

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
*Campus* ROLIM DE MOURA  
DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINÁRIA

KÉTURY SILVA DOS PASSOS

**DETERMINAÇÃO DE RESÍDUOS DE MEDICAMENTOS  
VETERINÁRIOS E AGROTÓXICOS EM MUSCULATURA DE PEIXE  
POR CROMATOGRÁFIA LÍQUIDA ACOPLADA À  
ESPECTROMETRIA DE MASSA EM SÉRIE (LC – MS/MS) EM  
PISCICULTURAS DA MICRORREGIÃO DE CACOAL**

ROLIM DE MOURA - RO  
2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA**  
*Campus* **ROLIM DE MOURA**  
**DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**KÉTURY SILVA DOS PASSOS**

**DETERMINAÇÃO DE RESÍDUOS DE MEDICAMENTOS  
VETERINÁRIOS E AGROTÓXICOS EM MUSCULATURA DE PEIXE  
POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA ACOPLADA À  
ESPECTROMETRIA DE MASSA EM SÉRIE (LC – MS/MS) EM  
PISCICULTURAS DA MICRORREGIÃO DE CACOAL**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado como exigência em graduação  
no curso de Bacharel em Medicina  
Veterinária na Universidade Federal de  
Rondônia.

Orientador: Professor Dr. Sandro de Vargas  
Schons.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Fundação Universidade Federal de Rondônia  
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

---

P289d      Passos, Kétury Silva dos.

Determinação de resíduos de medicamentos veterinários e agrotóxicos em musculatura de peixe por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massa em série (LC-MS/MS) em pisciculturas da microrregião de Cacoal / Kétury Silva dos Passos. -- Rolim de Moura, RO, 2019.

43 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Sandro de Vargas Schons

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Contaminação. 2.Segurança alimentar. 3.Rondônia. I. Schons, Sandro de Vargas. II. Título.

CDU 619:616

---

KÉTURY SILVA DOS PASSOS

**DETERMINAÇÃO DE RESÍDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINÁRIOS E  
AGROTÓXICOS EM MUSCULATURA DE PEIXE POR CROMATOGRÁFIA  
LÍQUIDA ACOPLADA À ESPECTROMETRIA DE MASSA EM SÉRIE (LC -  
MS/MS) EM PISCICULTURAS DA MICRORREGIÃO DE CACOAL**

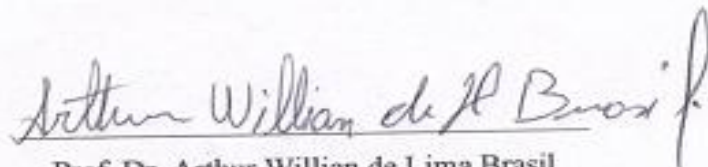
Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como exigência em graduação no curso de Bacharel em Medicina Veterinária na Universidade Federal de Rondônia.

Rolim de Moura, 03 de Julho de 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Sandro de Vargas Schons  
Universidade Federal de Rondônia



Prof. Dr. Arthur Willian de Lima Brasil  
Universidade Federal de Rondônia



Ezequiel Ferreira Barbosa  
Universidade Federal de Rondônia

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais Adenes e Rita, que sempre me apoiaram em todas as etapas da minha vida e ao meu namorado Junior que sempre me encorajou e contribuiu com minhas atividades acadêmicas.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, pela saúde, e por ter me sustentado e me fortalecido ao longo de toda trajetória de minha vida.

Agradeço aos meus pais Adenes Firmino dos Passos e Rita de Cássia Silva Passos, por todo amor, carinho e apoio. Por acreditar em mim e acreditar no meu futuro e sucesso. Agradeço também por cada um dos ensinamentos que me permitiram ser uma pessoa melhor. Muito Obrigada! Amo Muito Vocês!

Agradeço ao meu namorado Junior Henrique, por sempre me apoiar e motivar, por estar ao meu lado sempre, me incentivando a ser a melhor versão de mim. Te amo muito!

Agradeço ao meu orientador Dr. Sandro de Vargas Schons, por todo aprendizado e instrução, pela paciência e por todo conhecimento transmitido. Muito Obrigada!

Agradeço a todos os professores, pelo conhecimento transmitido, pelas lições aprendidas e pelas experiências compartilhadas. Agradeço ainda, por participarem da construção do alicerce firme da minha formação profissional.

“O conhecimento é uma arma. Arme-se bem antes de ir para a batalha.”

Meistre Aemon – Game Of Trones

## RESUMO

A contaminação aquática por agrotóxicos representa uma grande ameaça aos ambientes fluviais e marinhos, prejudicando seus organismos, sendo os peixes um dos mais afetados pelo crescente uso de agrotóxicos e seus derivados. Portanto, a determinação de resíduos de agrotóxicos e medicamentos veterinários é fundamental para a estimativa da exposição humana e do meio ambiente a estes compostos. O presente estudo teve o objetivo determinar e quantificar os resíduos de medicamentos veterinários e agrotóxicos na musculatura de peixe cultivados em propriedades aquícolas da microrregião de Cacoal, através da técnica de Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massa em Série (LC – MS/MS). Para tanto, foi coletada amostras de musculatura de peixe em 24 propriedades com atividade de piscicultura dispersas na microrregião de Cacoal, então as amostras colatadas foram submetidas à extração dos compostos pelo método QuEChERS modificado e para a identificação e quantificação dos resíduos utilizou-se a Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massa em Série (LCMS/MS). Das 24 amostras testadas para os 83 compostos, apenas em duas amostras (8,33%) foram detectados a presença de resíduo, sendo que uma apresentou resíduo de Azoxistrobina (<LOQ), e na segunda foi detectado resíduo de Epoxiconazol (<LOQ), ambas acima dos Limites Máximos de resíduos estabelecidos pelo Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal (2018). A presença de resíduos de agrotóxicos em amostras de musculatura de peixe analisadas neste estudo, acima dos limites aceitáveis pela legislação, demonstram a necessidade de um contínuo monitoramento de resíduos agrotóxicos no peixe, além de alertar não somente para os problemas ambientais que acarretaram nesta contaminação como também para o risco que oferece as comunidades aquáticas.

**Palavras-chave:** Contaminação; Segurança Alimentar; Rondônia.



## ABSTRACT

The aquatic contamination by pesticides presents a great threat to the fluvial and marine environments, damaging their organisms, being the fish one of the most affected by the growing use of pesticides and their derivatives. Therefore, the determination of residues of agrochemicals and veterinary drugs is essential for the estimation of human exposure and the environment to these compounds. The objective of this study was to determine and quantify the residues of veterinary drugs and pesticides in fish musculature grown in aquaculture properties of the Cacoal microregion, using the LC - MS / MS - Liquid Chromatography coupled to Mass Spectrometry technique. In order to do so, fish musculature samples were collected from 24 fish farms with scattered fish activity in the Cacoal microregion, then the samples were subjected to extraction of the compounds by the modified QuEChERS method and for the identification and quantification of the residues Chromatography Liquid Coupled to Mass Spectrometry (LCMS / MS). Of the 24 samples tested for the 83 compounds, the presence of residues was detected in only two samples (8.33%), one of which presented Azoxystrobin residue (<LOQ), and the second one detected Epoxiconazole residue (<LOQ) , both above the Maximum Residue Limits established by the National Plan for the Control of Residues and Contaminants in Products of Animal Origin (2018). The presence of pesticide residues in fish musculature samples analyzed in this study, above the limits acceptable by the legislation, demonstrates the need for a continuous monitoring of pesticide residues in the fish, besides not only alert to the environmental problems that caused in this contamination also for the risk offered by aquatic communities.

