) em reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF)**. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.
- OLVERA-BELLO, A. E. et al. Susceptibility to the cytogenetic effects of dichloromethane is related to the glutathione S-transferase theta phenotype. **Toxicology Letters**, v. 199, n. 3, p. 218-224, 2010.
- PECORAINO, G. et al. Distribution of volatile organic compounds in Sicilian ground waters analysed by head space-solid phase micro extraction coupled with gas chromatography mass spectrometry (SPME/GC/MS). **Water Research**, v. 42, n. 14,

p. 3563-3577, 2008.

PENATTI, F. E.; GUIMARÃES, S. T. L. Evaluation of the risks and environmental problems caused by the incorrect disposal of residues from laboratories. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 15, n. 1, p. 43-52, 2011.

PINHEIRO, A. et al. Qualidade das Águas de uma Bacia Protegida por Floresta Ombrófila Densa. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n.1, 101-117, 2014.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escritura Editora, 1999. 717 p.

ROSENBERG, N. Nervous system effects of toluene and other organic solvents. **Western Journal of Medicine**, v. 150, n. 05, p. 571-572, 1989.

ROSENTHAL, S. L. A review of the mutagenicity of chloroform. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 10, p. 211-226, 1987.

SANCHEZ-BAYO, F. Comparative acute toxicity of organic pollutants and reference values for crustaceans. I. Branchiopoda, Copepoda and Ostracoda. **Environmental Pollution**, v. 139, n. 3, p. 385-420, 2006.

SASSO, A. F. et al. Application of an updated physiologically based pharmacokinetic model for chloroform to evaluate CYP2E1-mediated renal toxicity in rats and mice. **Toxicological Sciences**, v. 131, n. 2, p. 360-374, 2013.

SIRIGATE, P. et al. **Gestão da qualidade ambiental da água de mananciais de abastecimento público como estratégia de redução de custos**. In: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2005.

SCHEUTZ, C. et al. Natural and enhanced anaerobic degradation of 1,1,1- trichloroethane and its degradation products in the subsurface - a critical review. **Water Research**, v. 45, n.9, p. 2701-2723, 2011.

SHAO, M. et al. Estimate of anthropogenic halocarbon emission based on measured ratio relative to CO in the Pearl River Delta region, China. **Atmospheric Chemistry Physics**, v. 11, p. 5011-5025, 2011.

TAKEMURA, S. et al. S-allyl cysteine attenuated CCl₄-induced oxidative stress and pulmonary fibrosis in rats. **BioFactors**, v. 26, n. 1, p. 81-92, 2006.

TIBURTIUS, E. R. L.; ZAMORA, P. P.; LEAL, E. S. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 441-446, 2004.

VANHAECKE, P. et al. Proposal for a short term toxicity test with *Artemia nauplii*.

Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 5, n. 3, p. 382-387, 1981. WALKER, C.H. The use of biomarkers to measure the interactive effects of chemicals. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 40, n. 1-2, p. 65-70, 1998. WALKER, C. H. **Organic Pollutants: an ecotoxicological perspective**. Second edition. New York: CRC Press Book, 1936. 408 p.

WALKER, C.H. et al. **Principles of Ecotoxicology**. Fourth edition. New York: CRC Press Book, 2012. 353p.

WALKER, C. H.; LIVINGSTONE, D. R. **Persistent Pollutants in Marine Ecosystems**. Oxford: Pergamon, 1992.

WARTENBERG, D.; REYNER, D.; SCOTT, C. S. Trichloroethylene and cancer: epidemiologic evidence. **Environmental Health Perspectives**, v. 108, n.2, p. 161- 176, 2000.

- WILKINS-HAUG, L. Teratogen update: toluene. **Teratology**, v. 55, n. 2, p.145-51, 1997.
- WHO - World Health Organization. **WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants**. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe; 2010. Disponível em: http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf. Acesso em: 01 ago. 2016.
- WHO - World Health Organization. **Environmental Health Criteria 150 – Benzene**. International Programme on Chemical Safety, Geneva, 1993. Disponível em: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc150.htm>. Acesso em: 20 jul. 2016.
- WHO - World Health Organization. **Environmental Health Criteria 190 – Xylenes**. International Programme on Chemical Safety, Geneva, 1997. Disponível em: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc190.htm>. Acesso em: 01 ago. 2016.
- WHO - World Health Organization. **Environmental Health Criteria 52 –Toluene**. International Programme on Chemical Safety, Geneva, 1985. Disponível em: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc52.htm>. Acesso em: 27 jul. 2016.
- ZENG, Q. et al. Baseline blood trihalomethanes, semen parameters and serum total testosterone: a cross-sectional study in China. **Environment International**, v. 54, p. 134-140, 2013.

CAPITULO 14

CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR MEDICAMENTOS

Jonathaline Apollo Duarte
Luciane Dias Quintana
Marcus Vinícius Morini Querol
Michel Mansur Machado
Luís Flávio Souza de Oliveira

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA) define medicamentos como produtos especiais elaborados, os quais apresentam como finalidade diagnosticar, prevenir, curar doenças ou aliviar seus sintomas, com rigoroso controle técnico de produção, atendendo, assim, as exigências determinadas pela mesma (ANVISA, 2010).

O consumo de medicamentos no Brasil é bastante expressivo (FALQUETO & KLIGERMAN, 2013), devido a cultura de automedicação e a fácil aquisição destes, fato esse que corrobora com o acúmulo de medicamentos nas residências (PINTO et al., 2014). Entretanto, essa prática gera consequências, como por exemplo, risco à saúde no caso de ingestão acidental ou não acidental e, além disso, seu descarte impróprio, como o ato de desprezar medicamentos vencidos no lixo comum, no vaso sanitário ou na pia (TESSEROLLI et al., 2013).

O descarte inapto tanto de medicamentos vencidos quanto os em desuso provocam um grande impacto à saúde pública, assim como ao meio ambiente (CHAVES et al., 2015), uma vez que existe uma estimativa de que cerca de 20% deste seja lançado na rede de esgotamento sanitário ou no lixo doméstico (FALQUETO & KLIGERMAN, 2013), tornando-os como principais rotas pelas quais estes resíduos chegam ao meio aquático (MEDEIROS et al., 2014).

De fato, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), revelam que apenas 52,2% dos municípios brasileiros possuem serviço de coleta de esgoto e 33,5% dos domicílios são atendidos por rede geral de esgotos, o que favorece a contaminação de uma ampla variedade de matrizes ambientais, principalmente em ecossistemas aquáticos, sendo que esses se apresentam em concentrações variadas de traços a partes por bilhão (MEDEIROS et al., 2014).

Por apresentarem propriedades químicas persistentes, alto potencial para bioacumulação e baixa biodegradabilidade, os fármacos acabam não sendo removidos pelos tratamentos de água convencionais. Por essa razão, não existem métodos sanitários eficazes que retirem por completo da água, mesmo em redes de esgoto tratadas (PINTO et al., 2014). Assim, os medicamentos são causadores de alterações diretas e indiretas no ecossistema, tais como os antibióticos que, quando descartados incorretamente, proporcionam o surgimento de resistência bacteriana; já os hormônios, que são utilizados na reposição ou presentes em anticoncepcionais, podem afetar o sistema reprodutor de

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) organismos aquáticos, como no caso da ocorrência de feminização de peixes machos (PINTO et al., 2014). Outra classe bastante consumida pela população são os complexos vitamínicos, que corroboram para o acúmulo de metais pesados no solo e na água por conterem em sua composição metais como Fe, Cr, Mn e Zn.

Embora não existam leis específicas para o descarte de medicamentos no Brasil, a resolução RDC nº 306 de 2004 dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde quanto a separação, acondicionamento e coleta de acordo com sua classificação. Adicionalmente, se dispõe da Lei 12.305 de 2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos referente à disposição final para resíduos sólidos, incluindo os perigosos (OLIVEIRA et al., 2015), além de práticas nacionais que foram criadas para o recolhimento desses produtos, coletando-os e descartando-os da maneira adequada e eficaz, realizando tratamento e, por fim, uma destinação ambientalmente correta (CHAVES et al., 2015).

2. ANTIBACTERIANOS

Antibacterianos são denominados compostos químicos, empregado para o tratamento de doenças causadas por bactérias em humanos e animais (MANZETTI & GHISI, 2014). Acredita-se que, em 1928, Alexander Fleming tenha descoberto os antimicrobianos quase que por acaso, através da observação de um halo de inibição de crescimento bacteriano em uma placa de cultura de *Staphylococcus aureus* contaminação pelo fungo *Penicillium notatum*. Dessa forma, nascia a ideia de que o fungo seria capaz de produzir uma substância inibitória para o crescimento bacteriano. Posteriormente, ao ser extraída e purificada, foi denominada penicilina, a qual foi produzida em grande escala pelo governo Britânico em 1941, passando a ser amplamente utilizada para tratamentos de infecções na II Guerra Mundial (LEVIN et al., 2014).

Nos últimos anos, os antibióticos vêm sendo empregados na terapêutica humana e animal (GONZÁLEZ-PLEITER et al., 2013). Porém, os descartes inadequados e usos indiscriminados pela população têm representando uma boa parcela de resíduos presentes nos ecossistemas. Além disso, o emprego de antibióticos na veterinária, vem sendo apontado como um dos fatores de contaminação ambiental, pelo fato de que alguns antibióticos quando administrados não são completamente metabolizados no organismo animal e, assim, são eliminados na urina e nas fezes, tanto na forma do composto original ou já parcialmente metabolizados (REGITANO & LEAL, 2010), acumulando-se no solo e em ambientes aquáticos (SCHNEIDER et al., 2009).

O acúmulo dessa classe medicamentosa no meio ambiente vem trazendo preocupação adicional, uma vez que muitos desses medicamentos são capazes de permanecer por bom tempo no ambiente (MANZETTI & GHISI, 2014). Esse tempo estendido no ambiente corrobora, segundo a literatura, com o aumento da população de microrganismos resistentes (SCHNEIDER et al., 2009).

Assim, em 2011, o Brasil adotou medidas legais para o controle de comercialização de antibacterianos tanto para o uso humano quanto para animais, através da RDC Nº 20/2011, que buscou o uso racional de medicamentos e uma maior orientação ao paciente e, com isso, minimizar os casos de resistências bacterianas (BRASIL, 2011). Dessa forma, fica evidente a necessidade de descartes adequados e corretos de antibacterianos, a fim de evitar contaminação ambiental e problemas futuros de resistência bacteriana.

2.1 Classes dos antibacterianos

Os antibacterianos são divididos em classes, e essas são definidas de acordo com o seu mecanismo de ação. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os antibacterianos podem ser classificados em β -lactâmicos, quinolonas, glicopeptídeos, oxazolidínicos, aminoglicosídeos, lincosaminas, nitroimidazólicos, clorofenicol, estreptograminas, sulfonamidas, tetraciclina e macrolídios. A ANVISA orienta sobre os mecanismos de ação desses (Tabela 1), e, além disso, ressalta que muitos desses, inclusive os novos, já apresentam resistência, o que pode estar envolvido com sua presença no meio ambiente.

Tabela 1. As classes terapêuticas dos antibacterianos e seus mecanismos de ação e resistências já relatadas na literatura.

<i>Classes Terapêuticas</i>	<i>Mecanismo de Resistência</i>	<i>Mecanismo de Ação</i>	<i>Referência</i>
<i>β- lactâmicos</i>	Capacidade de produção de β-lactamases, além de modificações estruturais nas proteínas ligadoras de penicilina e também a ocorrência da diminuição da permeabilidade bacteriana ao antimicrobiano, o que pode estar ligada a mutações e modificações nas porinas.	Interfere na síntese do peptidoglicano, o qual é responsável pela integridade da parede bacteriana.	ANVISA, 2007
<i>Tetraciclina</i>	A diminuição do acúmulo do fármaco no interior da célula bacteriana.	Inibição da síntese protéica pela ligação reversível à porção 30S do ribossomo, bloqueando a ligação do RNA transportador.	ANVISA, 2007
<i>Glicopeptídeos</i>	Alterações genéticas na bactéria adaptativas metabolicamente.	Inibição da síntese da parede celular, pela inibição da síntese do peptidoglicano, além de promoverem a alteração da permeabilidade da membrana citoplasmática, além de interferir na síntese de RNA.	ANVISA, 2007
<i>Oxazolidinicos</i>	Acredita-se que está relacionado com mutação no gene 23SrRNA	Age inibindo a síntese protéica	ANVISA, 2007
<i>Lincosaminas</i>	A resistência é dada por alterações no sítio do receptor do ribossomo, outra forma é por alterações em plasmídeos, no RNA 23S da subunidade 50S.	Ligam-se à subunidade 50S dos ribossomos, inibindo, assim, a síntese protéica.	ANVISA, 2007
<i>Macrolídios</i>	Inibições da permeabilidade da célula ao antimicrobiano, alteração no sítio do receptor da porção 50S do ribossomo e inativação enzimática contribuem para resistência bacteriana.	Age pela ligação em receptores localizados na porção 50S do ribossomo, interferindo nas reações de transpeptidação e translocação, atuando, assim, como um inibidor da síntese protéica dependente de RNA.	ANVISA, 2007
<i>Nitroimidazólicos</i>	Não há relatos na literatura até o momento.	Após permear a bactéria, o grupo nitro do fármaco atua como receptor de elétrons, levando à liberação de compostos tóxicos e radicais livres frente ao DNA.	ANVISA, 2007
<i>Clorofenicol</i>	A resistência está associada a plasmídeos ou alterações de permeabilidade ao fármaco. Mas acredita-se que a resistência também possa estar relacionada com a produção da enzima acetiltransferase ou nitrorredutase, que conseguem inativar o fármaco.	Atua ligando-se à subunidade 50S do ribossomo, interferindo na síntese protéica da bactéria.	ANVISA, 2007
<i>Estreptograminas</i>	Principalmente por plasmídios, e também por mecanismo enzimático (à bomba de efluxo)	Age através da inibição da síntese protéica bacteriana (ligam-se a vários sítios da fração 50S dos ribossomos)	ANVISA, 2007

<i>Sulfonamidas</i>	Mutação no microorganismo pode levar à produção exacerbada de ácido p-aminobenzoico ou à síntese de diidropteróico sintetase.	Atuam por mecanismo competitivo, inibindo o metabolismo do ácido fólico.	ANVISA, 2007
<i>Aminoglicoside</i>	A resistência pode ocorrer por alteração nos sítios de ligação no ribossomo, problemas na permeabilidade do fármaco e também por modificação enzimática.	Atua pela ligação à fração 30S dos ribossomos, inibindo a síntese protéica ou produzindo proteínas defeituosas.	ANVISA, 2007
<i>Quinolonas</i>	Pode ocorrer por alteração na enzima DNA girase ou até mesmo por alteração da permeabilidade do fármaco pela membrana da bactéria.	Inibição da atividade da DNA girase ou da Topoisomerase II, sendo essa enzima essencial para a sobrevivência bacteriana.	ANVISA, 2007

2.2 Efeitos da presença de antibiótico no ambiente

Atualmente, o mundo acadêmico tem se voltado para a investigação de substâncias farmacológicas presentes no meio ambiente e seus efeitos frente aos ecossistemas, buscando avaliar amostras de água (superficiais ou subterrâneas) e de solo. Esses estudos são realizados com maior frequência em países desenvolvidos, como, por exemplo, em países da União Européia, Japão e China.

A China, sendo um dos maiores fornecedores e consumidores de antibióticos, consome por ano em média 25.000 toneladas de antibióticos. Por esse motivo, em 2012, pesquisadores chineses realizaram análise de águas costeiras e dos principais rios que descarregam para o mar, de modo especial a Bahia de Laizhou, que é uma das regiões mais poluídas da China. Para isso, foram investigados treze antibacterianos, a saber: norfloxacin, ofloxacin, ciprofloxacina, enoxacin, enrofloxacin, eritromicina, azitromicina, claritromicina, roxitromicina, sulfadiazina, sulfametoxazol, sulfametazina e trimetoprim. Neste estudo, foi constatado que todos os antibacterianos pesquisados foram detectados em concentrações acima das permitidas, sendo a enoxacin, norfloxacin, ciprofloxacina, trimetoprim, sulfametoxazol, eritromicina, roxitromicin os de maior evidência (ZANG et al., 2012).

Nesse contexto, pesquisadores de Pequim realizaram levantamento de dados na literatura a fim de realizar um estudo de perfil de contaminação das águas subterrâneas e superficiais com a finalidade de identificar registros de contaminação por fármacos em suas águas (BU et al., 2013). Durante os estudos foi constatado a presença de diversos fármacos, entre eles os pertencentes às classes das sulfonamidas (Sulfametoxazol), dos macrolídeos (Eritromicina e Roxidromicina), entre outros medicamentos como diversos anti-inflamatórios.

Paralelamente, González-Pleiter et al. (2013), na Espanha, buscaram investigar a toxicidade de cinco antibacterianos (amoxicilina, eritromicina, norfloxacin e levofloxacin), avaliando os efeitos isolados e as suas associações para os organismos aquáticos fotossintéticos. No final do estudo foi observado um aumento da sensibilidade nos organismos testados frente a um grande sinergismo entre as associações. E, dentre as combinações, a combinação entre a tetraciclina e a eritromicina foi a que representou maior risco ecológico para os ambientes aquáticos estudados.

Na Grécia, pesquisadores constataram a presença de diversos medicamentos na água e, dentre eles, mais uma vez as sulfonamidas (trimetoprim e sulfametoxazol) foram evidenciadas como um dos compostos mais abundantes nos seus afluentes e efluentes, demonstrando, assim, que os métodos de tratamento não são eficientes e, em longo prazo, podem conduzir à deflagração de efeitos danosos ao meio ambiente e à população (KOSMA et al., 2014).

Como se pode observar, a comunidade científica global tem se sentido provocada para pesquisar e monitorar o meio ambiente, em especial corpos d'água, onde os antimicrobianos e seus metabólitos podem bioacumular e contaminar alimentos, suplementos de consumo, águas superficiais e águas subterrâneas, que até algum tempo atrás se acreditava que fossem impermeáveis à contaminação (KOSMA et al., 2014).

3. ANTIFÚNGICOS

Fungos são microrganismos eucariotos, os quais podem ser classificados como bolores (fungos filamentosos) e leveduras (PIGATTO et al., 2009), que se encontram presentes no meio ambiente, em vegetais, ar atmosférico, solo e até mesmo na água (ANVISA, 2011). As leveduras são fungos capazes de colonizar o homem e animais e, quando à perda do equilíbrio parasita-hospedeiro, podem causar diversos quadros infecciosos com formas clínicas localizadas ou disseminadas (ANVISA, 2014).

Já os fungos filamentosos, durante o processo de decomposição dos alimentos, acabam produzindo metabólitos secundários, os quais são denominados como micotoxinas, estimulando-se a existência de aproximadamente 300 substâncias consideradas como micotoxinas, fato que as tornam um problema de saúde pública devido aos efeitos tóxicos nos organismos (PEREIRA, 2012). Assim, as micotoxinas vêm provocando uma grande preocupação no meio acadêmico, pelo fato de que essas estão envolvidas na promoção de diversas doenças, síndromes clínicas e, em alguns casos, provocam a formação de tumores (PEREIRA & SANTOS, 2011).

No ano de 2013, pesquisas apontavam uma estimativa de que, existiam em torno de 72.000 espécies de fungos descritas na literatura e que, dessas, em média, 300 seriam já conhecidas como patógenos para humanos e animais, sendo considerado um dos postos críticos a existência de um número restrito de classes de antifúngicos disponíveis no mercado, outro ponto crítico é o aumento significativo de resistências e/ou multirresistências a esses (LOBO et al., 2013).

São consideradas multirresistências a existência da insensibilidade ou até mesmo a resistência de um microorganismo frente aos medicamentos antimicrobianos administrados, como por exemplo, os antifúngicos (TANWAR et al., 2014). Um exemplo de resistência crescente aos antifúngicos, bastante descrito na literatura, são as espécies de *Candida spp.*, inclusive, com possíveis mecanismos moleculares já evidenciados, podendo essas ser de caráter primário, a qual é dada pela presença de baixas concentrações do fármaco nos tecidos e no sangue (o que pode estar relacionado à interação farmacológicas ou ao quadro clínico do paciente) ou pode ser do caráter secundário, cujas cepas resistentes foram originadas em razão do prévio contato com o antifúngico (exposição inapropriada das cepas ao antifúngico) (DERMITTO et al., 2012).

Apesar disso, os antifúngicos não tiveram a sua comercialização restrita juntamente com os antibióticos pela ANVISA em 2011. Assim, esses continuam sendo usados de maneira inapropriada e inconsequente, contribuindo direta e indiretamente com as resistências, demonstrando, dessa forma, a necessidade de um maior controle desses medicamentos, além de orientações corretas quanto ao uso e descarte.

Tomando todos esses pressupostos em conjunto, fica evidente que o descarte inapropriado desses medicamentos também pode contribuir para o surgimento de cepas resistentes, sendo esses caracterizados como micropoluentes resistentes. Este cenário, por sua vez, cria um sério problema de saúde pública, que poderia ser minimizado com a correta destinação de resíduos.

4. HORMÔNIOS

A cada ano que passa, inúmeros compostos são produzidos pela indústria farmacêutica. No entanto, das milhares de substâncias orgânicas e inorgânicas produzidas,

raras são monitoradas ou regulamentadas, com relação ao tempo de vida e eventuais efeitos quando lançadas no ambiente de forma inadequada. Assim, a presença de micropoluentes medicamentosos se torna cada vez mais constante em corpos d'água, podendo, dessa forma, causar danos à saúde humana e de animais, incluindo o sistema endócrino (SANTOS et al., 2016; MARTINI et al., 2015).

O sistema endócrino é composto por diferentes órgãos e tem por característica principal a produção e secreção direta de hormônios na corrente sanguínea, que atingem órgãos-alvo, promovendo ou contribuindo no controle da função de um determinado órgão (HARZER et al., 2015).

Entre as substâncias capazes de exercer efeitos no sistema endócrino, encontram-se os desreguladores endócrinos, os quais exercem seus efeitos em concentrações na ordem de micrograma por litro ($\mu\text{g/L}$). Esta condição favorece a inferência desses compostos sobre organismos humanos e animais, mesmo após o tratamento de água convencional, pois os resíduos que ainda persistem, estão em concentrações capazes de exercer efeito biológico (MARTINI et al., 2015).

São definidos como desreguladores endócrinos as substâncias exógenas que apresentam a capacidade de causar efeitos indesejáveis à saúde por desbalancear a ação de um ou mais hormônios. Não obstante, essas mesmas substâncias, uma vez presentes em corpos d'água podem interferir no sistema endócrino de organismos aquáticos (HARZER, 2015; VERBINNEN & NUNES, 2010).

Os estrogênios naturais e contraceptivos são substâncias pertencentes a esse grupo, e há relatos na literatura que demonstram que os sistemas reprodutivos de certos organismos terrestres e aquáticos são afetados por esses esteroides, promovendo, assim, o desenvolvimento de anormalidades e deterioração reprodutiva nos organismos expostos (BILA & DEZOTTI, 2003).

A presença de estrogênio na água pode estar relacionada ao uso de contraceptivos, sendo que, de acordo com dados da Pesquisa Nacional de Demografia e Saúde da Criança e da Mulher (PNDS), só em 2006, estimava-se que aproximadamente 27,4% das mulheres na faixa etária de 15 a 44 anos realizavam o uso de apresentações farmacêuticas hormonais como método contraceptivo, demonstrando, assim, o elevado consumo desta classe medicamentosa pela população brasileira feminina. Os estrogênios utilizados como contraceptivos podem ser naturais, como a estrona, estriol e o 17 β -estradiol; ou sintético, como o 17 α -etinilestradiol (COLAÇO et al., 2014).

4.1 Efeitos dos Estrogênios no Meio Aquático

Os tratamentos de água e esgoto sanitário convencionais não são eficazes para a remoção completa dos estrogênios presentes, propiciando a permanência dos mesmos no meio aquático (PONTELLI et al., 2016). Dessa forma, pesquisadores tem se detido em buscar métodos eficientes de purificação, controle e avaliação dos riscos envolvidos para os ecossistemas.

Para tanto, é necessário saber os limites de quantificação e de detecção desses. Daniel e Lima (2014) apresentam um estudo utilizando a metodologia por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), que vem de encontro dessa necessidade, onde apresentam faixas de detecção para alguns hormônios com função contraceptiva. Nele, utilizando como matriz a água, apresentam a faixa de quantificação e detecção, respectivamente, de $5,25 \mu\text{gL}^{-1}$ a de $1,57 \mu\text{gL}^{-1}$ para a estrona; $7,75 \mu\text{gL}^{-1}$ e $2,32 \mu\text{gL}^{-1}$ para o estradiol; $5,41 \mu\text{gL}^{-1}$ e de $1,62 \mu\text{gL}^{-1}$ para o 17 β -estradiol; e $3,75 \mu\text{gL}^{-1}$ e $1,12 \mu\text{gL}^{-1}$ para o 17 α -etinilestradiol.

Já é descrito na literatura que o 17 β -estradiol, em concentrações de 10 ngL⁻¹ na água, pode induzir hermafroditismo em peixes (MARTINI, 2015), enquanto que os naturais estrona e estriol, nas concentrações de 1 ngL⁻¹, estão associados aos efeitos de desregulação endócrina (VERBINNEN et al., 2010).

Santos et al. (2016), analisaram os efeitos toxicológicos de diversos contraceptivos orais em peixes machos *Betta splendens*, em concentrações de 10 ngL⁻¹ e constataram uma redução dos comportamentos ativos e agressivos em todos os grupos tratados, além de comportamentos atípicos (natação errática). Esses efeitos foram mais evidentes nos animais do grupo exposto ao 17 β -estradiol, que, dos hormônios ensaiados, foi o que pareceu manter a agressividade dos machos testados.

Pesquisas demonstraram que a presença do 17 α -etinilestradiol em ambientes aquáticos promove a feminização de peixes machos, que fora atribuída à produção de vitelogenina, a qual, em condições normais, não é produzida por peixes machos, somente pelas fêmeas (MARTINI et al., 2015).

Harzer et al. (2014), analisaram os efeitos crônicos da exposição dos hormônios estriol e estrona frente a peixes *Rhamdia quelen*, onde verificaram que esses esteroides promovem são responsáveis por alterações significativas de aumento de biomarcadores de lesão hepática, a saber: ALT, AST e ALP, indicando, claramente, diferentes graus de lesão no hepatócito, condizente com o nível de exposição e absorção desses hormônios.

Assim, fica evidente que os compostos estrógenos causam danos aos organismos aquáticos, pelo menos em peixes, que são os animais experimentais mais utilizados para esse tipo de estudo. Contudo, ainda há muito a ser estudado nessa área, são necessários estudos complementares para traçar um perfil e grau de contaminação por esses micropoluentes.

5. SUPLEMENTOS VITAMÍNICOS E MINERAIS

As mudanças no estilo de vida promoveram alterações no padrão alimentar da população, transformando, assim, os suplementos vitamínicos e alimentos enriquecidos em veículos práticos de fonte de obtenção de vitaminas para a população (ABE-MATSUMOTO et al., 2015). Tanto que a ingestão dessas formulações tem aumentado significativamente nas últimas décadas (KRAWCZYK, 2014).

Em 2008 a categorias de produtos que mais tiveram crescimento no mercado brasileiro foram as vitaminas e minerais (CARVALHO et al., 2008). Por serem relacionados a uma grande variedade de fins terapêuticos (ABE-MATSUMOTO et al., 2015) esse tipo de medicamento/suplemento ganhou espaço no mercado, que vem acompanhado de forma diretamente proporcional aos grandes investimentos de publicidade veiculada nos meios de comunicação (CARVALHO et al., 2008), que estimulam o seu consumo visando a prevenção e ou cura a diferentes males, como o retardamento do envelhecimento, a capacidade de combate ao estresse, a melhora do quadro geral de saúde de seus consumidores (ABE-MATSUMOTO et al., 2015).

Embora algumas das vitaminas sejam substâncias conhecidas por sua atividade antioxidante, estudos têm revelado, principalmente em testes *in vitro*, que a ação desses compostos pode estar relacionada tanto à ação antioxidante quanto à pró-oxidante, parecendo ser dependente da concentração administrada (TOLEDO et al., 2013). Este achado coloca em cheque seu consumo nos moldes que vem sendo observado até os dias de hoje.

Os suplementos vitamínicos foram regulamentados pela ANVISA em 1998, a qual determina que esses devam ser usados para complementar à dieta diária de uma pessoa

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) saudável, em situações onde a ingestão diária desses nutrientes através da alimentação não é suficiente ou quando a dieta requer suplementação (Brasil, 1998).

Entretanto, esses são divididos em duas categorias, onde uma corresponde aos suplementos vitamínicos e/ou minerais (contém de 25% a 100% da Ingestão Diária Recomendada) e a outra aos medicamentos à base de vitaminas e minerais (esquemas posológicos diários representa mais que 100% da Ingestão Diária Recomendada). Portanto, a diferença dentre eles está nos níveis de micronutrientes ofertados na dosagem diária recomendada (ABE-MATSUMOTO et al., 2015).

As preparações farmacêuticas de suplementos e vitaminas, por regulamentação da ANVISA, devem restringir sua composição ao que se refere a esse fim. Contudo, é observado em alguns casos que produtos multivitamínicos apresentam concentrações elevadas de metais, tais como o Pb e o As, que são metais pesados considerados tóxicos (KRAWCZYK, 2014) e sem função fisiológica em organismo humano e animal estabelecida até hoje.

Os suplementos vitamínicos, com muita frequência, trazem em suas formulações a presença de minerais como Al, Fe, Mg, Mn, Cu entre outros elementos. Não obstante, esses minerais são, na verdade, metais pesados. Alguns deles, como Fe, Mg e Cu possuem parte da constituição de grupamento prostético de algumas proteínas e enzimas, contudo, suas concentrações corporais tendem a ser diminutas. Por outro lado, o Al e o Mn não fazem parte da fisiologia corporal. Independentemente, o risco ou nível de toxicidade frente a esses metais vem de encontro com o grau de exposição e o tempo relacionado à mesma. Sendo assim, a suplementação que sustenta em sua formulação esses metais corrobora com riscos de toxicidade, uma vez que os metais necessários ao funcionamento corporal estão presentes em diversos tipos de alimentos. Dessa forma, a suplementação responsável é necessária quando em casos específicos de evidente prejuízo relacionado à ingestão dos mesmos.

Ademais, da mesma forma que outras preparações, quando ocorre o descarte pelo uso descontinuado de forma inapropriada, esses metais acabam se acumulando no solo e na água, que somados a outras tantas fontes, aumentam a probabilidade de um ambiente contaminado.

5.1 Vitaminas no Ambiente Aquático

Durante o período reprodutivo, os peixes necessitam de muita energia para dar conta dos processos metabólicos que são envolvidos nessa fase cíclica de vida, sem contar que estão sujeitos às influências de estresse externas, como mudanças na qualidade da água, variações de temperatura e pH. Sendo assim, é consenso que se faz necessário uma suplementação adequada, a fim de garantir a sobrevivência e o seu desenvolvimento reprodutivo (NAVARRO et al., 2012).

Os nutrientes que fazem parte dessas suplementações devem ser administrados nas proporções corretas, com a finalidade de suprir as necessidades fisiológicas dos animais, onde se prospecta uma dieta composta por lipídios, carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais, sendo as vitaminas responsáveis por uma pequena fração, embora essas estejam envolvidas em todos os processos metabólicos vitais (JUNIOR et al., 2015).

Na aquicultura, estudos vêm demonstrando que o emprego de vitaminas e minerais auxiliam na redução de estresse oxidativos, o qual pode ser promovido durante o transporte dos peixes (DINIZ, 2012). É definido como estresse oxidativo, a perda da homeostasia entre a produção de antioxidantes e a geração de radicais livres, a qual é caracterizada pelo aumento da produção de espécies reativas e a deficiência de moléculas com função antioxidante (AGUIAR et al., 2014).

As vitaminas empregadas na aquicultura com propósito de suplemento antioxidante

são as vitaminas A, C e D. A vitamina C (ácido ascórbico), que em concentrações adequadas tem apresentado respostas antioxidantes positivas também tem demonstrado atuar positiva e diretamente sobre o desenvolvimento dos peixes (LIMA & BARBOSA, 2016).

De acordo com Furaya (2013), a vitamina A apresenta uma grande importância para o desenvolvimento de tilápia do Nilo, de modo que a sua ausência na dieta resulta nos mais diferenciados efeitos, que vão desde alterações hematológicas, como neutropenia, e mesmo o aumento da taxa de mortalidade entre a população não suplementada. Sua recomendação suplementar é sugerida na ordem de 4.704 UI/kg, buscando o propósito de manter a salubridade.

Já vitamina D é encontrada em grande quantidade em peixes (fígado e tecido adiposo). Embora os peixes não apresentem capacidade de biossintetizar vitamina D, que é funcionalmente importante para seu desenvolvimento, é requerida sua suplementação na ordem de 2,4 UI/kg na dieta de peixes juvenis (truta arco-íris), garantindo, assim, o desenvolvimento esperado dos mesmos (JUNIOR et al., 2015).

6. ANTIINFLAMATÓRIOS

A automedicação é uma prática bastante comum no Brasil, de modo que em torno de 35% dos medicamentos comprados em farmácias e drogarias são frutos da automedicação (IURAS et al., 2016). Assim, essa pode ser considerada como um mecanismo de não adesão às orientações médicas (ABRAHÃO et al., 2013). O uso irracional de medicamentos é considerado um dos grandes fatores de contribuição de descarte inadequado de medicamento, uma vez que a nossa legislação não responsabiliza as farmácias quanto ao recebimento de medicamentos vencidos pelo paciente. Essa situação acaba por propiciar a prática de descarte irregular ou irresponsável, ou seja, com destinação em lixo comum, o que corrobora à contaminação aos ecossistemas (TESSARO et al., 2013).

Entre as classes de medicamentos encontrados na água, a literatura traz a presença dos anti-inflamatórios não esteroidais como contaminantes, o que pode estar relacionado com a automedicação, uma vez que medicamentos pertencentes a essa classe são notoriamente utilizados por toda população por serem, no senso comum, considerados como fármacos com boa eficácia e segurança, porém, podem ocasionar inúmeros tipos de reações adversas e, em casos mais graves, podem até causar morte (LIMA et al., 2015).

A automedicação no Brasil tem sido estudada há algum tempo em vários segmentos de classe e da população. Esta prática está tão presente, que contrariamente ao que pode se pensar, mesmo os que possuem nível de formação acadêmica, são participantes dessa prática, pois sentem-se mais seguros por disporem de acesso a informação. Dentro deste contexto, Iuras et al. (2016) investigaram quais fármacos apresentavam prevalência na automedicação entre estudantes da Universidade do Estado do Amazonas e observaram que dos 148 estudantes entrevistados, 20% deles faziam se automedicavam com anti-inflamatórios não esteroidais.

Na China, um levantamento de dados realizados por BU et al. (2013), comprovou a presença de pelo menos nove anti-inflamatórios, tanto nas águas quanto em sedimentos das águas do país, sendo eles o diclofenaco de sódio, ibuprofeno, cetoprofeno, naproxeno, indometacina, ácido mefenâmico e ácido salicílico. No Brasil, Melo et al. (2009) relataram presença de naproxeno e cetoprofeno no esgoto bruto e água superficial, bem como a presença de ibuprofeno e diclofenaco nos efluentes de estação de tratamento de esgoto, nas águas superficiais e no esgoto bruto também.

Dentre os fármacos contaminantes, o paracetamol merece um devido destaque, uma vez que este fármaco, quando administrado em doses elevadas pode ocasionar danos hepáticos tanto em humanos quanto em animais (NAPOLEÃO et al., 2015). Embora as doses tóxicas do paracetamol sejam elevadas, não existem estudos que garantam segurança quanto a exposição constante e a longo prazo, como o que acontece com águas contaminadas com este fármaco.

Outro fármaco largamente utilizado e encontrado como resíduo em águas para consumo é o diclofenaco de potássio, que é indicado para o tratamento de condições agudas, devendo ser administrado durante um curto prazo de tempo em função de instalar diferentes efeitos adversos, como distúrbios no sistema nervoso central, no trato gastrointestinal e hepático, principalmente (LIMA et al., 2015).

As consequências dos fármacos para o meio ambiente ainda não são muito conhecidas; contudo, a maior preocupação desses em relação à sua presença na água, são os seus efeitos adversos para a saúde humana, animal e dos organismos aquáticos (TESSARO et al., 2013).

7. PSICOFÁRMACOS

Os psicofármacos são aqueles capazes de modificar seletivamente as atividades e condição do Sistema Nervoso Central, podendo ser classificados de acordo com a sua funcionalidade, ou seja, ansiolíticos e sedativos, antipsicóticos neurolépticos, antidepressivos, estimulantes psicomotores e os potencializadores da cognição (SILVA & IGUTI, 2013). No Brasil, o consumo de psicofármacos é incrivelmente abusivo, especialmente no que tange ao tratamento da ansiedade, da depressão (BORRELY et al., 2012), além do uso indiscriminado de anorexígenos (ANDRIOLO et al., 2012).

O uso constante dessas substâncias também acaba por corroborar com descartes inadequados, os quais são percebidos pela presença das mesmas em estações de tratamento de esgoto e em ambientes aquáticos. Ilustrando essa problemática, trazemos os achados do trabalho de Bittencourt et al. (2016), que estudando o lodo de esgoto a partir de dados da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), apontaram a avaliação de 74 estações de tratamento de esgoto e verificaram a presença de 145 compostos, sendo que destes, 72 eram fármacos, e, dentre eles, encontravam-se com maior frequência a fluoxetina e a carbamazepina.

De acordo com o Sistema Nacional de Gerenciamento de Produtos Controlados (SNGPC) e a ANVISA, somente no período de 2007 a 2010, os ansiolíticos foram as substâncias controladas mais consumidas pela população brasileira (SILVA & IGUTI, 2013). Diversas pesquisas confirmaram a presença de antidepressivos em águas residuárias, mesmo depois de serem submetidas ao processo convencional nas estações de tratamento de esgotos urbanos (COSTA JUNIOR et al., 2014).

A fluoxetina, fármaco empregado para o tratamento de depressão, transtorno obsessivo compulsivo (TOC), bulimia nervosa, transtorno do pânico, também é usada imprópriamente para o controle de peso, e essa já foi encontrada tanto em afluentes quanto em efluentes (BORRELY et al., 2012). Estudos têm revelado que os antidepressivos podem influenciar na reprodução prematura em moluscos (MIOTTO et al., 2015), sendo que alguns podem ser considerados como pragas.

Trabalho realizado por Borrely et al. (2012), investigaram os efeitos ecotoxicológicos do cloridrato de fluoxetina frente à bactéria *V. fischeri* e o anfípoda *H. azteca*, e observaram uma elevada toxicidade para ambos organismos aquáticos. No entanto,

para *H. azteca*, verificou-se a interferência na sobrevivência a partir de 0,3 ppm, resultando em mortalidade a partir 1,25 ppm no ensaio com 96 horas de exposição, demonstrando, assim, que o *H. azteca* foi mais sensível ao fármaco em questão do que a *V. fischeri*.

Embora a literatura apresente poucos trabalhos sobre os possíveis efeitos de substâncias psicotrópicas para os organismos aquáticos, inúmeros pesquisadores têm buscado métodos de detecção e de eliminação desses micropoluentes presentes tanto no ambiente aquático quanto no solo, com o propósito de evitar o acúmulo e também a contaminação de humanos e animais.

8. CAFEÍNA

A cafeína, quimicamente nominada de 3,7-dihidro-1,3,7- trimetil-1H-purino-2,6-diona (CLAUSEN et al., 2015), é um alcalóide pertencente ao grupo das xantinas, a qual atua como um estimulante dos sistemas nervoso e cardiovascular (SILVA et al., 2015; CLAUSEN et al., 2015). A cafeína é um composto presente em várias bebidas como café, erva mate, chá preto, cacau e bebidas à base de cola e, por conseguinte, consumida no mundo todo, inclusive por gestantes. Além disso, a cafeína também faz parte da composição de muitos medicamentos, uma vez que exerce ações farmacológicas, atuando como um antagonista dos receptores de adenosina (Figura 1) (SILVA et al., 2015).

Tendo esses pressupostos em mente, não fica difícil de imaginar que se outros compostos consumidos de forma quantitativamente menor que a cafeína são encontrados com resíduos em corpos d'água, que este alcaloide seja encontrado também. E de fato o é, uma vez que existem registros sobre sua presença em esgotos sanitários, efluentes tratados e no escoamento superficial urbano e, posteriormente ao mar. Interessante destacar que, mesmo em concentrações baixas, a cafeína se mantém persistente e chega às águas costeiras em quantidades crescentes (HATJE et al., 2013).

Trabalhos realizados por Ferreira et al. (2010) procuraram investigar o possível efeito moluscicida da cafeína nas concentrações de 2 gL⁻¹ e 5 gL⁻¹ frente ao *B. similis* durante 120 dias, levando-se em consideração a avaliando três processos: sendo o primeiro a influência na eclosão de ovos; o segundo, o crescimento e reprodução dos moluscos jovens; e o terceiro, a sobrevivência, crescimento e reprodução de jovens com 10 e 30 dias. Neste estudo verificaram que a cafeína não apresentou efeito ovicida, independente da concentração testada, assim como também não interferiu no crescimento dos moluscos. No entanto, ela demonstrou interferir no desenvolvimento dos animais, o que fora mais evidentemente observado no grupo tratado com a concentração de 5 g/L, que também apresentou atividade moluscicida para o grupo dos moluscos jovens de 10-30 dias de vida, promovendo uma mortalidade de 50%.

Atualmente a cafeína vem sendo usada como indicador de presença antrópica, a qual permite a investigação de outros contaminantes (SILVA et al., 2016), devido ao fato de permanecer por longos períodos em meio aquático, o que decorre de sua alta solubilidade (13,5 g/L) e a sua insignificante volatilidade, o que a credencia como um marcador estável de avaliação de ação humana (SAMPAIO et al., 2012). Esta característica é utilizada por pesquisadores brasileiros, de modo especial tem sido utilizada como marcador nas fontes de água do Rio dos Sinos, no Estado do Rio Grande do Sul. Adicionalmente, há indicação promissora de que venha servir como substância marcadora de contaminação de resíduos domésticos (LINDEN et al., 2015).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescente consumo de medicamentos pela população é expressivo, de modo que a indústria farmacêutica seja responsável por movimentar boa parte da economia mundial. Este consumo possui diferentes fatores causais, porém, sem dúvida alguma, parte do consumo, que garante esses resultados, é a prática da automedicação, bastante presente em nosso país.

O ato de automedicação não contribui somente para os tratamentos impróprios, mas também resulta em descarte inapropriado de medicamentos vencidos ou não. Dessa forma, os medicamentos tornam-se micropoluentes emergentes de interesse acadêmico e público, uma vez que esses podem se acumular no solo e na água e causar efeitos indesejáveis, além de alterações fisiológicas em peixes como as causadas por hormônios, a resistência de microorganismos patogênicos, entre outros efeitos ainda não são relatados.

Embora não se tenha muito bem elucidado na literatura os efeitos desses e de seus produtos de degradação frente ao organismo humano e ao ecossistema, diversos centros de pesquisas, tem se voltado para a busca de métodos efetivos de degradação dos fármacos detectados em estações de tratamento de esgoto, a fim de evitar que esses cheguem às fontes de abastecimento de água e, conseqüentemente, causem danos aos organismos e ao meio ambiente.

10. REFERÊNCIAS

ABE-MATSUMOTO, L.T.; SAMPAIO, G.R.; BASTOS, D.H.M. Suplementos vitamínicos e/ou minerais: regulamentação, consumo e implicações à saúde. **Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro**, v. 31 (7), p.1371 - 1380, 2015

ABRHÃO, R.C.; GODOY, J.A.; HALPERN, R. Automedicação e comportamento entre adolescentes em uma cidade do Rio Grande do Sul. **Aletheia**, v. 41, p. 134 – 153, 2013.

AGUIAR, A.O.; OLIVEIRA, B.B.R.; CARNIB, L.P.A. Efeito dos antioxidantes vitamina C e selênio em pacientes queimados: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v. 13 (2), p. 62 -66, 2014.

ANDRIOLO, D.S.M. et al. Investigação da presença de anorexígenos, benzodiazepínicos e antidepressivos em formulações fitoterápicas emagrecedoras. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v 71 (1), p. 148 – 52, 2012.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n° 32, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de suplementos vitamínicos e ou de minerais. Disponível em:

http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/portarias/32_98.htm. Acesso em: 20 de julho de 2016.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Cartilha o que devemos saber sobre medicamentos, 2010. Disponível em:

http://www.paulinia.sp.gov.br/downloads/Cartilha_medicamentos.pdf. Acesso em: 29 de maio de 2016.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Antimicrobianos – Bases teóricas e uso clínico, 2007. Disponível em :

http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/rede_rm/cursos/rm_controle/opas_web/modulo1/conceitos.htm. Acesso em: 01 de junho de 2016.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Antimicrobianos – resolução RDC N° 20, de Maio de 2011. Dispões sobre o controle de medicamentos à base de substâncias

classificadas como antimicrobianos, de uso sob prescrição, isoladas ou em associação. Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em: 01 de agosto de 2016.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Antimicrobianos – Detecção e Identificação dos Fungos de Importância Médica, 26 de julho de 2014. Disponível em: <http://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/publicacoes/item/deteccao-e-identificacao-de-fungos-de-importancia-medica>. Acesso em: 20 de julho de 2016.

BILA, D.M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. **Química Nova**, v. 26 (4), p. 523 - 530, 2003.

BITTENCOURT, S. et al. Sorção de poluentes orgânicos emergentes em lodo de esgoto. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 21 (1), p. 43 - 53, 2016.

BORRELY, S.I. et al. Contaminação das águas por resíduos de medicamentos: ênfase ao cloridrato de fluoxetina. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 36 (4), p. 556 - 563, 2012.

BRASIL, ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Nota técnica sobre a RDC Nº 20/2011. Orientações de procedimentos relativos ao controle de medicamentos à base de substâncias classificadas como antimicrobianos, de uso sob prescrição isoladas ou em associação, 2013.

BU, Q. et al. Pharmaceuticals and personal care products in the aquatic environment in China: A review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 262, p. 189 – 211, 2013.

CARVALHO, P.B.; ARAÚJO, W.M.C. Rotulagem de suplementos vitamínicos e minerais: uma revisão das normas federais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13 (Sup), p. 779-791, 2008.

CHAVEZ, G.L.D. et al. Descarte de medicamentos vencidos e em desuso: um levantamento do comportamento dos consumidores em São Mateus/ES. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, V. 19 (2), p. 1083-1096, 2015.

CLAUSEN, D.N. et al. Desenvolvimento de Método por CLAE para Quantificação de Orfenadrina, Paracetamol e Cafeína em Formulações Farmacêuticas. **Revista Virtual de Química**, v 7 (6), p. 2066 – 2079, 2015.

COLAÇO, R.; PERALTA-ZAMORA, P.G.; GOMES, E.C. Poluição por resíduos contendo compostos farmacêuticamente ativos: aspectos ambientais, geração a partir dos esgotos domésticos e a situação do Brasil. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 35 (4), p. 539 – 548, 2014.

COSTA JUNIOR, I.L.; PLETSCH, A.L.; TORRES, Y.R. Ocorrência de Fármacos Antidepressivos no Meio Ambiente. **Revista Virtual de Química**, v. 6 (5), p. 1408 – 1431, 2014.

DANIEL, M.S.; LIMA, E.C. Determinação simultânea de estriol, β -estradiol, 17α -etinilestradiol e estrona empregando-se extração em fase sólida (SPE) e cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). **Revista Ambiental de Água**, v 9 (4), p. 688 – 696, 2014.

DEMITTO, F.O. et al. Suscetibilidade a antifúngicos in vitro de *Candida spp.* em pacientes do Hospital Universitário Regional de Maringá-PR. **Brazilian Journal of Pathology and Laboratorial Medicine**, v. 48 (5), p. 315 – 321, 2012.

DINIZ, N.M.; HONORATO, C.A. Algumas alternativas para diminuir os efeitos do estresse em peixes de cultivo. **Arquivos de Ciência Veterinária e Zoologia**, v. 15 (2), p. 149 - 154, 2012.

FALQUETO, E.; KLIGERMAN, D.C. Diretrizes para um programa de recolhimento de medicamentos vencidos no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18 (3), p 883-892, 2013.

FERREIRA, P. et al. Influência da cafeína sobre a sobrevivência, crescimento e reprodução de *Bradybaena similaris* (Férussac, 1821) (Mollusca, Xanthonychidae), com diferentes idades. **Revista Brasileira de Zoociências**, v.12 (2), p. 47 – 53, 2010.

FURAYA, W.M. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 03 (01), p 133-150, 2013.

- GONZÁLEZ-PLEITER, M. et al. Toxicity of five antibiotics and their mixtures towards photosynthetic aquatic organisms: Implications for environmental risk assessment. **Water Research**, v. 47, p. 2050 – 2064, 2013.
- HARZER, B.; STIPP, M.C.; HERRERIAS, T. Avaliação da função hepática de peixes *Rhamdia quelen* expostos aos desreguladores endócrinos estriol e estrona. Avaliação da função hepática de peixes *Rhamdia quelen* expostos aos desreguladores endócrinos estriol e estrona. **Revista Intertox-EcoAdvisor de Toxicologia Risco Ambiental e Sociedade**, v. 8 (1), p. 82 - 99, 2015.
- HATJE, V. Oceanografia e química: unindo conhecimentos em prol dos oceanos e da sociedade. **Química Nova**, v. 36 (10), p. 1497 - 1508, 2013.
- IURA, A. et al. Prevalência da automedicação entre estudantes da Universidade do Estado do Amazonas (Brasil). **Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial**, v. 57 (2), p. 104 – 111, 2016.
- JUNIOR, L.P.G.; SOUZA, J.G.S.; MENDONÇA, P.P. Necessidade dos peixes em vitaminas. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 12 (1), p. 3925 - 3935, 2015.
- KOSMA, C.I; LAMBROPOULOU, D.A.; ALBANIS, T.A. Investigation of PPCPs in wastewater treatment plants in Greece: Occurrence, removal and environmental risk assessment. **Science of the Total Environment**, v. 466 - 467, p. 421 – 438, 2014.
- KRAWCZYK, M. Determination of macro and trace elements in multivitamin dietary supplements by high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry with slurry sampling. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 88, p. 377 – 384, 2014.
- LEVIN, A.S.S.; KOBATA, C.H.P.; LITVOC, M.N. Princípios do uso de antimicrobianos: perguntas e respostas. **Revista Médica**, v. 93 (2), p. 63-8, 2014.
- LINDEN, R. et al. Caffeine as an indicator of human fecal contamination in the Sinos River: a preliminary study. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75 (2), p. 81 – 84, 2015.
- LIMA, A.F.; BARBOSA, J.M. Crescimento, sobrevivência e resistência de larvas de tilápia em função da densidade e da suplementação com vitamina C. **Archivos de Zootecnia**, v. 65 (250), p. 117 - 121, 2016.
- LIMA, R.S. et al. Uso indiscriminado de diclofenaco de potássio pela população idosa na cidade de Anápolis, no estado de Goiás, Brasil em 2014. **Revista Colombiana de Ciências Química e Farmacêutica**, v. 44 (2), p. 179 - 188, 2015.
- LOBO, M.A. et al. Avaliação da atividade antifúngica in vitro de frações semi-purificadas obtidas a partir do rizoma *typha domingensis pers (typhaceae)*. **UNISANTA BioScience** – v. 2 (1), p. 42 – 51, 2013.
- MANZETTI, S.; GHISI, R. The environmental release and fate of antibiotics. **Marine Pollution Bulletin**, v. 79, p. 7 - 15, 2014.
- MARTINI, E. et al. Revisão de literatura sobre a presença de etinilestradiol e cafeína na água potável e seus efeitos sobre o organismo humano. **Novos Saberes**, v. 2 (1), p. 58 – 69, 2015.
- MEDEIROS, M.S.G.; MOREIRA, L.M.F.; LOPES, C.C.G.O. Descarte de medicamentos: programas de recolhimento e novos desafios. **Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences**, v. 34 (4), p. 651 - 662, 2014.
- MIOTTO, P.P.S. et al. Medicamentos vencidos descartados no meio ambiente. **Revista Eletrônica Estácio Saúde**, v. 4 (2), p. 41 – 51, 2015.
- MIRANDA, L. et al. Validação intralaboratorial da determinação de metiltestosterona em águas naturais por voltametria usando eletrodo de gota pendente de mercúrio. **Química Nova**, v. 38 (3), p. 419 - 426, 2015.
- NAPOLEÃO, D.C. et al. Degradação do Contaminante Emergente Paracetamol Empregando Processos Oxidativos Avançados. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação**

e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19 (3), p. 725-734, 2015.

NAVARRO, R.D. et al. Nutrição e alimentação de reprodutores de peixes. **Revista Augustus**, v. 15 (30), p. 108 - 118, 2010.

OIVEIRA, J.C. et al. Implantação de postos de coleta para o descarte adequado de medicamentos e , subsequente destinação final. **InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 10 (1), p. 104-116, 2015.

PEREIRA, K.C.; SANTOS, C.F. Micotoxinas e seu potencial carcinogênico. **Ensaio e Ciências: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 15 (4), p. 147 – 165, 2011.

PEREIRA, L.A. et al. Ocorrência, comportamento e impactos ambientais provocados pela presença de antimicrobianos veterinários em solos. **Química Nova**, v. 35(1), p. 159 - 169, 2012.

PIGATTO, M.C.; UCHOA, F.T.; COSTA, T.D. Farmacocinética dos novos antifúngicos de uso sistêmico utilizados em pacientes imunocomprometidos. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 90 (1), p. 86 - 94, 2009.

PINTO, G.M. et al. Estudo do descarte residencial de medicamentos vencidos na região de Paulínia (SP), Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.19(3) p. 219-224,2014.

PONTELLI, R.C.N.; NUNES, A.A.; OLIVEIRA, S.V.W.B. Impacto na saúde humana de disruptores endócrinos presentes em corpos hídricos: existe associação com a obesidade? **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21 (3), p. 753 - 766, 2016.

REGITANO, J.B.; LEAL, R.M.P. Comportamento e impacto ambiental de antibióticos usados na produção animal brasileira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p. 601 - 616, 2010.

SANTOS, B.D. et al. Efeitos de hormônios esteroides de contraceptivos orais combinados sobre os parâmetros comportamentais de *Betta splendens* (Regan, 1909). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68 (2), p. 387 - 396, 2016.

SILVA, T.O.; IGUTI, A.M. Medicamentos psicotrópicos dispensados em unidade básica de saúde em grande município do estado de São Paulo. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde. Edição Especial**. p.1726 - 1737, 2013.

SILVA, B.D.P. et al. Consumo de cafeína durante a gestação e transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH): uma revisão sistemática da literatura. **Caderno de Saúde Pública**, v. 31 (4), p. 682 - 690, 2015.

SILVA, R.F. et al. Identificação e Quantificação de Contaminantes Emergentes em Estações de Tratamento de Esgoto. **Revista Virtual de Química**, v. 8 (3), p. 702 – 715, 2016.

SCHNEIDER, R.N.; NADVORNY, A.; SCHMIDT, V. Perfil de resistência antimicrobiana de isolados de *Escherichia coli* obtidos de águas superficiais e subterrâneas, em área de produção de suínos. **Revista Biotemas**, v. 22 (3), p. 11 - 17, 2009.

TANWAR, J. et al. Multidrug resistance: an emerging crisis. **Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases**, v. 2014, p. 7, 2014.

TESSEROLLI, D.A. et al. Descarte de medicamentos: a visão da comunidade acadêmica e das farmácias. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 9 (2), p. 96-101, 2013.

TESSORATO, P.R. ZANCANARO, V. Recolhimento e descarte dos medicamentos das farmácias caseiras no município de caçador – SC. **Saúde Meio Ambiente**. v. 2 (1), p. 118 - 128, 2013

TOLEDO, R. C. L. et al Effect of mango (*Mangifera indica L.*) pulp ingestion on serum biochemical parameters and liver integrity in rats. **Bioscience Journal**, v. 29(2), p. 516 - 525, 2013.

VERBINNEN, R.T.; NUNES, G.S.; Determinação de hormônios estrógenos em água potável usando CLAE-DAD. **Química Nova**, V. 33 (9), p. 1837 - 1842, 2010.

ZHANG, R. et al. Occurrence and risks of antibiotics in the Laizhou Bay, China: Impacts of river discharge. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 80, p. 208 – 215, 2012.

UNIDADE IV
BIOLOGIA, ECOLOGIA, CULTIVO E CONSERVAÇÃO
DA ICTIOCENOSE

CAPÍTULO 15

CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS GENÉTICOS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO URUGUAI

Carlos Frederico Ceccon Lanes

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil é o país de maior diversidade mundial de peixes de água doce, totalizando 2.481 espécies descritas, fato relacionado à grande heterogeneidade e ao tamanho de suas bacias hidrográficas (BUCKUP et al., 2007). No entanto, estima-se que o número real ainda seja maior, já que algumas áreas foram insuficientemente amostradas ou permanecem inexploradas (Langeani et al., 2007). Além do grande número, uma parcela considerável das espécies é endêmica e, em alguns casos, com uma distribuição geográfica restrita, como é o caso do *Salminus franciscanus* (dourado) encontrado somente na bacia do rio São Francisco; do *Steindachneridion parahybae* (surubim-do-Paraíba), encontrado na bacia do rio Paraíba do Sul; e de algumas espécies do rio Uruguai (PAIM & ORTIZ, 2006; ALVES et al., 2014). A bacia hidrográfica do rio Uruguai caracteriza-se por ser um dos mais importantes corredores de biodiversidade do Cone Sul. Ao mesmo tempo, a bacia apresenta um grande potencial de geração de energia elétrica tanto para usinas de grande como de pequeno porte. Com a finalidade de aproveitar esse potencial energético, hidrelétricas como Barra-Grande, Machadinho e Itá foram construídas na bacia do rio Uruguai. Porém, ainda estão previstas a construção de, pelo menos, mais sete hidrelétricas ao longo do rio Uruguai (PAIM & ORTIZ, 2006). É evidente que, caso a construção dessas hidrelétricas sejam concretizadas, uma alteração significativa ocorrerá na ictiofauna do rio Uruguai. Recentemente, Silva (2014) demonstrou que a diversidade da ictiofauna diminuiu após a construção do reservatório da usina hidrelétrica de Itá.

Pesquisas para avaliar a diversidade da ictiofauna da bacia do rio Uruguai têm sido realizadas basicamente na região do Alto e Baixo Uruguai. Recentemente, 105 espécies de peixes foram registradas para a região do Alto Uruguai em coletas que foram realizadas de 1995 a 2012 (SILVA, 2014). Na região do Baixo Uruguai, Sverlij et al. (2006) listaram 76 espécies que são capturadas com maior frequência. Hahn & Câmera (2000), através de uma revisão bibliográfica, identificaram 251 espécies de peixes, incluindo espécies exóticas, anadromas e estuarinas para a bacia do rio Uruguai.

Em 2005, a bacia do rio Uruguai apresentava nove espécies ameaçadas de extinção, incluindo quatro peixes-anaís do gênero *Austrolebias*, dois peixes de grande porte, como o surubim (*Steindachneridion scriptum*) e a piracanjuba (*Brycon orbygnianus*), e três peixes de pequeno porte: um cascudo (*Hemiancistrus chlorostictos*), um bagre (*Tatia boemia*) e um

canivete (*Characidium vestigipinne*) (ROSA & LIMA, 2005). Além dessas espécies, o dourado (*Salminus brasiliensis*) e o surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) também são considerados espécies ameaçadas de extinção, sendo que a pesca dessas espécies está proibida desde 2002 no Rio Grande do Sul. No entanto, no Uruguai e na Argentina, a pesca desses animais está liberada, sendo um importante recurso econômico devido ao turismo com a pesca amadora, já que no rio Uruguai são encontrados os maiores exemplares de dourados do mundo, podendo atingir um metro de comprimento e superar os 30 quilogramas (SVERLIJ et al., 2006).

Além do dourado e surubim, os peixes da família Anostomidae que inclui, por exemplo, os gêneros *Leporinus* e *Schizodon*, também são capturados na bacia do rio Uruguai (SVERLIJ et al., 2006; SILVA, 2014). As espécies pertencentes a esses gêneros são popularmente conhecidas como piava, piapara, piau, entre outros. Alguns exemplares desses gêneros podem atingir porte considerável, sendo de grande interesse comercial em virtude da palatabilidade de sua carne e da pesca amadora (SANTOS, 2000; SVERLIJ et al., 2006). Na piscicultura, as espécies que têm sido estudadas com maior frequência são o *Leporinus macrocephalus* e o *Leporinus obtusidens*, ambas encontradas na bacia do rio Uruguai (SILVA, 2014).

Levando em consideração a diversidade da ictiofauna presente na bacia do rio Uruguai, a possível construção de novas hidrelétricas, a presença de espécies importantes ameaçadas de extinção, como o surubim e o dourado, e a presença de espécies com alto potencial para o uso na aquicultura, a conservação dos recursos genéticos se faz necessário para auxiliar em futuras pesquisas para a manutenção e conservação das espécies ameaçadas de extinção, assim como para ajudar no desenvolvimento da piscicultura de espécies nativas no sul do país.

Neste capítulo, os principais métodos utilizados para a conservação dos recursos genéticos da ictiofauna brasileira são abordados, assim como o que tem sido feito para a conservação dos recursos genéticos da ictiofauna encontrada na bacia do rio Uruguai até o momento.

2. CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS GENÉTICOS

A ictiofauna, além de ter uma importância ecológica na estruturação e funcionamento dos ecossistemas aquáticos, também apresenta uma acentuada importância como fonte de alimento e geração de riquezas, principalmente com o desenvolvimento expressivo das atividades aquícolas (ROSA & LIMA, 2005; BARROSO et al., 2013). Sendo assim, programas de conservação e manejo da biodiversidade aquática são de extrema importância, especialmente, para a conservação dos recursos genéticos (BARROSO et al., 2013).

A implantação e manutenção dos recursos genéticos (bancos de DNA) da ictiofauna brasileira visam promover inicialmente o conhecimento dos genomas das espécies que se queira preservar. Assim, esses podem ser utilizados para o estabelecimento das relações filogenéticas entre as espécies, auxiliar na solução de dúvidas taxonômicas e permitir a análise da estruturação genética das diferentes populações (SANTOS et al., 2002). Na área da aquicultura, os bancos de DNA podem ser utilizados na prospecção de possíveis espécies com potencial para piscicultura, além de identificar a diversidade genética dessas espécies

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) comerciais em ambiente natural para conduzir a formação de plantel de reprodutores com alta diversidade genética. Adicionalmente, os piscicultores têm no banco de DNA a oportunidade de fornecer material genético das espécies produzidas na piscicultura buscando identificar a estrutura genética das matrizes para detectar os níveis de endogamia, assim como, a ocorrência de híbridos entre os reprodutores, que podem causar a contaminação genética do estoque e depreciação na produção (BARROSO et al., 2013).

A conservação de recursos genéticos (bancos de DNA) pode ser realizada de duas maneiras bem distintas, denominadas de conservação *in situ* e *ex situ*. A conservação *in situ* representa a estratégia de manter o recurso genético protegido em seu local de origem e de distribuição geográfica, de modo geral, através de unidades de conservação, reservas biológicas, parques naturais, etc. Evidentemente, nem todas as unidades de conservação funcionam como um verdadeiro banco de recursos genéticos, devido à falta de monitoramento ou desconhecimento da diversidade genética presente no local (BORÉM & SANTOS, 2001). De acordo com Hilsdorf et al. (2012), essa é a estratégia ideal para a conservação dos recursos genéticos aquícolas, no entanto, essa alternativa é muito dispendiosa e requer muito tempo, na medida em que muitos dos habitats naturais já estão em estágio avançado de degradação e o processo de recuperação é lento e longo.

A estratégia de conservação *ex situ* indica que o recurso genético será preservado fora da área de origem ou de ocorrência natural. Essa seria uma alternativa imediata para conservar os recursos genéticos da ictiofauna brasileira, minimizando as perdas da biodiversidade ocasionadas pelos impactos ambientais (HILSDORF et al., 2012). Essa poderia ser realizada com a manutenção de organismos vivos, coleção de tecidos ou bancos genéticos congelados em nitrogênio líquido. Em geral, bancos genéticos vivos (conservação *ex situ*) também são dispendiosos, requerem infraestrutura, tempo e pessoal qualificado para a manutenção dessas populações. Assim, a coleção de tecidos e bancos criogênicos são os mais viáveis para a manutenção e conservação da biodiversidade da ictiofauna brasileira (HILSDORF et al., 2012; BARROSO et al., 2013).

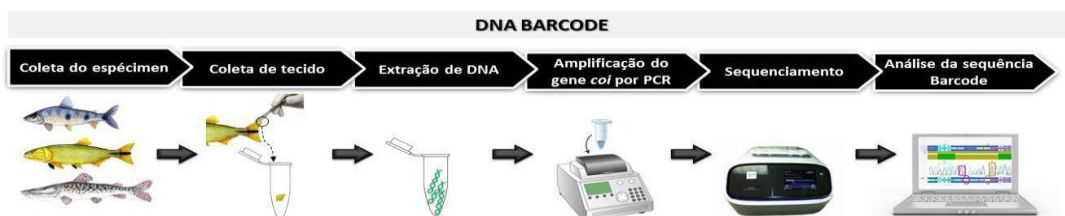
3. BANCOS DE DNA BASEADOS EM AMOSTRAS DE TECIDOS

Para a formação de um banco de DNA podem ser utilizados diferentes tecidos, incluindo: sangue, brânquias, músculo, coração, fígado, nadadeira, rim, entre outros. Dentre esses tecidos, o mais indicado para os peixes é a retirada de um pedaço da nadadeira caudal, já que essa é regenerada após algum tempo (GOSS & STAGG, 1957). Além disso, o animal pode ser liberado novamente para a natureza, sem a necessidade de sacrificá-lo. As amostras de tecido coletadas podem ser armazenadas a -20°C ou conservadas em álcool absoluto, álcool etílico 70% ou formalina e mantidos à temperatura ambiente (SANTOS et al., 2002). Posteriormente, essas amostras de tecidos podem ser submetidas a protocolos convencionais de extração e análise da qualidade do DNA (SAMBROOK et al., 1989). As amostras de DNA são então conservadas a -20°C para estudos genéticos posteriores.

Os bancos de DNA baseados em amostras de tecidos possuem finalidades mais limitadas do que os bancos criogênicos de material vivo (espermatozoides, ovócitos e embriões), já que não ocorre a preservação da estrutura celular original (membranas, citoplasma, organelas, núcleo). Dessa forma, esse material não pode ser utilizado em técnicas de reconstrução genômica que permitam propagar clonalmente organismos com fins de conservação *ex situ*. Por outro lado, por não necessitar de material vivo como os bancos criogênicos, um número elevado de amostras pode ser facilmente obtido (SANTOS et al. 2002).

Uma das principais aplicações dos bancos de DNA baseados em amostras de tecidos é o seu uso em programas de identificação de espécies da ictiofauna brasileira através do sistema de identificação molecular conhecido como “DNA barcode” (Figura 1). Essa técnica baseia-se no uso de um segmento de aproximadamente 650 pares de bases da região 5’ do gene mitocondrial citocromo c oxidase subunidade I (*coi*) como um sistema universal de identificação adequado para a maioria das espécies. Através dessa sequência, um espécime desconhecido ou uma amostra mal identificada como ovos, larvas, juvenis ou restos de peixes podem ser identificados comparando sua sequência com sequências disponíveis em uma biblioteca de referência derivada de material identificado por taxonomistas, já que as sequências do gene *coi* tendem a variar entre espécies, mas são relativamente constantes entre os indivíduos de uma mesma espécie (HEBERT et al., 2003).

Figura 1: Etapas de identificação de uma espécie de peixe através técnica conhecida como “DNA Barcode”.



Os bancos de DNA baseados em amostras de tecidos também possibilitam o conhecimento da diversidade genética dos estoques pesqueiros das principais espécies de interesse esportivo e comercial, facilitando o direcionamento de ações de conservação. Além disso, a construção de bancos de DNA permite a identificação dos efeitos das barragens hidrelétricas sobre as populações de peixes migradores (BARROSO et al., 2013).

No Brasil, vários laboratórios de genética e museus possuem bancos de amostras de tecidos de peixes para análise de DNA. No Rio Grande do Sul merece destaque o Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, que conta com inúmeros exemplares armazenados em álcool etílico 70% de espécimes de peixes de toda América do Sul, incluindo também espécies do Rio Uruguai. Além disso, o museu consta com uma coleção de tecidos de peixes para estudos moleculares que inclui atualmente 2.777 amostras (<http://www.pucrs.br/mct/colecoes/ictiologia/>). Outra coleção de menor porte, mas que também merece destaque é o acervo ictiológico técnico-didático do Núcleo de Pesquisas Ictiológicas, Limnológicas e Aquicultura da Bacia do Rio Uruguai (Nupilabru), encontrado na Universidade Federal do Pampa. Esse acervo conta com 1.080 indivíduos catalogados pertencentes a 9 ordens, 24 famílias e 53 espécies de peixes encontradas na Bacia do Médio Uruguai (PITAMEIA et al., 2011). Esse acervo é de extrema importância, já que as pesquisas no Médio Uruguai ainda são escassas, havendo pouca informação sobre a biodiversidade de peixes encontradas nessa região da Bacia do Rio Uruguai. Assim, essa coleção será de grande utilidade para futuras pesquisas moleculares.

4. BANCOS CRIOGÊNICOS

A conservação de material vivo, tais como espermatozoides, ovócitos e embriões por um longo período é alcançada pelo processo de criopreservação, ou seja, pelo congelamento em baixíssimas temperaturas. O congelamento das células vivas, geralmente, é realizado com nitrogênio líquido, permitindo a manutenção da temperatura a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. A essa temperatura, o metabolismo celular é eficientemente paralisado e o material pode ser conservado em estado de suspensão metabólica, em condições livres de riscos de contaminação por patógenos e (ou) variações genéticas, por um longo período de tempo (SUQUET et al., 2000). Assim, na temperatura de criopreservação a estrutura e funcionalidade de células e tecidos vivos são mantidas, conservando-as geneticamente viáveis e reversivelmente inativas do ponto de vista metabólico (PEGG, 2007).

O principal desafio no uso da criopreservação para manutenção de bancos de DNA baseados em material vivo está na retirada do excesso de água presente no interior da célula, evitando assim a formação de cristais de gelo que podem causar danos funcionais irreversíveis à célula. Quando o congelamento é realizado de uma forma adequada, há tempo suficiente para a desidratação da célula e saída da água, o que evita a formação de cristais de gelo intracelulares. Os maiores danos às células ocorrem entre as temperaturas de 0 a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, onde ocorrem alterações de pH, formação de cristais de gelo, concentração dos sais e elevação da osmolaridade (CHAO & LIAO, 2001).

O processo de descongelamento das células também é outra etapa da criopreservação que deve ser realizado com cuidado para se evitar danos às células. A velocidade de descongelamento deve permitir a reidratação celular, mas, ao mesmo tempo, deve ser breve o suficiente para evitar que pequenos cristais no interior da célula aumentem seus tamanhos e as danifiquem. Para a correta criopreservação do material vivo, tanto a velocidade e temperatura de congelamento quanto de descongelamento devem ser obtidas pela condução de ensaios experimentais com antecedência para o desenvolvimento de um adequado protocolo de criopreservação (BILLARD et al., 2004; FAUVEL et al., 1998).

