

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE ANIMAL**

**IMPACTO DE AGROTÓXICOS USADOS NA LAVOURA DE ARROZ  
IRRIGADO EM ORGANISMOS BENTÔNICOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Joele Schmitt Baumart**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

**IMPACTO DE AGROTÓXICOS USADOS NA LAVOURA DE ARROZ  
IRRIGADO EM ORGANISMOS BENTÔNICOS**

por

**Joele Schmitt Baumart**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de Santa Maria -  
UFSM, RS, como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Biodiversidade Animal.**

**Orientador: Dr. Sandro Santos**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

B347i Baumart, Joele Schmitt  
Impacto de agrotóxicos usados na lavoura de arroz irrigado em organismos bentônicos / por Joele Schmitt Baumart. – 2010.  
62 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Sandro Santos.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, RS, 2010.

1. Biodiversidade animal 2. Biodiversidade aquática  
3. Macroinvertebrados bentônicos 4. Rizicultura  
5. Agrotóxicos 6. Arroz irrigado I. Santos, Sandro  
II. Título.

CDU: 574.587

Ficha catalográfica elaborada por  
Maristela Eckhardt - CRB-10/737

---

2010

Todos os direitos autorais reservados a Joele Schmitt Baumart.

A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com a autorização por escrito do autor.

End Eletr: [jobaumart@gmail.com](mailto:jobaumart@gmail.com)

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**IMPACTO DE AGROTÓXICOS USADOS NA LAVOURA DE ARROZ  
IRRIGADO EM ORGANISMOS BENTÔNICOS**

elaborada por  
**Joele Schmitt Baumart**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Biodiversidade Animal**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

  
**Sandro Santos, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

  
**Cleber Palma Silva, Dr. (FURG)**

  
**Rozane M. Restello, Dra. (URI)**

Santa Maria, 23 de fevereiro de 2010.

*Aos meus pais Abílio e Lorena  
E ao meu marido Alberto.  
Amo vocês.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador professor Dr. Sandro Santos pela confiança e principalmente pelas horas preciosas do seu tempo que gastou comigo, orientando-me sempre de forma concisa, coerente, tranquila... Muito obrigada pela orientação, amizade e dedicação.

Ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Animal (PPGBA), a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a Capes pelas oportunidades concedidas.

Agradeço aos colegas de curso, pelo companheirismo, coleguismo, amizade e carinho.

A todos os professores do PPGBA, em especial as professoras Marlise Bartholomei Santos e Carla Kotzian, pelas dicas sempre pertinentes, pelas brincadeiras e pela amizade prestadas em todas as horas.

Ao “Seu Paulinho”, secretário do pós, pelas valiosas informações, amizade, carinho, boa vontade em ajudar, obrigada também pelas saudáveis conversas regadas a chimarrão e biscoito do simpósio! Vê se não se esquece da tua secretária aqui heim!

Meu muito obrigada à “moça da limpeza” Neiva, quando a triagem começava a engrenar ela chegava dizendo: “Posso limpar?” e lá ia eu e a Bruna pro corredor pra deixar ela limpar com calma o laboratório.

Aos amigos Luiz Hepp pelas valiosas dicas de estatística, e Geovane Reimche pela ajuda nos assuntos agrônômicos da coisa! Esses dois são gigantes, e sem dúvida vão muito longe!

Aos professores do Grupo de Pesquisa de Arroz e Uso Alternativo de Várzea da UFSM, em especial ao professor Dr. Luis Avila pelas muitas dicas, conversas, puxões de orelha, e principalmente amizade e confiança, sem dúvida fostes muito importante nesta caminhada.

Ao grupo do laboratório de crustáceo, ou seria melhor dizer “à grande família do laboratório de crustáceos”! Luciane muito obrigada pela amizade e ajuda sempre disponível! Minha “pretinha básica” Bruna pela ajuda nas coletas, triagem, identificação, amizade... não tenho palavras pra te agradecer, és parte disso tudo! Rodrigo sempre disposto a ajudar, Rose(mari) sempre perdida! Marcelo mesmo

tendo “fugido” dos bentos, a dupla explosiva Alexandre Fofó e Cadidja, e como esquecer da minha querida Amand(it)a, que me ajudou ali no finalzinho, mas ajuda muito bem vida, e a doce Keiciane, muito obrigada por tudo meus queridos! Sou um pouco de cada um de vocês não se esqueçam disso! Obrigada também aos que hoje estão em algum lugar por ai, mas já estiveram aqui no laboratório conosco, Bianca, André, Davi...

Aos amigos sempre presentes, em especial a Jaqueline, Anaide, Gisele e Geórgia pelas muitas conversas, momentos de descontração, risadas, silêncios... Gurias sem vocês certamente meu caminho teria sido muito mais difícil!

Aos meus pequenos cachorros Begon Ricardo e Popper King, pelo amor incondicional, por “entenderem” que aquele não era um momento para brincar e pela companhia nas noites solitárias!

Aos meus pais, Lorena e Abílio, aos meus irmãos Jaime, Juliana e Geandro (*in memoriam*), às minhas sobrinhas Aline, Giana e Geandra e à minha cunhada Marta por todo amor que sempre me deram, obrigada por entenderem minha ausência em muitos momentos importantes, por terem paciência comigo nos momentos mais difíceis! Vocês são a base de tudo que eu sou, e tenham certeza de que em todos os momentos da minha vida os carrego comigo, não como fardo mas sim como alento e porto seguro para todas as minhas andanças.

Ao meu marido Alberto, ao qual não tenho palavras para agradecer todo o companheirismo, carinho, dedicação, atenção, amizade e amor! Meu Mouro, muito obrigada por tudo! És um companheiro! Obrigada por entender o meu silêncio e os meus “ataques”... Amo-te muito.

Obrigada também a todos aqueles que de forma direta ou indireta me ajudaram a chegar até aqui! A caminhada é longa e muitas pessoas sobem e descem desse trem que é a vida!

Por último e não menos importante agradeço a essa Força Maior que rege o Universo, obrigada por ter me ajudado a entender muitas coisas, a tirar algumas pedras do meu caminho e finalmente a conseguir vencer essa etapa tão importante da minha vida.

*Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estivermos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.*

*Dalai Lama*

## **Resumo**

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal

Universidade Federal de Santa Maria

### **IMPACTO DE AGROTÓXICOS USADOS NA LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO EM**

#### **ORGANISMOS BENTÔNICOS**

AUTORA: JOELE SCHMITT BAUMART

ORIENTADOR: SANDRO SANTOS

DATA E LOCAL DA DEFESA: SANTA MARIA, 23 DE FEVEREIRO DE 2010.

O objetivo deste estudo foi investigar o impacto da utilização de diferentes agroquímicos, empregados na lavoura de arroz irrigada por inundação, sobre a densidade e riqueza de organismos bentônicos. No experimento, foram realizadas duas amostragens de solo para identificar e quantificar organismos bentônicos, uma no 28º e outra no 84º dia após a entrada de água na lavoura. Utilizou-se um coletor cilíndrico de PVC (Corer) com 0,10 m de diâmetro (0,01 m<sup>2</sup>) na profundidade de 0,10 m. As amostragens foram realizadas em parcelas que receberam os seguintes tratamentos: TO -imazethapyr + imazapic (ONLY®); TB - bispyribac-sodium (NOMINEE 400SC); TQ - quinclorac (FACET PM); TF - fipronil (STANDACK) e TC - controle. O número de réplicas para cada tratamento foi de 12 amostras por dia amostral. O material coletado foi armazenado em sacos plásticos e levado para o laboratório, onde foi lavado em peneiras de 0,25mm, recondicionado em frascos plásticos e logo em seguida corado (Rosa-de-Bengala) e fixado com álcool etílico absoluto. Após a fixação os organismos foram triados e identificados até o menor nível taxonômico possível, utilizando-se bibliografias especializadas. Durante todo o período da cultura do arroz foram registrados os dados dos seguintes parâmetros da água de irrigação: Oxigênio dissolvido, pH, temperatura, alcalinidade, dureza, turbidez, condutividade e persistência dos pesticidas utilizados. Para verificar diferenças quanto aos fatores físico-químicos, entre os tratamentos, utilizou-se uma ANOVA de dois critérios (tratamento e tempo) e uma PCA. Uma ANOVA de um critério foi utilizada para verificar diferenças dos

táxons entre os tratamentos e uma MANOVA foi empregada para analisar diferenças na composição da fauna entre os tratamentos e guildas tróficas. Não se observou diferenças nos dados abióticos em relação aos tratamentos, mas sim em relação ao tempo de cultivo. Com relação à persistência dos pesticidas, o herbicida Quinclorac foi o mais persistente, detectado até o 84<sup>o</sup> dia. A menor persistência foi do herbicida Only, detectado até o 21<sup>o</sup> dia. Na primeira amostragem foram coletados um total de 1971 organismos entre todos os tratamentos, pertencentes a quatro filos: Arthropoda (Insecta, Arachnida e Crustacea), Mollusca (Gastropoda), Anellida (Hirudinea e Oligochaeta) e Nematoda. Na segunda coleta foram identificados 2295 organismos entre todos os tratamentos. Os mesmos filos estiveram presentes, porém a riqueza de insetos foi maior que na coleta anterior. A Manova mostrou haver diferenças entre as composições da fauna dos tratamentos avaliados, e entre as coletas, bem como na composição da fauna, de uma mesma guilda trófica, nos diferentes tratamentos. Com base nestes resultados é possível concluir que os pesticidas utilizados não afetaram os parâmetros físico-químicos da água, entretanto, esses produtos podem causar estresse na comunidade bentônica no início da cultura, por um período de aproximadamente um mês após a entrada de água nas parcelas. Este efeito é reduzido com o passar do tempo, de maneira que a comunidade bentônica tende a se reestruturar após o período de maior ação dos pesticidas na água.

**Palavras-chave:** biodiversidade aquática; persistência de agrotóxicos; rizicultura.

## **Abstract**

Mastership Thesis  
Graduate Program of Animal Biodiversity  
Universidade Federal de Santa Maria

### **THE IMPACT OF PESTICIDES ON BENTHIC ORGANISMS IN FLOODED RICEFIELDS**

AUTHOR: JOELE SCHMITT BAUMART

SUPERVISOR: SANDRO SANTOS

DEFENCE DATA AND LOCAL: SANTA MARIA, FEBRUARY, 23<sup>TH</sup>, 2010.

The objective of this project was to investigate the impact of different pesticides used in the ricefield on the density and diversity of benthic organisms. In the experiment, two collects of soil were made to identify and quantify benthic organisms, one in the 28<sup>th</sup> and other in the 84<sup>th</sup> days after the entry of water in the ricefield. We used a cylindrical collector of PVC (Curer) with 0.10 m in diameter (0.01 m<sup>2</sup>) at a depth of 0.10 m. Samples were collected in the irrigated plots that received the following treatments: TO - Imazethapyr + Imazapic (ONLY ®), TB - Bispyribac-sodium (NOMINEE 400SC), TQ - Quinclorac (FACET PM), TF - Fipronil (STANDACK) and TC - control. The number of replicates for each treatment was 12 samples per day. The collected material was stored in plastic bags and taken to the laboratory, where it was washed in sieves of 0.25 mm and re-packed in plastic bottles and then immediately stained (Rose-Bengal), and fixed with absolute ethanol. After fixing, the organisms were separated and identified to the lowest taxonomic level possible, using specialized bibliographies. Throughout the period of ricefield, data on the following parameters of irrigation water were recorded: dissolved oxygen, pH, temperature, alkalinity, hardness, turbidity, conductivity and persistence of pesticides used. To verify differences in the physical-chemical, between treatments, we used a TWO-WAY-ANOVA (treatment and time) and a PCA. An ANOVA one criterion was used to verify differences in taxa between treatments and a MANOVA was used to examine differences in fauna composition between treatments and trophic guilds. There were no differences among abiotic data and the treatment, but differences were found in the time of cultivation.

Concerning the persistence of pesticides, the herbicide quinclorac was the most persistent, detected up to the 84<sup>th</sup> day. The lower persistence of the herbicide ONLY® was detected until the 21<sup>st</sup> day. In the first sample a total of 1971 animals was collected from all treatments, separated into four phyla: Arthropoda (Insecta, Arachnida and Crustacea), Mollusca (Gastropoda), Anellida (Oligochaeta and Hirudinea) and Nematoda. In the second group of samples, 2295 individuals were identified among all treatments. The same phyla were present, but the diversity of insects was higher than in the previous collection. The MANOVA showed differences between the fauna composition of the treatments evaluated, and between collections, as well as among the fauna composition of the same trophic guild in the different treatments. Based on these results we conclude that the pesticides did not affect the physical and chemical parameters of water, however, these products can cause stress on the benthic community at the beginning of culture for a period of approximately one month after the entry of water in the plots. This effect is reduced over time so that the benthic community tends to restructure after the period of greatest activity of pesticides in water.