**Keywords:** Contamination; Food Safety; Rondônia.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Espécies de peixes mais produzidas no Brasil.....	17
FIGURA 2 - Principais rotas dos agrotóxicos em ecossistemas aquáticos.....	21
FIGURA 3 - Mapa de Rondônia com destaque na microrregião de Cacoal.....	26
FIGURA 4 - Contenção, Insensibilização e Abate dos Peixes.....	27
FIGURA 5 - Coleta da musculatura de peixe abaixo da barbatana dorsal.....	28
FIGURA 6 - Sistema cromatográfico líquido acoplado a espectrometria de massas em série.....	28

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Toxicológica dos agrotóxicos em função DL50.....	19
TABELA 2 - Insumos farmacêuticos ativos com uso aprovado para aquicultura nos Estados Unidos.....	24
TABELA 3 - Resultados da análise de determinação de resíduos de agrotóxicos e medicamentos veterinários.....	29

## **LISTA DE ABREVIADURAS E SIGLAS**

**ABRASCO** - Associação Brasileira de Saúde Coletiva

**ANVISA** - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

**CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente

**DDT** - diclorodifeniltricloroetano

**DL50** - Dose letal mediana

**EMBRAPA** - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária

**FAO** - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

**FDA** - Food and Drug Administration

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IDA** - Ingestão Diária Aceitável

**LARP** - Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas

**LMRs** - Limite Máximo de Resíduos

**LOD** - Limite de detecção do método

**LOQ** - Limite de quantificação do método

**MAPA** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

**PARA** - Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos

**PNCRC** - Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes

**PND** - Plano Nacional de Desenvolvimento

**POPs** - poluentes orgânicos persistentes

**QUECHERS** - Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe

**RS** - Rio Grande do Sul

**SEBRAE** - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

**SINDAN** - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal

**SNA** - Sociedade Nacional de Agricultura

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Objetivo Geral.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1. Importância da Piscicultura no Mundo, no Brasil e em Rondônia.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2. Agrotóxicos .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3. Agrotóxicos Na Piscicultura.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4. Medicamentos Veterinários .....</b>	<b>22</b>
<b>3.5. Medicamentos Veterinários Na Piscicultura .....</b>	<b>23</b>
<b>3.6. Limite Máximo De Resíduos.....</b>	<b>24</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1. Comitê de Ética e Reconhecimento pelos Respeitosos Entes.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2. Caracterização da Área De Estudo .....</b>	<b>26</b>
<b>4.3. Coleta e Análise da Amostra.....</b>	<b>27</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O pescado é um alimento que nutricionalmente se sobressai em relação aos demais alimentos de origem animal, tanto no que se refere à qualidade e quantidade das suas proteínas, quanto à presença de minerais e vitaminas e, especialmente, pela presença de ácidos graxos essenciais como o ômega-3, eicosapentaenoico e docosaenoico (SARTORI; AMANCIO, 2012).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação o crescimento do consumo de pescado no mundo entre os anos de 1961 e 2016 foi de 3,2%, ultrapassando o crescimento populacional (1,6%). Além disso, o Brasil poderá atingir o topo da lista de produtores mundiais de pescado até 2030, sendo capaz de atingir um crescimento na produção de 46,6 % em relação ao ano de 2016 (FAO, 2018).

No Brasil a piscicultura vem se destacando nos últimos anos. A produção brasileira de peixes de cultivo em 2018 foi de 722.560 mil toneladas, este resultado é 4,5% superior ao de 2017 que foi 691.700 toneladas. A Piscicultura brasileira é uma atividade em progresso e com grande capacidade de expansão, graças à habilidade dos produtores no empreendedorismo, aos fartos recursos hídricos do país, às amplitudes continentais e ao clima favorável (PEIXEBR, 2019).

Além de ser um assunto preocupante de saúde pública, a contaminação dos alimentos de origem animal por substâncias químicas, é um preocupante problema ao comércio internacional. A contaminação poderá ocorrer por meio da poluição ambiental da água, do ar e do solo ou devido uso proposital de algumas substâncias químicas, como pesticidas, medicamentos de uso veterinário e outros agroquímicos (FARRÉ; BARCELÓ, 2013; ABRASCO, 2015).

Desde o ano de 2008 o Brasil ocupa uma inquietante posição, de estar entre os maiores consumidores de agrotóxicos do mundo, na busca da agricultura de alta produtividade e preços competitivos no mercado internacional. Porém, apesar desses benefícios, há grande risco para população que consome tais alimentos, como a ingestão de resíduos de agrotóxicos remanescentes em alimentos. A intensa utilização de agrotóxicos pode oferecer risco à saúde humana, animal e ao meio ambiente, principalmente pelo mau uso em decorrência de sua aplicação inadequada ou descontrolada, assim como, o desrespeito com o intervalo de segurança entre a aplicação e a colheita dos alimentos (GRANELLA, 2013).

A contaminação aquática por agrotóxicos representa uma grande ameaça aos ambientes fluviais e marinhos, prejudicando seus organismos, sendo os peixes um dos mais afetados pelo crescente uso de agrotóxicos e seus derivados. Os sistemas hídricos são atingidos por estes compostos por meio do escoamento de áreas agrícolas e urbanas, além de aplicações diretas ao meio, provocando efeitos prejudiciais ao crescimento, sobrevivência e reprodução dos seres vivos expostos a eles (SABRA; MEHANA, 2015).

Os efeitos dos agroquímicos podem ser letais ou subletais e são observados nos diferentes níveis tróficos de organismos aquáticos como algas e macrófitas, microcrustáceos e moluscos e peixes. Além da contaminação aquática por agrotóxicos afetar os peixes, também representam riscos diretos para a saúde humana, ao consumirem o pescado contaminado com resíduos de agrotóxicos (WAICHMAN, 2008).

A intensificação dos sistemas de cultivo geram condições favoráveis à entrada e o desenvolvimento de patógenos e parasitas. Desta maneira, a utilização de medicamentos veterinários constitui uma prática de rotina e indispensável na piscicultura. Os medicamentos veterinários podem ser empregados com a finalidade terapêutica ou profilática. Entretanto, a profilaxia na aquicultura tornou-se uma prática habitual devido ao uso de sistemas superintensivos na produção de peixes (MARQUES, 2018).

No Brasil, de acordo o Compêndio de Produtos Veterinários, publicado pelo Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal (SINDAN), existem apenas 8 formulações de produtos veterinários registrados para uso em peixes. A utilização de medicamentos veterinários deve ser de forma controlada, buscando reduzir a disseminação de resistência de bactérias patogênicas dos peixes e de outros organismos cultivados, além de evitar a presença de resíduos nos alimentos destinados ao consumo humano (SINDAN, 2018).

Diante do exposto, a determinação de resíduos de agrotóxicos e medicamentos veterinários desempenha um papel fundamental para a avaliação do grau de exposição do meio ambiente, dos animais e do ser humano a estes compostos.

O presente estudo teve o objetivo determinar e quantificar os resíduos de medicamentos veterinários e agrotóxicos na musculatura de peixe cultivados em propriedades aquícolas da microrregião de Cacoal, através da técnica de Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massa em Série (LC – MS/MS).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Determinar e quantificar os resíduos de medicamentos veterinários e agrotóxicos na musculatura de peixe cultivados em propriedades aquícolas da microrregião de Cacoal, através da técnica de Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massa em Série (LC – MS/MS).

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Detectar resíduos de medicamentos veterinários e agrotóxicos nas amostras coletadas, utilizando a técnica de Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massa em Série (LC – MS/MS).
- Avaliar se os resultados encontrados na análise de resíduos de agrotóxicos e medicamentos estão de acordo com os parâmetros da legislação.



### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Importância da Piscicultura no Mundo, no Brasil e em Rondônia

Piscicultura é uma atividade que consiste na criação racional de peixes, que envolve um planejamento detalhado com o objetivo de alcançar boa produtividade, muito investimento direto e indireto, além disso, é uma atividade de grande importância social e econômica no que se refere à produção de alimentos, contribuindo assim para a preservação da biodiversidade de ambientes naturais (LEIRA et al., 2017).

Dentre as espécies de peixes produzidas mundialmente, os dois primeiros lugares do ranking são ocupados por três espécies de carpas, primeiro a Carpa herbívora, (*Ctenopharyngodon idellusa*), seguido de prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) e em terceiro lugar a Carpa Chinesa (*Cyprinus carpio*). Ocupando o quarto lugar está a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Contudo, o salmão do atlântico (*Salmo salar*), que ocupa a oitava posição no ranking, possui um valor comercial que corresponde à metade das arrecadações adquiridas com as três espécies ocupantes dos primeiros lugares juntas, cerca de 10 milhões de dólares (FAO, 2016).

Segundo divulgado pelo SEBRAE (2015) a criação de peixes é uma atividade exercida há muitos anos, com registros da prática pesqueira á varios séculos antes desta era. A atividade de piscicultura abrange a criação de peixes em tanques, lagos, lagoas, rios e oceano, com objetivo comercial e destinado à alimentação.

Nas ultimas décadas, a busca mundial por pescado tem aumentado significativamente, especialmente devido ao crescimento populacional e a busca por alimentos mais saudáveis. Neste sentido, a piscicultura surge como a opção mais viável para prosseguir aumentando a oferta nos próximos anos (FAO, 2014).

A oferta mundial de peixe para consumo humano teve um aumento significativo, com níveis acima do crescimento populacional nas últimas cinco décadas. O aumento representou um taxa média anual de 3,2% entre os anos de 1961-2013, o dobro do ritmo de crescimento populacional, e desta forma, houve um aumento na disponibilidade média per capita. O consumo de peixes no mundo todo registrou aumento de 9,9 kg na década de 1960 para 14,4 kg nos anos 90 e por fim 19,7 kg em 2013. Este significativo aumento no consumo de peixe melhorou a qualidade da alimentação das pessoas. O peixe no ano de 2013 representou cerca

de 17% da ingestão de proteínas de origem animal da população mundial e 6,7% de proteínas consumidas no total (FAO, 2016).

