

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

**MACROINVERTEBRADOS DA LAVOURA DE ARROZ  
IRRIGADO TRATADA COM OS AGROTÓXICOS  
CARBOFURAN E PENOXsulAM**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Bruna Vielmo Camargo**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

**MACROINVERTEBRADOS DA LAVOURA DE ARROZ  
IRRIGADO TRATADA COM OS AGROTÓXICOS  
CARBOFURAN E PENOXSULAM**

por

**Bruna Vielmo Camargo**

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**

**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

**MACROINVERTEBRADOS DA LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO  
TRATADA COM OS AGROTÓXICOS CARBOFURAN E  
PENOX SULAM**

elaborada por  
**Bruna Vielmo Camargo**

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

**COMISSÃO EXAMINADORA**

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

  
**Ana Maria Zanchet, Dra.**

  
**Márcia R. Spies, Dra.**

**Santa Maria, 24 de setembro de 2010.**

Aos meus pais, Jorge e Jane, e em especial a pessoa que  
mais me incentivou, ao meu amor Rodrigo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar o caminho nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Ao meu orientador Dr. Sandro Santos, pelo incentivo, paciência, confiança e por todos os ensinamentos passados durante a realização deste estudo. Muito obrigada, serei sempre grata.

A Dr<sup>a</sup>.Karine Delevati Colpo, orientadora desde a graduação. Pessoa que com muita sabedoria, discernimento, bom senso e dedicação esteve ao meu lado me encorajando nas horas difíceis e me aplaudindo nos momentos de glória. Obrigada pela ajuda desde o tempo da graduação, sendo um exemplo de profissional correta e competente, fonte de inspiração, apoio e ensino diário. Obrigada por tudo, principalmente pela sua amizade.

A minha amiga, professora de especialização, colega de mini-cursos e disciplina de minhocas, Vanessa dos Anjos Baptista, pela ajuda, correções e principalmente pela sua amizade.

Aos colegas do laboratório de Carcinologia: Bianca, Marcelo, Alexandre, Cadidja, Lú e Rodrigo, que fizeram os meus dias em Santa Maria mais felizes Obrigada pelo incentivo, apoio, amizade e por todos os momentos maravilhosos que compartilhei com vocês. Obrigada a Amanda, pela ajuda nas coletas. Um obrigada especial a duas pessoas que me ajudaram muito quando cheguei em Santa Maria para prestar a seleção do mestrado: Joele e Beto. Vocês sabem o quanto me ajudaram e serei sempre grata por isso.

Aos meus colegas de mestrado Andréia, Marcelo, Samanta e Priscila. Obrigada pelo carinho e amizade de vocês!

Ao seu Paulinho, secretário da pós, pela amizade, paciência, ajuda na documentação e pelo chimarrão compartilhado todas as manhãs.

A Coordenadora da Pós Graduação, *Sonia Cechin*, pela ajuda prestada e pela paciência em responder meus milhares de e-mails. Obrigada!

A Dr<sup>a</sup>.*Ludmilla Oliveira Ribeiro*, pela correção do projeto, empréstimo de material e pelas ajudas nas identificações dos macroinvertebrados. Obrigada!

A Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- *URI Campus Santiago*, por me ceder os laboratórios para análise do material. Em especial ao professor *Denírio Marques*, pela ajuda, incentivo e amizade.

A todos os meus amigos, em especial as minhas amigas *Cris e Graciela*, que sempre me incentivaram. Obrigada meninas, amo vocês! Ao meu amigo e irmão por opção, *Gustavo*. Obrigada pelo incentivo, ajuda e principalmente por me substituir em sala de aula no IFET quando eu precisava assistir às aulas do mestrado.

Aos meus pais, *Jorge e Jane*. Exemplos de vida que sempre estiveram do meu lado me incentivando e me apoiando nas horas que mais precisei. Obrigada por tudo, amo vocês! A minha família em Santa Maria, *Pedro, Maria, Laura e Pedrinho*. Obrigada pela ajuda e incentivo, amo vocês! Obrigada especial ao *Pedrinho*, pela ajuda nas coletas.

E por último, mas não menos importante, agradeço ao meu companheiro de todas as horas: *Rodrigo*. Obrigada pelo companheirismo, amizade, paciência e principalmente pela ajuda prestada nas coletas. Este trabalho também é seu, pois depois de sete anos me ajudando em campo, você é biólogo por tabela. Te amo!