**Keywords:** benthic macroinvertebrates; persistence of pesticides; rice culture.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Área experimental de várzea na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)..... 23
- Figura 2: Imagens da área onde foi realizado o projeto, UFSM, 2007/08. A- organização das taipas e visão geral da parcela B- Vista geral da área, sistematização do plantio ..... 24
- Figura 3: Desenho esquemático da parcela usada para análise de suficiência amostral, com indicação das duas diagonais seguidas..... 29
- Figura 4: Suficiência amostral, estimada pela curva cumulativa para os 15 táxons registrados na área de lavoura de arroz irrigado. Os pontos expressam a curva cumulativa média, gerada pela adição aleatória das amostras, e as barras verticais indicam o desvio padrão em torno da curva média. Santa Maria, 2007/08..... 29
- Figura 5: Esquema da área amostral, os números correspondem aos quadrantes para o sorteio dos locais da coleta de macroinvertebrados bentônicos..... 30
- Figura 6: Densidade de organismos dos grupos que exibiram diferenças estatísticas entre os tratamentos investigados ( $p < 0,05$ ), na área experimental de várzea, da UFSM, no ano safra 2007/08 ..... 41
- Figura 7: Densidade de organismos dos grupos que exibiram diferenças estatísticas, entre os tratamentos investigados ( $p < 0,05$ ), na amostragem do 84º dia, na área experimental de várzea, da UFSM, no ano safra 2007/08..... 45
- Figura 8: Diferença na composição da fauna dentro de cada guilda trófica demonstrada pela Manova ( $p < 0,05$ ) ..... 49

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Parâmetros físico-químicos analisados junto à lavoura de arroz irrigado, em diferentes dias após a entrada de água, durante a safra 2007/08, em parcelas experimentais na região central do Rio Grande do Sul..... 32
- Tabela 2: Período de persistência dos pesticidas na água presente nas parcelas de irrigação da cultura do arroz durante a safra de 2007/08, com suas respectivas concentrações médias, durante o período de experimento..... 34
- Tabela 3: Densidade média de organismos encontrados por m<sup>2</sup>, na área de cultura de arroz irrigado em Santa Maria, RS, no ano safra 2007/08, separadas entre os pesticidas utilizados nesse experimento, com especificação de guilda trófica de cada táxon, e diferenças estatísticas dos táxons entre os tratamentos..... 37
- Tabela 4: Diferenças na composição da comunidade bentônica (riqueza e abundância) entre os tratamentos e dias amostrais..... 50
- Tabela 5: Porcentagens dos níveis tróficos presentes em área experimental de cultura de arroz, cultivado na região central do Rio Grande do Sul, 2007/08, nas duas datas de coleta..... 50

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>Introdução</b>	15
<b>2.</b>	<b>Objetivos Gerais</b>	
2.1	Objetivos específicos	21
<b>3.</b>	<b>Material e Métodos</b>	22
3.1	Preparo da área amostral	22
3.2	Análise de suficiência amostral	25
3.3	Coletas de macroinvertebrados bentônicos	26
3.4	Parâmetros físico-químicos	27
3.5	Persistência dos pesticidas na água de irrigação da lavoura de arroz	27
3.6	Análise estatística	28
<b>4.</b>	<b>Resultados</b>	31
4.1	Dados abióticos	31
4.2	Persistência dos agroquímicos	31
4.3	Macroinvertebrados bentônicos	35
<b>5.</b>	<b>Discussão</b>	51
5.1	Qualidade da água	51
5.2	Comunidade de macroinvertebrados bentônicos	53
<b>6.</b>	<b>Conclusões Gerais</b>	56
<b>7.</b>	<b>Referências Bibliográficas</b>	57

## 1. INTRODUÇÃO

A macrofauna bêntica de corpos aquáticos continentais é composta por uma variedade de grupos taxonômicos, incluindo insetos, moluscos, crustáceos, anelídeos. Sua distribuição e abundância são influenciadas por fatores biogeográficos e características do ambiente, tais como o tipo de sedimento, teor de matéria orgânica, profundidade, e outras variáveis físicas e químicas da água, além da presença de macrófitas (Carvalho & Uieda, 2004).

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é um importante componente do sedimento de rios e lagos, sendo fundamental para a dinâmica de nutrientes, a transformação de matéria e o fluxo de energia (Callisto & Esteves, 1995). Assim, estes organismos muitas vezes são utilizados como indicadores de qualidade da água em ambos os sistemas, lênticos e lóticos.

Segundo Berenzen *et al.* (2005), a distribuição e a densidade de táxons de macroinvertebrados presentes em águas continentais são influenciados por vários fatores, entre eles poluição orgânica, degradação de habitat, uso de agrotóxicos, entre outros. Estes animais apresentam duas estratégias de adaptação ao regime de instabilidade do meio: a resiliência e a persistência. Resiliente é a biota que apresenta capacidade de recolonização rápida de áreas perturbadas pelas cheias e persistente é a biota que demonstra uma boa capacidade de resistência a distúrbios (Winterbotton *et al.*, 1997).

Estando a situação de um corpo d'água estreitamente relacionada às atividades humanas realizadas à sua volta, o primeiro passo para a compreensão de como as comunidades de macroinvertebrados bentônicos estão reagindo à alteração da qualidade de água é identificar quais variáveis físicas, químicas e biológicas estão afetando os organismos (Tate & Heiny, 1995).

A produção agrícola desde o seu início, está diretamente relacionada com a aplicação de agrotóxicos para controlar os organismos nocivos que ocorrem e atacam os produtos agrícolas prejudicando as colheitas. Apesar dos benefícios, a aplicação de agrotóxicos gera, comumente, grandes problemas também: esses químicos muitas vezes são tóxicos, podendo ser cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos e mimetizadores de hormônios. São aplicados em grande

quantidade, em áreas bastante extensas e, geralmente, possuem grande persistência no meio ambiente (Primel *et al.*, 2005).

Como consequência dessas atividades tem-se observado uma redução da qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas (Goulart & Callisto, 2003). Segundo Biggs *et al.* (2007), para regulamentar o uso de um agrotóxico sua ação contra organismos não-alvo, em ambiente aquático, é de grande relevância. Porém, na prática os dados específicos descrevem que a ocorrência desses organismos aquáticos em área de agricultura é muito limitada.

Tradicionalmente, a avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos tem sido realizada através da medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas e químicas. Este sistema de monitoramento, juntamente com a avaliação de variáveis microbiológicas (coliformes totais e fecais), constitui-se como ferramenta fundamental na classificação e enquadramento de rios e córregos em classes de qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade humanas (Goulart & Callisto, 2003).

Pesquisas realizadas em rios da Dinamarca (Friberg *et al.* 2003) registraram a ocorrência de metabólitos do DDT, o qual foi proibido neste país desde 1984, além de outros agrotóxicos como fungicidas, inseticidas e herbicidas. Os mesmos autores também verificaram uma alta densidade de *Hirudinea* nos locais onde havia uma maior concentração de agrotóxicos, o que poderia indicar uma aparente resistência desse organismo frente a esses químicos.

Bacey & Spurlock (2007), trabalhando no Vale Central da Califórnia, registraram a persistência de inseticidas e herbicidas tanto em rios de área agrícola quanto em rios urbanos. Sendo que na área urbana a concentração do inseticida Chlorpyrifos foi maior do que dados obtidos como CL<sub>50</sub> para o cladóceros *Ceriodaphnia dubia*. Neste mesmo estudo, obteve-se que na zona urbana poluída o táxon de invertebrado bentônico mais abundante foi Chironomidae, com uma representatividade de aproximadamente 49% do total de organismos. Nas áreas de agricultura o táxon mais abundante foi Oligochaeta, com aproximadamente 25% do total registrado. Esses resultados mostraram a alta tolerância destes dois táxons a

ambientes extremos com pouco oxigênio e com considerável quantidade de agrotóxicos e outros poluentes.

Segundo Marchezan *et al.* (2003), próximo às lavouras de arroz irrigado a persistência e a concentração de agrotóxicos nos rios depende muito do volume de chuvas na época de cultivo, pois pode ocorrer um maior ou menor escoamento desses poluentes para os mananciais. Com o aumento da precipitação pluvial haverá diluição dos agrotóxicos na água. Nesse estudo, as análises realizadas na bacia dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim indicaram a presença de Clomazone nos três anos de amostragem, em ambos os rios, o que se explica pela grande utilização desse químico pelos produtores da região. Propanil também foi registrado em larga escala, porém seu potencial para contaminação de solo é menor se comparado ao Clomazone.

As comunidades biológicas podem refletir a integridade ecológica total dos ecossistemas integrando os efeitos dos diferentes agentes impactantes e fornecendo uma medida agregada desses impactos, por este motivo constituem-se em ótimos parâmetros da qualidade ambiental em ecossistemas aquáticos (Barbour *et al.*, 2000). Estas comunidades são formadas por organismos que apresentam adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e apresentam limites de tolerância a diferentes alterações das mesmas (Alba-Tercedor, 1996). Os organismos comumente utilizados na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos são os macroinvertebrados bentônicos, peixes e comunidade perifítica.

Estudos realizados por Mesléard *et al.* (2005) indicam que o uso de inseticidas como controle de pragas, e também de herbicidas e fertilizantes, é capaz de fazer modificações na teia alimentar e alterar o desenvolvimento de comunidades animais presentes em lavouras de arroz, especialmente invertebrados.

Por serem organismos sedentários e com um ciclo de vida relativamente curto (se comparados aos peixes), os macroinvertebrados bentônicos são considerados bons indicadores de qualidade de água, uma vez que por esse ciclo de vida curto acabam expressando, de uma forma mais rápida, as modificações do ambiente através da mudança na estrutura das populações e comunidades (Rosemberg & Resh, 1993).

Outro ponto a ser destacado, no uso de macroinvertebrados bentônicos para biomonitoramento, é o fato de que sendo essa comunidade de grande diversidade biológica, resulta numa maior variabilidade de respostas frente a diferentes tipos de impactos ambientais (Rosemberg & Resh, 1993).

O inseticida Fipronil [5-amino-1-(2,6-dichloro- $\alpha,\alpha,\alpha$ -trifluoro-p-tolyl)-4-trifluoro methylsulfinylpyrazole-3-carbonitrile] pertencente ao grupo dos fenil-pirezóis, de amplo espectro de ação, tendo principalmente uma ação formicida e cupinicida. Esse agroquímico atua na transmissão sináptica, sendo que sua ação faz com que haja um super-estímulo do sistema nervoso central (Omotto, 2000). Ele possui uma grande afinidade pela matéria orgânica do solo e da água, sua solubilidade na água com pH = 5 é de 0,0024 g.L<sup>-1</sup> e em pH 9 é de 0,0022 g.L<sup>-1</sup> (US Environmental Protection Agency, 1996). Além de o composto ativo fipronil ser bastante tóxico, tanto para organismos alvo como também não-alvo, há o problema de seus subprodutos (ou metabólitos), isso foi demonstrado por Mize *et al.* (2008), os quais verificaram que dos 19 rios que amostraram, no sudoeste da Louisiana (EUA), 78% deles apresentavam compostos (produto e subprodutos) do fipronil. Desses cerca de 90% foi composto dos subprodutos de fipronil, e segundo análises, esses subprodutos além de mais persistentes também são mais tóxicos aos organismos não-alvo. Este dado é comprovado por estudos de CL<sub>50</sub>, onde é relatado que para fipronil testes com Chironomidae, mosquitos e larvas de Simuliidae a CL<sub>50</sub> ficou em 0,42 $\mu$ g.L<sup>-1</sup>, e para os seus subprodutos mais conhecidos ficou em 0,22 $\mu$ g.L<sup>-1</sup> para fipronil sulfide e 0.06 $\mu$ g.L<sup>-1</sup> para fipronil sulfone (Ali *et al.*, 1998, Stevens *et al.*, 1998 e Overmyer *et al.*, 2005). Por esses efeitos tóxicos a abundância e a diversidade (de táxons) de macroinvertebrados bentônicos decrescem com o aumento da concentração dos subprodutos de fipronil em área de cultivo de arroz (Mize *et al.*, 2008; Skrobialowski *et al.*, 2004).

Em estudos feitos em campos de cultivo de arroz na França observou-se que não houve diferença significativa entre a área de cultivo convencional e a área de cultivo orgânico para a família Chironomidae, isso pode ter ocorrido pelo fato de na área com inseticida fipronil ter havido uma redução na densidade de predadores dessa família. Esse resultado mostrou a necessidade de maiores estudos, uma vez que fipronil é utilizado no combate de Chironomidae, entre outros insetos (Mésleard *et al.* 2005).

Stevens *et al.* (1998) também estudaram a influência do fipronil sobre Chironomidae fazendo testes em laboratório. Nestes testes, a sub-família Chironominae se mostrou mais tolerante a altas concentrações desse químico do que a família Chironomidae como um todo. Já para o inseticida Malathion essa tolerância não foi observada, a família como um todo obteve maior sucesso do que a sub-família em análise.

Estudos realizados por Faria *et al.* (2007) mostraram que o inseticida Endosulfan, que tem como organismo alvo Chironomidae, não causou a morte dessa família, mas o crescimento foi mais lento comparado com o controle, enquanto os herbicidas Molinate e Propanil não causam danos biológicos aparentes a essa família. A importância de estudar essa família de Diptera se deve ao fato dela ser responsável por danos a cultura do arroz.

Em contrapartida, o uso de herbicidas pode influenciar, de forma indireta, a comunidade zoobentônica, uma vez que, como visto em experimentos feitos por Moreby & Southway (1999), se forem usados herbicidas seletivos contra uma espécie de erva daninha há, assim, uma proteção essencial para a conservação de invertebrados que se alimentam de plantas, porém se ao contrário do uso de herbicidas específicos se usar herbicidas de ação ampla corre-se o risco de acabar influenciando, de forma negativa, a cadeia alimentar desses animais e assim ocasionando um desequilíbrio na comunidade.

O herbicida Quinclorac (3,7-dicloroquinolina-8-ácido carboxílico) tem uma persistência relativamente alta em área de cultivo de arroz, se comparado a outros herbicidas (Reimche *et al.* 2008). Nesse estudo verificou-se que para Cladocera a partir do 10<sup>o</sup> dia de irrigação o Quinclorac fez com que houvesse um aumento na densidade dessa ordem se comparado ao tratamento controle, isso possivelmente ocorreu devido ao estresse causado pelo químico, que fez com que houvesse um aumento na taxa de reprodução desses microcrustáceos.

Noutro estudo realizado com herbicida Quinclorac os resultados mostraram que este herbicida foi detectado na água de rios da região central do Rio Grande do Sul em concentrações consideráveis, capazes de trazer danos para a comunidade bentônica do local (Marchezan *et al.*, 2003). Entretanto, não existem muitos estudos na área de biomonitoramento para os herbicidas Bispyribac-sodium (sodium 2,6-bis-[(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)oxy] benzoato) e o composto da

mistura formulada dos herbicidas Imazethapyr e Imazapic [(RS)-5-ethyl-2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl) ácido nicotínico e (RS)-2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl)-5-ácido metilnicotínico], já que a utilização desses compostos vem aumentando gradativamente nos últimos anos.

Desta forma, o monitoramento biológico constitui-se numa ferramenta na avaliação das respostas destas comunidades biológicas a modificações nas condições ambientais originais. Além disso, considerando-se que as lavouras de arroz irrigado constituem-se em grandes lagos rasos, durante a safra, e tende a abrigar uma considerável fauna aquática, estudos nestas áreas podem contribuir consideravelmente para elucidar o real impacto dos agroquímicos utilizados nesta lavoura.

## **2. OBJETIVOS GERAIS**

Investigar o impacto da utilização de diferentes agrotóxicos, empregados na lavoura de arroz irrigado, sobre a densidade, diversidade e riqueza de organismos bentônicos presentes nesta lavoura.

### **2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar o efeito de formulações comerciais da mistura dos herbicidas Imazethapyr + Imazapic (ONLY<sup>®</sup>), Bispyribac-sodium (NOMINEE 400SC), Quinclorac (FACET PM) e do inseticida Fipronil (STANDACK), utilizados na lavoura de arroz irrigado, na densidade e riqueza de diferentes grupos de organismos bentônicos presentes na lavoura;

- Analisar a influência dos agroquímicos na qualidade da água, em função de alguns parâmetros físico-químicos e correlacionar estes dados com a densidade de indivíduos da comunidade bentônica;

- Determinar o tempo de ação dos agrotóxicos sobre a comunidade de invertebrados bentônicos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido em uma área experimental de várzea, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (Figura 1), durante a safra agrícola 2007/08 da cultura de arroz irrigado.