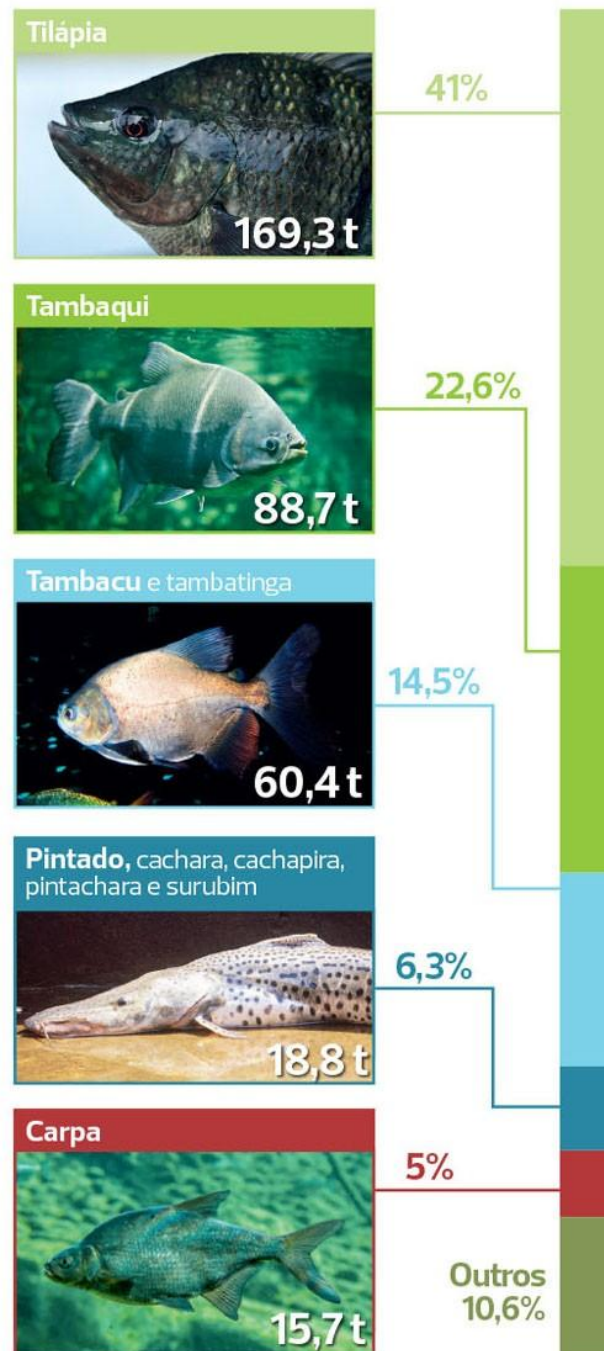
De acordo com os dados levantados pela Associação Brasileira da Piscicultura (2018), o Brasil gerou 722.560 toneladas de pescado no ano de 2018. Além disso, produziu 400.280 toneladas de Tilápia no mesmo ano. Com esse rendimento, a Tilápia corresponde 55,4% da produção total de pescado. Desta forma, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de Tilápia, ficando atrás apenas da China, Indonésia e Egito.

O Brasil tem papel de destaque dentre os países com maior potencial para aquicultura, as potencialidades naturais do país, como, a maior extensão de costa marítima, milhões de hectares de lâmina de água represada, clima predominantemente tropical, gigantesca concentração de água doce no continente e áreas adequadas para a construção de tanques e açudes (BRASIL, 2011).

Além, do clima favorável para o desenvolvimento de organismos cultivados e a diversidade de espécies. Entretanto, apesar destas características favoráveis, é preciso refletir sobre a atividade de piscicultura e as possibilidades de expansão da atividade no Brasil sem desprezar os preceitos da sustentabilidade (KUBITZA, 2015).

As espécies de peixes mais produzidos no Brasil são a tilápia (*Oreochromis niloticus*), representando 41% da produção, tambaqui (*Colossoma macropomum*) representando 22,6%, tambacu (*Colossoma macropomum*+*Piaractus mesopotamicus*) e tambatinga (*Colossoma macropomum*+*Piaractus brachypomus*) 14,5%, Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*), cachapira (*Pseudoplatystoma fasciatum*+*Phractocephalus hemiliopterus*), pintachara (*Pseudoplatystoma corruscans*+*Pseudoplatystoma fasciatum*), surubim (*Steindachneridion doceanum*) 6,3%, carpa (*Cyprinus carpio*) 5% e outros 10,6% (Figura 1) (BASTOS, 2015).

Figura 1: Espécies de peixes mais produzidas no Brasil.



Fonte: Filipe Borin, Revista Globo Rural, 2015.

Em Rondônia, a produção de peixe vem apresentando um crescimento acelerado e a atividade é considerada como o novo agronegócio da região, devido o bom desempenho nos últimos três anos, que apresentou crescimento de 300% no período (SNA, 2014).

Atualmente, o Estado ocupa o primeiro lugar no ranking brasileiro de produção de peixes nativos, com produção de 72.800 toneladas, seguida por Mato Grosso (52.000

toneladas). O estado, também possui 3.250 propriedades licenciadas, sendo que 80% correspondem à produção de Tambaqui, Pirarucu, Jatuarana e Pintado (PEIXE BR, 2018; FIGUEIREDO, 2019).

### **3.2. Agrotóxicos**

Na segunda década do século XX iniciou-se o emprego dos agrotóxicos na agricultura, entretanto nesta época pouco se sabia sobre a sua toxicologia. Foram utilizados como arma química na Segunda Guerra Mundial, e a partir de então, sua utilização se expandiu imensamente, com produção industrial mundial atingindo dois milhões de toneladas de agrotóxicos por ano (MELLO; SILVEIRA, 2012).

No Brasil, foram inicialmente empregados em programas de saúde pública, com o objetivo de combater vetores e controlar parasitas, sendo mais utilizados na agricultura a partir de 1960. Então em 1975, que o Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), encarregado da introdução do comércio de agrotóxicos no país, motivou o agricultor a só adquirí-los com recursos do crédito rural, ao incluir uma cota determinada de agrotóxico para cada financiamento requerido. Essa exigência, reunida à propaganda dos fabricantes determinou o aumento e propagação da utilização dos agrotóxicos no Brasil (OPAS, 1997).

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (2018), embora o crescimento da área cultivada com sementes transgênicas seja significativo, constatou-se um aumento de 72% das vendas de agrotóxicos no país entre 2006 e 2012, pois subiram de 480,1 mil para 826,7 mil toneladas. A comercialização de inseticidas aumentou 84% e as de herbicidas, 44% neste período. A venda de agrotóxicos movimentou US\$ 8,5 bilhões em 2011, representando o dobro do ocorrido em 2005. Com isso, o Brasil colocou-se com o segundo maior mercado mundial de agrotóxicos, ficando atrás dos Estados Unidos (SINDAG, 2018).

Atualmente, há mais de 1.600 agrotóxicos, disperso em mais de 100 classes químicas utilizadas no mundo todo na produção de alimentos. Os pesticidas estão no comércio sob a forma os inseticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas, rodenticidas e outros (SANTANA; CAVALCANTE, 2016).

Todos os defensivos agrícolas podem ser classificados conforme sua toxicologia, de forma que indique o risco oferecido à saúde dos seres vivos pelo uso de determinada

substância ou produto químico, sobretudo aos seres humanos (ARRUDA, 1985).

Essa classificação baseia-se em testes ou estudos realizados em laboratório que buscam estabelecer a dose letal (DL) do agrotóxico em 50% dos animais utilizados no estudo (BRASIL, 1992) (Tabela 1).

Tabela 1: Toxicológica dos agrotóxicos em função DL50.

<b>Classe</b>	<b>Grupo</b>	<b>DL50 Mg/kg de peso vivo)</b>	<b>Cor da Faixa no rótulo do produto</b>
Classe I	Extremamente tóxicos	<50	Vermelha
Classe II	Altamente tóxicos	50-500	Amarela
Classe III	Medianamente tóxicos	500-5000	Azul
Classe IV	Poucos tóxicos	5000 ou +	Verde

Fonte: BRASIL, 1992.

Os principais grupos de agrotóxicos estão distribuídos como os herbicidas, inseticidas e rodenticidas. Os herbicidas são substâncias que combatem ervas daninhas e os mais comuns são paraquat, glifosato e clorofenólicos. Os inseticidas são agroquímicos que combatem os insetos e dentre os principais estão os organoclorados, organofosforados e carbamatos. Já os rodenticidas são venenos que agem contra roedores, entretando o organismo dos roedores é até certo ponto parecido com o humano, sendo esta classe de agrotóxicos muito perigosa. Os principais são o fluoracetato de sódio, o fosfeto e os hidroxycumarínicos (SOUZA FILHO et al., 2016).