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal  
Universidade Federal de Santa Maria

### **MACROINVERTEBRADOS DA LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO TRATADA COM OS AGROTÓXICOS CARBOFURAN E PENOX SULAM**

AUTORA: BRUNA VIELMO CAMARGO

ORIENTADOR: SANDRO SANTOS

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 24 de setembro de 2010.

O cultivo de arroz (*Oryza sativa*) tem sido alvo de especulações devido aos efeitos deste sobre o ambiente. A utilização intensiva de agrotóxicos em lavouras de arroz tem contribuído de maneira significativa para as inúmeras questões que estão surgindo sobre esta cultura. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi comparar a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em lavoura de arroz irrigado tratada com os agrotóxicos Carbofuran (inseticida) e Penoxsulam (herbicida) em relação a uma lavoura controle. O experimento foi desenvolvido na área experimental de várzea, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, durante a safra agrícola 2008/2009. Para a amostragem da fauna bentônica, utilizou-se um amostrador tipo *Corer*. Realizaram-se cinco amostragens de macroinvertebrados bentônicos ao longo do estudo, sendo que o delineamento foi de blocos ao acaso com três repetições, e as amostragens ocorreram no 3º, 14º, 28º e 56º dia após a entrada de água no sistema. Além destes, foram realizadas as seguintes determinações: pH, temperatura, oxigênio dissolvido e persistência dos agroquímicos na água. Dos agrotóxicos analisados, o que apresentou maior persistência na água foi o herbicida Penoxsulam, o qual foi detectado até o último dia de amostragem (56º dia), sem muita oscilação em suas concentrações ao longo de todo o período de estudo. Dentre os organismos amostrados, Chironomidae foi o grupo dominante nos três tratamentos. Dessa forma, a abundância total de indivíduos deste estudo foi regida pela abundância exclusiva de organismos desta família, a qual não variou entre os tratamentos, ao longo dos dias de amostragem (ANOVA two-way). As análises de variância, que avaliaram a abundância total de macroinvertebrados e a riqueza de táxons, detectaram interações entre os fatores dias de amostragem e tratamentos (ANOVA two-way). O teste a

posteriori (Tukey HSD) mostrou que a abundância da comunidade no 8° dia de amostragem diferiu entre as parcelas tratadas com Penoxsulam e Carbofuran. No entanto, nos demais dias de amostragem, a abundância total de organismos foi similar entre todos os tratamentos (Carbofuran, Penoxsulam e Controle). Já a comparação a posteriori da riqueza de táxons revelou que apenas no 56° dia amostral a riqueza de macroinvertebrados nas parcelas controle foi superior a das parcelas tratadas com o inseticida Carbofuran. O Índice de Diversidade de Shannon variou ao longo dos dias de amostragem, porém não houve diferença significativa entre os tratamentos (ANOVA two-way). De uma forma geral, os resultados indicam que o processo de colonização pelos macroinvertebrados nas áreas controle não variou significativamente em relação às áreas tratadas com Penoxsulam e Carbofuran, demonstrando assim que os agrotóxicos testados não afetaram a colonização da fauna bentônica, nas áreas de cultivo de arroz irrigado. No entanto, verificou-se um aumento sutil da diversidade ao longo do processo sucessional avaliado neste estudo (do 3° ao 56° dia).

**Palavras-chaves:** Agroquímicos, fauna bentônica, meio ambiente.

## ABSTRACT

Master Dissertation Graduat Programo f Animal Biodiversity  
Universidade Federal de Santa Maria