Especificamente para este projeto o bloco foi constituído por cinco parcelas (tratamentos), sendo que cada unidade experimental mediu 8 x 6 m, incluindo-se o refúgio (48 m<sup>2</sup>), nelas foram aplicados os seguintes agrotóxicos (tratamentos):

TO – Imazethapyr (75g.ha<sup>-1</sup>) + Imazapic (25g.ha<sup>-1</sup>) (ONLY®)

TB – Bispyribac-sodium (50g.ha<sup>-1</sup>) (NOMINEE 400 SC)

TQ – Quinclorac (375g.ha<sup>-1</sup>) (FACET PM)

TF – Fipronil (37,5g.ha<sup>-1</sup>) (STANDACK)

TC – Controle.

#### 3.1. Preparo da área amostral

As unidades experimentais foram separadas por taipas com irrigação e drenagem individuais (Figura 2). A cultivar IRGA 422 CL foi semeada na densidade de 130 kg de sementes ha<sup>-1</sup>, tendo sido realizada no sistema de semeadura direta, utilizando-se uma semeadora com linhas espaçadas 0,17 m. A adubação foi de acordo com a análise de solo e a recomendação (SOSBAI, 2005). O inseticida fipronil (37,5 g.ha<sup>-1</sup>) foi aplicado na semente (tratamento de semente). Já os herbicidas foram aplicados em solo superficialmente seco com o arroz no estágio de três a quatro folhas.

A irrigação da área foi realizada um dia após a aplicação dos herbicidas pós-emergentes sendo que a lâmina de água ficou mantida com altura ao redor 0,10 m. Com a finalidade de evitar as perdas de água por infiltração lateral foi construída uma taipa ronda ampla ficando um canal mantido com água entre as parcelas e ao redor do experimento, com a mesma carga hidráulica da parcela.



**Figura 1** - Área experimental de várzea na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). A área usada neste projeto esta designada dentro do circulo amarelo, experimento conduzido nos anos 2007 e 2008. Imagem obtida do Google Earth (Altura do ponto de vista: 740m)

A



B



**Figura 2** - Imagens da área onde foi realizado o projeto, UFSM, 2007/08. A- organização das taipas e visão geral da parcela B- Vista geral da área, sistematização do plantio.

### 3.2. Análise de Suficiência Amostral

Aos três (03) dias após a entrada de água nas parcelas foi feito um estudo piloto da área para estabelecer o número mínimo de amostras a serem coletadas. Dessa forma foram coletadas 30 amostras dentro da parcela controle, essa amostragem foi feita seguindo duas diagonais (Figura 3), cada uma com 15 amostras com uma distância aproximada de 75 cm entre cada uma.

Após as coletas de solo as amostras foram lavadas com peneiras de 0,25mm, coradas com “Rosa de Bengala” e fixadas com álcool etílico absoluto, para posterior triagem. No laboratório este material foi triado e identificado até o menor nível taxonômico possível, utilizando-se bibliografias especializadas (Férrandez & Domínguez, 2001; Costa *et al.* 2006). O material registrado nessas 30 amostras foi submetido a análise da curva do coletor, a qual indica o número mínimo de réplicas necessárias capazes de estimar a suficiência amostral. A eficiência de coleta foi avaliada pela construção da curva do coletor no programa estatístico Multiv 2.4, cada uma das amostras foi considerada uma unidade amostral ( $n = 30$  amostras), entretanto no momento da análise utilizou-se de auto-reamostragem (bootstrap) para dar maior precisão ao resultado.

No total foram registrados 15 táxons, os quais compreenderam os Filos Arthropoda, Mollusca, Annelida e Nematoda. O filo mais abundante foi Arthropoda que compôs cerca de 60% da densidade total encontrada, seguido por 30% de Nematoda, os outros dois filoss corresponderam a 10% da densidade total de indivíduos ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ). Para Arthropoda, a ordem mais abundante foi Diptera, agrupando duas famílias, Ceratopogonidae e Chironomidae. Também houve ocorrência de Coleoptera (Curcullionidae, Dytiscidae e Hydrophilidae) na área estudada, esta é uma ordem que, geralmente, provoca muitos danos à cultura do arroz.

No Filo Annelida foram registradas duas classes, Oligochaeta e Hirudinea, sendo que a segunda esteve em apenas quatro pontos de amostragem. Nematoda foi registrada em uma frequência de 98% das amostragens bem como Chironomidae (Diptera). Dentre os moluscos apenas o gênero *Pomacea* foi coletado, contudo em baixa frequência.

Assim, a partir desses dados foi realizada a análise de suficiência amostral, a qual indica o número mínimo de amostras necessárias para uma dada área, essa

análise é elaborada com base nos táxons registrados. A suficiência amostral é atingida quando um incremento de 10% no tamanho da amostra corresponde a um incremento menor ou igual a 10% no número de espécies levantadas (Cain, 1938).

Com os resultados obtidos constatou-se que a suficiência amostral foi atingida após a 11<sup>a</sup> amostra (Figura 4), quando se havia registrado os 15 táxons identificados nas amostras. Embora o número de táxons tenha sido atingido na 11<sup>a</sup> amostra achou-se pertinente trabalhar com 12 amostras, como uma margem de segurança, com trado de 0,01 m<sup>2</sup> para análises de diversidade, abundância, riqueza e densidade de áreas de lavoura de arroz irrigado, considerando-se uma área de 48m<sup>2</sup>.

### **3.3. Coletas de Macroinvertebrados Bentônicos**

As coletas de macroinvertebrados bentônicos foram realizadas com o auxílio de um amostrador cilíndrico de PVC (Corer) com 0,10m de diâmetro (área de 0,01m<sup>2</sup>) e profundidade de 0,10m. As coletas foram realizadas aos 28 e 84 dias após a entrada de água nas parcelas, sendo que essas datas correspondem à época de crescimento do cereal e de pré-colheita (secagem da área para o início da colheita). Em cada tratamento foram coletadas 12 amostras.

Os 12 pontos amostrais, em cada tratamento, foram sorteados num universo de 42 pontos que corresponderia a uma amostragem por m<sup>2</sup> de área cultivada (Figura 5).

Após a coleta, o material foi devidamente acondicionado, etiquetado e levado para o laboratório de Carcinologia, na UFSM, onde foram lavados em peneiras de 0,25 mm e re-acondicionados em frascos plásticos adicionando-se a amostra corante “Rosa de Bengala”. Após vinte minutos no corante o material foi fixado com álcool etílico absoluto.

Após a fixação os animais foram triados e identificados até o menor nível taxonômico possível, utilizando-se bibliografias especializadas (Férrandez & Domínguez, 2001; Costa *et al.* 2006). De cada amostra foi registrada a densidade populacional de cada grupo taxonômico (em n<sup>o</sup>/m<sup>2</sup>). Todo o material coletado nesse estudo foi depositado na coleção didática do laboratório de Carcinologia da UFSM.

Com relação às guildas tróficas presentes, foi possível realizar uma separação em quatro níveis (Tabela 5), sendo eles: predador, detritívoros, coletor

filtrador ou coletor juntador e herbívoro raspador ou furador, essa classificação foi baseada em Merritt & Cummins (1996), Callisto & Esteves (1998), Marinoni (2001) e Silva *et al.* (2009a).

### **3.4. Parâmetros físico-químicos**

A coleta de água para as análises dos parâmetros físico-químicos seguiram as seguintes datas: 3º, 7º, 14º, 21º, 28º, 42º, 56º e 84º dias após a entrada da água no experimento, correspondendo a todo o período de cultivo do cereal. Em cada período de amostragem foram realizadas as seguintes análises de qualidade da água: pH, através de pHmetro Hanna (HI8424); e dureza total da água, segundo APHA (1992); temperatura e oxigênio dissolvido (oxímetro YSI – modelo Y5512). Para alcalinidade total as medidas foram realizadas com “kit” da Alfa Tecnoquímica, SC. A turbidez foi verificada com o auxílio de um turbidímetro da marca PoliControl.

### **3.5. Persistência dos pesticidas na água de irrigação da lavoura de arroz.**

Durante o cultivo do arroz foram coletadas amostras de água no 1º, 2º, 3º, 5º, 7º, 10º, 14º, 21º, 28º, 35º, 42º, 49º, 56º, 63º, 70º, 77º, 84º e 90º dia após a entrada de água nas parcelas, sendo que o 90º dia corresponde a colheita do cereal. A análise de persistência dos pesticidas também se estendeu durante todo o período da cultura do arroz, entretanto foi realizada em uma frequência maior que a análise dos parâmetros físico-químicos citados antes. Isso ocorreu devido ao fato de que a persistência de alguns compostos é muito curta no ambiente aquático. Antes das coletas, recipientes de vidro (cor âmbar) foram lavados com solução de limpeza (Extran®) e também com a água a ser amostrada. Após a coleta, as amostras devidamente identificadas, foram encaminhadas para a análise química nos laboratórios do Grupo de Pesquisa Análises de Resíduos de Pesticidas - UFSM.

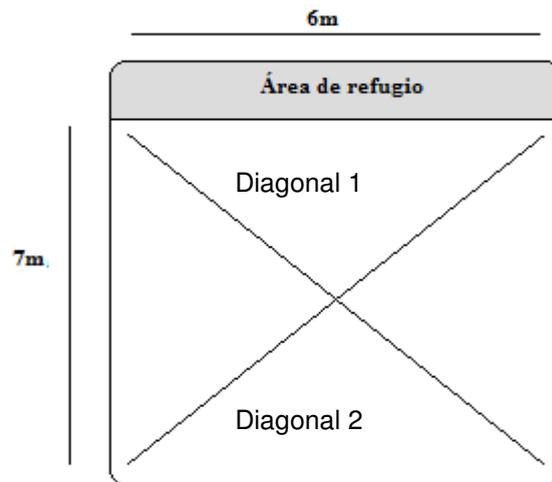
Para a determinação da concentração dos herbicidas, foram retirados 500mL de água de cada amostra, que depois de acidificada adequadamente, foram passadas por um cartucho do tipo extração em fase sólida (SPE) contendo 200mg de resina C-18, para a pré-concentração dos herbicidas. Seguindo-se a eluição com 2 x 0,5 mL de metanol, e procedendo-se então a determinação por

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção por Arranjo de Diodos (HPLC-DAD), empregando-se metanol e água como fase móvel e coluna do tipo C-18, conforme metodologia descrita por Zanella *et al.* (2002).

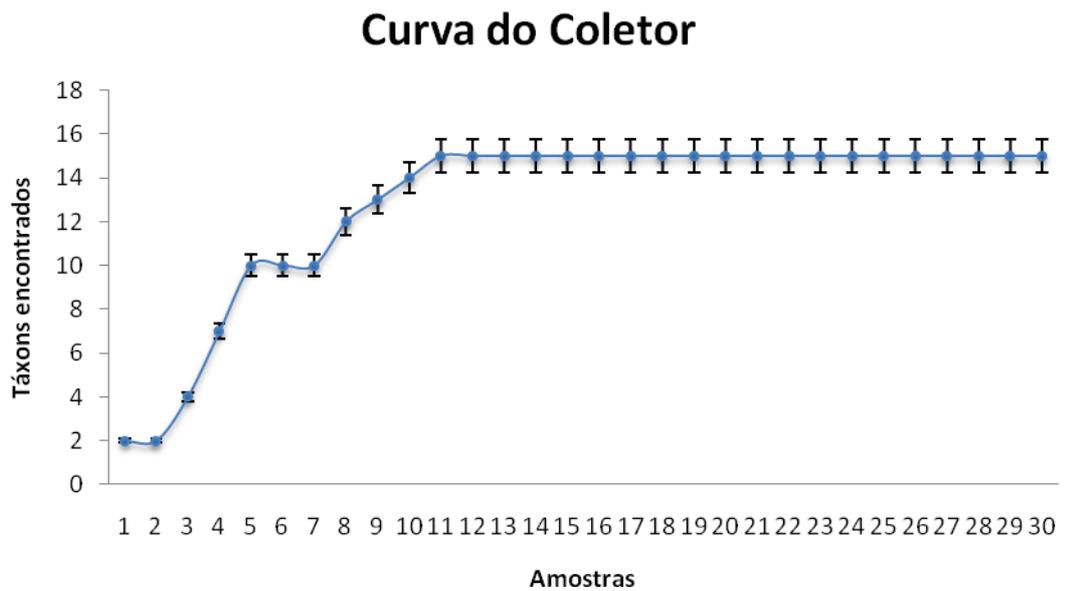
### **3.6. Análise estatística**

Os dados físico-químicos foram avaliados por meio de uma ANOVA de dois critérios (tempo e tratamento), e as médias separadas pelo teste t ( $p < 0,05$ ), também foi realizada uma análise de PCA para se verificar possíveis correlações entre os parâmetros físico-químicos e os pesticidas aplicados na lavoura.

Os dados de densidade zoobentônica, dos principais grupos foram submetidos às análises das pressuposições da análise de variância (ANOVA) e após cumprirem os pressupostos e/ou transformadas para normatização dos dados, foram submetidos à ANOVA de um critério, e as médias separadas pelo teste t ( $p < 0,05$ ). Uma Manova foi aplicada para verificar se havia diferença na composição da comunidade de macroinvertebrados entre os tratamentos e dias amostrais. Esse teste também foi utilizado para verificar se havia diferença entre a composição da fauna das guildas tróficas entre os tratamentos e dias amostrais. O índice utilizado para construir a matriz de similaridade foi o de Bray-Curtis. Para essas análises foram utilizadas o programa PAST 1.82b (Hammer *et al.*, 2001) e o programa BioEstat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007).



**Figura 3** - Desenho esquemático da parcela usada para análise de suficiência amostral, com indicação das duas diagonais seguidas.



**Figura 4** – Suficiência amostral, estimada pela curva cumulativa para os 15 táxons registrados na área de lavoura de arroz irrigado. Os pontos expressam a curva cumulativa média, gerada pela adição aleatória das amostras, e as barras verticais indicam o desvio padrão em torno da curva média. Santa Maria, 2007/08.