Para evitar a formação dos cristais de gelo durante o processo de criopreservação são utilizados agentes crioprotetores (SUQUET et al., 2000). No entanto, apesar de necessário, a sua toxidez pode causar a morte celular durante a penetração ou saída da célula (CHAO & LIAO, 2001). Os crioprotetores são classificados de acordo com a forma que interagem com as células. Moléculas com baixo peso molecular, tais como: glicerol, dimetil-sulfóxido (DMSO), propileno-glicol, etileno-glicol e metanol, são conhecidos como agentes crioprotetores intracelulares, pois atravessam as membranas celulares com relativa facilidade. Por outro lado, moléculas com peso molecular alto e que, portanto, não permeiam as células, como sacarose, albumina de soro bovino (BSA), gema de ovo, glicose, lactose, polivinilpirrolidona (PVP), rafinose, manitol, entre outros, são considerados crioprotetores extracelulares (DENNISTON et al., 2000; NIEMANN, 1991).

As pesquisas realizadas na área de criopreservação de gametas e embriões de organismos aquáticos têm avançado muito pouco quando comparada às realizadas com animais e plantas terrestres. Até o presente momento, a criopreservação tem sido empregada com sucesso na criopreservação do sêmen de peixes, tornando-se uma ferramenta importante para a conservação da variabilidade genética das populações de peixes que estão ameaçadas de extinção (CHAO & LIAO, 2001). Além disso, a criopreservação do sêmen de peixes permite: sincronização da disponibilidade de gametas, melhor aproveitamento do volume de sêmen disponível, redução de custos relativos à manutenção do plantel de reprodutores

machos, facilita o transporte de gametas e permite a seleção dos gametas de melhor qualidade (SUQUET et al., 2000).

As principais etapas na criopreservação de sêmen de peixes incluem: (i) coleta do sêmen; (ii) avaliação microscópica da qualidade seminal; (iii) adição da solução crioprotetora; (iv) envase; (v) congelamento e armazenamento; (vi) descongelamento; (vii) fertilização e acompanhamento do desenvolvimento embrionário e larval.

No Brasil, a formação de bancos de sêmen criopreservados de peixes já estão sendo realizados. Um exemplo, é o banco de sêmen de peixes do Pantanal que tem por objetivo promover a manutenção da diversidade genética de peixes de valor econômico para futuros programas de recomposição de estoques e para programas de piscicultura com fins comerciais (RESENDE & MARQUES, 2009). Já existem sêmens congelados de *Salminus brasiliensis* (dourado), *Conorynchos conirostris* (pirá) e *Pseudoplatystoma corruscans* (surubim) para a Bacia do São Francisco. Também há bancos de sêmen de *Pseudoplatystoma corruscans* (pintado), *Pseudoplatystoma fasciatum* (cachara), *Piaractus mesopotamicus* (pacu), *Salminus brasiliensis* (dourado) e *Brycon microlepis* (piraputanga), para a bacia do Alto Paraguai, que estão depositados na Embrapa Pantanal (HILSDORF et al., 2012).

Para a Bacia do Rio Uruguai, existem sêmens congelados de *Salminus brasiliensis*, *Brycon orbignyianus* (piracanjuba), *Leporinus obtusidens* (piava), *Prochilodus lineatus* (curimatá), *Steindachneridion scripta* (suruvi) e *Pseudoplatystoma corruscans* (pintado), provenientes especialmente do alto Rio Uruguai e depositados na Universidade Federal de Santa Catarina. Além disso, há amostras de populações selvagens e algumas F1 nascidos em cativeiro de parentais selvagens nessa mesma universidade (HILSDORF et al., 2012). No entanto, é desconhecido procedimentos desse tipo para o Médio e Baixo Uruguai.

Apesar do sucesso no estabelecimento de bancos criogênicos de sêmen para algumas espécies da ictiofauna brasileira, protocolos de criopreservação de ovócitos e embriões de peixes ainda não lograram êxito até o presente momento (TSAI & LIN, 2012; SALMITO-VANDERLEY et al., 2015). O estabelecimento de protocolos de criopreservação de embriões e ovócitos seria uma outra alternativa para a conservação de espécies ameaçadas de extinção, manutenção dos estoques de pesca, bem como a criação de bancos genéticos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração o aumento contínuo da degradação das nossas bacias hidrográficas, o estabelecimento de bancos genéticos se torna imprescindível para a conservação da ictiofauna brasileira. Além disso, os bancos genéticos poderiam ser utilizados para a melhoria da produtividade de espécies nativas através de programas de melhoramento genético pelo setor aquícola.

Com relação à bacia do rio Uruguai, seria interessante uma maior interação dos diferentes setores da sociedade no estabelecimento de um banco genético central, já que as iniciativas para a preservação dos recursos genéticos ainda são incipientes e têm sido realizadas de maneira isolada.

6. REFERÊNCIAS

- ALVEZ A.L. et al. . (2014). Riscos genéticos da produção de híbridos de peixes nativos. Palmas, Tocantis: **Embrapa Pesca e Aquicultura**.
- BARROSO, A.S. et al. (2013). Implantação do banco de DNA de peixes da bacia Araguaia-Tocantis: Aplicações na taxonomia, produção e conservação de recursos

genéticos. **Revista Integralização Universitária**, pp. 173-180.

BILLARD, R.J.; COSSON, S.B.; NOVEIR, M. (2004). Cryopreservation and short-term storage of sturgeon sperm, a review. **Aquaculture**, pp. 1-9.

BORÉM, A.; SANTOS, F.R. (2001). Biotecnologia Simplificada. Visconde do Rio Branco, MG: **Suprema**.

BUCKUP, P.A.; MENEZES, N.A.; GHAZZI, M.S. (2007). Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: **Museu Nacional**.

CHAO, N-H.; LIAO, I.C. (2001). Cryopreservation of finfish and shellfish gametes and embryos. **Aquaculture**, pp. 161-189.

DENNISTON, R.S.; MICHELET, S.; GODKE, R.A. (2000). Principles of cryopreservation. In: T. a. Mazik, Cryopreservation in aquatic species (pp. 59-74). Baton Rouge: **World Aquaculture Society**.

FAUVEL, C. et al. (1998). Cryopreservation of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) spermatozoa in experimental and production conditions. **Aquatic Living Resource**, pp. 387-394.

GOSS, R.; STAGG, M. (1957). The regeneration of fins and fin rays in *Fundulus heteroclitus*. **Journal of experimental Zoology**, pp. 487-507.

HAHN, L.; CÂMERA, L.F. (2000). Ictiofauna do rio Uruguai: pesquisas e impactos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia**, 58, pp. 9-11.

HEBERT, P.D.N. et al. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings of the Royal Society of London**, 270, pp. 313-321.

HILSDORF, A.W.S.; RESENDE, E.K.; ORFÃO, L.H. (2012). Conservação e Manejo de Recursos Genéticos Aquícolas. In: A. S. Costa, Conservação de Recursos Genéticos (pp. 483-508). Brasília, DF: **Embrapa**.

LANGEANI, F. et al. (2007). Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. **Biota Neotropica**, 7, pp. 181-187.

NIEMANN, H. (1991). Cryopreservation of ova and embryos from livestock: current status and research needs. **Theriogenology**, pp. 109-124.

PAIM, E.S.; ORTIZ, L.S. (2006). Hidrelétricas na bacia do rio Uruguai: Guia para ONG's e movimentos sociais. Porto Alegre: **Núcleo Amigos da Terra Brasil**.

PEGG, D.E. (2007). Principles of Cryopreservation. In: J. S. Day, Methods in molecular biology: Cryopreservation and freeze-drying protocols (pp. 39-58). **Totowa: Humana Press Inc**.

PITAMEIA, L.R. et al. (2011). Levantamento, organização, ampliação e divulgação da coleção biológica do Nupilabru. SIEPE.

RESENDE, E.K.; MARQUES, D.K.S. (2009). Criopreservação de sêmen de peixe. Corumbá: **Embrapa Pantanal**.

ROSA, R.S.; LIMA, F.C.T. (2005). Lista da fauna ameaçada de extinção: incluindo as espécies quase ameaçadas e deficientes em dados. In: A. M. Machado, Peixes (pp. 65-81). Belo Horizonte: **Fundação Biodiversidade**.

SALMITO-VANDERLEY, C.S.B. et al. (2015). Conservação de gametas e embriões de peixes teleósteos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, 39, pp. 184-188.

SAMBROOK J.; FRITSCH, E.F.; MANIATIS, T. (1989). Molecular Cloning: A Laboratory Manual. 2nd edition. New York: **Cold Spring Harbor Laboratory Press**.

SANTOS, F.R.; GUIMARÃES, P.E.M.; REDONDO, R.A.F. (2002). Bancos de DNA: coleções estratégicas para estudos da biodiversidade. **Lundiana**, pp. 93-98.

SANTOS, G. (2000). Aspectos importantes para a piscicultura do gênero *Leporinus* Spix, 1829- uma revisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, pp. 151-156.

SUQUET, M. et al. (2000). Cryopreservation of sperm in marine fish. **Aquaculture research**, pp. 231-243.

SVERLIJ, S.B. et al. (2006). Guia ilustrada de las especies mas comunes del rio Uruguay inferior y el embalse de Salto Grande. Uruguay / Argentina: **Comisión Administradora del Rio Uruguay**.

TSAI, S.; LIN, C. (2012). Advantages and applications of cryopreservation in fisheries science. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.55, pp. 425-433.

CAPÍTULO 16

ASPECTOS DA BIOLOGIA ALIMENTAR DO *ASTIANAX JACUHIENSIS* (COPE, 1894), NO RIO URUGUAI MÉDIO, OESTE DO RIO GRANDE DO SUL, PAMPA BRASILEIRO

Andreza Lima de Sousa
Marcus Vinicius Morini Querol

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O *Astyanax jacuhiensis*, conhecido popularmente como lambari, pertence à família Characidae, possuindo uma ampla distribuição doceaquícola, desde o Norte até o Sul brasileiro. As espécies mais importantes dessa família são os lambaris do rabo amarelo: *Asianax bimaculatus* (sinônimo de *A. jacuihensis*); e lambaris do rabo vermelho *A. faciatius*. Para essas espécies, já existem vários estudos desenvolvidos desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul (VILELLA, 2001).

A variação alimentar do *Astyanax jacuhiensis* é compreendida por detritos do fundo dos rios, restos de vegetais, microorganismos, invertebrados e peixes. Desse modo, o lambari é caracterizado com o hábito alimentar onívoro, ou seja, por se alimentar de itens de origem animal e vegetal, ambas as partes equilibradas (ANDRIAN et al., 2006). Entretanto, por apresentar predominância alimentar a restos de vegetais e de insetos, estudos indicam que o gênero é caracterizado com tendência herbívora-insetívora (VILELA; HAYASHI, 2001).

Os lambaris apresentam um papel fundamental na cadeia alimentar do ecossistema de água doce, pois são um dos principais predadores de larvas de insetos, além de ser um controlador biológico natural, servindo também, como alimento vivo para cultivos de peixes carnívoros. A diminuição desses peixes em ambientes naturais pelas práticas de pescas esportivas ilegais, além de outros fatores, proporciona a redução de espécies carnívoras, resultando um desequilíbrio ecológico (GARUTTI, 2003).

As modificações nas comunidades dos peixes dos rios podem ser afetadas por causas naturais, climáticas e por condições limnológicas. No em tanto, a ecologia alimentar das espécies faz com que haja variações nas dinâmicas das populações. Consequentemente, a ciência sobre as alimentações de peixe de água doce é indispensável, pois traz conhecimentos básicos da biologia e fisiologia dos mesmos (VITULE; ARANHA, 2002). A exemplo disso, a energia é direcionada para as principais finalidades como: reprodução e fuga de predadores. Para os lambaris, o alimento após ser ingerido começa liberar energia para diversas vias de organismos, porém alguns alimentos não são facilmente digeridos, como exoesqueleto de insetos, celulose e lignina de plantas (CORREIA; SILVA, 2010).

A verificação do hábito alimentar também colabora para o conhecimento da ocupação de habitat pelas espécies e para auxiliar na compreensão relacionada ao comportamento, disponibilidade de alimento, variação sazonal e temporal (CORREIA;

SILVA, 2010).

Grande parte desses indivíduos se alimenta de acordo com a oferta de itens disponíveis no meio ambiente. Por esse motivo, facilmente são incluídos novos alimentos em sua dieta, de forma que seu hábito alimentar pode ser modificado de acordo com as alterações morfológicas sofrida pelo peixe ao longo de sua vida (DURÃES et al., 2001).

Os peixes que utilizam das estratégias forrageiras são facilmente nutridos pelos mais diversos recursos alimentares. O alimento consumido auxilia no reconhecimento da ictiofauna, grupos tróficos distintos e estrutura da população (ZATTI et al., 2012).

Por conta disso, estudos relacionados à ecologia alimentar referente a esse gênero estão sendo mais praticados através das análises do conteúdo estomacal dos indivíduos, por apresentar dados mais precisos, em detrimento do uso do método da análise de intestino. As análises do conteúdo estomacal resultam dos três métodos primordiais, os quais são: volumétrico, numérico e gravimétrico. Assim, podendo se caracterizar a composição da dieta sendo representada por uma lista de presas e suas respectivas frequências de ocorrências ou quantidades, podendo fazer comparações temporais como: estações, anos e períodos dos dias; como também espaciais, relacionado a diferentes locais (VITULE; ARANHA, 2002). Isto posto, apresentamos abaixo a identificação de hábitos alimentares da espécie *Astyanax jacuhiensis*, o mês de maior atividade alimentar e a frequência de ocorrência numérica do item alimentar composto na dieta, o índice de repleção e o coeficiente estomacal.

2. INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, trabalhos na bacia do rio Uruguai médio relacionados com as comunidades de *Astyanax* são relativamente escassos. Estudos sobre a composição da ictiofauna e entendimento dos mecanismos e suas funções contribui para as avaliações de prováveis alterações ambientais e definições de impactos sobre o ambiente e seus diversos componentes (COPATTI, 2009).

Uma das famílias que compõe a comunidade do rio Uruguai médio é a família Characidae, que é uma das maiores e completas entre os peixes neotropicais. São animais que possuem várias formas corporais, ocupando diferentes habitats e desenvolvendo vários hábitos alimentares (DIAS; FIALHO, 2009).

Lambari é o nome popular escolhido para abranger várias espécies do gênero *Astyanax*, da família Characidae (SUSSEL, 2012). Possui uma extensa distribuição geográfica, que vai dos Estados Unidos à Argentina (THOFEHRN, 2011).

O gênero *Astyanax* é composto por um grupo amplo de representantes que dificulta sua taxonomia, considerando as semelhantes formas corporais. A espécie *A. jacuhiensis* já teve vários nomes científicos de origem, nome reconhecido pela região Sul, por uma determinada população do rio Jacuí, RS, Brasil. Antes desse nome, a espécie era conhecida como *Tetragonopterus jacuhiensis*, onde mais tarde foi transferido para o gênero *Astyanax*. Esta espécie é considerada semelhante aos *Astyanax bimaculatus* e *eigenmanniorum*, (PACHECO et al., 2010).

Referente ao seu hábito alimentar, os lambaris geralmente são onívoros, havendo uma preferência alimentar por invertebrados aquáticos (COPATTI et al., 2012). Peixes do gênero *Astyanax* são considerados também oportunistas, se aproveitam de condições ambientais e oferta de alimento (CORREIA; SILVA, 2010). Segundo Sussel (2012), o conteúdo estomacal encontrado nos lambaris apresenta proporções equivalentes de vegetais

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) (sementes, frutos, algas, macrófitas) e animais (insetos aquáticos e terrestres), demonstrando que se trata de uma espécie onívora com tendência herbívoro-insetívora, o que representa uma característica oportunista.

Segundo Casemiro et al. (2002), os lambaris em seu habitat natural têm o hábito alimentar herbívoro, e que alterações sazonais fazem com que ocorra predomínios por diferentes dietas, como nos períodos de primavera e verão, que há certa preferência por frutos e insetos. As estações coincidem por haver árvores frutíferas e insetos terrestres fazendo revoadas. Outro motivo que facilita os *Astyanax* fazerem estas predações é que nestes períodos o nível da água é alto, sendo assim, possibilitando a proximidade dos lambaris com a vegetação.

No Brasil, a importância dos lambaris é o auxílio como indicadores de qualidade de água (COPATTI et al., 2012), além de servir como alimento vivo para outros animais carnívoros que estão sendo produzidos em piscicultura (SUSSEL, 2012). Dessa forma, trabalhos sobre a alimentação dos lambaris são relevantes, pois trazem à tona conhecimentos fundamentais sobre a bionomia das espécies (MENEZES, 1996).

A observação da anatomia do peixe permite obter informações sobre seus hábitos alimentares, ao passo que o exame do conteúdo gástrico oferece uma boa estimativa do alimento preferido ou o menos preferido, o que serve como parâmetro para orientar estudos sobre sua alimentação (KEHAST; WEBB, 1966; KEAST, 1970; HOBSON; CHESS, 1986; WOOTTON, 1990).

Segundo Fugi e Hahn (1991), estudos sobre a morfologia do trato digestório, aliados à disponibilidade de alimento no ambiente, avaliado através de análise do conteúdo, é fundamental para o delineamento da estrutura trófica do ecossistema, bem como o nível trófico ocupado pelas espécies, fornecendo subsídios para implementações de técnicas de cultivo.

A ciência de hábitos alimentares e as práticas do conteúdo estomacal se tornou um método padrão. As análises dos conteúdos do estômago concedem importantes parâmetros da nutrição de peixes e as verificações quantitativas de hábitos alimentares, que seria uma informação relevante para a gestão de pesca. Explorar o conteúdo intestinal apenas indicaria o estado alimentar do animal. É importante comentar que estudos sobre o hábito alimentar servem para fornecer qual é o alimento mais consumido pelo peixe, determinar a variação de nutrição e para quantificar a porcentagem de consumo de presas de cada indivíduo (ZACHARIAS, 2008).

Ocorrências de variação sazonal acabam afetando a disponibilidade de alimentos de determinadas espécies. Sendo assim, algumas espécies acabam migrando para outros habitats por busca de maior quantidade de alimentos, mas em alguns peixes pode acontecer adaptabilidade trófica, onde os peixes teriam habilidades de se adaptar a uma grande diversidade de fontes de alimentos, buscando uma alimentação mais rica nutricionalmente para suprir suas necessidades. Isso indica como os peixes são flexíveis suficientes para mudar o seu comportamento alimentar em caso de ausência de alimento. Estudos dessa temática também auxiliam em formulações de rações para o cultivo das espécies (ATANAN, 2014).

Estudos referentes à espécie *Astyanax jacuhiensis* na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul são escassos, sendo esta uma espécie pouco explorada em relação à sua disposição alimentar. Aqui apresentamos uma contribuição para o conhecimento da dieta alimentar da espécie ao decorrer de um ano, avaliando a alimentação do *Astyanax jacuhiensis* no rio Uruguai médio, Município de Uruguaiana, RS, Pampa Brasileiro, fornecendo subsídios para estudos posteriores, tanto em relação ao nicho da espécie como para o potencial de cultivo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no rio Uruguai, na região do Pampa, em seu curso médio, situado no município de Uruguaiana, RS (Figura 1). Os peixes foram coletados no período de maio de 2014 a abril de 2015, a média de captura dos indivíduos foi de 20 peixes mensais, com o intuito de abranger um ciclo anual de investigação sobre a dinâmica alimentar da espécie *Astyanax jacuhiensis* (COPE,1894), (Figura2).

Para a captura dos peixes se utilizou 6 redes de malhas de 1,5 (mm) entre nós adjacentes e com altura de 1,5 (mm) e uma rede de arrasto manual do tipo picaré, com 5 (mm) de malha, sendo distribuídas em dois pontos: cacaréu 29°45'33"S 57°6'0"W, e próximo à ponte internacional Agustín Justo Getúlio Vargas, nas coordenadas latitude 29°44'56.10"S, longitude 57°44'56.10".

Figura 1: Mapa destacando a localidade, onde os exemplares foram coletados.

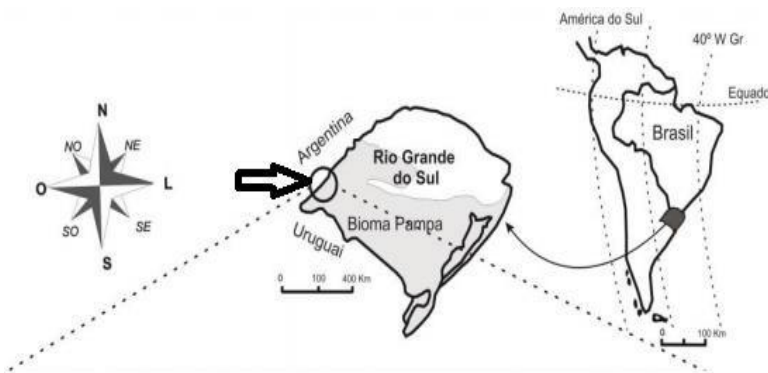


Figura 2: Exemplar de *Astyanax jacuhiensis*, capturado na Bacia do rio Uruguai Médio, município de Uruguaiana/RS, Pampa Brasileiro.



Os exemplares obtidos foram inicialmente inseridos em gelo e mortos por resfriamento, conforme orientação do Conselho regional de Biologia (CRBIO) para minimizar os impactos produzidos sobre o animal. Após a morte, os animais foram fixados por formol a 10%, injetado na cavidade celomática (MARTOJA; MARTOJA-PIERSON, 1970). Posteriormente, os peixes foram conduzidos em recipientes plásticos para o laboratório de biologia e ecologia de peixes.

As pesquisas foram realizadas no Núcleo de Pesquisas Ictiológicas, Limnológicas e Aquicultura da Bacia do Rio Uruguai (NUPILABRU) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Uruguai/RS. No laboratório, os peixes foram medidos, pesados e eviscerados. Para cada exemplar se registrou o comprimento total (Lt), o comprimento padrão (Ls), comprimento do estômago (Lte) e comprimento do intestino (Lti) em milímetros, com auxílio de um ictiômetro. O peso total (Wt), peso do fígado (Wf), peso do estômago (We), peso do intestino (Wi) e peso do conteúdo estomacal (Wce) foram determinados através de balança de precisão (0,001 g). O intestino e o estômago após serem medidos e pesados foram colocados em recipientes de vidro pequenos e previamente identificados com o número do código do indivíduo, dia, mês, ano e espécie. Os estômagos foram abertos mediante um corte longitudinal, e os conteúdos alimentares separados para a análise dos itens que compõem a dieta.

O material retirado do interior do estômago foi colocado em frascos de vidros identificados com álcool a 70% para sua conservação. O conteúdo estomacal foi analisado com o auxílio de uma lupa estereoscópica.

Para determinar possíveis variações na atividade alimentar ao decorrer do ano foi adotada a metodologia utilizada por (QUEROL, 1993), utilizando para cada exemplar as relações descritas abaixo.

Para identificar o período de maior atividade alimentar, foi utilizada a equação:

$$\text{We-Wt} = \frac{\text{We}}{\text{Wt}}$$

We = Peso do estômago;

Wt = Peso total do indivíduo.

- Coeficiente estomacal (QE), denominada por (HARTZ, 1991), sendo expressa pela equação:

$$\text{Lte-Wt} = \frac{\text{Lte}}{\text{Wt}}$$

Lte = Comprimento total do estômago;

Wt = Peso total do indivíduo.

O cálculo para o índice hepatossomático (IHS), com intuito de determinar onde está sendo direcionado o uso da energia da espécie, foi realizado através da equação:

$$\text{IHS} = \frac{\text{Wf} \times 100}{\text{Wt}}$$

Wf = Peso do fígado;

Wt = Peso total do indivíduo.

As fórmulas utilizadas foram adaptadas para caracterizar o hábito alimentar desta espécie (HARTZ, 1991; QUEROL, 1993).

O cálculo da frequência de ocorrência (F) dos componentes da dieta alimentar foi realizado seguindo a equação de Parra de Loré (1992):

$$F = \frac{NEO \times 100}{NEE}$$

Onde:

NEO = Número de estômagos onde se encontrou um determinado organismo.

NEE = Número de estômagos examinados.

A ocorrência numérica (ON) foi obtida utilizando-se a expressão descrita por Parra de Loré (1992):

$$ON = \frac{NODP \times 100}{NTPP}$$

Onde:

NODP = Número de ocorrência de determinada presa

NTPP = Número total de presas presentes

Para os diferentes índices de repleções de cada exemplar se utilizou o método de Zavala & Camim (1996), onde foi determinado quatro tipos de volumes de conteúdo estomacal, sendo que cada um interpretado de forma independente: **a** – cheio; **b** – parcialmente cheio; **c** – parcialmente vazio (1% a 10%); e **d** – vazio.

4. RESULTADOS

Durante o período de estudo, foram investigados 243 exemplares de *Astyanax Jacuhiensis*, sendo 132 fêmeas e 111 machos. Em relação ao grau de repleção das fêmeas, os maiores índices de estômagos repletos de alimento foram registrados para o período de abril a julho, correspondente às estações de outono-inverno e para o período de agosto a outubro, correspondendo ao final do inverno e primavera. A porcentagem anual do grau de repleção foi compreendido em cheio, 42%; parcialmente cheio, 16 %; parcialmente vazio, 27%; e vazio, 15% (Figura 3). Essa atividade pode estar indicando uma preparação para o inverno rigoroso na região e para o período de atividade reprodutiva, onde os peixes requerem uma boa alimentação para o processo reprodutivo. Em relação aos machos, estes tiveram as maiores atividades alimentares, ou seja, os maiores índices de conteúdos alimentares, durante todo ciclo anual, excetuando o mês de julho. Em relação à porcentagem anual do grau de repleção para machos, foi registrado como cheio, para 61%; parcialmente cheio, para 14%; parcialmente vazio, em 14%; e vazio, em 9% dos indivíduos (Figura 4). Contudo, registram-se para os mesmos períodos encontrados para as fêmeas, os índices de conteúdos parcialmente cheios. Desta forma, se pode inferir que a espécie tem um comportamento sazonal-alimentar.

Figura 3: Grau de repleção das fêmeas de *Astyanax jacuhiensis* no período de maio de 2014 a abril de 2015, coletados na bacia do rio Uruguai em seu curso médio, Oeste no Rio Grande do Sul, no município de Uruguaiiana, Brasil.

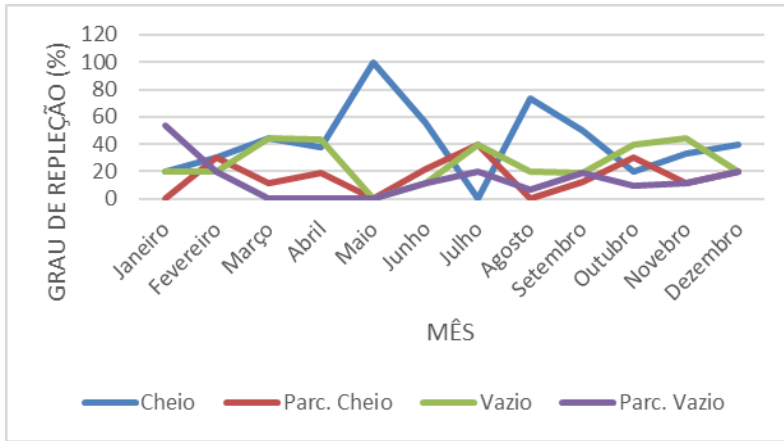
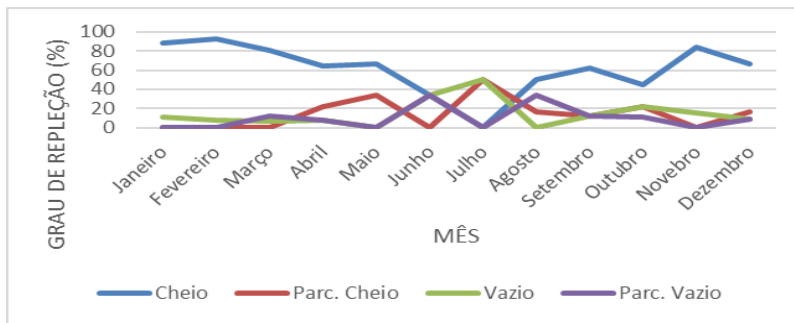
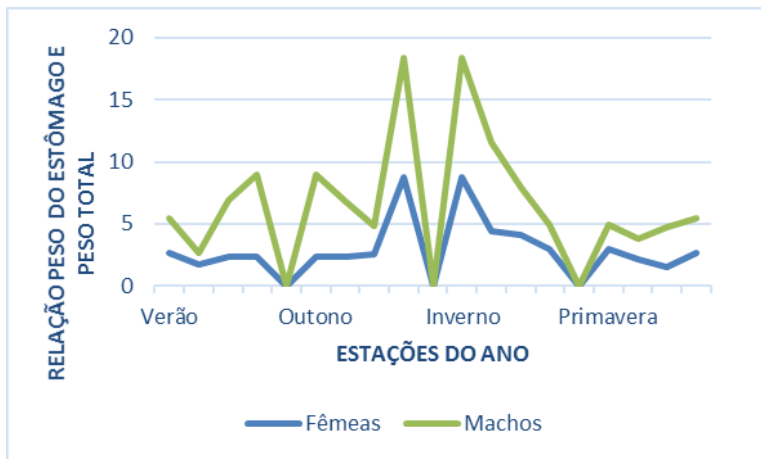


Figura 4: Grau de repleção dos machos de *Astyanax jacuhiensis* no período de maio de 2014 a abril de 2015, coletados na bacia do rio Uruguai em seu curso médio, Oeste no Rio Grande do Sul, no município de Uruguaiiana, Brasil.



Através da relação de peso do estômago e peso total ($R_{We/WT}$), para ambos os sexos da espécie *A. jacuhiensis*, registrou-se uma maior atividade alimentar no final de outono e início do inverno, com destaque para o mês de junho (Figura 5). Os dados observados corroboram os obtidos através dos índices determinados de repleção.

Figura 5: Relação peso do estômago (We) e peso total (WT) de fêmeas e machos *Astyanax jacuhiensis* no período de maio de 2014 a abril de 2015, coletados na bacia do rio Uruguai em seu curso médio, Oeste no Rio Grande do Sul, no município de Uruguaiiana, Brasil.



Em relação ao IHS das fêmeas, se observou que os lambaris acumulam energias para suportar o período de inverno, coincidindo aos dados obtidos na relação (We/WT) (Figura 5). Outro pico de atividade ocorre na primavera, sugerindo que o fígado também está disponibilizando suas energias para o período de reprodução (Figura 6).

Em relação aos machos, grande parte da energia está relacionada ao período de inverno (Figura 7). A diferença no comportamento entre machos e fêmeas da espécie pode estar relacionada à necessidade das fêmeas também necessitarem de energia para vitelogenese, além de suportarem o inverno.

Figura 6: Índice hepatossômático das fêmeas *Astyanax jacuhiensis* no período de maio de 2014 a abril de 2015, coletados na bacia do rio Uruguai em seu curso médio, Oeste no Rio Grande do Sul, no município de Uruguaiiana, Brasil.

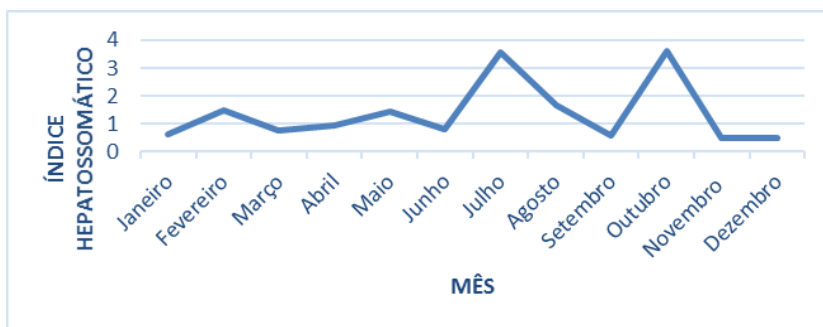
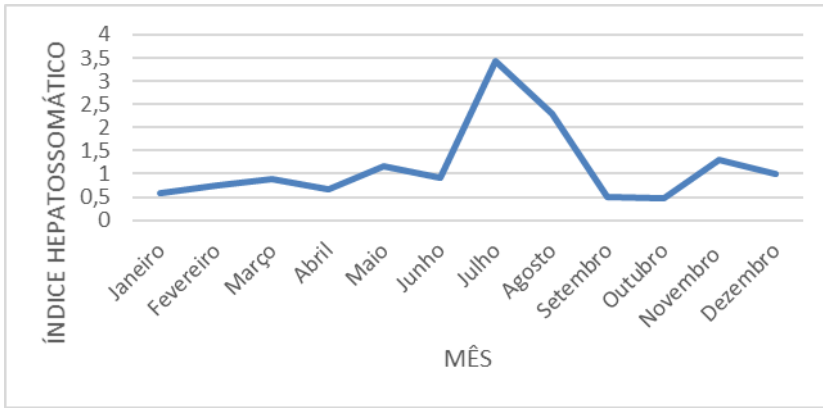


Figura 7: Índice hepatossomático dos machos *Astyanax jacuhiensis* no período de maio de 2014 a abril de 2015, coletados na bacia do rio Uruguai em seu curso médio, Oeste no Rio Grande do Sul, no município de Uruguaiiana, Brasil.



Ao analisar a relação comprimento total do estômago e peso total do indivíduo (LTe/WT), para ambos os sexos, obteve-se dados semelhante aos obtidos na relação We/WT, determinado os índices de maiores atividades do fim do inverno para fêmeas (Figura 8) e machos (Figura 9).

Figura 8: Relação comprimento total do estômago e peso total das fêmeas de *Astyanax jacuhiensis*, no período de maio de 2014 a abril de 2015, coletados na bacia do rio Uruguai em seu curso médio, Oeste no Rio Grande do Sul, no município de Uruguaiiana, Brasil.

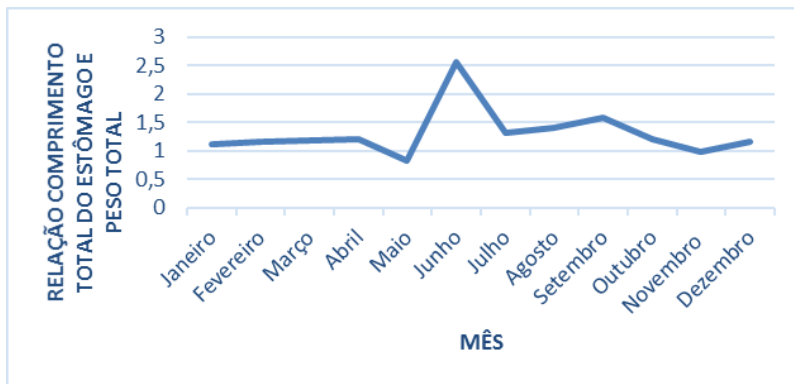
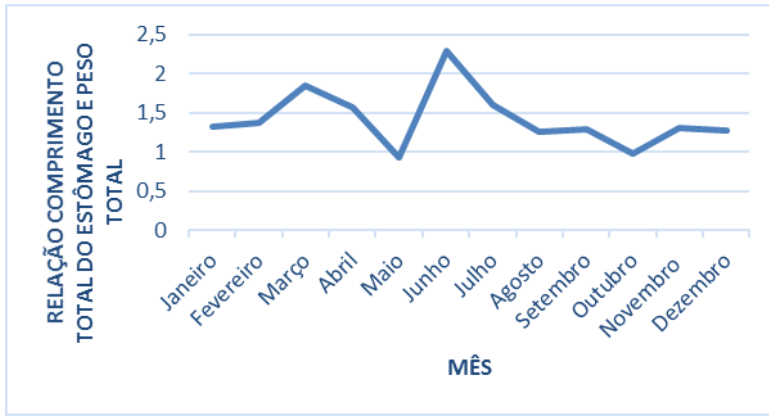


Figura 9: Relação comprimento total do estômago e peso total dos machos de *Astyanax jacuhiensis*, no período de maio de 2014 a abril de 2015, coletados na bacia do rio Uruguai em seu curso médio, Oeste no Rio Grande do Sul, no município de Uruguaiiana, Brasil.



Em relação à frequência de ocorrência (Figura 10) e ocorrência numérica (Figura 11), foi possível verificar como preferência alimentar os seguintes achados: restos de insetos não identificados; insetos das ordens Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepdoptera, Pentatomidae e Orthoptera; resto de animais não identificados; restos de peixes; sementes; casca de arroz, arroz, vegetais não identificados; fitoplâncton e zooplâncton; sedimento e material em processo de digestão final. O maior registro de frequência de ocorrência registrou-se para o arroz, seguido de sementes, insetos não identificados e restos de animais não identificados.

Figura 10: Frequência de ocorrência de fêmeas e machos, preferência alimentar de *Astyanax jacuhiensis* no período de maio de 2014 a abril de 2015, coletados na bacia do rio Uruguai em seu curso médio, Oeste no Rio Grande do Sul, no município de Uruguaiiana, Brasil.

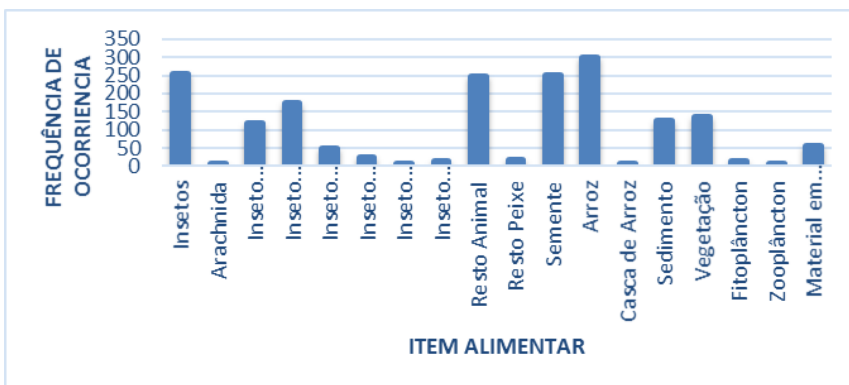
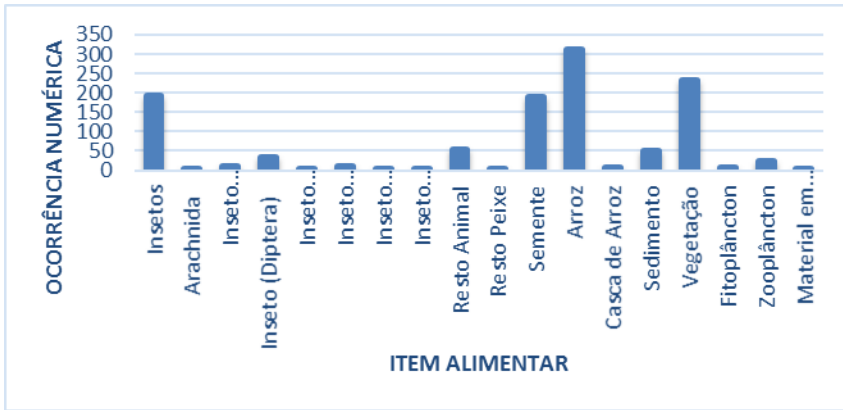


Figura 11: Ocorrência numérica de fêmeas e machos, preferência alimentar de *Astyanax jacuhiensis* no período de maio de 2014 a abril de 2015, coletados na bacia do rio Uruguai em seu curso médio, Oeste no Rio Grande do Sul, no município de Uruguaiiana, Brasil.



5. DISCUSSÃO

Os estudos realizados por Correia & Silva (2010) para a espécie de *Astyanax asuncionensis*, nos períodos de novembro, dezembro e janeiro, observaram os seguintes graus de repleção: 27% de cheio; 16% parcialmente cheio; 15% parcialmente vazio e 42% vazio. E nos meses de junho, julho e agosto registrou 14% cheio; 22% parcialmente vazio e 64% vazio. Os autores descrevem que esses resultados estão relacionados às modificações das variações sazonais e disponibilidade de alimento, ocorrendo uma modificação na dieta da maioria dos peixes do gênero *Astyanax*. Esses resultados são diferentes aos encontrados para a espécie *Astyanax jacuhiensis*, fato que pode ter relação com os períodos sazonais. Destaca-se que na região do rio Uruguai médio, tem-se invernos rigorosos o que faz com que as espécies tenham uma adaptação comportamental. Ainda, os dados são semelhantes aos encontrados por Bastos (2002), que descreve para *Astyanax* sp. o índice de repleção como constante, mas havendo picos no inverno e verão.

Verificou-se que o maior número de atividade alimentar para a espécie de *Astyanax jacuhiensis* está localizado nas estações de outono e inverno (Figura 5). Corroborando com esse resultado, Bastos (2002) também descreve para o gênero de *Astyanax* sp, os períodos de inverno. Diferentemente, Andrian et al. (2001), estudando a espécie *Astyanax bimaculatus*, aponta que o maior registro de atividade alimentar está nas estações de primavera e verão.

Em relação ao índice hepatossomático do gênero *Astyanax* sp, Bastos (2002) registrou acontecer nas estações de outono, inverno e primavera, reservando a energia para os períodos com temperatura baixas. Querol (1998), estudando *Loricariichthys platymetopon*, na mesma região deste estudo, obteve um maior índice a partir de maio até julho, tendo picos para fêmeas em maio e junho para machos, coincidindo com os resultados

da espécie *Astyanax jacuhiensis*. O autor informa que as reservas estão sendo acumuladas para o período de inverno, pois o IHS está relacionado com o acúmulo das energias para serem utilizadas na reprodução ou suportar os períodos de temperaturas baixas.

Por não haver muitos estudos relacionados ao comprimento total do estômago (LTe) e peso total (WT), e por ter mais estudos referente ao hábito alimentar analisando o intestino do animal, não foi encontrado outros autores que descrevessem a relação LTe/WT, porém, Querol (1998), para espécie *Loricariichthys platymetopon*, identificou na relação comprimento total do intestino (LTi) e comprimento total (LT) uma maior atividade nas estações de outono e inverno, que veio a corroborar com os resultados deste estudo.

Conforme os autores Gamiero & Braga (2003) descrevem, a frequência de ocorrência alimentar para espécie *Astyanax altiparanae* é de sementes. Esse dado está em consonância com nosso estudo que aponta para maior frequência de arroz, que é a principal cultura do agronegócio da região do Pampa, seguida de sementes em geral. Além desses, os insetos também são bem representados na dieta do lambari. Segundo Felipe et al. (2007), a preferência alimentar de *Astyanax bimaculatus* encontrada em seu estudo foi de sedimento, matéria orgânica, escamas, algas, insetos, arroz, moluscos e semente. Correia & Silva (2010) descrevem como itens alimentares de maior frequência para *Astyanax asuncianensis* os insetos das ordens *Coleoptera*, *Diptera*, *Hemíptera*, *Hymenoptera*, larva de *coleoptera*, vegetação, frutos, semente, escama e sedimento, havendo uma maior predominância para insetos, vegetação e *Coleoptera*. Segundo Peretti (2006), para a espécie *A. altiparanae*, a predominância de item alimentar é de algas, vegetação e insetos, das ordens: *Coleoptera*, *Ephemeroptera*, *Hymenoptera*, *Hemiptera*, *Odonata*, *Diptera*, *Lepdoptera*, *Orthoptera* e outros restos de insetos não identificados. Bastos (2002), para o gênero de *Astyanax* sp., relata maior ocorrência em matérias vegetais, insetos das ordens *Ephemeroptera*, *Diptera*, *Chironamidae* e restos de outras ordens de insetos não identificadas.

6. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que durante os meses de inverno o lambari reserva energia para suportar as temperaturas baixas. Adicionalmente, se percebe uma maior atividade alimentar nesse período. Os itens encontrados na dieta sugerem que a espécie de *Astyanax jacuhiensis* possui um hábito alimentar onívoro, com tendência herbívora-insetívora.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo atingiu o objetivo de avaliar o hábito alimentar da espécie *Astyanax jacuhiensis*. Os resultados dos peixes, indicando ser onívoro com tendência herbívora-insetívora. Também pode-se ampliar a pesquisa conseguindo identificar os itens alimentares composto em sua dieta; determinar a frequência de ocorrência e ocorrência numérica entre os alimentos encontrados; o período do ano de maior atividade alimentar dos indivíduos e o

grau de repleção. Um dos alimentos destacados na frequência de ocorrência e ocorrência numérica foi o arroz. A região Oeste do Pampa Brasileiro, município de Uruguaiana, RS, tem uma predominância por cultivo do arroz. Além do mais, o município é reconhecido como um dos maiores portos secos e faz fronteira com a Argentina. Com um dos pontos de coleta se localiza abaixo da ponte internacional, sendo o trajeto de transportar de arroz, este grande índice encontrado nos estômagos dos peixes deve estar relacionado pela grande demanda de arroseiros e transporte que há na cidade.

Na realização das coletas, as dificuldades estavam relacionadas com as capturas dos *Astyanax jacuhiensis*, pois o peixe de maior captura no rio Uruguai era a espécie *Steindachnerina brevipinna*, da família Curimatidae, conhecida popularmente pela região como Biru.

Outro obstáculo vivenciado nas práticas de coleta foram as enchentes, acontecidas no período de inverno de 2014, apesar de não haver muitos dias de chuva em Uruguaiana, mas recebia o volume de água das chuvas das regiões do rio Uruguai alto, que desciam e aumentavam o volume de vazão na parte do rio médio e baixo do Uruguai. Contudo, mesmo com o advento das enchentes, foi possível ter um bom número de captura das espécies para compor significativamente a amostragem desse trabalho.

8. REFERÊNCIAS

- ATANAN, E.B. **Hábito Alimentar de Gerreidae da Baía de Camamu, Bahia**, 2014, (Mestrado de Sistemas Aquáticos Tropicais), Universidade Federal de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 2014.
- ANDRIAN, I. F.; SILVA, H. B. R.; PERETTI, D.; Dieta do *Astyanax bimaculatus* (Linneus, 1758) (CHARACIFORMES, CHARACIDAE) da área de influência do reservatório de Corumbá, estado de Goiás, Brasil. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 435-440, 2001.
- ANDRIAN, I. F.; PERETTI, D.; LAMBRECHT, D. Recursos alimentares explorados por *Astyanax* (CHARACIFORMES, CHARACIDAE) em diferentes bacias hidrográficas. 2006.
- BASTOS, J. R. H. **Biologia Alimentar da Taxocense de Peixes do Rio Silveira (CABECEIRA DO RIO PELOTAS)**, São José dos Ausentes, Rio Grande do Sul, Brasil, 2002, (Mestrado em Biologia Animal), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- CORRÊA, F.; SILVA, G. C. Hábito Alimentar de *Astyanax asuncinensis* (Géry, 1972) durante um Período de Seca e Cheia, no Córrego do Onça, Caxim, Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira**. Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 368-372, 2010.
- COPATTI, C. E.; ZANINI, L. G.; VALENTE, A. Ictiofauna da microbacia do Rio Jaguari, Juaguari/RS, Brasil, **Revista Biota Neotropica**, v.9, n.2, 2009.
- COPATTI, C. E.; COPATTI, B. R.; BARBOSA, S.; DAL SOLER, C.; Macrodieta de três espécies de peixes do Rio Cambará, Bacia do Rio Uruguai, **Perspectiva**, Erechim, p.36, 2012.
- CASEMIRO, F. A. S.; HAHN, N. S.; FUGI R. Avaliação da dieta de *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski, (Osteichthyes, Tetragonopterinae) antes e após a formação do reservatório de Salto Caxias, Estado do Paraná, Brasil, **Acta Scientiarum Maringá**, v. 24, n. 2, p. 419-425, 2002.
- DIAS, T. S.; FIALHO, C. B. Biologia alimentar de quatro espécies simpátricas de Cheirodontinae (Characiformes, Characidae) do rio Ceará Mirim, Rio Grande do Norte. **Iheringia Série Zoologia**, v. 99, p. 242-248, 2009.

- FUGI, R; HAHN, N. S. Espectro alimentar e relação morfológicas com o aparelho digestório de três espécies de peixes comedores do rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira Biológica**, v. 51, p. 873 – 879, 1991
- FELIPE, J; OLIVEIRA, M. T; PORTO, E. A; BARBOSA, L. M; MARTINS, A. C. S. Análise Dinâmica da Dieta Alimentar dos *Astyanax bimaculatus* (LINNAEUS, 1578) (CHARACIDAE), Lagoa Paiaguás no município de Cuiabá, Mato Grosso. In: Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de setembro, Caxambu – Mato Grosso, 2007.
- GOMIERO, L. M; BRAGA, F. M. S. O lambari *Astyanax altiparanae* (CHARACIDAE) pode ser um dispensador de semente? MARINGÁ, **Acta Scientiarum**, v. 25, n. 2, p 353- 360, 2003.
- HARTZ, S. M. **Dinâmica populacional de *Cyphocharax voga* (Hensel, 1869) da Lagoa Emboaba, Osório, RS, (CHARACIFORMES, CURIMATIDAE)**, 1991, (Dissertação de mestrado em Ecologia), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1991.
- HOBSON, E. S; CHESS, J. R. Relationships among fishes and their prey in a near shore sand community of southern California. **Revista Biológica Fish**, v.17, p. 201-226, 1986.
- KEAST, A. & WEBB, D. Mouth and body form relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, lake Opinicon, Ontario. **Revista Fish**, v. 12, p.1845-1874, 1966.
- KEAST, A. Food specializations and bioenergetics interrelations in the fish faunas of some small Ontario waterways. In: STEELE, J. H. (ed.) Marine food chains. Los Angeles: Univ. Calif. Press, 1970.
- MARTOJA, R. & MARTOJA-PIERSON. M. Técnicas de histologia animal. Toray: Masson. Barcelona, p. 341, 1970.
- PARRA DE LORRÉ, B. J. Analisis del contenido estomacal y hábitos alimentícios de *Palabrax dewegeri* (Pisces, Serranidae) de los alrededores de la Islã de Cubagua y Punta de Araya, Venezuela. Bol. **Instituto Oceanografico**, v. 31, p. 73 -89, 1992.
- PACHECO, B. R; CAETANO, L. G; JUNIOR, H. F. J; DIAS, A.L. Os dados citogenéticos em *Astyanax jacuhiensis* (Characidae) no lago Guaíba e seus afluentes, Brasil, 2010.
- PERETTI, D. **Alimentação e análise morfológica de quatro espécie de peixe (*Astyanax altiparanae*, *Parauchenipterus galeatus*, *Serrasalmus marginatus* e *Hoplias off malabaricus*) na planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil**, (Doutorado em Ciências Ambientais), 2006, Universidade Federal de Maringá, Maringá, 2006.
- QUEROL, E.. **Biologia y Ecologia de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794), (Pisces, Erythrinidae) en la Cuenca del Rio Uruguay**, Brasil. Tese de Doutorado, Universitat de Barcelona. Barcelona, 1993. 213p
- QUEROL, M. V. M.. **Biologia e Ecologia de *Loricariichthys platymetopon* (ISBRUCKER & NIJSSEN, 1979) (OSTEICHTHYES, LORICARIIDAE) na Barragem da Estância Nova Esperança, Município de Uruguai, Bacia do Rio Uruguai, Rs, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul., 1998. 67p.
- THOFEHRN, B. S; LUCENA, C. A; Estudo taxonômico das espécies do gênero *Astyanax* Bair & Girard da bacia do rio Uruguai e Sistema da laguna dos Patos, sul do Brasil (Characiformes, Characidae). In: XII Salão de iniciação científica – PUCRS, 03 a 07 de outubro 2011.
- SUSSEL, F. R.; **Fontes e níveis de proteína na alimentação do lambari-do-rabo-amarelo: desempenho produtivo e análise econômica**. (Tese de doutorado), 2012, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.
- WOOTTON, R. J. Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall, 1990. (Fish and Fisheries

Ser.1). 1990. p.43.

ZAVALA-CAMIM, L. A. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. Maringá: Eduem, p. 129, 1996.

ZACHARIAS, P.U; Head, Demersal Fisheries Division Central Marine Fisheries Research Institute, Kochi. Trophodynamics and Review of methods for Stomach content analysis of fishes, 2008.

VITULE, J. R. S; ARANHA, J.M.R 2002 - Ecologia alimentar do lambari, *Deuterodon langei* Travassos, (Characidae, Tetragonopterinae), de diferentes tamanhos em um riacho da Floresta Atlântica, Paraná (Brasil) **Acta Biológica. Paranaense**, v. 31, p 137-150. 2002

CAPÍTULO 17

DETERMINAÇÃO DA IDADE E CRESCIMENTO DE *ASTYANAX JACUHIENSIS*, (COPE, 1894), NO RIO URUGUAI MÉDIO, MUNICÍPIO DE URUGUAIANA/RS, PAMPA BRASILEIRO

Luís Guilherme Alves Goulart
Marcus Vinicius Morini Querol

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A aquicultura é uma indústria em rápido crescimento global, que inclui o cultivo de diversas espécies de peixes, crustáceos e moluscos em ambiente dulcícola e marinho (FAO, 2006). O cultivo racional de organismos aquáticos é uma prática antiga com 4.000 a 5.000 anos de história. No entanto, nos últimos 40 anos seu crescimento foi acelerado, tornando-se, na virada de milênio, uma das atividades agropecuárias que mais cresceu no mundo inteiro. (MOREIRA et al., 2001).

Entre as atividades aquícolas, podemos destacar a piscicultura, uma atividade que possibilita trabalhar com um grande número de espécies (robalo, pintado, cachará, jundiá, tilápia, dourado, carpas, etc.). Entre as espécies, podemos destacar o lambari, utilizada para consumo humano ou como forrageiro (GARUTTI, 2003; PORTO-FORESTI, 2010).

No passado, o lambari era considerado um invasor nos viveiros de piscicultura. Atualmente, é visto como uma espécie de grande potencial para aquicultura. O lambari possui algumas características desejáveis, como alta prolificidade, facilidade para obtenção de alevinos, adaptação a variações térmicas e crescimento precoce, atingindo peso comercial (10 – 15 g) em aproximadamente três meses (GARUTTI, 2003). Adicionalmente, o lambari apresenta um mercado promissor, pois é bem aceito como petisco e bastante procurado como isca viva para a pesca esportiva ou, ainda, pode ser industrializado na forma de conserva (PORTO-FORESTI et al., 2005). Em função disso, características importantes como biologia reprodutiva, densidade de estocagem e manejo alimentar tem sido estudadas (AGOSTINHO et al., 1984; VILELA ; HAYASHI, 2001; MEURER et al., 2005).

O gênero *Astyanax*, pertencente à família Characidae, corresponde à maior unidade dos Tetragonopterinae, sob o ponto de vista sistemático e constitui um dos gêneros dominantes da América do Sul (EIGENMANN, 1921). A representatividade deste gênero é bastante grande e complexa, com um número expressivo de representantes, sendo atualmente identificadas aproximadamente 74 espécies e subespécies. O nome comum desses peixes varia de região para região, sendo reconhecidos como “tambiú”, “piaba”, “piabinha”, “lambari-do-rabo-amarelo” e ainda outros nomes particulares e de uso local.

A família Characidae (Pisces, Characiformes) engloba a maior parte dos peixes brasileiros de água doce, incluindo também a grande maioria dos peixes de escama (BRITSKI, 1972). Na América do Sul essa família compreende cerca de 30 subfamílias e

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) aproximadamente 250 gêneros, nos quais se incluem peixes de hábitos alimentares muito diversificados (herbívoros, onívoros, carnívoros) e que ocupam uma grande variedade de habitats (BRITSKI, 1972).

Tetragonopterinae é a subfamília de Characidae que representa o maior número de espécies no Brasil, sendo conhecida pelo fato de nela estarem incluídos os peixes vulgarmente chamados de lambaris. Essa subfamília está representada por toda a América do Sul e Central, estendendo-se da fronteira do México com os Estados Unidos até a Argentina (BRITSKI, 1972). As espécies de Tetragonopterinae, cujo hábito alimentar predominante é o onívoro, vivem em uma grande variedade de ambientes (BRITSKI et al., 1984).

Astyanax é considerado o gênero mais representativo da subfamília Tetragonopterinae, sendo um dos gêneros dominantes na América do Sul (EIGENMANN, 1921). Esse gênero apresenta distribuição geográfica ampla na região Neotropical e possui aproximadamente uma centena de espécies e subespécies nominais (GARUTTI; BRITSKI, 2000).

As estimativas para o tamanho de maturação sexual para *Astyanax* variam de 7,8 a 10,4 cm de comprimento total, conforme descrito por Nomura (1975), Agostinho et al. (1984) e Santos et al. (1991). Estima-se ainda que a idade da primeira maturação gonadal em condições naturais seja de 3 anos de vida (SANTOS et al., 1991) e em condições de cultivo esta ocorra logo aos 4 meses de vida (SILVA, 1996).

A heterogeneidade de tamanho do corpo é marcante nos lambaris durante as fases de alevino e juvenil, mantendo-se esta característica até a fase adulta. Uma expressão desta heterogeneidade é o dimorfismo sexual que se estabelece na fase adulta, em que as fêmeas, em geral, são maiores do que os machos (PORTO et al., 2005; SATO et al., 2006).

Considera-se que o estabelecimento de conhecimentos aprofundados sobre as características biológicas das espécies de peixes, neste caso representado pelo *Astyanax jacuhiensis*, e a utilização dessas informações em associação à aplicação de técnicas adequadas de manejo e de reprodução, de melhoramento genético dos estoques e de desenvolvimento e aplicação de protocolos específicos de metodologias em biotecnologia, poderão resultar na formulação de um modelo de desenvolvimento e incentivo para os piscicultores, ampliando as possibilidades de crescimento desta área.

O termo crescimento significa mudança de magnitude. Essas mudanças se referem a variações de diversas dimensões físicas como volume, peso, ou massa do corpo do organismo como um todo ou em seus vários tecidos em relação ao tempo; também dizem respeito ao conteúdo de proteínas, lipídios ou outros constituintes químicos do corpo, ou ao conteúdo calórico (energia) de todo o corpo ou de seus tecidos (WEATHERLEY; GILL, 1987).

Os peixes frequentemente respondem às mudanças que ocorrem no ambiente, as quais impõem mudanças sobre o crescimento, que são observadas durante sua vida. Essas são variações sazonais nas taxas de crescimento que refletem os efeitos dos fatores ambientais (exógenos) e dos fatores endógenos (WOOTTON, 1991). Através do estudo desses fatores, é possível a compreensão das variações que ocorrem dentro e entre as populações de peixes.

Vários eventos durante a vida de uma espécie de peixe são responsáveis pelas variações que ocorrem em seus padrões de crescimento. A reprodução (BARBIERI, 1983); o fotoperíodo (ROSS & HUNSTMAN, 1982); a salinidade (FAGADE, 1974); o suprimento alimentar (BEVERTON & HOLT, 1957; BRUTON & ALLANSON, 1974; BOW & RING, 1978); o hábito alimentar (OLMSTED & KILAMBI, 1978) e as categorias tróficas, as quais os peixes pertencem (GRIMES, 1978). As estimativas dos parâmetros de crescimento de

espécies ou populações ícticas são de importância fundamental, não apenas para o entendimento dos eventos de seu ciclo de vida e aspectos comportamentais, como também para a administração e manejo daquelas que se constituem em recursos pesqueiros, por serem indispensáveis para a estimativa da produção (NIKOLSKI, 1969; GULLAND, 1977).

A determinação da idade em peixes de regiões tropicais é um desafio, dado o fato das marcas de crescimento (anéis em estruturas ósseas dos peixes) não serem tão evidentes quanto nas regiões temperadas, onde os padrões de variação sazonal de temperatura e luminosidade são mais conspícuos. Como consequência, é possível que eventos de importância secundária determinem a formação de marcas que tenham nitidez semelhante àquelas sazonais utilizadas na determinação da idade. Isto requer um cuidado adicional na validação dos anéis e na consolidação dos dados. A validação dos anéis não é, entretanto, uma exigência restrita às determinações de idade de peixes de regiões tropicais. Apesar das dificuldades nesse tipo de estudo, particularmente na região tropical, a comunidade científica tem demonstrado que essa informação é fundamental para o ecológico, biológico e também do manejo dos recursos pesqueiros.

2. INTRODUÇÃO

São poucas as informações sobre a biologia e ecologia dos peixes de água doce da região temperada neotropical, especialmente na bacia do rio Uruguai, da nascente até seu curso médio. Por isso, é difícil quantificar os efeitos derivados das mudanças ambientais naturais e as produzidas pelo impacto antrópico, que prejudicam e podem vir a agravar os efeitos sobre a ictiofauna (Querol, 1998).

Segundo Lima et al. (2003), o gênero *Astyanax* é considerado relativamente comum, sendo o mais diversificado da família Characidae. Revelando também várias formas semelhantes, formando um complexo, do ponto de vista taxonômico (GARUTTI; BRITSKI, 2000). Possui ampla distribuição geográfica e seus representantes são facilmente encontrados em rios neotropicais (BRITSKI, 1972).

Os representantes desse gênero são popularmente conhecidos como lambaris, tambiuís, tetras ou piabas, sendo caracterizados por apresentarem linha lateral completa, dentes pré-maxilares dispostos em duas séries, nadadeira caudal nua, com escamas apenas na base (BRITSKI, 1972), e habitam diversos ambientes, inclusive as águas de cabeceiras de rios e riachos.

Por muito tempo, o lambari foi visto como um invasor nos viveiros de piscicultura, contudo, à medida que o conhecimento sobre a espécie foi aprofundado, percebeu-se que o lambari tem grande potencial para aquicultura, possuindo algumas características desejáveis, como alta prolificidade, facilidade para obtenção de alevinos, adaptação a variações térmicas e crescimento precoce, atingindo peso comercial de 10 a 15 g em aproximadamente três meses (GARUTTI, 2003). Além disso, o lambari apresenta um mercado muito promissor, pois é bem aceito como petisco e bastante procurado como isca viva para a pesca esportiva podendo, ainda, ser industrializado na forma de conserva (PORTO, FOREST et al., 2005).

Mudanças ambientais impõem variações sobre o crescimento em peixes. Essas variações nas taxas de crescimento são sazonais e refletem fatores ambientais exógenos e endógenos (WOOTTON, 1991). Analisando alguns desses fatores, torna-se possível a compreensão das variações que ocorrem dentro e entre as populações de peixes. Diversos eventos que ocorrem durante a vida de uma espécie de peixe são responsáveis pelas variações em seus padrões de crescimento. A reprodução (BARBIERI & BARBIERI, 1983); o fotoperíodo (ROSS & HUNSTMAN, 1982); a salinidade (FAGADE, 1974); o suprimento

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) alimentar (BEVERTON & HOLT, 1957; BRUTON & ALLANSON, 1974; BOWERING, 1978); o hábito alimentar (OLMSTED & KILAMBI, 1978) e as categorias tróficas, as quais os peixes pertencem (GRIMES, 1978).

Santos e Barbieri (1993) e Hartz (1991) confirmam que o crescimento em peixes não é uniforme, podendo ser mais acelerado em determinadas épocas do ano e lento ou nulo em outras. Hartz (1991) observa que nas épocas mais lentas ocorre uma diferença na deposição de cálcio nas estruturas ósseas dos peixes, através de marcas concêntricas conhecidas como anéis etários (SANTOS & BARBIERI, 1993). Nessas marcas de crescimento refletem-se tanto influências ambientais como internas (DOMANICO et al. 1993).

As estimativas dos parâmetros de crescimento das espécies de peixe são fundamentais para o entendimento de eventos do ciclo de vida. A determinação da idade através da contagem de anéis anuais em partes duras, como escamas, otólitos e vértebras é bem conhecida para peixes de regiões temperadas (RICKER, 1975), onde flutuações ambientais entre o verão e o inverno são bem nítidas. Em regiões onde as condições climáticas são menos variáveis, como as regiões tropicais e subtropicais, as marcas de aposição são menos definidas e há a necessidade de validar as marcas para que os parâmetros de crescimento obtidos sejam confiáveis e precisos (AMBRÓSIO & HAYASHI, 1997; AMBRÓSIO et al., 2003; FEITOZA et al., 2004).

As escamas foram as estruturas ósseas escolhidas para este estudo, por serem de fácil coleta, preparação e análise. Cutrim & Batista (2005) concordam que a estrutura seletiva e seu método de tratamento devem propiciar a melhor visualização do padrão de marcação. Por outro lado, a estrutura deve ser de fácil coleta e manuseio para facilitar o trabalho em larga escala, por sua vez, o número de anéis de crescimento apenas pode ser relacionado com a idade se há identificação das marcas verdadeiras e se a cronologia do aparecimento das marcas é estabelecida.

Na parte central da escama há uma pequena área definida, chamada de foco. Quando a escama aumenta, os anéis concêntricos crescem, primeiramente, na margem anterior, que está em contato direto com a derme e, gradualmente, nas partes dorsal, ventral e posterior. Cada linha circular forma um anel concêntrico que se chama *circulus*, com maiores ou menores espaços entre os *circuli*. Nas imediações dos raios dorsais e ventrais, nota-se que certos *circuli* não completam a volta pela escama, decrescendo em comprimento, ficando próximos entre eles, apresentam solução de continuidade e, muitas vezes, estão anastomoseados. Quando um *circulus* estabelece o máximo dessa irregularidade, recebe o nome de *annulus* ou anel anual, zona de crescimento retardado. A escama, terminando o seu atraso no crescimento, inicia um forte e novo crescimento, com a formação de mais um *circulus* completo; este é considerado o limite do *annulus* e é empregado nas medidas das escamas (GODOY, 1972).

O presente estudo faz parte de um projeto de maior amplitude no qual, pretende contribuir para o conhecimento da dinâmica populacional das espécies de peixes da bacia do rio Uruguai, no seu curso médio, onde informações sobre o crescimento e idade dos animais são imprescindíveis.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados um total de 243 exemplares de *Astyanax jacuhiensis* (COPE, 1894), (Figura 2, página 2017), dos quais, 110 machos e 133 fêmeas, coletados durante o período de maio de 2014 a abril de 2015, completando um ciclo anual de investigações, abrangendo as quatro estações do ano.

As coletas foram realizadas mensalmente no rio Uruguai Médio, Município de

Uruguaiana/RS, Pampa Brasileiro, em dois pontos: ponto um, próximo à Ponte internacional Agustín Justo Getúlio Vargas, nas coordenadas: latitude 29°44'56.10"S, longitude 57°44'56.10"O, e ponto dois, próximo à foz do Arroio Cacaréu 29°45'33"S 57°6'0"W. O detalhamento dos pontos de coleta pode ser observado na figura 1, página 217.

4. METODOLOGIA DE COLETA

Para a captura dos peixes foram utilizadas 6 redes de malha de 1,0 a 1,5 mm de entrenós adjacentes, com altura de 150 mm, distribuídas nos 2 pontos de coleta determinados, às margens do rio Uruguai e uma rede de arrasto manual do tipo picaré, com 5 mm de malha. As coletas foram realizadas no período da tarde permanecendo até ao final do entardecer, pois neste período tem-se observado uma maior atividade e presença dos lambarís, permanecendo o máximo de tempo possível na água, com objetivo de coletar o maior número possível de exemplares.

4.1 Procedimentos Pós-Coleta Em Campo

Logo após a coleta, ainda em campo, os exemplares obtidos foram inicialmente inseridos e mortos por resfriamento, conforme orientação do CRBIO (Conselho regional de Biologia), para minimizar os impactos produzidos sobre o animal. Após a morte, os animais foram colocados em um recipiente plástico de 100 L, devidamente identificado e fixados em formol a 10%, injetado na cavidade celomática (MARTOJA; MARTOJA-PIERSON, 1970). Após a fixação, os peixes foram conduzidos ao laboratório de ictiologia (NUPILABRU) da UNIPAMPA – Campus Uruguaiana onde foi realizada a triagem.

4.2 Procedimentos em Laboratório

Em laboratório, seguindo o procedimento adotado por Querol (1993), os indivíduos foram pesados, em gramas, com balança eletrônica de precisão; o comprimento foi determinado em centímetros, com auxílio de ictiômetro. De cada exemplar foi registrado o comprimento total (Lt), medido em linha reta, em centímetros, desde a extremidade do focinho até a extremidade do lobo mais comprido da barbatana caudal; o comprimento padrão (Ls), medido em linha reta desde a extremidade do focinho até a inserção da nadadeira caudal, em centímetros, e peso total (Wt) em gramas.

Após a biometria, os exemplares foram eviscerados tendo as escamas, em um número de 10 a 12, retiradas do lado esquerdo logo abaixo da nadadeira peitoral esquerda e acondicionadas em frascos devidamente etiquetados com a codificação do exemplar.

Para efetuar a limpeza das escamas, estas foram imersas em uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 5% até o momento em que foi observado uma nitidez dos anéis formados. Em seguida, as escamas foram lavadas em água destilada e, com auxílio de um pincel número 2, foi retirada a matéria orgânica e o restante dos resíduos da solução de hidróxido de sódio (NaOH). Por ocasião de leitura do número de anéis, quando necessário, as escamas foram imersas em xilol para maior transparência. Das escamas limpas, foi separada uma amostra de quatro a seis escamas, que foram montadas em lâmina, cobertas por lamínula, fixada por fita adesiva de celulose e analisadas em lupa eletrônica, onde os raios de cada anel e o raio total foram medidos com uma régua milimétrica sobre o eixo definido entre o foco da escama e o bordo direito inferior, seguindo a metodologia adotada por Querol (1993).

Foi determinada a idade dos indivíduos através da análise dos resultados da leitura dos anéis etários presentes nas escamas. Foi realizada a análise por classe de idade, sendo utilizados todos os indivíduos capturados durante os 12 meses de estudo. As idades foram designadas por classe de idade de 1 a 4. A classe 1 é a classe de idade em que os indivíduos apresentaram um anel e, assim, sucessivamente.

4.3 Proporção Sexual

Foi estabelecida a proporção sexual para o período total, por mês e por classe de comprimento, aos resultados foi aplicado o teste do qui-quadrado (χ^2) para identificar as possíveis diferenças estatisticamente significativa.

4.4 Determinação Da Época Da Formação Dos Anéis

Foi realizado o retrocálculo para obter os comprimentos pretéritos no momento da formação do anel e, assim, determinar a época de formação dos anéis das escamas. Inicialmente, foi realizada a regressão entre o comprimento total (L_t) dos indivíduos e o raio total das escamas (R_{escama}) no programa estatístico *Statgraphics Centurion XVI*. Foram testadas as seguintes regressões: multiplicativa, linear e exponencial.

Após, foi executada a fórmula do retrocálculo para toda a população e sexos separados: $L_n = R_n/R * L$. Onde: L_n é o comprimento total no momento de formação do anel; R_n é o raio do anel n ; R é o raio total do anel e L , a longitude do peixe (AMBRÓSIO & HAYASHI, 1997).

4.5 Crescimento Em Comprimento

Para a determinação do crescimento em comprimento foi utilizado o modelo de Bertalanffy (1938), ajustando suas equações pelo método Waldford (1946): $L_s = L_{\infty} * [1 - \exp - k (t - t_0)]$, onde: L_s é o comprimento médio dos indivíduos com idade t ; L_{∞} é o comprimento médio máximo que os indivíduos podem atingir; e é a base dos logaritmos naturais; k é a constante de crescimento; t é a idade dos indivíduos em anos e t_0 é um fator de correção de tempo relacionado à idade para o crescimento em comprimento. E para o crescimento em peso: $W_t = W_{\infty} * [1 - \exp - k(t - t_0)]$, onde: W_t é o peso total dos indivíduos com idade t ; W_{∞} é o peso médio máximo que os indivíduos podem atingir; e é a base dos logaritmos naturais; k é a constante de crescimento; t é a idade dos indivíduos em anos; e t_0 , é um fator de correção de tempo relacionado à idade.