### THE RICEFIELD MACROINVERTEBRATES TREATED WITH CARBOFURAN AND PENOXSULAN PESTICIDES

AUTHOR: BRUNA VIELMO CAMARGO

SUPERVISER: SANDRO SANTOS

Defence data and local: Santa Maria, September, 24<sup>TH</sup> 2010

The rice cultivation (*Oryza sativa*) has been target of speculations because of its effects in the environment. The intensive pesticides uses in the ricefields have contributed in a meaningful manner to many things related to this crop. The purpose of this study was to compare the benthic macroinvertebrates community in an irrigated rice farm treated with pesticides Carbofuran (insecticide) and Penoxsulam (herbicide) comparing to a control farm. The experiment was accomplished in an experimental lowland area, from the Crop Science Departament of the Universidade Federal de Santa Maria, during the harvest 2008/2009. To a benthic fauna sampling, it was used a *Corer* sampler. It was accomplished five benthic macroinvertebrates sampling during the study, the delimitation was in blocks divided, by chance, with three repetitions, and the sampling happened in 3<sup>rd</sup>, 14<sup>th</sup>, 28<sup>th</sup> and 56<sup>th</sup> day after the water entrance in the system. Besides, it was accomplished the following determination: pH, temperature, dissolved oxygen and the pesticides persistence in the water. The analysed pesticides, the Penoxsulam herbicide showed the biggest water persistence, that was detected until the sampling day (56<sup>th</sup> day), without much oscillation in its concentration according to the studied period. Among the sampling organisms, Chironomidae was the dominant group in the three treatments. This way, the total individuals abundance in this study was confirmed by this family organisms, which didn't suffer a variation among the treatments during the sampling days (two-way- ANOVA). The analyses variance, which evaluated the total macroinvertebrates abundance and the taxon richness, detected interactions between the day sampling factors and the (two-way- ANOVA) treatments. The posterior test (Tukey HSD)

showed the abundance in the community in the 8<sup>th</sup> day the sampling was different in parcels treated with Penoxsulam and Carbofuran. However, on the other samplings, the organisms total abundance was similar in the two treatments (Carbofuran, Penoxsulam and Control). The posterior taxons richness comparison showed that just in the 56<sup>th</sup> sampling day the macroinvertebrates richness in the controlled parcels was superior than in the parcels treated with Carbofuran insecticide. The Diversity Shannon level varied during the sampling days, but there wasn't a meaningful difference in the (two-way-ANOVA) treatment. The results indicated that the macroinvertebrates colonization process in the control areas didn't have a meaningful variation related to the areas treated with Penoxsulam Carbofuran, showing that the tested pesticides didn't affected the benthic fauna colonization, in the ricefields. On the other hand, it was verified a subtle diversity along to the successional process evaluated in this study (from the 3<sup>rd</sup> to the 56<sup>th</sup> day).

**Keywords:** Agrochemicals, benthic fauna, environment.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Área experimental de várzea da Universidade federal de Santa Maria, com cultivo de arroz irrigado onde foi desenvolvido o estudo (safra 2008/2009) \_\_\_\_\_ 18
- Figura 2: Vista geral dos blocos experimentais na área de cultivo de arroz irrigado onde foram realizadas as amostragens \_\_\_\_\_ 19
- Figura 3: Croqui de uma parcela experimental onde foram realizadas as amostragens ao longo do estudo (cultivo de arroz irrigado) \_\_\_\_\_ 21
- Figura 4: Persistência dos agrotóxicos Penoxsulam e Carbofuran na água no cultivo de arroz irrigado em Mg/L. Dia 0: entrada de água no experimento \_\_\_\_\_ 25
- Figura 5: Abundância de organismos ao longo do cultivo de arroz irrigado, para o tratamento controle, Carbofuran e Penoxsulam. Valores médios com barras de erro padrão. Letras iguais sobre as barras significam similaridade estatística \_\_\_\_\_ 28
- Figura 6: Riqueza de espécies ao longo do cultivo de arroz irrigado, para o tratamento controle, Carbofuran e Penoxsulam. Valores médios com barras de erro padrão. Letras iguais sobre as barras significam similaridade estatística \_\_\_\_\_ 29
- Figura 7: Diversidade de táxons ao longo do cultivo de arroz irrigado, para o tratamento controle, Carbofuran e Penoxsulam. Valores médios com barras de erro padrão. \_\_\_\_\_ 29
- Figura 8: Correlações entre variáveis físico-químicas (matéria orgânica do sedimento e oxigênio dissolvido na água) e estrutura da comunidade (riqueza de táxons e índice de diversidade de Shannon) \_\_\_\_\_ 31
- Figura 9: Correlações entre a concentração de agrotóxicos, com a riqueza de táxons e índice de diversidade de Shannon \_\_\_\_\_ 32