O Brasil lidera o ranking de consumo mundial de pesticidas e, além disso, dos 50 agrotóxicos mais utilizados em plantações no Brasil, 22 não são permitidos na União Europeia e em outros países, e apesar de alguns princípios ativos serem proibidos no Brasil, ainda são detectados seus resíduos em alimentos (ABRASCO, 2012; BRASIL, 2019).

Os poluentes orgânicos persistentes (POPs) são compostos orgânicos que resistem à degradação fotolítica, biológica e química. Estes compostos são persistentes no meio ambiente, e ainda tem capacidade de bioacumulação e biomagnificação. Outra característica dos POPs é que são pouco solúveis em água, possuem alta solubilidade lipídica e semivolatilidade, permitindo que estes compostos sejam transportados por longas distâncias na atmosfera tanto na forma de vapor como adsorvidos em material particulado. Os principais Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) são aldrin, clordano, dieldrin, DDT, endrin, heptacloro, mirex,

toxafeno, bifenilas policloradas (PCBs), hexaclorobenzeno, dioxinas e furanos ( FELIX et al., 2007; RITTER; SOLOMON 1995).

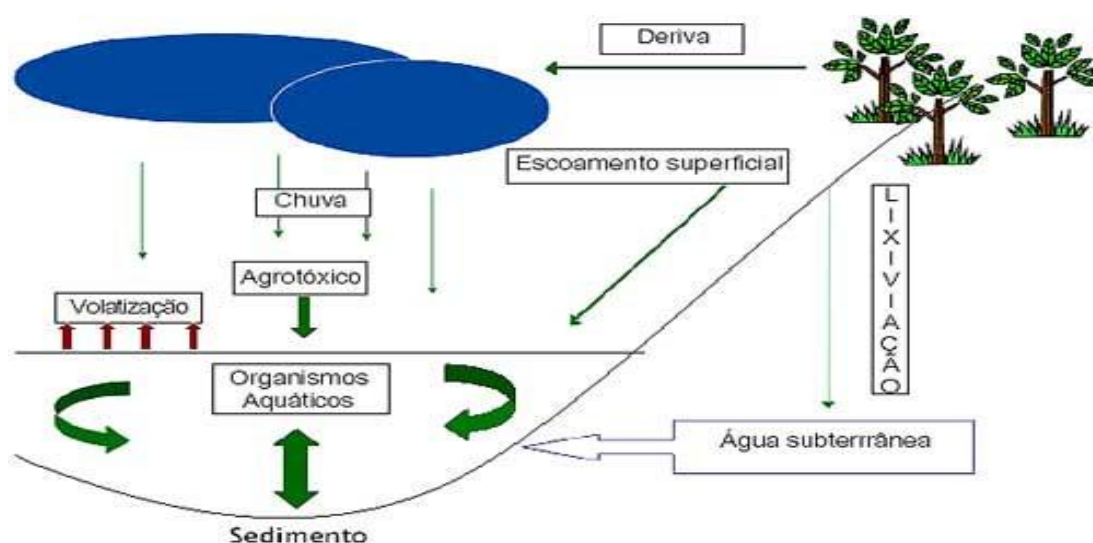
### 3.3. Agrotóxicos Na Piscicultura

Os agrotóxicos são substâncias produzidas cuja ação consiste em alterar reações bioquímicas de microrganismos, plantas e animais com o objetivo de controlá-los ou eliminá-los. Entretanto, alguns processos bioquímicos são semelhantes entre alguns seres vivos e, portanto, além dos organismos alvos o efeito pode atingir outros seres vivos não alvos presentes no ambiente (SPADOTTO et al., 2004).

Inicialmente, os defensivos agrícolas possuíam baixa mobilidade e solubilidade e ficam fortemente aderidos ao solo, contudo com a evolução tecnológica, foram produzidos produtos mais hidrossolúveis, pouco aderentes e mais voláteis. Essas inovações produziram agrotóxicos com maior capacidade tóxica, persistentes e eficientes pra combater pragas (VEIGA et al., 2006).

Existem bases químicas de agrotóxicos que podem atingir os sistemas aquáticos, por processos tais como a lixiviação, escoamentos superficiais, uso acentuado e inadequado, desmatamento de áreas florestais, especialmente de mata ciliar, podendo levar aos corpos d'água quantidades consideráveis dessas substâncias (Figura 2) (SILVA; CAMPOS; BOHM, 2013).

Figura 2: Principais rotas dos agrotóxicos em ecossistemas aquáticos.



Fonte: Tomita; Beyruth, 2002.

Foi realizada uma pesquisa quanto à vigilância ecotoxicológica de águas doces pelos órgãos ambientais das unidades federativas brasileiras, conforme recomendado na Resolução CONAMA 357/2005, e observou-se que somente os estados Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Pernambuco apresentam regulamentação estadual para o controle ecotoxicológico de efluentes (BERTOLETTI, 2012).

O uso de defensivos agrícolas na aquicultura e na agricultura expõe os seres aquáticos a uma série de contaminantes ambientais. Os danos desta exposição nem sempre são agudos ou perceptíveis rapidamente, mas os prejuízos ambientais podem se estender por muito tempo e até tornarem-se irreversíveis (SPECK et al., 2016).

A ação tóxica nos seres vivos depende de múltiplos fatores, tais como as características da exposição (como concentração do agrotóxico, tempo de exposição); características dos compostos químicos (taxas de degradação, solubilidade); além de características biológicas e espécie-específicas (como capacidades de absorção e acúmulo de substâncias pelo organismo). A toxicidade compreende as consequências maléficas em geral, não se restringindo apenas a morte do indivíduo. Os efeitos agudos, tais como mortalidade em massa, são mais raros nos dias atuais, visto que os progressos legislativos em relação a preservação ambiental. Entretanto, os efeitos crônicos apontam que a ação tóxica dos agrotóxicos nos peixes compreende danos oxidativos, inibição da atividade da acetilcolinesterase, alterações histopatológicas, mudanças comportamentais, danos neurológicos, diminuição nas taxas de crescimento, problemas reprodutivos, mutagênese e carcinogenicidade (SABRA; MEHANA, 2015; UNO et al., 2012).

De forma geral, quando um contaminante está inserido no ambiente aquático, os indivíduos aquáticos podem apresentar bioacumulação, quando atinge um determinado organismo; e biomagnificação quando se aborda a cadeia trófica. Ainda que em baixas concentrações, os agrotóxicos podem representar riscos para muitas espécies, podendo atingir até mesmo os outros organismos da cadeia alimentar (COSTA et al., 2008; GRISA; ORTIZ; GEREMIAS, 2008).

Entre outros fatores, a exposição de seres humanos aos agrotóxicos pode ser por meio do consumo de alimentos de origem animal quando estes estão contaminados por tais bases químicas ou veículos (CANTARUTTI, 2005).

De acordo com Soares et al. (2003), quando os humanos são expostos à pesticidas,

estes podem apresentar uma série de enfermidades respiratórias, gastrointestinais, distúrbios musculares e debilidade motora. Já na exposição em longo prazo, em que reverter o quadro clínico é geralmente difícil, observam-se problemas óticos, cutâneos, gastrointestinais, respiratórios, cardiovasculares, neurológicos, malformação congênita, abortos e câncer.

### **3.4. Medicamentos Veterinários**

Produto veterinário é toda substância química, biológica, biotecnológica ou preparação manufaturada em que a administração seja individual ou grupal, direta ou associada à alimentos, com o objetivo de prevenção, diagnóstico, cura ou tratamento das enfermidades dos animais, compreendendo os aditivos, medicamentos, vacinas, antissépticos, suprimentos promotores ou melhoradores da produção animal, desinfetantes de uso ambiental ou equipamentos, pesticidas e todos os produtos que protejam, restaurem ou modifiquem as funções orgânicas e fisiológicas dos animais, assim como os produtos destinados à estética dos animais (MAPA, 2019).

A criação de animais para consumo humano é caracterizada por ampla utilização de fármacos para as mais variadas finalidades. Sua utilização extensa e contínua na produção animal, bem como a administração imprópria, pode resultar na presença de resíduos nos alimentos de origem animal, e conseqüentemente causar prejuízos à saúde de seus consumidores. Além disso, o uso incorreto de antimicrobianos acaba predispondo ao desenvolvimento de cepas bacterianas resistentes, que reduz a eficácia dos medicamentos administrados (FREITAS et al. 2014).