4.6 Relação Peso - Comprimento

A relação peso-comprimento é um importante parâmetro em biologia de peixes, as suas aplicações incluem uma estimativa de uma destas variáveis, uma vez conhecida a outra (BEYER, 1987).

A relação peso total (W_t) e comprimento padrão (L_s) foi utilizado neste trabalho com o propósito de estabelecer uma estimativa através do peso de um peixe o seu respectivo comprimento e vice e versa.

A relação entre duas variáveis (a e b) para teleósteos, é universalmente ajustada por uma equação potencial do tipo $W = a . L_s^b$, onde: W é o peso do indivíduo; a é o coeficiente linear da relação peso-comprimento; L_s é o comprimento padrão; e b é o coeficiente angular da forma aritmética da relação peso comprimento e a inclinação da linha de regressão na

forma logarítmica, onde o parâmetro b tende a assumir valores próximos a 3,0, quando o crescimento é isométrico. Um valor significativamente maior ou menor que três indica crescimento alométrico (TESCH, 1971).

4.7 Crescimento Marginal

O crescimento marginal foi utilizado neste trabalho para determinar o período de maior crescimento da espécie e a periodicidade de formação do anel etário.

O crescimento marginal foi determinado medindo a distância do último anel até a borda externa das escamas.

Utilizamos para as diferentes classes de idade o índice G_i proposto por Lobón-Cerviá (1982), que consiste na seguinte expressão: $G_i = \frac{R_t - R_n}{R_n - R_{n-1}}$, onde: G_i é o crescimento marginal; R_t é o raio total; R_n , o raio do último anel; e R_{n-1} , o raio do penúltimo anel.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos estudos sobre proporção sexual devem ser analisados dados coletados durante um período de doze meses e enfocados, no mínimo, três aspectos: a estrutura da população para o período como um todo, a variação mensal da proporção entre fêmeas e machos e a variação da proporção sexual por classe de comprimento (VAZZOLER, 1996). Além desses, foram estabelecidos, por estações, a proporção sexual durante o período reprodutivo e não reprodutivo. E aplicou-se aos resultados o teste do qui-quadrado (χ^2). Durante o estudo, foram capturados um total de 243 indivíduos, sendo 133 fêmeas e 110 machos.

Na análise da proporção sexual para o período total de estudo, demonstrou-se um forte predomínio das fêmeas com (57%) e machos (43%), na distribuição da frequência (Figura 3). Inclusive, a análise mensal da estrutura da população demonstrou predomínio significativo de fêmeas, principalmente no período de inverno e primavera (Figura 4; Tabela 1).

Figura 3: Distribuição da frequência de fêmeas e machos de *Astyanax jacuhiensis* da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, considerando o período total de estudo. $N = 243$.

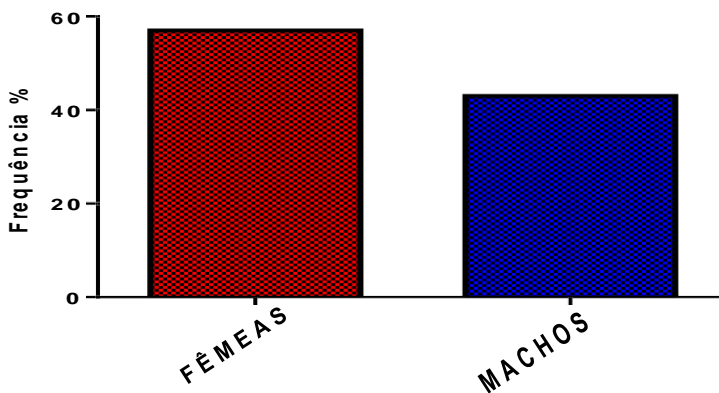
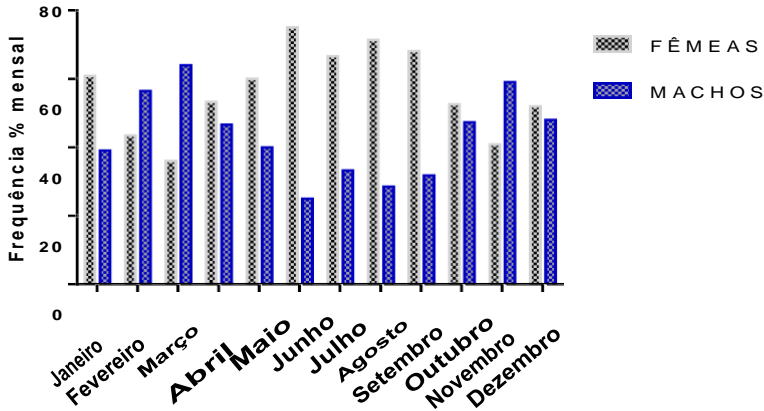


Figura 4: Distribuição mensal da proporção sexual entre fêmeas e machos de *Astyanax jacuhiensis* da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, considerando o período total de estudo.



A proporção sexual média obtida para um total de 243 indivíduos durante o período de estudo foi de **1,50** fêmeas para cada macho. O valor obtido através do teste do (χ^2), considerando-se uma proporção esperada de **1:1**, demonstra que não há diferença significativa na maioria dos meses, excetuando o mês de agosto, quando tomamos a população amostrada ($\chi^2_{calc} = 1,28$ g.l = 1). Analisando a proporção mensal entre machos e fêmeas verificou-se ao longo do ano encontra-se uma maior proporção de fêmeas em relação aos machos (56,71% e 43,29%, respectivamente), embora não registra-se diferença significativa para o período anual (tabela 1).

Segundo Vazzoler (1996), a proporção sexual em peixes varia ao longo do ciclo de vida em função de eventos sucessivos, que atuam de modo distinto sobre os indivíduos de cada sexo. Essa diferença provavelmente é devida ao comportamento diferenciado entre machos e fêmeas (RAPOSO; GURGEL, 2001; VAZZOLER,1996). Gurgel (2004) sugere que esta diferença pode ser explicada pelo fato das fêmeas, devido ao peso da gônada, tornarem-se mais suscetíveis à captura.

Analisando a população em relação ao seu ciclo reprodutivo, conforme Querol et al. (2015), o mesmo compreende os meses de setembro, outubro, novembro, dezembro, não apresentando diferença estatística significativa entre os sexos (Tabela 2). Esse fato pode estar comprovando a não existência de cuidados parentais. Fato observado por Querol (1998) investigando a espécie *L. Platymetopon*.

Tabela 1: Distribuição mensal da proporção sexual (F:M) entre fêmeas e machos de *Astyanax jacuhiensis*, porcentagem e “qui-quadrado” da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, para o período total de estudo.

Mês	Quantidade		%		F:M	χ^2
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos		
Janeiro	14	09	60,87	39,13	1,55	1,08
Fevereiro	10	13	43,48	56,52	0,77	0,39
Março	09	16	36	64	0,56	1,96
Abril	16	14	53,33	46,66	1,14	0,13
Mai	09	06	60	40	1,5	0,6
Junho	09	03	75	25	3	3,00
Julho	04	02	66,66	33,33	2	0,66
Agosto	15	06	71,43	28,57	2,5	3,85*
Setembro	15	07	68,18	31,82	2,14	2,90
Outubro	10	09	52,63	47,37	1,11	0,05
Novembro	09	13	40,9	59,1	0,69	0,72
Dezembro	13	12	52	48	1,08	0,04
Total	133	110	56,71	43,29	1,50	1,28

*Significativo ($p < 0,05$).

Tabela 2: Proporção sexual durante o período reprodutivo e não reprodutivo de *Astyanax jacuhiensis*, Rio Uruguai, Pampa Brasileiro.

Período	Número		%		F : M	χ^2
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos		
Reprodutivo	47	41	53,40	46,60	0,09	0,40
Não reprodutivo	86	69	55,48	44,52	1,24	1,86
Total	133	110				

*Significativo ($p < 0,05$).

Considerando as variações decorrentes durante as estações do ano, temos que a sazonalidade é, provavelmente, para a localidade e espécie em estudo, um fator que pode influenciar na estrutura populacional. Nesse sentido, se observou uma diferença significativa da população entre machos e fêmeas no período de inverno, com predomínio de fêmeas 71,8 % (Tabela 3).

Tabela 3: Proporção sexual durante as quatro estações do ano, de *Astyanax jacuhiensis* da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, para o período total de estudo.

Estação	Quantidade		%		F:M	χ^2
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos		
Primavera	34	29	53,97	46,03	1,17	0,39
Verão	37	34	52,11	47,89	1,08	0,12
Outono	34	36	48,57	51,43	0,94	0,05
Inverno	28	11	71,8	28,2	2,54	7,41*
Total	133	110				

*Significativo ($p < 0,05$).

Para a análise por classe de idade, foram utilizados 243 indivíduos para o período total de estudo. Através dessa amostragem, dividiu-se os indivíduos em 3 classes etárias. A distribuição das frequências por classe etária permite inferir que ambos os sexos podem ser

registrados com maior longevidade (Tabela 4).

Tabela 4: Distribuição das frequências dos exemplares de machos e fêmeas de *Astyanax jacuhiensis* por grupo etário, da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, para todo o período estudo. N = 243

Classe (anos)	Quantidade		%		χ^2
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	
02	17	22	12,78	20,00	0,64
03	72	51	54,14	46,36	3,58
04	44	37	33,08	33,64	0,60
Total	133	110	100	100	

*Significativo (p<0,05).

Através do comprimento padrão médio, observou-se que as fêmeas apresentam comprimento total ligeiramente maior que os machos no final de seu ciclo vital (7,83 cm) (Tabela 5). Esse fato também é observado em relação ao peso total médio das fêmeas (12,11 g) (Tabela 6). Cabe destacar que as fêmeas apresentam um crescimento em comprimento e peso maior do que os machos ao longo dos seus quatro anos (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5: Comprimento total médio para as fêmeas e para os machos de *Astyanax jacuhiensis* do Rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, por classe de idade.

Classe de idade (anos)	Comprimento padrão Fêmeas (cm)	Comprimento padrão Machos (cm)
02	6,88	6,67
03	7,25	6,98
04	7,83	7,62
Média	7,32	7,09

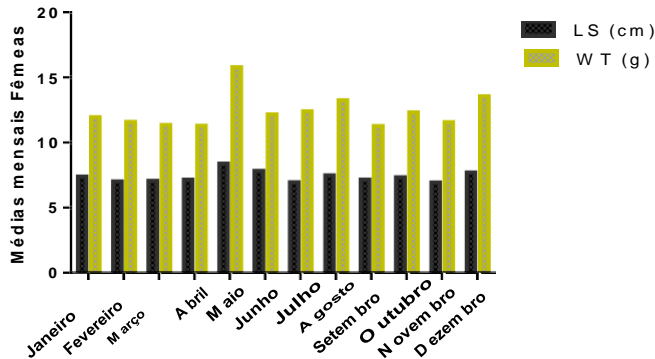
Tabela 6: Peso total médio para as fêmeas e para os machos de *Astyanax jacuhiensis* do Rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, por classe de idade.

Classe de idade (anos)	Peso total médio de fêmeas (g)	Peso total médio de machos (g)
02	10,51	9,94
03	11,66	10,73
04	14,16	13,56
Média	12,11	11,41

As médias mensais do comprimento padrão (Ls) em centímetros (cm) e do peso total (Wt) em gramas (g), para toda população, durante os 12 meses de estudo, mostram que as maiores médias do peso total ocorreram em maio, com 15,43 g; agosto, com 14,44 g; e outubro, com 12,88 g. E as maiores médias do comprimento padrão encontram-se nos meses de maio, com 8,38 cm, e agosto, com 7,74 cm (Figura 5).

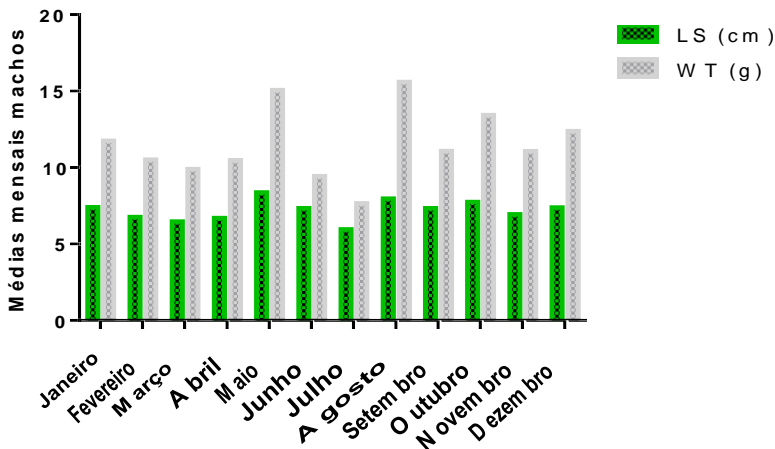
As médias mensais do peso total das fêmeas demonstraram maiores valores nos meses de maio (15,8 g), agosto (13,28 g) e dezembro (13,57 g); e a maior média do comprimento padrão em maio com (8,40 cm) (Figura 6).

Figura 6: Médias mensais do comprimento padrão (Ls) (cm) e do peso total (Wt) (g) para as fêmeas de *Astyanax jacuhiensis* do Rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, durante os 12 meses de estudo.



Para os machos, as maiores médias de peso total ocorreram em maio (15,07 g) e agosto (15,61 g), e, para o comprimento total, os meses também foram maio (8,37cm) e agosto (7,98 cm) (figura 7).

Figura 7: Médias mensais do comprimento padrão (Ls) (cm) e do peso total (Wt) (g) para os machos de *Astyanax jacuhiensis* do rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, durante os 12 meses de estudo.



A relação peso total – comprimento padrão obtida para fêmeas e machos de *Astyanax jacuhiensis* foi: $Wt = 0,0234 * Ls^{3,15}$ para as fêmeas, $n=133$, $r=0,98$ (Figura 8); e $Wt = 0,0234 * Ls^{3,01}$ para machos $n=110$ $r=0,98$ (Figura 9).

Aplicando o “teste t” (Zar, 1974), podemos constatar que não houve diferença significativa ($p < 0,05$), então calculamos uma equação única para o total da população (figura 10) através do agrupamento dos machos e das fêmeas, que é a seguinte: $Wt = 0,0234 * Ls^{3,15}$ $n=243$ $r=0,98$.

Figura 8: Relação peso comprimento para fêmeas n=133 de *Astyanax jacuhiensis* do rio Uruguai Médio.

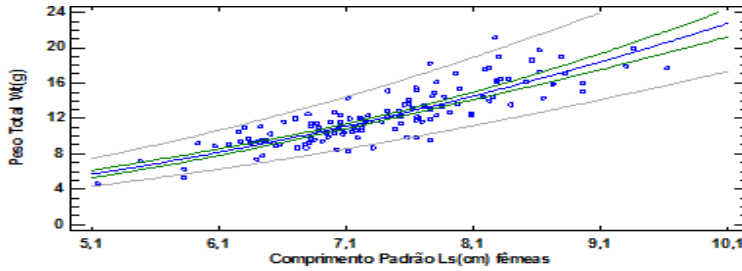


Figura 9: Relação peso comprimento para machos n=110 de *Astyanax jacuhiensis* do rio Uruguai Médio.

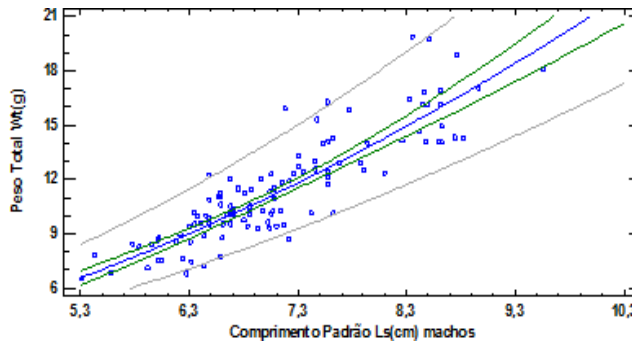
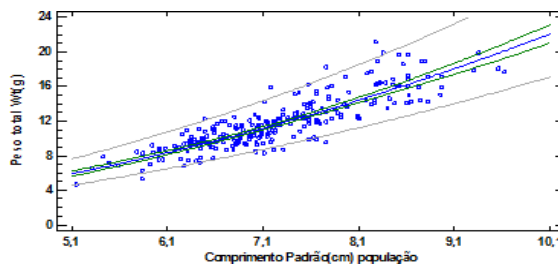


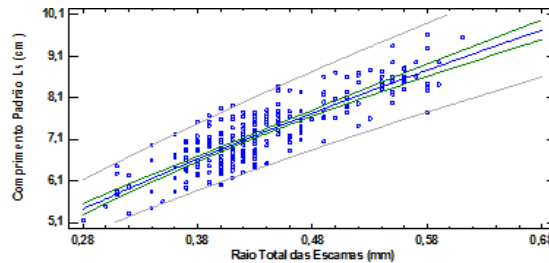
Figura 10: Relação peso comprimento para toda população n=243 de *Astyanax jacuhiensis* do rio Uruguai Médio.



Para obter os comprimentos pretéritos foram testadas as regressões multiplicativa, linear e exponencial. A regressão que melhor adequou-se foi à multiplicativa (Figura 11), demonstrando que há uma relação estatisticamente significativa entre o comprimento padrão (Ls) e raio total da escama (Rt_{escama}) com um nível de confiança de 95%.

Considerando que os anéis são formados periodicamente e constatada a existência de relação entre o raio da escama e o comprimento total, já que ocorre um aumento no comprimento das escamas à medida que aumenta o tamanho do peixe, como sugerem Cutrim & Batista (2005), sugerimos que a avaliação das escamas, conforme procedemos em sua medição, é adequada para o estudo da idade e crescimento do *Astyanax jacuhiensis*.

Figura 11: Regressão Multiplicativa entre o comprimento padrão (Ls) dos indivíduos e o raio total das escamas (Rtescama) para toda população de *Astyanax jacuhiensis* do rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, durante os 12 meses de estudo. N=243



O período de rápido crescimento em comprimento acontece simultaneamente para as fêmeas e para os machos, ocorrendo nos primeiros dois anos. Enquanto para as demais classes etárias, o crescimento reduz. Possivelmente, mais energia é disponibilizada para a formação de produtos sexuais (HART, 1991).

As expressões obtidas através do ajuste dos valores médios para cada classe etária às curvas de Von Bertalanffy, para o crescimento em comprimento padrão (Ls) são: $L(s) = 13 * [1 - \exp - 0,279 (t-0,22)]$ para as fêmeas, para os machos $L(s) = 13 * [1 - \exp - 0,262 (t-0,26)]$ e para toda população $L(s) = 13 * [1 - \exp - 0,271 (t-0,24)]$. E as expressões para o crescimento em peso são: $Wt = 17 * [1 - \exp - 0,399 (t-0,06)]$ para as fêmeas, para os machos $Wt = 17 * [1 - \exp - 0,343 (t-0,14)]$ e para toda população $Wt = 17 * [1 - \exp - 0,373 (t-0,09)]$.

Analisando as expressões, as fêmeas atingem tamanho assintótico ($L\alpha = 13$) levemente superior ao dos machos ($L\alpha = 13,2$). Dados semelhantes foram encontrados para *Steindachnerina insculpta* por Ambrósio; Hayashi (1997) onde os valores de $L\alpha$ para as fêmeas (16,7 cm) e para os machos (16,5 cm) foram próximos. Os mesmos autores sugerem que este fato, explica valores semelhantes de para a taxa de crescimento (K) para fêmeas ($K = 0,27$) e para machos ($K = 0,26$).

Os pesos estimados são superiores para as fêmeas em todas as classes etárias, por isso o valor do (k) alcançado pelas fêmeas é levemente superior ao valor encontrado para os machos. As diferenças de peso estimado podem estar relacionadas com o fato das gônadas alcançarem maior tamanho durante a época de reprodução em relação aos machos (AMBRÓSIO & HAYASHI, 1997).

Analisando os valores da taxa de crescimento (K), é possível observar que a espécie em estudo apresenta um rápido crescimento. O rápido crescimento também foi observado para *Steindachnerina insculpta* por Ambrósio & Hayashi (1997) e por Hartz (1991)

estudando a *Cyphocharax voga*.

Os dados obtidos através da equação de Von Bertalanffy para o crescimento em comprimento e crescimento em peso para toda a população (Figura 12 e 13), para fêmeas (Figura 14 e 15) e para machos (Figura 16 e 17), são semelhantes aos dados observados das médias de comprimento e peso de cada grupo etário (método direto). Desta forma, a equação ajustada para espécie pode ser utilizada como parâmetro de determinação de variáveis e suas inter-relações com a idade, comprimento e a velocidade de crescimento (k).

As diferenças de peso estimado das fêmeas podem estar relacionadas com o fato das gônadas alcançarem maior tamanho durante a época de reprodução em relação aos machos (AMBRÓSIO & HAYASHI, 1997).

Figura 12: Curva de crescimento em comprimento padrão (Ls) para toda a população de *Astyanax jacuhiensis*, comparando o comprimento observado com o crescimento determinado pela equação de Von Bertalanffy.

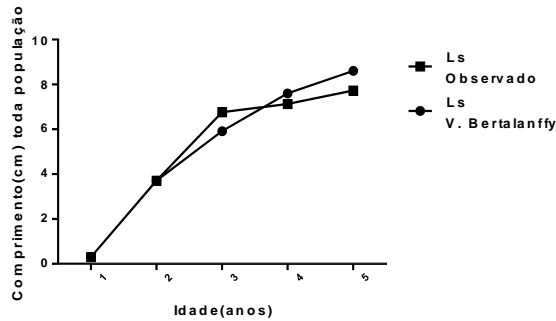


Figura 13: Curva de crescimento em peso total (Wt) para toda a população de *Astyanax jacuhiensis*, comparando o peso observado com o crescimento determinado pela equação de Von Bertalanffy.

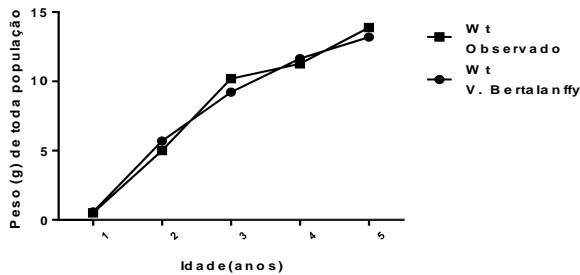


Figura 14: Curva de crescimento em comprimento padrão (Ls) para as fêmeas de *Astyanax jacuhiensis*, comparando o comprimento observado com o crescimento determinado pela equação de Von Bertalanffy

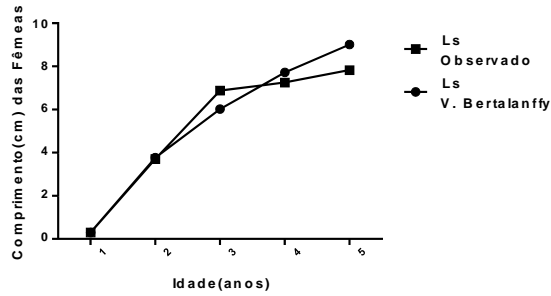


Figura 15: Curva de crescimento em peso total (Wt) para as fêmeas de *Astyanax jacuhiensis*, comparando o peso observado com o crescimento determinado pela equação de Von Bertalanffy.

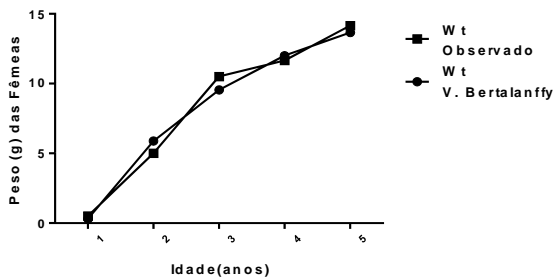


Figura 16: Curva de crescimento em comprimento padrão (Ls) para os machos de *Astyanax jacuhiensis*, comparando o comprimento observado com o crescimento determinado pela equação de Von Bertalanffy.

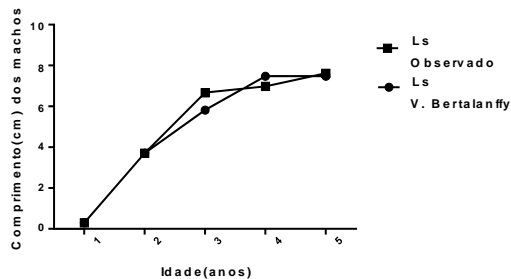
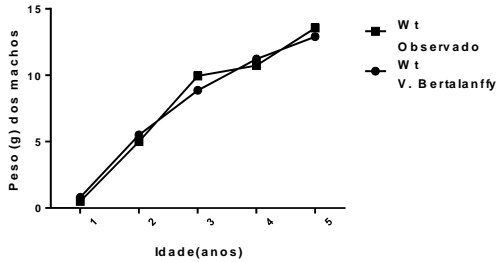


Figura 17: Curva de crescimento em peso total (Wt) para os machos de *Astyanax jacuhiensis*, comparando o peso observado com o crescimento determinado pela equação de Von Bertalanffy.



Através do crescimento marginal dos anéis etários, pode-se verificar o período de maior crescimento da espécie e também a periodicidade de formação dos anéis etários, semelhante em ambos os sexos.

O crescimento marginal (G_i) para *Astyanax jacuhiensis* apresentou o mesmo período na formação dos anéis etários de machos e fêmeas (Figura 18 e 19). Foram observados que no período de janeiro e fevereiro tem-se a formação do anel etário e, para os meses de julho e agosto, o período de maior crescimento. Beheregaray (2001) afirma que o número de anéis etários de cada escama identifica a idade do peixe através dos períodos de diminuição de seu metabolismo, relacionados normalmente aos períodos de inverno e, assim, pode-se estabelecer para cada anel um ano de vida.

Figura 18: Crescimento marginal (G_i) dos machos de *Astyanax jacuhiensis* da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, durante os 12 meses de estudo.

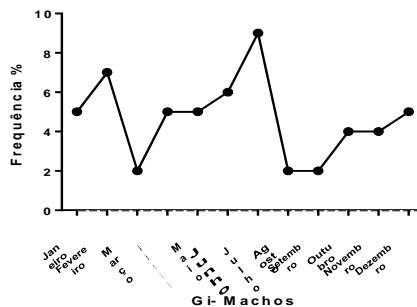
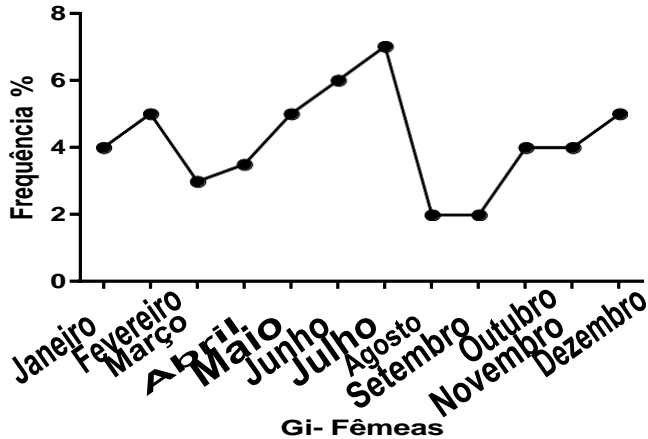


Figura 19: Crescimento marginal (Gi) das fêmeas de *Astyanax jacuhiensis* da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai Médio, Pampa Brasileiro, durante os 12 meses de estudo.



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das coletas terem sido prejudicadas devido ao alto nível do rio, na época do estudo, o que dificultou o acesso aos locais de coleta e a colocação das redes de espera, considerando o período de coletas compreendido entre maio de 2014 a abril de 2015, completando um ciclo anual de investigações, abrangendo as quatro estações do ano no rio Uruguai Médio, Uruguaiana/RS, Pampa Brasileiro, foi possível determinar a idade do *A. jacuhiensis* através de leituras de escamas. Essas estruturas se mostraram regulares em uma escala de tempo e crescem ao longo da vida dos indivíduos, o que torna recomendável a utilização dessa técnica para a determinação da idade para esta espécie.

7. REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, C.A.; MOLINARI, S.L.; AGOSTINHO, A.A.; VERANI, J.R. 1984 Ciclo reprodutivo e primeira histologia sexual de fêmeas do lambari, *Astyanax bimaculatus* (L) (Osteichthyes-Characidae) do rio Ivai, Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, 44: 31-16.
- AMBRÓSIO, A.M.; GOMES, C.L.; AGOSTINHO, A.A. Age and growth of *Hypophthalmus edentatus* (Spix), (Siluriforme, Hypophthalmidae) in the Itaipu Reservoir, Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**. V. 2, n. 20, p. 183-190, 2003.
- AMBRÓSIO, Â. M.; HAYASHI, C.. Idade e crescimento de *Steindachnerina insculpta* FERNANDES-EPES, 1948), (CHARACIFORMES, CURIMATIDAE) da planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil. **Rev. Brasil Biol**, 57(4): 687-698, 1997.
- BEVERTON, R.J.H.; HOLT, S.J. On the dynamics of exploited fish populations. London & Glasgow: **Chapman & Hall**, 1993. 533p.

- BEYER, J.E. 1987. On 192istol-weight relation ships Part I: computing the mean weight of the fish of a given I enght class. **Fishbyte S**: 11-13
- BOWERING, W.R. Age and growth of Greenland Habilit, Reinhardtins hipoglossoides (Walbaum), ICNAF Subareas 2-4. **ICNAF Res. Bull.**, 13:5-10, 1978.
- BURTON, M.N.; ALLANSON, B.R. The growth of Tilapia mossambica Peters (Pisces, Cichlidae) in lake Sibaya, South Africa. **J. Fish Biol.**, 6:701-715, 1974.
- BRITSKI HA (1972). Peixes de água doce do Estado de São Paulo: Sistemática. In:**Poluição e Piscicultura**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP-Instituto de Pesca da CPRN da Secretaria de Agricultura. 78-108.
- COPE, E. D.; On the fishes obtained by the Naturalist Expedition in Rio Grande do Sul. **Proceedings of the American Philosophical Society**, 33: 1894, p. 84-108
- CUTRIM, L. & BATISTA, V.S. 2005. Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. **Acta Amazon**. 35:85-92.
- DOMANICO, A.; DELFINO, R.; FREYRE, L.. Edad y crecimiento de Hoplias malabaricus (BLOCH, 1794) (TELEOSTEI, ERYTHRINIDAE) en la laguna de lobos (Argentina). Iheringia, **Ser. Zool**, 74: 141-149, 1993.
- FAGADE, S.O Age determination in Tilapia melanotheron (Rupell) in the Lagos Lagoon, Lagos, Nigeria. In: Bagenal, T.B. (ed.) Ageing of fish:- proceedings of a International Symposium. London: **Unwin**.1974. p. 71-77.
- FEITOZA, L.A., OKADA, E.K. & AMBRÓSIO, A.M. 2004. Idade e crescimento de Pterodoras granulosus (Valenciennes, 1833) (Siluriformes, Doradidae) no reservatório de Itaipu, Estado do Paraná, Brasil. **Acta. Sci. Biol. Sci.** 26(1):47-53
- GARUTTI V ; BRITSKI HA (2000). Descrição de uma espécie nova de Astyanax (Teleostei: Characidae) da bacia do alto rio Paraná e considerações sobre as demais espécies do gênero na bacia.Comn. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS. **Sér.Zool**. Porto Alegre. V. 13. 65- 88.
- Genera Incertae Sedis in Characidae**. Pp. 106-113. In: Reis RR, Kullander SO e Feraris Jr.(Eds.).**Check list of the freshwater fishes of Southand Central America**. Porto Alegre, Edipucrs
- GIORA, J. ; FIALHO, C. B.. Bilogia Alimentar de Steindachnerina brevipinna (Characiformes, Curimatidae) do rio Ibicuí-mirim, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, **Ser. Zool.**, 93(3): 277-281, 2003.
- GODOY, M.P. Idade, crescimento e peso de peixes. In; COMISSÃO INTERESTADUAL DA BACIA PARANÁ- URUGUAI. **Poluição e Piscicultura**. São Paulo,p. 137-44, 1972.
- GRIMES, C.B. GROWTH and length-weight relationship of vermilion snapper, Rhomboplites aurorubens, from North Carolina and South Carolina waters. Trans. **Am. Fish. Soc.**, 107:454-456, 1978.
- HARTZ, S.M. 1991. Dinâmica populacional de Cyphocharax voga (Hensel, 1869) da Lagoa Emboaba, Osório, RS, (CHARACIFORMES, CURIMATIDAE). Dissertação de mestrado do curso de Pós-Graduação em Ecologia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 133p.

- LIMA FCT, Malabarba LR, Buckup PA, Silva JFP, VariR P, Harold A, Benine R, Oyakawa OT, Pavanelli CS, Menezes NA, Lucena CAS, Malabarba MCSL, Lucena ZMS, Reis RE, Langeani F, Cassati L, Bertaco VA, Moreira C e Lucinda PHF (2003).
- MARTOJA, R. Y MARTOJA-PIERSON, M. (1970). Técnicas de 193istologia animal. Toray-Masson, S.A. Barcelona, 350 pp.
- OILMSTD, L.L.; KILAMBI, R.V. Age and growth of spotted bass (*Micropterus punctulatus*) in Lake Fort Smith, Arkansas. Trans. **Am. Fish Soc.**, 107(1), 21-25, 1978.
- QUEROL, E.. **Biologia y Ecologia de Hoplias malabaricus (Bloch, 1794) (Pisces, Erythrinidae) en la Cuenca del Rio Uruguay**, Brasil. Tese de Doutorado, Universitat de Barcelona. Barcelona, 1993. 213p
- QUEROL, M. V. M.. **Biologia e Ecologia de Loricariichthys platymetopon (ISBRUCKER & NIJSSEN, 1979) (OSTEICHTHYES, LORICARIIDAE) na Barragem da Estância Nova Esperança, Município de Uruguaiana, Bacia do Rio Uruguai**, Rs, Brasil. Dissertação de Mestrado, Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul., 1998. 67p.
- ROSS, J.L.; HUNSTMAN, G.R. Age, growth and mortality of blueline tilefish from North Carolina and South Carolina. Trans. **Am. Fish. Soc.**, 111:201-221, 1982.
- SANTOS, G. B. e BARBIERI, G.. Idade e Crescimento do “Piau Gordura”, *Leporinus piau* Fowler, , na Represa de Três Marias (Estado de Minas Gerais) (PISCES, OSTARIOPHYSI, ANOSTOMIDAE). **Rev.Brasil. Biol**, 53(4) : 649-658, 1941.
- TESCH, F.W. 1971. Age and growth.. In: **Fish production in fresh waters** (ed. W.E. Ricker), Blackwell, Oxford, p. 98-130.
- WOOTTM, R.J. Ecology of teleosts fishes. London: **Chapman e Hall**. 1991. 404p.
- VAZZOLER, AE.A.M. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes; reprodução e crescimento. Brasília, **Programa Nacional de Zoologia/CNPq**, 1982.
- VILELA, C. e HAYASHI, C. 2001 Desenvolvimento de juvenis de lambari *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), sob diferentes densidades de estocagem em tanques-rede. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringa, 23: 491-496.
- WEATHERLEY, A. H. y H. S. Giil (1987). **The biology of fish growth**. Toronto: \$cademic Press.
- WOOTTM, R.J. Ecology of teleosts fishes. London: **Chapman e Hall**. 1991. 404p.

CAPÍTULO 18

BIOLOGIA ALIMENTAR DO BIRU *STEINDACHNERINA BREVIPINNA* EIGENMANN & EIGENMANN (1889), (CHARACIFORMES, CURIMATIDAE), NA BACIA RIO URUGUAI NO PAMPA BRASILEIRO.

Luís Roberval Bortoluzzi Castro
Fernanda Blauth de Lima
Paula Vanessa Bervian
Edward Frederico Castro Pessano
Enrique Querol Chiva
Marcus Vinícius Morini Querol

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente estudo é parte dos resultados de um grande projeto denominado biologia e ecologia do Biru (*Steindachnerina brevipinna*) realizado entre os anos de 2003 a 2006 junto as estruturas do Núcleo de Pesquisas Ictiológicas, Limnológicas e Aquicultura da Bacia do Rio Uruguai na época pertencente a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

O grande projeto foi realizado com orçamento reduzido onde a alimentação e a estadia dos pesquisadores foi bancada com recursos próprios e todo esforço resultou em algumas monografias do Curso de Ciência Biológicas da Universidade. Dentre os diversos problemas financeiros para o desenvolvimento do estudo se consolidou o despertar para a pesquisa, onde o projeto foi realizado simplesmente pela vontade de um grupo de estudantes e seus professores que sonhavam em estudar a biologia das espécies icticas da bacia do rio Uruguai médio, sonhavam conhecer a fauna e a flora para conhecer melhor a região a fim de buscarem alternativas para minimizarem os inevitáveis impactos ambientais oriundos da inevitável pressão antrópica sobre os ecossistemas aquáticos.

Nesta pespesquitiva, foi aceito o convite para publicizar o presente estudo, embora os pesquisadores tenham tomado rumos diferentes o sonho pelo conhecimento em prol da comunidade ainda permanece.

2. INTRODUÇÃO

A família Curimatidae compreende diversas espécies popularmente conhecidas como “birus” extremamente abundantes nos ecossistemas dulciaquícolas, constituem uma ampla riqueza na ictiofauna, sendo de suma importância ecológica nas comunidades de peixes neotropicais por serem animais de hábito detritívoro (Fink e Fink, 1978). Na região neotropical a detritivoria é relatada em muitas espécies sendo consumidores ocasionais, enquanto outras, como espécies das famílias Prochilodontidae, Curimatidae e Loricariidae, são específicas no consumo de detrito (Bowen, 1984). Conforme Goulding (1980), o comportamento alimentar da família Curimatidae é, possivelmente, mais complexo que o

presumido pela categoria trófica, podendo ocorrer inclusive partilha de recursos entre estes detritívoros, mesmo que a natureza do alimento aparentemente impeça uma escolha refinada dos itens.

Aspectos da nutrição e alimentação de curimatídeos podem ser encontrados em Knoppel (1970), Honda (1979), Carvalho (1984), Sazima e Caramaschi (1989), Pereira e Resende (1998) Giora e Fialho (2003) e Teixeira e Gurgel (2004).

De acordo com Vari (1988), a espécie em estudo *Steindachnerina brevipinna* (Eigenmann & Eigenmann 1889), tem ocorrência geográfica restrita a América do sul, distribuindo-se nos rios, Paraguai, Paraná e nas porções do alto, médio e baixo Uruguai, onde é muito abundante. Desempenhando papel de extrema importância na cadeia trófica (Fink e Fink, 1978).

O presente trabalho teve por objetivo estimar os índices de repleção e hepássomático, analisar quantitativamente os itens que fazem parte da dieta alimentar e calcular o quociente intestinal da espécie.

3. METODOLOGIA

A área de estudo compreende o rio Uruguai Médio ($29^{\circ}30'20,4''S/ 56^{\circ}50'41,9''W$), (figura 1) no distrito de São Marcos, município de Uruguaiana. Este rio é um dos sistemas de drenagem mais importantes do estado do Rio Grande do Sul.

As coletas de *S. brevipinna* (Figura 2) foram realizadas mensalmente no período de julho de 2003 a junho de 2004, onde foram capturados conforme licença nº .. um total de 439 espécimes (277 fêmeas e 162 machos), com auxílio de 6 redes de malha 1,5 cm entre-nós adjacentes, com altura de 1,5m, postadas em diferentes locais nas margens do rio Uruguai, utilizou-se ainda uma rede de arrasto do tipo picaré, para coletar indivíduos em diferentes estágios de desenvolvimento.

Figura 1: Mapa de localização do estado do Rio Grande do Sul (A) e Rio Uruguai médio, distrito de São Marcos, ($29^{\circ} 30' 20, ''S/ 56^{\circ} 50' 41,9''W$) situado no Município de Uruguaiana (B). O círculo indica a área de estudo.

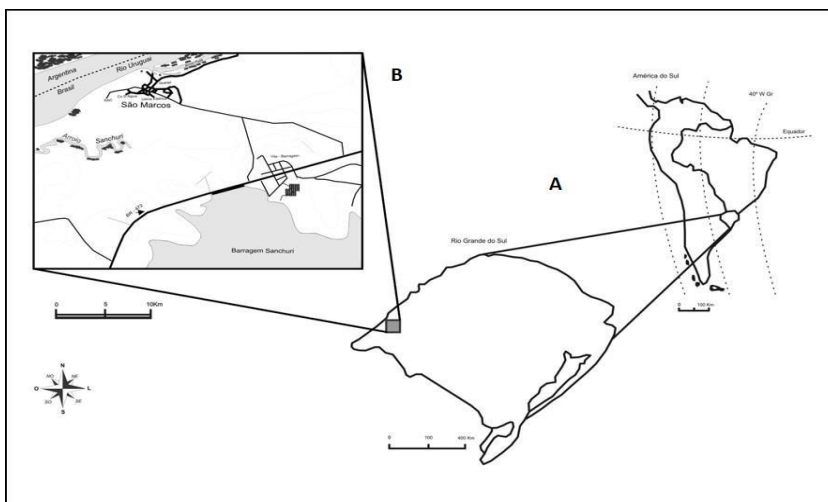
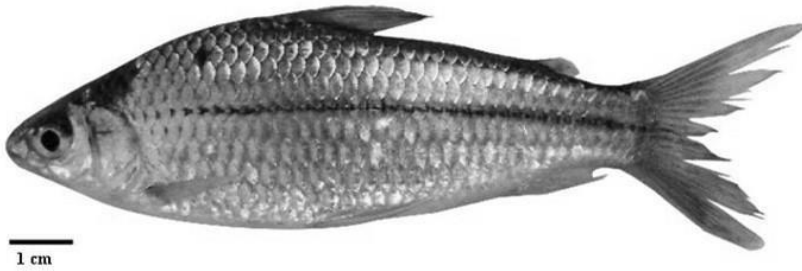


Figura 2: Exemplar de *S. brevipinna*.



No local os exemplares foram fixados em formol a 10% e com o auxílio de uma seringa o formol foi injetado na cavidade celomática, para melhor conservação dos órgãos internos (Zavala-camim, 1996).

O material coletado foi depositado no laboratório sala nº: 505, pertencente ao Núcleo de Pesquisas Ictiológicas, Limnológicas e Aqüicultura da Bacia do rio Uruguai (NUPILABRU), do Curso de Ciências Biológicas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Campus Uruguaiana.

No laboratório foram registrados os seguintes caracteres: comprimento total (Lt) e comprimento do intestino (li), em cm; peso total (Wt), pesos do estômago (we) e fígado (wf), em g; sexo e determinados os estádios de repleção do estômago: parcialmente vazio, parcialmente cheio e cheio. O índice de repleção foi determinado através da relação percentual entre o (we) e o (Wt) do peixe, e o índice hepatossomático (IHS), através do quociente entre o (wf) e (Wt). O quociente intestinal (Qi) foi determinado através da razão do (li) e (Lt) do indivíduo de acordo com Hartz, (1991). Para análise do conteúdo estomacal foram sub amostrados 120 indivíduos entre machos e fêmeas, com comprimento variando de 49 a 122 mm. O trato preservado, foi aberto em laboratório e o conteúdo foi retirado e adicionado a laminas, e mensuradas em uma gota de LUGOL para melhor visualização das algas de acordo com Bicudo e Menezes, (2005). Utilizou-se ainda uma BASE (nitrocelulose, acelato de etila, acelato butila, tolueno, tosilamida, formaldeido dbp, Álcool butílico) para montagem das lâminas e fixação da lamínula, em cada amostra foram selecionados 5 campos nas dimensões da lamínula. Logo após as mostras foram levadas ao microscópio óptico e cada área demarcada foi analisada, semi-quantificada, fotografada e os itens foram identificados com base em material específico.

Para estabelecer as preferências alimentares, foram analisadas a frequência de ocorrência (F) e a ocorrência numérica (ON) dos componentes da dieta em função das estações do ano de acordo com Granado-Lourêncio e Garcia-Novo (1991).

O cálculo da frequência de ocorrência (F) dos componentes da dieta alimentar e a ocorrência numérica (ON) foram obtidos utilizando as expressões abaixo:

$$F = \frac{Neo.100}{Nee}$$

Onde:

Neo = número de estômagos onde se encontrou um determinado organismo Nee =

número de estômagos examinados

$$ON = \frac{Nodp \cdot 100}{Ntop}$$

Onde:

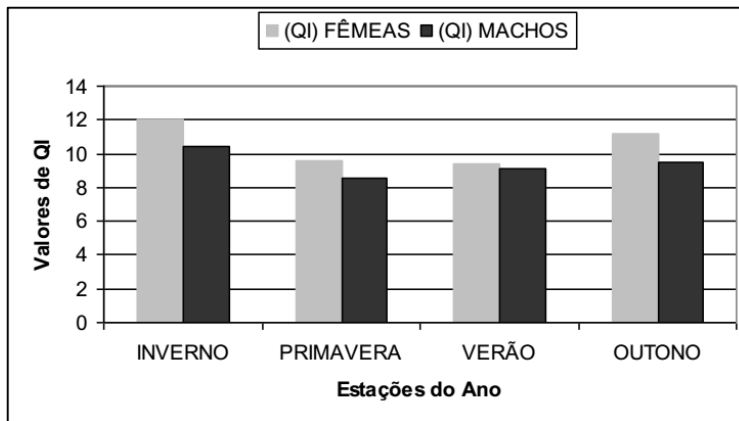
Nodp = número de ocorrências de determinada presa. Ntop = número total de presas presentes.

Aplicou-se um índice de importância alimentar (IIA) para os itens ingeridos, adaptado de Braga, (1999) baseado em uma escala semi-quantitativa, de acordo com o número de ocorrência de cada item alimentar em relação ao montante total de itens. Foi dotado uma escala: 3, muito abundante (representando mais de 50% dos itens); 2, abundante (de 25 a 50 % do itens); 1, escasso (menos de 25%). De acordo com Guillen e Granado (1984), alimentos com IIA maiores que 0,3 foram considerados principais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quociente intestinal (Qi) evidenciou seu pico máximo no inverno (figura 3) e o (Qi) médio encontrado para a espécie foi de 10,70.

Figura 3: Variação estacional do quociente intestinal de *S. brevipinna*.



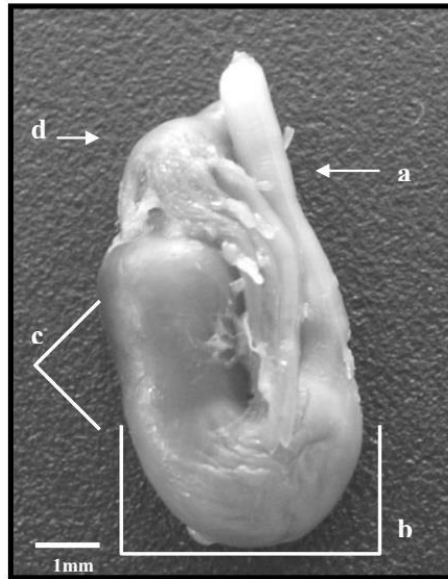
De acordo com Rotta (2003), o tamanho do intestino está totalmente ligado ao hábito alimentar, devido à seletividade de cada espécie em relação ao tamanho dos componentes que fazem parte da dieta.

Hartz e Barbieri (1993), encontraram um Qi de (14,0) para *Cyphocharax voga* na lagoa Emboaba, RS, Giora e Fialho, (2003) estudando *S. brevipinna* na região da bacia do rio Ibicui Mirim, RS, apontam um Qi de 9,46, e Fugi et al., (2001), encontraram para *S. insculpta*, um maior comprimento de intestino quando comparado a outras espécies de peixes que se alimentam de fundo, na planície de inundação do rio Paraná. Bowen, (1984) ressalta que o comprimento do intestino para os curimatídeos pode variar até 11 vezes o tamanho dos indivíduos. Neste contexto o intestino longo seria uma adaptação para consumir alimento

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) de difícil digestão e assimilação que necessita de uma grande área para absorção Fugi et al., (2001).

O aparelho digestório foi analisado morfológicamente e o estômago foi caracterizado em três regiões (Figura 4), a 1ª ligada diretamente ao esôfago, tem paredes delgadas e aparência saculiforme é denominado estômago cárdico ou químico, sendo responsável pelo início da digestão ácida dos alimentos; a 2ª com paredes bastantes espessas e rígidas e certa semelhança com uma moela, é denominado estômago mecânico ou pilórico, estando envolvido na trituração dos alimentos ligando as duas regiões a uma estrutura curva, semelhantes a um joelho, referida neste trabalho com região anterior do intestino.

Figura 4: Morfologia do estomago de *S. brevipinna*, (a) esôfago, (b) Cavidade Cárdica, (c) Cavidade Pilórica, (d) Intestino anterior com septos.

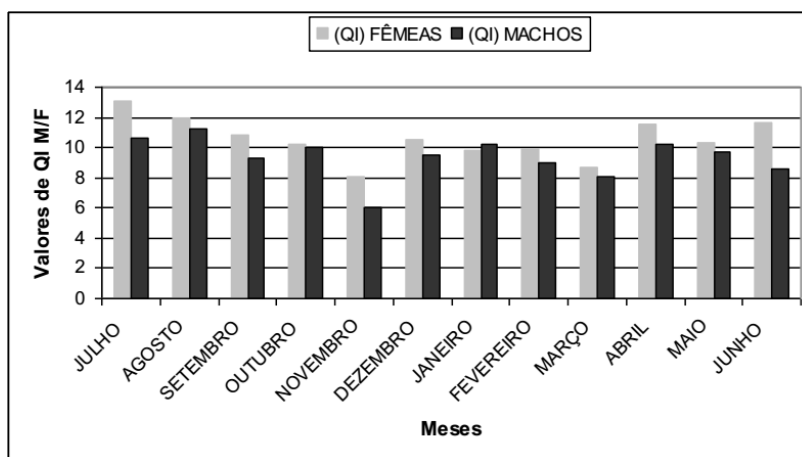


Neste sentido Fugi e Hahn,(1991) caracterizam o estômago de curimatídeos, apresentando uma moela com formato codiforme, sendo para facilitar a trituração do alimento, onde é logo armazenado e transferido para o intestino.

Fryer e Iles (1972), descrevem que o comprimento do intestino esta claramente relacionado a categoria trófica da espécie, sendo ordenada da seguinte maneira: Carnívoros <omnívoros <herbívoros <detritívoros.

A atividade alimentar da *S. brevipinna*, indica que a espécie não apresentou muitas oscilações durante os meses de estudo, ocorrendo maior atividade nos primeiros meses do inverno correspondente a julho para as fêmeas e agosto para os machos e uma menor atividade foi registrada para o mês de novembro para ambos (figura 5).

Figura 5: Variação mensal do quociente intestinal de fêmeas e machos de *S. brevipinna*.

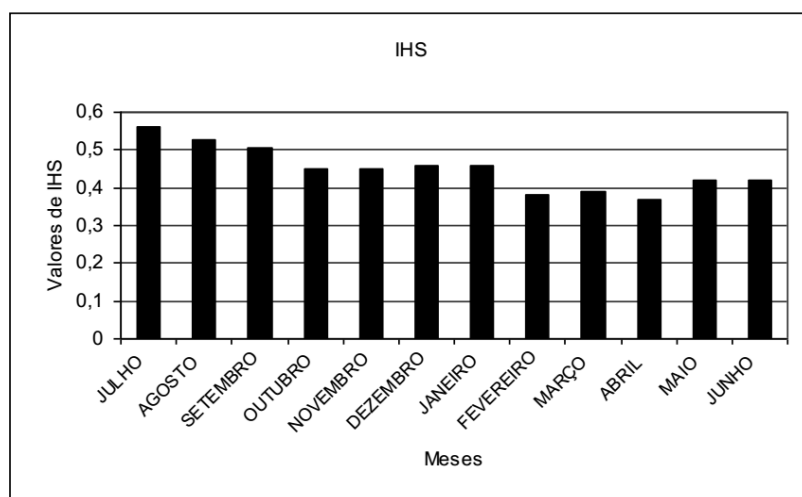


Os indivíduos de *S. brevipinna* para a bacia do médio rio Uruguai apresentaram uma alimentação equilibrada em relação aos doze meses do ano. Hartz e Barbieri (1993) encontram para *C. voga* na lagoa Emboaba, RS, uma maior atividade alimentar para as fêmeas, haja visto que ambas espécies possuem características morfológicas, onde os machos apresentam tamanho corpóreo inferior às fêmeas e isso pode ser favorecido devido a captura com redes (Hartz, 1991; Hartz e Barbieri, 1993).

Já Giora e Fialho, (2003) encontram características semelhantes para *S. brevipinna* na bacia do rio Ibicui Mirim, Rs, onde ambos os sexos apresentam uma alimentação sem variações significativas durante as quatro estações do ano.

Uma comparação com o índice hepatossomático (IHS) confirma que as reservas energéticas estão mais relacionadas ao inverno tendo seus picos em julho e agosto (figura 6), sendo uma possível preparação para o período reprodutivo, desenvolvimento gonadal e desova.

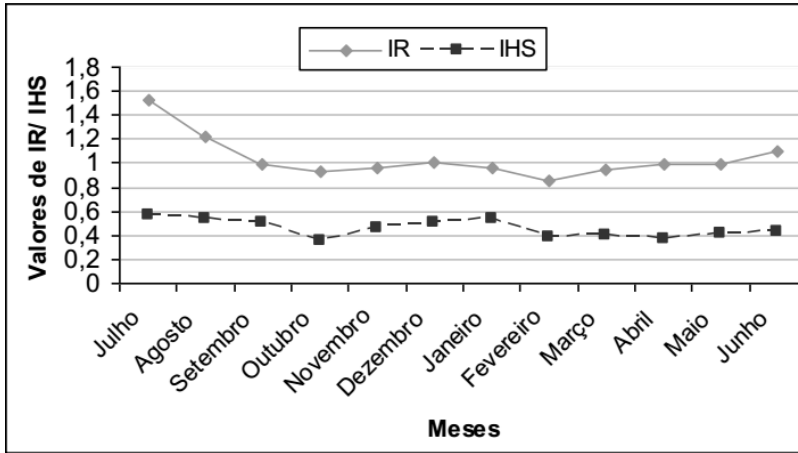
Figura 6: Relação mensal do Índice hepatossomático de *S. brevipinna*.



Para isso comparou-se o índice de repleção dos estômagos com o índice

hepatossomático, onde o grau de repleção foi maior nos meses de julho, agosto e setembro, similar ao quociente intestinal, sendo que o índice hepatossomático (figura 7), não apresentou variações significativas, isso contribui ao fato da espécie se alimentar constantemente durante o ciclo anual.

Figura 7: Relação dos valores médios de Repleção e hepatossomático para *S. brevipinna*.



Conforme Pereira e Resende (1998), os peixes deste grupo apresentam características metabólicas aceleradas o que impossibilita épocas de menor atividade alimentar onde as reservas energéticas apresentam poucas oscilações durante um ciclo.

Neste caminho, agrupou-se bimestralmente os valores das freqüências relativas e estádios de repleção de machos e fêmeas de *S. brevipinna* (Figura 8 a e b), onde, não foram encontrados estômagos vazios durante o período de estudo. Dados semelhantes foram encontrados por Hartz e Barbieri (1993); Fugi et al., (2001); Giora e Fialho (2003) e Teixeira e Gurgel (2004).

Figura 8 a: Distribuição bimestral das freqüências dos estádios de repleção para Machos de *S. brevipinna*.

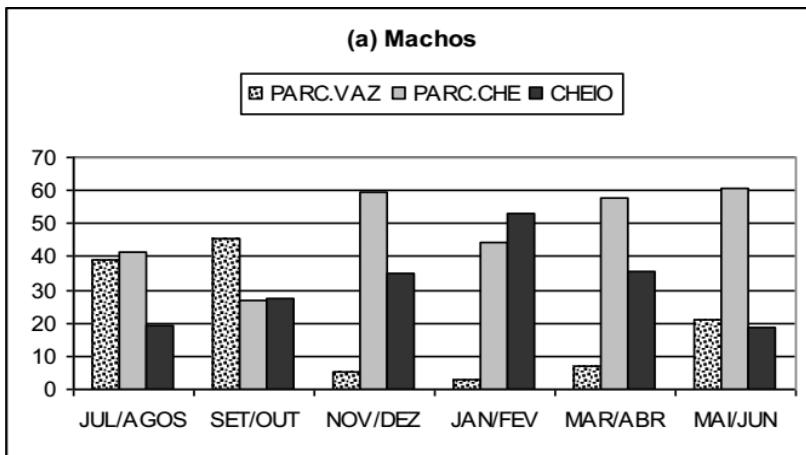
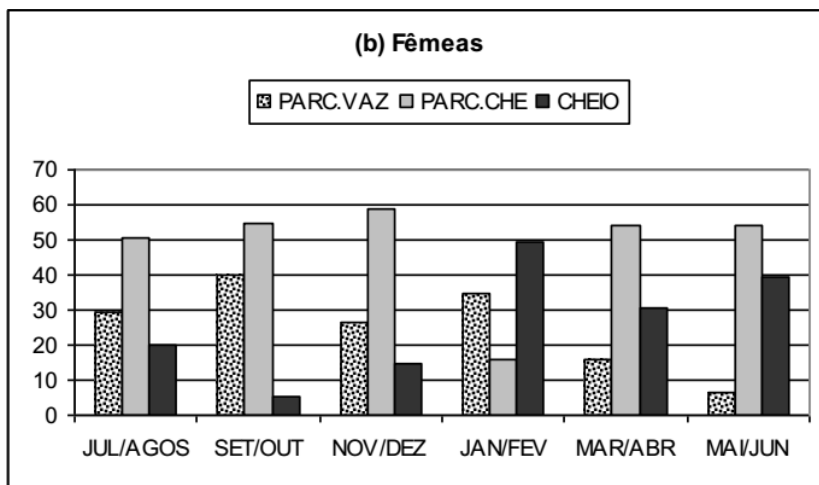


Figura 8 b: Distribuição bimestral das freqüências dos estádios de repleção para fêmeas de *S. brevipinna*



Com base em 120 estômagos analisados quantificou-se 4594 organismos como integrantes da dieta alimentar, distribuídos em: algas das Divisões Bacillariophyta e Chlorophyta além de alguns protozoários.

A frequência de ocorrência (F) e a ocorrência numérica (ON) (Tabela 1) confirmam que os itens alimentares ingeridos pela espécie foram predominantemente algas pertencentes à Divisão Bacillariophyta, sendo mais freqüente a família Naviculaceae onde se destacaram os gêneros *Navícula* sp, *Pinnularia* sp, *Frustulia* sp e *Gyrosigma* sp, à divisão Chlorophyta também compôs a dieta da espécie sendo mais freqüente a família Desmidiaceae.

Os dados mensais da frequência de ocorrência (Tabela 2), apontam que as algas da divisão Bacillariophyta foram os itens de maior frequência da alimentação da espécie ocorrendo em 100% dos estômagos analisados. As demais algas referentes a divisão Chlorophyta, além dos Protozoa e Artrópodes foram menos freqüentes. O índice de importância alimentar (IIA) dos itens ingeridos (Tabela 3), mostra que as algas da divisão Bacillariophyta mantiveram-se como alimento principal durante todos meses do ano, para os demais representantes da dieta alimentar da espécie tais como algas da divisão Clorophyta, Protozoa.

Uma análise da frequência dos itens ingeridos pela espécie mostra que *Navícula* sp foi o alimento mais abundante encontrado em todas as estações do ano com a dominância da divisão Bacillariophyta seguida da divisão Chlorophyta. Dados semelhantes aos encontrados por Querol (1998), ao estudar uma espécie de cascudo *Locariichthyes platymetopon*, na barragem da estância Nova Esperança, (RS), Giora & Fialho (2003) para *S. brevipinna*, na bacia do rio Ibicuí-Mirim (RS) e Teixeira e Gurgel (2004) para *Steindachnerina notonota* Miranda-Ribeiro 1937, no Açude de Riacho da Cruz, fazendo parte dos itens alimentares das diferentes espécies.

Tabela 1: Frequência de ocorrência e ocorrência numérica dos itens alimentares de *S. brevipinna*.

Itens Alimentares	Nº de Ocorrências	Ocorrência Numérica (ON)	Frequência de Ocorrência (F)		Categoria
			N	%	
BACILLARIOPHYTA	N	%	N	%	
NAVICULACEAE					
<i>Frustulia</i> sp.	574	12,419	120	11,483	F
<i>Pinnularia</i> sp.	717	15,513	120	11,483	F
<i>Gyrosigma</i> sp.	322	6,967	103	9,856	F
<i>Navicula</i> sp.	1286	27,823	120	11,483	F
PLEUROSIGMATACEAE					
<i>Pleurosigma</i> sp.	36	0,779	19	1,818	AC
BACILLARIACEAE					
<i>Nitzschia</i> sp.	174	3,765	80	7,656	AD
FRAGILAREACEAE					
<i>Fragillaria</i> sp.	71	1,536		0,000	
ACHNANTHACEAE					
<i>Achnanthes</i> sp.					
GOMPHONEMATHACEAE					
<i>Gomphonema</i> sp.	274	5,928	61	5,837	AD
AULACOSEIRACEAE					
<i>Aulacoseira</i> sp.	56	1,212	36	3,445	AD
<i>Stephanomopyxis</i> sp.	14	0,303	8	0,766	AC
<i>Amphora</i> sp.	2	0,043	1	0,096	AC
RAPHIDINEAE					
<i>Craticula</i> sp.	2	0,043	1	0,096	AC
<i>Diplones</i> sp.	44	0,952	15	1,435	AC
<i>Sellaphora</i> sp.	16	0,346	7	0,670	AC
<i>Achnanthidium</i> sp.	0	0,000		0,000	
<i>Cymbela</i> sp.	70	1,514	37	3,541	AD
<i>Cocconeis</i> sp.	4	0,087	2	0,191	AD
<i>Stephanopyxis</i> sp.	9	0,195	3	0,287	AD
Outras Bacillariophyta	310	6,707	100	9,569	F
CHLOROPHYTA					
CLOSTERIACEAE					
<i>Closterium</i> sp.	88	1,904	49	4,689	AD
<i>Closteriopsis</i> sp.	42	0,909	17	1,627	AD
VOLVOACEAE					
<i>Eudorina</i> sp.	17	0,368	4	0,383	AD
<i>Volvox</i> sp.	9	0,195	2	0,191	AC
<i>Pandorina</i> sp.	5	0,108	1	0,096	AC
SCENEDESMACEAE					
<i>Actinastrum</i> sp.	4	0,087	1	0,096	AC
<i>Coelastrum</i> sp.	3	0,065	1	0,096	AC
ZIGNEMATACEAE					
<i>Mougeotia</i> sp.	13	0,281	6	0,574	AC
<i>Raphidonema</i> sp.	4	0,087	1	0,096	AC
Outras Chlorophyta	376	8,135	83	7,943	AD
PROTOZOA					
Euglenophyta	19	0,411	10	0,957	AC
Euglenophyta	8	0,173	3	0,287	AC
<i>Euglena</i> sp.	25	0,541	11	1,053	AC
TOTAL	4594	100	1022	100	

Tabela 2: Distribuição mensal da frequência relativa de ocorrência dos itens alimentares de *S. brevipinna*.

Grupos Taxonômicos	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Bacilliales	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Outras Bacillariophyta	40	30	35	25	30	40	45	30	35	35	40	50
Desmidiales	30	28,5	15	10	20	25	20	1,0	1,0	1,5	25	25
Outras Chlorophyta	10	15	15	15	15	10	10	10	10	10	1,5	10
Protozoa	10	50	40	30	10	20	32,8	40	10	20	15	10

Tabela 3: Índice de importância alimentar (IIA), de *S. brevipinna*.

Grupos Taxonômicos	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Bacilliales	0,94	0,91	0,94	1	0,83	0,92	0,87	0,92	0,90	0,91	0,81	0,88
Outras Bacillariophyta	0,03	0,04	0,01	0,04	0,09	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,10	0,09
Desmidiales	0,02	0,04	0,04	0,02	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06	0,07	0,08	0,02
Outras Chlorophyta	0,005	0,01	0,02	0,005	0,003	0,01	0,02	0,01	0,01	0,003	0,01	0,003
Protozoa	0,003	0,002	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,005	0,005	0,01	0,02	0,01

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da biologia alimentar das espécies ícticas em um primeiro momento pode apresentar valor apenas quando se trata de espécies economicamente viáveis, ou seja, com os predadores todo da cadeia alimentar.

Entretanto, o presente estudo descreve a biologia alimentar de um espécie representante da base da cadeia alimentar, são animais que servem-se de alimento para os grandes peixes e assim assumem um papel de extrema importância nos ecossistemas, pois além disso são animais que se alimentam basicamente do lodo ou da matéria orgânica em decomposição, são conhecidos como detritívoros animais estes que limpam os ecossistemas aquáticos.

Nessa direção a composição alimentar dos birus (*S. brevipinna*) é composta pela presença de algas, organismos visíveis apenas ao microscópio o que reforça a importância do conhecimento da biologia alimentar de espécies ícticas de base da cadeia alimentar pois o conhecimento dessas espécies permite uma melhor interpretação do funcionamento dos ambientes aquáticos e isso se torna-se cada vez mais importante para a conservação ambiental e conseqüentemente para a qualidade de vida nas cidades.

7. REFERÊNCIAS

- BICUDO, C. E. M & MENEZES, M. 2005. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. Ed. Rima. São Carlos, Brasil, 489 pp.
- BOWEN, S. H. 1984. Detritivory in neotropical fish communities. In: Zaret, T. M. (eds). Evolutionary ecology of Neotropical freshwater fish. Dordrecht, W. Junk. p.59-66.
- CARVALHO, F.M. 1984. Aspectos biológicas e ecofisiológicas de Curimatá (Potamorhina) pristigaster, um characoidei neotropical. Amazoniana, 8 (4):525-539.
- FINK, W. I. & FINK, S. A. 1978. Amazônia central e seus peixes. Acta Amazonia, Manaus. 8 (4): p-35.
- FRYER, G & ILES, T. D. 1972. The cichlid fishes of the Great lakes of Africa. T.F.H. Publ.,Inc., Neptune,. Oliver & Boyd, Edinburgh; TFH Publications, Neptune City, NJ, USA. 641 p.
- FUGI, R. AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. 2001. Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of a tropical floodplain. Revista Brasileira de Biologia, São Carlos, 61 (1):27-33.
- FUGI, R. & HAHN, N. S. Espectro alimentar e relações morfológicas com o aparelho digestivo de três espécies de peixes comedores de fundo do rio Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Biologia, Rio de Janeiro, 51 (4):873-879. 1991.
- GIORA, J. & FIALHO, C. B. 2003. Biologia alimentar de Steindachnerina brevipinna (Characiformes, Curimatidae) do rio Ibicuí-mirim, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Sér. Zool., 93 (3): 277-281.
- GOULDING, M. 1980. The fishes and the forest: exploration in Amazonian natural history. Berkeley, University of California. 280p.
- Granado-Lorencio, C. & Garcia-Novo, F. 1981. Cambios ictiologicos durante las primeras etapas de la sucesion en el embalse de Arrocampo (Cuenca del Tajo, Caceres). Boln Inst. Esp. Oceano., Madri, 6:224-243.
- GUILLEN, E. & GRANADO, C. 1984. Alimentacion de la ictiofauna del ambalse de Torrejon (rio Tajo, caceres). Limnética, Barcelona, 1:304-310.
- HARTZ, S. M. 1991. Dinâmica populacional de Cyphocharax voga (HENSEL, 1869), Da lagoa Emboaba, Osório, RS (CHARACIFORMES, CURIMATIDAE). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, HARTZ, S. M. & BARBIERI, G. 1993. Dinâmica quantitativa da alimentação de Cyphocharax voga (Hensel, 1869) da Lagoa Emboaba, RS, Brasil (Characiformes, Curimatidae). Comum. Mus. Cienc. PUCRS, ser. Zool., 6(1): 63-74.
- HONDA, E. M. S.1979. Alimentação e reprodução de Pseudocurimata gilberti (Quoy e Gaimard,1824) do rio Cachoeira, Paraná, Brasil. Dissertação de Mestrado.Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 89p.
- KNÖPPEL, H.A. 1970. Food of central Amazonian fishes – Contribution the nutrient-ecology of Amazonian rain-forest-streams. Amazoniana, 2(3):257-352.
- PEREIRA, R.A.C E RESENDE, E.K. 1998. Peixes detritívoros da planície inundável do rio Miranda, Pantanal, Mato Grosso dom sul, Brasil. Corumbá: EMBRAPA-CPA, Boletim de Pesquisa, 12.

- QUEROL, M.V.M. 1998. Biologia e Ecologia de *Locariichthyes platymetopon* (ISBRUCKER & NIJSSEN, 1979) (OSTEICHTHYES, LOCARIIDAE) na barragem da Estância Nova esperança, município de Uruguai, RS, BRASIL. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. RS, 75p.
- ROTTA, M. A. 2003. Aspectos Gerais da Fisiologia e Estrutura do Sistema Digestivo dos Peixes Relacionados à Piscicultura. Doc:53. Embrapa. Corumbá, MS.
- SAZIMA, I. & CARAMASCHI, E. P. 1989. Comportamento alimentar de duas espécies de Curimata sintópicas no Pantanal de Mato Grosso (Osteichthyes, Characiformes). Rev. Bras.Biol., 49 (2):325-333.
- TEIXEIRA, J. L. A. & GURGEL, H. C. B. Dinâmica da nutrição e alimentação natural de *Steindachnerina notonota* (Mirand-Ribeiro, 1937) (Pisces, Curimatidae), Açude de Riacho da Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. Rev. bras. Zoociências, Juiz de Fora, 6 (1): 19-28. 2004.
- VARI, R. P. 1988. The Curimatidae, a lowland neotropical fish family (Pisces, Characiformes); distribution, endemism, and phylogenetic biogeography. Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, p.343-377.
- ZAVALA-CAMIN, L. A. 1996. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. EDUEM, Maringá, 129p.

CAPÍTULO 19

REPRODUÇÃO E LARVICULTURA DA SARDINHA PRATA, *LYCENGRAULIS GROSSIDENS* (SPIX & AGASSIZ, 1829), E DO CASCU DO VIOLA, *LORICARIICHTHYS PLATYMETOPON* (ISBRUCKER & NIJSSEN, 1979), NA BACIA DO RIO URUGUAI MÉDIO, URUGUAIANA, RS.

Daniela Pereira da Rosa

Anderson Ayala

Thiago Signori Gralha

Edward Frederico Castro Pessano

Luís Flávio Souza de Oliveira

Marcus Vinícius Morini Querol

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil já dispõe de razoável tecnologia de criação das espécies nativas, ainda assim, há a necessidade de se conhecer melhor a biologia de algumas espécies que apresentam grande potencial para a piscicultura (CASTAGNOLLI, 1992). A criação de novas espécies de peixes em cativeiro será uma opção importante, pois permitirá um aumento sobre os estoques pesqueiros. Isto nos indica a necessidade e prioridade de resguardar o setor, requerendo o conhecimento científico da biologia e ecologia de peixes de água doce. É cada vez mais urgente que órgãos públicos e universidades estudem e selecionem novas espécies que possam contribuir para o desenvolvimento de uma piscicultura sustentável (VAL & HONCZARIK, 1995; VAL et al., 2000). Segundo Santos et al. (1991), a exploração desse recurso natural deve ser racional voltada para a preservação das espécies de peixes de água doce. De acordo com Pereira Filho et al. (1991) e Honczaryk (1995), uma das alternativas para evitar a sobrepesca dos bancos pesqueiros naturais é a criação de peixes em confinamento, que é limitada pela falta de conhecimento sobre a biologia de espécies com potencial para cultivo, incluindo espécies como a sardinha prata e o cascudo viola. Um aspecto importante na reprodução da sardinha é a sua sensibilidade ao manejo, pois este animal geralmente morre logo após sua captura. Desta forma, a sardinha prata necessita de aplicações de tecnologias que possam manter os padrões ambientais do seu ambiente natural, como a qualidade de água. Talvez pela dificuldade de manejo, a sardinha prata é uma espécie nativa que vem sendo pouco utilizada para fins de piscicultura. Em relação ao cascudo viola, trata-se de uma espécie amplamente encontrado na bacia do rio Uruguai médio, conforme relatos de pescadores da cidade de Uruguaiana e Itaqui, tendo, assim, uma disponibilidade de captura de matrizes em meio natural.