Refúgio					
1	8	15	22	29	36
2	9	16	23	30	37
3	10	17	24	31	38
4	11	18	25	32	39
5	12	19	26	33	40
6	13	20	27	34	41
7	14	21	28	35	42

**Figura 5:** Esquema da área amostral, os números correspondem aos quadrantes para o sorteio dos locais da coleta de macroinvertebrados bentônicos.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Dados abióticos

Os dados abióticos foram mensurados em datas específicas, as quais englobaram todo o período de cultura do arroz, e a análise estatística desses mostrou que não houve diferenças entre os tratamentos, e sim entre os dias de amostragem (Tabela 1). Na análise de PCA não se verificou correlação entre os parâmetros analisados. A maior taxa de oxigênio dissolvido na água foi registrada no 42º dia,  $11,90\text{mg.L}^{-1}$ , verificado no tratamento com o herbicida Quinclorac. A menor leitura desse índice veio no 7º dia com  $2,40\text{mg.L}^{-1}$  no tratamento com o inseticida Fipronil. Já o pH manteve-se na faixa entre 6 e 7, durante quase todo o experimento, porém, mesmo sendo essa variabilidade baixa as diferenças entre os dias amostrais foram significativas (Tabela 1).

A temperatura da água apresentou uma leitura variando dos  $34,2^{\circ}\text{C}$  no primeiro dia do experimento a  $17,7^{\circ}\text{C}$  no último, esses dados correspondem aos meses de janeiro e abril, respectivamente. A dureza apresentou seu nível mais alto no 21º dia, o que se repetiu no 28º, voltando a diminuir a partir do 42º dia. Já a alcalinidade apresentou seu nível mais alto no 28º dia, chegando a leitura de  $76\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  no tratamento com o herbicida Only, após esse dia houve uma redução nesse índice. A condutividade apresentou as leituras mais elevadas nos dias 21º e 28º, chegando a alcançar  $100\ \mu\text{S.cm}^{-1}$ . A variação da turbidez da água foi de 2,53 NTU no 84º dia a 28,90 NTU no 56º dia (Tabela 1).

### 4.2. Persistência dos agroquímicos

Dos agroquímicos testados o que apresentou uma maior persistência foi o herbicida Quinclorac (Tabela 2), o qual foi detectado até o 84º dias após a entrada de água nas parcelas, nessa coleta sua concentração já era baixa, e não foi detectada no 90º dia, que correspondeu à colheita do cereal (amostra de água coletada no refúgio). O herbicida Only apresentou uma menor persistência na água, sendo detectado até o 21º dia. O inseticida Fipronil foi detectado até o 28º dia.

**Tabela 1** - Parâmetros físico-químicos analisados junto à lavoura de arroz irrigado, em diferentes dias após a entrada de água, durante a safra 2007/08, em parcelas experimentais na região central do Rio Grande do Sul. TO: tratamento com herbicida Only, TB: tratamento com herbicida Bispyribac-sodium, TQ: tratamento com herbicida Quinclorac, TF: tratamento com inseticida Fipronil, TC: tratamento Controle. Santa Maria, 2007/08.

	O <sub>2</sub> D (mg.L <sup>-1</sup> )							
	3 <sup>o</sup> c	7 <sup>o</sup> a	14 <sup>o</sup> c	21 <sup>o</sup> b	28 <sup>o</sup> a	42 <sup>o</sup> d	56 <sup>o</sup> cd	84 <sup>o</sup> a
TO	6,90	3,50	5,43	4,50	4,10	11,40	7,40	3,90
TB	6,50	3,60	7,27	6,00	2,90	11,10	7,30	3,40
TQ	6,60	4,10	5,98	6,30	4,50	11,90	6,60	3,30
TF	6,10	2,40	5,29	5,10	3,30	11,70	7,20	2,80
TC	7,50	4,40	6,86	4,20	5,40	11,70	9,10	2,50
	pH							
	3 <sup>o</sup> cd	7 <sup>o</sup> e	14 <sup>o</sup> de	21 <sup>o</sup> ab	28 <sup>o</sup> c	42 <sup>o</sup> bc	56 <sup>o</sup> bc	84 <sup>o</sup> a
TO	6,81	7,30	7,08	6,83	6,73	6,60	6,40	6,37
TB	6,74	6,90	7,17	6,81	6,62	6,52	6,74	6,15
TQ	6,73	7,19	7,03	6,22	6,60	6,25	6,47	6,21
TF	6,85	6,87	6,79	5,95	6,52	6,64	6,29	6,28
TC	6,78	7,04	6,82	5,98	6,58	6,44	6,49	6,12
	Temperatura da água °C							
	3 <sup>o</sup> f	7 <sup>o</sup> e	14 <sup>o</sup> c	21 <sup>o</sup> b	28 <sup>o</sup> c	42 <sup>o</sup> d	56 <sup>o</sup> d	84 <sup>o</sup> a
TO	34,20	26,67	22,38	20,23	22,13	23,77	23,60	17,80
TB	33,53	26,57	22,42	20,23	22,10	23,57	23,33	17,80
TQ	33,67	26,63	22,56	20,70	22,27	23,67	23,50	17,75
TF	34,07	26,80	23,06	20,80	22,30	23,77	23,63	17,80
TC	33,23	26,63	22,50	20,70	22,70	23,57	23,53	17,70
	Dureza (mg.L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> )							
	3 <sup>o</sup> a	7 <sup>o</sup> bc	14 <sup>o</sup> ab	21 <sup>o</sup> c	28 <sup>o</sup> c	42 <sup>o</sup> b	56 <sup>o</sup> a	84 <sup>o</sup> a
TO	17,00	32,00	28,00	40,00	40,00	36,00	24,00	36,00
TB	22,00	36,00	20,00	40,00	40,00	32,00	28,00	32,00
TQ	26,00	32,00	24,00	40,00	36,00	32,00	20,00	24,00
TF	18,00	32,00	28,00	36,00	36,00	24,00	24,00	28,00
TC	22,00	24,00	24,00	36,00	32,00	36,00	20,00	24,00

	Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> )							
	3 <sup>o</sup> b	7 <sup>o</sup> bc	14 <sup>o</sup> c	21 <sup>o</sup> e	28 <sup>o</sup> f	42 <sup>o</sup> d	56 <sup>o</sup> d	84 <sup>o</sup> ab
TO	27,00	30,50	34,50	59,00	76,00	48,50	24,50	21,00
TB	28,00	33,50	35,50	59,00	75,00	46,00	20,50	22,00
TQ	29,00	35,50	36,50	59,00	68,00	44,50	25,00	22,00
TF	28,00	35,50	32,50	54,00	65,00	39,00	25,00	22,50
TC	29,00	32,50	36,00	56,00	71,00	49,00	25,00	25,00
	Condutividade (μS.cm <sup>-1</sup> )							
	3 <sup>o</sup> b	7 <sup>o</sup> c	14 <sup>o</sup> b	21 <sup>o</sup> d	28 <sup>o</sup> d	42 <sup>o</sup> c	56 <sup>o</sup> a	84 <sup>o</sup> ab
TO	51,73	74,60	71,80	100,00	99,30	91,60	52,80	50,00
TB	64,30	85,70	71,40	95,90	96,90	88,40	47,80	57,20
TQ	66,37	83,20	68,40	94,00	90,10	80,70	49,40	59,80
TF	64,57	81,20	59,80	81,60	82,20	67,60	39,40	62,40
TC	62,47	71,40	70,00	89,70	90,50	78,90	49,20	58,80
	Turbidez (NTU)							
	3 <sup>o</sup> c	7 <sup>o</sup> c	14 <sup>o</sup> bc	21 <sup>o</sup> ab	28 <sup>o</sup> c	42 <sup>o</sup> c	56 <sup>o</sup> c	84 <sup>o</sup> b
TO	22,73	14,00	14,80	6,60	23,90	14,60	17,10	15,90
TB	17,00	18,20	17,60	4,52	23,10	24,20	28,90	8,47
TQ	18,77	17,50	18,40	4,86	18,50	17,00	15,40	6,19
TF	14,93	15,80	19,20	4,46	17,60	11,20	6,92	2,53
TC	22,40	15,20	12,80	3,92	11,10	9,45	10,00	6,22

Letras iguais indicam semelhança estatística.

**Tabela 2** - Período de persistência dos pesticidas na água presente nas parcelas de irrigação da cultura do arroz durante a safra de 2007/08, nas unidades experimentais da UFSM, com suas respectivas concentrações médias, durante o período de experimento. TO: tratamento com herbicida Only, TB: tratamento com herbicida Bispyribac-sodium, TQ: tratamento com herbicida Quinclorac, TF: tratamento com inseticida Fipronil. Dia = 0: entrada de água no experimento, e assim sucessivamente.

Concentração dos Pesticidas $\mu\text{g. L}^{-1}$				
Dias	TO	TB	TQ	TF
0	12,9	8,7	138,8	16,8
1 <sup>º</sup>	22,2	20,8	296,7	22,2
2 <sup>º</sup>	16,0	12,9	173,3	6,8
3 <sup>º</sup>	11,7	10,5	107,6	0,2
5 <sup>º</sup>	7,7	10,7	60,1	0,3
7 <sup>º</sup>	7,1	8,9	47,0	1,0
10 <sup>º</sup>	6,6	6,2	69,8	0,6
14 <sup>º</sup>	3,7	4,3	39,2	0,2
21 <sup>º</sup>	2,4	1,8	38,0	0,6
28 <sup>º</sup>	0	1,2	28,2	7,1
35 <sup>º</sup>	0	0,6	14,7	0
42 <sup>º</sup>	0	0,3	20,6	0
49 <sup>º</sup>	0	0,4	47,2	0
56 <sup>º</sup>	0	0,2	9,8	0
63 <sup>º</sup>	0	0	13,5	0
70 <sup>º</sup>	0	0	4,9	0
77 <sup>º</sup>	0	0	4,9	0
84 <sup>º</sup>	0	0	3,8	0
90 <sup>º</sup>	0	0	0	0

### 4.3. Macroinvertebrados bentônicos

Na coleta do 28º dia foram identificados 1971 animais entre todos os tratamentos, pertencentes a três classes de Arthropoda: Insecta, Arachnida e Crustacea, além de duas famílias de Mollusca, duas classes de Anellida (Hirudinea e Oligochaeta) e o Filo Nematoda. Desses, identificou-se duas famílias de Diptera, três famílias de Coleoptera, uma de Trichoptera, duas de Odonata, uma de Hemiptera e a ordem Collembola. As famílias de moluscos que foram identificadas são Ampullaridae e Planorbidae (Tabela 3).

A maior densidade média foi registrada no tratamento controle (5616,7 ind/m<sup>2</sup>), seguida pelo tratamento com o herbicida Only (5009,1 ind/m<sup>2</sup>), em terceiro lugar ficou o tratamento com o herbicida Bispyribac-sodium (3825,0 ind/m<sup>2</sup>), em quarto lugar o tratamento com o inseticida Fipronil (1475,0 ind/m<sup>2</sup>) e por último o tratamento com o herbicida Quinclorac (700,0 ind/m<sup>2</sup>).

O tratamento controle também apresentou a maior riqueza com a identificação de 15 táxons (Tabela 3), entretanto apenas um táxon foi exclusivo dessa parcela, Planorbidae. Dentro de cada amostra houve táxons que não apareceram, devido a isso o desvio padrão calculado foi maior que a densidade média encontrada. Ainda nesse tratamento o táxon mais frequente foi o díptera Chironomidae, com a densidade média de 1950,0 ind/m<sup>2</sup> ( $\pm 1623,0$ ), seguido por Nematoda com 1.700,0 ind/m<sup>2</sup> ( $\pm 1100,0$ ).

Os tratamentos com o herbicida Only e com o herbicida Bispyribac-sodium apresentaram riqueza muito semelhante. O que diferenciou um tratamento do outro foi a presença do coleóptero Hydrophilidae no tratamento com o herbicida Only, e a presença do odonata Lestidae no tratamento com o herbicida Bispyribac-sodium. No tratamento com o herbicida Only o táxon mais abundante foi Nematoda, e no tratamento com o herbicida Bispyribac-sodium foi o díptera Ceratopogonidae.

Já os tratamentos com o inseticida Fipronil e o herbicida Quinclorac foram os que apresentaram menor abundância de organismos, sendo que no primeiro o grupo mais abundante foi Nematoda, e no segundo o coleóptero Curculionidae (Tabela 3).

Considerando-se os táxons, Chironomidae apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Figura 6A). Os outros grupos que também apresentaram

diferenças foram Ceratopogonidae (Figura 6B), Odontoceridae (Figura 6C), Hirudinea (Figura 6D), Oligochaeta (Figura 6E), Nematoda (Figura 6F) e Ostracoda (Figura 6G).

Na segunda coleta (84º dia após a entrada de água), foram identificados 2295 indivíduos entre todos os tratamentos. De maneira geral foram registrados os mesmos grandes grupos da amostragem anterior (filos, classes e ordens). A principal diferença, em relação à primeira amostragem foi o registro de outras famílias de insetos, sendo essas, quatro famílias de Diptera, quatro de Coleoptera, uma de Trichoptera, cinco de Odonata, quatro de Ephemeroptera, três de Hemiptera e uma de Plecoptera.

Novamente o tratamento controle foi o que apresentou maior densidade total, entretanto, foi o tratamento com o herbicida Only que apresentou maior riqueza de táxons. O tratamento que apresentou menor densidade e riqueza, mais uma vez, foi o com o herbicida Quinclorac, entretanto, apenas nesse tratamento foi observado o efemeróptero Baetidae (Tabela 3).

Em todos os tratamentos o táxon mais abundante foi Chironomidae. E os que apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos foram Chironomidae (Figura 7A), Odontoceridae (Figura 7B), Hirudinea (Figura 7C), Nematoda (Figura 7D), Ostracoda (Figura 7E) e Planorbidae (Figura 7F).

Quanto à composição da fauna (riqueza e abundância), a análise Manova indicou haver diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos. Foi possível observar que na primeira coleta o tratamento controle e o tratamento com o herbicida Bispyribac-sodium apresentaram composição semelhante, assim como entre o tratamento com o herbicida Only e o herbicida Bispyribac-sodium (Tabela 4). Os tratamentos com o herbicida Quinclorac e com o inseticida Fipronil também apresentaram semelhanças. Porém, as outras combinações entre os tratamentos mostraram haver diferenças na composição da fauna entre eles ( $p < 0,05$ ). Já na segunda coleta, o que foi observado é que todos os tratamentos apresentaram a composição da fauna diferente significativamente ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4).

O mesmo ocorreu quando os tratamentos da primeira coleta foram comparados com os da segunda, mesmo aqueles da mesma parcela (ex. controle vs controle), apresentaram diferenças significativas na composição de sua fauna.

**Tabela 3** - Densidade média de organismos encontrados por m<sup>2</sup>, na área de cultura de arroz irrigado em Santa Maria, RS, no ano safra 2007/08, separadas entre os pesticidas utilizados nesse experimento, com especificação de guilda trófica de cada táxon, e diferenças estatísticas dos táxons entre os tratamentos. dp: desvio padrão; HR: herbívoro raspador, P: predador, CC: coletor catador, CF: coletor filtrador, D: detritívoro, TC: tratamento controle, TO: tratamento Only, TB: tratamento Bispyribac-sodium, TQ: tratamento Quinclorac, e TF: tratamento Fipronil.