A indústria de produtos veterinários mundial faturou no ano de 2017 em torno de US\$ 34 bilhões. Os analistas acreditam que em 2020 o mercado pode atingir US\$ 40 bilhões. Estados Unidos, Japão e a Europa, ocupam respectivamente o primeiro, segundo e terceiro lugar na comercialização de produtos para saúde animal do mundo (SINDAN, 2018).

Em termos de inovação tecnológica a aquicultura vem evoluindo e se adaptando, em busca de atender os novos requisitos do mercado consumidor. Porém devido à necessidade de combater ou evitar o aparecimento e dispersão de doenças infecciosas que acometem a piscicultura, os produtores de pescado precisam dos medicamentos veterinários, em especial os antimicrobianos (BORDON, 2014).



### 3.5. Medicamentos Veterinários Na Piscicultura

A intensificação dos sistemas de criação de peixes e o ingresso de espécies exóticas, sem profilaxia sanitária adequada, favorecem a entrada e o desenvolvimento de agentes infecciosos e parasitas. Buscando prevenir e controlar os prejuízos consequentes disso, os piscicultores têm utilizado medicamentos veterinários de forma indiscriminada. Devido à água na aquicultura, geralmente ser retirada de cursos d'água e devolvida a eles depois de passar pelos tanques, estes produtos podem ser conduzidos juntamente com a água e causar vários impactos em outros ambientes. Os principais produtos empregados mundialmente para o controle de doenças na aquicultura são: cloreto de sódio, permanganato de potássio, azul de metileno, sulfato de cobre, triclorfon, formaldeído, verde malaquita, além dos antibióticos, tetraciclina, eritromicina e a oxitetraciclina (MAXIMIANO et al., 2005).

Com a crescente demanda do uso de medicamentos veterinários na aquicultura, a Agência Norte Americana de Administração de Alimentos e Medicamentos (FDA, Food and Drug Administration) tem analisado a segurança e efeito destas substâncias e publicou uma lista dos insumos farmacêuticos de uso aprovado na aquicultura nos Estados Unidos pela FDA (Tabela 2).

Tabela 2: Insumos farmacêuticos ativos com uso aprovado para aquicultura nos Estados Unidos – (FDA, 2018).

<b>Fármaco</b>	<b>Nome IUPAC</b>	<b>Forma de aplicação</b>
Cloramina-T	N-Cloro-4-metilbenzenosulfonamida de sódio	Imersão
Formalina (Metanal 40%)	Metanal	Imersão
Peróxido de hidrogênio	Peróxido de hidrogênio	Imersão
Cloridrato de oxitetraciclina	4-(Dimetilamino) -1,4,4a, 5,5a, 6,11,12a-octahidro-3,5,6, 10,12,12a-hexa-hidroxi-6-metil-1,11-dioxo-2-cloridrato de naftalenocarboxamida	Imersão
Metanossulfonato de tricaina	Metanossulfonato de 3-(etoxicarbonil) anilínio	Imersão
Gonadotrofina	Gonadotrofina coriônica	Injetável

coriônica		
Florfenicol	2,2 – Dicloro-N-[(1R,2S)-3-fluor-1-hidroxi-1-(4-metilsulfonilfenil)propano-2-il]acetamida	Oral
Oxitetraciclina diidratada	4-(Dimetilamino)-1,4,4a, 5,5a, 6,11,12a-octahidro-3,5,6,10,12,12a-hexa-hidroxi-6-metil-1,11-dioxo-2-cloridrato de naftalenocarboxamida	Oral
Sulfadimetoxina / ormetoprim	4-amino-N-(2,6-dimetoxi-4-pirimidinil)benzenossulfonamida	Oral

Fonte; FDA (Food and Drug Administration), 2018.

As bactérias mais conhecidas por causar prejuízos aos peixes estão a *Flavobacterium columnare*, *Aeromonas hydrophila* e *Streptococcus* spp. Entretanto apenas dois antimicrobianos podem ser usados na aquicultura brasileira, o florfenicol e oxitetraciclina. Devido à escassa quantidade de medicamentos aceitados para uso na piscicultura no Brasil, a possibilidade dos piscicultores utilizarem medicamentos não autorizados de forma irregular aumenta, e assim, pode causar grandes problemas em toda a cadeia produtiva, compreendendo a saúde animal, humana e do ambiente (DÍAZ-CRUZ; BARCELÓ, 2007).

### 3.6. Limite Máximo De Resíduos

A FAO designa o termo “resíduo” como a porção de uma substância, seus metabólitos, produtos de reação e impurezas presentes no alimento originário de produtos agrícolas e/ou animais. Já o termo “contaminante” é qualquer substância que não seja adicionada aos alimentos intencionalmente. Estes podem estar presentes como resultados de etapas de produção, transformação, acondicionamento, embalagem, transportes e armazenamento (CODEX ALIMENTARIUS, 2015).

Limite Máximo de Resíduos (LMRs) é a concentração máxima (expressa em mg/kg, g/kg, mg/L ou g/L) que é permitida legalmente ou que é aceitável em um alimento. Os LMRs são definidos baseados nos valores dos limites máximos de ingestão diária aceitável (IDA). (EMBRAPA, 2014).

No ano de 2001, foi fundado o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em

Alimentos (PARA) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) com o intuito de avaliar e promover a qualidade dos alimentos sobretudo ao que se refere ao uso de agrotóxicos e afins. As funções do PARA são: averiguar se os alimentos vendidos aos consumidores apresentam níveis de resíduos dentro dos Limites Máximos de Resíduos (LMR) estabelecidos pela ANVISA; fiscalizar se os agrotóxicos usados estão adequadamente registrados no país e se foram utilizados exclusivamente nas culturas para as quais são aprovados; avaliar a exposição das pessoas a resíduos de agrotóxicos em alimentos vegetais e, logo, avaliar o risco à saúde dessa exposição (ANVISA, 2014).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Comitê de Ética e Reconhecimento pelos Respetivos Entes.

As atividades e os protocolos de pesquisa foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Rondônia, campus Rolim de Moura sob nº 21/2018.

### 4.2. Caracterização da Área De Estudo

A microrregião de Cacoal foi a area delimitada para o estudo, tal região ocupa uma área geográfica de 24.525,997 Km<sup>2</sup>, e 250.643 habitantes, perfazendo uma densidade de 10,0 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). Detêm os municípios de Alta Floresta d'Oeste, Alto Alegre dos Parecis, Cacoal, Castanheiras, Espigão d'Oeste, Ministro Andreazza, Novo Horizonte do Oeste, Rolim de Moura, Santa Luzia d'Oeste (Figura 3).

Figura 3: Mapa de Rondônia com destaque na microrregião de Cacoal.



Fonte: Raphael Lorenzeto de Abreu, 2006.

### 4.3. Coleta e Análise da Amostra

Foram selecionadas aleatoriamente 24 propriedades com atividade de piscicultura, dispersas pela microrregião de Cacoal. As amostras de musculatura de peixe, foram coletadas durante o período de 1 de Outubro de 2018 à 9 de Dezembro de 2018. Em cada uma das propriedades selecionadas, foi solicitado ao piscicultor que capturasse um peixe do tanque, aleatoriamente, no momento da coleta. Os peixes capturados foram insensibilizados e abatidos pela técnica resfriamento através da deposição de gelo na água de contenção (Figura 4), e posteriormente foi coletada uma amostra de tecido muscular para identificação e quantificação de resíduos de agrotóxicos e medicamentos veterinários. O ponto de coleta foi a baixo da barbatana dorsal até as barbatanas pélvicas, coletando uma amostra de 8 cm de comprimento por 2cm de largura (Figura 5). O envio das amostras para laboratório de análises de resíduos de pesticidas - LARP da Universidade Federal de Santa Maria (UFMS) foi realizado com a adição do conservante bronopol e transportado em caixas isotérmicas com gelo reciclável em proporção suficiente para manutenção da amostra congelada. O número e quantidade de compostos analisados nos músculos dos peixes foram de 83 compostos, sendo 78 agrotóxicos e 5 antibióticos.

Figura 4: Contenção, Insensibilização e Abate dos Peixes.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 5: Coleta da musculatura de peixe abaixo da barbatana dorsal.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os padrões utilizados foram adquiridos de Dr. Ehrenstorfer Augsburg (Alemanha). Para a extração dos compostos e purificação do extrato, foi aplicado o método QuEChERS modificado e para a identificação e quantificação dos resíduos utilizou-se a Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massa em Série (LCMS/MS) (Figura 6).

Figura 6: Sistema cromatográfico líquido acoplado a espectrometria de massas em série.