Conforme Querol (1995), com a crescente demanda de alimentos, especialmente de proteínas de origem animal, se percebe a necessidade de buscar a criação e aprimoramento

das técnicas de produção das espécies nativas, evitando o impacto produzido pela importação de espécies exóticas e permitindo a exploração autossustentada e o gerenciamento das populações nativas. Ainda, Querol (1995) relata que existem poucas informações sobre a sistemática, biologia e ecologia dos peixes, especialmente na região do médio Uruguai. Os trabalhos existentes referem-se à sistemática dos peixes do alto e baixo Uruguai. Além disso, outro aspecto que chama a atenção é que algumas espécies de peixes que não eram comercializadas, passam gradativamente a ocupar um lugar no mercado, como é o caso do cascudo *Hypostomus commersonii* e do *Loricariichthys anus* (MELO et al., 1995). Neste contexto, investigações sobre desenvolvimento embrionário e larval dos peixes são muito importantes, pois podem ser utilizados como base de conhecimento para serem empregadas no seu cultivo. Segundo Vazzoler (1997), os estudos de ecologia de ovos e larvas nos ambientes naturais encontram-se ainda pouco estudados, porém, a reprodução natural, nos cursos d'água, sofre decadência em curto espaço de tempo em função das agressões ambientais, que modificam a vida aquática.

Mesmo com o aprimoramento das técnicas de reprodução, alimentação e manejo na piscicultura, muitos problemas precisam ainda ser resolvidos, principalmente com relação à larvicultura de peixes, que representa um forte ponto de estrangulamento na produção de larvas e juvenis (BEERLI et al., 2004).

Outro aspecto importante é a avaliação e o monitoramento da qualidade da água. Segundo Woynarovich & Hórvath (1983), a qualidade de água é um dos fatores mais importantes no processo de incubação de ovos e larvicultura. Fatores físicos, químicos, biológicos e mecânicos precisam estar em perfeita harmonia com as exigências das espécies, garantindo o sucesso da incubação e larvicultura.

O conhecimento dos parâmetros físicos e químicos da água ideais para o desenvolvimento de peixes é de extrema importância para pesquisas com espécies nativas (RIBEIRO et al., 1995) e para a piscicultura de modo geral. Inúmeros foram os motivos que nortearam a projeção de uma incubadora portátil, denominada INCUBADORA 12V. Dentre eles, destaca-se: a) A possibilidade de ser utilizada como um laboratório móvel para reprodução de espécies sensíveis ao manejo, como é o caso da sardinha prata (*Lycengraulis grossidens*); b) A alta demanda de alevinos e precária oferta; c) A necessidade de uma aproximação de tecnologias simplificadas e de fácil concepção por produtores dos diversos níveis para reprodução de peixes de água doce.

Por todos os atributos já citados, que envolvem a perpetuação e preservação das espécies sardinha prata e do cascudo viola, o presente trabalho teve como objetivo projetar, desenvolver e operar um novo sistema de incubação de ovos de peixes de água doce, bem como garantir a sobrevivência das larvas até absorverem o saco vitelínico e estarem aptas à recepção de alimento.

Neste sentido, é imprescindível conhecer o desenvolvimento ontogenético dos peixes. O desenvolvimento inicial em teleósteos compreende o período embrionário e larval, tendo início no momento da fertilização e finalizando com a completa absorção do vitelo (KUNZ, 2004). O período embrionário estende-se da fertilização à eclosão da larva (SHARDO, 1995), enquanto o período larval inicia-se após a eclosão e termina com a reabsorção do vitelo e início da alimentação exógena (HELFMAN et al., 2000). A maioria das larvas de peixes recém-eclodida não possui boca aberta, intestino, ânus, brânquias, vesícula gasosa, nadadeiras pares, pigmentação e acuidade visual (BLAXTER, 1969; WOYNAROVICH & HORVÁTH, 1983). O tempo de desenvolvimento dos sistemas orgânicos segue padrões ontogenéticos de cada espécie e determinam o momento em que os peixes irão adquirir as capacidades natatória, de fuga e de captura de seu próprio alimento (NEUMANN, 2004). De

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) acordo com relatos de Lima et al. (1989), Chabalin et al. (1989) e Silva (1996), nota-se que, a exemplo do Brasil, países europeus como a Hungria, Áustria, Espanha, Alemanha, França e Portugal, promovem poucos investimentos em qualidade na propagação artificial de peixes, principalmente no que diz respeito à eficiência de equipamentos na incubação de ovos e larvicultura. Os últimos lançamentos são da década de 70, na Hungria, e introduzida no Brasil na década de 80 pelo próprio inventor, Élek Woynarovich (WOYNAROVICH, 1988).

Neste sentido propõem-se um trabalho que visa colaborar na propagação de peixes criando alternativas que possam baratear o custo de produção através da confecção de incubadora com produtos recicláveis, móvel e com alternativas distintas de fonte de energia, possibilitando a reprodução de espécies sensíveis ao manejo nos seus ambientes naturais. Para este escopo foi confeccionada uma incubadora com o objetivo de manter os padrões de qualidade de água no processo de embriogênese de *L. grossidens* e *L. platymetopon*.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em três etapas: **Etapa I**, a confecção da incubadora NUPI 12. A segunda etapa foi subdividida em duas, **Etapa II (a)**, que consistiu em verificar a incubadora na manutenção da qualidade da água sem a adição de material biológico (sem a inserção de ovócitos e ovos); **Etapa II (b)**, que avaliou a adição de material biológico (ovócitos e ovos). E a **Etapa III**, que consistiu em testar eficiência da incubadora portátil no desenvolvimento embrionário dos ovócitos da Sardinha prata (*Lycengraulis grossidens*), (Figura 1) e do Cascudo viola (*Loricariichthys platymetopon*), (Figura 2).

Figura 1: Exemplar adulto de *Lycengraulis grossidens* utilizado na reprodução.



Figura 2: Exemplar macho adulto de *Loricariichthys platymetopon* coletado com ovos na boca.



A seguir descreve-se a metodologia empregada em cada uma das etapas.

Etapa I: Confeção da Incubadora NUPI 12

Foram construídas quatro unidades da incubadora (NUPI) para efetuar os

experimentos subsequentes. Para a confecção da incubadora (NUPI12), foram utilizados materiais recicláveis e de baixo custo. Os materiais utilizados para confecção do sistema foram: 01 garrafa PET de 10 L e 5 L; 15 cm de cano PVC 40 mm; 01 tampão de vedação 40 mm; 01 níquel adaptador 10 mm; 01 tela de nylon de 40 μ m na entrada de água no sistema para retenção de micro-organismos e de partículas em suspensão; duas dessas mesmas telas na parte superior da garrafa interna para impedir as saídas dos ovócitos, ovos, larvas e pós larvas; 01 mangueira PVC 10 mm; 01 bomba 12 V e 01 suporte de sustentação de ferro.

Para dar suporte e sustentação ao sistema foi confeccionada uma estrutura de ferro para apoiar a garrafa PET de 10 L, sendo posteriormente colocada em seu interior a garrafa PET de 5 L com as telas de nylon devidamente acondicionadas na entrada e saída de água para que se evitasse a entrada de micro-organismos indesejados no sistema, ao mesmo tempo em que se impedia a saída dos ovos incubados. Esses eram unidos por um cano PVC de 40 mm x 15 cm e, em sua entrada, um tampão de 40 mm com níquel adaptador de 10 mm, onde era introduzida a mangueira PVC 10 mm com a bomba de sucção 12 V.

O sistema de alimentação da incubadora consiste em uma bomba 12 V de veículos automotores e de um adaptador elétrico, tipo transformador, acoplado a um gerador portátil, podendo este ser ligado também em outras fontes de energia elétrica.

Etapa II (a): Verificação da incubadora na manutenção da qualidade de água sem adição de material biológico (ovócitos e ovos).

Para a verificação da manutenção dos parâmetros de qualidade da água através da utilização da incubadora NUPI (12), foram utilizados dois tratamentos (T1 e T2), com duas repetições cada, e dois controles (Ba e Co). A água utilizada na realização de todo o experimento foi proveniente de uma barragem, localizada no interior da Universidade Federal do Pampa, Campus Uruguiana, sendo suas coordenadas S29°50'06,5'' W57°05'55,6''. Os parâmetros de qualidade da água foram medidos no dia 27 de setembro de 2013, com início às 12 h e término às 18 h, com intervalo de uma hora entre as análises.

O controle 1 foi denominado (Ba), ao qual a qualidade da água foi verificada diretamente na barragem; o controle 2 (Co) foi constituído por uma amostra de água da barragem, inserida numa bombona plástica de 50 L, contendo 30 L de água sem renovação.

No T1 foi testada a incubadora com renovação constante de água, na qual a água era captada da barragem, circulava no interior da incubadora e era devolvida a barragem continuamente. No T2 foi utilizada a incubadora com recirculação constante da água, inseridos 30 L em uma bombona plástica de 50 L.

Durante o experimento foram realizadas as análises dos parâmetros físicos e químicos da água abaixo descritos, nos controles (Co e Ba) e nos tratamentos (T1 e T2). Os parâmetros avaliados foram: temperatura da água, pH, condutividade (mS/cm), oxigênio dissolvido (mg/L), com o auxílio de um aparelho multiparâmetro marca Hanna®, modelo HI 9828; nitrito e amônia, através de um Polikit Alfa Química® de análise de água e turbidez (NTU) através de turbidímetro marca Hanna®, modelo HI 98703. Os dados obtidos foram avaliados através do pacote estatístico GraphPad Instat®. Os mesmos foram submetidos à análise de Variância (ANOVA), e depois de verificada diferença entre os tratamentos, foi aplicado o teste de comparação de média de Tukey, para um limite de confiança de 95 %.

Etapa II (b): Verificação da incubadora na manutenção da qualidade de água com a

inserção de material biológico (ovócitos e ovos)

Para a verificação da manutenção dos parâmetros de qualidade da água através da utilização da incubadora NUPI (12), com inserção de material biológico, foram utilizados dois tratamentos denominados T1 e T2, com uma repetição cada, T1 (r) e T2 (r) com a adição de ovos e ovócitos de sardinha prata e de cascudo viola. Durante o experimento foram realizadas análises dos parâmetros físicos e químicos da água, para verificar a existência de alteração nos padrões de qualidade de água. Os parâmetros analisados foram: temperatura da água e do ar (T.ar e T. água), potencial hidrogênico (pH), Oxigênio dissolvido (O₂D mg/L), todos com o auxílio de um aparelho multiparametro marca Hanna®, modelo HI 9828; nitrito (NO₂), e amônia (NH₃), através de um Polikit Alfa Química® de análise de água.

As análises dos parâmetros da água foram aferidas no intervalo de 3 em 3 horas, durante o período de 18 horas. Durante esse período foi registrado o desenvolvimento embrionário do cascudo viola até a absorção do saco vitelínico e da sardinha prata até a comprovação da fecundação e do início do desenvolvimento.

Etapa III: Teste da eficácia da incubadora portátil no desenvolvimento embrionário dos ovócitos da Sardinha prata e do Cascudo viola

Para testar a eficiência do novo sistema de incubadora no desenvolvimento embrionário da sardinha prata e do cascudo viola, foram utilizados dois procedimentos devido a sardinha necessitar de um manejo especializado em virtude da sua sensibilidade, isto é, morre logo após a sua captura, ao passo que o cascudo viola possibilita a captura de ovos do meio natural ou sendo carregados pelo macho, não sendo necessário realizar processos de extrusão e fecundação externa. Para captura dos peixes foram realizadas coletas no rio Uruguai Médio, nas localidades Cantão, situado a 29° 30' 20,4''S/56°50'41,9''W, e nas proximidades da Escola Salgado Filho, situada a 29° 45'43.45''S, no município de Uruguai, RS. O período de estudo foi de 2 anos (dois ciclos reprodutivos), de setembro de 2012 a novembro de 2014. O manejo reprodutivo foi realizado nos períodos que compreendem o final da primavera e início do verão, (setembro a dezembro), devido a espécies em questão corresponderem ao período reprodutivo da maioria das espécies da bacia do rio Uruguai médio (QUEROL, 2013).

Para a captura dos peixes foram utilizadas 6 redes de malha que variam de 1 a 2 mm entre nós adjacentes, com altura de 1,5 m, distribuídas nas margens do rio Uruguai. Durante todo período de experimento foram coletados 102 indivíduos de sardinha prata e quatro exemplares de cascudo viola. A determinação do sexo e do estágio gonadal da sardinha prata foram realizadas pela observação macroscópica das gônadas observando a coloração, a forma e a presença ou não de ovócitos visíveis a olho nu, presença de sêmen e irrigação sanguínea, com o objetivo de identificar indivíduos maduros, de acordo com Vazzoler (1981; 1996).

Após a captura, os indivíduos de sardinha prata maduros foram selecionados para o processo de extrusão a seco, que consistiu em fazer compressão do abdômen do animal em direção ao ânus, forçando a saída dos ovócitos e sêmen. Para o processo de extrusão foi utilizado a proporção de 2 machos para cada fêmea, a fim de assegurar uma maior fecundação dos ovócitos. Os ovócitos e sêmen retirados das matrizes de sardinha prata foram depositados em bacias de plástico com capacidade para 500/mL.

Finalizada a extrusão, adicionou-se água para a ativação dos gametas e fertilização dos ovócitos. Aproximadamente dez a quinze minutos após adicionou-se gradativamente água retirada do rio até a cobertura total da solução. Em seguida, os ovos foram inseridos em

incubadora portátil confeccionada a 12 v (NUPI 12), com capacidade de 50 L, com circulação de água constante para manutenção dos padrões de qualidade de água. A água inserida na incubadora foi retirada diretamente do rio Uruguai, de forma a preservar os padrões usuais de qualidade utilizados pela sardinha. Em relação ao cascudo viola, os ovos foram retirados da boca dos animais já fecundados, não sendo necessário o manejo empregado na sardinha prata de extrusão. Querol et al. (2002) afirmam que o *L. platymetopon* se reproduz nos meses mais quentes e que os machos têm cuidado parental, carregam os ovos até o momento da eclosão.

A seguir, a desova foi da mesma forma que a sardinha, inserida na (NUPI 12), para acompanhamento do desenvolvimento embrionário. Foram retiradas amostras dos ovócitos de hora em hora e analisadas com auxílio de lupa acoplado a um computador. Através do registro fotográfico foi possível verificar a fecundação dos ovos e o desenvolvimento embrionário dos ovócitos dos cascudos e sardinha.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Etapa I: Confeção da Incubadora NUPI 12V.

A incubadora portátil foi confeccionada contendo como itens principais uma fonte de energia, cabo elétrico, mangueira de silicone e garrafas PET de 10 L e 5 L, sendo estas, uma inserida dentro da outra, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3: Incubadora Portátil NUPI 12 V e seus principais componentes.



A mesma permite que se encaixe uma mangueira de silicone e que seja captada a água diretamente do meio (açude, rio lago, etc..). Também possibilita o seu funcionamento em diferentes locais, permitindo ser instalado um laboratório móvel (Figura 4), pois, como mencionado, possui como fonte de energia uma bateria 12 V, mas pode ser acoplada a uma fonte de energia elétrica.

O principal diferencial da incubadora é que permite ser instalada no local onde está sendo coletados os ovócitos ou ovos que serão introduzidos na incubadora, podendo, desta forma, manter e até mesmo melhorar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

Figura 4: Incubadora NUPI 12 instalada como Laboratório móvel nas margens do rio Uruguai.



A capacidade de vazão da água da incubadora foi de 1 L/min, o que proporcionou a aeração e a manutenção dos níveis adequados de qualidade de água durante a realização do experimento. A vazão encontrada está de acordo com a observada no desenvolvimento de ovos e larvas por Geromg (1978), Branco (1986), Woynarovich & Hórvath (1983), Vazzoler (1996) e Huet (1983).

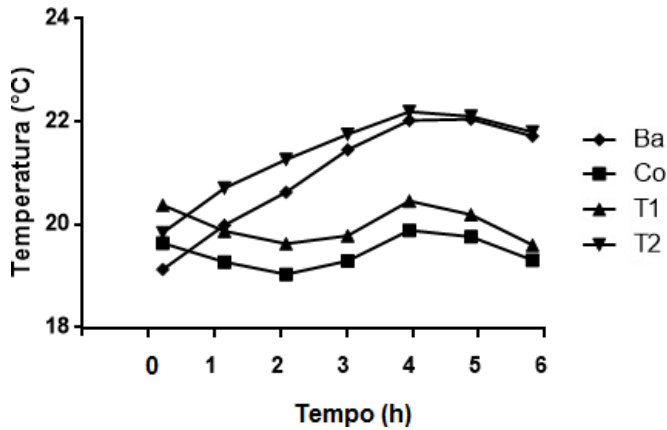
3.2. Etapa II (a): Verificação da incubadora na manutenção da qualidade de água sem adição de material biológico (ovócitos e ovos)

Os parâmetros de qualidade de água foram registrados durante 6 h, entre os controles (Co e Ba) e os tratamentos (T1 e T2), podendo ser observados nas (Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10).

Em relação à temperatura, quando se comparou os controles Ba x Co se verificou uma diferença significativa ao longo do experimento. Esta diferença se deu, provavelmente, devido ao controle ter a água analisada diretamente na barragem, onde se tem um grande volume e profundidade, ocorrendo menores variações; enquanto o controle Co, consistia em uma amostra de água parada (30 L) depositada em uma bombona de 50 L. Embora a temperatura observada na bombona tenha ficado entre 19 °C e 22 °C, ainda está de acordo com os padrões estabelecidos para um bom desenvolvimento de peixes de água doce. Quando compara-se a água da barragem com o (T1) não foi encontrada diferença significativa, o que demonstra que a água mantém padrões similares aos da barragem, fato que também foi observado quando se comparou a temperatura da barragem com o Co.

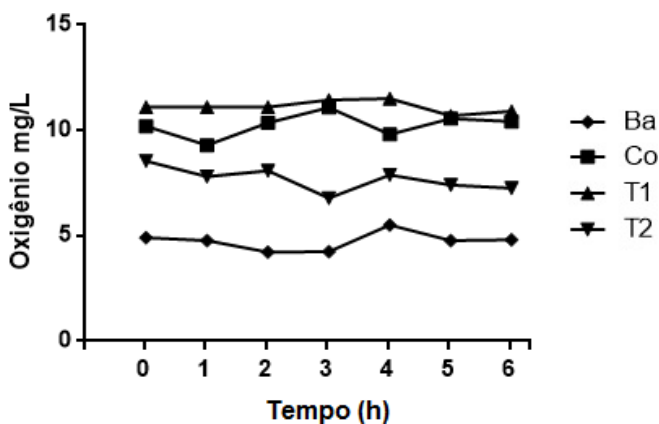
Em relação a Ba x T2 observou-se uma elevação significativa da temperatura na bombona. Mesmo assim, ficou dentro dos padrões de qualidade. As pesquisas demonstram que a faixa aceitável para incubação de ovos de peixes tropicais varia de 22 °C a 31 °C, tendo como temperaturas ideais até 27 °C (JOHNSTON & VIEIRA, 1996). Quanto menor a oscilação de temperatura, menor a frequência de choques térmicos, favorecendo um melhor desempenho geral da incubação, tanto de ovo como de larva (JOHNSTON & VIEIRA, 1996; BROOKS et al., 1995) (Figura5).

Figura 5: Temperatura da água (° C) registrada durante o experimento em um intervalo de 6 h no Controle (Co), Barragem (Ba), Tratamento (T1) e Tratamento (T2) durante o experimento.



Em relação ao nível de oxigênio dissolvido (Figura 6), observa-se que quando se compara os tratamentos T1 e T2, não foi observada diferença significativa, o que demonstra que o processo de recirculação da água é eficaz na manutenção dos índices de O2D durante o período observado. Este fato é extremamente importante uma vez que pode facilitar o manejo reprodutivo em locais com pouca quantidade de água. Por outro lado, os controles Ba e Co apresentam diferença significativa em relação ao T1 e T2, o que vem revelar que a utilização da Incubadora com circulação e recirculação de água mantém e até melhoram as condições do oxigênio dissolvido na água. Kubitzka (1999) relata que um bom crescimento de peixes pode ser obtido quando o oxigênio dissolvido na água for superior a 5 mg/L, fato observado neste trabalho (Figura 6).

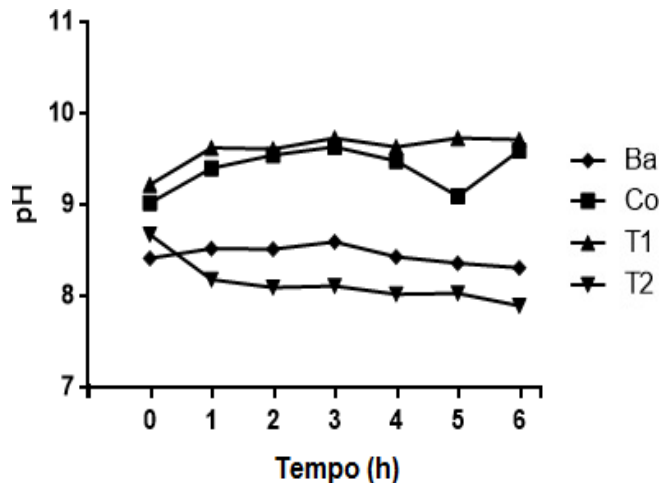
Figura 6: Níveis de oxigênio dissolvido (ppm) da água registrado durante o experimento em um intervalo de 6 h no Controle (Co), Barragem (Ba), Tratamento (T1) e Tratamento (T2) durante o experimento



Em relação aos valores de pH encontrados neste trabalho, pôde-se verificar que quando comparados controle Ba com tratamento T1, os dois permaneceram sem diferença significativa. Entretanto, quando comparamos os valores de pH entre a água da barragem (Ba) com o tratamento 2 (T2) é possível notar que ocorre diferença extremamente significativa. No T2, se mostrou inferior aos valores aferidos para a barragem (Ba), porém cabe salientar que estes valores se mostram dentro dos níveis aceitáveis e indicados pela literatura para os processos que envolvem o desenvolvimento das etapas iniciais do ciclo de vida dos peixes. Segundo Ceccarelli et al. (2000) e Querol et al. (2013), o pH ótimo varia de espécie para espécie, no cultivo de peixes tropicais e deve permanecer entre 6,5 e 8,0.

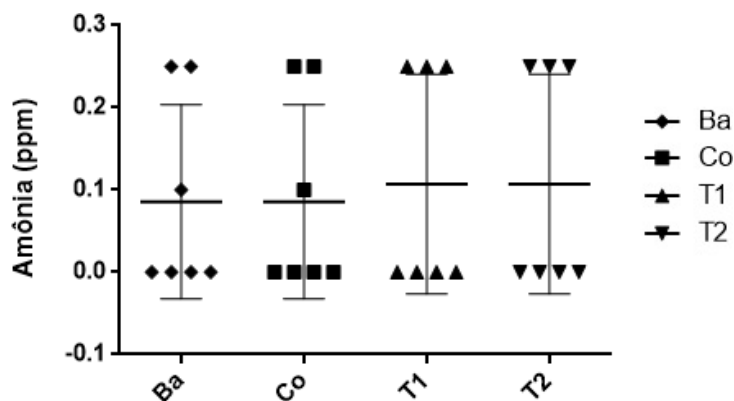
Quando compara-se os 2 tratamentos (T1 e T2), ou seja, a incubadora com renovação constante de água e a incubadora com recirculação pode-se observar que o pH apresentou diferença significativa entre os mesmos, sendo encontrado valores melhores no T2. No T2, como a água não renova, apenas existe a recirculação, não há acréscimo de matéria orgânica neste corpo limitado de água, o que pode ter resultado na melhora dos níveis de pH, (Figura 7).

Figura 7: Potencial hidrogeniônico da água registrado durante o experimento em um intervalo de 6 h no Controle (Co), Barragem (Ba), Tratamento (T1) e Tratamento (T2) durante o experimento.



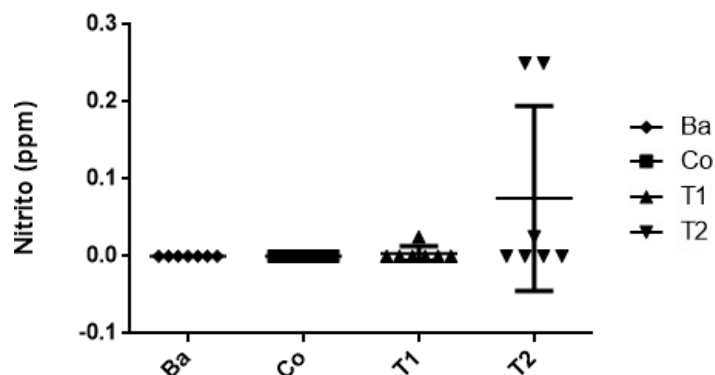
Nos níveis de amônia encontrados neste trabalho (Figura 8), não foi observada diferença significativa entre os controles e os tratamentos. Embora os níveis de amônia se elevassem em 0,025 ppm, estes não vêm interferir nos padrões considerados ideais para o cultivo de peixes. De acordo com Kubitza (1999), valores de amônia não ionizada acima de 0,20 mg/L são suficientes para induzir toxicidade crônica e levar a uma diminuição do crescimento e da tolerância dos peixes a doenças. Níveis de amônia entre 0,70 e 2,40 mg/L podem ser letais para os peixes, quando expostos por curto período.

Figura 8: Níveis de amônia (ppm) da água registrada durante o experimento em um intervalo de 6 h no Controle (Co), Barragem (Ba), Tratamento (T1) e Tratamento (T2) durante o experimento.



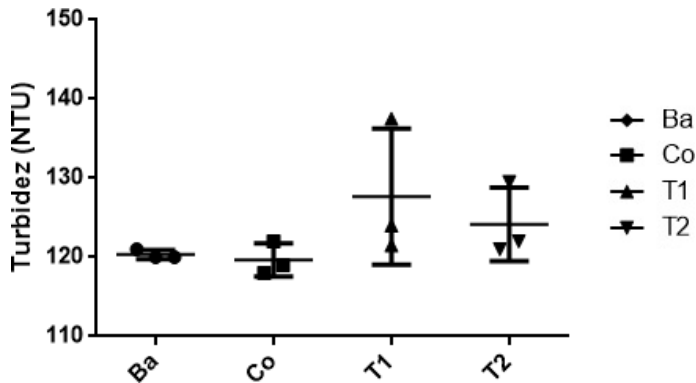
Com relação aos níveis de nitrito (Figura 9) encontrados neste trabalho, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos e os controles. No T2, os níveis de nitrito atingiram o valor máximo de 0,025 ppm, sendo também considerados dentro dos padrões de qualidade de água para o cultivo de organismos aquáticos.

Figura 9: Níveis de nitrito (ppm) da água registrado durante o experimento em um intervalo de 6 h no Controle (Co), Barragem (Ba), Tratamento (T1) e Tratamento (T2) durante o experimento.



Os níveis de Turbidez (Figura 10) da água durante o período do experimento estiveram dentro dos padrões de qualidade, não sendo encontrada diferença significativa entre os tratamentos e os controles.

Figura 10: Turbidez da água (NTU) registrado durante o experimento em um intervalo de 6 h no Controle (Co), Barragem (Ba), Tratamento (T1) e Tratamento (T2) durante o experimento.



3.4. Etapa II (b): Verificação da incubadora na manutenção da qualidade de água com a inserção de material biológico (ovócitos e ovos) de Sardinha prata e do Cascudo viola, e no desenvolvimento embrionário dos ovócitos da Sardinha e do Cascudo viola

Foi testada a qualidade de água no processo de embriogênese e verificado o desenvolvimento embrionário de duas espécies de peixes de água doce, que podem ser utilizados como alternativa de cultivo na piscicultura. Nesta investigação, utilizaram-se duas incubadoras NUPI 12 (a), e NUPI 12 (b). As variáveis físico-químicas da água foram registradas durante 18 h. Os resultados obtidos com o teste da Incubadora NUPI 12 com a inserção dos ovos em relação aos parâmetros físicos e químicos da água podem ser visualizados nas Tabelas 1 e 2. A temperatura registrada nesta pesquisa ficou na faixa de $18^{\circ}\text{C} \pm 24,5^{\circ}\text{C}$, proporcionando o desenvolvimento embrionário do cascudo viola. A temperatura influencia potencialmente todos os processos fisiológicos e comportamentais dos peixes, conforme Hutchinson (1975). Querol et al. (2004) relata que a temperatura exerce influência direta na atividade reprodutiva do cascudo viola. Ali et al. (2003) afirmam que a faixa ótima para crescimento dos peixes de águas quentes está entre 25 e 32°C e tem um caráter fundamental nos processos que envolvem a sobrevivência e desenvolvimento dos peixes. Querol (2003) registra que temperaturas baixas da água (inferiores a 18°C) e elevadas, superiores a 30°C , prejudicam os animais e os colocam em situações de estresse fisiológico. Neste sentido, a incubadora foi eficaz, pois permitiu que a água se mantém nos níveis ideais de temperatura que proporcionaram o desenvolvimento embrionário do cascudo e da sardinha.

Os níveis de pH se mantiveram na faixa de 7,21 e 7,81, (Tabelas 1 e 2), encontrando-se dentro da faixa indicada para o bom desenvolvimento de peixes de água doce. Segundo Ceccarelli et al. (2000), o pH ótimo para o cultivo de peixes tropicais deve permanecer entre 7,0 e 8,0. Entretanto, alguns estudos, como os de Graef et al. (1987), envolvendo peixes de água doce conquistaram resultados importantes sobre o crescimento com o pH oscilando entre 4,9 e 8,3.

Os valores encontrados de O₂D para este estudo foi de 6,0 mg/L a 8,6 mg/L, estando dentro da faixa considerada ideal para as espécies tropicais. De acordo com Qureol (2003),

espécies ícticas do pampa, como a traíra, possuem tolerância a baixas concentrações de oxigênio, porém, têm seu desenvolvimento ideal quando as concentrações de O₂D são superiores a 5,0 mg/L.

Os níveis de amônia encontrados neste estudo ficaram na faixa de 0,025 ppm e 0,1 ppm, estando da mesma forma que os outros parâmetros dentro dos padrões ideais para um bom desenvolvimento dos peixes. Segundo Alabaster & Lloyd (1982), apenas valores de amônia superiores a 0,025 mg/L são inadequados ao desenvolvimento dos peixes. O nível de nitrito encontrado neste estudo ficou na faixa de 0,0 mg/L a 0,025 mg/L, que também está dentro dos níveis aceitáveis para o bom desenvolvimento dos peixes. A concentração de nitrito pode chegar a níveis tóxicos e, conseqüentemente, se tornar um fator limitante no desempenho da produção na aquicultura (BOYD, 1990). O valor máximo de concentração de nitrito aceitável num cultivo é de 1.0 mg/L (PÁDUA, 1993).

TABELA 1. Valores médios dos Parâmetros Físico-Químicos da água na incubadora (A) no período de 18 h.

Parâmetro/ Horário	21:0	0:00	03:00	06:00	09:0	12:0
	0				0	0
Oxigênio (mg/L)	8,2	8	6	7,1	6,1	6,3
pH (mg/L)	7,21	7,81	7,87	7,81	7,62	7,7
Temperatura (°C)	24,5	20	18	17	18	24
Temp.H ₂ O (°C)	21	21	20	20	19	20
Amônia (ppm)	0,25	0,25	0,25	0,1	0,1	0,025
Nitrito (ppm)	0,025	0,02	0,025	0,025	0,025	0,025

TABELA 2: Valores médios dos Parâmetros Físico-Químicos da água na Incubadora (B) no período de 18 h.

Parâmetro/Hora	21:00	0:00	03:00	06:00	09:00	12:00
Oxigênio (mg/L)	8,2	6,7	5,5	8,6	6,1	6
pH (mg/L)	7,21	7,85	7,76	7,8	7,6	7,76
Temperatura (°C)	24,5	20	18	17	18	24
Temp. H ₂ O (°C)	21	21	20	20	19	20
Amônia (ppm)	0,25	0,25	0,1	0,25	0,1	0,25
Nitrito (ppm)	0,02	0,02	0,02	0,025	0,02	0,025

A incubação dos ovos da sardinha prata que, posteriormente, foram fecundados e se obteve desenvolvimento do embrião, pode ser observada na Figura 11. Após a fertilização dos ovos da sardinha através do processo de extrusão dos gametas, verificou-se que o pólo animal começou a se definir aos 30 minutos. O processo inicial de divisão teve seu término a 1h30min pós-fertilização. Foi observada a fecundação até a divisão celular. As clivagens ocorreram entre 30 min e 1 h após a fecundação, dividindo o pólo animal em dois blastômeros (células embrionárias) de igual tamanho (Figura 12).

Figura 11. Ovo de *Lycengraulis grossidens* fecundado logo após processo de extrusão.



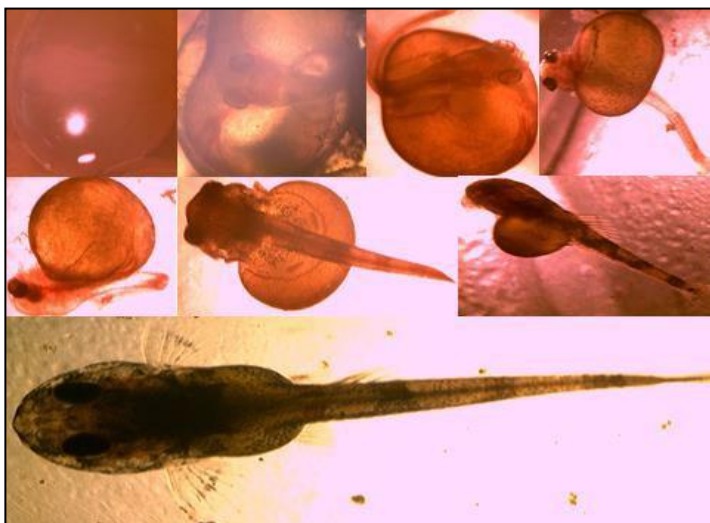
Figura 12. Ovo de *Lycengraulis grossidens* em processo de divisão celular.



A fertilização é um processo de fusão celular (OHTA, 1991) que inicia como o contato de um espermatozóide e um ovócito e culmina na união dos núcleos destas células. Segundo Godinho (2007), a grande maioria dos teleósteos (peixes da classe Acnopterygii), dentre os quais estão os peixes brasileiros de água doce utilizados na aquicultura, apresenta, em geral, as seguintes características reprodutivas: a) Desenvolve ovócitos e espermatozoides em sexos separados; b) É ovípara e libera os ovócitos em meio aquático; c) Na maioria das espécies os embriões se desenvolvem sem cuidado parental, mas existem espécies que mostram cuidado parental de um dos pais ou ambos; d) Os embriões contam com o vitelo para seu desenvolvimento; e) A ruptura da casca do ovo libera o embrião, agora denominado larva, cujo desenvolvimento ainda não está completo; f) O desenvolvimento larval se completa na pós-larva, em momentos definidos após a eclosão, de acordo com a espécie. Para este estudo, foi utilizada a classificação de Faustino et al. (2010), ou seja, a expressão “ovócito” refere-se ao gameta feminino, antes da fertilização. O termo “ovo” referiu-se aos estágios compreendidos entre a fertilização até o final da gastrulação, quando então ocorre a formação do eixo embrionário passando a ser denominado "embrião".

No momento em que os ovos foram coletados diretamente da boca do cascudo, apresentavam uma coloração alaranjada. De acordo com Querol (1998), ovos alaranjados claros são observados logo após a fecundação do ovócito. O processo de embriogênese do cascudo viola foi observado até o momento da completa absorção do saco vitelino, (Figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20). Durante o desenvolvimento embrionário do *L. platymetopon*, a sucessão dos eventos morfológicos ocorreu lentamente, sendo o tempo decorrido de 18 h até a eclosão das larvas. Para ao nascimento das larvas e absorção do saco vitelínico, o período total decorrido foi de 72 h. Nas espécies que apresentam algum tipo de cuidado parental, os ovos são maiores, levam mais tempo para eclodir e geram filhotes mais viáveis (BALON, 1975).

Figura: 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20. Desenvolvimento Embrionário de *L. platymetopon*, durante o período de 72 h até a absorção do saco vitelino.



O estudo do desenvolvimento inicial dos peixes pode ter várias perspectivas (KENDALL et al., 1983). Segundo Nakatani et al. (2001), trabalhos sobre a biologia das formas iniciais fornecem dados relevantes à sistemática, monitoramento de estoques e biologia pesqueira. Por sua vez, Reynalte-Tataje et al. (2004) e Ninhaus-Silveira et al. (2006) relatam que a descrição dos estágios embrionários em teleósteos traz informações necessárias para a produção em grande escala de peixes em laboratório, além de contribuir com a sistemática e inventário ambiental. Pode contribuir também para avaliar a qualidade da água de determinado ambiente e efeito de substâncias tóxicas sobre a fauna (FLORES et al., 2002). Neste sentido, o desenvolvimento observado poderá contribuir nos estudos que visam o cultivo desta espécie.

4. CONCLUSÕES

Nas condições em que a pesquisa foi realizada foi possível inferir que a incubadora portátil NUPI 12 V é capaz de manter e até melhorar os padrões de qualidade de água considerados ideais para o cultivo das espécies *L. grossidens* e *L. platymetopon*, bem como

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) proporcionar o pleno desenvolvimento destas espécies. Além disso, a mesma possibilita o uso com recirculação e reutilização da água, mantendo em condições satisfatórias os parâmetros físicos e químicos da água como pH, oxigênio dissolvido, amônia e nitrito. Finalmente, a incubadora por ser um equipamento feito de materiais recicláveis, torna possível que os pequenos produtores possam utilizá-la para o cultivo de espécies pouco exploradas e sensíveis ao manejo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, a expansão da aquicultura demonstra-se cada vez mais acentuada em território brasileiro. Entre os principais fatores que favorecem este fenômeno estão às políticas públicas de incentivo à produção de peixes, bem como a criação de cursos técnicos e superiores na área da aquicultura.

Entre os principais estudos realizados nestes ambientes educacionais especializados, encontram-se as investigações sobre a biologia e ecologias das espécies nativas e sua respectiva avaliação do potencial de criação em ambientes confinados. Embora as pesquisas nessa porção do rio Uruguai ainda são muito insipientes, levando-se em consideração o potencial quantitativo estimado das espécies nativas que existem na bacia. Ao realizar estas atividades, alguns problemas de cunho técnico acabam surgindo, dentre eles, a questão que envolve a biotecnologia da reprodução e a dificuldade de se obter ovócitos maduros e/ou ovos fecundados, especialmente de espécies que são fertilizadas em ambiente natural, onde, frequentemente, não se obtém sucesso na dinâmica que envolve a reprodução, em função da perda da qualidade da água através da diminuição dos níveis de oxigênio, alterações no pH, nitrito e amônia.

Por outro lado, inúmeros fatores interferem na qualidade da água, o que exige a realização de estudos detalhados dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem tanto em sistemas naturais quanto em artificiais. Sugere-se estudos mais aprofundados em relação à incubadora NUPI 12 V, com mais horas de teste, para saber sua real viabilidade nos processos de reprodução em loco.

6. REFERÊNCIAS

- ALABASTER, J. S.; LLOYD, R. Water quality for freshwater fish. 2thed. London: **Butterworth Scientific**, 1982.
- ALIM, Nicieza A, Wootton RJ (2003) Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. **Fish and Fisheries** 4:147190.
- BALON, E. K. 1975. Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. **Journal of Fisheries Research Board of Canada** 32(6):821-864.
- BALDISSEROTTO B (2002) **Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura**. Ed. UFSM.
- BEMVENUTI, M. A.; MORESCO, A. Peixes-Áreas de banhados e lagoas costeiras do extremo sul do Brasil. ABRH, Porto Alegre, Brasil, p. 63, 2005. BERGOT.
- BEERLI, E. L.; LOGATO, P. V. R.; FREITAS, R. T. F. Alimentação e comportamento de larvas de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, p. 149-155, 2004.
- BOYD, C. E. Water quality in ponds for aquaculture. Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station, 1990.
- BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. São Paulo, 1986. 640p.
- BROOKS, S., VIEIRA, V. L. A., JOHNSTON, I. A. AND. MACHERU, P. Muscle development in larval of a fast Growing tropical freshwater fish, the curimat. **J. Fish Biology**.

v. 47, p. 1026-1037, 1995.

CASTAGNOLLI, N. **Criação de peixes de água doce. Jaticabal**: FUNEP, 1992. 189p.

CHABALIN, E., SENHORINI, J. A. & FERRAS DE LIMA, J. A. Estimativa do custo de produção de larvas e alevinos. **B. Téc. CEPTA**. Pirassununga, v. 2, p. 61-74, 1989.

BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. São Paulo, 1986. 640 p.

DEITOS, C.; AGOSTINHO, A. A. & SUZUKI, H. I. 1997. **Population structure and reproductive biology of Loricariichthys platymetopon (Siluriformes, Pisces) in the upper river Paraná**. Brazilian Archives of Biology and Technology 40(4):793-807.

CECCARELLI, P. S.; SENHORINI, J. A.; VOLPATO, G. **Dicas em piscicultura (Perguntas e Respostas)**. Santana Gráfica Editora, Botucatu, SP, 247 p., 2000.

FAUSTINO, F., NAKAGHI, L.S.O., MARQUES, C., GANECO, L.N. & MAKINO, L.C. (2010); Structural and ultrastructural characterization of the embryonic development of *Pseudoplatystoma* spp. Hybrids. **Int J Dev Biol** 54: 723-730.

FLORES, J. C. B.; ARAIZA, M. A. F.; VALLE, M. R. G. **Desarrollo embrionario Ctenopharyngodon idellus (Carpa herbívora)**. CIVA, 2002. (<http://www.civa2002.org>), p.792-797.

GERKING, S. D. Ecology of freshwaters fish production. Arizona State University, Tempe. p. 101131. 1978.

GERKING, S. D. **Ecology of freshwaters fish production**. Arizona State University, Tempe. p. 101131. 1978

GODINHO, H. P. 2007. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas á aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. **Rev Bras. Reprod. Anim.**, 31:351-360.

GRAEF, E. W.; RESENDE, E. K.; PETRY, P.; STORI FILHO, A. Policultivo de Matrinhã (*Brycon* sp.) e Jaraqui (*Semaprochilodus* sp.) em pequenas represas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 16/17, n° único, p. 33-42, 1987;

HUET, M. **Tratado de piscicultura**. Madrid. 1983. 753 p.

HUTCHINSON, G.E. A treatise of limnology. **John Wiley & Sons**, New York. 1975.

HELFMAN, G. S.; COLLETTE, B. B.; FACEY, D. E. The diversity of fishes. Massachusetts: Blackwell Science, USA, p. 117-134, 2000.

HONCZARYK, A. **A reprodução de peixes em cativeiro**. In: VAL, A. L.; Honczaryk, A. **Criando peixes na Amazônia**. Manaus: INPA, 1995. p. 97-120.

JIAN CY, Cheng SY, Chen J-C (2003) Temperature and salinity tolerances of yellowfin sea bream, *Acanthopagrus lotus*, at different salinity and temperature levels. *Aquaculture Research*.34:175-185.

JOHNSTON, I. A. & VIEIRA, V. L. A. **Larval development in the tambaqui (Colossoma macropomum) and the curimatã-pacú (Prochilodus marginivittatus)**. University of St. Andrews. p. 43-55. 1996.

KUBITZA, F. 1999 Qualidade da água na produção de peixes. 3. ed. Jundiaí: **Degaspari**. 97p.

KUNZ, Y. W. Developmental biology of teleosts fishes. **Dordrecht, Springer**, 2004, 652p.

KULLANDER, S. O., FERRARIS, C. J. Jr; ENGRAULIDAE in Check list of the freshwater of south central America, Porto Alegre: EDIPUCRS; 2003. 752p.

LIMA, J. A. F. de., CASTAGNOLLI, N. FIGUEIREDO, G. M. **Cultivo de Colossoma**. Bogotá, 1989. cap. 3. p. 314-355.

LIMA, F.C.T. (2004). *Brycon gouldingi*, a new species from the rio Tocantins drainage, Brazil (Ostariophysi: Characiformes: Characidae), with a key to the species in the basin.

Ichthyol. Explor. Freshwaters 15, 279-287.

MENEZES, R. S. Alimentação de peixe cachorro, *Lycengraulis barbouri* Hildebrand, 1943, da bacia do rio Parnaíba, Piauí, (Actinopterygii, Engraulidae). Rev. Bras. Biol.,10, 1950. 285-293.

MELO, J. F. B; QUEROL, M. V. M; QUEROL, E. C.; SANTOS, A. B. Dados preliminares sobre biologia e reprodução do cascudo viola *Loricariichthys anus* na região de Uruguaiana, RS, Brasil. In.: **ENCONTRO RIOGRANDENSE DE TÉCNICOS EM AQUACULTURA (6.) ENCONTRO SULBRASILEIRO DE AQUACULTURA (3.)**. Ana Ibirubá, RS. p. 76-80.

MOODIE, E. E. & POWER, M. 1982. The reproductive biology of an armoured catfish, *Loricaria uracantha*, from Central America. Environmental Biology of Fishes 7(2):143-148.

MPA – **MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA**. Disponível em: <www.mpa.gov.br/>. Acesso em 18 de Junho de 2014. Santa Maria.

NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; **Cavicchioli, M. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: EDUEM/Nupélia, 2001, 359p.

NEUMANN, E. **Características do desenvolvimento de duas linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus* e uma linhagem híbrida de *Oreochromis* sp.** 2004. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura). Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista – UNESP: Jaboticabal. 2004.

NINHAUS-SILVEIRA, A.; FORESTI, F.; AZEVEDO, A. Structural and ultrastructural analysis of embryonic development of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiforme; Prochilodontidae). **Zygote**, v. 14, p. 217-229, 2006.

OLIVEIRA, A. G.; Dinâmica populacional de *Lycengraulis grossidens* (Agassiz, 1829) nas lagoas Itapeva e Quadros, subsistema Norte de lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil (Telestei, ENGRAULIDAE): Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, PUCRS, Porto Alegre, 1997. 109p.

PADUA, H. B. de. Conhecimento e utilização das variáveis físicas, químicas e biológicas na aquicultura dulcícola brasileira. In. **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CULTIVO DE CAMARÃO, 4., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 1., FEIRA DE TECNOLOGIA E PRODUTOS PARA AQUICULTURA**, 1993, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 1993. p.315-363.

PEREIRA FILHO, M.; GUIMARÃES, S. F.; STORTI FILHO, A.; GRAEF, E. W. **Piscicultura na Amazônia brasileira: entraves ao seu desenvolvimento**. In: Val, A. L.; Figliuolo, R.; FELDBERG, E. **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas**. Manaus: INPA. V. 1, p. 373-380. 1991.

QUEROL, M. V; QUEROL, E. C. Reprodução de traíra *Hoplias malabaricus* na região de Uruguaiana, RS, Brasil. SANTOS, A. B; MELO, J. F. B; LOPES, P.

R. S. Estudo da carcaça do cascudo *Hypostomus commersonii* na Região de Uruguaiana, RS, Brasil. In.: **Encontro Sul Brasileiro de Aquicultura (3.) Encontro Riograndense de Técnicos em Aquicultura (6.: 1995)**. Anais ... p.70-74.

QUEROL, M.V.M. **Biologia e ecologia de *Loricariichthys platymetopon* (ISBRUCKER & NIJSSEN, 1979), na Estância Nova Esperança, Bacia do rio Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil.** Ano de Obtenção: 1998.

QUEROL, M. V. M.; QUEROL, E. & GOMES, N. N. A. 2002. Fator de condição gonadal, índice hepatossomático e recrutamento como indicadores do período de reprodução de *Loricariichthys platymetopon* (Osteichthyes, Loricariidae), bacia do rio Uruguai médio, sul

do Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, 92(3):1-112.

QUEROL, M. V. M.; QUEROL, Enrique; PESSANO, E. F. Influência de fatores abióticos sobre a dinâmica da reprodução do cascudo viola *Loricariichthys platymetopon* (Isbrucker & Nijssen, 1979) (Osteichthyes, Loricariidae), no reservatório da estância Nova Esperança, Uruguaiana, bacia do Rio Uruguai, RS, Brasil. **Biodiversidade Pampeana**, Vol. 2, No 1, 2003;

QUEROL, M. V. M. ; PESSANO, E. ; QUEROL, E. ; BRASIL, L. G. ; GRALHA, T. .

Tecnologia de Reprodução de Peixes em Sistemas de Cultivo: Indução hormonal através do extrato hipofisário da Palometa. 1. ed. , 2013.

OHTA, T., Nashirozawa, C. (1991). Sperm penetration and transformation of sperm entry site in egg of the freshwater teleost *Rhodeus ecellatus*. **Journal of orphology** 229, 191-200.

REYNALTE-TATAJE, D.; ZANIBONI-FILHO, E.; ESQUIVEL, J. R. Embryonic and larvae development of piracanjuba, *Brycon orbignyanus Valenciennes, 1849* (Pisces, Characidae). **Acta Sci.**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 67-71. 2004.

RIBEIRO, C. R.; LEME DOS SANTOS, H. S.; BOLSAN, A. A. Estudo comparativo da embriogênese de peixes ósseos (pacu, *Piaractus mesopotamicus*; tambaqui, *Colossoma macropomum* e híbrido tambacu). **Rev. Bras. Biol.**, v. 55, Supl. 1, p. 65-78, 1995.

SANTOS, G. M. DOS; FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S. **Ecologia de peixes da Amazônia**. In: VAL, A. L.; FIGLIUOLO, R.; FELDBERG, E. **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas**. Manaus: INPA.v.1, p. 263-280. 1991

SOARES, C.M. et al. Alimentação natural de larvas do cascudo preto *Rhinelepis aspera* Agassiz, 1829 (Osteichthyes - Loricariidae) em tanques de cultivo.

Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, v.24, n.especial, p.109-117, 1997.

SHARDO, J. D. Comparative embryology of teleostean fishes. I. Development and staging of the American shad, *Alosa sapidissima* (Wilson, 1811). *J. Morphol.*, v. 225, p. 125-167. 1995.

SILVA, J. W. B. Tópicos de piscicultura, UFC. Fortaleza. 33 p. 1996. (Apostila).

TAVARES, L. H. S. Limnologia aplicada à aqüicultura. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 72 p.

VAZZOLER, A. E. A. DE M.. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e pratica**. Maringá EDUEM; São Paulo – SBI, 1996. 169p.

VAZZOLER, A. M.; A, M. **Planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos**. Maringá, 1997. 460 p

ZANIBONI-FILHO, E. 1997 O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade da água. *Brasil. Rev. Brasil. Biol.*, 57(1): 3-9

VAZZOLER, A. E. A. DE M.. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e pratica**. Maringá EDUEM; São Paulo – SBI, 1996. 169p.

VAZZOLER, A. M. A. M. Planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos. Maringá, 1997. 460 p.

WOYNAROVICH, E. & HÓRBATH, L. **A propagação artificial de peixes de águas tropicais: manual de extensão**. Brasília. FAO/CODEVASF/CNPq. 1983. 220 p.

CAPÍTULO 20

CONTRIBUIÇÕES DO NÚCLEO DE PESQUISAS ICTIOLÓGICAS, LIMNOLÓGICAS E AQUACULTURA DA BACIA DO RIO URUGUAI PARA A ICTIOFAUNA DA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL.

Luís Roberval Bortoluzzi Castro
Andrielli Vilanova de Carvalho
Marcus Vinicius Morini Querol
Edward Frederico Castro Pessano

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Historicamente, a ictiofauna do rio Uruguai não tem recebido atenção proporcional à sua envergadura. Comparando ao nível de conhecimento existente em outras bacias como a do rio Paraná, Bohlke (1978) já assinalava que o rio Uruguai era um dos menos estudados e todo conhecimento existente era praticamente resultado dos trabalhos de Devincenzi (1924) e Devincenzi & Teague (1942). Efetivamente essas obras contribuíram com os estudos realizados na década de 1970 por Ringuelet (1975, 1977), Cordini (1977) e Sierra (1977).

O preste levantamento buscou ressaltar a importância da realização de estudos de biologia e ecologia da ictiofauna para fins de conhecimento, investigação e, principalmente, para a tomada de decisões, como o planejamento e manejo dos corpos hídricos.

Para isso, buscou-se resgatar as informações registradas nas últimas três décadas produzidas pelo Núcleo de Pesquisas Ictiológicas, Limnológicas e Aquicultura da Bacia do Rio Uruguai (NUPILABRU), a fim de trazer um olhar atualizado a respeito desses importantes estudos.

2. PROCEDIMENTOS

Para a caracterização da ictiofauna, foram utilizados dados secundários, gerando a lista das espécies com possível ocorrência para a Bacia do Rio Uruguai.

Adicionalmente, foram utilizados os dados levantados por Beher (2005) e de consulta junto à Rede speciesLink (2016).

Dados do Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí (2011). Para o este levantamento bibliográfico foram analisados para a porção do alto Uruguai o catálogo ilustrado de Zaniboni Filho et al. (2004) e, para a porção do baixo Uruguai, o guia ilustrado das principais espécies de Sverlij et al. (2008).

Para a porção do médio Uruguai foram analisados os estudos de Formiga et al. (1991), Bortoluzzi et al. (2006a); que estudaram a fauna íctica do Arroio Salso de Baixo; Saucedo (2001), Martins (2001) e Brandli (2001), estudaram a fauna íctica do arroio Imbaá fazendo levantamento ictiofaunístico; Azevedo et al. (2003), Pessano et al. (2003), que estudaram a dinâmica populacional dos peixes do arroio felizardo; Pessano et al. (2005), que realizaram o levantamento da ictiofauna do arroio Quarai Chico no Parque Estadual do Espinilho; e os estudos de Camponogara et al. (1992), Querol et al. (1997), Bortoluzzi (2006), Bortoluzzi et al. (2006b), Bicca et al. (2006), Soares et al. (2012), que estudaram a biologia de espécies distintas.

O levantamento de dados buscou a construção de um panorama do conhecimento da ictiofauna da região do médio Uruguai com ênfase na região de Uruguiana.

3. RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES DESENVOLVIDAS PELO NUPILABRU

Os resultados do presente levantamento estão expressos na tabela 01 e buscam resgatar o aprofundamento de estudos ictiofaunísticos realizados nos últimos 30 anos para a região de Uruguiana no médio rio Uruguai.

A tabela está constituída por estudos realizados nas porções do alto, médio e baixo Uruguai e, para sua porção média, enfatiza os estudos realizados pelo NUPILABRU, na região de Uruguiana/RS.

O estudo de Zaniboni Filho et al. (2004) catalogou 79 espécies para o Alto Uruguai, enquanto o estudo de Sverlij et al. (2008) registrou 69 espécies para o baixo Uruguai. Para a região do médio Uruguai foram analisados os estudos de: Pessano et al. (2005), Azevedo et al. (2003), Pessano et al. (2003) Formiga et al. (1991), Bortoluzzi et al. (2006a); Saucedo (2001), Martins (2001), Brandli (2001), Camponogara et al. (1992), Querol et al. (1997), Bortoluzzi (2006a), Bortoluzzi et al. (2006b), Bicca et al. (2006) que, juntos, registram 74 espécies. Esses dados são importantes para a compreensão da bacia hidrográfica como um todo, para uma maior análise foram comparados outros estudos realizados para a bacia do médio Uruguai que juntos registram 77 espécies para essa porção do rio (BERTOLETTI, 1986; BERTOLETTI et al., 1990; ESPINACH ROS & PARODI, 1997; MIQUELARENA & LOPEZ, 1999; LUCENA & SILVA, 1991; LUCENA & KULLANDER, 1992; OLIVEIRA & VASCONCELLOS, 1999; REIS, WEBER, MALABARBA, 1990; REIS, KULLANDER, FERRARIS Jr., 2003).

Contudo, a estimativa apresentada para a bacia no relatório FEPAM/UFRGS (2004) registrou cerca de 192 espécies. Muitos desses dados podem apresentar erros de catalogação e, principalmente, na taxonomia sistemática, uma vez que trabalhos deste porte são cada vez mais raros. Quanto a isso, podemos verificar na tabela vários registros de espécies não descritas por diferentes autores, podendo ser registros de mesmas espécies ou espécies ainda não descritas. Mesmo diante de prováveis erros, devemos ressaltar a importância de estudos ictiofaunísticos. Por outro lado, mesmo apresentando um levantamento com estimativa de

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) aproximadamente 190 espécies, estes dados são corroborados por Malabarba et al. (2009), quando prospectam uma estimativa de 225 espécies para a bacia do rio Uruguai.

A ictiofauna da bacia do médio Uruguai é composta basicamente pelas ordens Characiformes e Siluriformes, sendo as famílias Characidae e Loricaridae as mais representativas, dados estes equivalentes às informações de Behr (2005) para a Bacia do rio Ibicuí. Dados que, segundo Vari & Malabarba (1998) e Lowe-McConnell (1999), a predominância desses grupos taxonômicos são uma tendência das bacias hidrográficas da região Neotropical.

Nessa direção, a tabela de dados reflete a carência de estudos ictiofaunísticos para a bacia do rio Uruguai, principalmente para a região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul.

Tabela 1: Levantamento Bibliográfico da Ictiofauna da Bacia do Rio Uruguai, ênfase na porção do médio. (A) Sverlij et al. (2008). (B) Bertoletti (1986); Bertoletti et al.(1990); Espinhach & Parodi (1997); Miquelarena et al. (1991); Lucena & Kullander (1992); Oliveira & Vasconcellos (1999); Reis, Weber, Malabarba (1990); Reis, Kullander, Ferraris Jr. (2003). (C) Zambioni Filho et al. (2004). (D) Pessano et al. (2005). (E) Azevedo et al. (2003); Pessano et al. (2003); (F) Saucedo (2001); Martins (2001); BRRandli (2001). (G) Formiga et al. (1991). (H) Bortoluzzi et al. (2006a). (I) FEPAM/UFRGS (2004). Onde: (I) **RU** = Rio Uruguai, **Q.C** = Arroio Quarai Chico, **FEL** – Arroio Felizardo, **IMB** = Arroio Imbaá, **S.B**= Arroio Salso de Baixo, **NUP** = Núcleo de Pesquisas Ictiológicas, Liminológicas e Aquicultura da Bacia do Rio Uruguai, **FEP**= Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler.

	B	M	A	REGIÃO DE URUGUAIANA					
Pesquisadores =>	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ano da obra =>	08	(*)	04	05	03	01	91	06	04
Localidades =>	RU	RU	RU	Q.C	FEL.	IMB.	S.B	S.B	FEP
DASYATIDAE									
<i>Potamotrygon brachyura</i>	X								
<i>Potamotrygon motoro</i>	X								X
<i>Potamotrygon sp.</i>									X
PRISTIGASTERIDAE									
<i>Pellona flavipinnis</i>	X								
ANOSTOMIDAE									
<i>Abramites sp.</i>									X
<i>Schizodon borelli</i>	X								X
<i>Schizodon nasutus</i>	X	X	X						X X
<i>S. australis</i>		X							X X
<i>S. plantae</i>		X							X
<i>Schizodon sp.</i>		X							X X
<i>Leporinus obtusidens</i>	X								X
<i>Leporinus struatus</i>	X	X							X X
<i>Leporinus faciatus</i>		X	X	X					X
<i>Leporinus amae</i>		X	X						X X
<i>Leporellus vittatus</i>			X						
<i>Leoporinus lacustris</i>									X
<i>Leoporinus sp.</i>									X

ASPREDINIDAE								
<i>Bunocephalus sp</i>						X		X
<i>Bunocephalus doriae</i>		X		X	X		X	X
AUCHENIPTERIDAE								
<i>Auchenipterus sp.</i>		X					X	
<i>Parauchenipterus galeatus</i>		X						
<i>Parauchenipterus teaguei</i>		X						
<i>Tatia boemia</i>		X						
<i>Tatia nevai</i>								
<i>Trachelyopterus lucenae</i>					X			X
<i>Trachelyopterus galleatus</i>	X				X			X
<i>Auchenipterus osteomystax</i>	X						X	
<i>Auchenipterus nigripinnis</i>							X	
<i>Trachelyopterus sp</i>								X
CALLICHTHYDAE								
<i>Corydoras aeneus</i>			X	X	X			X
<i>Corydoras hastatus</i>							X	
<i>Corydoras paleatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Corydoras multimaculatus</i>			X			X		X
<i>Corydoras undulatus</i>							X	
<i>Corydoras sp.</i>							X	
<i>Hoplosternum littorale</i>	X			X			X	X
<i>Callichthys callichthys</i>		X				X		X
CLARIIDAE								
<i>Clarias gariepinus</i>		X						
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>								
<i>Cetopsorhamdia sp.</i>							X	
<i>Heptapterus mustelinus</i>	X	X			X			X
<i>Imparfinis sp.</i>		X					X	
CICHLIDAE								
<i>Apistogramma commbrae</i>					X			X
<i>Apistogramma sp.</i>							X	
<i>Cichlasoma facetum</i>		X			X		X	X
<i>Cichlasoma portoalegrensis</i>				X	X			X
<i>Cichlasoma dimerus</i>							X	
<i>Cichlasoma pussilum</i>							X	
<i>Cichlasoma sp</i>						X	X	X
<i>Cichlaorus facetus</i>						X		X
<i>Crenicichla celidochilus</i>		X					X	

<i>Crenicichla igara</i>	X											
<i>Crenicichla jurubi</i>	X											
<i>Crenicichla lepidota</i>	X		X		X		X		X			
<i>Crenicichla minuano</i>	X											
<i>Crenicichla missioneira</i>	X											
<i>Crenicichla scottii</i>	X				X				X		X	
<i>Crenicichla tendybaguassu</i>	X											
<i>Crenicichla vittata</i>	X											
<i>Crenicichla gaucho</i>	X											
<i>Crenicichla prenda</i>	X											
<i>Crenicichla tendybaguassu</i>	X											
<i>Crenicichla sp.</i>	X											
<i>Geophagus brasiliensis</i>	X		X		X		X		X			
<i>Gymnogeophagus balzanii</i>	X		X		X		X		X			
<i>Gymnogeophagus gymnogenys</i>	X											
<i>Gymnogeophagus meridionalis</i>	X		X		X		X		X			
<i>Gymnogeophagus rhabdotus</i>	X											
<i>Gymnogeophagus sp.</i>	X											
<i>Oreochromis niloticus</i>	X											
CHARACIDAE												
<i>Acestrorhynchus altus</i>	X		X		X		X		X			
<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	X	X									X	X
<i>Aphyocharax anisitsi</i>	X	X				X		X		X		
<i>Astyanax abramis</i>	X	X									X	
<i>Astyanax b. paraguayensis</i>								X		X		
<i>Astyanax bimaculatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Astyanax eigenmanniorum</i>	X						X		X		X	
<i>Astyanax fasciatus</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
<i>Astyanax gr. scabripinnis</i>	X	X								X	X	
<i>Astyanax jacuhiensis</i>	X											
<i>Astyanax sp</i>	X				X				X	X	X	
<i>Astyanax alburnus</i>	X											
<i>Astyanax ojiara</i>	X											
<i>Astyanax brachypterygium</i>	X											
<i>Brycon orbignyanus</i>	X											
<i>Bryconamericus iheringii</i>	X		X		X		X		X			
<i>Bryconamericus sp</i>							X		X		X	
<i>Bryconamericus stramineus</i>	X	X					X		X		X	
<i>B.uporas</i>	X											
<i>Charax leticiae</i>	X											

<i>Charax stenopterus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cheirodon interruptus</i>	X	X	X			X	X	X
<i>C. ibicuihensis</i>	X						X	X
<i>Cheirodon sp.</i>							X	
<i>Cynopotamus argenteus</i>	X	X					X	X
<i>Cynopotamus kincaidi</i>		X						
<i>Diapoma terofali</i>	X							X
<i>Galeocharax humeralis</i>	X	X	X				X	X
<i>Heterocheirodon yatai</i>							X	
<i>Holoshesthes pequirá</i>					X			X
<i>Hyphessobrycon meridionalis</i>	X		X	X			X	X
<i>Hyphessobrycon eques</i>							X	
<i>Hyphessobrycon luetkeni</i>	X						X	X
<i>Hyphessobrycon uruguayensis</i>							X	
<i>Hyphessobrycon sp.</i>	X	X						X
<i>Hypobrycon poi</i>	X							X
<i>Hypobrycon maromba</i>							X	
<i>Macropsobrycon uruguayanae</i>	X		X	X			X	X
<i>Moenkhausia sancta</i>					X			X
<i>Moenkhausia dichrourea</i>	X						X	X
<i>Moenkhausia sanctaefilomenae</i>							X	
<i>Mylossoma paraguayensis</i>								
<i>Odontostibe pequirá</i>	X	X					X	X
<i>Oligosarcus brevioris</i>		X					X	
<i>Oligosarcus hepsetus</i>	X					X	X	X
<i>Oligosarcus jenynsii</i>	X		X				X	X
<i>Oligosarcus oligolepis</i>	X	X	X				X	X
<i>Oligosarcus sp.</i>							X	
<i>Pseudocorynopoma doriae</i>	X		X	X			X	X
<i>Pseudocorynopoma sp</i>					X			X
<i>Pygocentrus nattereri</i>	X	X					X	
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	X	X					X	
<i>Roeboides prognathus</i>	X							X
<i>Salminus maxilloso</i>	X						X	
<i>Salminus sp.</i>							X	
<i>Serrapinus calliurus</i>					X		X	X
<i>Serrapinus piaba</i>	X							X
LEBIASINIDAE								
<i>Pyrrhulina australis</i>							X	

SERRASALMIDAE								
<i>Serrasalmus spinopleura</i>	X						X	X
<i>Serrasalmus marginatus</i>	X							
<i>Serrasalmus maculatus</i>			X					
<i>Serrasalmus nattereri</i>	X						X	X
CURIMATIDAE								
<i>Cyphorax sp</i>							X	X
<i>Cyphocharax spilota</i>		X	X	X	X		X	X
<i>Cyphocharax platanus</i>	X	X						X
<i>Cyphocharax voga</i>	X	X	X	X	X		X	X
<i>Cyphocharax saladensis</i>								X
<i>Cyphocharax voga</i>								X
<i>Pseudocurimata gilberti</i>							X	X
<i>Curimata sp</i>							X	X
<i>Steindachnerina sp</i>							X	X
<i>Steindachnerina brevipinna</i>	X	X	X					X
<i>Steindachnerina biornata</i>		X	X	X	X		X	X
<i>S. stigmosa</i>		X						X
CRENUCHIDAE								
<i>Characidium pterostictum</i>		X	X	X	X			X
<i>Characidium orientalli</i>		X		X	X			X
<i>Characidium occidentale</i>								X
<i>Characidium serrano</i>			X					X
<i>Characidium zebra</i>			X					
<i>Characidium fasciatum</i>	X		X					X
<i>C. vestigipinne</i>		X						X
<i>C. rachovi</i>		X						X
<i>C. tenue</i>		X						X
<i>Characidium sp.</i>								X
ERYTHRINIDAE								
<i>Hoplias lacerdae</i>			X		X			X
<i>Hoplias malabaricus</i>	X		X	X	X	X	X	X
<i>Hoplias sp.</i>								X
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>								X
GYMNOTIDAE								
<i>Gymnotus carapo</i>	X	X	X					X
<i>Gymnotus inaequilabiatus</i>								X
HEPTAPTERIDAE								
<i>Heptapterus mustelinus</i>			X					X
LORICARIIDAE								

<i>Eurycheilichthys pantherinus</i>								X
<i>Hypostomus sp</i>								X X
<i>Hypostomus commersoni</i>	X	X	X	X	X			X X
<i>Hypostomus luteomaculatus</i>	X							
<i>Hypostomus isbrueckeri</i>		X						X
<i>Hypostomus regani</i>		X						X
<i>Hypostomus roseopunctatus</i>		X						X
<i>Hypostomus ternetzi</i>		X						X
<i>Hypostomus uruguayensis</i>		X						X
<i>Hypostomus luteus</i>		X						X
<i>Hisonotus nigricauda</i>								X
<i>Hisonotus sp.</i>		X						X
<i>Brochiloricaria chauliodon</i>								X
<i>Rineloricaria sp</i>		X			X			X X
<i>Hemiancistrus fuliginosus</i>								X
<i>Hemiancistrus sp</i>		X						X
<i>Hemipsilichtys hystrix</i>								X
<i>Hemipsilichtys eurycephalus</i>								X
<i>Hemipsilichtys vestigipinnis</i>								X
<i>Hemipsilicithys sp.</i>		X						
<i>Loricaria apeltogaster</i>								X
<i>Loricaria sp.</i>								X
<i>Loricariichthys anus</i>	X	X		X		X		X X
<i>Loricariichthys melanocheillus</i>								X
<i>Loricariichthys platymetopon</i>				X		X	X	X
<i>Loricariichthys sp.</i>								
<i>Paraloricaria vetula</i>	X	X						X
<i>Pogonopoma obscurum</i>								X
<i>Rhinelepis aspera</i>	X							
<i>Rhinelepis</i>								X
<i>Megalancistrus parananus</i>	X							
<i>Plecostomus commersonii</i>								X
<i>Ancistrus taunayi</i>		X			X			X X
<i>Ancistrus sp.</i>		X						X
PSEUDOPIMELODIDAE								
<i>Pseudopimelodus mangurus</i>		X						X X
MULILIDAE								
<i>Mugil sp.</i>	X							
ATHERINIDAE								

<i>Odontesthes perugiae</i>	X		X					
<i>Odontesthes bonariensis</i>	X							
<i>Odontesthes</i>								X
<i>O. humensis</i>		X						X
HYPOPOMIDAE								
<i>Otocinclus flexilis</i>				X	X	X		X
PARADONTIDAE								
<i>Apareiodon affinis</i>	X	X	X		X	X		X X
<i>A. sp.</i>		X						X
PIMELODIDAE								
<i>Heptapterus mustelinus</i>		X						X X
<i>Heptapterus sp.</i>								X
<i>Imparfinis sp</i>		X						X
<i>Iheringichthys labrosus</i>	X	X	X					X X
<i>Luciopimelodus pati</i>	X							
<i>Megalonema platanus</i>			X					X
<i>Microglanis cottoides</i>		X				X		X X
<i>Microglanis eurystoma</i>			X					X
<i>Microglanis sp.</i>								X
<i>Parapimelodus valenciennis</i>		X	X					X X
<i>Pimelodella gracillis</i>	X	X				X		X X
<i>Pimelodella laticeps</i>		X			X			X
<i>Pimelodella australis</i>		X						X X
<i>Pimelodella garbei</i>								X
<i>Pimelodella sp.</i>								X
<i>Pimelodella sp.</i>			X					
<i>Pimelodus absconditus</i>			X					X
<i>Pimelodus albicans</i>	X							
<i>Pimelodus atrobrunneus</i>			X					X
<i>Pimelodus maculatus</i>	X					X		X X
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	X							
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	X							X
<i>Rhamdella longiuscula</i>		X	X					X X
<i>R. eriarcha</i>		X						X
<i>Rhamdia quelen</i>	X			X	X	X		X X
<i>Rhamdia sp</i>						X		X X
<i>Sorubim lima</i>	X		X					X
<i>Steindachneridion scripta</i>	X							X
<i>Zungaro zungaro</i>	X							
TRICHOMYCTERIDAE								

<i>Branchioica teaguei</i>									X
<i>Branchioica sp.</i>		X							X
<i>Homodiaetus anistsi</i>		X							X
<i>Parastegophils maculatus</i>		X							X
<i>Paravandellia bertonii</i>			X						
<i>Paravandellia oxyptera</i>		X							X
<i>Scleronema operculatum</i>		X						X	X
<i>Scleronema angustirostris</i>								X	
<i>Scleronema sp.</i>								X	
<i>Tricomycerus sp.</i>		X	X						X
POECILIIDAE									
<i>Cnesterodon decemmaculatus</i>				X	X	X		X	X
<i>Cnesterodon brevirostratus</i>								X	
<i>Phalloceros caudimaculatus</i>								X	
SYNBANCHIDAE									
<i>Synbranchus marmoratus</i>	X		X	X	X	X		X	X
CETOPSIDAE									
<i>Pseudocetopsis gobioides</i>								X	
ENGRAULIDAE									
<i>Lycengraulis sp.</i>						X			X
<i>Lycengraulis grossidens</i>	X	X						X	X
CLUPEIDAE									
<i>Ramnogaster melanostoma</i>	X								
STERNOPYGIDAE									
<i>Eigenmania virescens</i>	X	X	X	X				X	X
<i>Eigenmania sp.</i>								X	
RHAMPHICHTHYDAE									
<i>Rhamphichthys rostratus</i>	X								
<i>Rhamphichthys brevirostris</i>								X	
APTERONOTIDAE									
<i>Apteronotus sp.</i>									
<i>Porotergus ellisi</i>			X						
<i>Sternacorhamphus hahni</i>			X						
PROCHILODONTIDAE									
<i>Prochilodus lineatus</i>	X							X	
<i>Prochilodus scrofa</i>	X								
ARIIDAE									
<i>Netuma barba</i>	X								
CIPRINIDAE									

<i>Cyprinus carpio</i>	X	X	X					X	X
<i>Ctenopharingodon idellus</i>			X					X	
<i>Aristichthys nobilis</i>			X						
ANABLEPIDAE									
<i>Jenynsia eirmostigma</i>								X	
<i>Jenynsia unitaenia</i>								X	
AGENEIOSIDAE									
<i>Ageneiosus brevifilis</i>	X								
<i>Ageneiosus valenciennesi</i>	X							X	
<i>Ageneiosus uruguayensis</i>								X	
<i>Ageneiosus sp.</i>								X	
DORADIDAE									
<i>Pterodoras granulosus</i>	X							X	
<i>Rhinodoras dorbignyi</i>	X							X	
<i>Oxydoras kneri</i>	X								
SCIAENIDAE									
<i>Pachyurus bonariensis</i>	X	X	X					X	X
PARALINCHTHYIDAE									
<i>Paralichthys isosceles</i>									X
ACHIRIDAE									
<i>Catathyridium jenynsii</i>		X						X	X
<i>Catathyridium lorentzii</i>		X						X	X
<i>Catathyridium sp.</i>								X	
TOTAL DE ESPÉCIES PORÇÃO ALTO	69	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DE ESPÉCIES PORÇÃO MÉDIO	-	77	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DE ESPÉCIES PORÇÃO BAIXO	-	-	79						
TOTAL DE ESPÉCIES REGIÃO URUGUAIANA				74					
TOTAL GERAL MÉDIO								192	133

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente levantamento de dados buscou mostrar o panorama da situação ictiofaunística da bacia do rio Uruguai com ênfase na fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul.