Taxa	Guilda trófica	Amostragem	Densidade média (ind/m <sup>2</sup> ) ± dp, na área de cultivo de arroz								
			Controle		Only		Bispyribac-Sodium		Quinclorac		Fipronil
Artropoda											
Insecta											
Coleoptera											
Curculionidae	HR	28	450 ± 413,3	233,3 ± 224,8	466,6 ± 611,4	233,3 ± 246,1	83,3 ± 247,7				
		84	8,33 ± 27,6	8,33 ± 27,6	-	-	8,33 ± 27,6				
Ditiscidae	P	28	33,3 ± 47,4	8,3 ± 27,6	8,3 ± 27,6	-	16,6 ± 55,2				
		84	8,3 ± 27,6	8,3 ± 27,6	-	-	16,6 ± 55,2				
Hidrophilidae	P	28	8,3 ± 27,6	25 ± 43,3	-	8,3 ± 27,6	-				
		84	-	-	8,3 ± 27,6	-	8,3 ± 27,6				
Psephenidae	HR	28	-	-	-	-	-				
		84	-	-	8,3 ± 27,6	-	8,3 ± 27,6				
Diptera											
Ceratopogonidae	CF/	28	733,3 ± 724,9	833,3 ± 572,1	1016,6 ± 1096,1	158,3 ± 278,2	308,3 ± 473,3				
	CC/ P	84	233,3 ± 221,1	141,6 ± 132	333,3 ± 295,3	208,3 ± 175,3	116,6 ± 140,4				
Chironomidae	CF/	28	1950 ± 1623,1	483,3 ± 503,1	908,3 ± 1049,1	66,6 ± 131,2	175 ± 324,3				
	CC/ P	84	2516,6 ± 2212,4	1666,6 ± 819,8	1266,6 ± 712,1	766,6 ± 457	683,3 ± 405,8				

		28	-	-	-	-	-	-	-
Tabanidae	P	84	-	8,3 ± 27,6	-	16,6 ± 37,2	-	-	-
		28	-	-	-	-	-	-	-
Tipulidae	P/ D	84	-	-	8,3 ± 27,6	-	-	8,3 ± 27,6	-
Ephemeroptera									
		28	-	-	-	-	-	-	-
Baetidae	CF/ CC	84	-	-	-	8,3 ± 27,6	-	-	-
		28	-	-	-	-	-	-	-
Caenidae	CF/ CC	84	25 ± 43,3	-	-	-	-	-	-
		28	-	-	-	-	-	-	-
Leptophlebiidae	CF/ CJ	84	-	-	25 ± 82,9	-	-	-	-
		28	-	-	-	-	-	-	-
Leptohyphidae	CF/ CC	84	-	75 ± 192	66,6 ± 84,9	-	-	-	-
Hemiptera									
		28	-	-	-	-	-	-	-
Belostomatidae	P	84	8,3 ± 27,6	-	-	-	-	-	-
		28	-	-	-	-	-	-	-
Corixidae	HR	84	25 ± 43,3	16,6 ± 37,2	-	-	-	41,6 ± 86,2	-
		28	-	-	-	-	-	-	-
Pentatomidae	P	84	-	8,3 ± 27,6	-	-	-	-	-
Odonata									
		28	8,3 ± 27,6	-	-	8,3 ± 27,6	8,3 ± 27,6	8,3 ± 27,6	-
Aeshnidae	P	84	33,3 ± 84,9	-	16,6 ± 37,2	8,3 ± 27,6	41,6 ± 64	-	-
		28	-	-	-	-	-	-	-
Coenagrionidae	P	84	33,3 ± 62,3	41,6 ± 86,2	-	-	-	-	-
		28	-	-	16,6 ± 55,2	-	-	25 ± 82,9	-
Lestidae	P	84	-	-	33,3 ± 62,3	-	-	25 ± 59,5	-
		28	-	-	-	-	-	-	-
Libellulidae	P	84	16,6 ± 55,2	-	-	-	-	-	-
		28	-	-	-	-	-	-	-
Perilestidae	P	84	-	8,3 ± 27,6	-	-	-	-	-

*continuação*

Plecoptera											
		28	-		-		-		-		-
Perlidae	P	84	-		8,3 ± 27,6		-		-		-
Trichoptera											
		28	50 ± 76,3		83,3 ± 121,3		125 ± 153,4		-		8,3 ± 27,6
Odontoceridae	D	84	58,3 ± 95,3		166,6 ± 110,5		50 ± 50		-		50 ± 50
		28	66,6 ± 192,9		8,3 ± 27,6		25 ± 82,9		16,6 ± 37,2		16,6 ± 37,2
Collembola	D	84	83,3 ± 128		16,6 ± 37,2		33,3 ± 62,3		16,6 ± 37,2		25 ± 43,3
Crustacea											
		28	183,3 ± 244,3		425 ± 363,1		175 ± 72,1		75 ± 142,1		108,3 ± 209,9
Ostracoda	D	84	600 ± 1811,5		1233,3 ± 1295,7		25 ± 82,9		-		8,3 ± 27,6
Arachnidae											
		28	-		-		-		-		-
Aranae	P	84	-		8,3 ± 27,6		-		-		-
		28	8,3 ± 27,6		-		-		-		-
Hidracarina	P	84	-		8,3 ± 27,6		-		-		-
Annelida											
		28	8,3 ± 27,6		25 ± 82,9		8,3 ± 27,6		-		75 ± 108,9
Hirudinea	P	84	641,6 ± 648,6		75 ± 92,4		516,6 ± 395,4		395 ± 200,5		516,6 ± 552
		28	341,6 ± 363,9		66,6 ± 143,3		100 ± 115,4		8,3 ± 27,6		25 ± 82,9
Oligochaeta	D	84	750 ± 890,2		825 ± 789,6		683,3 ± 955,5		125 ± 173,8		641,6 ± 564,8
		28	1700 ± 1100		2450 ± 1685,9		900 ± 613,7		100 ± 122,4		616,6 ± 541,3
Nematoda	P	84	791,6 ± 800,4		616,6 ± 592,7		141,6 ± 217,7		75 ± 92,4		275 ± 268

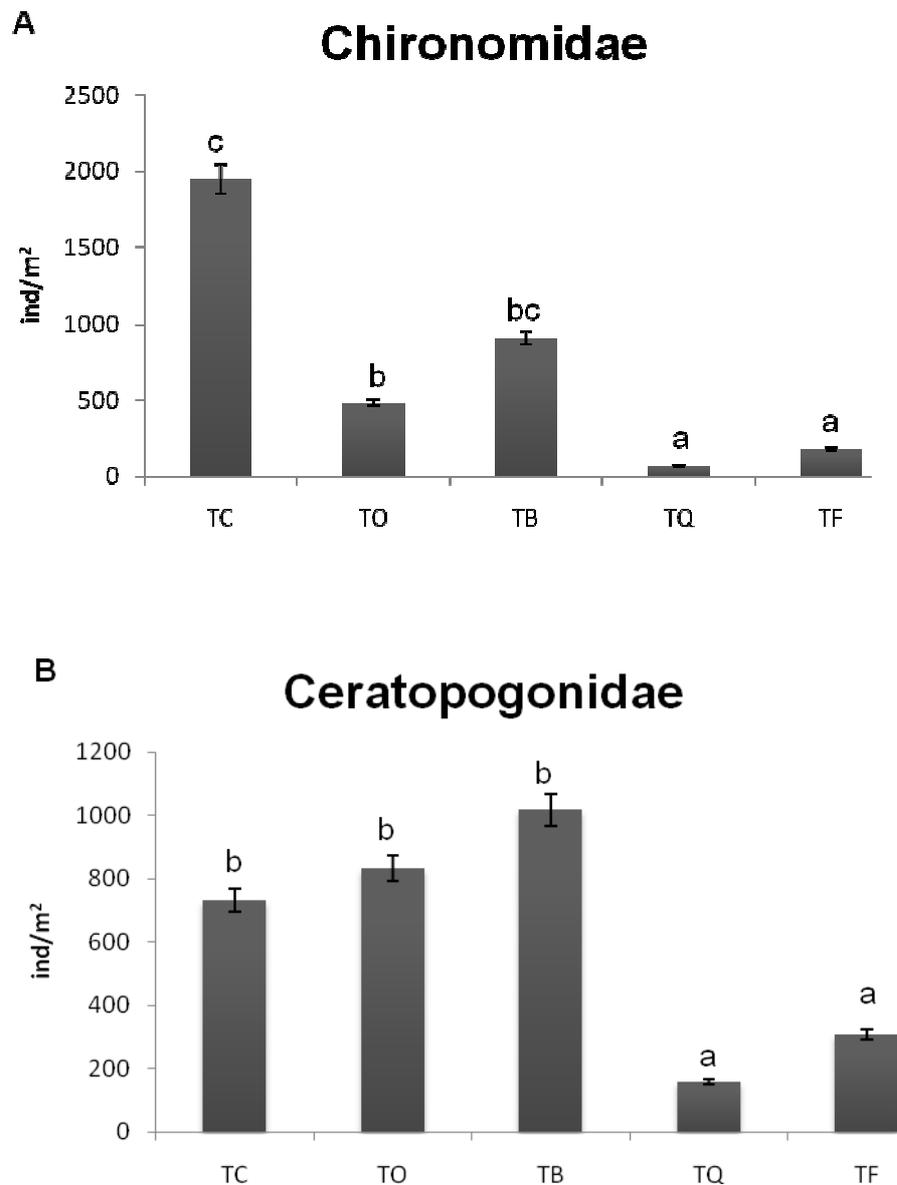
*continuação*

## Mollusca

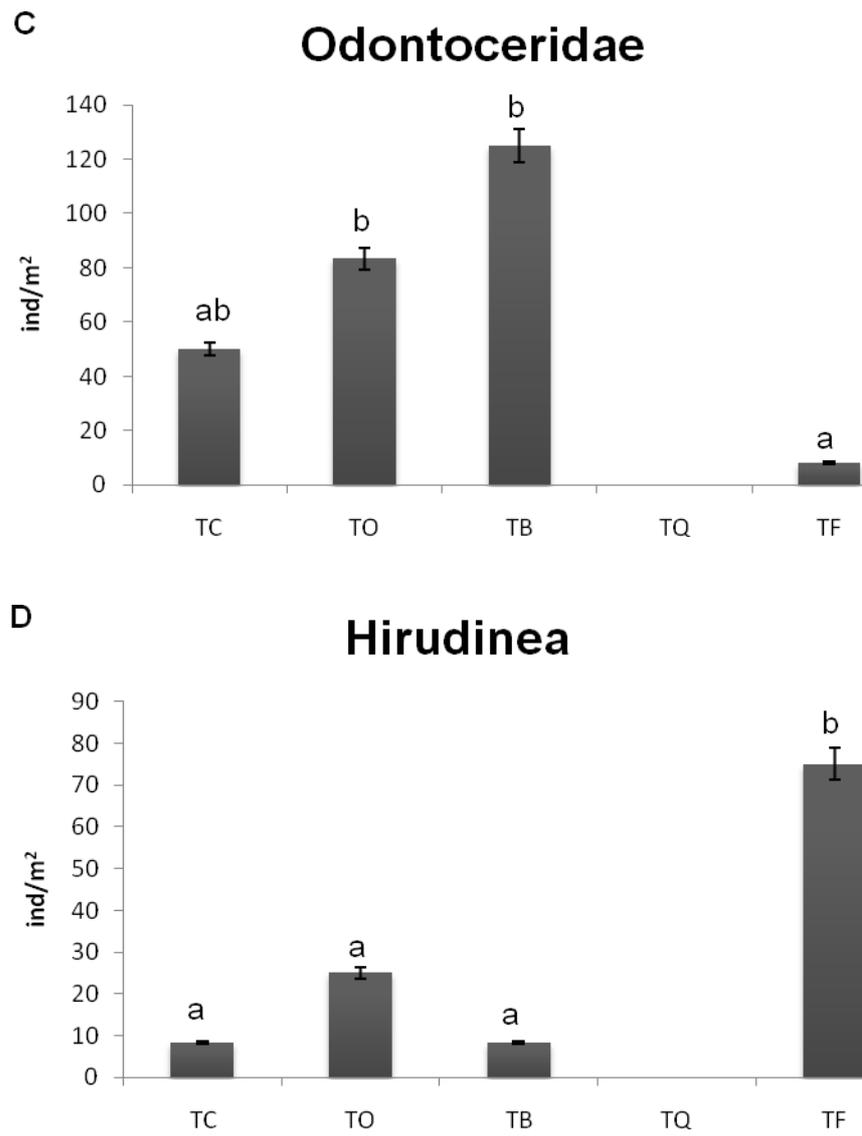
## Gastropoda

		28	41,66 ± 111,4	108,3 ± 175,3	41,66 ± 64	8,3 ± 27,6	-
Ampullaridae	HR	84	33,3 ± 47,1	66,6 ± 102,7	33,3 ± 47,1	8,3 ± 27,6	50 ± 76,3
		28	8,3 ± 27,6	-	-	8,3 ± 27,6	-
Planorbidae	HR	84	25 ± 59,5	75 ± 92,4	8,3 ± 27,6	83,3 ± 140,4	158 ± 228,9