Fonte: LARP da Universidade Federal de Santa Maria.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos na determinação de resíduos de agrotóxicos e medicamentos veterinários por análise método QuEChERS modificado, das 24 amostras testadas para os 83 compostos, apenas em duas forma detectado a presença de resíduo, sendo que uma apresentou resíduo de Azoxistrobina, e na segunda foi detectado resíduo de Epoxiconazol (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados da análise de determinação de resíduos de agrotóxicos e medicamentos veterinários

Compostos Avaliados	LOD (mg Kg <sup>-1</sup> )	LOQ (mg Kg <sup>-1</sup> )	Nº de amostras com agrotóxicos/ Medicamentos Veterinários	Concentração em (mg Kg <sup>-1</sup> )
1 2,4-D	0,020	0,066	n.d	-
2 Atrazina	0,010	0,033	n.d	-
3 Azoxistrobina	0,010	0,033	1	<LOQ
4 Bentazona	0,010	0,033	n.d	-
5 Bispiribaque	0,010	0,033	n.d	-
6 Bitertanol	0,010	0,033	n.d	-
7 Boscalida	0,010	0,033	n.d	-
8 Bromoconazol	0,040	0,033	n.d	-
9 Carbaril	0,010	0,033	n.d	-
10 Carbendazim	0,020	0,066	n.d	-
11 Carbofurano-3-hidróxido	0,020	0,066	n.d	-
12 Carbofurano	0,010	0,033	n.d	-
13 Carboxina	0,010	0,033	n.d	-
14 Cianazina	0,020	0,066	n.d	-
15 Clomazona	0,010	0,033	n.d	-
16 Clorafenicol	0,010	0,033	n.d	-
17 Clorpirifós Metílico	0,010	0,033	n.d	-
18 Clorprofan	0,020	0,066	n.d	-
19 Deltametrina	0,010	0,033	n.d	-
20 Diazinona	0,010	0,033	n.d	-
21 Difenconazol	0,010	0,033	n.d	-
22 Dimetoato	0,010	0,033	n.d	-
23 Epoxiconazol	0,010	0,033	1	<LOQ
24 Fempropatrina	0,020	0,066	n.d	-
25 Fempropimorfe	0,010	0,033	n.d	-
26 Fenarimol	0,020	0,066	n.d	-
27 Fentiona	0,010	0,033	n.d	-
28 Fipronil	0,010	0,033	n.d	-
29 Fluquinconazol	0,010	0,033	n.d	-

30	Fluroxipir	0,020	0,066	n.d	-
31	Flutolanil	0,010	0,033	n.d	-
32	Imidacloprido	0,010	0,033	n.d	-
33	Iprovalicarbe	0,010	0,033	n.d	-
34	Linurom	0,010	0,033	n.d	-
35	Malationa	0,010	0,033	n.d	-
36	Mecarbam	0,010	0,033	n.d	-
37	Mepronil	0,010	0,033	n.d	-
38	Metalaxil	0,010	0,033	n.d	-
39	Metconazol	0,010	0,033	n.d	-
40	Metiocarbe-sulfona	0,010	0,033	n.d	-
41	Metiocarbe-sulfóxido	0,010	0,033	n.d	-
42	Metsulfurom-Metílico	0,010	0,033	n.d	-
43	Mevinfós	0,010	0,033	n.d	-
44	Miclobutanil	0,020	0,066	n.d	-
45	Monocrotófós	0,020	0,066	n.d	-
46	Monolinuron	0,010	0,033	n.d	-
47	Oxamil	0,010	0,033	n.d	-
48	Oxamil	0,010	0,033	n.d	-
49	Paraoxom-etílico	0,010	0,033	n.d	-
50	Piraclostrombina	0,010	0,033	n.d	-
51	Pirazofós	0,010	0,033	n.d	-
52	Piridabem	0,010	0,033	n.d	-
53	Piridafentiona	0,010	0,033	n.d	-
54	Pirimetanil	0,020	0,066	n.d	-
55	Pirimicarbe	0,010	0,033	n.d	-
56	Pirimifós-Metílico	0,010	0,033	n.d	-
57	Procloraz	0,010	0,033	n.d	-
58	Profenofós	0,010	0,033	n.d	-
59	Propargito	0,010	0,033	n.d	-
60	Propiconazol	0,010	0,033	n.d	-
61	Promizamida	0,010	0,033	n.d	-
62	Propoxur	0,010	0,033	n.d	-
63	Quinoxifeno	0,010	0,033	n.d	-
64	Salbutamol	0,040	0,033	n.d	-
65	Simazina	0,020	0,066	n.d	-
66	Sulfadimetoxina	0,010	0,033	n.d	-
67	Sulfametazina	0,010	0,033	n.d	-
68	Sulfatiazol	0,010	0,033	n.d	-
69	Tebuconazol	0,010	0,033	n.d	-
70	Terbufós	0,020	0,066	n.d	-
71	Terbutilazina	0,010	0,033	n.d	-
72	Tetraconazol	0,020	0,066	n.d	-
73	Tiacloprido	0,010	0,033	n.d	-
74	Tiametoxam	0,020	0,066	n.d	-
75	Tolclofós-metílico	0,020	0,066	n.d	-



<b>76</b>	Triadimefom	0,010	0,033	n.d	-
<b>77</b>	Triadimenol	0,010	0,033	n.d	-
<b>78</b>	Triazofós	0,010	0,033	n.d	-
<b>79</b>	Triclorfom	0,020	0,066	n.d	-
<b>80</b>	trifloxistrobina	0,010	0,033	n.d	-
<b>81</b>	Triflumizol	0,010	0,033	n.d	-
<b>82</b>	Trimeptopim	0,010	0,033	n.d	-
<b>83</b>	Vamidotiona	0,010	0,033	n.d	-

LOD = Limite de detecção do método (do inglês, Limitofdetection)

LOQ = Limite de quantificação do método (do inglês, Limitoquantification)

n.d = Não detectado, ou seja, menor que o limite de detecção

Verificou-se que, das 24 amostras analisadas, duas (8,33%) foram positivas para pelo menos um agrotóxico. Quanto aos compostos encontrados, ainda que em concentração menor que o LOQ (0,033 mg kg<sup>-1</sup>), uma das amostras, oriunda de uma propriedade localizada no município de Alto Alegre dos Parecis, apresentou o agrotóxico Azoxistrobina, pertencente ao grupo químico estrobilurina, da classe dos fungicidas, o qual pode ser empregado na aplicação foliar nas culturas de alface, banana, batata, beterraba, algodão, alho, amendoim, arroz, aveia, café, cevada, feijão, cebola, cenoura, figo, morango, pepino, melancia, melão, pimentão, soja, tomate, pêsego, trigo e uva. Quanto à sua classificação toxicológica, é considerada Classe III, medianamente tóxicos (ANVISA, 2003).

De acordo com o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal (2018) o Limite Máximo de Resíduo (LMR) para Azoxistrobina na musculatura de peixe de cultivo, é de 0,01 mg/kg, portanto, uma vez que Limite de Detecção do método (LOD) para este análio é 0,01mg/kg, a quantidade de Azoxistrobina detectada na amostra está acima dos limites aceitáveis, ainda que em concentração menor que o LOQ (0,033 mg kg).

A azoxistrobina age no controle de quatro classes de fungos (*Ascomycota*, *Deuteromycota*, *Basidiomycota* e *Oomycota*). O seu modo de ação bioquímico consiste na inibição da respiração mitocondrial, resultando na escassez de ATP e indução do stress oxidativo. Entretanto, o modo de ação desta substância não é específico e pode provocar efeitos adversos em outros organismos eucariotas (BALETT et al., 2002).

A azoxistrobina pode contaminar a água por lixiviação decorrente de chuvas intensas, próximo ao momento de aplicação do pesticida nas colheitas, entretanto uma vez na água ela pode ser rapidamente degradada, ou absorvida nos sedimentos, e devido a sua baixa lipofilicidade é de difícil absorção para os organismos aquáticos. Portanto, os peixes podem

ser contaminados após expostos recentemente ou continuamente, as partículas contaminadas pelo fungicida que se encontra em suspensão ou no sedimento (GANTE, 2015).

Estudos realizados por Balett et al. (2002), revelaram que a azoxistrobina proporciona uma baixa toxicidade aguda e crônica para humanos, mamíferos, aves, e abelhas, entretanto notou-se que é altamente tóxica para peixes de água doce e marinhos. Vale ressaltar, portanto, que a contaminação de efluentes por este composto representa risco aos seres aquáticos.

Em outra amostra que foi colotada em uma piscicultura no município de Rolim de Moura foi detectado o Epoxiconazol, também em concentração menor que o LOQ ( $0,033 \text{ mg kg}^{-1}$ ), pertencente ao grupo químico Triazol, da classe dos fungicidas, o qual pode ser empregado na aplicação foliar nas culturas de algodão, amendoim, girassol, mandioca, milho, soja, arroz, aveia, banana, cacau, café, cana-de-açúcar, cevada, feijão, sorgo e trigo. Quanto à sua classificação toxicológica, é considerada Classe III, medianamente tóxico (ANVISA, 2009).