Sendo possível verificar a carência de estudos taxonômicos, assim como a ausência de um catálogo para as espécies da porção do médio Uruguai. Provavelmente a tabela construída apresente alguns erros quanto à classificação das espécies devido ser a representação de vários estudos. O dado mais preocupante é que estamos longe do conhecimento real das espécies que povoam a bacia do Rio Uruguai, mesmo diante de

estimativas aproximadas a 190 espécies muito próximas as estimativas de Malabarba et al. (2009) de 225 espécies. Ainda é possível dizer que há o risco de estarmos perdendo a oportunidade de conhecer espécies.

Nas últimas décadas tornou-se perceptível o aumento da população urbana, bem como dos processos industriais a ela atrelados. A preocupação decorre do fato de tais acontecimentos gerarem aumento da poluição no meio ambiente, especialmente em ambientes aquáticos. Segundo Copatti et al. (2009), fatores como ausência de mata ripária, despejos de efluentes domésticos e agrotóxicos lixiviados de lavouras próximas tendem a acelerar o estresse do ambiente. Além disso, alterações dos habitats, tais como, canalização das margens, barragens, além de introduções de espécies não-nativas e a deterioração da qualidade da água, exercem uma profunda e negativa influência no ecossistema, podendo causar variações na distribuição espaço-temporal na comunidade de peixes (WAITE & CARPENTER, 2000). Trechos de rios cujo conteúdo longitudinal é artificialmente fragmentado, mas que são ricos em estruturas físicas, podem suportar populações viáveis por fornecerem suficiente alimento e áreas de reprodução (JUNGWIRTH et al., 2000).

Mesmo diante de dados significativos, verifica-se a ausência de estudos com objetivo de caracterização e conhecimento da fauna íctica, pois estes dados deveriam ser a base para os estudos de dinâmica populacional e, mesmo sem o real conhecimento das populações ícticas da bacia, acabam existindo estudos com comunidades distintas, onde, neste sentido, os fatores ecológicos são sobrepostos. Esses fatores, aliados à pressão antrópica sobre os ecossistemas, assim como a pressão pela pesca, se tronam fundamentais nas decisões e controles ecológicos.

Esses dados são subsidiados com a realidade local do médio Uruguai onde existem espécies *Salminus brasiliensis* (Dourado) e *Pseudoplatystoma corruscans* (Surubim) que estão ameaçadas de extinção (categoria Vulnerável) no Estado do Rio Grande do Sul devido, principalmente, à alteração de habitat imposta pelos barramentos hidrelétricos (REIS et al., 2003), que geram graves problemas socioambientais quando relacionados às famílias de pescadores profissionais, principalmente pela ausência de estudos que possam assegurar a viabilidade do pescado, estudos estes de responsabilidade do Estado do Rio Grande do Sul há quase duas décadas.

Neste sentido, é notório que estudos são necessários e devem ter continuidade, pois ao determinar a proibição de uma espécie é necessário o conhecimento do nicho ecológico e sua teia alimentar, pois tais decisões podem ser danosas para outras comunidades ícticas e, mesmo quando decisões deste porte são tomadas, devem ser analisados fatores externos para o andamento positivo da decisão. Nesse caso, a proibição de apetrechos e/ou a liberação de apetrechos adequados com a finalidade de não interferir nas populações.

Estudos de dinâmica das populações e, principalmente, o monitoramento da fauna são tão importantes que têm por objetivo contribuir para o manejo a fim de evitar a vulnerabilidade das espécies e detectar impactos sobre elas. A falta desses estudos já pode ser evidenciada, onde que já se encontram relatos de espécies raramente capturadas para a região, como a Piracanjuba, onde pescadores e pesquisadores apontam a captura da espécie (na forma jovem) para a foz do arroio Imbaá.

Desta forma, pode-se ressaltar a importância dos pequenos cursos d'água, os quais apresentam representatividade significativa de espécies ícticas para a região do médio rio Uruguai na fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, e assim se enfatiza e justifica os estudos realizados pelo NUPILABRU nestes últimos 30 anos.

5. REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional De Águas. Conjuntura Dos Recursos Hídricos No Brasil: Agência Nacional De Águas. BRASÍLIA: ANA, 2013. ANA. Agência Nacional De Águas. Série Histórica Dos Dados Pluviométricos E Fluviométricos Da Estação Telemétrica De Uruguaiana. Disponível Em: [Http://Mapas-Hidro.Ana.Gov.Br/Usuario/Dadopesquisar.aspx?Bac=7](http://Mapas-Hidro.Ana.Gov.Br/Usuario/Dadopesquisar.aspx?Bac=7). Acesso Em: 2 Jan 2014.
- AZEVEDO, C., PESSANO, E., TOMASSINI, D., QUEROL, M.V.M., QUEROL, E. 2003. Diversidade Específica, Densidade E Biomassa Da Ictiofauna Da Nascente Do Arroio Felizardo, Bacia Do Rio Uruguai Médio, Uruguaiana, Rs, Brasil. REV. BIODIVERSIDADE PAMPEANA PUCRS, URUGUAIANA/RS.
- BEHEREGARAY, R.. Aspectos da biologia da piranha *Serrasalmus spilopleura* (Characidae) no município de Uruguaiana, oeste do estado do rio grande do sul, Brasil. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, PUCRS, xiii + 111 p. 2001.
- BEHR, E.R. Estrutura da comunidade e alimentação da ictiofauna dominante do rio Ibicuí, RS. Tese de Doutorado (não publicada), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUCRS, Porto Alegre. 2005.
- BERVIAN, P. V., BORTOLUZZI, L., LIMA, F., GOULART, A., QUEROL, E., & QUEROL, M. Estrutura populacional, idade e crescimento de *Steindachnerina brevipinna* (EIGEMANN & EIGEMANN, 1889), (Pisces, Curimatidae), através da leitura de escamas, Rio Uruguai Médio, Pampa. Edipucrs. Revista da Graduação, 1(1), 1-24. 2008.
- BICCA, D.F., QUEROL, E., BRACCINI, M.D. Aspectos Morfológicos E Histológicos Do Estômago De *Acestrorhynchus Pantaneiro* (Menezes, 1992) (Teleostei, Acestrorhynchidae) Na Bacia Do Rio Uruguai Médio Rev. Biodiversidade Pampeana Pucrs, Uruguaiana/Rs. 2006.
- BÖHLKE, J. E.; S. H. WEITZMAN Y W. A. MENEZES. Estado Atual Da Sistemática Dos Peixes De Água Doce Da América Do Sul. Acta Amazônica 8(4):657-677. 1978.
- BORTOLUZZI, L.R.C (2006). Biologia Alimentar Do Biru *Steindachnerina Brevipinna* (Eigenmann & Eigenmann, 1889), (Pisces, Curimatidae), Na Bacia Hidrográfica Do Rio Uruguai Médio, Região Sudoeste Do Rio Grande Do Sul, Brasil. Monografia. Curso De Ciências Biológicas, Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul - Campus Uruguaiana.
- BORTOLUZZI, L.R. C., FINGER, D.C., CARVALHO, A. V., QUEROL, M.V.M., QUEROL, E. (A) Comunidade De Peixes Do Arroio Salso, Bacia Do Médio Rio Uruguai, Município De Uruguaiana, Rio Grande Do Sul, Como Bioindicadores De Qualidade Ambiental. In: Anais Vi Salão De Iniciação Científica E Vi Mostra Científica Da Pucrs Campus Uruguaiana.
- BORTOLUZZI, T.P, ASCHENBRENNER, A. DA C., SILVEIRA, C. DA R., ROOS, D. C., LEPKOSKI E. D., MARTINS, J. A., GOULART, M. G., QUEROL, E., QUEROL, M.V.M. 2006 (B). Hábito Alimentar Da Sardinha Prata, *Lycengraulis Grossidens* (Spix & Agassiz, 1829), (Pisces, Engraulidae), Rio Uruguai Médio, Sudoeste Do Rio Grande Do Sul, Brasil. Rev. Biodiversidade Pampeana Pucrs, Uruguaiana/Rs.
- BRANDLI, D. 2001. Dinâmica Das Populações Ícticas Do Arroio Imbaá (Foz), Bacia Do Rio Uruguai Médio, Uruguaiana, Rs, Brasil. Monografia De Conclusão Do Curso De Ciências Biológicas Da Pucrs, Uruguaiana, Brasil.
- CAMPOGARA, E. M. Descrição do ciclo reprodutivo do dourado *Salminus brasiliensis*, (Pisces, Characidae). Monografia de graduação em Ciências Biológicas. Pucrs. Campus

Uruguaiana, 80 p. 1989.

CAMPONOGARA, E.M., SANTOS, A.B., QUEROL, E. Descrição Do Ciclo Reprodutivo Do Dourado, *Salminus Maxillosus*, Na Região Do Rio Uruguai Médio. Híftem Uruguaiana. V. 17, Nº 32/33 – Pg. 81-98. 1992.

CLEUZA, D.. Biologia reprodutiva do *Cyphocharax voga* (HENSEL, 1989), na brragem da estância Nova Esperança, no pampa brasileiro, Uruguaiana, RS. Monografia de graduação em Ciências Biológicas. Pucrs. Campus Uruguaiana, 25 p. 1999.

COPATTI, C.E., ZANINI, L.G., VALENTE, A. 2009. Ictiofauna Da Microbacia Do Rio Jaguari - Jaguari/Rs. Biota Neotrop. 9(2).

COPATTI, C. E. E COPATTI, B. R. Variação Sazonal E Diversidade De Peixes Do Rio Cambará, Bacia Do Rio Uruguai. Biota Neotrop. Out/Dez 2011 Vol. 11, No. 4 Ttp://Www.Biotaneotropica.Org.Br/V11n4/Pt/Abstract?Inventory+Bn02611042011 Issn 1676-0603.

CORDINI, J. M. 1977. Temas Relativos A La Ictiofauna. Sem. Medio Amb. Y Represas, Univ. República, Fac. Hum. Cienc., Montevideo 1:264-280.

DEVINCENZI, G. J. 1924. Peces Del Uruguay. Ii. Nuestra Fauna Ictiológica Según Nuestras Colecciones (Continuación). An. Mus. Nac. Montevideo (Ser. 2)(Entr. 5): 139-290.

DEVINCENZI, G. J. Y G. W. TEAGUE. 1942. Ictiofauna Del Río Uruguay Medio. An. Mus. Hist. Nat., Montevideo, (2 Ser.), 5(4): 1-104.

ELTZ, F.L.F; CRUZ, J.C; NUMMER, A, CRUZ, R.C; SILVEIRAS, G.L; PASCOTINI, P.B. 2011. Análise De Risco De Erosão Como Indicador De Fragilidade Ambiental Na Bacia Hidrográfica Do Rio Uruguai. Xix Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos. Maceió-Al, 10p.

EMATER . Empresa Assistência Técnica E Extensão Rural Do Rs. Série Histórica De Dados Da Safra De Grão Do Rs. Disponível Em: [Http://Www.Emater.Tche.Br/Site/Servicos/Informativos.Php#Acompanhamento](http://Www.Emater.Tche.Br/Site/Servicos/Informativos.Php#Acompanhamento). Acesso Em: 6 Jan 2014.

FEPAM. Fundação Estadual De Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler E Ufsm. Universidade Federal De Santa Maria. 2005. Análise De Fragilidades Ambientais Da Bacia Hidrográfica Dos Rios Apuaê-Inhandava, Situada Na Região Hidrográfica Do Rio Uruguai. Relatório Técnico Final. Fepam/Ufsm. Santa Maria-Rs, 86p.

FORMIGA, L.S; SANTOS, A.B; QUEROL, E. Dados Sobre A Fauna Ictiológica Do Arroio Salso, Município De Uruguaiana, Rs. Hifén, Uruguaiana, V.16, N.30/31, 1991.

GIASSOM, E.; INDA JR, A.V.; NASCIMENTO, P.C. Relatório Final De Consultoria Para Classificação Taxonômica Dos Solos Do Estado Do Rio Grande Do Sul Segundo O Sistema Brasileiro De Classificação De Solos E Avaliação Da Classe De Resistência À Impactos Ambientais. Fepam, Porto Alegre- Rs, 11p. 2005.

GINAR, R. M. B. Estudo da carcaça e composição bromatológica do filé da, palometa *Serrasalmus spilopleura* (KNER, 1860), na região de Uruguaiana, RS, Brasil. Monografia de graduação em Ciências Biológicas. Pucrs. Campus Uruguaiana, 30 p. 2003.

GALARÇA, R.; MULLER, I. ; SPENCER, H. ; SOARES, R. E. ; CUNHA, P. R. ; GRALHA, THIAGO SIGNORI ; PESSANO, E. ; QUEROL, M. V. M. Período reprodutivo de fêmeas de *Hypostomus commersoni*, VALENCIENNES, 1836, em uma barragem na bacia do rio Uruguai. Biotemas, v. 27, p. 87, 2014.

GOULART, M. G. ; ASHENBRENNER, A. ; BORTOLUZI, T. ; SILVEIRA, C. ; MARTINS, J. ; ROOS, DEISE ; QUEROL, E. ; QUEROL, M. V. M. . Análise do crescimento de escamas de *Lycengraulis grossidens*, (AGASSIZ, 1829), em populações da bacia rio Uruguai médio, Rio Grande Do Sul. Biodiversidade Pampeana (Online), v. 5, p. 3-8,

2007.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Disponível Em: [Http://Www.Cidades.Ibge.Gov.Br/Xtras/Perfil.Php?Lang=&Codmun=432240&Sear ch=Rio-Grande-Do-Sul|Uruguaiana](http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=432240&search=Rio-Grande-Do-Sul|Uruguaiana). Acesso Em: 5 Jan 2014.

IRGA. Instituto Riograndense Do Arroz. Revista Lavoura Arrozeira. Disponível Em: [Http://Www.Irga.Rs.Gov.Br/Upload/20131204132543r1a460.Pdf](http://www.irga.rs.gov.br/upload/20131204132543r1a460.pdf). Acesso Em 05 Jan 2014.

JUNGWIRTH, M.; MUHAR, S. & SCHMUTZ, S. Fundamentals of fish ecological integrity and their relation to the extended serial discontinuity concept. *Hydrobiologia* 422/423:85-97. 2000.

LOWE-MCCONNELL, R.H. Estudos ecológicos em comunidades de peixes tropicais. São Paulo: EDUSP. 534 p. 1999.

MALABARBA, L.R., C.B. FIALHO, J.A. ANZA, J.F. SANTOS & G.N. MENDES.

Peixes; p. 131-156 In I.I. Boldrini (org.). Biodiversidade dos Campos do Planalto das Araucárias. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.2009.

MARGALEF, R. Limnología. Ediciones Omega, S.A, Barcelona. 951p. 1983. MARTINS, S. S. 2001. Dinâmica Das Populações Ícticas Do Arroio Imbaá (Curso Médio), Bacia Do Rio Uruguai Médio, Uruguaiana, Rs, Brasil. Monografia De Conclusão Do Curso De Ciências Biológicas Da Pucrs, Uruguaiana, Brasil.

MMA. Ministério Do Meio Ambiente. Caderno Da Região Hidrográfica Do Uruguai. Secretaria De Recursos Hídricos. Brasília: Mma, 128 P. 2006.

MATTES, A. B. Biologia do crescimento e idade mediante a leitura de anéis de ossos operculares de *Cyphocharax vogani* (HENSEL, 1869), na barragem da estância Nova Esperança, município de Uruguaiana, bacia do rio Uruguai, RS, Brasil. Monografia de graduação em Ciências Biológicas. Pucrs. Campus Uruguaiana, 35 p. 1999.

MOTT, G. G. Análise diária e estacional das relações tróficas da joaninha *Chrenicichla lepidota* (HECKEL, 1840) no arroio Felizardo, Bacia do rio Uruguai, Pampa Brasileiro. Monografia de graduação em Ciências Biológicas. Pucrs. Campus Uruguaiana, 51p. 2001.

MUÑOZ, A. A. & OJEDA, F. P. Feeding Guild Structure Of A Rock Intertidal Fish Assemblage In Central Chile. *Environmental Biology Of Fishes*, 49: 471-479. 1997.

NILSSON, L. LOCAL Distribution, Food Choice And Food Consumption Of Diving Ducks On A South Swedish Lake. *Oikos*, 23: 82-91. 1972.

PASTORE, ET AL. Vegetação. In: Levantamento De Recursos Naturais. Folha Uruguaiana Sh. 21. Rio De Janeiro: Ibge, V. 33. P. 541-619. 1986.

PESSANO, E. AZEVEDO, C., TOMASSINI, D., QUEROL, M.V.M., QUEROL, E.

Diversidade Específica, Densidade E Biomassa Da Ictiofauna Da Foz Do Arroio Felizardo, Bacia Do Rio Uruguai Médio, Uruguaiana, Rs, Brasil. *Rev. Biodiversidade Pampeana Pucrs, Uruguaiana/Rs*. 2003.

PESSANO,E.F .C; AZEVEDO,C. L.O; QUEROL, M.V .M. QUEROLE,E; BRASIL,L.G; BORTOLUZZI, L.R; BORTOLUZZI, T .P; CORRÊA,F .V .

Ictiofauna Do Arroio Quarai-Chico, Bacia Do Médio Rio Uruguai, No Interior Do Parque Estadual Do Espinilho, Rio Grande Do Sul, Brasil. *Biotemas*, 18 (2): 143 - 153, 2005.

QUEROL, E. Biologia y ecología de *Hoplias malabaricus* (BLOCH, 1794), (Pisces, Erythrinidae), en la cuenca del rio Uruguai, Brasil. Universitat de Barcelona. Tese de Doutorado, Barcelona, 209p. 1993.

QUEROL, M. V. M & QUEROL, E. Reprodução de Traíra (*Hoplias malabaricus*), (Pisces, Erythrinidae) na região de Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil. *Hífen, Uruguaiana*, v.18, n.34, p.31-45. 1993.

QUEROL, E.; CERVIÁ, J. L.; SOSTOA, A. e QUEROL, M. V. M. Biologia reprodutiva da traíra *Hoplias malabaricus* (BLOCH, 1794), (Pisces, Erythrinidae), na bacia

do rio Uruguai, RS, Brasil. In: XII Encontro Brasileiro de Ictiologia. São Paulo. Resumo do XII EBI. IOUSP. p.391. 1997.

QUEROL, J. Variação ontogenética da alimentação de *Hoplias malabaricus* (Pisces, Erythrinidae), no arroio Felizardo, Bacia do rio Uruguai, Pampa Brasileiro. Monografia de graduação em Ciências Biológicas. Pucrs. Campus Uruguaiana, 44 p. 1999.

QUEROL, M. V. M. Biologia e ecologia de *Loricariichthys platymetopon* (Osteichthyes, Loricariidae) na barragem da Estância Nova Esperança, Município de Uruguaiana, bacia do rio Uruguai, RS, Brasil. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, PUCRS, xii + 67 p. 1998.

QUEROL, M. V. M.; QUEROL, E. & GOMES, N. A. Fator de condição gonadal, índice hepatossomático e recrutamento como indicadores do período de reprodução de *Loricariichthys platymetopon*, (Osteichthyes, Loricariidae), bacia do rio Uruguai médio, sul do Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.* [online], vol.92, n.3, pp. 79-84. ISSN 0073- 4721. 2002.

ROSA, D. P. ; AYALA, A. ; PESSANO, E. ; GRALHA, T. ; QUEROL, M. V. M. . Monitoramento dos estádios de maturação gonadal e manutenção da qualidade de água através da utilização de incubadora portátil na reprodução extrusada da sardinha prata *Lycengraulis grossidens*, (Spix & Agassiz, 1829), na bacia do rio Uruguai Médio, município de Uruguaiana, Pampa Brasileiro. In: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2012, Bagé. Resumo, 2012.

REIS, R.E., Z.M.S. LUCENA, C.A.S. LUCENA & L.R. MALABARBA. Peixes; p. 117- 145 In C.S. Fontana, G.A. Bencke & R.E. Reis (org.). Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Edipucrs. 2003.

RINGUELET; R. A., 1975. ZOOGEOGRAFÍA Y ECOLOGÍA DE LOS PECES DE AGUAS CONTINENTALES DE LA ARGENTINA Y CONSIDERACIONES SOBRE LAS ÁREAS ICTIOLÓGICAS DE AMÉRICA DEL SUR. *ECOSUR*, 2(3):1- 122.

RINGUELET; R. A. 1977. FAUNA ÍCTICA DE LOS EMBALSES DE ARGENTINA. PERSPECTIVAS Y POSIBILIDADES. *SEMIN. MEDIO AMB. REPRESAS, UNIV. REPÚBLICA, FAC. HUM. CIENC., MONTEVIDEO*, 1:224- 239.

SANTOS, A.B; MELO, J. F. B; LOPES, P.R.S. Estudo da carcaça do cascudo *Hypostomus commersonii* na Região de Uruguaiana, RS, Brasil. Anais do III Encontro Sul Brasileiro de Aquicultura - VI Encontro Riograndense de Técnicos em Aquicultura. p.70-74. 1995.

SAUCEDO. S.M. 2001. Dinâmica Das Populações Ícticas Do Arroio Imbaá (Nascente), Bacia Do Rio Uruguai Médio, Uruguaiana, Rs, Brasil. Monografia De Conclusão Do Curso De Ciências Biológicas Da Pucrs, Uruguaiana, Brasil.

SIERRA, B.; H. OSORIO, A. LANGGUTH, J. SORIANO, E. MACIEL, O. MORA, R. AYUP, A. LOMBARDO, E. PALERMO, J.GONZÁLEZ Y F. ACHAVAL. Ecosistemas Afectados Por La Construcción De La Represa De Salto Grande. *Semin. Medio Amb. Represas, Univ. República, Fac. Hum. Cienc., Montevideo*, 1:89-130. 1977.

SHEPP, D. L.; CUMMINS, J. D. Restoration In An Urban Watershed: Anacostia River Of Maryland Andthe District Of Columbia. In: Williams, J. E.; Wood, C.A.; Dombeck, M. P. (Ed.). *Watershed Restoration: Principles And Practices*. Bethesda: American Fisheries Society,. P. 297-317. 1997

SOARES, H.J., GRALHA. T., QUEROL. M. PESSANO, E. Análise Parcial, Da Ictiocenose De Arroio Da Região De Uruguaiana, Pampa Brasileiro, A Partir De Uma Revisão Bibliográfica De Trabalhos Desenvolvidos Pelo Nupilabru Entre Os Anos De 1998 E 2012. Anais Salão Integrado De Ensino, Pesquisa E Extensão. Unipampa. 2012. [Http://Testes.Unipampa.Edu.Br/Anais- Siepe/Atual/Art2833.Html](http://Testes.Unipampa.Edu.Br/Anais- Siepe/Atual/Art2833.Html).

SOUZA, M.V & BORTOLUZZI, L.R.C. (2008). Relatório Técnico 001/08

Ibama/Uruguaiana.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. 2008. Solos Do Rio Grande Do Sul. 2.Ed. Porto Alegre: Emater/Rs-Ascar, 222p.

SVERLIJ, S.B., SCHENKE, R.L.D., LOPEZ, H.L., ROS, A.E. 2008. PECES DEL RIO URUGUAY - guia ilustrado de las especies mas comunes del rio uruguay inferior y embalse de salto grande. PUBLICACIONES DE LA COMISION ADMINISTRADORA DEL RIO URUGUAI – caru.

VARI, R.P. & L.R. MALABARBA. Neotropical ichthyology: an overview. Pp. 1-11. In: L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z M.S. Lucena & C.A.S. Lucena (Eds.). Phylogeny and Classification of Neotropical fishes. Porto Alegre, Edipucrs, 603p.1998.

WAITE, I. R. & CARPENTER, K. D. Associations among fish assemblage structure and environmental variables in Willamette basin streams, Oregon. Transactions of the American Fisheries Society 129:754-770. 2000.

ZANIBONI FILHO, E. F.; MEURER, S.; SHIBATTA, O. A.; NUÑER, A. P. de O. 2004. Catálogo ilustrado de peixes do alto rio Uruguai. Editora da UFSC, Florianópolis, Brasil, 128 pp.

CAPÍTULO 21

ASPECTOS DA BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *ASTYANAX JACUHIENSIS* (COPE, 1894) NA BARRAGEM DA ESTÂNCIA SANTA ANA, PAMPA BRASILEIRO

Bruna Querol
Michel Mansur Machado
Luís Flávio Souza de Oliveira
Paulo Rodinei Soares Lopes
Marcus Vinicius Morini Querol

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A bacia do rio Uruguai está localizada na região sul do Brasil (sul de Santa Catarina, todo Rio Grande do Sul), norte do Uruguai e leste da Argentina. Esta bacia hidrográfica é composta pelo rio Uruguai (principal rio da bacia) e seus afluentes.

No Rio Grande do Sul, trabalhos com o sistema do rio Uruguai relacionados à biologia e ecologia de peixes, bem como os relativos à dinâmica populacional das comunidades ícticas, são relativamente escassos.

Os peixes, assim como os demais seres vivos, devem se adaptar ao ambiente se pretendem sobreviver e prosperar. Um aspecto importante para sua sobrevivência é a capacidade de se reproduzir repetidamente e com sucesso durante sua vida, o que demonstra a necessidade qualificada de estudos que envolvam o processo da reprodução dos peixes (VAZZOLER, 1996).

Nesse contexto, na Bacia do rio Uruguai, região deste estudo, a ordem Characiformes apresenta-se como a mais diversa e abundante entre os peixes de água doce (MOTA et al., 2014), e sua história evolutiva ainda é incerta (ESCHMEYER; FONG, 2011; OLIVEIRA et al., 2011), o que faz com que as investigações das diferentes espécies que compõem o grupo sejam relevantes sob a ótica científica.

Dentro dessa ordem, uma das famílias de peixes que compõe a comunidade do rio Uruguai Médio - município de Uruguaiana – RS, é a família Characidae, sendo uma das maiores entre os peixes neotropicais, possuindo várias formas corporais, que ocupam diferentes habitats e desenvolvem variados hábitos alimentares (DIAS; FIALHO, 2009).

Dentre a família Characidae, destaca-se o gênero *Astyanax*, que abriga o maior número de espécies da ordem Characiformes. Suas espécies distribuem-se por praticamente toda a região Neotropical, habitando os mais diversos ambientes, como regiões montanhosas, trechos lóticos, leitos de rios, porções lênticas ou lagunares e nascentes (KAVALKO et al., 2008). Sua distribuição se estende por Bacias do rio Uruguai, laguna dos Patos e rio Tramandaí. São bastante tolerantes em relação às condições físico-químicas da água (MALABARBA et al., 2013). São espécies dioicas, com as gônadas alongadas, situadas na parte póstero-dorsal da cavidade abdominal, presas à bexiga natatória (BARBIERI et al.,

1982).

Dentre os peixes do gênero *Astyanax*, o *A. jacuhiensis* conhecido como lambari-dorabo amarelo, é uma espécie de pequeno porte, que atinge de 7 a 15 cm de comprimento quando adulto, podendo chegar a 60 g de biomassa. Seu crescimento é rápido, chegando à maturidade sexual com cerca de quatro meses de idade em condições de cultivo, normalmente com 7 a 9 cm de comprimento para os machos e 12 a 15 cm de comprimento para as fêmeas (PORTO-FORESTI, 2001).

Durante o período reprodutivo, diferenças morfológicas nítidas podem ser evidenciadas entre machos e fêmeas do gênero *Astyanax*, sendo que as fêmeas, além de serem maiores e possuírem o corpo mais arredondado, são frequentemente mais precoces no crescimento do que os machos (PORTO-FORESTI et al., 2005; SATO et al., 2006). Conforme Vazzoler (1996), nas fases finais, verifica-se um marcado aumento no volume e, conseqüentemente, no peso dos ovários. Adicionalmente, o índice gonadossomático (IGS) é um indicador quantitativo utilizado para avaliar o período de reprodução da espécie. Em relação à sua alimentação, verificou-se o hábito alimentar é predominantemente onívoro, porém, em destaque para preferência herbívora em comparação com outras espécies do mesmo gênero (VILLELA et al., 2002).

Essas características têm recomendado a espécie para estudos mais detalhados que possam contribuir de maneira qualificada para o seu cultivo.

Em relação aos aspectos sistemáticos, o *A. jacuhiensis* já foi designado como *Tetragonopterus jacuhiensis*, e mais tarde foi reclassificado para o gênero de *Astyanax*. Atualmente, o *A. jacuhiensis* também já foi identificado como *A. bimaculatus* (Eigenmann, 1921) (PACHECO et al., 2010).

O conhecimento da biologia reprodutiva das espécies de peixes é imprescindível para a compreensão da dinâmica populacional e, conseqüentemente, das relações ecológicas de uma comunidade, sendo útil ainda para orientar medidas de conservação e manejo dos organismos e de seus ambientes. O sucesso obtido por qualquer espécie é determinado, em última instância, pela capacidade de seus integrantes reproduzirem-se em ambientes variáveis, mantendo populações viáveis (VAZZOLER, 1996).

A biologia do *Astyanax jacuhiensis*, sob diferentes aspectos, tem sido estudada por vários pesquisadores, com relação à reprodução (NOMURA, 1975; BARBIERI et al., 1982).

Dias et al. (1998) destacam que a utilização de indicadores quantitativos da maturação gonadal, tais como o índice gonadossomático, tem servido de parâmetros para a definição de uma escala de maturidade, que é fundamental para compreender o ciclo reprodutivo e prever o comportamento de uma população durante o ano.

O conhecimento da fecundidade e o tipo de desova, também constituem elementos básicos tanto para estudos puramente biológicos e ecológicos como para aqueles que visam à estimativa dos estoques da espécie em questão (RODRIGUES et al., 1992). Nesse sentido, o presente trabalho visa contribuir para os estudos da biologia reprodutiva de *Astyanax jacuhiensis* visando criar subsídios para o gerenciamento pesqueiro e aproveitamento comercial da espécie na região de Uruguaiiana – RS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

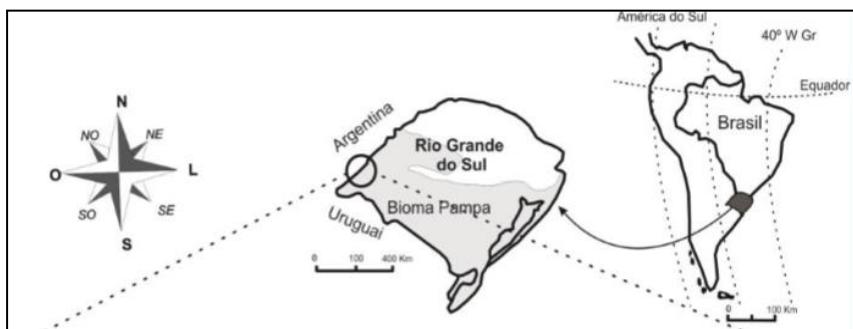
A pesquisa foi realizada no período de abril de 2016 a março de 2017, através de capturas mensais. As coletas ocorreram na propriedade Santa Ana (29°55'59"S e 57°11'04"W), situada na área rural do município de Uruguaiiana, onde foram capturados um total de 193 exemplares (Figura 1).

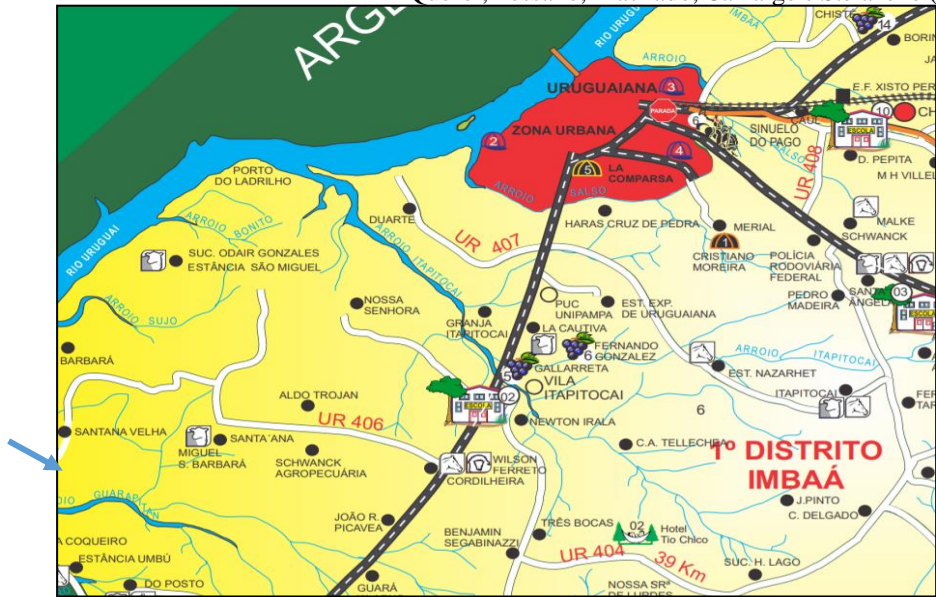
Os espécimes foram coletados com redes de espera com malhas, que variam de 1 a 2 cm entronós adjacentes; 10 a 20 m de comprimento e 1,5 a 2 m de altura. Também foram realizados arrastos com rede do tipo picaré, tarrafa, além de passagem com peneiras nas margens e proximidades de macrófitas aquáticas, na busca de capturar indivíduos em recrutamento, larvas e alevinos da espécie. Após a captura, os exemplares de *Astyanax jacuhiensis* foram abatidos pelo método de choque térmico (resfriamento), conforme orientação do Conselho Regional de Biologia (CRBio), posteriormente, fixados em formol a 10%. Estes exemplares foram conduzidos ao laboratório de Biologia e Ecologia de peixes (NUPILABRU).

As análises para verificação dos parâmetros físico-químicos foram realizadas juntamente com as coletas, obtendo-se os seguintes dados: temperatura do ar e da água, oxigênio dissolvido, CO₂, pH, alcalinidade, dureza total, profundidade, turbidez, N-NO₂, N-NH₃ e condutividade. Esses parâmetros tiveram o objetivo de monitorar e acompanhar a variação da qualidade da água a partir dos fatores abióticos, realizando uma comparação dos mesmos com o período reprodutivo do animal (GALARÇA et al., 2014).

Para cada exemplar, registrou-se o sexo, comprimento total (Lt) em centímetros e o peso (WT), em gramas. Os animais foram dissecados e eviscerados por meio de uma incisão ventral, tendo o fígado pesado e descartado. Das gônadas, após sua pesagem, foram retiradas subamostras, efetuando sua pesagem em gramas, sendo posteriormente colocadas em líquido de Gilson, modificado por Simpson (1951), para o desprendimento dos ovócitos da parede ovariana e do tecido conjuntivo para posterior contagem e medição dos diferentes tipos de ovócitos.

FIGURA 1: Mapa do local onde foi realizada a captura dos espécimes de *A. jacuhiensis*.





Logo após a verificação do desprendimento do tecido conjuntivo dos ovócitos, os mesmos foram colocados em uma Placa de Petry e levados a uma lupa ocular objetiva para realizar a contagem, determinar o diâmetro em mm dos ovócitos e os estádios de maturação ovocitária, que serão descritos mais adiante.

Para calcular o número total de ovócitos foi multiplicado o número total de ovos de cada subamostra pelo peso das gônadas, dividindo-se pelo peso da subamostra, seguindo a fórmula utilizada por Sostoa (1983):

$$Ht = Hs.Wg/Ws$$

Onde:

Ht = número total de ovócitos da gônada;

Hs = número de ovócitos da subamostra;

Wg = peso total da gônada;

Ws = peso da subamostra.

O estudo da fecundidade compreende o conceito de fecundidade potencial, que é o número de ovócitos presente no ovário da fêmea antes da postura (BAGENAL; BRAUM, 1978), que neste trabalho é denominada absoluta, e o de fecundidade real que é o número de ovócitos maduros que serão liberados pelas fêmeas.

A determinação do sexo foi realizada pela observação macroscópica das gônadas, conforme Vazzoler (1996). Em caso de dúvidas, as gônadas foram observadas diretamente em lupas e, quando ainda necessário, foram confeccionadas lâminas histológicas.

O período reprodutivo foi estabelecido através da curva de maturação baseada na variação mensal do índice gonadossomático médio, valores médios do fator de condição e do índice hepatossomático.

Os cálculos do índice gonadossomático (IGS), fator de condição sob a influência do peso das gônadas (K), sem o peso das gônadas K', fator de condição gonadal (ΔK) e índice hepatossomático (IHS), foram calculados conforme Vazzoler (1996):

$$IGS = Wg/Wt \times 100$$

Onde:

IGS = índice gonadossomático;

Wg = peso da gônada;

Wt = peso total do peixe.

$$IG = (Wg/Lt^b) \times 100$$

Onde:

Lt = comprimento total (mm);

b = coeficiente de alometria obtido através da relação peso – comprimento;

$$K = Wt/Lt^b$$

$$K' = Wc/Lt^b$$

$$\Delta K = K - K'$$

$$Wc = Wt - Wg$$

Onde:

Wc = peso total menos o peso da gônada.

$$IHS = Wf/Wt \times 100$$

Onde:

IHS = índice hepatossomático;

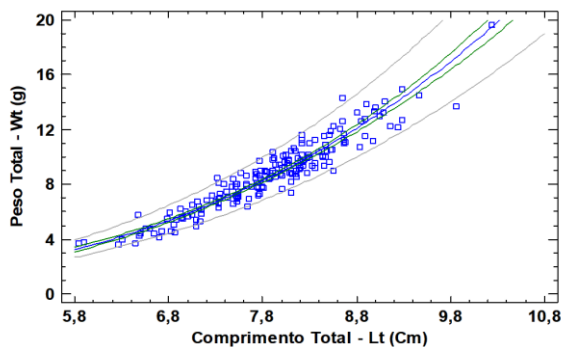
Wf = peso do fígado.

A partir da análise da gônada, foi determinada uma escala de desenvolvimento gonadal dividida em seis estádios: (A) imaturo, (B) início de maturação, (C) maturação, (D) maduro e (E) desovado.

3. RESULTADOS

Foram capturados 129 indivíduos fêmeas e 64 indivíduos machos durante o ciclo anual, através de coletas mensais. O coeficiente angular b (3,14), que expressa a relação peso-comprimento, que foi obtido pela equação $Wt = \exp(-4,35807 + 3,14981 \times Lt)$, foi determinante para a obtenção dos índices de K, K' e ΔK (Figura 2).

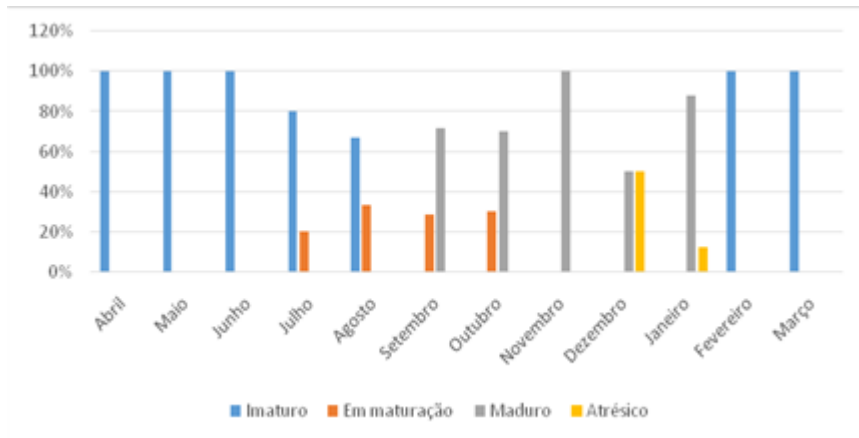
FIGURA 2: Correlação do peso total e comprimento total de fêmeas de *Astyanax jacuhiensis* coletadas na propriedade Santa Ana, Uruguiana – RS, Brasil.



Analisando os estádios de maturação gonadal das fêmeas durante o período do estudo (Figura 3), observa-se o período inicial de maturação, a partir de julho, encontrando-se indivíduos maduros desde o mês de setembro até janeiro. No mês de novembro, foi encontrado 100% dos indivíduos maduros e, nos meses subsequentes, dezembro e janeiro, além de indivíduos maduros, indivíduos atrésicos, o que vem a indicar estes cinco meses

como período de desova.

FIGURA 3: Frequência dos estádios de maturação gonadal de *A. jacuhiensis* durante o período de abril de 2016 a março de 2017, coletados na propriedade Santa Ana, Uruguaiiana – RS, Brasil.



Pela análise mensal dos resultados do IGS das fêmeas (Figura 4), houve pequena elevação a partir de setembro, entendendo-se até o mês de janeiro, corroborando os meses que foram encontrados fêmeas maduras (Figura 3). Os machos (Figura 5) tiveram comportamento semelhante ao das fêmeas, apresentando diferença significativa de setembro a janeiro, em relação aos demais meses investigados.

Em relação ao índice hepatossomático (IHS) como possível indicador do período de reprodução, embora não foi possível observar diferenças estatísticas nos meses que determinam a reprodução neste trabalho, observa-se um comportamento nas curvas do IHS das fêmeas (Figura 6), semelhantes às encontradas por Galarça et al. (2014), onde na região tem-se encontrado um incremento em maio, o que é indicativo de uma reserva de energia para o período de inverno. A partir do mês de agosto, mostra-se um incremento nos valores do IHS até o pico em outubro, período correspondente ao período reprodutivo (Figuras 3 e 4).

Em relação ao (IHS) dos machos (Figura 7), também se observa uma preparação para o período de inverno com pico em junho e sua reserva de energia para o processo reprodutivo, podendo, desta forma, uma vez correlacionado com outros fatores, ser indicador do período reprodutivo.

FIGURA 4: Índice Gonadossomático de fêmeas de *A. jacuhiensis* no período de abril de 2016 a março de 2017, coletados na propriedade Santa Ana, Uruguaiana – RS, Brasil. Os dados estão representados como médias \pm desvio padrão. Letras diferentes representam valores estatísticos diferentes para $p < 0,0001$.

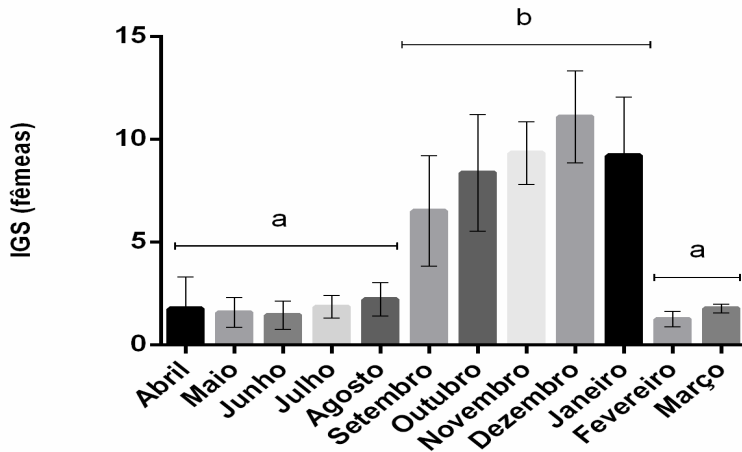


FIGURA 5: Índice Gonadossomático de machos (IGS) de *A. jacuhiensis* no período de abril de 2016 a março de 2017, coletados na propriedade Santa Ana, Uruguaiana – RS, Brasil. Os dados estão representados como médias \pm desvio padrão. Letras diferentes representam valores estatísticos diferentes para $p < 0,0001$.

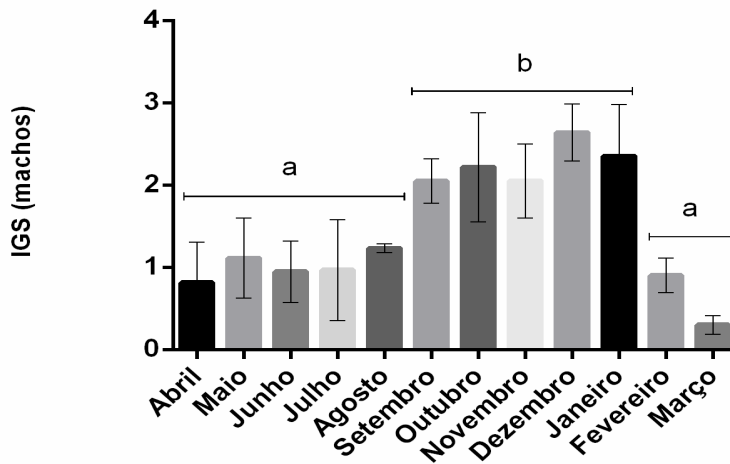


FIGURA 6: Índice Hepatosomático (IHS) de fêmeas de *A. jacuhiensis* no período de abril de 2016 a março de 2017, coletados na propriedade Santa Ana, Uruguaiiana – RS, Brasil (média ± desvio padrão).

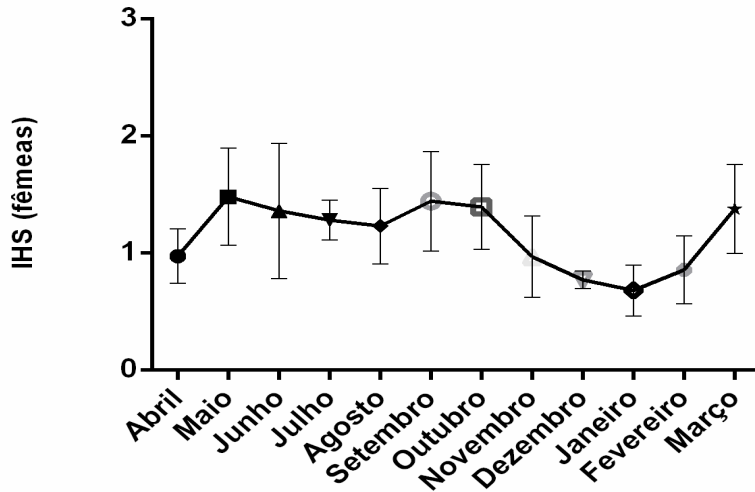
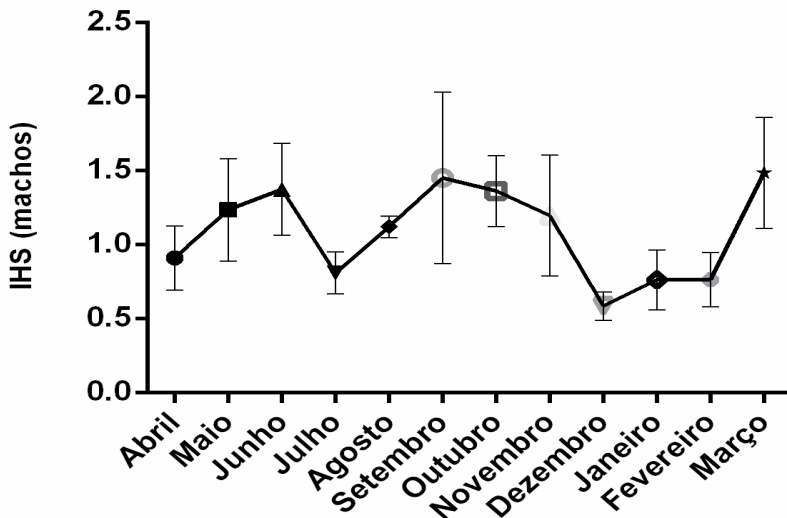


FIGURA 7: Índice Hepatosomático (IHS) de machos de *A. jacuhiensis* no período de abril de 2016 a março de 2017, coletados na propriedade Santa Ana, Uruguaiiana – RS, Brasil (média ± desvio padrão).



O fator de condição gonadal (ΔK) de fêmeas (Figura 8) e dos machos (Figura 9), também tiveram seus índices semelhantes ao IGS, sendo, desta forma, bons indicadores do período de reprodução.

FIGURA 8: Fator de condição gonadal (ΔK) de fêmeas *A. jacuhiensis* no período de abril de 2016 a março de 2017, coletados na propriedade Santa Ana, Uruguaiana – RS, Brasil. Os dados estão representados como médias \pm desvio padrão. Letras diferentes representam valores estatísticos diferentes para $p < 0,0001$.

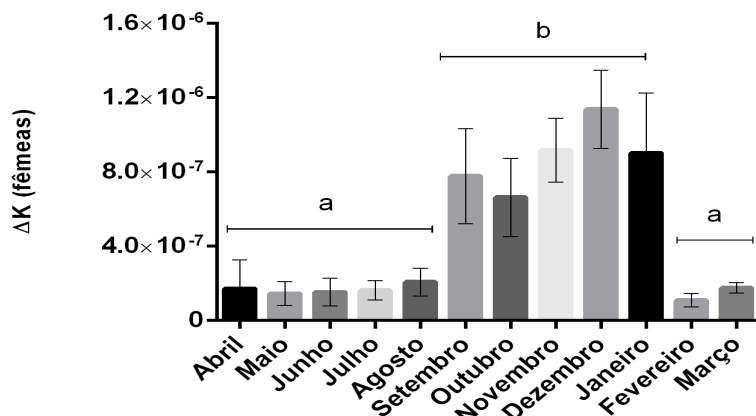
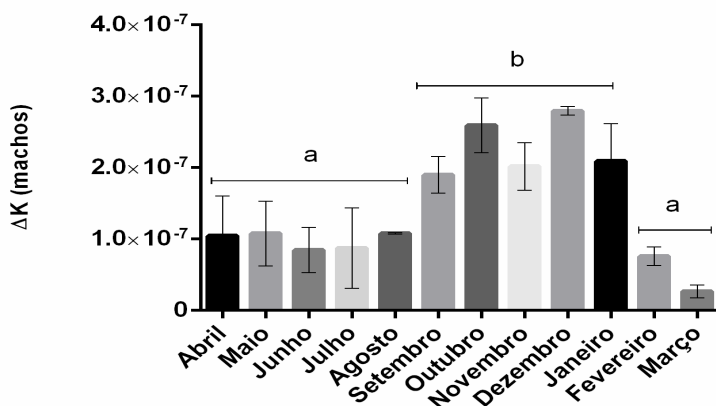


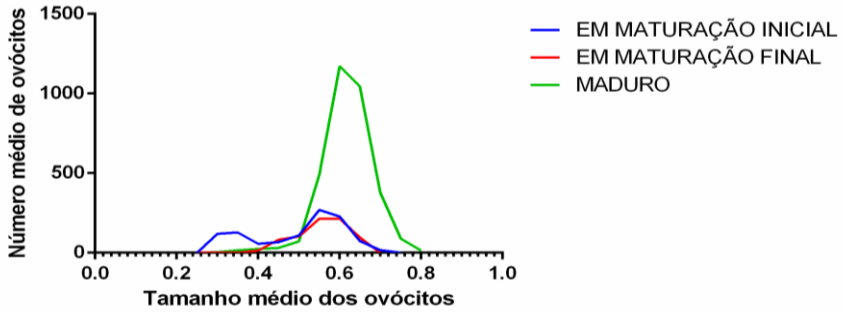
FIGURA 9: Fator de condição gonadal (ΔK) de machos *A. jacuhiensis* no período de abril de 2016 a março de 2017, coletados na propriedade Santa Ana, Uruguaiana – RS, Brasil. Os dados estão representados como médias \pm desvio padrão. Letras diferentes representam valores estatísticos diferentes para $p < 0,0001$.



Tipo de desova

Para fins de investigação do tipo de desova, foi confeccionado o gráfico representativo dos estádios em maturação inicial, em maturação final e maduro (Figura 10), os quais, pela posição das modas indicativas dos tamanhos dos ovócitos, foi possível observar, claramente, uma desova do tipo única ou total, o que é corroborado pelas curvas obtidas do IGS das fêmeas neste estudo. A partir desta análise, também ficou indicado que a partir de 0,5 mm os ovócitos são considerados maduros e aptos à postura.

FIGURA 10: Representação gráfica da distribuição de frequência média de diâmetro dos ovócitos por classes de comprimento dos ovócitos de *Astyanax jacuhiensis*, para os estádios de desenvolvimento gonadal “Em Maturação Inicial”, “Em Maturação” e “Maduro”.



Fecundidade

A fecundidade real de *Astyanax jacuhiensis* foi obtida através da análise de 12 fêmeas maduras, obtendo uma média de 3.245 ovócitos para uma média 8,11 cm de comprimento total e 9,42 g de peso total. As relações fecundidade/comprimento, fecundidade/peso e fecundidade/peso da gônada foram obtidas através de regressões entre as variáveis envolvidas (Figuras 11, 12 e 13), seguindo as seguintes equações para fecundidade real (Fr):

Fr	=		n:	r
exp(5,08433	+	8		= 0,96
0,373963*Lt (Cm))				
Fr	=		n:	r
exp(7,22729	+	7		= 0,98
0,0978472*Wt (g))				
Fr	=		n:	r
exp(7,01714	+	9		= 0,98
1,17582*Wg (g))				

FIGURA 11: Representação gráfica da relação fecundidade/comprimento de *Astyanax jacuhiensis*.

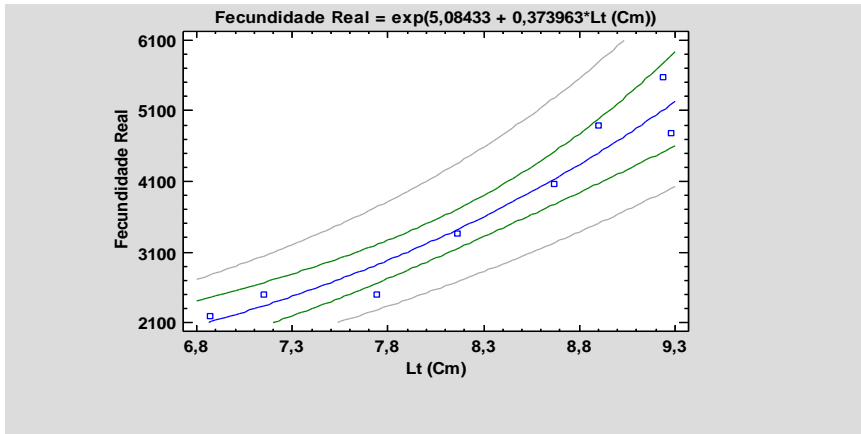


FIGURA 12: Representação gráfica da relação fecundidade/peso de *Astyanax jacuhiensis*.

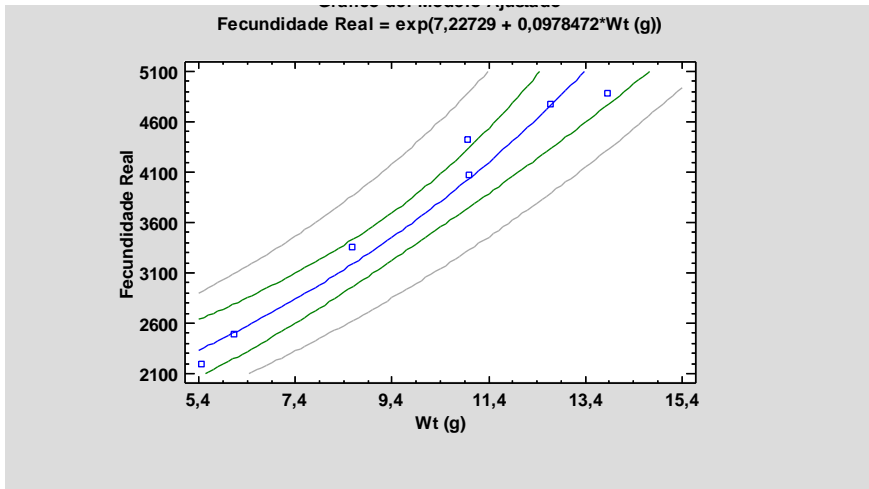
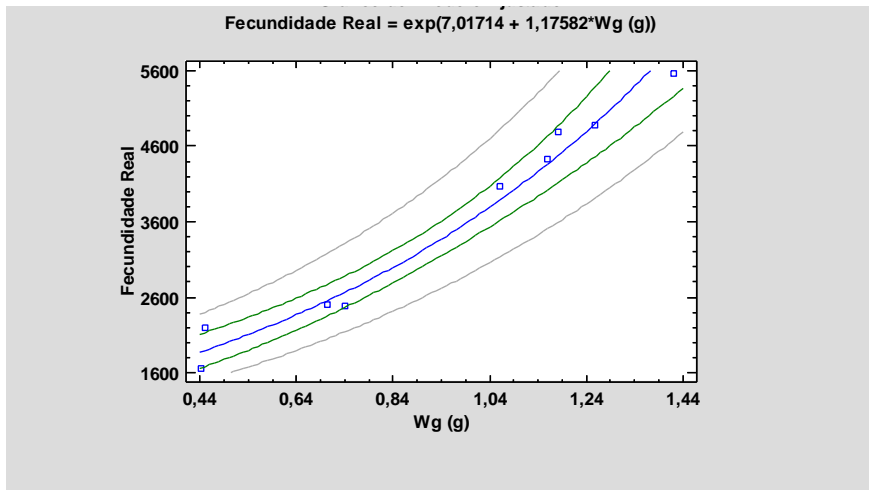


FIGURA 13: Representação gráfica da relação fecundidade/peso das gônadas de *Astyanax jacuhiensis*.



4. DISCUSSÃO

No presente estudo, analisando os estádios de maturação gonadal das fêmeas, encontrou-se o período inicial de maturação a partir de julho, tendo indivíduos maduros de setembro a janeiro, sendo o mês de novembro o período que se observou 100% dos indivíduos maduros, que também se assemelha aos resultados obtidos para o IGS. Estes dados similares aos encontrados por Silva et al. (2010) para *A. fasciatus*, investigado no reservatório de Passaúna, Bacia do rio Paraná, sul do Brasil, determinando o período reprodutivo para os meses compreendidos de outubro a fevereiro. Os mesmos autores estudando o reservatório Iraí – RS, na mesma Bacia Hidrográfica, encontrou a presença de fêmeas maduras no período entre agosto a dezembro. Estes dados são semelhantes aos obtidos considerando o período de reprodução entre primavera e verão. Os dados obtidos também são semelhantes aos obtidos por Dalla-Corte e Azevedo (2010), no Rio dos Sinos, Caraá – RS, investigando *Astyanax henseli*, onde encontraram fêmeas em maturação avançada no mês de agosto e maduras nos meses de outubro e novembro. Barreto et al. (1998), analisando a mesma espécie do presente estudo, no Rio Carmo – SP, encontraram apenas fêmeas em maturação no trimestre novembro/dezembro/janeiro.

Quanto ao (IGS), índice apontado por Vazzoler (1996) como responsável por expressar a porcentagem que as gônadas representam do peso total ou do peso do corpo dos indivíduos, sendo um indicador eficiente do estado funcional dos ovários. Os autores Sales et al. (2015), na Bacia do Rio São Francisco – MG, estudando a espécie *Hyphessobrycon santae*; Artioli et al. (2003), no Canal Cornélio, Capão da Canoa – RS, para a espécie *Astyanax alburnos*; Barbieri (1982), na represa do Lobo – SP para *Astyanax fasciatus*; Dalla-Corte e Azevedo (2010), no curso superior do rio do Sinos, Caraá – RS, para *Astyanax henseli* e Veregue e Orsi (2003), no Ribeirão das Marrecas, Londrina – PR, para *Astyanax scabripinnis*, apesar dos locais de estudo serem diferentes, pequenas variações no IGS e resultados que são semelhantes aos obtidos neste estudo, uma elevação a partir de setembro, estendendo-se até o mês de janeiro para ambos os sexos. Gurgel (2004), para o *Astyanax fasciatus* no Rio Ceará Mirim – RN, determinou dados diferentes dos demais pesquisadores e aos desta pesquisa, revelando maior atividade reprodutiva no trimestre

fevereiro/março/abril para aquela região.

Segundo Querol et al. (2002), o fator de condição e o índice hepatossomático têm sido utilizados como indicadores do período reprodutivo, correlacionado a outros fatores como o IGS. Utilizado como forma de quantificar o estoque energético (glicogênio) de peixes, que é encontrado em grande quantidade nos tecidos do fígado e músculo (CYRINO et al., 2000), por isso o índice hepatossomático pode estar relacionado com a mobilização das reservas energéticas necessária para o processo de vitelogenese, reprodução ou preparação para o período de inverno, (QUEROL et al., 2002).

Em relação ao (IHS) das fêmeas de *A. jacuhiensis* neste estudo, observou-se um incremento em maio, indicando uma reserva de energia para o período de inverno, e outro incremento a partir do mês de agosto até o pico em outubro, correspondente ao período reprodutivo. Os dados obtidos para os machos também indicaram uma preparação para o período de inverno e reserva de energia para o processo de reprodução, sendo desta forma um bom indicador do período reprodutivo. Artioli et al. (2003), no canal Cornélios, Capão da Canoa – RS para *Astyanax alburnus* teve dados similares sugerindo uma sincronia dos processos reprodutivos. Este dado observado tem sido registrado para várias espécies da bacia do rio Uruguai médio, região deste estudo (QUEROL et al., 2002; 2004).

O fator de condição foi identificado também como um bom indicativo do período de reprodução para ambos os sexos. Barbieri et al. (1996) informam que o (K) pode ser definido como o estado de bem estar do peixe. Silveira (2014), para *A. fasciatus*, encontrou os valores médios do fator de condição semelhantes ao IGS, da mesma forma que encontramos para o *A. jacuhiensis*, sendo desta forma analisado juntamente com o IGS, um bom indicador do período de reprodução.

Em relação ao tipo de desova e fecundidade obtidos no presente estudo, respectivamente foi encontrado desova do tipo única e uma média de fecundidade de 3.245 ovócitos. Os dados são semelhantes aos encontrados por Dalla-Corte e Azevedo (2010), que obtiveram uma média de 3.597 ovócitos e desova única. Rodrigues et al. (1992) salientaram que a fecundidade aumenta proporcionalmente com o aumento do peso do ovário e encontraram um valor médio superior de fecundidade, 12.276 e Mazzoni et al. (2005), estudando o Rio Ubatiba, Maricá – RJ, obtiveram uma média de 10.941 ovócitos. Outros pesquisadores estudando espécies do mesmo gênero (*Astyanax*) encontraram uma desova do tipo parcelada (SOUZA, 2009; SILVEIRA, 2014; SALES et al., 2015).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram abordados os aspectos ligados à biologia reprodutiva de *Astyanax jacuhiensis* (Cope, 1984), na barragem da propriedade Santa Ana, Uruguiana, Brasil, com o intuito de investigar sobre contribuir para os estudos desenvolvidos na região do Pampa com vistas ao gerenciamento pesqueiro das espécies ícticas da Bacia do rio Uruguai médio e para o cultivo da espécies nativas em cativeiro. Foram capturados mensalmente, no período de abril de 2016 a março de 2017, 193 exemplares, sendo 129 fêmeas e 64 machos. O período reprodutivo foi determinado pela análise da variação mensal do índice gonadossomático (IGS), do índice hepatossomático (IHS) e o fator de condição gonadal (ΔK), observação macroscópica do estágio de desenvolvimento gonadal, além de fecundidade e tipo de desova. As análises demonstraram que o *A. jacuhiensis* tem seu período reprodutivo para fêmeas e machos de setembro estendendo-se até janeiro. A fecundidade média foi de 3.245 ovócitos. A espécie apresenta desova única. O IHS e ΔK também podem ser utilizados como indicadores do período de reprodução.

6. REFERÊNCIAS

- ARTIOLI, L. G. S.; JUNIOR, P. H. S. P.; DIEFENTHAELER, F. Período reprodutivo e alimentação de *Astyanax alburnus* no canal Cornélios, Capão da Canoa, Rio Grande do Sul (Teleostei, Characiformes, Characidae). **Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 115-122, 2003.
- BAGENAL, T. B.; BRAUN, E. Eggs and early life history. In: BAGENAL, T. B. (Ed.). **Methods for assessment of fish production in freshwaters**. 3 ed. Oxford: Blackwell, 1978. p. 154-190.
- BARBIERI, G.; SANTOS, M. V. R.; SANTOS, J. M. Época de reprodução e relação peso/comprimento de duas espécies de *Astyanax* (Pisces, Characidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 7, p. 1057-1065, 1982.
- BARRETO, B. P.; RATTON, T. F.; RICARDO, M. C. P.; ALVES, C. B. M.; VONO, V.; VIEIRA, F.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. Biologia reprodutiva do lambari *Astyanax bimaculatus* (Pisces, Characidae) no rio do Carmo, bacia do rio Grande, São Paulo. **Bios – Caderno do Departamento de Ciências Biológicas da PUC Minas**, Belo Horizonte, v. 6, n. 6, p. 121-130, 1998.
- CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; MARTINO, R. C. Retenção de proteína e energia em juvenis de “Black Bass” *Micropterus salmoides*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 609-616, 2000.
- DALA-CORTE, R. B.; AZEVEDO, M. A. Biologia reprodutiva de *Astyanax henseli* (Teleostei, Characidae) do curso superior do rio dos Sinos, RS, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 100, n. 3, p. 259-266, 2010.
- DIAS, J. F.; PERES-RIO, E.; CHAVES, P. T. C.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. Análise macroscópica dos ovários de teleósteos: problemas de classificação e recomendações de procedimentos. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 58, n. 1, p. 55-69, 1998.
- DIAS, T. S.; FIALHO, C. B. Biologia alimentar de quatro espécies simpátricas de Cheirodontinae (Characiformes, Characidae) do rio Ceará Mirim, Rio Grande do Norte. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 99, n. 3, p. 242-248, 2009.
- ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. **Species of fishes by family/subfamily**. 2011. Disponível em <<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>>. Acesso em: 04 julho 2018.
- GALARÇA, R. C. G.; MULLER, I. T. G.; FILHO, H. S.; SOARES, R. E.; CUNHA, P.; GRALHA, T. S.; PESSANO, E. F. C.; QUEROL, M. V. M. Período reprodutivo de fêmeas de *Hypostomus commersoni* Valenciennes, 1836, em uma barragem na bacia do rio Uruguai. **Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 87-96, 2014.
- GURGEL, H. C. B. Estrutura populacional e época de reprodução de *Astyanax fasciatus* (Cuvier) (Characidae, Tetragonopterinae) do Rio Ceará Mirim, Poço Branco, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 131-135, 2004.
- KAVALCO, K. F. **Estudos evolutivos no gênero *Astyanax* (Pisces, Characidae)**. 2008. 197 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.
- MALABARBA, L. R.; CARVALHO NETO, P.; BERTACO, V. A.; CARVALHO, T. P.; DOS SANTOS, J. F.; ARTIOLI, L. G. S. **Guia de identificação dos peixes da bacia do rio Tramandaí**. Porto Alegre: Via Sapiens, 2013. 140 p.