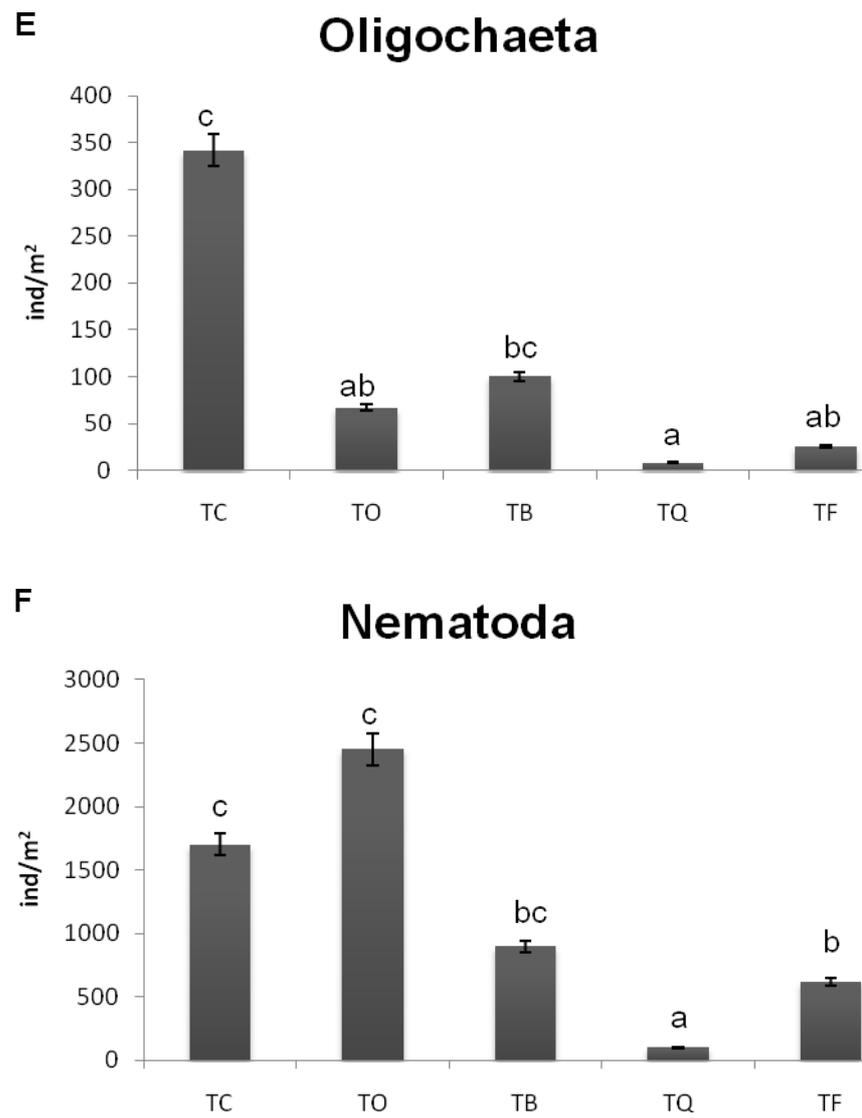
---



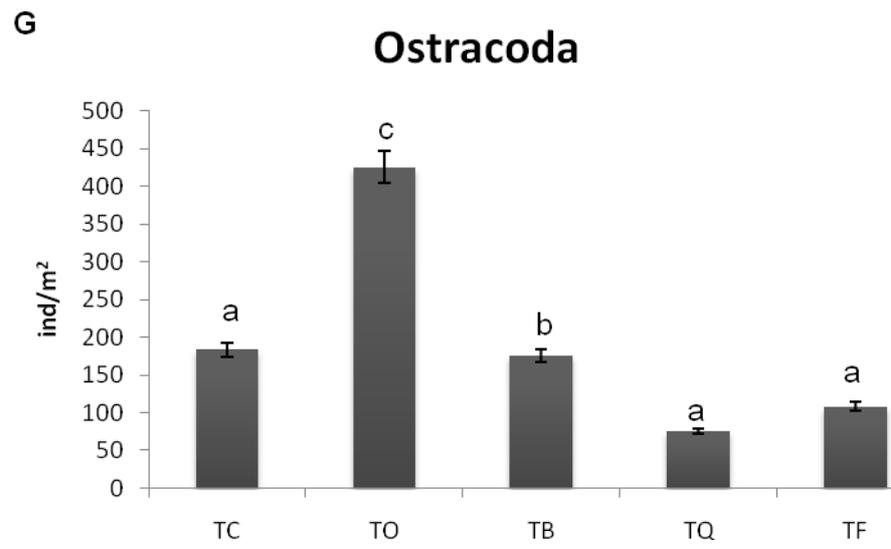
**Figura 6:** Densidade de organismos dos grupos que exibiram diferenças estatísticas entre os tratamentos investigados ( $p < 0,05$ ), na área experimental de várzea, da UFSM, no ano safra 2007/08. **A:** Chironomidae; **B:** Ceratopogonidae; **C:** Odontoceridae; **D:** Hirudinea; **E:** Oligochaeta; **F:** Nematoda; **G:** Ostracoda. TC: tratamento controle; TO: tratamento com herbicida Only; TB: tratamento com herbicida Bispyribac-sodium; TQ: tratamento com herbicida Quinclorac; TF: tratamento com inseticida Fipronil. Letras diferentes indicam diferença estatística.



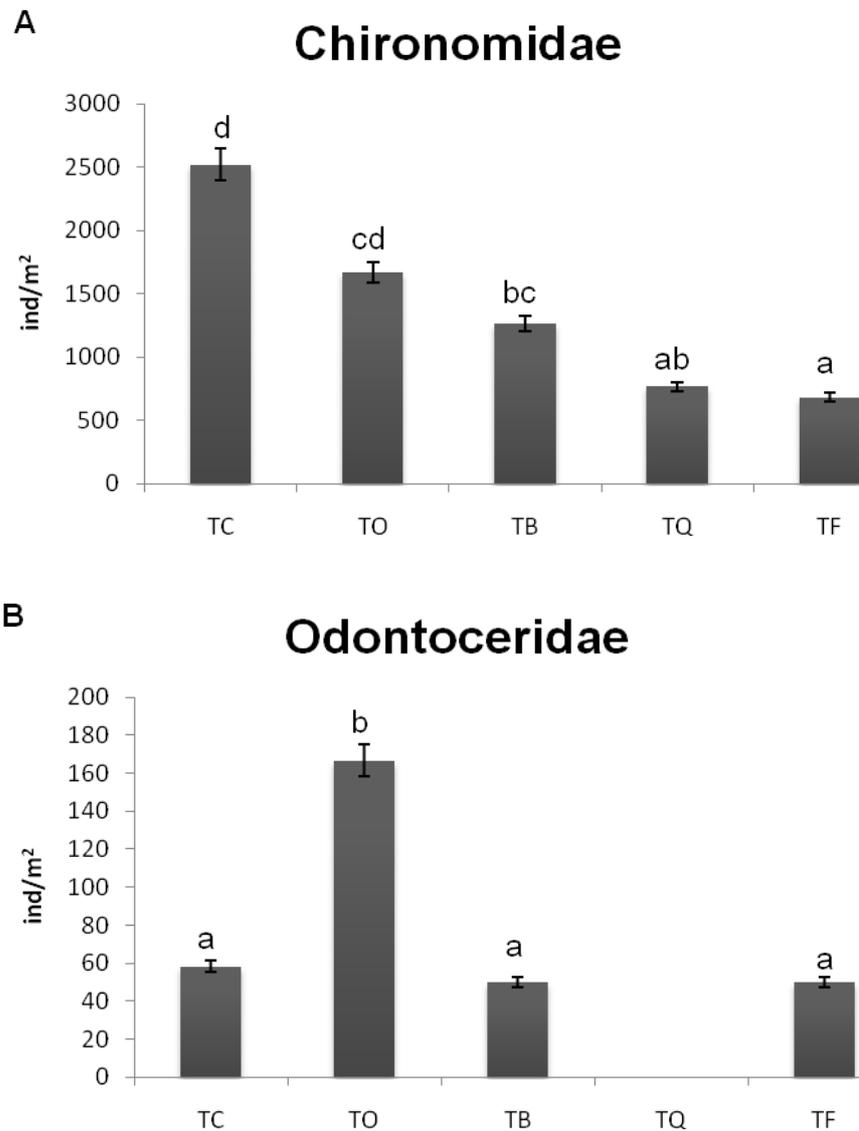
**Figura 6 (continuação)**



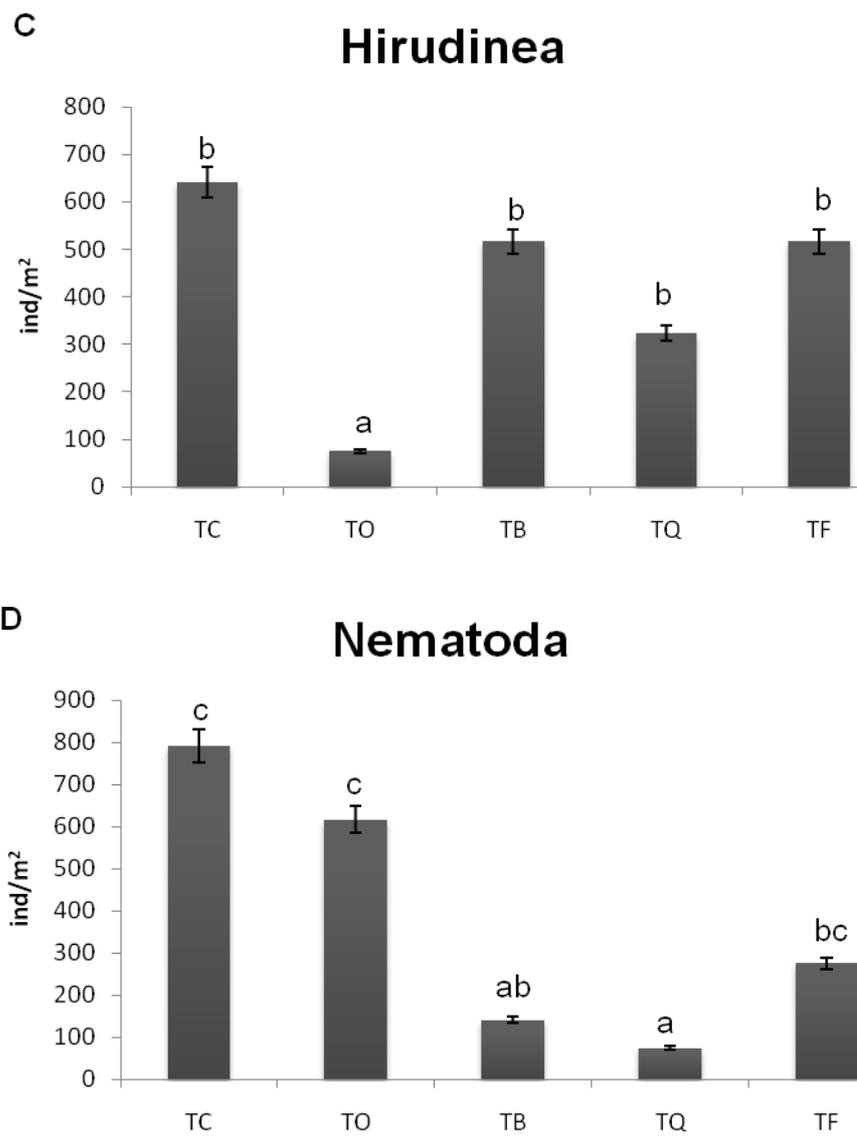
**Figura 6 (continuação)**



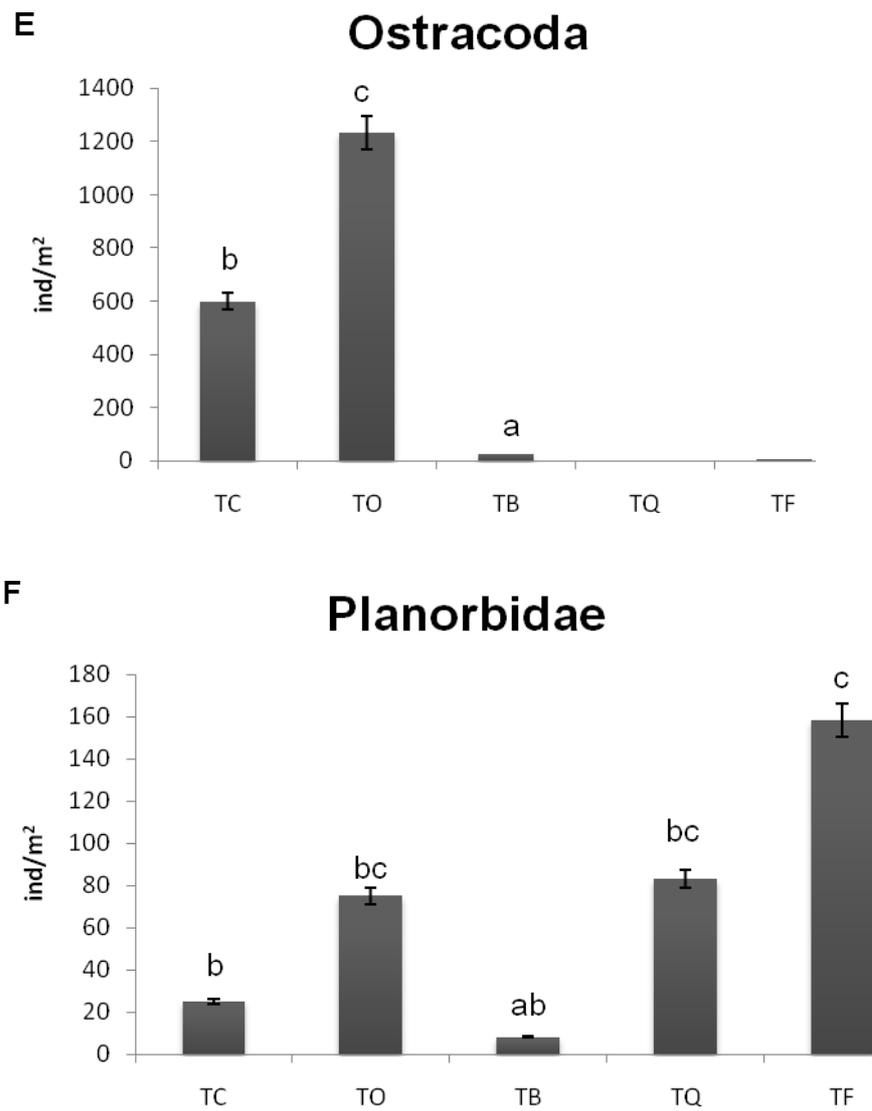
**Figura 6 (continuação)**



**Figura 7:** Densidade de organismos dos grupos que exibiram diferenças estatísticas, entre os tratamentos investigados ( $p < 0,05$ ), na amostragem do 84º dia, na área experimental de várzea, da UFSM, no ano safra 2007/08. **A:** Chironomidae; **B:** Odontoceridae; **C:** Hirudinea; **D:** Nematoda; **E:** Ostracoda; **F:** Planorbidae. TC: tratamento controle; TO: tratamento com herbicida Only; TB: tratamento com herbicida Bispyribac-sodium; TQ: tratamento com herbicida Quinclorac; TF: tratamento com inseticida Fipronil. Letras diferentes indicam diferença estatística.