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Parâmetros físico-químicos analisados durante o estudo na área de cultivo de arroz irrigado \_\_\_\_\_ 24
- Tabela 2: Abundância total de organismos amostrados em cada um dos tratamentos estudados na lavoura de arroz irrigado. TCP: tratamento controle, TP: tratamento com Penoxsulam e TC: tratamento com Carbofuran \_\_\_\_\_ 26
- Tabela 3: Resultados das Análises de Variância (two-way) realizadas para avaliar a abundância total de organismos, a riqueza de táxons, o índice de diversidade de Shannon e a abundância exclusiva de Chironomidae da comunidade estudada ao longo do período de monitoramento (dias de amostragem) e entre os tratamentos com Penoxsulam, Carbofuran e controle \_\_\_\_\_ 27

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
2.1 Delineamento Experimental.....	18
2.2 Amostragem de macroinvertebrados bentônicos.....	20
2.3 Fatores ambientais .....	21
2.3.1 Parâmetros físico-químicos .....	21
2.3.2 Persistências dos agrotóxicos.....	21
2.3.3 Análise de matéria orgânica.....	22
2.4 Análise dos parâmetros ecológicos .....	22
2.5 Procedimentos Estatísticos.....	23
<b>3. RESULTADOS</b> .....	24
3.1 Fatores Ambientais .....	24
3.2 Macroinvertebrados Bentônicos .....	25
3.3 Correlações entre fatores ambientais e macroinvertebrados bentônicos .....	30
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	33
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	39
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

Os ambientes aquáticos são utilizados em todo o mundo com distintas finalidades, entre as quais se destacam o abastecimento de água, geração de energia, irrigação, navegação, aquicultura, entre outras. Nas últimas décadas os ecossistemas aquáticos vêm sendo alterados de maneira significativa por ação antrópica, sendo que as atitudes comportamentais do homem, desde que ele se tornou parte dominante dos sistemas, tendem em sentido contrário à manutenção do equilíbrio ambiental (Callisto *et al.*, 2001).

A expansão das atividades urbanas e agrícolas causa um considerável aumento dos impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos, desta forma, o conhecimento da estrutura da biota aquática e suas relações com as características limnológicas se fazem necessários (Buckup *et al.*, 2007). A diversidade biológica está diminuindo, e o desaparecimento de habitats é uma das principais razões desta mudança (Myers, 1993). Áreas úmidas são sistemas vulneráveis e estão entre os mais degradados pelas atividades humanas (Amezaga *et al.*, 2002). De acordo com Davis *et al.*, (1996), as áreas úmidas são reconhecidas internacionalmente como ecossistemas prioritários para a conservação, pois apresentam grande importância na sobrevivência de inúmeras formas de vida, além de inúmeras funções e valores para a humanidade. Além disso, o escasso conhecimento existente sobre a biodiversidade nestes ambientes é a principal limitação para a sua conservação (Barbosa e Callisto, 2000).

A destruição de florestas e a transformação destes ambientes em áreas agrícolas têm provocado grandes modificações na fauna que habitam estes locais Tomassi (1979). De acordo com Pinheiro (1999), o cultivo de arroz irrigado, implantado em muitas destas áreas, pode ser dividido em três fases distintas: vegetativa, entre a germinação e a diferenciação da panícula; reprodutiva, da iniciação da panícula até o florescimento e; de maturação, do florescimento a maturação dos grãos. Blanco *et al.* (2006) observaram as maiores riquezas e abundâncias da avifauna em áreas de cultivo de arroz irrigado, além da fase de irrigação, na fase onde o arroz estava pequeno. Dias & Burger (2005) encontraram uma maior riqueza de avifauna quando o arrozal apresentava entre 30 e 70 cm, início do cultivo. Blanco *et al.* (2006) citam que a profundidade da água e a idade do

arroz são os fatores que mais favorecem a presença ou ausência de espécies nestes ambientes.

Além disso, a estrutura das comunidades biológicas que habitam estes ambientes indica a integridade dos ecossistemas, pois fornece uma medida agregada de diferentes agentes impactantes (Barbour *et al.*, 1999). Análises físico-químicas são ineficazes em detectar efeitos deletérios causados a biota (Pantini *et al.*, 1995), sendo assim, peixes e invertebrados aquáticos, que são sensíveis às variações dos parâmetros ambientais têm sido utilizados como modelos para testes de poluentes e para detectar perturbações sobre o ecossistema, refletindo a saúde do ambiente aquático (Metcalf, 1989 ; Barbieri *et al.*, 1998 ; Bacey & Spurlock, 2007).