- MAZZONI, R.; MENDONÇA, R. S.; CARAMASCHI, E. P. Reproductive biology of *Astyanax janeiroensis* (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, Maricá, RJ, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 65, n. 4, p. 643-649, 2005.
- MOTA, T. F. M.; PRIOLI, S. M. A. P.; PRIOLI, A. J. Estudos filogenéticos da ordem Characiformes: tendências e carências. **Ciências Biológicas da Saúde**, Ponta Grossa, v. 20, n. 1, p. 21-36, 2014.
- NOMURA, H. Fecundidade, maturação sexual e índice gônado-somático de lambaris do gênero *Astyanax* Baird & Girard, 1854 (Osteichthyes, Characidae), relacionados com fatores ambientais. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 35, n. 4, p. 775-798, 1975.
- OLIVEIRA, C.; AVELINO, G. S.; ABE, K. T.; MARIGUELA, T. C.; BENINE, R. C.; ORTÍ, G.; VARI, R. P.; CASTRO, R. M. C. Phylogenetic relationships within the speciose family Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) based on multilocus analysis and extensive ingroup sampling. **BMC Evolutionary Biology**, London, v. 11, n. 1, p. 275-300, 2011.
- PACHECO, R. B.; GIULIANO-CAETANO, L.; JUNIOR, H. F. J.; DIAS, A. L. Cytogenetic data on *Astyanax jacuhiensis* (Characidae) in the lago Guaíba and tributaries, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 667-671, 2010.
- PORTO-FORESTI, F. **Análise das regiões organizadoras de nucléolo polimórficas em truta Arco-íris** (*Onchorhynchus mykiss*): mecanismo de herança e efeitos no desenvolvimento. 2001. 119 f. Tese (Doutorado em Biociências) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2001.
- PORTO-FORESTI, F.; CASTILHO-ALMEIDA, R. B.; FORESTI, F. Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Ed.). **Espécies nativas para piscicultura**. 1 ed. Santa Maria: UFMS, 2005. p. 105-120.
- QUEROL, M. V. M.; QUEROL, H.; GOMES, N. N. A. Fator de condição gonadal, índice hepatossomático e recrutamento como indicadores do período de reprodução de *Loricariichthys platymetopon* (Osteichthyes, Loricariidae), Bacia do rio Uruguai médio, Sul do Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 92, n. 3, p. 79-84, 2002.
- QUEROL, M. V. M.; QUEROL, E.; PESSANO, E. F. Influência de fatores abióticos sobre a dinâmica da reprodução do cascudo viola *Loricariichthys platymetopon* (Isbrucker & Nijssen, 1979) (Osteichthyes, Loricariidae), no reservatório da estância Nova Esperança, Uruguaiana, bacia do Rio Uruguai, RS, Brasil. **Biodiversidade Pampeana**, Uruguaiana, v. 2, n. 1, p. 24-29, 2004.
- RODRIGUES, A. M.; CAMPOS, E. C.; SANTOS, R. A.; JUNIOR, J. M.; CAMARA, J. J. C. Tipo de desova e fecundidade do tambuí *Astyanax bimaculatus* Linnaeus, 1758 (Pisces, Characiformes, Characidae), na Represa de Ibitinga, estado de São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 309-315, 1992.
- SALES, M. L.; BRAGA, E. P. R.; MAGALHÃES, A. L. B.; MAIA, B. P.; RATTON, T. F. Reproductive biology of the lambari *Hyphessobrycon santae* (Eigenmann, 1907) (Pisces: Characidae) in the Fazenda Lagoa do Nado Urban Park, São Francisco river basin, Minas Gerais/Brazil. **Revista Brasileira de Zootecias**, Juiz de Fora, v. 16, n. 1, p. 55-65, 2015.
- SATO, Y.; SAMPAIO, E. V.; FENERICH-VERANI, N.; VERANI, J. R. Biologia reprodutiva e reprodução induzida de duas espécies de *Characidae* (Osteichthyes, Characiformes) da bacia do São Francisco, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 267-273, 2006.
- SILVA, J. P. A.; MUELBERT, A. E.; OLIVEIRA, E. C.; FÁVARO, L. F. Reproductive

- Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) tactics used by the lambari *Astyanax aff. fasciatus* in three water supply reservoirs in the same geographic region of the upper Iguazu River. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 885-892, 2010.
- SILVEIRA, E. L. **Estrutura populacional, biologia reprodutiva e alimentar de espécies de *Astyanax* Baird & Girard, 1854 (Teleostei: Characidae) na bacia do rio São João, Carambeí, Paraná.** 2014. 166 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2014.
- SIMPSON, G. G. The species concept. **Evolution**, New York, v. 5, n. 4, p. 285-298, 1951.
- SOSTOA, A. **Las comunidades de peces del Delta Del Ebro.** 1983. 622 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universitat de Barcelona, Barcelona. 1983.
- SOUZA, U. P. **Biologia e ciclo de vida de *Astyanax cf. scabripinnis paranae* Eigenmann, 1914 (Characidae, Tetragonopterinae), no Ribeirão Grande, Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo Santa Virginia, SP.** 2009. 130 f. Tese (Doutorado em Zoologia) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2009.
- VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Maringá: Eduem/SBI/CNPq/Nupelia, 1996. 169 p.
- VEREGUE, A. M. L.; ORSI, Y. M. L. Biologia reprodutiva de *Astyanax scabripinnis paranese* (Eigenmann) (Osteichthyes, Characidae), do ribeirão de Marrecas, bacia do rio Tibagi, Paraná. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 20, n. 1, p. 97-105, 2003.
- VILELLA, F. S.; BECKER, F. G.; HARTZ, S. M. Diet of *Astyanax* species (Teleostei, Characidae) in an Atlantic Forest River in Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 223-232, 2002.

CAPÍTULO 22

ESTADO DO CONHECIMENTO INTERNACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS E PESQUEIROS DA BACIA DO RIO URUGUAI

Danilo Araujo Soares Pereira

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Formador de uma das maiores e mais importantes drenagens da América do Sul e da Terra junto ao sistema Paraná-Paraguai, o rio Uruguai percorre mais de 2.000 km entre o Brasil, a Argentina e o Uruguai drenando uma área equiparável ao tamanho da Alemanha na bacia do Prata. Entre florestas úmidas, planícies e áreas alagáveis, a bacia do rio Uruguai constitui duas decisivas ecorregiões globais de água doce – o “Alto Uruguai” e o “Baixo Uruguai” – frente pressões econômicas e ecológicas históricas envolvendo ambientes e espécies de água doce (Figura 1 e Mapa 1). Assim, esse capítulo busca discorrer brevemente demandas socioeconômicas e questões político-ambientais acerca dos recursos hídricos na bacia do rio Uruguai, além de apontar desenvolvimentos técnico-científicos iminentes para o estado do conhecimento dos recursos pesqueiros nas ecorregiões.

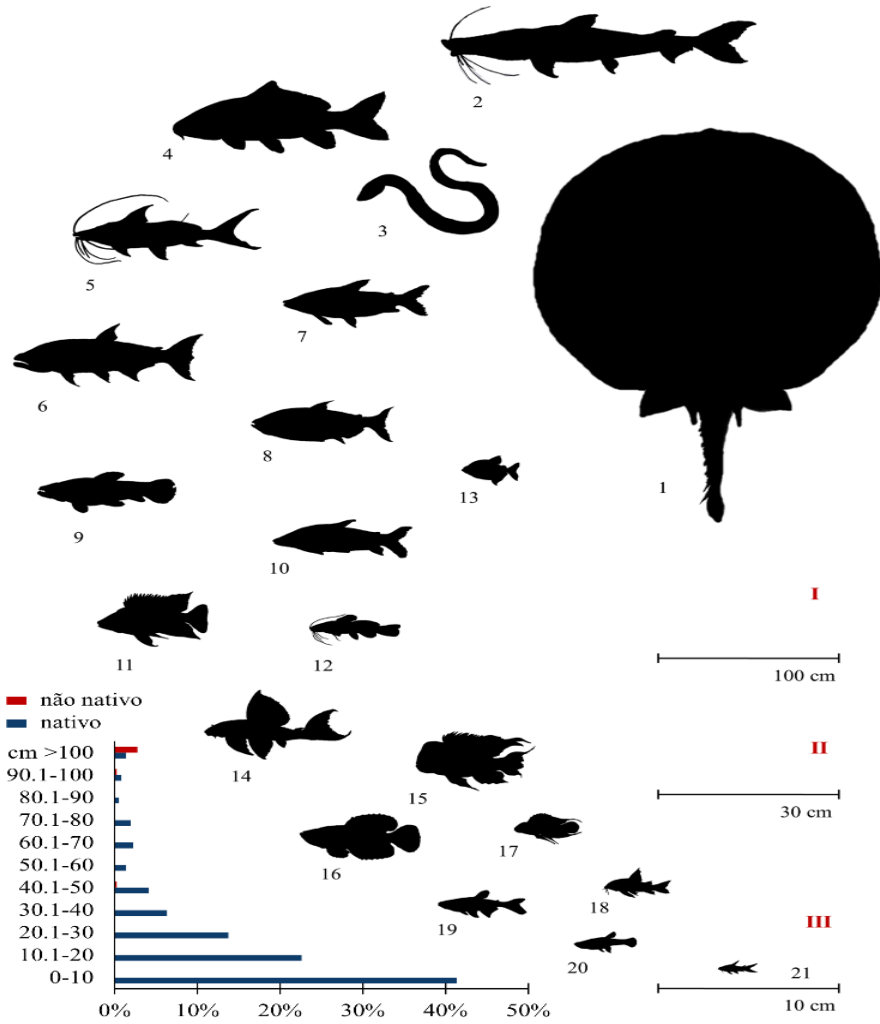
2. ÁREA DE ESTUDO

Os ecossistemas e organismos aquáticos (de água doce) são normalmente estudados através de três limitantes: hidrográficas, biogeográficas e geopolíticas.

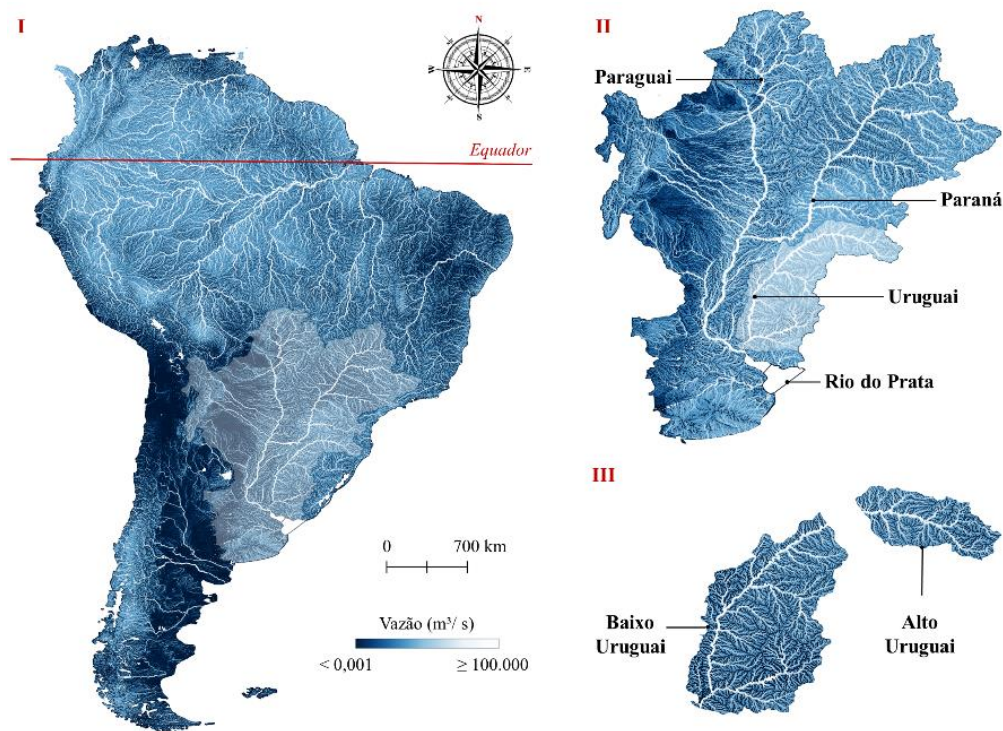
Características hidrográficas

O rio Uruguai origina-se da confluência dos rios Pelotas e Canoas dando seguimento a uma extensão de 1.800 km – ou cerca 2.200 km, se considerada a extensão o rio Pelotas – resultando em uma bacia hidrográfica de 353.451 km² (CIC, 2017). Com nascentes entre montanhas e vales da Serra Geral, a drenagem do rio Uruguai conta com altitudes superiores à 1.800 m até elevações próximas ao nível do mar. Em seu primeiro trecho, assume a direção leste-oeste, recebendo águas do rio do Camaquã, Forquilha, Apuaê-Inhandava e Passo Fundo (margem esquerda) e do Peixe, Chapecó até o rio Peperi-Guaçu (margem direita) (Righi & Robaina, 2010). É nessa passagem onde se encontra o maior salto longitudinal do mundo: o salto de Yucumã. Em seguida, passa a exercer sentido sudoeste com destaque aos afluentes da margem direita representados pelo rio Ijuí, Ibicuí e Quaraí, onde passa a escoar na direção sul. Por fim, recebe as águas do rio Negro desaguando na confluência com o sistema Paraná concebendo o rio da Prata, cujas águas se estendem ao longo do estuário de “La Plata” até finalmente alcançarem o Oceano Atlântico (CIC, 2017). A bacia do rio Uruguai sozinha abrange uma área equivalente à 11,1% de toda a bacia Platina constituindo importantes corredores e barreiras biogeográficas além de diferentes limites geopolíticos e interesses socioeconômicos.

Figura 1. Fauna de peixes da bacia do rio Uruguai. Fonte: Ilustrações por Danilo Araujo Soares Pereira. Tamanhos máximos disponibilizadas pela FISHBASE (2022). (Ver tópico 5 “Ecologia” para identificação dos grupos).



Mapa 1. Bacia do rio Uruguai em seus contextos hidrográficos (LEHNER *et al.* 2008; LEHNER & Grill, 2013; MESSENGER *et al.*, 2016) e biogeográficos (ABEL *et al.*; 2008): I. América do Sul, com destaque à bacia do Prata (REIS *et al.*, 2016); II. bacia Platina apontando os sistemas dos rios Paraná-Paraguai-Uruguai ao Rio da Prata, com ênfase às ecorregiões do rio Uruguai; III. Ecorregiões do alto e baixo Uruguai.



Fonte: Mapas por Danilo Araujo Soares Pereira.

Biogeografia

De escala global a regional e também molecular, a fauna e flora continental é classicamente estudada e compreendida – tanto do ponto de vista técnico-científico, como em termos populares – pelos biomas terrestres. Mesmo nesse contexto, a biodiversidade da bacia do rio Uruguai pode ser compreendida pelos biomas globais (OLSON *et al.*, 2001) (e sul-americanos) de florestais tropicais úmidas (Mata Atlântica), campos de vegetação subtropical (Pampa brasileiro e Uruguio), campos temperados de vegetação baixa (Pampa Argentino) e áreas úmidas (banhados). Considerando-se abordagens mais adequadas (Figura 2), a fauna aquática do rio Uruguai é observada através de duas grandes ecorregiões de água doce – alto Uruguai e baixo Uruguai (ABEL *et al.*, 2008; REIS *et al.*, 2016) – associadas às drenagens próprias dos sistemas Paraná-Paraguai e do rio da Prata.

Geopolítica

De caráter fronteiriço-internacional, além de estabelecer limites entres os estados brasileiros de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, o rio Uruguai segrega os territórios Brasil-Argentina e Argentina-Uruguai ao longo do seu percurso. Somente a Região Hidrográfica do rio Uruguai brasileira inclui uma área equivalente 274.300 km² (ANA, 2016). As sub-bacias do Brasil contam com mais de 400 municípios de importância sociocultural incluindo Lages, Concórdia, Chapecó e São Miguel do Oeste no Estado de Santa Catarina, e cidades como Erechim, Santa Rosa, São Miguel das Missões, São Borja, Alegrete, Uruguaiana e Santana do Livramento no Rio Grande do Sul. Embora em termos internacionais a bacia hidrográfica ocupe diminuto território argentino, no Uruguai a drenagem abrange cidades importantes como Salto, Paysandú, Riveira e dentre outras menores (CIC, 2017). Diversas dessas e outras localidades estão estrategicamente posicionais próximas às capitais, importantes centros urbanos ou atuam como vias de transporte internacionais dentro da bacia do rio Uruguai – incluindo através hidrovias.

3. DEMANDAS SOCIOECONÔMICAS

Conforme o Comitê Coordenador Intergovernamental dos Países da Bacia do Prata (CIC, 2017), o complexo Paraná-Paraguai-Uruguai integra capitais de todos os seus territórios de drenagem – Brasil, Argentina, Uruguai, Bolívia e Paraguai – com uma população estimada em ao menos 111 milhões de habitantes. Estima-se que os sistemas contemham com cerca de 70% de todo o Produto Interno Bruto (PIB) destas nações movimentados entre geração de energia, produção de alimentos e desenvolvimentos industriais somados a serviços e outros eixos econômicos invariavelmente imanentes à gestão da água. A bacia do rio Uruguai sustenta importantes atividades agroindústrias, abastecimento urbano e aproveitamentos hidrelétricos – cerca de 40 de relevância apontadas pela conjuntura dos recursos hídricos do Brasil (2016) – dados por uma elevada capacidade de geração de energia decorrentes de sucessíveis desníveis topográficos. Os balanços hídricos brasileiros apontando a maior demanda desviada à irrigação com uma área irrigada de cerca 8,0% seguidos pelo abastecimento público (6,0%) e usos industriais diversos (6,0%). No alto Uruguai, a produção animal se volta à suinocultura e avicultura e à agricultura ao cultivo de soja. No baixo Uruguai, ganha-se destaque a criação de bovinos e arroz no Brasil (ANA, 2021), com destaque também a indústria de celulose no Uruguai.

4. QUESTÕES POLÍTICO-AMBIENTAIS

As ameaças às águas atingem não somente os ambientes aquáticos, mas também trazem riscos à biodiversidade e instituem complexidades para a manutenção da vida humana no mundo todo. Esses efeitos – cumulativos e derivadas, de escala global à continental e molecular, reversíveis ou não – estão frequentemente atrelados barramentos hídricos, mudança da cobertura vegetal e atividades agroindustriais e à urbanização e poluição na América do Sul. No rio Uruguai, diversos conflitos de interesse sobre a água são pontuados em gestões transnacionais, onde ao menos 14 espécies estão ameaças de extinção em algum nível (Tabela 1). Perdas de ecossistemas, impactos de obras hidráulicas e vulnerabilidades perante inundações são problemáticas em comum em ambas regiões, diferenciando-se na poluição industrial na porção alto e conflitos de usos da água no baixo Uruguai (CIC, 2016). Efluentes de resíduos urbanos (esgoto) com pouco ou nenhum tipo de tratamento são reportados em praticamente toda extensão da drenagem. A agroindústria, em termos de

suínos e aves, tem sido apontada em questões de tratamento de dejetos. A agricultura apresenta faltas de práticas de conservação do solo e sabido uso agroquímicos, além de notificações de erosões causadas por exploração madeireira e agricultura. A contaminação do solo devido às atividades mineiras também é citada.

Tabela 1. Grupos protegidos e estado de conservação de espécies ameaçadas da bacia do rio Uruguai.

Unidades taxonômicas	CITES	IUCN/ MMA (BR)		CR
	Appendix	VU	EN	
	Número de táxons projetados			
Animalia				
Chordata				
Pisces				
Elasmobranchii 1				
Myliobatiformes 2	2			
Actinopteri 3				
Characiformes 4			1	2
Siluriformes 5		1	2	
Cichliformes 6		2		
Cyprinodontiformes 7		2	2	2
Total	2	5	5	4

Fonte: dados compilados da CITES – Apêndice II – (2022) para grupos de movimentação controlada e da IUCN (2022)/ MMA (BRASIL, 2022) para categorias da lista vermelha de espécies em risco de extinção (VU = vulnerável, EN = em perigo e CR = criticamente ameaçada).

¹ Classe dos tubarões, raias e arraias.

² Ordem das raias (incluindo as arraias de água doce).

³ Classes dos peixes de nadadeiras raiadas.

⁴ Ordem das traíras, piranhas, piavas, lambaris e afins.

⁵ Ordem dos *catfishes*, bagres, cascudos e afins.

⁶ Ordem dos carás, joanas, tilápias, ciclídeos e afins.

⁷ Ordem dos vivíparos, peixes-anuais, *killifishes* e afins.

5. DESENVOLVIMENTOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS

As questões a serem investigadas na bacia do rio Uruguai envolvendo a biodiversidade aquática devem levar em consideração suas complexidades socioeconômicas, bem como suas potencialidades em termos políticos-ambientais. Todavia, conhecimentos básicos acerca da identificação biológica, distribuição e ecologia fundamentais para a compreensão dos aspectos naturais e, conseqüentemente, pesqueiros-aquícolas da ictiofauna podem ainda ser caracterizadas como insatisfatórias e demandam maiores investigações.

Identificação biológica

A diversidade de peixes sul-americanos – principalmente do Brasil – é notadamente conhecida como a mais rica do mundo (REIS *et al.*, 2016). As projeções giram entre 5 e 9 mil espécies descritas e finais – cerca de 900 espécies descritas no complexo do Prata. Estima-se que haja entorno de quatro centenas espécies diferentes no alto e baixo Uruguai –

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) equiparável a fauna europeia (FREYHOF & BROOKS, 2011), – o que representaria entre metade e um terço de todos peixes do complexo do Prata e apenas uma pequena parte da fauna Neotropical. Embora inserida numa região que passou de áreas de sub para densamente amostrada (BERTACO *et al.*, 2016), é difícil prever com precisão a riqueza de espécies da bacia Platina e mais ainda das ecorregiões do rio Uruguai.

Distribuição geográfica

Informações ictiofaunísticas sobre a composição específica e suas ocorrências encontram-se fragmentadas em escalas temporais e espaciais com publicações em intervalos esparsados (décadas diferentes) e localidades dispersas entre si (em “trechos” ou “sub-bacias”) em diferentes documentos legais, livros, artigos científicos, produções acadêmicas diversas e outras fontes bibliográficas tradicionais. Bases de Dados rotineiramente usadas por diferentes partes mais e mais envolvidas com a globalização da biodiversidade – como o *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2022) e o brasileiro *SpeciesLink* – além de possuírem filtros limitados para distribuição espacial da fauna, frequentemente apresentam múltiplos erros e incertezas em registros de ocorrência, incluindo identificações de taxonômicas equívocas, defasagens quanto a descrições de localidades e coordenadas geográficas imprecisas. Até mesmo robustos recursos ictiológicos como a *FishBase* (2022) e o *Eschmeyer’s Catalog of Fishes* (2022) pode apresentar espécies não-confirmadas ou subdimensionar táxons para determinadas unidades. Todavia, produções técnico-científicas revisadas possuem maior confiabilidade de informações enquanto databases apresentam excelentes atualizações e volume dados, tornando o uso combinado uma ferramenta altamente potencial para confirmações de informações diversas.

Ecologia

A composição faunística da bacia do rio Uruguai parece seguir padrões semelhantes ao observado nas ecorregiões aquáticas da América do Sul (REIS *et al.*, 2016) e ao determinado por diferentes autores (Querol *et al.*, 2015; Bertaco *et al.*, 2016) ao longo de seus percursos e afluentes, tendendo a ser dominada por Siluriformes (cascudos, bagres e outros “catfishes), Characiformes (lambaris, tetras e pequenos caracídios) e por Cichliformes (carás, joanas e ciclídeos anões). Isso inclui grupos icônicos de importância zoológica, ecológica e pesqueira (Figura 1) como: 1. arraia-gigante-de-rio (*Potamotrygon brachyura*), 2. surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*), 3. muçum (*Synbranchus marmoratus*), 4. carpa-húngura (*Cyprinus carpio*), não-nativa, 5. pati (*Luciopimelodus pati*), 6. dourado (*Salminus brasiliensis*), 7. piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), 8. grumatã (*Prochilodus lineatus*), 9. traíra (*Hoplias spp.*), 10. piava (*Megaleporinus obtusidens*), 11. tilápia (*Oreochromis niloticus*), 12. jundiá (*Rhamdia quelen*), 13. palometa (*Serrasalmus marginatus*), 14. cascudo (*Hypostomus spp.*), 15. cará (*Gymnogeophagus balzanii*), 16. peixe-anual (*Austrolebias nigripinnis*), 17. apisto-borelli (*Apistogramma borellii*), 18. 19. enfermeirinha (*Aphyocharax anisitsi*), 20. coridora (*Corydoras aeneus*) guaru (*Cnesterodon decemmaculatus*) e 21. Coridora-anã (*Corydoras hastatus*).

É importante notar que, assim como o observado em outras bacias hidrográficas (OTA *et al.*, 2018), as mudanças no entendimento filogenético da ictiofauna advindos de novas avaliações morfométricas e, principalmente, de novas abordagens moleculares devem modificar a composição taxonômica da fauna bem como a sua nomenclatura zoológica. Assim, grupos taxonômicos ou espécies “muito comuns” e “amplamente distribuídas” como as traíras, caracídeos, carás, tuviras, jundiás, muçuns e até mesmo as arraias podem revelar

sinonimizações, ressurreições e identificações de novos táxons muito em breve.

Além de aspectos sistemáticos e de nomenclatura zoológica, investigações dos morfofisiológicos associados a outros aspectos ecológicos como tamanho, reprodução, alimentação, hábito de vida, migração e limites de ocorrência devem ser considerados, sobretudo, frente às mudanças ambientais. Pouco se sabe sobre a maior arraia-gigante que, além de constituir o único grupo entre os tubarões e as arraias adaptado à água doce (Potamotrygonidae), é a maior arraia dulcícola do mundo. Ainda é difícil estimar se espécies não-nativas são apenas introduzidas ou invasoras (FONTOURA *et al.* 2016). Diferentes espécies parecem responder às alterações de ecossistemas mudanças tróficas na dieta e comportamento. O dourado, cujos registros apontavam migrações superiores a 1.440 km (SVERLIJ & ESPINACH-ROS, 1986), hoje se encontram limitados pelos barramentos. Mesmo dentre exemplares de megafauna é difícil estimar a o alcance de ocorrência dos peixes (Barradas *et al.*, 2012) – aspectos intrínsecos para determinação de espécies em risco de extinção junto à modificação de habitats.

A perda de cobertura vegetal e uso do solo por processos agropecuários, industriais e urbanizadores ou até mesmo logísticos e hidroviários – no caso da Argentina e Uruguai – podem aumentar taxas de erosão do solo e pronunciar a sedimentação, descaracterizando ecossistemas aquáticos, além de contribuírem para potenciais impactos ecotoxicológicos e riscos de eutrofização das águas através do escoamento de produtos e demais poluentes. Isso reforça preocupações ao se considerar a presença de águas subterrâneas posto também o aquífero Guarani – um dos maiores no mundo – diante à questões de seguridade da qualidade da água. Os barramentos, incluindo hidrelétricos e reservatórios, são frequentemente apontados como uma das maiores ameaçadas a biodiversidade aquática (FONTOURA *et al.*, 2016, REIS *et al.*, 2016). O fato se explica dentre as várias alterações exercidas pela construção refletindo em impedimentos migratórios, limitações da distribuição espacial, alterações reprodutivas, homogeneização da fauna, morte de peixes recém-eclodidos, introdução de espécies não-nativas e prejuízos socioeconômicos dificilmente mensuráveis.

6. ATIVIDADES PESQUEIRAS E AQUÍCOLAS

Dados globais da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura do Estado Mundial da Pesca e Aquicultura (FAO/ SOFIA, 2022) apontam uma disponibilização global de 178 milhões de toneladas de pescado. Nesse contexto, a pesca (produção via captura em ambiente natural ou modificado) contribuiu com 90 milhões de toneladas (51,0%) e a aquicultura (produção via criação em cativeiro) proporcionou 88 milhões de toneladas (49,0%). Estima-se que ambas geraram um montante de primeira venda estimado em 406 bilhões de dólares.

Na América do Sul, as bacias encontram-se sob pressão pesqueira média (55,0%) à alta (15,0%). As capturas no sistema Paraná-Paraguai-Uruguai, teoricamente, contabilizam entre 0,25 e 0,50% de toda a produção pesqueira continental – maiores aos observados da Europa e América do Norte, mas inferior ao obtido na Amazônia (FAO/ SOFIA, 2020). Todavia, é difícil estimar essa estatística: as oscilações destes valores podem estar profundamente relacionadas com impactos ambientais, acesso das populações a outros itens alimentares (especialmente em desenvolvimento) ou simplesmente resultar da execução (ou inexistência) da cobertura de dados sem necessariamente refletir pressões de pesca em água doce. Embora o Brasil não realize levantamentos oficiais por mais de uma década, os grumatãs, traíras e surubins são grupos destacados (BRASIL, 2011).

Na aquicultura, os últimos levantamentos apontam uma contribuição de apenas

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) 3,60% das Américas para do contexto global (SOFIA/ FAO, 2020). No Brasil, os levantamentos demonstram uma produção de 551,9 mil toneladas de pescado, onde a região sul se destaca com 31,4% de toda produção nacional (PPM/ IBGE). Todavia, esses valores são altamente impulsionados pelo Estado do Paraná (25,4%) através, principalmente, da tilapicultura sem maiores relações com a bacia do rio Uruguai. Em Santa Catarina, não necessariamente na no alto Uruguai, a produção se dá principalmente pela produção de tilápia (26,5 toneladas) e carpas (5,34 toneladas), enquanto no Rio Grande do Sul há inversão com maior parcela de carpas (8,12 toneladas) seguida pelas tilápias (4,6 toneladas) (SIDRA/ IBGE, 2020). A construção de hidrelétricas e outros barramentos no alto Uruguai favoreceram a iniciativas de introdução de espécies não-nativas para formação de estoques pesqueiros, bem como a aquicultura favorecem escapes, contabilizando-se ao menos 14 espécies alóctones à bacia Platina em ambas ecorregiões do rio Uruguai.

Alternativas pesqueiras e aquícolas que não pretendem necessariamente a produção de alimentos ou fins lucrativos podem ser preditas em maior ou menor grau para a bacia do rio Uruguai. A pesca esportiva – também conhecida como “amadora” ou “recreativa” – se destaca com potencialidade em ambas ecorregiões, especialmente diante a ocorrência de grandes migradores em trechos contínuos do próprio rio e seus afluentes (Barradas *et al.*, 2012), da presença de cidades muitas próximas umas das outras no alto Uruguai e de municípios com vias de fácil acesso a prováveis destinos do Pampa no baixo Uruguai. Todavia, a atividade não deve deixar de ser assistida ou ser isenta de investigações, posto que também podem contribuir o desenvolvimento de novos conhecimentos para conservação. Já o mercado de aquários e peixes ornamentais, diferente ao observado em capitais e grandes centros urbanos, não demonstra dispor de potencial público consumidor suficiente para sustentar grandes movimentações mercadológicas em seus municípios, limitando-se a um número muito restrito de espécies ocorrentes de questionável interesse comercial ao longo das ecorregiões quando comparadas às outras bacias hidrográficas da América do Sul e demais continentes – como as das drenagens Amazônicas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado do conhecimento da bacia demonstra ser relativamente bem ordenado quando comparada às outras drenagens sul-americanas diante suas complexidades socioecológicas (CIC, 2017). As ecorregiões do rio Uruguai apresentam tendências gerais positivas em relação à outras bacias hidrográficas da América do Sul e do Mundo. Acredita-se que apenas 3,50% destas espécies encontra sob risco de extinção enquanto a América do Sul apresenta até 10% da diversidade ameaçada e outros continentes projetam taxas até 10 vezes maiores ao acumulado no alto e baixo Uruguai (Reis *et al.*, 2016). Assim, estima-se estes recursos possam servir de pontos de partida para de novas investigações pautadas no desenvolvimento mais sustentável à tanto a bacia e manutenção vida humana quanto à vida aquática.

8. REFERÊNCIAS

- ABELL, R., *et al.* Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. **BioScience**, v. 58, n.5, p. 403–414. 2008.
- BRASIL. Agência Nacional das Águas (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Regiões Hidrográficas Brasileira – Edição Especial**. Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Disponível em: www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-deconteudos/conjuntura-dos-recursos-

[hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf](#) Acesso: 29 ago. 2022.

BRASIL. Agência Nacional das Águas (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2021**. Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/porta1/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_2021_pdf_final_revdirec.pdf Acesso: 29 ago. 2022.

BARRADAS, J. R. S., SILVA, L. G., HARVEY, B. C., & FONTOURA, N. F. Estimating migratory fish distribution from altitude and basin area: a case study in a large Neotropical river. **Freshwater Biology**, v. 57, n. 11, 2297–2305. 2012.

BERTACO, V. A., FERRER, J., CARVALHO, F. R., & MALABARBA, L. R. Inventory of the freshwater fishes from a densely collected area in South America—a case study of the current knowledge of Neotropical fish diversity. **Zootaxa**, v. 4138, n. 3, 401. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria Nº 148, de 7 de Junho de 2022**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf Acesso: 29 ago. 2022.

CITES. Cites appendix. Disponível em: <https://cites.org/eng/app/appendices.php> Acesso: 29 ago. 2022.

COMITÉ INTERGUBERNAMENTAL COORDINADOR DE LOS PAÍSES DE LA CUENCA DEL PLATA (2017) **Análisis Diagnóstico Transfronterizo de la Cuenca del Plata-ADT**. - 1a ed. Organización de los Estados Americanos, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Disponível em: https://www.idesf.org.br/wp-content/uploads/2020/11/analisis_diagnostico_transfronterizo_de_la_cuenca_del_plata.pdf Acesso: 29 ago. 2022.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 – Sustainability in action**. Rome. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca9229en> Acesso: 29 ago. 2022.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation**. Rome, FAO. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0461en> Acesso: 29 ago. 2022.

FISHBASE (2022). **FishBase: A Global Information System on Fishes**. Disponível em: <https://www.fishbase.in/home.htm> Acesso: 29 ago. 2022.

FREYHOF, J. & BROOKS, E. European Red List of Freshwater Fishes. **Luxembourg: Publications Office of the European Union**. 2011. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/downloads/European_freshwater_fishes.pdf Acesso: 29 ago. 2022.

FRICKE, R., ESCHMEYER, W. N. & R. VAN DER LAAN (eds) 2022. **Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References**. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> Acesso: 29 ago. 2022.

FONTOURA, N. F. *et al.* Aspects of fish conservation in the upper Patos Lagoon basin. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 315–336. 2016. 2016.

GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY (GBIF). **Search occurrences**. Disponível em: https://www.gbif.org/pt/occurrence/search?occurrence_status=present&q= Acesso: 29 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Pecuária Municipal 2020**. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2020_v48_br_informativo.pdf

- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **Red List of Threatened Species**. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/> Acesso: 29 ago. 2022.
- LEHNER, B., VERDIN, K., JARVIS, A. (2008). New global hydrography derived from spaceborne elevation data. *Eos, Transactions, AGU*, 89(10): 93-94. doi:10.1029/2008EO100001
- LEHNER, B., GRILL, G. Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. **Hydrological Processes**, v. 27, n. 15, 2171–2186. 2013. Disponível em: www.hydrosheds.org
- MESSAGER, M.L., LEHNER, B., GRILL, G., NEDEVA, I., & SCHMITT, O. Estimating the volume and age of water stored in global lakes using a geo-statistical approach. **Nature Communications**. 2016. Disponível em:13603. doi: 10.1038/ncomms13603 Acesso: 29 ago. 2022.
- QUEROL, M. V. M., PESSANO, E. F. C, GRALHA, T. S., SOUZA, M. A. A., MACHADO, M. M., & OLIVEIRA, L. F. S. **Aspectos da biologia e ecologia de peixes da bacia do rio Uruguai médio: conservação e aproveitamento comercial das espécies**. Uruguaiana: Fundação Universidade Federal do Pampa. 1. ed. , 2015. 253p.
- REIS, R. E., ALBERT, J. S., DI DARIO, F., MINCARONE, M. M., PETRY, P., & ROCHA, L. A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n.1, 12–47. 2016.
- RIGHI, E.; ROBAINA, L. E. DE S. Enchentes do Rio Uruguai no Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005: uma análise geográfica. **Sociedade & Natureza, Uberlândia**, v. 22, n.1, p. 35-54. 2010.
- OLSON, D. M. *et al.* Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. **BioScience**, v. 51, n. 11, p. 933. 2001.
- OTA, R. R., DEPRÁ, G. DE C., GRAÇA, W. J. DA, & PAVANELLI, C. S. (2018). Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n.2. Disponível em: doi:10.1590/1982-0224-20170094 Acesso: 29 ago. 2022.
- SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA – SIDRA. **Pesquisa da Pecuária Municipal: Tabela 3940 – Produção da Aquicultura, por tipo de produto**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940> Acesso: 29 ago. 2022.
- SPECIESLINK. **speciesLink network**. 2022. Disponível em: <https://specieslink.net/search/> Acesso: 29 ago. 2022.
- SVERLIJ, S. B., ESPINACH-ROS, A. (1986). El dorado, *Salminus maxillosus* (Pisces, Characiformes), en el rio de la Plata y rio Uruguay Inferior. **Ver. Invest. Desarr. Pesq.**, v.6: pp. 57–75.

CAPÍTULO 23

PESCA NO RIO URUGUAI: DADOS QUANTITATIVOS SOBRE O MUNICÍPIO DE URUGUAIANA.

Cristiano Miguel Stefanello
Marcus Vinicius Molini Querol
Renata Colbeich da Silva
Alexandra Pretto

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pesca artesanal é considerada uma das atividades mais antigas exercidas pela humanidade. Em período anterior ao Neolítico, proporcionou a quem praticava o exercício, adquirir um vasto conhecimento sobre os aspectos relacionados ao ciclo de vida das espécies, época de reprodução e concentração de cardumes (DIEGUES, 2004). Ao longo dos séculos, a pesca foi se tornando uma atividade profissional, caracterizada como uma aprendizagem passada de geração a geração.

Ao longo do tempo, o Brasil tornou-se o maior produtor de peixes de captura continental da América Latina e 13º no ranking mundial (FAO, 2018). Segundo dados divulgados pelo MAPA (2011), a captura pela pesca extrativista continental no país foi de 249,6 mil toneladas, destas, 5.472 toneladas foram capturadas na região sul, representando 2,2% da captura total.

A contribuição da pesca continental, embora possa parecer pequena, em comparação à captura marinha e à aquicultura, tem mantido uma tendência de crescimento de aproximadamente 2% ao ano a nível mundial (FAO, 2012). Embora haja estatísticas contraditórias, uma análise temporal dos dados mostra que essa atividade continuou a crescer, apresentando certa oscilação ao longo dos anos (MARTINSA et al., 2015). Vale ressaltar que a pesca de água doce é uma atividade tradicional no país, sendo a única fonte de proteína disponível em algumas populações ribeirinhas (HILSDORF et al., 2006).

Desde 2014 não ocorre a atualização dos números sobre a pesca. A falta de dados mais recentes por parte de órgãos governamentais é um desafio adicional para as pesquisas, tanto em relação aos pesqueiros, quanto para pensar os conservacionistas em ambientes tropicais. Mesmo em curtas séries de dados, geralmente encomendadas em pesquisas feitas por órgãos particulares, os dados da pesca são inexistentes, não estão contemplados. . Neste sentido, não há uma pluralidade em números para pensar sobre a pesca. A única entidade que segue mais ativa é a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), no âmbito da erradicação da fome e combate à pobreza, mas em escala global e não local.

Estimativas apontam que no mundo existam em torno de 39 milhões de pescadores (14% destes sendo mulheres), e 156 milhões de trabalhadores indiretamente envolvidos com a pesca, principalmente no processamento, transporte e comercialização do pescado. Nessas fases pós captura a presença das mulheres chega a 59% (FAO, 2020). Globalmente, a pesca em pequena escala emprega 90% dos pescadores, assumindo grande importância quanto à segurança alimentar, à redução da pobreza e ao fornecimento de proteína de alta qualidade (FAO, 2012).

O Rio Grande do Sul possui mais de 14 mil pescadores artesanais na pesca marinha e

continental, e, envolve pessoas que trabalham na limpeza de peixes, concerto de redes e embarcações, e na comercialização do pescado (EMATER, 2021). Eles estão organizados em 31 colônias de pescadores e 9 cooperativas de pescadores artesanais de acordo com o Programa RS Pesca e Aquicultura do ano de 2011 (SILVA, 2015). No estado, a pesca é dividida em grandes grupos de acordo com suas regiões e bacias, com destaques para: rio Jacuí e afluentes, Lago Guaíba, Lagoa dos Patos e Rio Uruguai (incluindo rios Quaraí e Ibicuí).

Já na região da fronteira oeste gaúcha, a economia é baseada no comércio entre os países fronteiriços, transporte internacional, e agropecuária. A região é importante produtora de carne bovina e arroz do país e a atividade pesqueira fica como subsistência. A pesca é a principal fonte de renda e de alimentos para os ribeirinhos e, além disso, muitos a usam como atividade complementar junto ao plantio de alimentos e criação de outros animais para alimentação. A pesca no município de Uruguaiana é praticada por comunidades ribeirinhas, pertencentes a associação de pescadores artesanais e colônia de pescadores Z9, com diferentes potenciais de pesca, e que em geral, exercem as atividades com o auxílio de suas famílias.

A cadeia produtiva da pesca artesanal nessa região tem suas potencialidades e fragilidades, como: a dependência de renda dos pescadores em relação direta aos estoques dos peixes de piracema, por exemplo a piava. A pesca é proibida nos meses de outubro até final de janeiro, período chamado de defeso da piracema, onde a prática de pesca é considerada crime pois, é época de reprodução das espécies da região. Para não prejudicar o sustento dos pescadores, eles recebem o seguro-desemprego no valor de um salário-mínimo. Esse seguro fornecido pelo Ministério do Trabalho durante esse período é permitido àqueles que não possuem outra atividade rentável além da pesca.

O rio Uruguai é um dos principais cursos fluviais do sul do Brasil. Se apresenta como uma fonte natural de vida de altíssima importância para a manutenção ecológica de diversos ecossistemas. Além de fornecer água para o abastecimento humano e da agropecuária, possui vastos recursos pesqueiros que possibilitam o desenvolvimento da pesca profissional artesanal na região, influenciando diversos aspectos sociais, econômicos e ambientais (PESSANO et al., 2008).

O rio Uruguai, é uma fonte rica em ictiofauna, com diversas espécies de peixes que podem ser pesquisadas no âmbito científico e econômico. Silva (2014) em um estudo sobre a diversidade espacial e temporal da ictiofauna do alto rio Uruguai, encontrou um total de 105 espécies, num espaço temporal equivalente a 17 anos de coletas compreendidas no período de 1995 a 2012. O resultado da análise foi de quase 200 mil exemplares de peixes.

Através de uma revisão bibliográfica, na região do Baixo Uruguai, Hahn e Cámara (2000), identificaram 251 espécies de peixes, incluindo espécies exóticas. No ano de 1998 Sverlij e colaboradores em conjunto com “La Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU)”, órgão internacional criado em conjunto entre Argentina e Uruguai para administrar ações e leis sobre o rio Uruguai nesses países, realizaram um importante e significativo trabalho nessa região, listando as 76 espécies capturadas com maior frequência. Esses dados foram atualizados para 81 espécies por Serra e colaboradores no ano de 2019.

Essa diferenciação em dados é explicada por Castro et al. (2018), afirmando que trabalhos de identificação de populações de espécies podem trazer erros taxonômicos. São erros que ocorrem principalmente nos registros. Verifica-se vários registros de espécies não descritas por diferentes autores, havendo a hipótese de registros de mesmas espécies ou espécies que ainda não foram descritas.

A bacia do rio Uruguai apresenta nove espécies no “Livro Vermelho de Espécies Ameaçadas” do ano de 2005, incluindo quatro peixes-anuais do gênero *Austrolebias*, dois

peixes de grande porte, como, o surubim (*Steindachneridion scriptum*) e a piracanjuba (*Brycon orbynianus*), e peixes de pequeno porte, sendo cascudo (*Hemiancistrus chlorostictos*), e o bagre (*Tatia boemia*) (ROSA e LIMA, 2005). Além dessas espécies, o dourado (*Salminus brasiliensis*) e o surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) também são considerados espécies ameaçadas de extinção, sendo que a pesca dessas espécies está proibida desde 2002 no Rio Grande do Sul.

O represamento do rio para produção de energia, o desmatamento e a poluição são prováveis razões do declínio dessas espécies nessa bacia. No Uruguai e na Argentina, a pesca de dourado e surubim está liberada e é um importante recurso econômico devido ao turismo com a pesca amadora e esportiva. No rio Uruguai são encontrados os maiores exemplares de dourados do mundo, podendo atingir um metro de comprimento e superar os 30 quilogramas (SERRA et al., 2019). Em 2022 está em discussão na província de Corrientes (Argentina) uma resolução (resolución N° 246) que limita a captura de apenas um exemplar dessas espécies e a proibição de seu transporte. Além do dourado e surubim, os peixes da família Anostomidae que inclui, por exemplo, os gêneros *Leporinus* e *Schizodon*, também são capturados na bacia do rio Uruguai (SVERLIJ et al., 2006; SERRA et al., 2019). As espécies pertencentes a esses gêneros são popularmente conhecidas como piava, piapara, piau, entre outros. Alguns exemplares desses gêneros podem atingir porte considerável, sendo de grande interesse comercial em virtude da palatabilidade de sua carne e da pesca amadora (SANTOS, 2000; SVERLIJ et al., 2006; SERRA et al., 2019).

Levando em consideração a diversidade da ictiofauna presente na bacia do rio Uruguai, a possível construção de novas hidrelétricas, a presença de espécies importantes ameaçadas de extinção, como o surubim e o dourado e a presença de espécies com alto potencial para uso na aquicultura, há necessidade de futuras pesquisas para a manutenção e conservação das espécies ameaçadas de extinção (LANES, 2018). Assim, esse capítulo tem por objetivo caracterizar a atividade pesqueira no município de Uruguaiana, demonstrando sua organização, áreas de pesca, acampamentos, espécies e quantidade de peixes capturados, percebendo o impacto dessas atividades no meio ambiente e de práticas conservacionistas sobre o meio ambiente, em dados quantitativos.

2. METODOLOGIA

O presente estudo configura-se como um recorte objetivo do projeto de pesquisa de doutorado “Percepção da educação ambiental entre pescadores do médio rio Uruguai, como gerador de estratégias educacionais e de qualidade de vida”, do primeiro autor, com registro no Sistema de Informação para Projetos de Pesquisa (SIPPEE) da Universidade Federal do Pampa (n° 20210719145147) e aprovado no Comitê de Ética na Pesquisa (CEP) da Instituição (parecer n° 53013221.6.0000.5323).

Para tal, foram realizadas 50 entrevistas com pescadores do município de Uruguaiana-RS (localização 29°46'55”S e 57°02'18”O) de abril a agosto de 2022. Foi aplicado um questionário híbrido (ANEXO 1) prevendo informações numéricas e ainda em *survey*, para obter informações qualitativas sobre o grupo pesquisado, suas opiniões, costumes e características locais sobre a pesca.

Os pescadores participantes são integrantes da Associação dos Pescadores Artesanais ou da Colônia de Pescadores Z-9, que atuam na pesca artesanal com Registro Geral da Atividade Pesqueira no MPA e que aceitaram participar da pesquisa mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Com estes, também foi realizada observação participativa vinculada as práticas de trabalho de pesca extrativista, acompanhamento da

rotina dos pescadores junto as suas famílias, reuniões e assembleias nas comunidades. Os dados foram registrados em diário de campo.

Na pesquisa em ensino, algo que sempre gera grandes debates é a aplicação de questionários estruturados e entrevistas, principalmente em se tratando de classes populares. Com pescadores, o estudo de Lima et al. (2019) demonstrou que muitos tinham dificuldade em ler e responder pois relataram que não tiveram oportunidade de estudar e que desde criança estiveram envolvidos com a atividade pesqueira. Assim, para os questionários, nesta pesquisa, foi adotado a visão de Richardson (1999), que descreve a aplicação desse instrumento de coleta de dados pelo contato direto, no qual o próprio pesquisador realiza as indagações, garantindo a explicação e a discussão dos objetivos da pesquisa e do instrumento de coleta, ou seja, o uso da técnica trouxe o cuidado de aplicabilidade individual e de leitura aos participantes quando necessário.

As informações foram tabuladas, analisadas e interpretadas. Para este texto, o questionário foi um instrumento de traçar o perfil e registrar a atividade pesqueira, descrever os métodos de pesca, identificar e quantificar as espécies capturadas pelos pescadores, bem como avaliar o modo de comercialização dos pescados. Também, foi questionado sobre a captura acidental de espécies proibidas como o dourado e surubim.

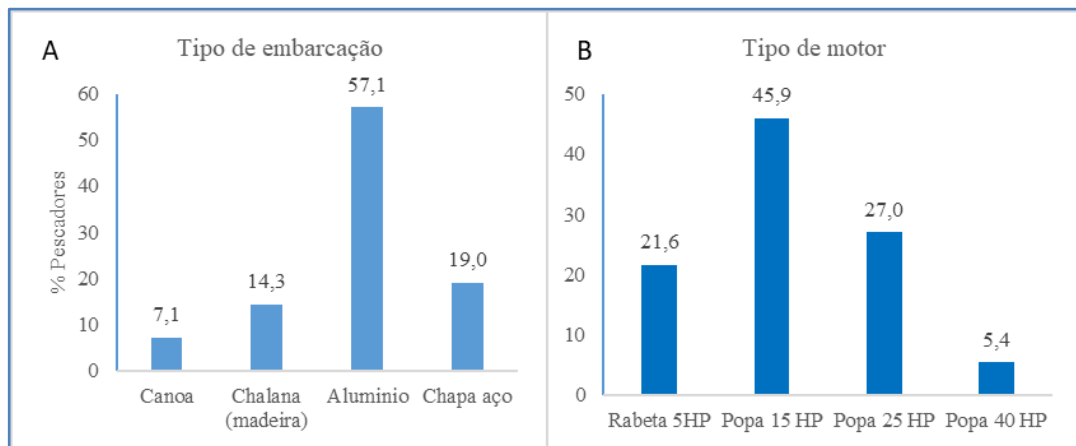
3. RESULTADOS

A pesca no rio Uruguai mostra um perfil semelhante no período em que esta atividade permanece liberada. Os pescadores entrevistados (n=50) fazem em média quatro pescarias por mês, ficando alojados em acampamentos nas matas as margens do rio, em média durante 6 dias. Muitos deles (43,8%) dividem o acampamento com outros pescadores, que quase sempre são membros da família.

A pesca utilizando embarcações é feita por 85% dos entrevistados, destes 79,6% são proprietários e 88,1% utilizam motorização. A maioria dos barcos utilizados são barcos de alumínio (57,1%), seguidos de barcos artesanais de chapa de aço feitos pelos próprios pescadores (19%) e chalanas em madeira (14,3%), conforme pode ser observado na Figura 1(A).

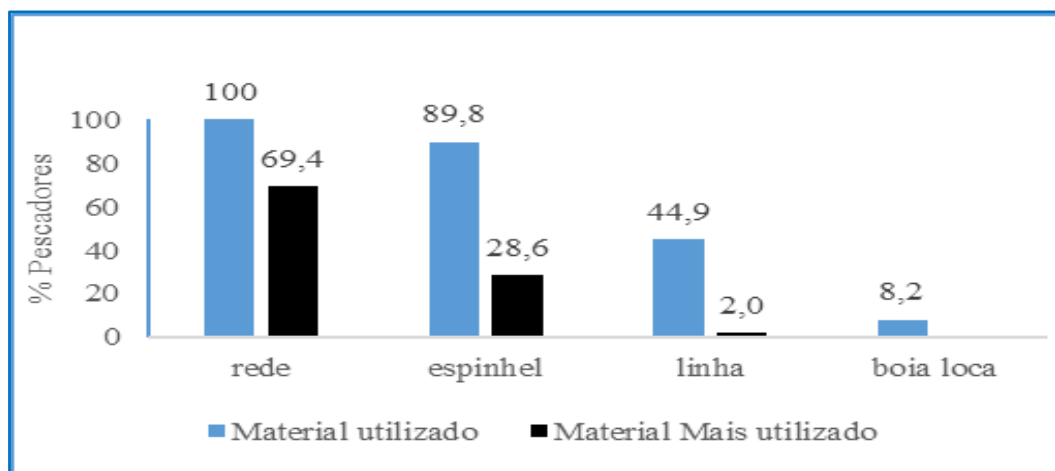
Os pescadores em sua maioria utilizam motor de popa (78,4%), principalmente com potência de 15 e 25HP, utilizados por 45,9 e 27%, respectivamente. Outra motorização de grande importância é a rabeta 5HP. É utilizada por 21,6% dos pescadores e tem como vantagem o baixo consumo de combustível (FIGURA 1B).

Figura 1 - Perfil doas embarcações utilizadas por pescadores. A) tipo de embarcação. B) tipo de motor.



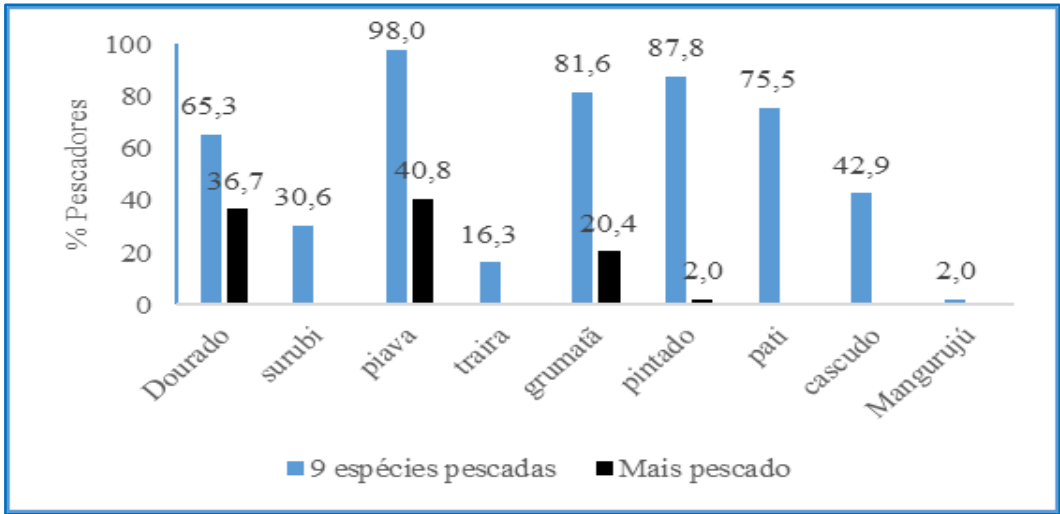
A rede é o apetrecho mais utilizado. A totalidade (100%) do público entrevistado a utiliza e 69,4% enfatizam sua importância como principal meio de pesca. O espinhel vem em segundo lugar com 89,8% (FIGURA 2). Em média, os pescadores utilizam 340 metros de rede de malha 7 e 8 (87,8 e 75,5%), sendo que apenas 14% dos pescadores possuem mais de 500 metros de rede.

Figura 2- Material utilizado na pesca.



Foi questionado aos pescadores quais as espécies mais capturadas, e dentre elas a mais pescada, em média nas pescarias. Foram citadas 9 espécies, sendo, Piava (98%), Pintado (87,8%), Grumatã (81,6%), Pati (75%) e Dourado (65,3%) as cinco mais citadas (FIGURA 3). Já quando perguntado qual o peixe mais capturado, a resposta foi Piava (40,8%) e Dourado (36,7%).

Figura 3- Principais espécies capturadas.



Entrevistando os pescadores paralelamente, os meses que mais capturam são os meses da abertura da pesca até a entrada do inverno.

O comércio do pescado é feito, na maioria das vezes, em suas casas e direto ao consumidor. Apenas 10,2% dos pescadores entregam seu peixe para atravessadores. A cada pescaria, em média 75 Kg de peixe são pescados. Essa quantidade rende, em média, R\$ 940,00. Porém, o custo da pesca (combustível, alimentação, reparos de materiais etc.) é em média de R\$ 580,00. Assim, o lucro fica em torno de R\$ 360,00 para as demais despesas e o sustento de suas famílias (FIGURA 4). Para os pescadores o preço está defasado em relação a outras fontes de proteína. Para eles, isso está mais atrelado ao tamanho do peixe (71,4%) do que a espécie pescada (22,4%), fatores que não tem controle durante a captura.

O peixe é comercializado de diferentes formas conforme está apresentado na Figura 5. O peixe em postas, é vendido por 69,8% dos pescadores, seguido de peixe inteiro congelado (65,3%) e fresco (63,3%). A principal forma de venda é o peixe congelado, que representa 46,9% dos peixes vendidos. Porém a diferença é pouca em relação ao peixe fresco, que representa 42,9% das vendas.

Figura 4: demonstrativo financeiro médio de cada pescaria realizada.

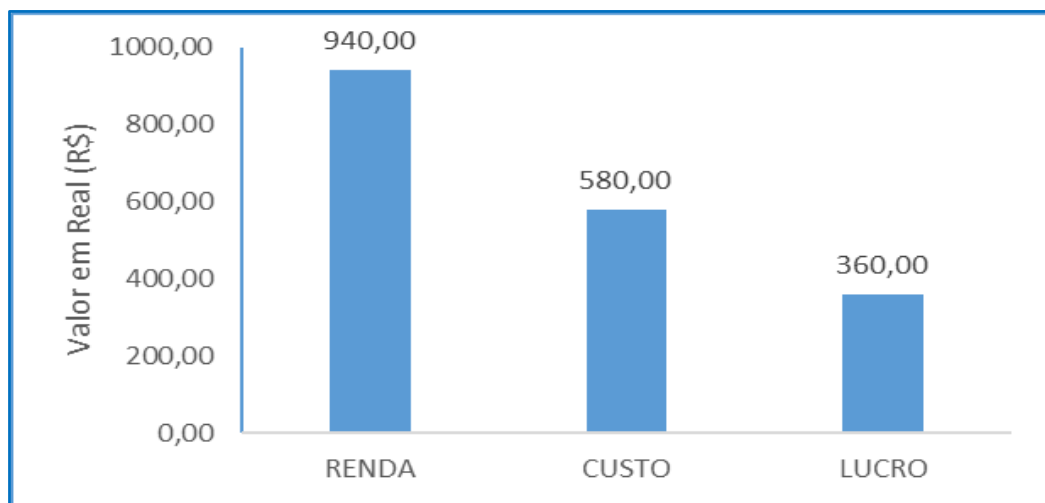
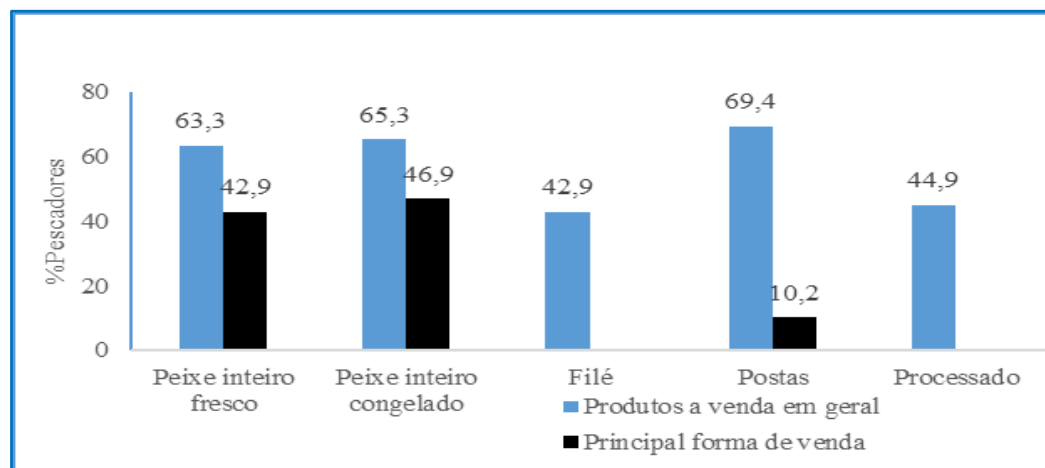


Figura 5: Formas de comercialização do peixe.



Abaixo será apresentado os resultados relativos à espécie mais capturada que é a Piava e as espécies que estão com a pesca proibida que são o Dourado e Surubim.

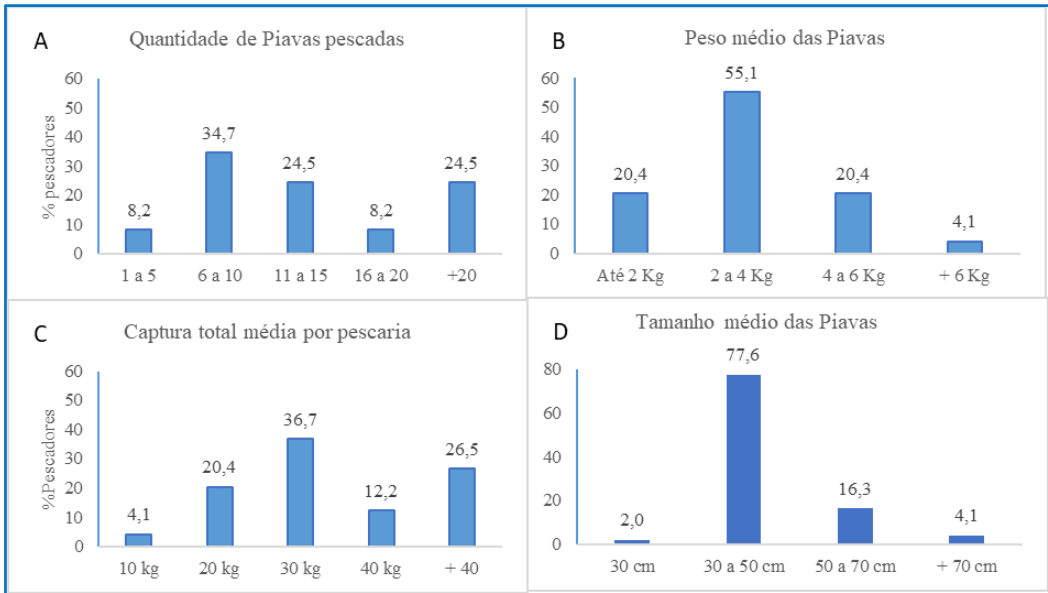
3.1 PESCA DA PIAVA

Para 57,1% dos entrevistados, os cardumes de Piava se mantiveram sem alteração no rio Uruguai, já para 40,8% a quantidade diminuiu. Mesmo não observando grandes alterações nas populações, os pescadores consideram o número de piavas elevado. Para 73,5% dos pescadores entrevistados, a população de piavas é alta e isso se deve as frequentes cheias que ocorreram nos últimos anos. Para 14,3% deles, que acham que tem poucas piavas no rio Uruguai e que isso se deve a poluição pela agricultura e pesca predatória.

A figura 6 mostra o perfil das piavas capturadas no rio Uruguai segundo os pescadores entrevistados. A quantidade é bem variada, conforme observado nos gráficos da figura 6. Esses resultados mostram que 67,4% dos pescadores capturam de 6 a 20 exemplares, com peso médio de 2 a 4 kg (55,1%) e comprimento de 30 a 50 cm, totalizando em média 30 kg (36,7%) de piavas por pescaria.

A maioria dos pescadores não diferencia as piavas macho e fêmea (65%), mas 61,2% relatam presença de ovo durante a evisceração nos meses de agosto (20,4%), setembro (46,9%) e fevereiro (26,5%). A ausência de citação de percepção de ovos nos peixes nos meses que compreende outubro a janeiro, provavelmente ocorreu por ser período de defeso.

Figura 6: Quantitativos sobre a pesca da Piava. A: Quantidade de Piavas pescado (unidade). B: Peso médio das Piavas pescado (Kg). C: Quantidade total média de captura (Kg). D: Tamanho médio das Piavas capturados (cm).



3.2. CAPTURA ACIDENTAL DO DOURADO E SURUBIM

A pesca do dourado e surubim, mesmo que proibida acaba ocorrendo de forma acidental, ou até mesmo de forma clandestina em alguns casos. Dados sobre essa situação são apresentados na tabela 1. A pesca acidental do dourado, relatada pelos pescadores, ocorre em 98% das pescarias. Quanto ao surubim, apesar do relato de complexa captura, 26,5% dos pescadores relatam que capturam em todas as pescarias e apenas 8,2% nunca capturaram. A pesca acidental de dourado, ocorre tanto por rede quanto por espinhel. Já, para o surubim, 65,3% das capturas se dão com espinhel. Quando indagados sobre a incidência de dourado e surubim no rio Uruguai, a resposta é que existe muito dourado (89,8%) e surubim (79,6%), justificada pela proibição da pesca desde o ano de 2002.

A maioria dos pescadores não sabem se capturam machos ou fêmeas, porém relatam presença de ovos para ambas as espécies principalmente nos meses de setembro e fevereiro, meses anteriores e posteriores a piracema.

O quantitativo de dourados pescados é em média 30 kg por pescaria, e em sua maioria são capturados de 1 a 5 peixes (42,9%), com peso médio de 2 a 4 kg (42,9%) e comprimento médio de 51 a 70 cm (53,1%) (FIGURA 7).

O Surubim não é capturado facilmente como o dourado, porém quando há a captura acidental é de 1 a 5 peixes (80%), com mais de 10kg (77,8%) e mais de um metro de comprimento (62,2%) (porte grande) como mostram os dados da Figura 8.

Tabela 1: Percepção dos pescadores sobre a pesca de Dourado e Surubim

		DOURADO	SURUBIM
Captura na maioria das pescarias	Sim	98%	26,5%
	Não	2%	65,3%
	Nunca	-	8,2%
Incidência no rio Uruguai	Muito	89,8%	79,6%
	Razoável	6,1%	8,2%
	Muito Pouco	4,1%	12,2%
Modo de Captura	Rede	26,5%	2,2%
	Espinhel	20,4%	66,7%
	Rede+Espinhel	53,1%	31,1%
Sexo	Macho	12,2%	15,6%
	Fêmea	18,4%	6,7%
	Não sabe	69,4%	77,8%
Presença de ovos	Sim	57,1%	48,9%
	Não	16,3%	13,3%
	Não sabe	26,5%	37,8%
Época de presença de ovos	Agosto	35,7%	31,8%
	Setembro	71,4%	77,3%
	Fevereiro	60,7%	59,1%

Figura 7: Quantitativos sobre a pesca acidental do dourado. A: Quantidade de Dourados pescado (unidade). B: Peso médio dos Dourados pescado (Kg). C: Quantidade total média de captura (Kg). D: Tamanho médio dos Dourados capturados (cm).

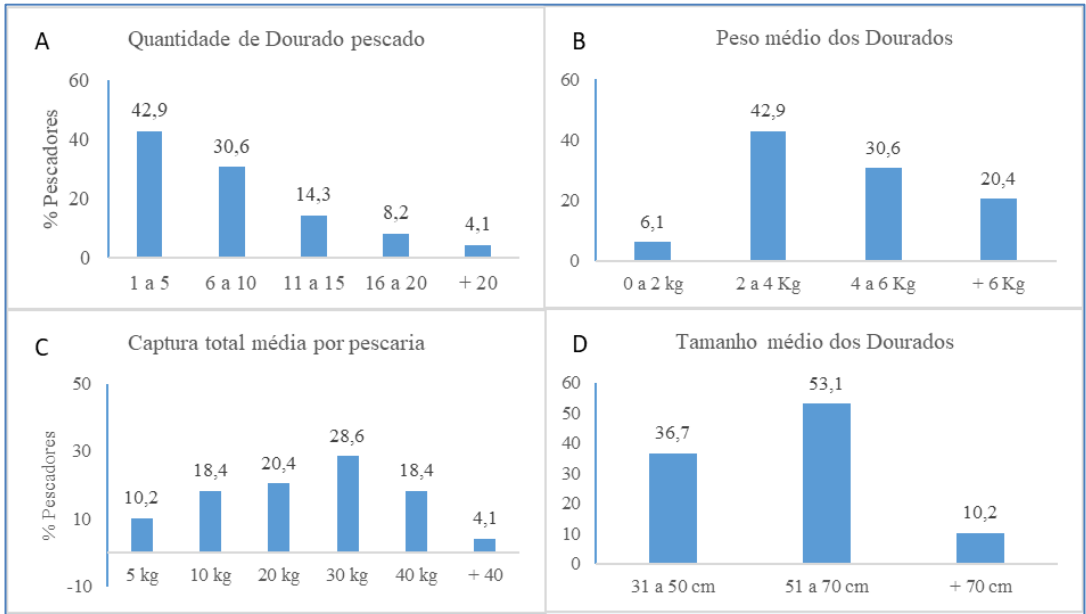
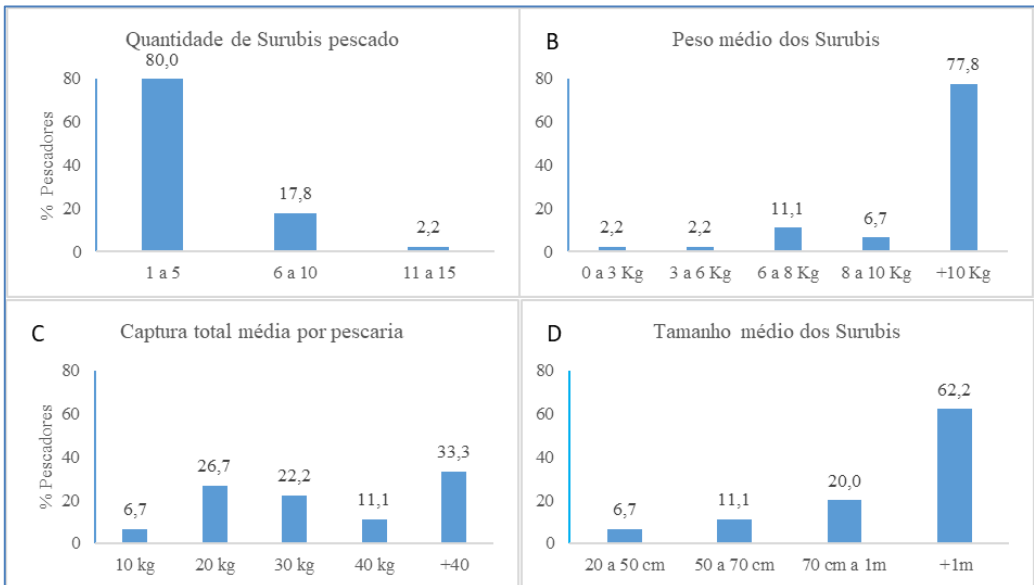


Figura 8: Quantitativos sobre a pesca acidental do Surubim. A: Quantidade de Surubis pescado (unidade). B: Peso médio dos Surubis pescado (Kg). C: Quantidade total média de captura (Kg). D: tamanho médio dos Surubis capturados (cm).



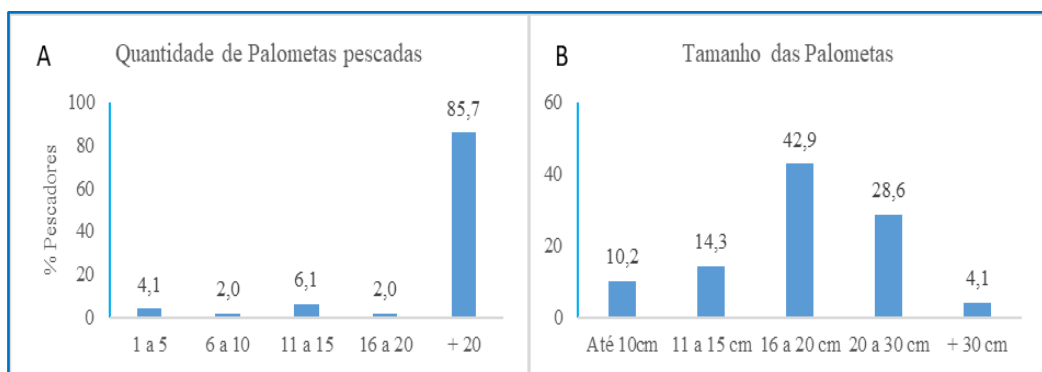
As quantidades capturadas, tanto de Dourado quanto de Surubim, segundo os pescadores, não são utilizadas para comercialização. A grande maioria afirma usar para sua alimentação própria, para não ter desperdício do peixe, já que quando encontrados na rede ou espinhel, já estão sem vida. Quando encontrados vivos, é comum devolverem ao rio, ou ainda, descartarem os mortos no rio, com medo da fiscalização. Informalmente, os pescadores admitem, que trazem os peixes proibidos para comercializar. Afirmando a necessidade de conseguir recurso para o sustento de suas famílias. Mesmo sabendo da ilegalidade, há uma necessidade do sustento de sua família e alimentação de seus filhos. Infelizmente, um questionamento para nós de extrema relevância, que era averiguar a quantidade de dourados e surubis que são devolvidos ou ingeridos pelos pescadores, não foi informada por eles.