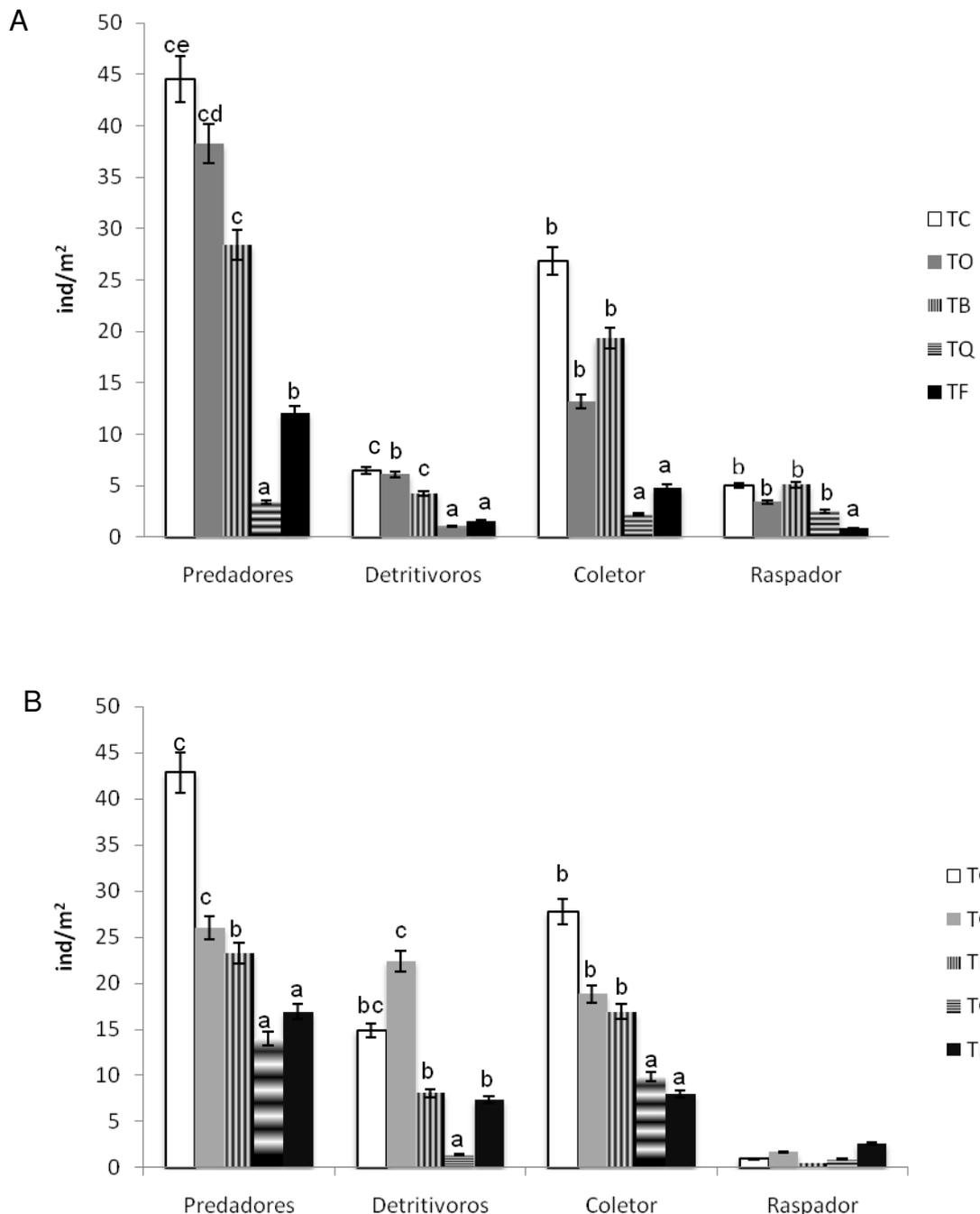
**Figura 7 (continuação)**



**Figura 7 (continuação)**

A Manova foi realizada para verificar se havia diferença na composição da fauna (Riqueza e abundância) dentro de cada guilda trófica quando comparados os tratamentos. Esta análise mostrou que dentro de uma mesma guilda houve diferenças na composição entre os tratamentos. Os dados referentes à coleta do 28º dia estão representados na Figura 8A, e os dados do 84º dia estão na Figura 8B. A Manova também mostrou haver diferenças na riqueza, num mesmo tratamento, entre as duas datas diferentes de coleta (Tabela 5).

Esses resultados, entretanto, mostram que mesmo havendo diferenças na composição e densidade da fauna entre os tratamentos não há diferença na estrutura geral dos grupos tróficos, mantendo-se assim as respectivas proporções (Tabela 5), sendo que o esperado é que a guilda com maior densidade seja a de predadores seguida de forma equilibrada pelas outras (Merritt & Cummins, 2006).



**Figura 8:** Diferença na composição da fauna dentro de cada guilda trófica demonstrada pela Manova ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes indicam diferença estatística. A: coleta realizada 28 dias após a entrada da água no experimento, B: coleta realizada 84 dias após a entrada de água no experimento. TC: tratamento Controle, TO: tratamento com herbicida Only, TB: tratamento com herbicida Bispyribac-sodium, TQ: tratamento com herbicida Quinclorac, TF: tratamento com inseticida Fipronil. Santa Maria, 2007/08.

**Tabela 4-** Diferenças na composição da comunidade bentônica (riqueza e abundância) entre os tratamentos e dias amostrais. TC: tratamento controle, TO: tratamento herbicida Only, TB: tratamento herbicida Bispyribac-sodium, TQ: tratamento herbicida Quinclorac, TF: tratamento inseticida Fipronil. \* $p < 0,05$  e  $p < 0,01^{**}$ .

	TC 28 <sup>o</sup>	TO	TB	TQ	TF 28 <sup>o</sup>	TC 84 <sup>o</sup>	TO	TB	TQ	TF 84 <sup>o</sup>
TC 28 <sup>o</sup>		0,001**	0,091	0,002**	0**	0**	0**	0**	0**	0**
TO			0,405	0,002**	0,004**	0**	0**	0**	0**	0**
TB				0,003**	0,001**	0**	0**	0**	0**	0**
TQ					0,043*	0**	0**	0**	0**	0**
TF 28 <sup>o</sup>						0**	0**	0**	0**	0**
TC 84 <sup>o</sup>							0,003**	0,005**	0**	0,003*
TO								0,001**	0**	0,009**
TB									0,008**	0,008*
TQ										0,013*
TF 84 <sup>o</sup>										

**Tabela 5** - Porcentagens dos níveis tróficos presentes em área experimental de cultura de arroz, cultivado na região central do Rio Grande do Sul, 2007/08, nas duas datas de coleta. Com as diferenças na composição da fauna entre os dias amostrais de um mesmo tratamento ( $p < 0,05$ ).

	Controle		Only®		Bispyribac- Sodium		Quinclorac		Fipronil	
	28 <sup>o</sup>	84 <sup>o</sup>	28 <sup>o</sup>	84 <sup>o</sup>	28 <sup>o</sup>	84 <sup>o</sup>	28 <sup>o</sup>	84 <sup>o</sup>	28 <sup>o</sup>	84 <sup>o</sup>
PREDADORES	55,50	49,36*	66,31	33,36*	49,72	46,55*	32,73	55,58*	66,66	46,16*
DETRITIVOROS	11,60	25,31	12,73	44,09*	11,27	24,62*	15,47	8,63	10,91	28,27*
COLETOR/ FILTRADOR / JUNTADOR	23,95	23,76*	13,78	19,26*	25,52	27,29*	16,07	30,20*	16,66	15,33*
HERBIVORO/ RASPADOR/ FURADOR	8,92	1,55*	7,15	3,27*	13,48	1,53	35,71	5,58*	5,74	10,22*

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Qualidade da água

Os resultados aqui obtidos mostraram que os pesticidas não alteraram significativamente os fatores abióticos da água utilizada no experimento, considerando-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos, numa mesma coleta. Esses resultados diferem do que foi verificado por Faria *et al.* (2007), onde foi constatado que locais com altas taxas de contaminantes possuía valores de pH e O<sub>2</sub> diferentes das áreas livres ou de baixa contaminação, tendo sido essa diferença atribuída à presença de químicos no ambiente. Da mesma forma que no estudo anterior, a pesquisa realizada por Schulz & Liess (1999), em córregos de escoamento da água de lavoura, também atribuiu aos pesticidas as diferenças encontradas na qualidade da água, seus índices de dureza chegavam a 386mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, o pH ficou na faixa de 8,38, e o oxigênio ficou em 9,9 mg.L<sup>-1</sup>. A influência dos pesticidas, na menor qualidade da água, também foi relatada por Molozzi *et al.* (2006), que avaliaram a água de irrigação e de drenagem de lavoura de arroz.

Em área de cultivo de arroz a tendência é de que a concentração de oxigênio seja baixa, já que a lâmina d'água fica entre 5 – 15 cm. Em experimentos realizados na mesma área do presente estudo, em anos anteriores, a concentração de oxigênio ficou entre 0,6 – 2,2 mg.L<sup>-1</sup> (Golombieski *et al.*, 2008) e entre 2,4 – 4,6mg.L<sup>-1</sup> (Reimche *et al.*, 2008). Nesse experimento a variação do nível de oxigênio ficou entre 2,4 – 11,9 mg.L<sup>-1</sup>, sendo que na maioria dos dias a taxa ficou acima de 6mg.L<sup>-1</sup>, o que pode ser considerado um nível alto para área de cultivo de arroz.

Entretanto os valores de dureza e alcalinidade foram mais altos no presente estudo, comparando-se com os dados de Golombieski *et al.*, 2008 e de Reimche *et al.*, 2008 . Uma diferença na dissociação de íons dos compostos, utilizados nos experimentos, poderia explicar esta disparidade. Um fator que também pode explicar esses resultados é que no decorrer da cultura a temperatura foi diminuindo, e a maior temperatura foi verificada no início do estudo que correspondeu ao mês de janeiro de 2008 e as menores temperaturas foram

mensuradas na última coleta, que correspondeu a abril do mesmo ano. Nos trabalhos citados anteriormente as temperaturas foram mais amenas que as encontradas aqui, ficando entre 16,4 – 23,9°C (Reimche *et al.* 2008) e 17,6 – 25,7°C (Golombieski *et al.*, 2008).

Outro fator a ser levado em consideração é a baixa persistência dos compostos aqui utilizados em comparação com outros estudos. Com exceção do herbicida Quinclorac, todos os outros apresentaram uma persistência menor do que mostra alguns trabalhos (USEPA, 1996; Stevens *et al.*, 1998; Mesléard *et al.*, 2005; Mize *et al.*, 2008; Reimche *et al.*, 2008), entretanto, o herbicida Quinclorac foi pelo menos 2,5 vezes mais persistente do que foi visto por Reimche *et al.*, (2008), onde esse parâmetro também foi analisado.

Em estudo que avaliou a persistência dos pesticidas nas águas dos rios da região, foi verificado que o inseticida Fipronil estava presente em todas as épocas de amostragem, bem como os compostos que formam a formulação comercial Only (Imazapic + Imazethapyr) (Silva *et al.* 2009b). Estes dados diferem dos obtidos no atual estudo, onde o herbicida Only ficou disponível na água até 21º dia e o Fipronil até 28º dia. Estes últimos resultados foram semelhantes aos encontrados em água de rios da região de Pelotas, RS, em estudo realizado no ano de 2007, onde o herbicida Quinclorac foi persistente por todo o período de cultura do arroz e o inseticida fipronil foi detectado apenas na primeira amostragem, correspondente ao início da cultura (Grützmacher *et al.*, 2008). É possível que essas diferenças na persistência de deva ao manejo utilizado na lavoura orizícola, sendo, portanto, aconselhável a manutenção da água na lavoura pelo maior tempo possível (Marchesan *et al.*, 2005, Grützmacher *et al.*, 2008).

É importante ressaltar que os estudos aqui citados são da persistência de pesticidas na água da lavoura, se essa persistência fosse analisada no sedimento talvez os valores fossem diferentes.

## 5.2. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

No decorrer do tempo do cultivo agrícola do arroz irrigado houve uma tendência de aumento na abundância absoluta e riqueza da comunidade aquática, este fato também foi verificado por outros pesquisadores (Schulz & Liess, 1999; Suhling *et al.*, 2000). A explicação mais coerente para isso é de que com o passar do tempo há a dissipação e diluição dos pesticidas, diminuindo assim sua toxicidade aos organismos aquáticos (Schulz & Liess, 1999). Entretanto, o mesmo não foi encontrado por Molozzi *et al.* (2007), onde foi verificado que nos diferentes estádios da plântula do arroz não há diferença na comunidade bêntica.

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é formada por vários táxons, destes um dos mais estudados é a família de insetos Chironomidae. Isso se deve ao fato de que alguns gêneros dessa família também são considerados pragas da lavoura de arroz, e como tal inspira a elaboração de pesticidas capazes de minimizar seus efeitos. Um desses inseticidas é o Fipronil, que em estudos realizados por vários pesquisadores foi constatado como sendo altamente tóxico para essa população (Stevens *et al.*, 1998; Mesléard *et al.*, 2005). Stevens *et al.* (1998) estudou a influência do Fipronil sobre Chironomidae fazendo testes em laboratório, em seus experimentos a subfamília Chironominae se mostrou mais tolerante a altas concentrações desse químico do que a família Chironomidae como um todo.

Segundo Chaton *et al.* (2008), os crustáceos Ostracoda e o Cladocera *Daphnia pulex* são insensíveis a esse inseticida, desde que utilizado na dose recomendada. Isso corrobora os dados aqui obtidos, já que Ostracoda não mostrou diferença significativa entre o tratamento controle e o tratamento com Fipronil.

Nos resultados do presente estudo foi possível observar que uma gama muito ampla de pesticidas afeta a população de chironomídeos, tanto de forma direta (inseticida), quanto indireta (herbicidas). Essa influência também foi evidente em outros táxons da comunidade bentônica, principalmente na primeira coleta, quando os agrotóxicos apresentavam uma concentração mais alta na água,

O herbicida Quinclorac demonstrou uma dinâmica diferente do que já foi estudado em laboratório (Crosby, 2003), no estudo realizado por Reimche *et*

*al.*(2008) esse pesticida foi detectado até o 31<sup>o</sup> dia, sendo que sua maior concentração foi observada no 7<sup>o</sup> dia com 102  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , no presente estudo sua persistência foi maior do que dos outros pesticidas investigados, chegando a ser detectado até o 84<sup>o</sup> dia numa concentração de 3,8  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , seu valor mais alto foi detectado no 1<sup>o</sup> dia, com 296,7 $\mu\text{g.L}^{-1}$ . A influência negativa desse pesticida foi visível nesse estudo, visto que nas duas coletas ele obteve a menor abundância e riqueza de táxons quando comparado aos outros tratamentos. Essa possível influência também foi registrada por Reimche *et al.*, (2008), onde a comunidade de Cladocera apresentou variação na densidade causada pelo estresse da aplicação deste produto.