Quanto ao Limite Máximo de Resíduo (LMR) para Epoxiconazol na musculatura de peixe de cultivo, o PNCRC (2018) permite até  $0,01 \text{ mg/kg}$ , portanto, uma vez que o Limite de Detecção do método (LOD) para este anárito é  $0,01 \text{ mg/kg}^{-1}$ , a concentração de Epoxiconazol detectada na amostra está acima dos limites aceitáveis, ainda que em concentração menor que o LOQ ( $0,033 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

O fungicida Epoxiconazol é considerado uma substância química que atua desregulando o sistema endócrino. A exposição a esta substância considerada hormonalmente ativa, durante a fase pré-natal ou mesmo na fase adulta, aumenta a vulnerabilidade à neoplasias sensíveis aos hormônios, como os tumores malignos na mama, próstata, ovários e útero (CANTARUTTI, 2005).

O mecanismo de ação do Epoxiconazol consiste em bloquear a biossíntese do ergosterol que é um componente essencial das membranas celulares de bolores e leveduras. No entanto, seu mecanismo de ação possui baixa especificidade, representando um potencial risco à fauna aquática (ZARN et al., 2003; KAHLE et al., 2008).

Um estudo realizado por Prestes et al. (2013) cujo objetivo era avaliar o efeito toxicológico de formulações fungicidas à base de piraclostrobin e epoxiconazol sobre *Colossoma macropomum* (tambaqui), constatou a Concentração Letal Média (CL50) de  $2,28 \text{ mg/L}^{-1}$  para o epoxiconazol. Portanto, esta substância representa risco aos peixes expostos, podendo causar intoxicação e letalidade quando em concentrações adequadas.

Em um estudo realizado por Lima (2017) que buscou monitorar a presença de pesticidas nas águas da rede fluvial de uma bacia hidrográfica rural no estado do Rio Grande do Sul (RS), dentre os fungicidas, foi detectado com maior frequência o carbendazin seguido de azoxistrobina, propiconazol e tebuconazol. A presença destes fungicidas na água foi justificada pelo cultivo de soja na região e especificamente o tratamento das sementes de soja, atingindo a bacia hidrográfica por meio da lixiviação.

Os cultivos que necessitam de maiores aplicações de fungicidas são os de soja, milho e trigo, principalmente para controlar e prevenir as ferrugens, e os principais grupos de fungicidas utilizados são os triazóis e estrobilurinas (AZEVEDO et al., 2016).

## 6. CONCLUSÕES

A presença de resíduos de agrotóxicos em amostras de musculatura de peixe analisadas neste estudo, acima dos limites aceitáveis pela legislação, demonstram a necessidade de um contínuo monitoramento de resíduos agrotóxicos no peixe, com a finalidade de garantir a segurança alimentar, ofertando um produto seguro para a saúde dos consumidores.

A contaminação do peixe pelos agrotóxicos detectados neste estudo, alerta não somente para os problemas ambientais que acarretaram nesta contaminação como também para o risco que oferece as comunidades aquáticas, portanto é imprescindível um estudo profundo no que concerne a contaminação ambiental, buscando o fator determinante bem como formas de suprimi-lo.

Não foi detectada presença de medicamentos veterinários em nenhuma das amostras de musculatura de peixe coletadas.

## REFERÊNCIAS

ABRASCO - Associação Brasileira de Saúde Coletiva.. **Dossiê Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: Expressão Popular, 2012.

ABRASCO - Associação Brasileira de Saúde Coletiva.. **Dossiê Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: Expressão Popular, 2015.

ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária.. Consulta Pública nº 96, de 7 de novembro de 2003. **Regulamento Técnico**. 2003. Disponível em: <[http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP\[5848-1-0\].PDF](http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP[5848-1-0].PDF)>. Acesso em: 15 de Junho de 2019.

ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária.. Consulta Pública nº 33 de 3 de junho de 2009. **Regulamento Técnico**. 2009. Disponível em: <[http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP\[26722-1-0\].PDF](http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP[26722-1-0].PDF)>. Acesso em: 15 de Junho de 2019.

ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária.. **Programa De Análise De Resíduos De Agrotóxicos Em Alimentos (PARA): Relatório Complementar Relativo À Segunda Etapa Das Análises De Amostras Coletadas Em 2012**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/446359/Programa+de+An%C3%A1lise+de+Res%C3%ADduos+de+Agrot%C3%B3xicos+-+Relat%C3%B3rio+2012+%282%C2%BA+etapa%29/3bc220f9-8475-44ad-9d96-cbbc988e28fa>>. Acesso em: 24 de Maio de 2019.

ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária.. **Reavaliação Toxicológica do Ingrediente Ativo Endossulfam**. Brasília, 2015. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/capadr/audiencias-publicas/audiencias-publicas-2015/audiencia-publica-10-de-dezembro-de-2015-anvisa>>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

ARRUDA, H. P.. **Compêndio de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola**. 1.edição. São Paulo: Andrei, 1985.

AZEVEDO, J. C. R.; MOURA, E. R. R.; SANTOS, M. M.. Determinação de pesticidas na água e sedimento do Rio Piquiri. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 3, 2016.

BARTLETT, D. W.; MCLOUGH, J.; GODWIN, J. R.; HALL, A. A.; HAMER, A.; PARR-DOBRZANSK, B.. The strobilurin fungicides. **Pest Management Science**. n.58, p.649-662, 2002.

BASTOS, T. R.. Os dados da piscicultura no Brasil. **Revista Globo Rural**, 2015. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Criacao/Peixe/noticia/2015/04/veja-os-dados-da-piscicultura-no-brasil.html>>. Acesso em 31 de Abril de 2019.

BERTOLETTI, E.. A Presunção Ambiental e a Ecotoxicologia Aquática. **Revista das Águas**, n. 12, 2012.

BORDON, V. F.. *Pesquisa de genes de resistencia a antimicrobianos em filé de tilápia comercializados no município de São Paulo – SP*. 2014. Dissertação (Mestrado em Serviços de Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BRASIL - Portaria Nº 03 de Janeiro de 1992.. **Estabelecem diretrizes e exigências do ministério da saúde, referentes à autorização de registro, renovação de registro e extensão de uso de agrotóxicos e afins**. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 1992. Disponível em: <<https://www.aenda.org.br/wp-content/uploads/2018/02/portaria-anvisa-03-1992-avaliacao-toxicologica.pdf>>. Acesso em: 30 de Maio de 2019.

BRASIL - Ministério da Pesca e Aquicultura.. **Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil 2011**. Brasília: República Federativa do Brasil, 2011. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est\\_2011\\_bol\\_bra.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bol_bra.pdf)>. Acesso em: 28 de Abril de 2019.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente.. Agrotóxicos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acesso em: 15 de maio de 2019.

CANTARUTTI T.F.P.. *Risco tóxico de resíduos de pesticidas em alimentos e toxicidade reprodutiva em ratos wistar*. 2005. Dissertação (Mestrado em Farmacologia)- Programa de Pós-Graduação em Farmacologia. Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CODEX ALIMENTARIUS.. **Maximum Residue Limits (Mrls) And Risk Management Recommendations (Rmrs) For Residues Of Veterinary Drugs In Foods**, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/documentos-da-pnrc/codex-alimentarius-cac-mrl-n-o-02-2015-de-julho-2015.pdf/view>>. Acesso em: 26 de Maio de 2019.

COSTA, C. R.; OLIVI, P.; BOTTA, C. M. R.; ESPINDOLA, E. L. G.. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

DÍAZ-CRUZ, M.S.; BARCELÓ, D.. Recent advances in LC-MS residue analysis of veterinary medicines in the terrestrial environment. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 26, p. 637-646, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.. **Panorama dos resíduos na produção de rações e carnes: visão do códex**. Workshop de resíduos e contaminantes. 2014. Disponível em: [www.embrapa.br/documents/1355242/2359486/01+-+RESÍDUOS+E+VISÃO+DO+CODEX+-+Joao+Palermo.pdf/39652bf0-4b51-4041-be12-a25e1b390af2](http://www.embrapa.br/documents/1355242/2359486/01+-+RESÍDUOS+E+VISÃO+DO+CODEX+-+Joao+Palermo.pdf/39652bf0-4b51-4041-be12-a25e1b390af2). Acesso em: 15 de Maio de 2019.

FAO - Food and Drug Administration.. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Roma, 2014. Disponível em: [http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf?utm\\_source=publication&utm\\_medium=qrcode&utm\\_campaign=sofia14](http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf?utm_source=publication&utm_medium=qrcode&utm_campaign=sofia14)>. Acesso em: 31 de Abril de 2019.