3.3. IMPACTO AMBIENTAL DA PALOMETA NA PESCA NO RIO URUGUAI

Aqui está sendo analisado separadamente a palometa das demais espécies, devido os pescadores não considerarem a um peixe de valor comercial e sim, peixe apenas predador a pesca.

Na percepção de 91,8% dos pescadores entrevistados, aumentou a incidência de palometa (*Pygocentrus nattereri*), no rio Uruguai e arroios da fronteira oeste. Todos os pescadores relatam que capturam palometas em todas as pescarias e 85,7% dos pescadores entrevistados capturam mais de 20 indivíduos em cada pescaria (FIGURA 9A). Isso leva a crer que existe uma população elevada no rio. Para a maioria dos pescadores (77,6%), o motivo é que a palometa é um peixe sem valor comercial e a captura só acontece por acaso durante a pesca de outras espécies. Outras razões citadas são a grande quantidade de barragens na região (12,2%), onde em muitas delas há alta proliferação dessa espécie, cujos exemplares acabam indo parar nos arroios e por consequência no rio Uruguai via água do desponte. Ainda, para 10,2% dos pescadores, a quantidade elevada de palometas se deve a poluição no rio.

Figura 9: Perfil das palometas capturadas. A: Quantidade de palometas pescadas; B: Tamanho médio das palometas capturadas (cm).



Os locais de maior incidência são os arroios afluentes para 49% dos pescadores, seguido de rio Uruguai (28,6%) e ambos os locais (22,4%). É unânime entre os pescadores que as palometas prejudicam muito a pesca, pois devoram ou causam danos nas outras espécies que estão presas na rede ou espinhel.

A figura 9B mostra que há captura de palometas de diferentes tamanhos, sendo a maioria (42,9%) com 16 a 20 cm de comprimento, seguido de 20 a 30 cm (28,6%), e menor incidência de captura na faixa de 11 a 15 cm (14,3%).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pescadores do município de Uruguaiana, pertencentes a Colônia de pescadores Z9 e Associação de pescadores artesanais, realizam atividade pesqueira de pequeno porte, com baixa tecnologia, usando material de capturas simples e embarcações de pouca autonomia. A prática é realizada individualmente ou em pequenos grupos que montam acampamento à beira do rio. Durante o período médio de uma semana cada pescador, capturar em média, cerca de 75 Kg de pescado (300 Kg por mês). Essa proporção é semelhante ao trabalho de Furlan et al (2016) com pescadores do rio Uruguai no município de Itaqui RS, que em média capturaram 377,4 kg/mês.

A espécie mais capturada pelos pescadores entrevistados no rio Uruguai é a Piava. Essa espécie, também foi a mais pescada em outros trabalhos no rio Uruguai, como os de Cardoso, et al (2006), Furlan et al (2016), Biassi et al (2017) e Bolina et al (2018), mostrando que é a principal espécie pescada na região.

A pesca não é uma atividade predominante no município de Uruguaiana, porém é uma fonte de renda importante para famílias que dependem exclusivamente dos ganhos vindos dessa atividade. É a única fonte de subsistência para muitas famílias e seu sustento depende diretamente dos peixes pescados do rio Uruguai. Os resultados apresentados mostram uma atividade baseada no trabalho familiar, com baixo investimento, que corrobora com a falta de organização e controle da cadeia da pesca na região. Com a desvalorização do produto nobre que é o peixe nativo, oriundo de rios, o pescador, com seu trabalho, consegue uma renda mensal de um pouco mais de um salário-mínimo para o sustento da família.

As principais problemáticas que envolvem a atividade são a diminuição dos estoques, a utilização de apetrechos ilegais e os conflitos pôr área de pesca com pescadores de outras regiões, chamados pelos locais de “clandestinos”, que vem pescar no rio Uruguai com aparato de pesca mais sofisticado como sonar e caminhão frigorífico. O “arrastão” a técnica usada pelos pescadores “clandestinos” na região, principalmente no período do defeso e que preocupa os pescadores pelo seu caráter destrutivo. Dessa forma, a falta de uma gestão eficaz da atividade pesqueira pode afetar a vida social e cultural das populações que dela dependem. O apoio efetivo dos órgãos fiscalizadores é uma ação necessária na tentativa de conservação dos recursos pesqueiros.

A identificação e o combate aos pescadores “clandestinos”, assim como ações de fiscalização dentro e fora do período reprodutivo das espécies, tanto na área de pesca como nos mais diversos pontos de comercialização, são medidas que necessitam de uma gestão participativa, que englobe o conhecimento e o comprometimento dos pescadores, o apoio da sociedade em geral e o envolvimento dos órgãos fiscalizadores, nas diversas esferas, municipal, estadual e federal. Outra preocupação são os pescadores de final de semana, que prejudicam a pesca profissional, devido ao uso de barcos mais potentes, que fazem muito barulho durante os passeios e por seus acampamentos que deixam lixo e sujeiras na beira do rio, causando poluição nos locais de pesca.

Sendo assim, a conservação dos recursos pesqueiros não deve ser atribuída apenas aos que participam diretamente da pesca, mas também pecuaristas, produtores rurais, consumidores e poder público. A educação ambiental, também assume papel fundamental, como uma forma de esclarecer e conscientizar sobre o uso dos recursos pesqueiros e as leis que regem a pesca.

A diversidade de peixes do rio Uruguai vem direcionando uma série de estudos com o intuito de avaliar a comunidade de peixes e seu ciclo biológico, na busca de informações que permitam a adoção de ações de manejo e conservação adequadas para as espécies ali presentes (LANES, 2018). O dado mais preocupante é que estamos longe do conhecimento real das espécies que povoam a bacia do Rio Uruguai, mesmo diante de estimativas, ainda é possível dizer que há o risco de estarmos perdendo a oportunidade de conhecer espécies (CASTRO et al, 2018).

Portanto os resultados desse trabalho são a base de conhecimentos que podem subsidiar essas ações, garantindo a eficiência de medidas planejadas para a melhoria da atividade pesqueira da região, diminuindo ou até mesmo, eliminando problemas que podem comprometer o desenvolvimento pesqueiro.

5. REFERÊNCIAS

BIASSI, B. A.; BEHR, E. R.; DELLAZZANA, D. A.; AROCHA, N. M. Análise etnoictológica da pesca artesanal dos rios Uruguai e Jacuí. **Boletim Informativo da Pesca**, São Paulo, 43, p.358-372, 2017.

BOLINA, V.; PESSANO, E. F. C.; QUEROL, M. V. M. Levantamento histórico da pesca e conservação da bacia do rio Uruguai médio. In: **Rio Uruguai: contribuições científicas**. Org. Querol et al, 2018, p.230-249.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura** 2011. Brasília: MAPA, 2011.

CASTRO, L. R. B.; CARVALHO, A. V.; PESSANO, E. F. C.; QUEROL, M. V. M. Contribuições do núcleo de pesquisas ictiológicas, limnológicas e aquicultura da bacia do rio Uruguai para a ictiofauna da fronteira oeste do Rio Grande do Sul. In: **Rio Uruguai: contribuições científicas**. Org. Querol et al, 2018, p.230-249.

CARDOSO E. S.; RAUBER, K. R.; BERWALDT V. M. B. Pescadores do Rio Uruguai: caracterização da atividade pesqueira em Pirapó e Roque Gonzales-RS. *Ciência Natura*.28(2), p. 43-54, 2006.

DIEGUES, A. C. Pesca construindo sociedades. São Paulo: NUPAUB-USP, 2004.

FAO - The state of world fisheries and aquaculture. 209p., Food and Agriculture Organization (FAO), Roma, Italia, (2012). ISBN: 978-9251072257. Disponível on-line em <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e00.htm>Hilsdorf, A.W.S.;

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations The State of World Fisheries and Aquaculture, Italia, 2020

<https://www.fao.org/3/ca9229es/online/ca9229es.html#chapter-forward> Acesso: 19 de julho de 2022

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. 2018. 227 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021

EMATER,2021 <http://www.emater.tche.br/site/area-tecnica/sistema-de-producao-animal/pesca-artesanal-profissional.php#.YgQEMOrMLrc>, Acesso: Jan. 2022

FURLAN, V. M.; CAMPOS, P. I.; CENTENARO, G. S. Caracterização da atividade

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) pesqueira e aspectos da comercialização do pescado no município de Itaqui-RS, Brasil. *Vigilância sanitária e debate*. 2016, <http://www.visaemdebate.incqs.fiocruz.br/>

HAHN, L.; CÂMERA, L.F. (2000). Ictiofauna do rio Uruguai: pesquisas e impactos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia**, 58, pp. 9-11.

HILSDORF, A.W.S.; RESENDE, E.K.; ORFÃO, L.H. (2012). Conservação e Manejo de Recursos Genéticos Aquícolas. In: A. S. Costa, **Conservação de Recursos Genéticos** (pp. 483-508). Brasília, DF: Embrapa

LANES, C. F. C. Conservação dos recursos genéticos da ictiofauna da bacia do rio Uruguai. In: **Rio Uruguai: contribuições científicas**. Org. Querol et al, 2018, p.148-156

LIMA, T.B.B.; SILVA, R.F.S.; CARVALHO, R.G. Socioeconomic characterization and environmental perception of artisanal fishermen in the municipality of Canguaretama, Rio Grande do Norte- Brazil. **Cadernos de Geografia**, nº40, pg 67-78, Coimbra, 2019.

MARTISA, G.; RODRIGUES, D. A.; RIBEIRO, G. M. Avaliação da atividade pesqueira numa comunidade de **Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management**, 15(2):265-275 (2015)

PESSANO, E. F. C. Análise da atividade pesqueira no rio Uruguai médio, diante do panorama da associação de pescadores de Uruguaiana, RS – Brasil. **Biodiversidade Pampena**, Uruguaiana, 2008, p. 49-62

RICHARDSON, R. J. (1999). Pesquisa social: métodos e técnicas (3ª ed.). São Paulo: Atlas S.A.

ROSA, R.S.; LIMA, F.C.T. Lista da fauna ameaçada de extinção: incluindo as espécies quase ameaçadas e deficientes em dados. In: A. M. Machado, **Peixes**, 2005 (pp. 65- 81). Belo Horizonte: Fundação Biodiversidade

SANTOS, G. Aspectos importantes para a piscicultura do gênero *Leporinus* Spix. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, 2000 pp. 151-156.

SERRA, S.; LOUDERO, M.; CLAVIJO, C.; et al. **Peces del Río Uruguay: Especies destacadas**. Uruguay / Argentina: Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU), 2019.

SILVA, R.N. Diversidade espacial e temporal da ictiofauna do alto rio Uruguai: aliando técnicas de geoprocessamento. Dissertação mestrado. UFSC, Florianópolis, 2014

SILVA, P. E. O **Programa “RS Pesca e Aquicultura”**: uma análise a partir do Ciclo de Política Pública, Trabalho de conclusão de especialização, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pelotas/RS, 2015

SVERLIJ, B.S.; SCHENKE R.L.; LÓPEZ H.L.; et al. Peces del Río Uruguay. **Guía Ilustrada de las especies más comunes del Río Uruguay inferior y el embalse de Salto Grande. Uruguay / Argentina**: Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU), 1998

SVERLIJ, B.S.; SCHENKE R.L.; LÓPEZ H.L.; et al. **Guía ilustrada de las especies mas comunes del rio Uruguay inferior y el embalse de Salto Grande. Uruguay / Argentina**: Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU), 2006.

ANEXO 1: PARTE DO QUESTIONÁRIO

B) INFORMAÇÕES SOBRE A PESCA.

29 **Quantas pescarias você faz por mês?**

1 2 3 4 5 6 a 10 Mais de 10 Prefiro não responder

30 **Você utiliza embarcação para pescar?** Não Sim Prefiro não responder.

Se sua resposta for “Sim”, responda por favor as questões 30.1, 30.2, 30.3, 30.4 e 30.5

30.1 **Você possui embarcação própria?**

Não Sim Prefiro não responder

30.2 **A sua embarcação que você utiliza é tipo?**

Canoa Barco de Alumínio Barco de madeira (Chalana)

Outro. Qual.....(Prefiro não responder

30.3 **A sua embarcação possui motorização?**

Não Sim Prefiro não responder

30.4 **Qual a motorização da sua embarcação?**

Motor do popa Motor de centro Rabeta Outro.....

Prefiro não responder

30.5 **Qual a potência do motor da sua embarcação?**

Motor até 5HP Motor de 6HP à 10HP Motor de 11HP à 15HP

Motor de 16HP à 25HP Motor de 26HP à 40HP Motor maior 40HP

Prefiro não responder

31 **Durante o período de pesca você fica em acampamentos nas margens do rio?** Não

Sim Prefiro não responder

Se sua resposta for “Sim”, responda por favor as questões 31.1, 31.2, 31.3, 31.4 e 31.5

31.1 **Quantos dias em média você fica acampado por pescaria?**.....dias Prefiro não responder

31.2 **O acampamento é dividido com outros pescadores?**

Não Sim Prefiro não responder

31.3 **Qual local você utiliza para acampar?**

Mato a beira do rio Retorno ao ponto de partida Acampamentos construídos nas margens Acampamentos nas propriedades rurais próximas

Acampam dentro das embarcações Nenhum dessas opções Prefiro não responder

31.4 **Dos locais acima, qual o que você mais gosta ou preferia acampar?**

Mato a beira do rio Retorno ao ponto de partida Acampamentos construídos nas margens Acampamentos nas propriedades rurais próximas

Acampar dentro das embarcações Outro.....

Prefiro não responder

32 **Quais os locais de pesca você tem preferência? (marque mais de se necessitar)**

Margens dos rios Arroios Proximidade das ilhas Açudes ou barragens

Outros. Qual?..... Prefiro não responder

32.1 **Qual o motivo da escolha desse ambiente?**

.....

Prefiro não responder

33 **Atualmente, qual a espécie que você mais encontrada? Enumere de 1 a 5 pela ordem de maior ocorrência sendo a 1 a de maior ocorrência.**

Dourado Surubi Piava Traíra Grumatã Lambari Magurujú

Pintado Pati Cascudo Outro. Qual.....() Prefiro não responder

34 Qual o material de pesca você usa? (Marque quantos for necessário)

Rede Espinhel Linha Boia louca Tarrafa Outro. Qual.....() Prefiro não responder

35 Dos apetrechos acima qual o mais utilizado? Enumere de 1 a 5 pela ordem de maior utilização, sendo o 1 o mais utilizado.

Rede Espinhel Linha Boia loca Tarrafa Outro. Qual.....() Prefiro não responder

37 Se você usa rede, qual as malhas utilizadas?

Não uso Malha 5 Malha 6 Malha 7 Malha 8 Malha maior que 8 Prefiro não responder

37.1 Quantos metros de rede você usa?metros

Prefiro não responder

38 Qual a quantidade média em quilogramas de peixe é pescada por pescaria?.....KG Prefiro não responder

39 Como você faz a venda do pescado?

Direto ao consumidor Atravessador (Compra do pescador e revende a outros comerciantes) Comerciantes da Região() Outro. Qual.....) Prefiro não responder

40 O custo da pesca é pago com?

Recursos próprios Financiada pelos comerciantes/atrassador de peixe Outro, Qual.....() Prefiro não responder

40.1 Qual o custo médio de cada pescaria?Reais.

Prefiro não responder

40.2 Quanto de renda média de uma pescaria?.....Reais

Prefiro não responder

41 O valor pago pelo pescado? Está de acordo Está abaixo do esperado(Está acima do esperado Não sei responder Prefiro não responder

41.1 No seu entender, o valor do pescado depende principalmente?

Tamanho dos peixes Valor comercial do peixe (espécie) Valor estipulado pelos comerciantes/atrassadores O preço depende do número de peixes pescado Prefiro não responder

42 Qual o local de venda do pescado?

Colônia ou Associação Em casa Feira Municipal Outro. Qual.....() Prefiro não responder

42.1 Na sua opinião, a pesca depende das vendas na semana santa?

Não Sim Não sei responder Prefiro não responder

43 Como você vende seu peixe? (Marque mais de um se necessário)

Peixe inteiro fresco Peixe inteiro congelado Filé Postas Processado (Bolinhos, Croquete, pasteis...)() Prefiro não responder

43.1 Qual é a maneira que você mais vende?

Peixe inteiro fresco Peixe inteiro congelado Filé Postas Processado (Bolinhos, Croquete, pasteis...)() Prefiro não responder

D) PESCA DA PIAVA

72 Você verificou nesses últimos anos a diminuição ou dificuldade de pesca da Piava? Não Sim Não Sei Prefiro não responder

73 Sobre a incidência da Piava no rio, você acha que a quantidade.

Tem muito Tem um número razoável Tem pouco Tem muito pouco Prefiro não responder

73.1 Qual o motivo de encontrar esse número de Piavas? Marcar mais de uma alternativa se necessário.

Cheias frequentes Pesca predatória Pesca com redes Proibição da pesca de outros peixes Deixou de ser pescado Poluição do rio pelo esgoto Poluição do rio pela agricultura É o peixe que atualmente tem o maior valor comercial Prefiro não responder

74 Quantas piavas você captura em média por pescaria?

1 a 5 6 a 10 11 a 15 16 a 20 Mais de 20 Prefiro não responder

75 Qual o peso das piavas que são capturadas? (Pode marcar mais de uma)

0 a 2kg 2 a 4kg 4 a 6 kg Mais de 6 kg Prefiro não responder

76 Qual a quantidade em kg aproximada de Piava capturada por pescaria? () 5 kg (

) 10kg () 20kg () 30kg () 40kg () Mais de 40kg () Prefiro não responder

77 Qual o tamanho aproximado que as Piavas são capturadas?

30 cm 30 a 50 cm 50 a 70 cm Maior que 70 cm Prefiro não responder

78 Das Piavas capturadas a maioria é:

Fêmea Macho Não sei responder Prefiro não responder

79 Das Piavas capturadas, você percebeu presença de ovos?

Não Sim Não sei responder Prefiro não responder

80 Qual o período da captura da Piava você verifica a presença de ovos?

(marque quantos meses for necessário)

Agosto Dezembro

Setembro Janeiro

Outubro Fevereiro

Novembro Prefiro não responder

81 Qual o local de maior facilidade da pesca da Piava? (Próximo a margem, em arroios, no meio do rio, etc...)

.....() Prefiro não responder

E) PESCA ACIDENTAL DO DOURADO

82 O Dourado é capturado na maioria das pescarias?

Não Sim Não Sei Prefiro não responder

83 Sobre a incidência do Dourado no rio, você acha que a quantidade.

Tem muito Tem um número razoável Tem pouco Tem muito pouco Prefiro não responder

83.1 Qual o motivo de encontrar esse número de Dourados? Pode marcar mais de uma alternativa

Cheias frequentes Pesca predatória Pesca com redes Proibição da pesca Deixou de ser pescado Captura nunca parou Poluição do rio pelo esgoto Poluição do rio pela agricultura Prefiro não responder

84 O Dourado é capturado acidentalmente em maior frequência em:

Rede Espinhel Rede e Espinhel Outro. Qual.....() Prefiro não responder

8+5 Quantos Dourados você captura em média por pescaria? () 1 a 5 () 6 a 10 () 11 a 15 () 16 a 20 () Mais de 20 () Prefiro não responder

- 86 **Qual o peso médio dos Dourados que são capturadas? (Pode marcar mais de uma)**
() 0 a 2kg () 2 a 4kg () 4 a 6 kg () Mais de 6 kg () Prefiro não responder
- 87 **Quantos quilos aproximadamente de Dourado são capturados por pescaria? () 5 kg () 10kg () 20kg () 30kg () 40kg () Mais de 40kg () Prefiro não responder**
- 88 **Qual o tamanho aproximado que os Dourados são capturados?**
() 30 cm () 30 a 50 cm () 50 a 70 cm () Maior que 70 cm () Prefiro não responder
- 89 **Dos Dourados capturados a maioria é:**
() Fêmea () Macho () Não sei responder () Prefiro não responder
- 90 **Dos Dourados capturados, você percebeu presença de ovos?**
() Não () Sim () Não sei responder () Prefiro não responder
- 91 **Qual o período da captura do dourado você verifica a presença de ovos? (Marque quantos meses for necessário)**
() Agosto () Dezembro
() Setembro () Janeiro
() Outubro () Fevereiro
() Novembro () Prefiro não responder
- 92 **Qual o local de maior facilidade da pesca do Dourado? (Próximo a margem, em arroios, no meio do rio, etc...)** () Prefiro não responder
-

F) PESCA ACIDENTAL DO SURUBI

- 93 **O Surubi é capturado na maioria das pescarias?** () Não () Sim () Não Sei () Prefiro não responder
- 94 **Sobre a incidência do Surubi no rio, você acha que a quantidade.**
() Tem muito () Tem um número razoável () Tem pouco () Tem muito pouco () Prefiro não responder
- 94.1 **Qual o motivo de encontrar esse número de Surubis? Pode marcar mais de uma alternativa**
() Cheias frequentes () Pesca predatória () Pesca com redes () Proibição da pesca () Deixou de ser pescado () Captura nunca parou () Poluição do rio pelo esgoto () Poluição do rio pela agricultura () Prefiro não responder
- 95 **O Surubi é capturado acidentalmente em maior frequência em:**
() Rede () Espinhel () Rede e Espinhel () Outro. Qual.....() Prefiro não responder
- 96 **Quantos Surubis você captura em média por pescaria?**
() 1 a 5 () 6 a 10 () 11 a 15 () 16 a 20 () Mais de 20 () Prefiro não responder
- 97 **Qual o peso dos Surubis que são capturadas? (Pode marcar mais de uma)** () 0 a 3kg
() 3 a 6kg () 6 a 8kg () 8 a 10kg () 8 a 10kg () Mais de 10 kg () Prefiro não responder
- 98 **Quantos quilos aproximadamente de Surubi são capturados por pescaria?** () 5 kg
() 10kg () 20kg () 30kg () 40kg () Mais de 40kg
() Prefiro não responder
- 99 **Qual o tamanho aproximado que os Surubis são capturados?**
() 20 a 50 cm () 50 a 70 cm () 70cm a 1 m () Maior que 1m () Prefiro não responder
- 100 **Dos Surubis capturados a maioria é:**
() Fêmea () Macho () Não sei responder () Prefiro não responder
- 101 **Dos Surubis capturados, você percebeu a presença de ovos?**
() Não () Sim () Não sei responder () Prefiro não responder
- 102 **Qual o período da captura do Surubi você verifica a presença de ovos?**

(Marque quantos meses for necessário)

- Agosto Dezembro
 Setembro Janeiro
 Outubro Fevereiro
 Novembro Prefiro não responder

103 Qual o local de maior facilidade da pesca do Surubi? (Próximo a margem, em arroios, no meio do rio, etc...)

.....() Prefiro não responder

G) INSIDÊNCIA DE PALOMETAS NO RIO

104 A Palometa é capturada na maioria das pescarias?

- Não Sim Prefiro não responder

105 Sobre a incidência da Palometa no rio, você acha que a quantidade.

- Tem muito Tem um número razoável Tem pouco Tem muito pouco Prefiro não responder

105.1 Na sua opinião, a quantidade de palometas é devido?

- Diminuição dos predadores Pesca predatória Aumento dos dourados
 Pesca com redes Proibição da pesca Deixou de ser pescado Poluição do rio
 Outro. Qual.....Prefiro não responder

106 Você tem percebido atualmente que a presença de Palometas no rio Uruguai? ()

- Aumentou Diminuiu Está igual Não Sei Prefiro não responder

107 Desses locais, onde você captura com mais facilidade a palometa?

- Rio Uruguai Arroios próximo as margens no meio do rio o número é semelhante em qualquer lugar Prefiro não responder

108 Na sua opinião, as palometas prejudicam a pesca?

- Prejudica muito Prejudica pouco Inviabiliza a Pesca
 Não prejudica Prefiro não responder

109 Quantas Palometas você captura em média por pescaria?

- 1 a 5 6 a 10 11 a 15 16 a 20 Mais de 20 Prefiro não responder

110 Qual o tamanho das palometas capturadas?

- até 10 cm 11 à 15 cm 16 à 20 cm 26 à 30 cm Maiores que 30 cm Prefiro não responder

CAPÍTULO 24

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PRODUTIVO DA CULTURA DO MILHO FERTIRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA

Roberlaine Ribeiro Jorge

RESUMO

O reúso agrícola de águas residuárias vem crescendo nos últimos anos e tornando-se objeto de estudo em várias culturas e regiões. Dentro dessa perspectiva, esse trabalho teve por objetivo analisar a produção do milho fertirrigado com águas residuárias oriundas de reator anaeróbio com Tempo de Detenção Hidráulica de 10 dias (TDH-10) e de Lagoa de Polimento com TDH de 30 dias (TDH-30) e o seu efeito no sistema solo-planta. O estudo foi desenvolvido na Estação de Tratamento de Esgoto – ETE São João Navegantes no município de Porto Alegre-RS. Para tanto, além da produtividade, verificou-se o Índice de Área Foliar – IAF e a Resistência do Solo a Penetração – RSP como parâmetros de referência. O aporte de nutrientes introduzidos no sistema com a fertirrigação e a compactação provocada pelo manejo resultaram em valores de IAF e RSP dentro da normalidade. Contudo, a produtividade resultante do tratamento TDH-10, superior ao Tratamento Testemunha - TT e ao TDH-30, indicam um potencial de aplicação agrícola desse efluente.

UNITERMOS: milho, reúso agrícola, resistência do solo a penetração, índice de área foliar.

EVALUATION OF THE POTENTIAL PRODUCTION OF CORN CROP FERTIGATION WITH WASTEWATER

ABSTRACT

The agricultural reuse of wastewater has been growing in recent years and becoming an object of study in various cultures and regions. Within this perspective, this study aimed to analyze the production of corn fertilized with wastewater originating from anaerobic reactor with hydraulic retention time of 10 days (HRT-10) and polishing pond with HRT of 30 days (HRT-30) and its effect on soil-plant system. The study was developed in the Sewage Treatment Plant - São João Navegantes in Porto Alegre-RS. Therefore, in addition to productivity, it is the Leaf Area Index - LAI and Soil Resistance to Penetration - RSP as benchmarks. The nutrient input into the system with fertigation and compaction caused by management resulted in LAI and RSP normal. However, productivity resulting from treatment HRT-10, higher than the Witness and the HRT-30, indicating a potential for agricultural application of this effluent.

KEYWORDS: corn, agricultural reuse, resistance to penetration, leaf area index

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que no mundo mais de 99% da água é imprópria para o consumo humano ou tem custo muito elevado para sua exploração (MANCUSO et al., 2003). A demanda consumida na agricultura, indústria e no meio urbano é de 65%, 25% e 10%, respectivamente, e o meio ambiente é o receptor dessa água sob a forma de esgoto com e sem tratamento. Segundo REIS et al. (2005), o reúso agrícola das águas residuárias é uma excelente prática de sustentabilidade, onde propicia o controle da poluição, reciclagem dos nutrientes e o aumento da produção. A Resolução do Coema nº 02/2017 rege os parâmetros para lançamento em corpos hídricos, descritos em estudo de Morais e Santos (2019).

O uso racional dos recursos hídricos é fundamental e necessário, haja vista as frequentes estiagens que vem ocorrendo. Em 2020 o La Niña, trouxe chuvas aquém da média no estado do Rio Grande do Sul. De acordo com a Defesa Civil (2020) 392 dos 497 municípios do estado decretaram situação de emergência por causa da estiagem, a qual permaneceu até meados de maio (CPRM, 2020).

Dentre as culturas com potencial de aplicação de águas residuárias, destaca-se o milho em função do seu elevado poder de absorção de nutrientes (MELLOUL et al., 2001). Outra característica que o favorece é o fato de não se desenvolver rente ao solo, ficando menos exposta aos organismos presentes. O milho também é uma cultura de subsistência para os pequenos e médios produtores e a sua produção ocorre, comumente em sistema não irrigado. Entretanto, os produtores estão buscando alternativas de produção irrigada com o intuito de produzir mais e com menor risco.

Com a adoção da fertirrigação de águas de reúso é possível reduzir ou até mesmo eliminar o emprego de fertilizantes químicos (HESPANHOL, 2003). Segundo BASTOS (2003) e FLORENCIO et al. (2006), os nutrientes presentes nesses efluentes, provenientes de estações de tratamento de esgoto, apresentam potencial de aproveitamento pelas plantas e animais (peixes). De acordo com PESCOD (1992) apud PLETSCHE (2012), os nutrientes contidos no efluente de esgoto doméstico tratado podem vir a substituir os fertilizantes.

Por conta da escassez de chuvas, a produtividade do milho da safra 2011/2012 na região Sul foi bastante afetada e no Nordeste, houve registros de lavouras abandonadas em função do grau de comprometimento. Segundo dados da CONAB (2012), a redução da produção brasileira de milho foi de 2,8%, considerada baixa em função da recuperação das chuvas no Sul e da excelente produção no Centro-Oeste, com produtividades de 3002 kg ha⁻¹ e 7837 kg ha⁻¹, respectivamente.

É importante salientar que a disposição dos efluentes no solo, mesmo tratados não poderá causar poluição nem contaminação das águas de acordo com o artigo 29 da Resolução Conama 357/05. Ou seja, o aproveitamento das águas residuárias requer uma adequada gestão a fim de evitar passivos ambientais previstos em lei.

As alterações estruturais provocadas no solo pelos diferentes sistemas de manejo podem modificar a densidade do solo, porosidade, infiltração de água no solo e no desenvolvimento radicular das culturas, repercutindo diretamente no rendimento produtivo. Diante disso, propõe-se no estudo a avaliação do efeito da fertirrigação com água residuária no milho a partir do acompanhamento da cultura, analisando a relação do índice de área foliar (IAF) e soma térmica em Graus-Dia (GD) como parâmetro biométrico e a produtividade, além da resistência do solo a penetração (RSP) como indicador físico do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo proposto foi implantado na Estação Piloto de Tratamento de Esgoto do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, construída junto a Estação de Tratamento de Esgoto São João Navegantes do Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) de Porto Alegre-RS (29°59'25.54"S; 51°11'36.33 W elev 5m). A região do estudo apresenta clima Cfa, subtropical úmido com verão quente (BERGAMASCHI et al., 2003).

Os efluentes utilizados na irrigação originaram-se de dois processos, reator anaeróbio de fluxo ascendente com Tempo de Detenção Hidráulica - TDH de 10 dias (TDH-10) e Lagoa de Polimento com TDH de 30 dias (TDH-30), conforme ilustra a Figura 1. O terceiro tratamento é o testemunha (TT), irrigado com água tratada acrescido de adubação de base e cobertura. O solo da área experimental pode ser classificado como um substrato em função de ser composto por materiais das mais diversas origens, inclusive RCD (resíduos de construções e demolições). A análise química do solo antes da implantação do experimento na camada de 0,0 a 0,6 m, tem como resultado médio os valores apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: Análise química do solo antes da instalação do experimento.

Parâmetro	Tratamento 1 (TT)	Tratamento 2 (TDH-10)	Tratamento 3 (TDH-30)
Índice SMP	7,5	7,4	7,6
P (mg dm ⁻³)	> 100	> 100	> 100
K (mg dm ⁻³)	81	86	103
M.O. (%)	0,7	1,0	1,0
Altroc, (cmolc dm ⁻³)	0,0	0,0	0,0
Catroc, (cmolc dm ⁻³)	10,6	10,3	11,8
Mgtroc, (cmolc dm ⁻³)	2,3	2,2	2,7
CTC (cmolc dm ⁻³)	13,9	13,6	15,5
S (mg dm ⁻³)	6,3	6,5	6,6
Zn (mg dm ⁻³)	16	23	23
Cu (mg dm ⁻³)	6,4	6,6	9,2
B (mg dm ⁻³)	0,3	0,5	0,5
Mn (mg dm ⁻³)	2	2	1
Fe (mg dm ⁻³)	3,0	3,2	3,4
Na (mg dm ⁻³)	30	30	43

De acordo com a CQFS-RS/SC (2004), os teores de K, Ca, Mg, Zn e Cu são considerados altos; muito alto de P e baixo de Mn_{trocável}. No caso do último, podemos atribuir provavelmente ao alto pH representado na Tabela 1 pelo índice SMP.

As dosagens da adubação no tratamento testemunha foram de acordo com as recomendações da CQFS-RS/SC (2004) para a cultura do milho. A formulação de adubo recomendada é 5-10-20 com aplicação de 600 kg ha⁻¹. No caso do estudo, optou-se por formulações individuais de N, P₂O₅ e K₂O com 30, 60 e 120 kg ha⁻¹, sob a forma de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Nos estádios V4, V8 e V12 foram aplicados 130 kg ha⁻¹ de ureia, equivalendo a 58 kg ha⁻¹

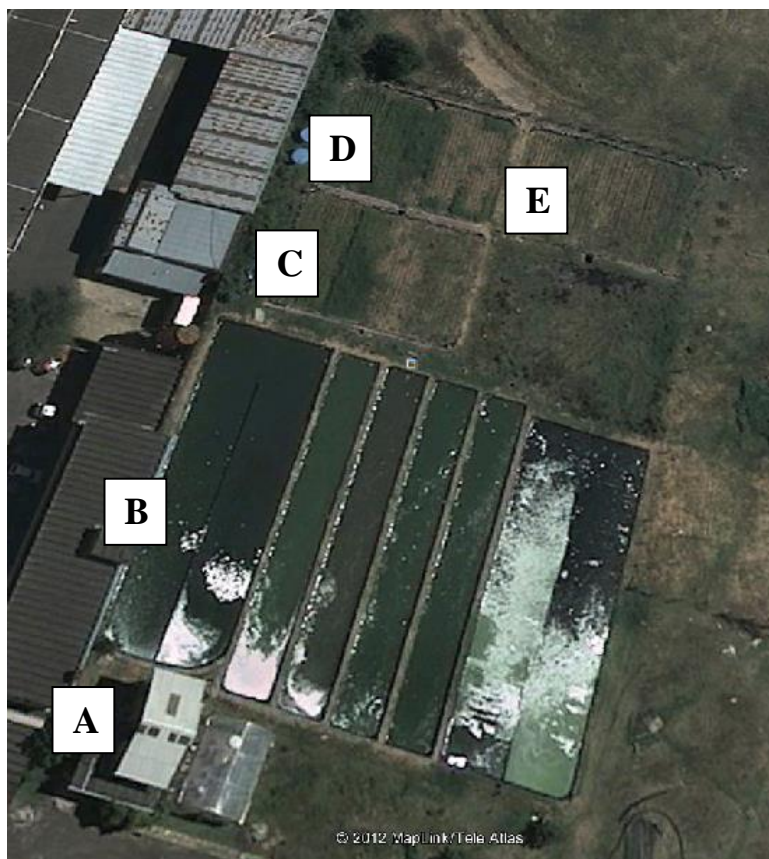
¹ de Nitrogênio. Os tratamentos 2 (TDH-10) e 3 (TDH-30) receberam apenas o efluente sem nenhuma complementação.

A composição granulométrica na camada de 0,0 a 0,4 m foi de 275/301/315 g kg⁻¹ de cascalho, 399/366/357 g kg⁻¹ de areia grossa, 234/219/188 g kg⁻¹ de areia fina, 295/342/379 g kg⁻¹ de silte e 72/73/75 g kg⁻¹ de argila nas áreas destinadas aos tratamentos 1 (Água Tratada + Adubação) / 2 / 3, respectivamente.

A densidade aparente do solo, média de seis amostras no perfil de 0 a 1,60m foi 1,23 g cm⁻³. Em relação aos parâmetros hídricos, Capacidade de Campo – CC; Ponto de Murcha Permanente – PMP e Capacidade de Infiltração Básica – CIB, os solos das parcelas experimentais apresentaram 0,3966 cm³ cm⁻³; 0,2063 cm³ cm⁻³ e 16,5 mm h⁻¹, respectivamente.

De acordo com a literatura, mesmo que haja alterações químicas no sistema solo-planta devido a irrigação com efluentes, as características físicas do solo só serão alteradas depois de submetida a sucessivas práticas de irrigação com o referido efluente (KOURAA et al., 2002).

FIGURA 1. Visão da área do experimento. A: Reator Anaeróbio – TDH-10; B: Lagoa de Polimento – TDH-30; C: Tratamento 1 ; D: Tratamento 2; E: Tratamento 3. Porto Alegre-RS (01/06/2009). Fonte: GOOGLE EARTH – MAPAS (2012).



No experimento adotou-se o delineamento experimental em faixas, em um sistema de

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) irrigação por sulcos construídos em cada entre linhas de plantio quatro repetições em três blocos, totalizando 12 parcelas por tratamento. A Figura 2 mostra o detalhe dos sulcos de irrigação. Neste delineamento, as parcelas experimentais foram distribuídas nos blocos transversais às linhas de plantio, obedecendo ao tempo de avanço, tempo de oportunidade e o tempo de recessão, possibilitando maior êxito no controle local e consequentemente redução dos graus de liberdade do resíduo.

Segundo ANDRADE et al (1998), a irrigação por sulcos típica consiste de quatro fases: avanço, armazenamento, depleção e recessão, as quais permitem, em conjunto, a análise do desempenho do sistema. MANTOVANI et al. (2007) sintetiza em três fases: avanço; reposição ou irrigação e recessão.

FIGURA 2. Detalhe dos sulcos de irrigação aos 45 dias após a semeadura



Os dados referentes aos parâmetros das equações de avanço e de recessão utilizados no manejo de irrigação nas parcelas água tratada, efluente TDH-10 e TDH-30, são mostrados na Tabela 2.

A característica do experimento em relação a irrigação não permitiu a casualização do fator água, semelhante ao estudo de HANKS et al. (1980). O fato é que a não casualização do fator lâmina dá água acarretará erros nos testes de hipóteses quando o efeito esperado da variável água for muito reduzido, entretanto, existe a possibilidade da análise por meio da estatística não paramétrica ou outros critérios para análise da hipótese proposta. Apesar do reconhecimento sistemático para o fator água, esta condição experimental tem sido utilizada em pesquisas de diversas culturas e com as mais diferentes finalidades. As parcelas experimentais eram constituídas de 21 m x 15 m (315 m²), perfazendo área total de 945 m². As linhas de bordo entre os tratamentos foram desconsideradas (bordadura) e, as demais linhas de cultivo foram assumidas como área útil. Utilizou-se o teste F para análise de variância e o teste de médias de Tukey a 5%.

TABELA 2: Equação de avanço e equação de recessão da água nos sulcos de irrigação constituintes das parcelas experimentais.

Parcela Experimental	Forma Genérica	Equação de Avanço
Água Tratada	$L = p T_a^r \therefore L$ (metro) e T (minuto)	$L = 4,41 T_a^{0,95}$
TDH 10 dias	$L = p T_a^r \therefore L$ (metro) e T (minuto)	$L = 4,03 T_a^{0,99}$
TDH 30 dias	$L = p T_a^r \therefore L$ (metro) e T (minuto)	$L = 3,78 T_a^{0,94}$
Parcela Experimental	Forma Genérica	Equação de Recessão
Água Tratada	$T_r = s X^r + T_i \therefore X$ (metro) e T (minuto)	$T_r = 0,3 X^{2,0} + T_i$
TDH 10 dias	$T_r = s X^r + T_i \therefore X$ (metro) e T (minuto)	$T_r = 1,6 X^{1,7} + T_i$
TDH 30 dias	$T_r = s X^r + T_i \therefore X$ (metro) e T (minuto)	$T_r = 1,5 X^{1,4} + T_i$

r e p: parâmetros empíricos;
s: coeficiente de recessão que depende da profundidade da água na superfície do solo, das características de infiltração no solo, do declive e da aspereza da superfície.

As parcelas do experimento tinham oito linhas de cultivo, espaçadas 0,50 m, onde fora feito o plantio entre 5 e 7 cm de profundidade e distância de 33 cm entre plantas na linha, obtendo-se uma população de aproximadamente 60.600 plantas por hectare. O plantio foi manual e em covas no dia Juliano 275 com a cultivar de milho híbrido Pioneer 30F53, tratadas com Cruiser 350FS (Tiametoxan 35%) sobre a palhada da aveia preta (*Avena strigosa*). A colheita foi realizada com 139 dias após a semeadura – DAS no dia Juliano 49.

Adotou-se como critério para o momento de aplicação d'água, toda vez que o armazenamento atingisse a metade da água disponível do solo, conforme descrito na equação 1:

$$AD = [10 \cdot (\theta_{cc} - \theta_{PMP}) \cdot Z] \quad (1)$$

em que,

AD - água disponível;

θ_{cc} - umidade do solo em base volume à capacidade de campo - CC;

θ_{PMP} - umidade do solo em base volume no ponto de murchamento permanente - PMP; e

Z – profundidade efetiva do sistema radicular (cm).

Isto permitiu manter os níveis de água no solo sempre próximo à umidade na capacidade de campo. Monitoramento em base diária meio de sensores Time Domain Reflectometry – TDR (Modelo Trase System I 6050X1). Com o uso de hidrômetros instalados em cada sulco, controlava-se a lâmina d'água aplicada.

A área foliar e o índice de área foliar foram estimados conforme metodologia apresentada em GUIMARÃES et al. (2002). De acordo com FONTANA et al., 2001, as culturas respondem distintamente às condições ambientais de acordo com o seu potencial genético, tendo como exemplo a soja e o milho que apresentam alta correlação entre variáveis meteorológicas e variáveis de crescimento e desenvolvimento.

Utilizou-se do conceito de graus dia (GD), para a caracterização das fases fenológicas. Este conceito apoia-se na hipótese de que existe uma relação funcional entre o aumento da temperatura e o incremento no desenvolvimento das plantas dentro de certos limites. Para o milho assume-se como limites temperatura basal inferior igual 10°C e

temperatura basal superior igual 30°C (VIÉGAS; PEETEN, 1987).

A resistência do solo à penetração (RSP) foi determinada com penetrômetro digital em nove pontos equidistantes em cada tratamento. Os pontos foram verificados em pleno desenvolvimento da cultura com 108 dias após a semeadura - DAS. Os parâmetros de medição do penetrômetro foram os seguintes: profundidade máxima 40 cm; cone tipo 2; e precisão da medição de 10 mm.

Para estimativa da produtividade física colheu-se amostras das plantas da área útil em cada tratamento. O resultado final foi expresso em Mg ha⁻¹, sendo o teor de água ajustado a 13% com 1% de impurezas (SILVA, 2009).

Por fim, de posse dos parâmetros RSP e produtividade georreferenciados, através do uso da técnica de interpolação por Krigagem, procedeu-se a geração dos mapas espacializados com um software de Sistemas de Informações Geográficas – SIG’s.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O índice de área foliar (IAF) expressa a proporção de cobertura do solo, sendo um fator de suma importância na definição das práticas culturais. A produtividade tem uma relação direta com IAF, uma vez que reflete a capacidade da planta de interceptar as radiações e efetuar as trocas gasosas com o ambiente. Dentre os principais fatores que atuam nas alterações na área foliar das plantas, destacam-se: genética, disponibilidade de água luz e nutrientes, competição com plantas invasoras, espaçamentos, danos mecânicos e a incidência de pragas e doenças. A Tabela 3 a seguir apresenta os valores de IAF encontrados no experimento.

TABELA 3: Índice de Área Foliar (IAF) para os três tratamentos em sete estádios de desenvolvimento.

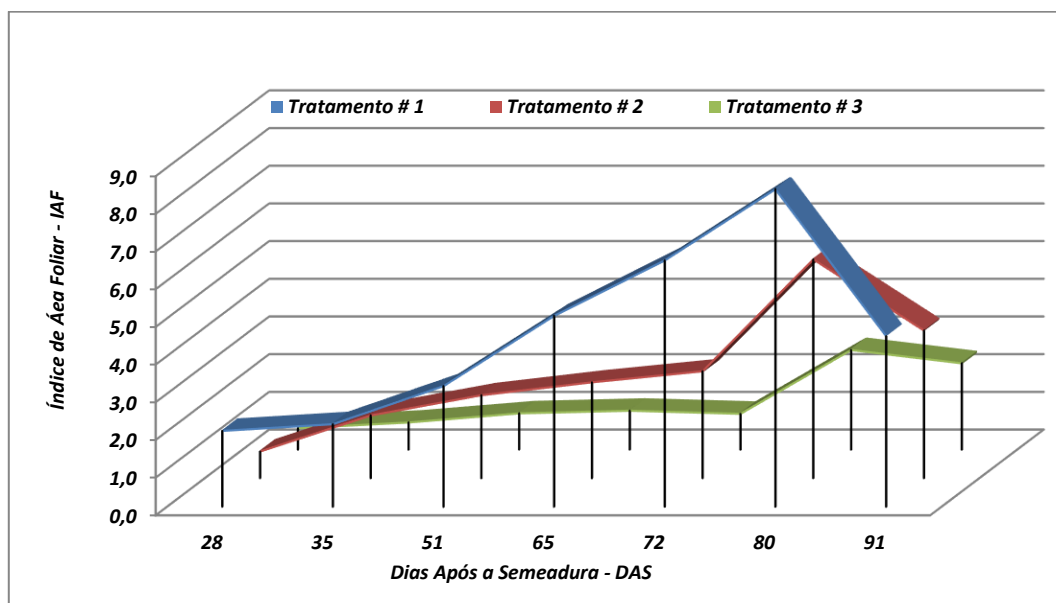
Tratamento	IAF (cm ² cm ⁻²)						
	28 DAS	35 DAS	51 DAS	65 DAS	72 DAS	80 DAS	91 DAS
1	2.25	2.95	1.33	5.70	8.55	9.77	5.30
2	0.67	1.37	0.82	1.70	2.46	4.53	2.95
3	0.46	0.77	0.22	1.08	0.79	3.03	2.24
1	2.07	1.99	0.81	5.99	7.31	9.55	5.22
2	0.75	1.59	0.76	1.94	2.69	4.96	3.41
3	0.66	0.86	0.30	0.97	1.01	2.82	2.53
1	1.57	2.01	0.87	4.30	5.14	6.92	3.90
2	0.45	1.83	0.80	2.72	2.92	6.45	4.46
3	0.41	0.51	0.22	0.79	0.79	1.69	1.75
1	2.16	1.81	0.83	4.27	5.14	7.46	3.68
2	0.96	1.86	0.84	3.81	3.27	7.28	4.84
3	0.73	0.73	0.35	1.28	1.20	3.02	2.63

O híbrido 30F53 apresentou em ordem decrescente de IAF, o Tratamento Testemunha – T1 seguido pelo T2 e T3. O valor médio do IAF foi de 4.2, 2.6 e 1.2, para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente.

Estudo de MANFRON et al. (2003) apud ALVIM et al. (2010) encontrou IAF = 4,16 para o milho híbrido 30F53, ficando muito próximo ao encontrado no Tratamento Testemunha (T1). Outros valores de IAF são relatados por KUNZ (2007) apud ALVIM et

al. (2010): 5,3 para espaçamentos de 0,80m e 4,9 para espaçamentos de 0,40 m em áreas irrigadas no Rio Grande do Sul. Na Figura 2 vemos o gráfico do IAF em função do DAS.

FIGURA 2. Valores observados do índice de área foliar (IAF, $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$) para o milho híbrido, variedade Pioneer 30F53, em função dos dias após a semeadura (DAS).



O comportamento observado no IAF ficou dentro do esperado, ou seja, o IAF naturalmente cresce (28 - 80 DAS) e depois de atingir um ponto de máxima (80 DAS) decresce devido a senescência das folhas. A queda mais acentuada de IAF, após o 80 DAS, pode ser atribuída à senescência das folhas basais causada pelo auto-sombreamento. Resultados semelhantes foram constatados por BORRÁS et al. (2003) apud KUNZ et al. (2007).

A Figura 3 apresenta uma visão em primeiro plano do estande dos três tratamentos com 96 DAS.

FIGURA 3. Experimento com 96 dias após semeadura (DAS). TT (T1); b) TDH-10 (T2); c) TDH-30 (T3).



Na Figura 4 são apresentados os graus-dia necessários para que o milho nos três tratamentos

atinja os seus diferentes estádios fenológicos e valores de IAF.

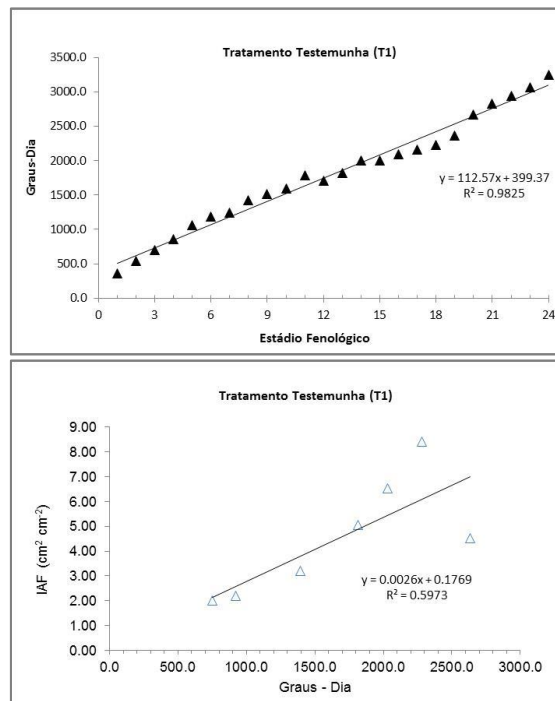
A evolução do índice de área foliar no tempo seguiu o padrão característico de plantas anuais, porém, com diferenças entre os níveis do IAF. O IAF máximo do milho atingiu valores de 9.77, 7.28 e 3.03 para o T1, T2 e T3, respectivamente. Com 2251.9 graus-dia foi atingido o pico do IAF, estando as plantas de milho nos estádios fenológicos V18 (T1), V10 (T2) e V12 (T3).

As diferenças de IAF podem ser atribuídas ao intenso processo de senescência foliar, quando a cultura fica sujeita a déficit hídrico (GADIOLI, 2000). Como nos três tratamentos o manejo da irrigação foi o mesmo, as diferenças observadas no IAF estão ligadas ao distinto aporte nutricional dos efluentes.

A caracterização fenológica nos três tratamentos permitiu evidenciar a relação funcional entre fenologia e graus-dia na cultura do milho. Nos três tratamentos pode-se observar uma relação funcional exponencial das referidas variáveis. No estudo de GADIOLI et al. (2000) no estado de São Paulo foi verificada uma relação linear entre os parâmetros IAF e GD para três diferentes híbridos de milho.

A quantificação diária dos graus dia, considerado como a energia acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta foi efetuada de acordo com as expressões apresentadas em OMETTO (1986). Os dados da Evapotranspiração Real - ER estão sumariados na Tabela 4, onde se percebe que não houve diferença entre as taxas de evapotranspiração.

FIGURA 4. Relação entre Graus-Dia, IAF e Estádio Fenológico Estádio Vegetativo (0 -19) e Estádio Reprodutivo (20 - 24)



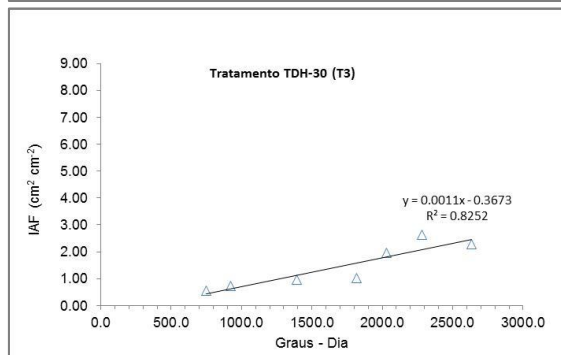
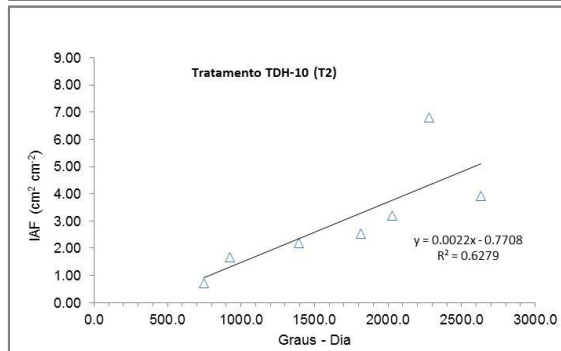
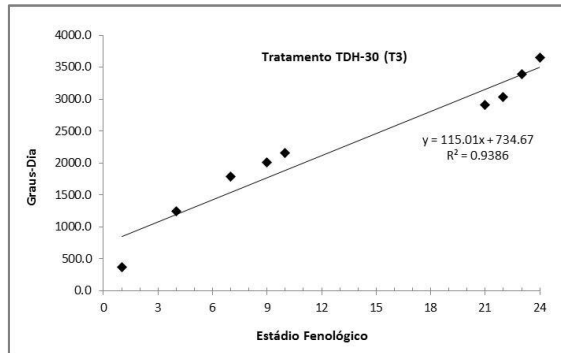
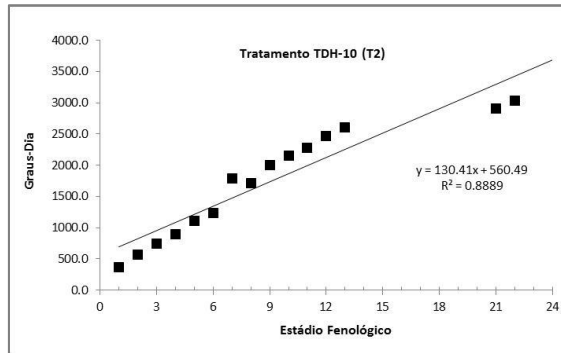
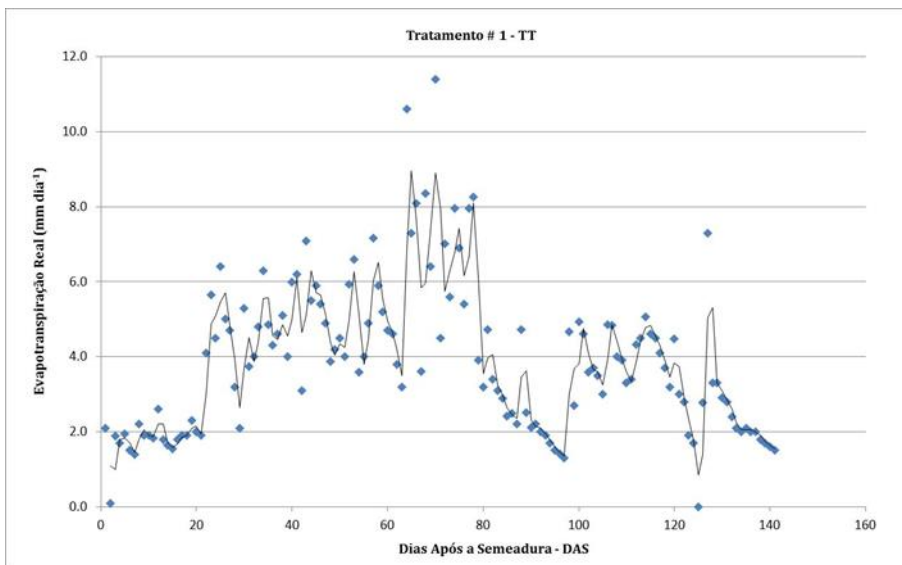


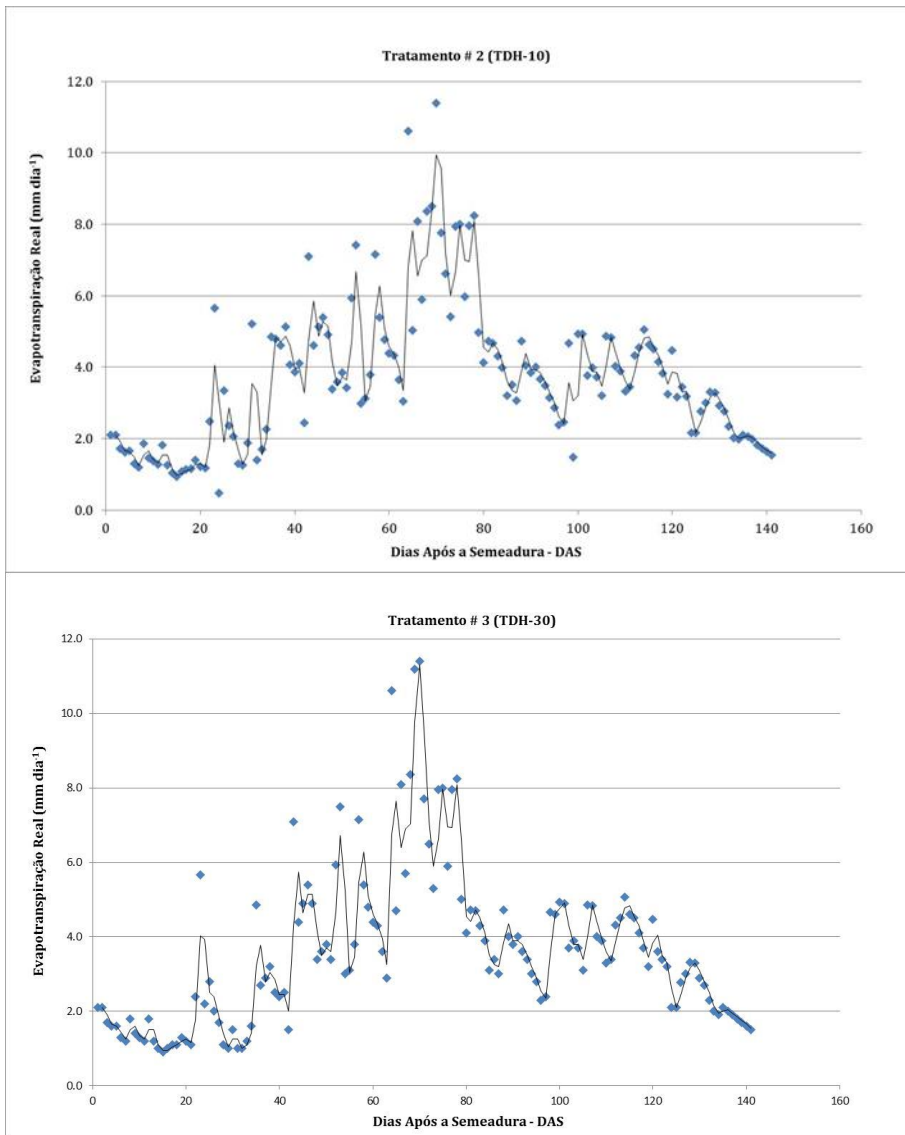
TABELA 4: Evapotranspiração Real observada nos três tratamentos. Em cada série de médias na vertical, os valores seguidos por letras maiúsculas distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tratamento	Evapotranspiração Real - ER (mm)
T1	A512
T2	A514
T3	A524

Os padrões de variação da evaporação e a transpiração são distintos ao longo das fases fenológicas da cultura, conforme verificamos na Figura 5.

FIGURA 5. Relação entre Evapotranspiração Real - ER e Dias Após a Semeadura-DAS para os três tratamentos.





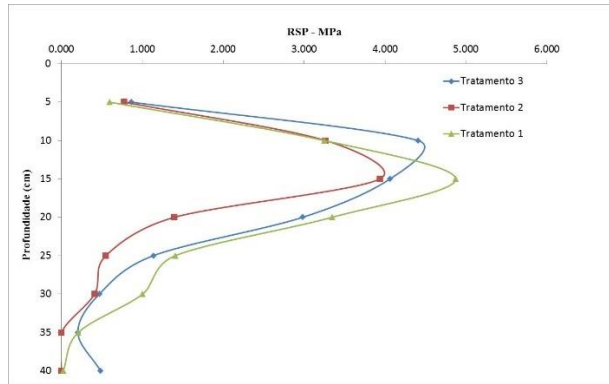
Entre os estádios de emergência (VE) até o de seis folhas (V6), temos a transpiração baixa, tendo como fator preponderante o baixo IAF. Nesse mesmo período a evaporação aumenta devido a menor cobertura do solo e à alta disponibilidade hídrica propiciada pela irrigação nos tratamentos. A partir de V6 a transpiração passa a predominar, atingindo o pico a partir de V12.

A evapotranspiração real observada nos três tratamentos apresentou valor médio da ordem de 523 mm, não restringindo às plantas, taxas potenciais de transpiração. Estas plantas apresentam ainda a característica de fixar CO₂ pelo metabolismo C₄, implicando em maior eficiência no uso da água, tendo, sem restrições nutricionais e, sob condições de alta intensidade de radiação e de alta temperatura, elevadas taxas de fotossíntese e crescimento (VOLPE et al., 1995).

Os resultados da resistência do solo à penetração (RSP), obtidos com o penetrômetro digital são apresentados nas Figuras 6 e 7, onde temos as curvas e o mapa espacializado da

RSP, respectivamente.

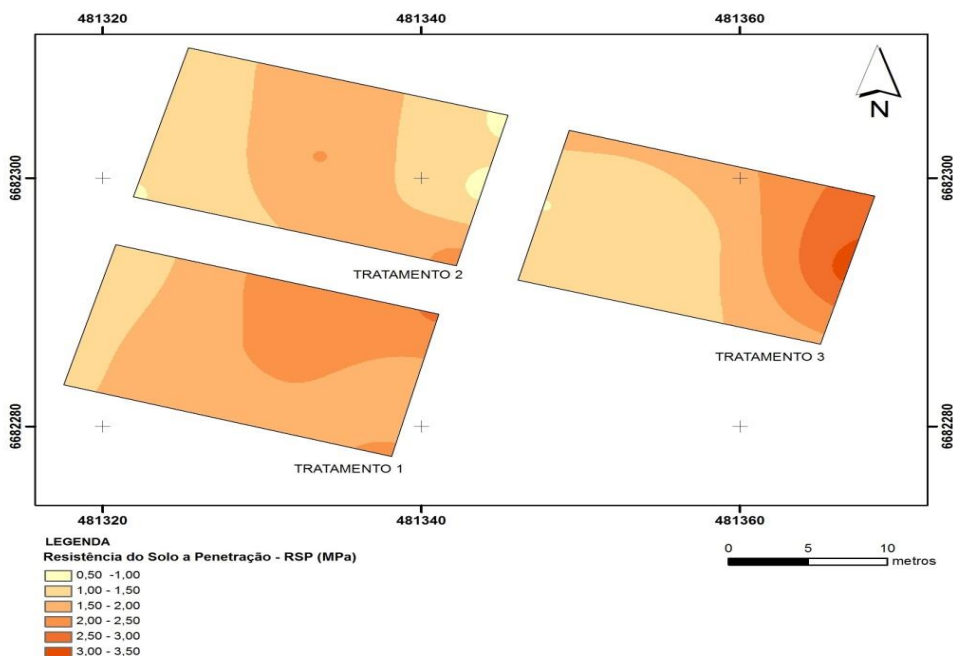
FIGURA 6. Curvas de resistência do solo a penetração (RSP) nos três tratamentos.



Observa-se que a resistência do solo a penetração (RSP) atingiu o maior valor a 10 cm para o tratamento 3 (4,405 MPa) e a 15 cm para os tratamentos 2 e 1 com valores de RSP iguais a 3,935 MPa e 4,872 MPa, respectivamente. Os valores médios da RSP foram de 1,837, 1,290 e 1,825 MPa para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente, mostrando uma condição mais favorável para o desenvolvimento radicular no tratamento 2.

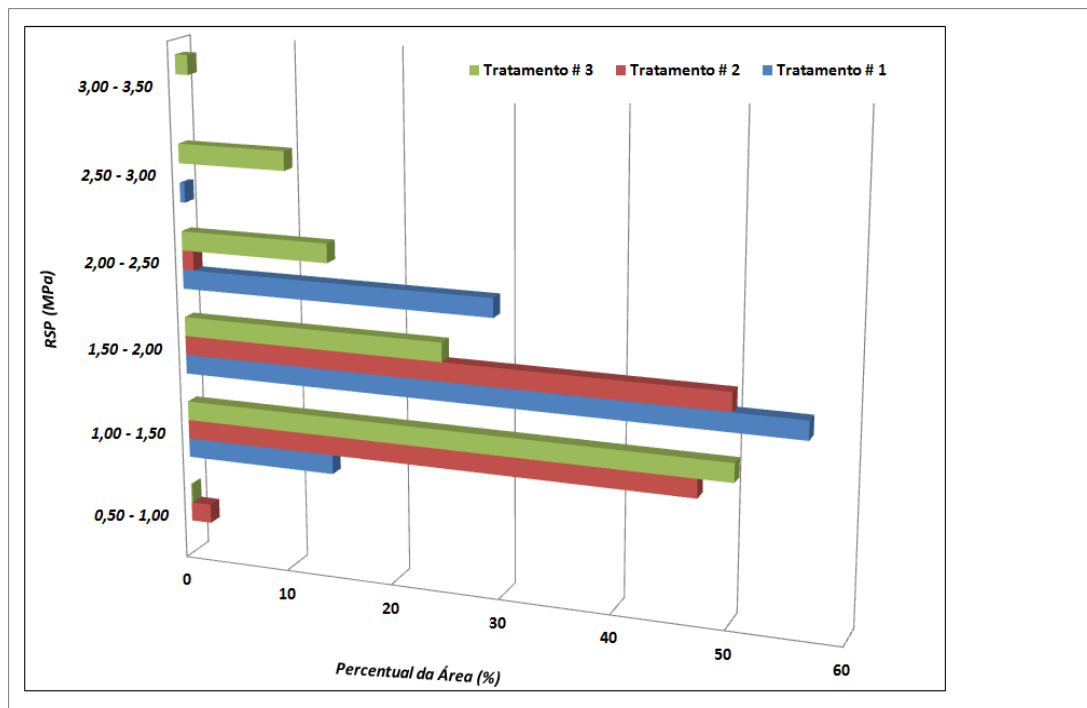
De acordo com a Figura 7, constata-se que a proximidade das linhas nos permite supor alteração da RSP mais acentuada no tratamento 3 em comparação com o testemunha e o tratamento TDH-10.

FIGURA 7. Espacialização da resistência do solo a penetração (RSP) nos três tratamentos.



Nos tratamentos 1 e 2, aproximadamente cinquenta por cento da área apresentou a RSP entre 1,5 e 2,0 MPa, diferentemente do 3 que ficou entre 1,0 e 1,5 MPa, conforme apresenta a Figura 8.

FIGURA 8. Distribuição da área ocupada por tratamento em função da faixa de Resistência do Solo a Penetração – RSP.



Considerando-se o valor limite de 2,0 MPa, vemos na Figura 6 que enquanto no tratamento 2, temos apenas 1% da área com RSP > 2,0 MPa, nos tratamentos 1 e 3, verifica-se os valores de 30% e 25%, respectivamente.

A Tabela 5 a seguir, apresenta uma seleção de valores críticos de descritos na literatura e apresentados por ALVIM (2010).

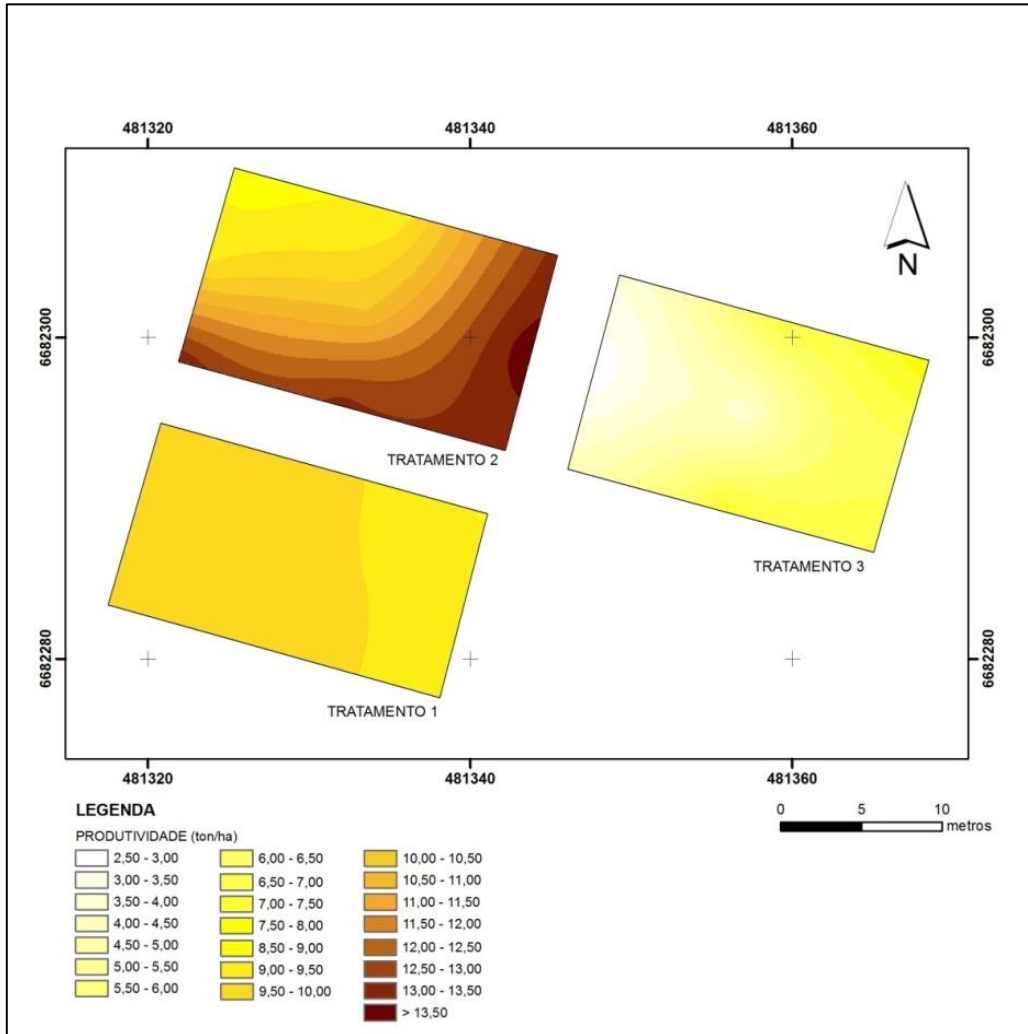
TABELA 5: Seleção de Valores Críticos da Resistência do Solo a Penetração – RSP

Autor	RSP (MPa)
Gerard et al. (1972), Taylor & Burnett (1964)	1,0
Nesmith (1987), Sene et al. (1985)	2,0
Canarache (1990)	2,5
Merotto & Mundstock (1999)	3,5

Considerando-se os valores médios de RSP de cada um dos tratamentos, somente o valor de 1,0 MPa é ultrapassado. Ou seja, praticamente não há restrição para desenvolvimento radicular em função da RSP. Essa dedução já fora corroborada por BOONE et al. (1987) apud FREDDI et al. (2007), o qual demonstrou que mesmo com altos valores de RSP, se não houver déficit hídrico, o crescimento da planta não é restringido.

Os resultados da produtividade foram de 9,7 Mg ha⁻¹ (Tratamento 1), 11,8 Mg ha⁻¹ (Tratamento 2) e 5,6 Mg ha⁻¹ (Tratamento 3), conforme ilustra o mapeamento da interpolação por Krigagem apresentado na Figura 9. Esses valores seriam considerados altos na hipótese de reproduzirmos produtividades dessa ordem em lavouras comerciais no Rio Grande do Sul, já que a produtividade média do milho na primeira safra de milho 2011/2012 foi de 3,0 Mg ha⁻¹ e nas últimas dez safras de verão de 3,5 Mg ha⁻¹ (CONAB, 2012).

FIGURA 9. Espacialização da produtividade do milho nos três tratamentos.