A relação dos herbicidas com a comunidade bentônica pode ser explicada pelo fato de que com a utilização dos pesticidas há uma redução na disponibilidade de recursos alimentares e trocas na estrutura da comunidade de algas, podendo ainda estar associado a isso o efeito tóxico desses recursos alimentares (Gagneten, 2002).

Alguns estudos começam a levantar a possibilidade de os agentes tóxicos a organismos não alvo, no caso dos herbicidas, serem os adjuvantes e os surfactantes utilizados na formulação comercial de cada pesticida (Tatum, 2004; Kitulagodage *et al.*, 2007). Entretanto mais estudos que levem em consideração esses compostos separadamente devem ser realizados.

Com relação à composição da comunidade, ficou claro também que os pesticidas causam diferenças na composição, sendo que isso ficou mais visível há longo prazo, mesmo com a recuperação da comunidade. Segundo Berenzen *et al.*, (2005) essa potencial relação entre a contaminação por pesticidas e a estrutura da comunidade é baseada principalmente em diferenças fisiológicas, que se refletem no ciclo de geração e mobilidade das espécies. Isso faz com que a ação que cada pesticida vai ter sobre os organismos seja diferente.

Essa relação da composição da comunidade com os pesticidas também pode ser demonstrada segundo os nichos tróficos existentes. De acordo com Aguiaro & Caramaschi (1998) a avaliação da biomassa presente em cada guilda trófica possibilita entender a distribuição da energia em uma comunidade, do ponto

de vista da complexidade e da diversidade. Dessa forma o estudo da biomassa dentro de cada guilda trófica, bem como sua diversidade fornece informações sobre a distribuição de energia no ambiente.

Nesse contexto, em estudos realizados em campos de cultivo de arroz na França observou-se que não houve diferença significativa entre a área de cultivo convencional e a área de cultivo orgânico para a família Chironomidae (Mesléard *et al.*, 2005), ainda segundo esses autores isso pode ter ocorrido pelo fato de na área com inseticida Fipronil ter havido uma redução na densidade de predadores dessa família. Os resultados apresentados por Mesléard *et al.*, (2005) mostraram a necessidade de maiores estudos, uma vez que o Fipronil é utilizado no combate de Chironomidae, entre outros insetos. O mesmo pode ter ocorrido para outros táxons registrados em Santa Maria, pois como visto na tabela 3, no tratamento com o herbicida Only, na última coleta, houve um decréscimo na quantidade de predadores o que pode ter possibilitado um aumento na densidade de organismos detritívoros, por exemplo. Porém, os resultados aqui obtidos, com relação às guildas tróficas, ainda são insipientes necessitando de mais estudos para poder haver a comprovação de tal hipótese,

Com esse estudo, realizado em área de cultivo orizícola, se comprovou mais uma vez que os macroinvertebrados bentônicos são ótimos indicadores de alterações causadas ao ambiente. Além disto, dados abióticos e bióticos nem sempre fornecem resultados semelhantes quando se investiga questões ambientais. No entanto, a associação entre estes dois parâmetros de investigação pode gerar informações mais substanciais sobre impactos ambientais.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nas análises realizadas pode-se afirmar que, não há influência dos pesticidas aqui estudados, considerando-se as dosagens utilizadas, sobre os parâmetros físico-químicos da água.

Já, com relação à comunidade de macroinvertebrados pode-se afirmar que no início da cultura do arroz irrigado, estes produtos podem causar uma redução na diversidade e na densidade da comunidade, possivelmente em função do estresse inicial pela utilização dos pesticidas. Isto fica mais evidente nos tratamentos com o inseticida Fipronil e, de forma indireta, pelo herbicida Quinclorac.

Entretanto, no decorrer da cultura há uma redução desse estresse, o que proporciona uma reestruturação da comunidade, inclusive com a colonização por novos táxons, e ainda táxons raros,

Apesar de haver diferenças de abundância e riqueza de organismos entre os tratamentos, a proporção entre os níveis tróficos se mantiveram, havendo assim equilíbrio entre eles.

## 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiaro, T. & Caramaschi, E.P. 1998. Trophic guilds in fish assemblages in three coastal lagoons of Rio de Janeiro State (Brazil). **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, 26: 2166-2169.
- Alba-Tercedor J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. **IV SIAGA**, Almeria, vol. II: 203-213.
- Ali, A.; Nayar, J. K.; Gu, W. D. 1998. Toxicity os a phenil pyrazole insecticide, fipronil, to mosquito and chironomid larvae in the laboratory. **Journal of American Mosquito Control**, 14: 216-218
- APHA (American Public Health Association). 1992. Standard methods for examination of water and wastewater. 18.ed. Springfield: Bru-El Graphic, 1155p.
- Ayres, M.; Ayres Jr., M. Ayres, D. L. & Santos, A. S. **BioEstat 5.0. 2007.** Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá (MCT). Imprensa Oficial do Estado do Pará.
- Bacey, J & Spurlock, F. 2007. Biological Assessment of Urban and Agricultural Streams in the California Central Valley. **Environmental Monitoring Assessment**, 130: 483-493.
- Barbour, M. T.; Swietlik, W. F.; Jackson, S. K.; Courtemanch, D. L.; Davies, S. P.; Yoder, C. O. 2000. Measuring the attainment of biological integrity in the USA: a critical element of ecological integrity. **Hydrobiologia**, 422/423: 453:464.
- Berenzen, N., Kumke,T., Schulz, H., Schulz, R. 2005. Macroinvertebrate community structure in agricultural streams: impact of runoff-related pesticide contamination. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 60: 37-46.
- Biggs, J.; Williams, P.; Whitfield, M.; Nicolet, P.; Brown, C.; Hollis, J.; Arnold, D.; Pepper, T. 2007. The freshwater biota of British agricultural landscapes and their sensitivity to pesticides. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 122: 137-148.

- Cain, S.A. The species-area curve.1938. **American Midland Naturalist**, 119: 573-581.
- Callisto, M.; Esteves, F. A. 1995. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um ecossistema amazônico impactado por rejeito de bauxita – Lago Batata (Pará, Brasil). **Oecologia Brasiliensis**, 1(1): 335-348.
- Callisto, M. & Esteves, F. A. 1998. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). **Oecologia Brasiliensis**, 5(5): 223-234.
- Carvalho, E. M. de & Uieda, V. S. 2004. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 21 (2): 287-293.
- Chaton, P.F., Lempérière, G., Tissut, M., Ravanel, P. 2008. Biological traits and feeding capacity of *Agriotes* larvae (Coleoptera: Elateridae): A trial of seed coating to control larval populations with the insecticide fipronil. **Pesticides Biochemistry and Physiology**, 90 (2): 97-105.
- Costa, C.; Ide, S.; Simonka, C. C. 2006. **Insetos imaturos**. Metamorfose e Identificação. Ribeirão Preto: Holus. 249p.
- Crosby, D.R. 2003. Environmental fate of pesticides-87. Capturado em 10 mar. Online. Disponível na internet <http://www.syix.com/rrb/87rpt/Enviro.htm>.
- Faria, M. F., Nogueira, A. J. A., Soares, A. M. V. M. 2007. The use of *Chironomus riparius* larvae to assess effects of pesticides from rice fields in adjacent freshwater ecosystems. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 67: 218-226.
- Fernández, H. R. Y Domínguez, E. 2001. **Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos**. Tucumán: Imprenta Central de la UNT, Argentina, 289p.

- Friberg, N.; Lindstrøm, M.; Kronvang, B.; Larsen, S.E. 2003. Macroinvertebrate /sediment relationships along a pesticide gradient in Danish streams. **Hydrobiologia**, 494: 103-110.
- Gagneten, A.M. 2002. Efectos del herbicida paraquat sobre el zooplancton. **Iheringia**, 92: 47-56.
- Golombieski, J. I.; Marchesan, E.; Baumart, J. S.; Reimche, G. B.; Resgalla, C. Jr.; Storck, L.; Santos, S. 2008. Cladocers, Copepods and Rotifers in rice-fish culture handled with metsulfuron-methyl and azimsulfuron herbicides and carbofuran insecticide. **Ciência Rural**, 38(8): 2097-2102.
- Goulart, M. & Callisto, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, 2(1).
- Grützmacher, D. D.; Grützmacher, A. D.; Agostinetto, D.; Loeck, A. E.; Roman, R.; Peixoto, S. C.; Zanella, R. 2008. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 12(6): 632-637.
- Hammer, Ø; Harper, D. A. T., Ryan, P. D. PAST 1.82b. 2001. Past: Paleontological Statistics Software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, 4(1): 9pp.
- Kitulagodage, M.; Astheimer, L.B.; Buttermer, W. A. 2007. Diacetonealcohol, a dispersant solvent, contributes to acute toxicity of a fipronil – based insecticide in a passerine bird. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 71: 597-600.
- Marchesan, E.; Zanella, R.; Avila, L. A. de; Camargo, E. R.; Machado, S. L. de O.; Macedo, V. R. M. 2003. Rice herbicide monitoring in two brazilian rivers during the rice growing season. **Scientia Agricola**, 64 (2): 131-137.
- Marchesan, E.; Santos, F. M. dos; Camargo, E. R.; Machado, S. L. de O.; Zanella, R.; Ávila, L. A. de; Gonçalves, F. F.; Primel, E. G.; Macedo, V. R. M. 2005. Monitoramento em rios e persistência de herbicidas em arroz irrigado. Santa Maria: UFSM, 8p. **Informe Técnico**, 05.

- Marinoni, R. C. 2001. Os grupos tróficos em Coleóptera. **Revista Brasileira de Zoologia**, 18(1): 205-224.
- Merritt, R. W. & Cummins, K. W. 1996. In: \_\_\_\_\_. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3 ed., Dubuque, Kendall/Hunt, 758 p.
- Merritt, R. W. & Cummins, K. W. 2006. Trophic relationships of macroinvertebrates. In: Hauer, F.R; Lamberti, A.G. (Org.). **Methods in Stream Ecology**. 2. ed. Elsevier, p.585-610.
- Mesléard, F.; Garnero, S.; Beck, N.; Rosecchi, É. 2005. Uselessness and indirect effects of an insecticide on rice field invertebrates. **Comptes Rendus Biologies**, 328: 955-962.
- Mize, S. V.; Porter, S. D.; Demcheck, D. K. 2008. Influence of fipronil compounds and rice-cultivation land-use intensity on macroinvertebrate communities in streams of southwestern Louisiana, USA. **Environmental Pollution**, 152: 491-503.
- Molozzi, J.; Pinheiro, A.; Silva, M. R. 2006. Qualidade da água em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41(9):1393-1398.
- Molozzi, J.; Hepp, L. U.; Dias, A. da S. 2007. Influence of rice crop on the benthic community in Itajaí Valley (Santa Catarina, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 19(4): 383-392.
- Moreby, S.J. & Southway, S. E. 1999. Influence of autumn applied herbicides on summer and autumn food available to birds in winter wheat fields in southern England. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 72: 285-297.
- Omotto, C. 2000. Modo de ação de inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: Guedes, J. C., Costa, I. D., Castiglioni, E. (Eds). **Bases e Técnicas do Manejo de Insetos**. 1ªed. Pallotti. 234, 31-50.
- Overmyer, J. P.; Mason, B. N.; Armbrust, K. L. 2005. Acute Toxicity of Imidacloprid and Fipronil to a Nontarget aquatic Insect, *Simulium vittatum* Zetterstedt

cytospecies IS-7. **Bulletin of Environmental Contaminant and Toxicology**, 74: 872-879.

Primel, E.G.; Zanella, R.; Kurz, M.H.S.; Gonçalves, F.F.; Machado, S.de O.; Marchezan, E. 2005. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do rio grande do sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. **Química Nova**, 28(4): 605-609.

Reimche, G. B.; Machado, S. L. de O.; Golombieski, J. I.; Baumart, J. S.; Braun, N.; Marchesan, E.; Zanella, R. 2008. Persistência na água e influência de herbicidas utilizados na lavoura arrozeira sobre a comunidade zooplanctônica de Cladocera, Copepoda e Rotifera. **Ciência Rural**, 38(1): 7-13.

Rosenberg, D. M. & Resh, V.H. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: \_\_\_\_\_. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Chapman and Hall, New York, pp. 1-9.

Schulz, R. & Liess, M. 1999. A field study of the effects of agriculturally derived insecticide input on stream macroinvertebrate dynamics. **Aquatic Toxicology**, 46: 155-176.

Silva, F. L. da; Pauleto, G. M.; Talamoni, J. L. B.; Ruiz, S. S. 2009a. Categorização funcional trófica das comunidades de macroinvertebrados de dois reservatórios na região Centro – Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 31(1): 73-78.

Silva, D. R. O.; Avila, L. A. de; Agostinetto, D.; Dal Magro, T.; Oliveira, E. de; Zanella, R.; Noldin, J. A. 2009b. Monitoramento de agrotóxicos em águas superficiais de regiões orizícolas no sul do Brasil. **Ciência Rural**, 39(9): 2383-2389.

Skrobialowski, S. C., Mize, S. V., Demcheck, D. K. 2004. Environmental setting, water quality, and ecological indicators of surface water quality in Mermentau River Basin, southwestern Louisiana, 1998-2001. **US Geological Survey Water Resources Investigations Report**, 03, 4185.

- SOSBAI** - Sociedade Sul-Brasileira De Arroz Irrigado. 2005. Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria, RS, 159p.
- Stevens, M. M.; Helliwell, S.; Warren, G. N. 1998. Fipronil seed treatments for the control of chironomid larvae (Diptera:Chironomidae) in aerially-sown rice crops. **Field Crops Research**, 57: 195- 207.
- Suhling, F., Befeld S., Hausler, M., Katur, K., Lepkojus, S., Mesléard, F. 2000. Effects of insecticide applications on macroinvertebrate density and biomass in rice-fields in the Rhone delta, France. **Hydrobiologia**, 431: 69–79.
- Tate, C. M. & Heiny, J. S. 1995. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. **Freshwater Biology**, 33: 439-454.
- Tatum, V L. 2004. Toxicity, transport, and fate of forest herbicides. **Wildlife Society Bulletin**, 32(4):1042-1048.
- US Environmental Protection Agency. 1996. New Pesticide Fact Sheet, PB- 96-181516. USEPA Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances. EPA737-F-96-005.
- Winterbotton, J.H.; Orton, S. E.; Hildrew, G.; Lancaster, J. 1997. Field experiments on flow refuge in streams. **Freshwater Ecology**, 37: 569-580.
- Zanella, R.; Primel, E. G.; Machado, S. L. O.; Gonçalves, F. F.; Marchezan, E. 2002. Monitoring of the herbicide clomazone in environmental water samples by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection. **Chromatographia**, 55(9/10): 573-577.