FAO - Food and Drug Administration.. **El Estado Mundial De La Pesca Y La Acuicultura 2016: Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos**. Roma. 2017. Disponível em: [https://documentop.com/el-estado-mundial-de-la-agricultura-y-la-alimentacion-2016-food-and-\\_59f3ed181723dd934fa73e22.html](https://documentop.com/el-estado-mundial-de-la-agricultura-y-la-alimentacion-2016-food-and-_59f3ed181723dd934fa73e22.html)>. Acesso em: 31 de Abril de 2019.

FAO - Food and Drug Administration.. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018: Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible**. Roma, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i5555s/I5555S.pdf>>. Acesso em: 28 de Abril de 2019.

FARRÉ, M.; BARCELÓ, D.. Analysis of emerging contaminants in food. **Trends in Analytical Chemistry**, v.43, p.240-253, 2013.

FDA - Food and Drug Administration.. **Extra-label Use of Approved Drugs in Aquaculture**, 2018. Disponível em: <https://www.fda.gov/animal-veterinary/development-approval-process/aquaculture>>. Acesso em: 15 de Maio de 2019.

FELIX, F. F.; NAVICKIENE, S.; DÓREA, H. S.. Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) como Indicadores da Qualidade dos Solos. **Revista da Fapese**, v.3, n. 2, p. 39-62, 2007.

FIGUEIREDO, N.. **Rondônia é líder na produção de peixes de água doce**. Diário da Amazônia, 2019. Disponível em: <https://www.diariodaamazonia.com.br/rondonia-e-lider-na-producao-de-peixes-de-agua-doce/>> Acesso em: 31 de Abril de 2019.

FREITAS, A.; BARBOSA, J.; RAMOS, F.. Multi-residue and multi-class method for the determination of antibiotics in bovine muscle by ultra-high-performance liquid

chromatography tandem mass spectrometry, **Meat Science**, v.98, p.58-64, 2014.

GANTE, C. R. A.. *Respostas dos organismos marinhos à azoxistrobina e à sua formulação comercial Ortiva®*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra. 2015.

GRANELLA, V.. *Qualidade do leite produzido em sistema orgânico e convencional*. 2013. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2013.

GRIZA, F. T.; ORTIZ, K. S.; GEREMIAS, D.. Avaliação da contaminação por organofosforados em águas superficiais no município de Rondinha - Rio Grande do Sul. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p.1631-1635, 2008.

KAHLE, M.; BUERGE, I. J.; HAUSER, A.; MÜLLER, M. D.; POIGER, T.. Azole fungicides: occurrence and fate in wastewater and surface waters. **Environmental Science & Technology**, n.42, p.7193- 7200, 2008.

KUBITZA, F.. Panorama da aquicultura: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Revista Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, n. 150, 2015.

LEIRA, M. H.; REGHIM, L. S.; CIACCI, L. S.; CUNHA, L. T; BOTELHO, H. A. MIRIAN SILVIA BRAZ, M. S.; PEREIRA, N.. Problemas sanitários das pisciculturas brasileiras. **Pubvet**, v.11, n.6, p.538-544, 2017.

LIMA, J. A. M.. *Ocorrência de agrotóxicos em águas rurais e bioacumulados em biofilmes epilíticos do Rio Grande do Sul*. 2017. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2017.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.. **Produtos Veterinários**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios>>. Acesso em 29 de maio de 2019.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.. **Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal de 2018**. 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/documentos-da-pncrc/PlanoAmostragemPNCRC2018IN.pdf>>. Acesso em 15 de Junho de 2019.

MARQUES, T. V.. *Antimicrobianos veterinários: florfenicol na piscicultura*. 2018. Tese (doutorado) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. 2018.



MAXIMIANO, A. A.; FERNANDES, R. O.; NUNES, F. P.; ASSIS, M. P.; MATOS, R. V.; BARBOSA, C. G. S.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.. Utilização de drogas veterinárias, agrotóxicos e afins em ambientes hídricos: demandas, regulamentação e considerações sobre riscos à saúde humana e ambiental. **Ciência da saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 483-491, 2005.

MELLO, I. N. K.; SILVEIRA, W. F.. Resíduos De Agrotóxicos Em Produtos De Origem Animal. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.6, n.2, p.94-104, 2012.

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde.. **Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos**, p. 1- 72, 1997.

PEIXE BR - Associação Brasileira da Piscicultura.. **Anuário da Piscicultura Brasileira**. 2018. Disponível em: <<http://www.aquaculturebrasil.com/2018/04/24/anuario-peixe-br-disponivel-download/>>. Acesso em: 31 de Abril de 2019.

PEIXE BR - Associação Brasileira da Piscicultura.. **Anuário da Piscicultura Brasileira**. 2019. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf?>> . Acesso em: 28 de Abril de 2019.

PRESTES, E.B.; CLEMENTE, Z.; CASTRO, V.L.S.S.; JONSSON, C.M.. Avaliação da Toxicidade Aguda de Piraclostrobin, Epoxiconazol e sua Mistura em Colossoma macropomum (tambaqui). **Ecotoxicology and Environmental Contamination**, v. 8, n. 1, p.125-128, 2013.

RITTER, L.; SOLOMON, K.R.; FORGET, J.. A Review Of Selected Persistent Organic Pollutants: DDT-Aldrin-Dieldrin-Endrin-Chlordane. **Canadian Network of Toxicology Centres**, p.29, 1995.

SABRA, F. S.; MEHANA, E. S. E. D.. Pesticides Toxicity in Fish with Particular Reference to Insecticides. **Asian Journal of Agriculture and Food Sciences**, v.3, n.1, 2015.

SANTANA, L. M. B.; CAVALCANTE, R. M.. Transformações metabólicas de agrotóxicos em peixe: uma revisão. **The Electronic Journal of Chemistry**, v. 8, n. 4, p. 257 – 268, 2016.

SARTORI, A.G.O.; AMANCIO, R.D.. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 2, p. 83-93, 2012.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.. **Aquicultura no Brasil**. Brasília, 1015. Disponível em:

<[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/\\$File/5403.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf)>. Acesso em: 31 de Abril de 2019.

SINDAN - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal.. **Anuário da Indústria de Produtos para Saúde Animal**, 2018. Disponível em:

<<http://www.sindan.org.br/anuario2018/>>. Acesso em: 28 de Abril de 2019.

SILVA, M. R.; CAMPOS, A. C. E.; BOHN, F. Z.. Agrotóxicos E Seus Impactos Sobre Ecossistemas Aquáticos Continentais. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 8, n. 2, 2013.

SNA – Sociedade Nacional de Agricultura.. **Piscicultura é tratada como novo agronegócio de Rondônia ao crescer 300% em 3 anos**, 2014. Disponível em:

<<https://www.sna.agr.br/piscicultura-e-tratada-como-novo-agronegocio-de-rondonia-ao-crescer-300-em-3-anos/>>. Acesso em: 31 de Abril de 2019.

SOARES, W.; ALMEIDA, R. M. V. R.; MORO, S.. Trabalho rural e fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 19, n. 4, p. 1117-1127, 2003.

SOUZA FILHO, A. P.; AGUIAR, M. M.; BABOSA, N.. Os Agrotóxicos: Dos Impactos A Saúde Individual E Coletiva. *In: I Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar*, 2016.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M.. Monitoramento do Risco Ambiental de Agrotóxicos: princípios e recomendações. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, 2004.

SPECK, G. M.; GUERTLER, C.; CASCIONE, J. M. W.; SILVEIRA, E.; SCHVAMBACH, M. I.; WOODROFFE, R. E.; VIRÍSSIMO, T.; DAMASCENO, L. G. A.; SEIFFERT, W. Q.; MERINO, E.A.D.. Uso de agrotóxicos na aquicultura: enfoque na saúde do trabalhador. *In: Aquacultura - Congresso Brasileiro de Aquicultura e Biologia Aquática*, Belo Horizonte, 2016.

UNO, S.; SHINTOYO, A.; KOKUSHI, E.; YAMAMOTO, M.; NAKAYAMA, K.; KOYAMA, J.. Gas chromatography–mass spectrometry for metabolite profiling of Japanese medaka (*Oryzias latipes*) juveniles exposed to malathion. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, n. 7, p. 2595–2605, 2012.

VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C.. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do

Sudeste do Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 11, p. 2391-2399, 2006.

WAICHMAN, A.V.. Uma proposta de avaliação integrada de risco do uso de agrotóxicos no estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 38, n.4, p. 45 – 50, 2008.

ZARN, A. J.; BRÜSCHWEILER, B. J.; SCHLATTER, J. R.. Azole fungicides affect mammalian steroidogenesis by inhibiting sterol 14 alpha-demethylase and aromatase. **Environmental Health Perspectives**, v.111, p.255-261, 2003.