A Figura 9 mostra que no tratamento 2 houve uma distribuição espacial bem mais uniforme da produtividade quando comparada aos tratamentos 2 e 3. Além disso, a faixa de distribuição da produtividade ficou entre 8,5 - 13,5 Mg ha⁻¹, enquanto que nos tratamentos 1 e 3, esteve entre 8,5 - 10,0 Mg ha⁻¹ e 2,5 - 8,0 Mg ha⁻¹, respectivamente.

A Tabela 6 mostra estatisticamente que há diferença significativa entre os tratamentos, ou seja, a fertirrigação exerceu papel importante na produtividade, destacando-se o tratamento 2, o qual apresentou produtividade superior aos outros dois com 22% acima do T1 e 107% superior ao T3.

TABELA 6: Teste de médias para a variável produção de grãos de milho com umidade ajustada a 13%.

Tratamento	Produção de Grãos (Mg ha-1)
TT – T1	8,4 b
TDH-10 – T2	9,2 a
TDH-30 – T3	6,3 c

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey. (dms = 1,4)

A produtividade do Tratamento TDH-10 foi 9,0% superior ao Tratamento Testemunha e 30% em relação ao TDH-30. Estudo de PLETSCHE (2012) com fertirrigação com esgoto doméstico tratado obteve uma produção de milho 50% maior que a testemunha.

Segundo MALUF et al. (2000) as maiores restrições à obtenção de altos rendimentos de milho no Rio Grande do Sul são impostas pelo déficit hídrico. Comenta também que o uso da irrigação faz com que o potencial do rendimento de grãos aumente consideravelmente.

4 CONCLUSÕES

O Índice de Área Foliar – IAF não acompanhou o comportamento do rendimento de grãos. A ordem decrescente dos valores de IAF nos tratamentos foi: 1º: T1, 2º: T2 e 3º: T3, diferentemente do rendimento dos grãos que ficou: 1º: T2, 2º: T1 e 3º: T3.

As restrições físicas resultantes da compactação do solo tiveram o seu efeito minimizado pela irrigação dos tratamentos, não tendo impacto preponderante na produtividade;

Na primeira safra avaliada, a produtividade do milho nos tratamentos 2 e 3 foram em termos absolutos e desconsiderando escala de cultivo, superiores a média estadual das últimas safras de verão no Rio Grande do Sul. Ou seja, a água residuária promoveu um incremento da produção de milho, comprovando a sua capacidade de fertirrigação.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, K. R. T.; BRITO, C. H.; BRANDÃO, A. M.; GOMES, L. S.; LOPES, M. T. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.5, mai, 2010.

ANDRADE, D; BOTREL, T; PAZ, V. & FRIZZONE, J. Modelo Matemático para simulação da fase de avanço na irrigação por sulcos in *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*.v2. 1998.

BASTOS, R. K. X. (Coord.). Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2003.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R.; CARDOSO, L. S.; SILVA, M. I. G da. Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência). Porto Alegre: UFRGS, 2003. 77p.

CQFS/RS-SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina / Sociedade Brasileira de

- Ciência do solo. Comissão de Química e fertilidade do solo. 10. ed. Porto Alegre, 2004.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento, julho 2012 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2012.
- CPRM. 2020. Recordes de estiagem são registrados pelo Serviço Geológico do Brasil nos rios do RS e SC. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/Noticias/Recordes-de-estiagem-saoregistrados-pelo-Servico-Geologico-do-Brasil-nos-rios-do-RS-e-SC-6233.html>
- DEFESA CIVIL. 2020. Estiagem - Decretos Homologados e Reconhecidos 2019/2020. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/estiagem>
- FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; LAUSCHNER, M. H.; MELLO, R. W. de. Modelo de estimativa de rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 36, n. 3, mar. 2001.
- FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (coord.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
- FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.M.; ARATANI, R.G. & LEONEL, C.L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. R. Bras. Ci. Solo, 31:627-636, 2007.
- GADIOLI, J. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; BASANTA, M. V. Temperatura do Ar, Rendimento de Grãos de Milho e Caracterização Fenológica Associada à Soma Calórica. Scientia Agricola, v.57, n.3, p.377-383, jul./set. 2000.
- GOOGLE EARTH – MAPAS. Disponível em: < <http://maps.google.com>>. Acesso em: 15 de julho 2012.
- GUIMARÃES D. P., SANS L. M. A.; MORAES, A. V. C. Estimativa da área foliar de cultivares de milho. In: 24º Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Florianópolis. Anais, EMBRAPA/ CNPMS. p.96, 2002.
- HANKS, R. J.; SISSON, D. V.; HURTS, R. L.; HUBBARD, K. G. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 44, n. 4, p. 886-888, 1980.
- HESPANHOL, I. Potencial de reúso no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. dos (ed.) Reúso de Água. Barueri, Sp. Manole. P. 37-96. 2003.
- KOURAA, A.; FETHI, F.; LAHLOU, A.; QUAZZANI, N. Reuse of urban wastewater treated by a combined stabilization pond system in Benslimane (Morocco) Urban Water, Londres, v.4, p. 373-378, 2002.
- KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.42, n.11, p.1511-1520, nov. 2007.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. In: Reúso de água. Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. dos; Philippi Jr., A. (coord.). Barueri: Manole, 2003. 18p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 2 ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV. 2007. 355p.
- MELLOUL, A. A.; HASSANI, L.; RAFOUK, L. Salmonella contamination of vegetables irrigated with untreated wastewater. World Journal of Microbiology and Biotechnology, Oxford, v. 17, n. 2, p. 207-209, 2001.
- MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. 2019.

OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440p.
REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; Carvalho, C. E. Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005. 41p.

Resolução nº 02 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA), 2 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Diário Oficial do Estado do Ceará, 21 fev. 2017.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005 - "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." - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63 - Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011.

SILVA, L. C. (2009). Quebra de Impureza e Umidade. Disponível em http://www.agais.com/manuscript/ag0109_quebras_impureza_umidade.pdf acesso em 22 de julho de 2012.

PLETSCH, T. A. Irrigação de Milho por Sulcos com Efluente de Esgoto Doméstico Tratado. 2012. 71f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2012.

VIEGAS, G. P.; PEETEN, H. Sistemas de produção. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. Melhoramento e produção do milho. Campinas: Fundação Cargill, 1987. V.2, p. 453-538.

VOLPE, C. A.; BRUNINI, O.; CAMARGO, M. B. P. Relação entre resistência aerodinâmica ao fluxo de vapor d água e a velocidade do vento em cultivo de milho. Científica. (São Paulo) SÃO PAULO, v. 23, n. 2. p.373-382, 1995.

CAPÍTULO 25

AQUAPONIA: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PRODUÇÃO DE PEIXES NA REGIÃO DA CAMPANHA GAÚCHA

Paulo Rodinei Soares Lopes
Marcus Vinicius Morini Querol
Gladis Ferreira Correa
Jucele de Oliveira Silveira
Nathalia Datore Fortunato

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos os produtores rurais dos municípios do Sul e região da Campanha do Rio Grande do Sul, vêm sofrendo com a estiagem durante o verão. No verão de 2018 enfrentaram uma das piores secas, vinte e sete municípios decretaram situação de emergência devido à estiagem. Em todo o estado, os prejuízos na agropecuária foram calculados em R\$ 1 bilhão segundo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER, 2018). Posteriormente prejudicando o desenvolvimento das pastagens de inverno, devido ao *déficit* hídrico e baixas temperaturas.

A utilização da forragem hidropônica pode ser uma opção para atender às dificuldades de produção de pecuaristas que, muitas vezes, não dispõem de quantidade suficiente de alimentos para fornecer aos animais, nem de área física para o plantio de pastagens, dificultando assim a terminação dos mesmos e, portanto, o incremento de suas rendas. A forragem hidropônica não tenta competir com os sistemas tradicionais de produção de pastagem, mas surge como complementação, especialmente durante períodos de déficit (FAO, 2001).

Em muitos países, inclusive no Brasil, as regiões do Nordeste e Centro-Oeste, já estão produzindo forragem em hidroponia, a qual está sendo utilizada para suplementação de animais para a alimentação de vacas leiteiras, cavalos, ovinos, caprinos, coelhos, aves e outras espécies (HENRIQUES, 2000; SANTOS, O. S., 2000; FAO, 2001).

As soluções nutritivas utilizadas em hidroponia, geralmente são provenientes de fertilizantes inorgânicos, técnica esta que não está de acordo por parte dos produtores, que visam um sistema de desenvolvimento agrícola sustentável (NICOLA, 2002). Recentemente o Brasil vem utilizando a técnica da hidroponia orgânica, no entanto já está sendo utilizada em outros países, com ótimos resultados (MARTINS, 2004). Este sistema tem a possibilidade de montar um sistema ecológico, fechado, com o máximo de reciclagem, sem causar danos ao meio ambiente.

Assim como a hidroponia na aquaponia, também são escassos os estudos no Brasil, entretanto, em outros países como Canadá, Austrália, Estados Unidos, México e Israel pesquisas já foram realizadas com resultados satisfatórios. Nesses países muitas residências que são produtoras de hortaliças, são chamadas de “backyard aquaponics” ou “aquaponia de quintal”. Sendo que a maioria dos produtos oriundos da aquaponia são produções em pequena escala, podendo ser encontradas em produtos de larga escala. Na Alemanha há umas

das maiores propriedades de sistema aquapônico no mundo e, com investimento de aproximadamente de 1 milhão de euros, é uma das maiores estruturas já construídas neste sistema, e com a capacidade de produzir anualmente 35 toneladas de verduras e legumes e 25 toneladas de peixes (CORSO, 2010; CARNEIRO, et al., 2015).

A aquaponia é uma técnica de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e reciclagem de nutrientes. Contudo, a aquaponia apresenta-se como uma alternativa para a produção de alimentos, a fim de reduzir impactos ao meio ambiente devido as suas características de sustentabilidade (MATEUS, 2009; HUNDLEY, 2013).

Algumas espécies de peixes já foram testadas no sistema aquapônico, como: pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tilápia (*Oreochromis niloticus*), carpa comum (*Cyprinus carpio*) e até peixes ornamentais. O mesmo foi realizado para plantas, como a alface, acelga, rúcula, melão, salsa, brócolis, pimentão, cebola e plantas ornamentais, como flores (CALÓ, 2011).

A tecnologia de implantação e uso de forragem hidropônica em pequenas propriedades, possibilita a produção de forragem fresca todo ano, independente dos problemas climáticos de cada região, resultando em baixar custos quando utiliza-se o concentrado como insumo, para alimentação animal (FAO, 2001).

De acordo com Müller, (2003); Santos et al., (2004) pode-se produzir forragem hidropônica de várias sementes, como arroz, aveia, centeio, cevada, milheto, milho, trigo, triticale e outras espécies, em alta densidade de semeadura (1,5-3,0kg/m²), e que possuem desenvolvem-se rápido, podendo ser produzidas em superfície lisa e impermeável, para absorção dos nutrientes através de uma solução nutritiva.

Devido às escassas informações sobre a produção de forragem em sistema de aquaponia, se faz necessário mais estudos sobre as quantidades necessárias de peixes no sistema, para determinar quantidade de nutrientes necessários para cada tipo de forragem a ser produzida. Avaliar a produção de aveia-branca (*Avena sativa L.*) e azevém (*Lolium multiflorum Lam.*) em um sistema aquapônico em diferentes densidades de peixes.

LOCAL

O experimento foi conduzido em abril de 2018, na área de pesquisa do Núcleo de Aquicultura (NAQUA) da Universidade Federal de Dom Pedrito (UNIPAMPA) - RS, com coordenadas geográficas: (Latitude: 30°58'54" Sul, Longitude: 54°40'39" Oeste, Altitude: 131m). O clima do local segundo a classificação climática de Köppen-Geiger: "Cfa" – clima subtropical úmido. Tem um clima quente e temperado, com pluviosidade significativa ao longo do ano, 1.313mm de média anual, e a temperatura média é 18,5°C.

As culturas foram conduzidas em uma estufa agrícola com 6 metros de largura e 10 metros de comprimento (60m²), disposto no sentido Leste-Oeste, coberto com polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura de 150 micra. No seu interior, foram montados dois sistemas de aquaponia estufa externa).

INSTALAÇÕES

Foram utilizados dois sistemas de recirculação de água fechado, termorregulado, acoplado a um biofiltro de fibra e um filtro de Ultra Violeta (UV). As unidades experimentais ficaram dispostas em uma bancada móvel de ferro galvanizado, alojadas em dois andares, compostos por 8 unidades experimentais cada, com entrada e saída de água individual.

A caixa de fibra (0,5m x 0,5m x 2m), no qual está localizado o biofiltro, possuem capacidade de 500 litros de água, sendo que no mesmo se encontra uma bomba submersa para que haja a circulação de água no sistema. Cada unidade experimental tem capacidade de 56,1 litros, sendo abastecida com 40 litros cada uma. O sistema totaliza 948,8 litros.

Para as forrageiras preparou-se em duas bancadas de metal (figura 6), que foram cobertas com filme plástico (lona preta de 100 μ de espessura), e com inclinação de 3,33% para o escoamento da água de irrigação, sobre esta lona foram colocadas 8 caixas plásticas também revestidas com lona, onde colocou-se pequenas madeiras sobre as caixas para mantê-las niveladas.

MATERIAL VEGETAL UTILIZADO

A fim de analisar a qualidade das sementes das espécies forrageiras adquirida no mercado local, foram enviadas amostras para o Laboratório de Botânica/ Unipampa, onde foram submetidas à análises de germinação e vigor. As sementes de aveia branca (*Avena sativa L.*) e azevém (*Lolium multiflorum Lam.*) foram dispostas em caixas plásticas transparentes para germinação (tipo gerbox), sobre duas folhas de papel de germinação umedecidas com água destilada, utilizou-se duas caixas para cada espécie com 100 sementes cada, ficaram condicionadas em estufa com temperaturas entre 19,6 e 20,6°C. A primeira avaliação foi realizada aos sete dias, onde obteve-se para aveia branca (*Avena sativa L.*) 93% e o azevém (*Lolium multiflorum Lam.*) 79,5% de germinação, e 29,5% e 69% respectivamente apresentaram parte aérea desenvolvida, com quatorze dias realizou-se a segunda avaliação onde apresentaram 79,5% e 75,5% de parte aérea em desenvolvimento com 9 à 10cm e 5 à 7cm de altura respectivamente.

SEMEADURA

O experimento foi conduzido com sementes de aveia branca (*Avena sativa L.*) e Azevém (*Lolium multiflorum Lam.*) na densidade de 2kg/m². Após a pesagem das sementes, estas foram colocadas em potes plásticos, para serem lavadas e desinfetadas, e onde permaneceram submersas em água limpa. As sementes foram lavadas e desinfetadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 1% (preparação 10ml de hipoclorito de sódio para cada litro de água), por 30 seg. e no máximo 3min (figura 9) e posteriormente lavadas com água (LÓPES, 2013).

PROCESSO DE PRÉ-GERMINAÇÃO E COLHEITA

Após o processo de desinfecção, foi realizada a técnica de pré-germinação segundo metodologia descrita por Medeiros (2006), onde consiste na imersão das sementes em água por 12h associada a 24h de incubação. As sementes foram colocadas manualmente de maneira uniforme, nas caixas sobre filme plástico, de acordo com cada tratamento, durante o período de incubação permaneceram cobertas por lona preta, para promover a germinação e o crescimento inicial, a colheita foi realizada, nos dois tratamentos, aos 15 dias.

SISTEMA DE IRRIGAÇÕES

O sistema de aquaponia adotado foi o sistema fechado, com reaproveitamento dos nutrientes, necessitando verificação periódica das condições de umidade da massa hidropônica (visual). A aplicação foi efetuada através de sistema de irrigação por aspersão,

constituído de uma rede de canos de PVC, e por moto-bomba, acionado manualmente. As irrigações foram realizadas de acordo com a umidade do material experimental: em dias mais frios e úmidos, foi realizada uma única vez ao dia. Em dias mais quentes e ensolarados foi realizado duas vezes ao dia com intervalo de 7 horas, todas as irrigações tiveram duração de 2 minutos (1litro de água), totalizando (2litros/dia). Para evitar proliferação de fungos, devido ao excesso de umidade.

DENSIDADE E ALIMENTAÇÃO DOS PEIXES

Os peixes foram dispostos em dois sistemas de recirculação de água, termoregulados, com 8 caixas (unidades experimentais) cada, onde foram distribuídos com diferentes densidades. O tratamento 1 (D1) com 5 peixes por unidade experimental e o tratamento 2 (D2) com 8 peixes por unidade experimental, totalizando 40 peixes (D1) e 64 peixes (D2). Foram utilizados 104 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio inicial de 59,80g.

Os peixes receberam ração comercial extrusada da marca Supra Juvenil, com granulometria de 2,5mm e com 42% Proteína bruta.

Todos os juvenis de tilápia utilizados no experimento passaram por um jejum de 24 horas. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia (09 e 16 horas), com uma taxa de arraçoamento de 3% da biomassa total (figura 10).

TEMPERATURA E ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA

O monitoramento das temperaturas ambiente e da água foi realizado diariamente, nos horários 9 horas e 16 horas, enquanto os parâmetros da qualidade da água foram analisados no Laboratório de Piscicultura e Aquicultura – NAQUA para os seguintes parâmetros: pH - potencial hidrogeniônico, O₂D - oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, alcalinidade, nitrito, e amônia total, esses monitorados três vezes por semana.

Desempenho zootécnico

Para avaliação do desempenho zootécnico, foram estimados durante a execução do experimento, o peso (g), comprimento total (cm), utilizando balança de precisão e régua milimétrica.

Em relação à biometria feita no decorrer do experimento e ao final dele, os resultados foram então calculados, a fim de avaliar o desempenho produtivo dos animais:

- Peso final: $\text{Peso final} - \text{peso inicial/tratamento em gramas}$;
- Comprimento total final (CTF): medida da porção anterior da cabeça até o final da nadadeira caudal, em cm.

FITO-MASSA

A estatura das plantas foi mensurada com auxílio de régua milimétrica. Para a determinação da fito-massa fresca foi realizada a partir de amostras colhidas em cada unidade experimental, no tamanho de 0,27m x 0,47m, que posteriormente foram levadas à estufa de ventilação forçada, com temperatura de aproximadamente 60°C, por 72 horas, onde se obteve o valor correspondente da fito-massa seca, por pesagem em balança com precisão de 0,001g. Com base na fitomassa seca, segundo as metodologias descritas por (SILVA, 1991).

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

As amostras das forragens (aveia e azevém) foram analisadas no laboratório de Bromatologia da Universidade Federal do Pampa campus Dom Pedrito, quanto a composição de: matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), FDN – Fibra em Detergente Neutro, FDA – Fibra em Detergente Ácido, sendo realizadas em duplicatas segundo a metodologia compatibilizada com a Association of the Official Analytical Chemists (AOAC, 1997).

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 2 densidades de peixes e oito repetições e 2 tipos de forragens com 4 quatro repetições cada, distribuídas em esquema fatorial 2x2. **As médias foram submetidas à análise de variância e teste “F”, a um nível de significância de 5%. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. O pacote estatístico utilizado foi o SAS (2001).**

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios obtidos para a qualidade química e física da água observadas durante o experimento nas densidades avaliadas foram: amônia total $2,08 \pm 1,43 \text{mgL}^{-1}$; nitrito $0,008 \pm 0,12 \text{mgL}^{-1}$; oxigênio dissolvido $7,32 \pm 0,35 \text{mgL}^{-1}$; pH $7,81 \pm 0,16$; alcalinidade $201,67 \pm 60,47$; condutividade elétrica $550,8 \pm 86,58$; temperatura: $23,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$. Os resultados observados neste experimento estão de acordo com Mercadante et al. (2007) e mostram-se adequados para a espécie. Em relação à temperatura média do ambiente experimental ($18,8 \pm 2,9^\circ\text{C}$), observou uma queda muito acentuada ao longo do experimento e predominando dias nublados.

Para os peixes estocados nas unidades experimentais não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$), para os parâmetros zootécnicos avaliados (peso final e comprimento total final) (tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros zootécnicos dos juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o período experimental

Variáveis	Densidades		
	D1	D2	P
Peso Inicial (g)	$60,70 \pm 26,13$	$58,90 \pm 26,26$	0,7347
Comprimento total inicial (cm)	$11,88 \pm 1,92$	$12,00 \pm 1,85$	0,7592
Peso Final (g)	$71,98 \pm 31,14$	$60,58 \pm 25,32$	0,0560
Comprimento total final (cm)	$14,92 \pm 2,16$	$14,31 \pm 2,09$	0,1603

D1 e D2 – densidade 1 e 2;

Aos 15 dias, os animais apresentavam peso médio de $71,98 \pm 31,14 \text{g}$ e $60,58 \pm 25,32 \text{g}$ e para comprimento total final $11,88 \pm 1,92 \text{cm}$ e $12,00 \pm 1,85 \text{cm}$, respectivamente para as densidades 1 e 2, com um ganho de peso neste período de $0,73 \text{g}$ na densidade 1 e $0,11 \text{g}$ na densidade 2. Semelhante ao resultado de Crivelenti et al. (2009) que ao adotar uma densidade de 220 peixes/ m^3 atingiu um ganho diário de $0,73 \text{g}$ em sistema de aquaponia com tilápia e alface. Entretanto, Hundley et al. (2013), registraram em 42 dias o ganho diário de $0,32 \text{g}$ em

sistema de aquaponia com tilápia do nilo, para manjerona e manjeriço.

Os resultados observados neste experimento após as análises de estatura e fitomassa seca (FS) em (kg/m^2 e tha^{-1}) não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) para as densidades testadas. Entretanto, em relação a fitomassa fresca (FF) em (kg/m^2 e tha^{-1}) apresentaram diferença significativa em relação as densidades e a fitomassa testadas (tabela 2).

Tabela 2 – Estatura (cm) e composição de fitomassa fresca (FF) e fitomassa seca (FS) em (kg/m^2 e tha^{-1}) de aveia e azevém analisados após o período experimental.

Estatura e composição de Fitomassa						
	Variáveis	Estatura cm	FF kg/m^2	FF tha^{-1}	FS kg/m^2	FS tha^{-1}
D 1	Aveia	20,80±0,46a	10,45±1,09a	104,54±10,93a	1,38±0,14a	13,80±1,44a
	Azevém	12,42±0,75a	11,68±0,58a	116,80±5,80a	1,37±0,06a	13,78±0,68a
D 2	Aveia	19,75±1,19a	9,15±0,57b	91,51±5,75b	1,50±0,09a	15,04±0,94a
	Azevém	12,32±0,69a	12,38±1,02a	123,80±10,27a	1,54±0,12a	15,44±1,28a
	P	0,8659	0,0009	0,0009	0,1310	0,1310
	CV (%)	5,02	7,82	7,82	7,77	7,77

D1 e D2 – densidade 1 e 2; Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas apresentam diferença significativa ($P<0,05$).

Os valores analisados quanto a estatura foram de 12,42±0,75cm e 12,32±0,69cm para azevém nas densidades D1 e D2, já para aveia foram de 19,75±1,19cm e 20,80±0,46cm nas densidades D1 e D2 (Figura 1) aos 15 dias de cultivo. Estes valores são similares aos encontrados por Müller, et al., (2005), quando avaliaram a produção de milho em sistema hidropônico, observaram que a altura máxima alcançada foi de 19,54cm, semelhantes ao encontrados neste trabalho para a aveia. Já Müller, et al., (2006), quando testaram soluções nutritivas em sistema de hidroponia para avaliar o trigo (*Triticum aestivum* L.), obtiveram resultados que corroboram com os observados neste trabalho, com valores médios de 21cm aos 16 dias de cultivo. Sendo superiores aos observados por Haut, (2003), aos 14 dias de colheita, com de 17 e 15cm para a cevada e centeio em sistema hidropônico, respectivamente. De acordo com, Fao, (2001), em estudos com forragem hidropônica pode-se chegar a uma altura de aproximadamente de 20 a 30cm de altura, dependendo da estação do ano. Isto reflete diretamente no crescimento dos vegetais.

Figura 1 - Estatura e pesagem da fitomassa fresca de aveia branca (*Avena sativa* L.).





Os resultados encontrados para fitomassa fresca (FF) apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre as sementeiras de aveia ($10,45 \pm 1,09$ e $9,15 \pm 0,57 \text{kg/m}^2$), com maior produção de fitomassa na densidade 1, entretanto, o azevém não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$), porém produziu uma maior fitomassa na densidade 2 com $12,38 \pm 1,02 \text{kg/m}^2$ e $123,80 \pm 10,27 \text{tha}^{-1}$ (figura 2). Resultados obtidos neste experimento são inferiores aos avaliados por Müller, (2003) que obteve altura de 24cm e $14,0 \text{kg/m}^2$ de FF em milho hidropônico aos 14 dias de. Ao analisar cevada em sistema hidropônico Santos, O. S., et al. (2010), observaram que a gramínea anual de inverno cevada apresentou boa produção de fitomassa fresca, com densidade de sementeira de $3,0 \text{kg/m}^2$, e produção de $17,53 \text{kg/m}^2$ MF, em condições climáticas favoráveis. Contudo, Henriques, (2000), ressalta a grande vantagem em produzir forragem hidropônica, pois a apresenta alta produção de fitomassa fresca por área, e que a forragem hidropônica de milho pode produzir aproximadamente 6t ha^{-1} ano.

Os valores de fitomassa seca (FS) não apresentaram diferença significativa entre as densidades, porém produziu uma maior (FS) na densidade 2 com $(1,54 \pm 0,12 \text{kg/m}^2)$ e $(15,44 \pm 1,28 \text{tha}^{-1})$ ($P < 0,05$). Esses valores são inferiores aos resultados citados por Müller,

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) et al., (2006) ao avaliarem produtividade de trigo hidropônico, observaram que fitomassa seca (FS) em colheita aos 10 dias ($2,28\text{kg/m}^2$), sendo este resultado superior em relação à colheita aos 20 dias ($1,62\text{kg/m}^2$). O mesmo foi relatado por Fao, (2001), em forragem hidropônica, onde colheitas realizadas após 10 dias não seriam adequadas, devido à diminuição de fitomassa seca, pois em cultivo de forragem hidropônica de aveia, pois observou-se valores decrescentes de FS de $3,26$, $2,95$ e $2,27\text{kg/m}^2$, aos 7, 11 e 15 dias, respectivamente. Porém os resultados obtidos neste trabalho são superiores aos encontrados em produção de aveia branca e o azevém em produção convencional. Aveia branca pode produzir até $7,0\text{t MS ha}^{-1}$, sendo mais precoce que azevém, e tem boa aceitação pelos animais. O azevém tem boa aceitação pelos animais e pode produzir de $2,0$ a $6,0\text{t MS ha}^{-1}$ (FONTANELI, et al., 2012).

Figura 12 – Estatura e pesagem da fitomassa do azevém (*Lolium multiflorum*).





Os valores observados após as análises bromatológicas neste experimento para matéria seca (MS) e para fibra detergente ácida (FDA) não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) para as densidades testadas. Entretanto, em relação a matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e fibra detergente neutra (FDN) apresentaram diferença significativa em relação as densidades e a fitomassa analisadas (tabela 3).

Os valores encontrados para matéria mineral (MM) neste trabalho foram de $8,65\pm 0,66\%$ (D1) e $10,02\pm 0,52\%$ (D2) para aveia entre as densidades avaliadas, onde a densidade 2 foi superior a densidade 1. Resultados semelhantes foram observados por Matos; Teixeira, (2016) quando testaram em milho hidropônico diferentes soluções nutritivas, constataram valores entre 8,74 a 12,17 de matéria mineral. Zorzan, (2006), avaliando a qualidade de forragem hidropônica para centeio, cevada, centeio+ervilhaca e cevada+ervilhaca, no outono e inverno, constatou que o conteúdo da matéria mineral variaram de 6,05 a 9,28% aos 14 dias de cultivo. Carlin, (2006), encontrou resultado correspondente a 7,78% de matéria mineral, para a forragem hidropônica de cevada cervejeira. Moreno, et al., (1995), em estudos realizados na Universidade Nacional Agraria La Molina, compararam cevada germinada hidroponicamente com milho cultivado tradicionalmente. Os teores de matéria mineral encontrados foram menores do que os determinados neste experimento, 5,12 e 6,23% na matéria seca para a cevada e o milho, respectivamente.

Tabela 3 – Composição bromatológica da aveia e azevém analisados após o período experimental em diferentes densidades na matéria seca.

		Composição Bromatológica %				
	Variáveis	MS	MM	PB	FDN	FDA
D 1	Aveia	12,27±0,37 ^a	8,65±0,66 ^b	15,96±0,57 ^a	54,72±2,92 ^a	22,15±1,38 ^a
	Azevém	11,31±0,68 ^a	11,35±0,09 ^a	19,09±1,05 ^a	51,59±2,96 ^a	27,38±1,89 ^a
D 2	Aveia	15,64±0,33 ^a	10,02±0,52 ^a	15,57±0,09 ^a	46,00±1,39 ^b	23,93±1,11 ^a
	Azevém	11,74±0,24 ^a	7,21±0,12 ^b	13,64±0,13 ^b	48,85±2,92 ^a	26,63±1,32 ^a
	P	0,1257	0,0001	0,0001	0,0031	0,4813
	CV (%)	1,75	4,65	3,77	5,19	5,83

D1 e D2 – densidade 1 e 2, MS – matéria seca, MM – matéria mineral, PB – proteína bruta, FDN – fibra detergente neutro, FDA – fibra detergente ácida;

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas apresentam diferença significativa (P<0,05).

Em relação ao valor proteico das forragens analisadas, observou-se neste experimento que o valor de proteína bruta foi maior na densidade 1 para o azevém (19,09±1,05%) (P>0,05). Corroborando com este resultado, trabalhos desenvolvidos por Sandia, (2003), quando avaliou forragens hidropônicas, e afirmou que estas possuem em médias 20,23% PB, sendo o azevém a espécie que mais se aproximou deste valor. Müller, et al., (2005) ao avaliar a produção e qualidade bromatológica de gramíneas em sistema hidropônico em relação à proteína bruta, obteve resultados significativos, quando comparou as seguintes espécies entre si, onde o milho apresentou maior teor (18,26%) em relação ao milheto (12,79%) e o arroz (8,15%). Entretanto, Muller, et al., (2006) avaliando soluções nutritivas na produção e qualidade nutricional da forragem hidropônica de trigo (*Triticum aestivum L.*), observaram que o teor de proteína bruta, apresentou resultados significativos aos 15 dias com 29,84% PB.

Os valores de fibra detergente neutro (FDN), foram significativos para aveia que apresentou o menor valor (46,00±1,39%) (P>0,05) na densidade 2. Em estudos realizados em sistemas hidropônicos verificou aos 7, 11 e 15 dias, valores de 56,0, 63,0 e 58,0% FDN em forragem hidropônica de aveia, respectivamente Fao, (2001), sendo estes valores superiores aos observados neste estudo. Entretanto, Espinoza, et al., (2004), observaram em forragem hidropônica de milho, aos 9 dias, teor de FDN de 41,46%, sendo inferiores aos encontrados neste trabalho. De acordo com o (NRC, 1989), as dietas de vacas em lactação devem conter, no mínimo, 25 a 28% de FDN, sendo 75% deste total suprido por forragens. Contudo com o teor da FDN é inversamente correlacionado com a ingestão de fitomassa seca, os níveis de FDN acima de 55-65%, não seriam indicados, pois reduzem o consumo de forragem, e estes níveis limitariam o espaço no trato gastrointestinal (CONRAD, et al., 1966; VAN SOEST, 1965).

Resultados de fibra detergente ácida (FDA) não apresentaram diferença significativa (P>0,05) entre as espécies avaliadas sendo os menores valores observados na densidade 1 e 2 (22,15±1,38% e 23,93±1,11%), respectivamente para aveia. Segundo, Mertens, (1994), a FDA indica a quantidade de fibra que não é digestível, a proporção de lignina, o seu teor deve ser em torno de 30% ou menos, pois irá favorecer o consumo de fitomassa seca pelo animal. Sendo assim, os valores observados neste trabalho são adequados ao consumo

animal. Espinoza, et al., (2004), apresentou valores semelhantes a este trabalho, em forragem hidropônica de milho, aos 9 dias de cultivo, com valores de 20,94% FDA. Ainda Fao, (2001), cita valores de FDA superiores ao encontrado neste trabalho em forragem hidropônica de aveia, aos 15 dias, com valores médios de 27,97%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Técnicas como a aquaponia permitem a produção de volumosos em curto espaço de tempo, o que é muito importante em épocas de escassez de alimentos, pois o material é uma fonte de complemento alimentar para os animais, que irá complementar a renda dos piscicultores.

Importante salientar, que esta técnica é uma alternativa de produção de alimento em espaços reduzidos e com pouca utilização de água e que nenhum momento tem a intenção de substituir o sistema convencional, entretanto, é uma forma prática de produção de alimento em quantidade e qualidade.

Este trabalho vem contribuir para a produção de alimento para pequenos e grandes ruminantes e até mesmo para pequenas criações (aves, suínos e coelhos). Mas, devido à deficiência de informações acadêmicas a respeito do assunto, são necessários estudos futuros nesta linha de pesquisa. Avaliando as inúmeras hipóteses, seriam importantes novos ensaios com avaliação dos compostos amoniacais e avaliação da digestibilidade *in vitro* ou *in vivo* das forragens.

REFERÊNCIAS

ADLER, P.R. et al. (2000). Economic analysis of na aquaponic system for the integrated production of rainbow trout and plants. **International Journal of Recirculating Aquaculture**, 1(1):15-34.

AMORIM, A.C. et al. Produção de milho (*Zea mays*) para forragem através de sistema hidropônico, 2000. In: __ REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 200, Viçosa. **Anais...**Viçosa, SBZ, CD-ROOM.

BRAZ FILHO, M.S.P. Qualidade na produção de peixes em sistema de recirculação de água. **Monografia** (Pós Graduação em Qualidade nas Empresas) - Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo. 2000. 41p.

CALÓ, P. Introducción a la Acuaponia. **Centro Nacional de Desarrollo acuícola (CENADAC)**. Ministerio de Agricultura, Ganaderia y Pesca. Argentina, 2011. 15 p.

CARLIN, C.D.C. **Forraje Verde Hidropônico**. Disponível em: <<http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/articulo/88>> Acesso: em 14/01/2006.

CARNEIRO, P.C.F. et al. **Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais**. Macapá, 2015. 683–706p. v 2.

CASTELLANI, D. et al. **Aquaponia: aproveitamento do efluente do berçário secundário do Camarão-da-Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) hidropônicos**. Funep, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012-2013.

Coordenadas Geográficas Disponível em: <<http://pt.db-city.com/Brasil--Rio-Grande-do-Sul--Dom-Pedrito>> Acesso em: 06/04/2018.

CONRAD H.R. et al. (1966). Regulation of feed intake in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, 47: 54-62.

CORSO, M.N. **Uso de sistemas com recirculação em aquicultura**. Porto alegre. 2010. 36

p.

CORTEZ, G.E.P. (1999). Cultivo de alface por hidroponia associado à criação de peixes. **Tese** - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. 120

p.

EMATER (2018) **G1 – Rio Grande do Sul, RBSTV**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/estiagem-leva-27-cidades-a-decretarem-emergencia-e-causa-r-1-bilhao-de-prejuizo-no-rs.ghtml>Por G1 RS> Acesso em:(02/03/2018 21h53).

CRIVELENTI, L. Z.; BORIN, S.; da SILVA, N. R. Piscicultura superintensiva associada à hidroponia em sistema de recirculação de água. **Archives of veterinary Science**. v.14, n.2, p.109-116, 2009.

ESPINOZA, F. et al. Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. **Zoocenia Tropical**, Maracay, v. 22, n. 4, p. 303-315, oct-dic. 2004.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. **Manual técnico forraje verde hidropónico**. Santiago, Chile. 73 pp.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA** / editores, - 2. ed. - Brasília, DF: Embrapa, 2012. 544 p.

HAUT, V. 2003. Produção de forragem hidropônica de gramíneas. **Tese Doutorado** em Zootecnia. Univ. Fed. Santa Maria, Brasil. 94 pp.

HERBERT, S. et al., **Aquaponics in Australia - The integrations of Aquaculture and Hydroponics**. Mudge, Australia, 2008, 28p.

HENRIQUES, E. R. **Manual de produção-forragem hidropônica de milho**. Uberaba: FAZU, 2000. 15 p.

HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D.; FIGUEIREDO, C. M. G.; NAVARRO, F. K. S. P.; PEREIRA, M. M.; FILHO, O. P. R.; FILHO, J. T. S. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjeriço (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistema de aquaponia. **Revista brasileira de agropecuária sustentável**. v.3,n.1,p.51-55. 2013.

LEWIS, W.M. et al. Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. **Transactions of American Fisheries Society**, 1978. v. 107, n. 1, p. 92-99,

LÓPEZ, P. J. et al. **Producción de Forraje Verde Hidropónico**. Revista Fuente nueva época Año 4, No. 13, abril - junio 2013. p. 16-26 Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Porfirio_Juarez-lopez/publication/275115557_PRODUCION_DE_FORRAJE_VERDE_HIDROPONICO/links/554518420cf23ff716869954.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2018, às 19h 39min.

MARTINS, R.V. 2004. **Hidroponia orgânica**. Disponível em <http://www.hydor.eng.br/Pagina16.htm>

MATEUS, J. Acuaponía: hidroponía y acuacultura, sistema integrado de producción de alimentos. **Red hidroponía Boletín** 44, p7-10. 2009.

MATOS, D. C.; TEIXEIRA, E. C. Avaliação do rendimento e da qualidade bromatológica da forragem de milho hidropônico produzida com diferentes fertilizantes. **Trabalho de Conclusão de Curso** – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2016. 28f.

MEDEIROS, L. M. **Produção e Composição Bromatológica da Forragem Hidropônica de Trigo**. Santa Maria - RS: UFSM-CCR, 2006. 73 p.

MERCANTE, C. T. J. et al. Water quality in a fish pond with Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*): diurnal assessment of físicos, químicos and biológicos variables, São Paulo State, Brazil. **Bioikos**, Campinas, 21(2):79-88, jul./dez., 2007.

- MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JUNIOR, G. C. (Ed.). Forage quality, evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450-493.
- MORENO, A.; CARRASCO, I.; PICHILINGUE, C. **Producción de forraje verde hidropónico**. In: 2do. Curso Taller. Dpto. de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 1995. 97 pp.
- MÜLLER, L. Produção de forragem hidropônica e o seu uso na alimentação animal. Monografia (**Estágio supervisionado em Zootecnia**) – Curso de Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, RS, 2003. 60p.
- MÜLLER, L. et al. Produção e Qualidade Bromatológica de Gramíneas em Sistema Hidropônico. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.12, n.1, p. 88-97. 2005.
- MÜLLER, L. et al. Efeito de soluções nutritivas na produção e qualidade nutricional da forragem hidropônica de trigo (*Triticum aestivum L.*). **Zootecnia Trop**. v.24 n.2: 137-152. Maracay jun. 2006.
- NICOLA M.C. 2002. Cultivo hidropônico da alface utilizando soluções nutritivas orgânicas. **Dissertação Mestrado em Agronomia**. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Pelotas, RS. Brasil. 62 p.
- NRC (National Research Council). 1989. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. National Academy of Sciences. Washington, D.C. 157pp.
- OLIVEIRA, A. L. et al. Produção de forragem de milho pelo sistema de hidroponia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SBZ. 2001, p.268-269.
- RAKOCY, J.E.; LOSORDO, T.M.; MASSER, M.P. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, **SRAC publication**. 2006. 454p.
- SANDIA - Sandia Nacional Laboratorios para New México y el Caribe. Produção de forraje verde hidropônico. **Manual técnico**. Disponível em: www.sandia.gov/water/USMBpress/gallegosagricultura.pdf Acesso: 06/09/2003.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; BAIER, A. C.; TOMM, G. O. **Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas Regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 142 p.
- SANTOS, O.S. et al. **Cultivos sem solo: hidroponia**. Santa Maria: UFSM/CCR, 2000. 107p. (Caderno Didático, 01).
- _____, **Conceito, histórico e vantagens da hidroponia**. In: SANTOS, O. (Ed.) Hidroponia da alface. Santa Maria: UFSM, 2000. 160p.5-9p.
- SANTOS, O.S. et al. Produção de forragem hidropônica de cevada e milho e seu uso na alimentação de cordeiros. Santa Maria: UFSM/CCR, 2004. 8p. (**Informe Técnico** 04/2004).
- SANTOS, O.S. et al. Produção de forrageiras hidropônicas de três espécies de +6poáceas, no inverno. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 16, Ed. 121, Art. 821, 2010.
- SILVA, D. J. 1991. Análise de Alimentos. **Métodos Químicos e Biológicos**. Univ. Fed. Viçosa. Viçosa, MG. 166 pp.
- TYSON, R. V.; TREADWELL, D. D.; SIMONNE, E. H. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. **Hort Technology**, v. 21, n. 1, p. 6-13, 2011.
- VAN SOEST, P.J. 1965. Voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **J. Animal Sci.**, 24(3): 834-844.
- WILSON, G. Australian barramundi farm goes aquaponic, **Aquaponics Journal**, 37. Sidney, Australia, 2005. p. 2–16.

ZORZAN, M. H. S. Avaliação da qualidade de forragem hidropônica de Centeio, Cevada e Ervilhaca. **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Agronomia UFSM. Santa Maria, RS. 2006. p. 62.

CAPÍTULO 26

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMA DE AQUAPONIA ASSOCIADO À PRODUÇÃO VEGETAL

Paulo Rodinei Soares Lopes
Marcus Vinicius Morini Querol
Gladis Ferreira Correa
Stefani Fabiele Mendes dos Santos
Nathalia Datore Fortunato
Cecília Larruscaim Cauduro

INTRODUÇÃO

A aquaponia é uma produção integrada de peixes e vegetais tendo como base a recirculação de água e nutrientes em sistema fechado. É um sistema completo e de fácil manejo, que permite a semeadura e a produção de mudas vegetais, possibilitando, assim, a condução de todo o ciclo de produção no mesmo local. Sua principal aplicação é a produção (doméstica ou residencial/urbana e periurbana) de hortaliças folhosas de pequeno porte (alface, agrião, couve, salsa, espinafre etc.), vegetais de médio porte (tomateiros e pimenteirias, entre outros) e peixes para consumo (tilápias, tambaquis e outros).

Este sistema preconiza a reutilização total da água, evitando seu desperdício e diminuindo drasticamente, ou até eliminando, a liberação do efluente no meio ambiente. O volume de água necessário para um sistema de aquaponia é muito baixo se comparado aos sistemas tradicionais de agricultura e aquicultura. Uma vez abastecido e em funcionamento, um sistema de aquaponia pode ficar por tempo indefinido sem a necessidade de troca de água, sendo necessária somente a reposição da água perdida pela evaporação e pelas colheitas. Nesse sentido, a aquaponia é, inclusive, mais eficiente na utilização da água e geração de efluente que a própria hidroponia, que necessita constante renovação da solução hidropônica de nutrientes.

O Brasil abriga mais de 3000 espécies dulcícolas por encontrar a maior parte do território brasileiro na região neotropical. Este fator está ligado à complexa e ampla rede hidrológica do país que apresenta um alto potencial para aquicultura por possuir 12% da água doce superficial do planeta, o que reflete a necessidade de uma produção de alimentos sustentável, porque precisa atender a demanda de alimentos, a necessidade da população e preservar o meio ambiente (FILHO, 2000; HUNDLEY et al., 2013). Outro aspecto importante é a pressão e atenção da sociedade em relação aos recursos naturais faz com que haja constantemente estudos para adotar um novo padrão produtivo com mínima perda de água (EHLERS, 1999; HUNDLEY et al., 2013).

O desenvolvimento da aquicultura preocupa por ser uma atividade com alto consumo de água dependendo do método de produção adotado, competindo com as outras atividades agrícolas, então a tendência é utilizar tecnologias para que haja o reaproveitamento da água

Querol, Pessano, Machado, Camargo e Stefanello (2022) (GONÇALVES; FLORES, 2002). Países como México, Israel, Estados Unidos e Austrália estão muito mais avançados que a aquicultura brasileira nesse aspecto, já que todos em comum têm a dificuldade com oferta de água (HUNDLEY, 2013).

A aquaponia é uma das tecnologias onde o sistema é sustentável, realiza a integração da aquicultura com a hidroponia onde os dois cultivos tem benefícios. Este sistema permite que as plantas utilizem os nutrientes dos efluentes de cultivo de organismos aquáticos (originados das fezes e restos de ração) para seu próprio desenvolvimento, melhorando a qualidade da água (RAKOCY et al., 1993; QUILLERE et al., 1995; DIVER, 2006; HUNDLEY e NAVARRO, 2013). O sistema

preza pela reutilização da água diminuindo o desperdício e a liberação do efluente resultante da aquicultura no meio ambiente, adotando um volume de água muito baixo comparado com os cultivos tradicionais de aquicultura e agricultura que dependem de renovação e irrigação constante, a aquaponia pode ficar com a mesma água por muito tempo, necessitando abastecimento pelas perdas por evaporação e evapotranspiração (DIVER, 2006; CARNEIRO et al., 2015).

Diversos cultivos já foram testados e aprovados, como Hundley et al. (2013) que integraram tilápia do Nilo com manjeriço e manjerona, concluíram que a manjerona teve um crescimento melhor que em sistema de hidroponia porém o manjeriço teve um maior crescimento e as pós-larvas de tilápia foram beneficiadas com a qualidade da água que o sistema resulta. Crivelenti et al. (2009) viabilizaram a integração de tilápia e alface sem a necessidade de adição de fertilizantes.

É relativamente viável, para a redução de custos, de água e mão de obra, e é uma diversificação produtiva da aquicultura. Porém, ainda precisa ser melhor avaliada e estudada para repassar aos pequenos produtores os procedimentos estabelecidos adequados para fortalecimento deste novo cultivo (EHLERS, 1999; MATHEUS, 2009).

Para que haja sustentabilidade em uma produção a mesma necessita ser economicamente viável, e a aquaponia é capaz de produzir produtos de origem animal e vegetal de alta qualidade e totalmente orgânicos, ou seja, sem a adição de agrotóxicos, visando também a grande aceitação por estes produtos no mercado consumidor (ADLER et al., 2000). A escolha dos componentes do sistema também deve ser guiada nos mesmo aspectos, como Crivelenti et al. (2009) em seu estudo validou a viabilidade com a integração de tilápia do Nilo e alface por exemplo.

A tilápia do Nilo é um peixe em potencial na aquicultura brasileira, devido ao seu crescimento rápido, tolerância à baixa qualidade da água, boa conversão alimentar, adaptação ao confinamento, rusticidade e aceitação da ração desde a fase larval, já previsto por Hayashi et al. em 1995 e relatado por Bacconi (2003). Sua popularidade veio após a introdução no país pelo nordeste em 1971, logo depois distribuída em território nacional (LOVSHIN; CIRYNO, 1998). Ultimamente as melhores linhagens de tilápia são a GIFT e Supreme (MASSAGO et al., 2010). Atualmente possui o pacote tecnológico de cultivo, melhoramento genético, reprodução e nutrição avançados, e um bom preço comercial, o que torna o peixe mais utilizado em sistemas de aquaponia (MARENGONI, 2006).

Para a seleção da espécie do vegetal adotado no sistema aquapônico, tem como base o mercado comercial e suas exigências, assim, dimensionar o sistema em conjunto com as limitações da planta, sua nutrição, radiação solar e hidratação. Alguns vegetais como alface, rúcula, morango, pimenta, tomate, pepino, agrião, manjerona, manjeriço são exemplos de sucesso na aquaponia e hidroponia (JONES, 2002; RAKOCY et al., 2007; PANTANELLA et al., 2010).

Para melhor aproveitamento das plantas, o efluente passa por um filtro biológico, que serve de substrato para a proliferação de bactérias nitrificantes, que farão o ciclo do

nitrogênio convertendo o nitrogênio amoniacal em nitrito e nitrato que é a forma de melhor aproveitamento das plantas (FILHO, 2000). As bactérias nitrificantes necessitam de um ambiente completamente aeróbico, pH próximo à neutralidade, temperatura entre 20 a 28°C e área para sua fixação e proliferação (RAKOCY et al., 2006).

Herbert S e Herbert M (2008) listam os métodos mais utilizados para os sistemas aquapônicos: Media based systems, as plantas se desenvolvem no substrato das bactérias; Deep flow system, as plantas ficam flutuando em uma placa dentro do tanque e; Nutrient film technique (NFT).

O Nutrient Film Technique (NFT) é a metodologia mais usada para o sistema de aquaponia, onde as raízes ficam imersas em uma solução nutritiva que flui no recipiente, tradicionalmente este recipiente é uma calha que é alimentada pelo efluente resultante da aquicultura. A vantagem deste método é que não há a presença de solo, assim mantendo a higiene das hortaliças e a redução considerável de pragas.

Filho (2000) e Matheus (2009) apontam tópicos positivos e negativos no sistema de aquaponia, onde as vantagens são:

- Apresentar pouca limitação geográfica para a produção;
- Ter produção aquícola mesmo à propriedade tendo um solo contaminado;
- Maior controle de qualidade do lote e da água;
- Maior controle sobre a temperatura de cultivo;
- Controle de doenças, contaminantes e pragas;
- O rendimento das hortaliças pode ser superior ou igual ao sistema hidropônico;
- Não há necessidade de gastos com fertilizantes para as plantas;
- O volume de peixe produzido supera a aquicultura tradicional e;
- O volume de resíduos gerados é menor em relação à aquicultura tradicional.

As desvantagens são compostas por:

- A produção das plantas é limitada pelo número de peixes;
- Tem de haver um equilíbrio na produção animal e vegetal para que nenhum dos dois seja afetado;
- Dependência da energia elétrica e;
- O risco dos patógenos de atingir toda a produção considerando que o sistema é fechado.

A maior relevância deste sistema é obtenção de um produto vegetal a partir de um produto animal, onde o cultivo de peixes gera nutrientes para o desenvolvimento dos vegetais sem a adição de fertilizantes. Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento da tilápia (*Oreochromis niloticus*) e dos vegetais, tais como: alface crespa (*Lactuca sativa*), alface lisa (*Lactuca sativa L.*), agrião (*Nasturtium officinale*) e almeirão (*Cichorium intybus*) em sistema aquapônico com recirculação de água.

METODOLOGIA APLICADA

LOCAL E PERÍODO

O experimento foi realizado na estufa do Laboratório de Piscicultura e Aquicultura LAPA do curso de Zootecnia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), campus Dom Pedrito-RS no período de outubro a novembro, com duração de 35 dias.

INSTALAÇÕES E UNIDADES EXPERIMENTAIS

O modelo de instalação foi baseado no estudo de Geisenhof et al. (2016) e Crivelenti et al. (2009), contendo três sistemas de aquapônia independentes, compostos por três viveiros de 60 litros, um biofiltro, reserva de água e quatro calhas com os vegetais cada. A circulação da água foi realizada por uma bomba submersa com capacidade de 2500L/h. O escoamento da água realizado por tubos de PVC entre os viveiros, biofiltro/reservatório e calhas de hidroponia, totalizando 680L (Figura1).

Figura 1 - Sistema de aquapônia Figura 1 A- entrada de água para escoamento nas raízes; B- biofiltro e reservatório da água do sistema; C- direcionamento da água para as plantas e viveiro dos peixes, bombeada por bomba submersa no reservatório; D- entrada de água no viveiro dos peixes; E- retorno da água das plantas e dos viveiros.



Os filtros foram preenchidos com brita, tijolos e madeira para promover o desenvolvimento das bactérias nitrificantes para realizarem o processo de nitrificação, as bactérias dos gêneros *Nitrossomonas* e *Nitrobacters* oxidam a amônia inicialmente para nitrito, que pode ser tóxico, e, posteriormente, para nitrato. Para a maturação do biofiltro a água residuária ficou recirculando com os animais durante uma semana.

OS ANIMAIS

Os viveiros foram povoados com 108 juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*), com peso médio de 24,46g, comprimento total 11,31cm e comprimento padrão 9,23cm. A espécie foi escolhida pelo grande apelo comercial e crescimento rápido em sistema intensivo.

TRATAMENTOS

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por três

tratamentos (densidades 8, 12, 16 animais por unidade experimental) com três repetições e quatro tipos de plantas (Agrião, Alafce Lisa, Alface Crespa e Almeirão), com 10 repetições cada. Estes foram alimentados com uma ração comercial com 36% PB (Quadro 1), ofertada 2 vezes por dia (9 e 16 horas) a uma taxa de 3% da biomassa ajustada conforme as biometrias.

Quadro 1 - Composição ração comercial utilizada durante o experimento

Umidade (máx.)	120g/kg	Cálcio (min.)	20g/kg
Proteína bruta (min)	360g/kg	Cálcio (máx.)	29g/kg
Estrato etéreo (min.)	60g/kg	Fósforo (min.)	7000mg/kg
Fibra bruta (máx.)	40g/kg	Ferro (min.)	333mg/kg
Matéria mineral (máx.)	130g/kg	Cobalto (min.)	0,06mg/kg
Iodo (min.)	0,66mg/kg	Manganês (min.)	133mg/kg
Zinco (min.)	20mg/kg	Selênio (min.)	0,66mg/kg
Cobre (min.)	20mg/kg	Biotina (min.)	0,32mg/kg
Vitamina A (min.)	8000UI/kg	Ácido fólico (min.)	8mg/kg
Vitamina D3 (min.)	1333UI/kg	Ácido nicotínico (min.)	160mg/kg
Vitamina E (min.)	80UI/kg	Ácido pantotênico (min.)	80mg/kg
Vitamina B1 (min.)	32mg/kg	Vitamina C (min.)	320mg/kg
Vitamina B2 (min.)	32mg/kg	Vitamina B6 (min.)	32mg/kg
Vitamina B12 (min.)	32mcg/kg	Vitamina K3 (min.)	16mg/kg
Energia digestível (min.)	3200kcal/kg		

A água residuária de cada tratamento foi enviada para um reservatório individual de 500 litros sendo utilizada na aquaponia para a produção dos vegetais (Figura 2).

Figura 2 - Reservatório de água com filtro biológico para nitrificação da amônia



A água residuária ficou recirculando entre as bancadas e o reservatório. Cada tratamento abasteceu quatro bancadas de vegetais, posteriormente a água retornou para sua reserva voltando para o cultivo dos peixes (Figura 3).

Figura 3 - Sistema de aquaponia em funcionamento



PARÂMETROS AVALIADOS

Os parâmetros avaliados durante o período experimental foram: comprimento das raízes, largura foliar e altura foliar com ictiometro, e o crescimento em peso medido com balança de precisão com 3 casas após a virgula e comprimento dos animais com ictiometro nesse período.

A taxa de sobrevivência foi calculada durante cada biometria e no final do experimento para cada tratamento, através da contagem direta dos indivíduos no final de cada experimento e expressada em números absolutos e percentuais.

Os parâmetros físico-químicos da água foram analisados no início do experimento e durante o período experimental (toda segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira), a biometria dos animais foi realizada quinzenalmente, coletando a água nos viveiros antes de coletar os peixes. Foram analisados também os dados de temperatura da água (°C) com termômetro, oxigênio dissolvido (ppm) com oxímetro digital, pH com pHmetro digital de bancada, condutividade elétrica com condutivímetro digital de bancada, alcalinidade e amônia com kit colorimétrico. As médias foram submetidas à análise de variância e teste “F”, a um nível de significância de 5%. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. O pacote estatístico utilizado foi o R (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água esta diretamente ligada ao desenvolvimento no sistema, tanto das plantas e animais quanto para a colônia de bactérias necessárias no sistema. Os parâmetros observados para qualidade da água durante o experimento estão descritos na Tabela 1 e dentro dos parâmetros recomendados pela EMBRAPA (2013). Pode-se afirmar que os resultados dos parâmetros não influenciaram no desempenho dos animais. Ostrenski e Boeger (1998) relatam que as tilápias por serem peixes de clima tropical, quando criadas em temperatura menor que 27° podem reduzir o apetite, entretanto não foi observada a redução de apetite pelos peixes durante a condução deste trabalho.

Tabela 1 – Parâmetros observados de qualidade da água durante o experimento

Parâmetros	T 1	T 2	T 3
Temperatura (°C)	23,76±4,66	24,12±2,32	23,23±2,99
Condutividade µs/cm	344,68±166,2	370,10±112,25	334,68±186,5
pH	7,24± 0,12	7,68± 0,33	7,89± 0,10
Oxigênio dissolvido mgL-1	5,4±1,02	5,32±1,11	5,91±1,43
Amonia Total (mg/L)	1,70±0,85	1,85±0,43	1,66±0,25
Alcalinidade	64±1,02	65±1,72	63±1,00

CRESCIMENTO DAS TILÁPIAS

Os resultados observados demonstram que após 35 dias experimentais no sistema aquaponico, não ocorreu diferença significativa ($P>0,05$) para todos os parâmetros avaliados em relação aos tratamentos testados (Tabela 2).

Tabela 2 Resultados observados dos alevinos de tilápia do Nilo após o período de crescimento de 35 dias experimentais

Variáveis	T1	T2	T3	P
Peso inicial (g)	24,19±8,56	23,47±7,42	25,70±8,03	0,4307
Peso final (g)	36,70±12,70	37,41±10,73	37,54±12,31	0,9720
CT final (cm)	13,06±1,53	13,22±1,23	12,96±1,56	0,7969
CP final (cm)	10,68±1,35	10,90±1,17	10,63±1,33	0,7180

Crescimento em peso e comprimento das tilápias seguindo os tratamentos com desvio padrão. CT- comprimento total; CP- comprimento padrão; P- nível de significância $>0,05$.

Ao 35º dia os animais apresentavam peso médio de 37,21±11,90g, comprimento padrão 10,73±1,26cm e comprimento total de 13,08±1,44cm, evidenciando um ganho de peso por dia de 0,37g. Inferior ao resultado de Crivelenti et al.(2009) que ao adotar uma densidade de 220 peixes/m³ atingiu um ganho diário de 0,73g em sistema de aquaponia com tilápia e alface. Hundley et al.(2013) registrou em 42 dias o ganho diário de 0,32g em sistema de aquaponia com tilápia, manjerona e manjerição semelhante á este experimento. O desvio padrão apresentou-se alto pelo fato da homogeneização dos animais no início do experimento após pesagem e medição do comprimento individual, para em cada tratamento possuíse um peso que não apresentasse diferença estatística, ou seja, em cada tratamento apresentar o mesmo padrão de biomassa apesar das diferentes densidades, logo o desvio padrão do peso e comprimento final também foi alto, o delineamento foi inteiramente casualizado, e os animais de diferentes tamanhos apresentaram crescimento uniforme entre os tratamentos.

CRESCIMENTO DOS VEGETAIS

Os vegetais de forma geral tiveram um bom desenvolvimento em tamanho e tempo de cultivo comparando com os dados de Zen et al. (2017) (Figura 4). Os parâmetros de qualidade da água comprovam pela condutividade elétrica que havia disponibilidade de nutrientes, o pH em média 7,5 não prejudicou as plantas de absorverem os nutrientes como citado por Kämpf, (2000) e Takane et al. (2013), que observaram a deficiência em N, K, Ca, Mg e B com pH abaixo de 5,0 e pH acima de 6,5 deficiência em P, Fe, Mn, Zn e Cu.

Figura 4 - Desenvolvimento dos vegetais no sistema de aquaponia



O agrião foi o único vegetal que teve problemas em seu desenvolvimento, por consequência do entupimento das raízes pelo limo e por hipótese a falta de ferro o vegetal apresentou escurecimento em algumas folhas. Os parâmetros analisados seguem nas tabelas abaixo (Tabela 3). O agrião foi finalizado com 30 dias de cultivo, Zen et al. (2017) asseguram que o tempo do agrião de 18 a 30 dias, entre os tratamentos não houve diferença significativa, apenas na raiz do T1 que apresentou desempenho inferior aos demais tratamentos.

Tabela 3 Resultados observados nos tratamentos para raiz, altura foliar e largura foliar aos 35 dias experimentais

Agrião	Raiz (cm)	Altura foliar (cm)	Largura foliar (cm)
T1	11,13 ± 2,17b	12,66 ± 1,17a	23,23 ± 1,87a
T2	15,90 ± 2,64a	13,00 ± 1,33a	21,90 ± 2,84a
T3	15,54 ± 5,46a	12,20 ± 0,67a	22,15 ± 2,39a

*médias seguidas de letras diferentes diferem 5% de significância pelo teste F comparadas pelo teste de Tukey.

A alface crespa e alface lisa não demonstraram nenhum sinal de deficiência nutricional (Figura 5 e 6) em parte dos nutrientes, por conta do entupimento das calhas, a alface lisa no T1 teve um prejuízo nas folhas externas, mas recuperou-se. A alface lisa foi finalizada com 26 dias e a alface crespa com 35 dias, dentro do prazo de cultura 25 a 35 dias Zen et al.(2017). A alface crespa não apresentou diferença significativa (>0,05) entre os tratamentos, já a alface lisa apresentou o maior comprimento de raiz no T2. Os parâmetros analisados seguem nas tabelas abaixo (Tabela 4 e 5).

Figura 5 – Desenvolvimento da alface crespa no final do periodo experimental



No início dos estudos com aquaponia, pensava-se que apenas plantas menos exigentes como as folhosas poderiam ser cultivadas neste sistema. Porém, hoje já se sabe que é possível produzir uma gama muito grande de espécies vegetais em aquaponia como alface, manjeriço, agrião, repolho, rúcula, morango, pimenta, tomate, quiabo, pepino e muitas outras. Espécies vegetais adaptadas à hidroponia são sempre recomendadas para a aquaponia. Com base nas necessidades do mercado, é possível desenhar um sistema de aquaponia capaz de produzir, teoricamente, qualquer vegetal de pequeno e médio porte. Basicamente o desenho dos sistemas deve observar as necessidades e limitações das plantas relacionadas a espaço, nutrição, aeração, temperatura e radiação solar.

Tabela 4 - Parâmetros analisados alface crespa durante o periodo experimental

Alface crespa	Raiz (cm)	Altura foliar (cm)	Largura foliar (cm)
T1	22,68 ± 5,82a	16,30 ± 1,86a	28,74 ± 3,41a
T2	19,40 ± 5,42a	15,40 ± 1,42a	29,00 ± 2,35a
T3	20,66 ± 6,06a	15,20 ± 1,56a	27,14 ± 1,91a

*letras iguais na coluna não apresentam diferença significativa (P>0,05)

Apesar de aparentemente simples, trata-se de um sistema complexo, que lida com duas biomassas totalmente opostas - a biomassa constituída pelos peixes, essencialmente aquática, e a biomassa constituída pelas plantas, totalmente terrestre - equilibrar estas duas biomassas, é uma tarefa difícil, exigindo conhecimentos e pesquisas. A integração do sistema hidropônico com a aquacultura, como é conhecida a criação de peixes em cativeiro, constitui

um mini-sistema ecológico fechado, altamente favorável ao meio ambiente, onde teremos a recuperação e reciclagem de todos os elementos que participam do sistema.

Figura 6 – Desenvolvimento da alface lisa ao final do período experimental



Tabela 5 - Parâmetros analisados para a alface lisa durante o período experimental

*letras iguais na coluna não apresentam diferença significativa ($P > 0,05$).

Alface lisa	Raiz (cm)	Altura foliar (cm)	Largura foliar (cm)
T1	15,94 ± 3,39b	15,92 ± 1,36a	26,51 ± 3,37a
T2	22,10 ± 5,21a	16,70 ± 1,33a	29,50 ± 3,02a
T3	14,56 ± 2,22b	15,65 ± 1,58a	28,82 ± 2,35a

O almeirão também teve um bom desempenho (Figura 6), finalizado aos 20 dias de cultivo também dentro do prazo de 18 a 30 dias, segundo pesquisa de Zen et al.(2009), pois já apresentava características fisiológicas que indicavam a maturação do vegetal. Entre os tratamentos não teve diferença significativa, apenas no T3 o almeirão apresentou menor altura foliar. Os parâmetros do almeirão seguem na tabela abaixo (Tabela 6).

Tabela 6 - Parâmetros analisados do almeirão durante o período experimental

Almeirão	Raiz (cm)	Altura foliar (cm)	Largura foliar (cm)
T1	14,25 ± 2,93a	26,35 ± 1,17a	28,05 ± 4,09a
T2	14,20 ± 6,18a	25,03 ± 2,21a	25,43 ± 3,77a
T3	15,20 ± 4,49a	22,10 ± 1,76b	27,30 ± 5,26a

*letras iguais na coluna não apresental diferença significativa (P>0,05)

O quantitativo de plantas a ser produzido está diretamente ligado à densidade de peixes estocada no sistema que, por sua vez, dita a quantidade de nutrientes que estará disponível às plantas. A literatura apresenta várias formas de calcular ou estimar essa relação, sendo a mais utilizada aquela sugerida por Rakocy et al. (2006) e que relaciona a quantidade de alimento fornecido diariamente aos peixes com o tamanho da área que pode ser cultivada com vegetais. Assim, 60 g a 100 g de ração fornecidos diariamente proporcionam nutrientes para cada m² de área de produção vegetal.

Figura 7 – Vista do almeirão durante a biometria final



Nesse estudo, 60 g/dia deve ser considerado para o cultivo de um metro quadrado de vegetais menos exigentes como alface e outras folhosas. Plantas mais exigentes como tomateiros necessitam de concentração maior de nutrientes na água do sistema, o que poderia ser alcançado com uma biomassa de peixes que demandasse 100 g de ração/dia. Porém, trabalhos de pesquisa em andamento demonstram que esses valores podem ser reduzidos significativamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após este período de manejo e arraçoamento dos peixes observou-se que uma pequena mortalidades dos animais experimentais (12), estão relacionados a baixa qualidade de água inicialmente, animais que pularam dos viveiros e o manejo das biometrias.

Pode-se averiguar que o aumento da densidade dos animais não influenciou o crescimento dos juvenis de tilápia, podendo então ser adotada a maior densidade num sistema de produção, e que a maior densidade de animais resultou em nutrientes suficientes para o desenvolvimento das quatro espécies de vegetais. Todos os tratamentos apresentaram uma satisfatória qualidade de água para os cultivos, tornando então os vegetais eficientes na filtragem de nutrientes da água do sistema.

Importante salientar que o sistema aquaponico pode ser utilizado para criação de peixes e plantas conjuntamente. Em muitos países, a aquaponia vem sendo adotada por um número crescente de pessoas que buscam alternativas para produzir seus próprios alimentos de maneira mais saudável e por acreditarem estar assim contribuindo com a sustentabilidade do planeta. Apesar da aquaponia ser uma técnica pouco difundida no Brasil, há fortes indícios de que esse quadro possa ser revertido em poucos anos. Contudo, o cultivo ainda estar em escala pequena, é crescente o número de pequenos e médios produtores rurais que vêm montando pequenos sistemas de aquaponia e até mesmo em ambientes residenciais e postando informações e vídeos na internet, sempre demonstrando com muito entusiasmo os resultados obtidos. Atualmente, vários pesquisadores de diferentes instituições de pesquisa e universidades públicas e privadas vêm realizando seus ensaios experimentais, isso demonstra o interesse crescente sobre o tema.

REFERÊNCIAS

ADLER, P.R.; et al. Economic analysis of an aquaponic system for the integrated production of rainbow trout and plants. **International Journal of Recirculating Aquaculture**, v.1, n.1, p.15-34, 2000.

BACCONI, D.F. **Exigências de vitamina A para alevinos de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus***; 2003. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia); Universidade de São Paulo – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. São Paulo. 2004.

CRIVELENTI, L. Z.; BORIN, S.; da SILVA, N. R. Piscicultura superintensiva associada à hidroponia em sistema de recirculação de água. **Archives of veterinary Science**. v.14, n.2, p.109-116, 2009.

DIVER, S. Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture. **National Sustainable Agriculture Information Service**, 28p. 2006.

EHLERS, E.M. **O que se entende por Agricultura Sustentável?**, 1998. 165f. Dissertação (mestrado). FAPESP - Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo, 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. CARNEIRO, P. C. F.; et al. **Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**.v.3, cap.32. 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. LIMA, A. F. **Qualidade da água Piscicultura Familiar**. Junho/2013. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/pesca-e-aquicultura/busca-de-publicacoes/-/publicacao/972064/qualidade-da-agua-piscicultura-familiar>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

- FILHO, M. S. P. B. **Qualidade na Produção de Peixes em Sistema de Recirculação de Água**. 2000. 41f. Monografia. Graduação em Qualidade em Empresas. Centro Univ. Nove de Julho, São Paulo. 2000.
- GONÇALVES, T. G.; FLORES, G. S. M. Recursos Hídricos para a Aquicultura: Reflexões temáticas. **Anais do I Encontro da Associação Nacional de Pós- Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade-ANPPAS. Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade-ANPPAS, Inadaiatuba, São Paulo.** 2002.
- HAYASHI, C.; RIBEIRO, R.P.; FURUYA, W.M. Breves considerações sobre as tilápias. Curso de piscicultura-Criação racional de tilápias. FADEC. p.4. 1995.
- HERBERT, S.; HERBERT, M. **Aquaponics in Australia - The integrations of Aquaculture and Hydroponics**. Mudge, Australia. 140p. 2008.
- HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista brasileira de agropecuária sustentável**.v.3,n.2,p.52-61.2013.
- HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D.; FIGUEIREDO, C. M. G.; NAVARRO, F. K. S. P.; PEREIRA, M. M.; FILHO, O. P. R.; FILHO, J. T. S. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerição (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistema de aquaponia. **Revista brasileira de agropecuária sustentável**.v.3,n.1,p.51-55. 2013.
- International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People , XXVIII., 2010, **Aquaponics vs. Hydroponics: Production and Quality of Lettuce Crop**.PANTANELLA, E.; et al. (IHC2010): International Symposium, p.887-893, 2010.
- JONES, S. Evolution of aquaponics. **Aquaponics Journal**, v.6, p.14-17, 2002.
- KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Seleção de materiais para uso como substrato**. Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Gêneseisp. 139-146. 2000.
- LOVSHIN, L.L., CYRINO, J.E.P. Status of commercial fresh water fish culture in Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES. p.1-20. 1998.
- MARENGONI, N.G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.210, p.127-138, 2006.
- MASSAGO, H.; et al. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. **Rev. Acad, Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v.8, n.4, p.397-403, 2010.
- MATHEUS, J. Acuaponía: hidroponia y acuacultura , sistema integrado de produccion de alimentos. RED hidroponia Boletín (Centro de Investigacion Tibaitata).n.44.2009.
- OSTRENSKI, A.; BOERGER, W. **Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo**. Guaíba, RS Edit. Agropecuária Ltda., 211p.1998.
- QUILLERÉ, I.; ROUX, L.; MARIE, D. et al. An artificial productive ecosystem based on a fish/ bacteria/plant association. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.53, n.1, p.19-30, 1995.
- RAKOCY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **SRAC Publication**, v.454, p.1-16, 2006.
- RAKOCY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Tem Guidelines for Aquaponic Systems. **Aquaponics Journal**, v.46, p.14-17, 2007.
- RAKOCY, J.E.; HARGREAVES, J.A.; BAILEY, D.S. Nutrient accumulation in a recirculating aquaculture system intregated with hydroponic vegetable production. **Proceedings of the Techniques for Modern Aquacultural**, USA, Vol. 3495. 1993.

TAKANE, R. J.; YANAGISAWA, S. S.; GÓIS, E. de A. **Técnicas em substratos para a floricultura**. 1. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 148 p. 2013.

ZEN, H. D.; BRANDÃO, J. B.; ARBAGE, A. P. **Análise da produção e comercialização de hortaliças hidropônicas na região central do Rio Grande do Sul**. Santa Maria – RS. 2017.