Entre os diversos indicadores biológicos, os macroinvertebrados bentônicos vêm sendo amplamente utilizados como ferramenta para avaliar a qualidade de recursos hídricos (Reice, 1985; Bacey & Spurlock, 2007). O termo macroinvertebrado se refere à fauna de invertebrados que fica retida em uma malha 0,25 mm (Hynes, 1970). Uma comunidade aquática de macroinvertebrados é constituída por diversos táxons, tais como, Arthropoda, Mollusca, Annelida, Nematoda, Platyhelminthes, entre outros. A maioria destes grupos está associado à habitats de fundo dos corpos d'água (rochas, sedimentos, restos de plantas, raízes, vegetação aquática) e por isso é denominada de bentônica (do grego: *benthos* = fundo) (Hynes, 1970). Composto por um grupo de espécies relativamente sedentárias cujo ciclo de vida, geralmente varia de semanas a alguns meses (permitindo respostas temporais). Os invertebrados bentônicos também possuem tamanhos corpóreos relativamente grandes e são de fácil amostragem. Técnicas padronizadas em campo e laboratório permitem detectar respostas às modificações e distúrbios ao longo de uma mesma bacia hidrográfica, ou realizar comparações entre diferentes bacias (França *et al.*, 2006).

O Brasil tem uma grande diversidade de sistemas ecológicos únicos que estão atualmente, submetidos à agricultura intensiva (Caldas & Souza, 2000). A transformação de ambientes naturais em agrossistemas certamente provoca a perda de hábitat original (Queiroz *et al.*, 2007) e por isso, a agricultura tem sido apontada como um dos maiores contribuintes à redução da biodiversidade. Isto se deve a grande quantidade de terras utilizadas para esta atividade, bem como o alto nível de utilização e entrada de pesticidas nos sistemas atuais de cultivo (McLaughlin &

Mineau, 1995). O uso de inseticidas como controle de insetos-praga, e também de herbicidas e fertilizantes, é capaz de modificar as cadeias alimentares e alterar o desenvolvimento das comunidades animais presentes em lavouras (Mesléard *et al.* 2005).

O cultivo de arroz (*Oryza sativa*) tem sido alvo de especulações devido aos efeitos deste sobre o ambiente. Essas lavouras de arroz são ambientes temporários, caracterizados por rápidas mudanças físicas e químicas e sucessões ecológicas relativamente breves (Rundle *et al.*, 2002). Além disso, a utilização intensiva de agrotóxicos (herbicidas, inseticidas e fungicidas) em lavouras de arroz tem contribuído de maneira significativa para as inúmeras questões que emergem a respeito desta cultura.

Centenas de agrotóxicos com diferentes estruturas químicas são utilizados mundialmente na agricultura e, embora sejam considerados essenciais para uma produção satisfatória, alguns deles podem contaminar ambientes e impactar a biota, principalmente a aquática (Bretaud *et al.*, 2000; Weis *et al.*, 2001; Das *et al.*, 2003; Friberg *et al.*, 2003; SOSBAI, 2005; Carvalho, 2006). A preocupação com a contaminação de sistemas aquáticos superficiais e subterrâneos por agrotóxicos e outros contaminantes tem crescido no meio científico (Dores & De-Lamonica-Freire, 2001). Golombieski *et al.* (2008) analisando o efeito de metsulfuron-metílico, azimsulfuron e carbofuran nas comunidades de Cladocera, Copepoda e Rotifera em lavouras de arroz irrigado verificaram que os herbicidas estudados não afetaram a comunidade zooplânctônica, enquanto o inseticida Carbofuran causou poucos efeitos sobre copepódos e rotíferos, porém provocou efeitos negativos em Cladocera. Colpo *et al.* (2009) em estudos desenvolvidos na Grande Porto Alegre, verificaram que os efluentes produzidos pelas cidades e indústrias são mais agressivos aos ambientes aquáticos que os efluentes drenados de uma lavoura de arroz manejada de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Já na região centro oeste do Rio Grande do Sul, Baumart (2010) verificou que não houve influência dos herbicidas Only, Bispyribac-sodium e Quinclorac, e do inseticida Fipronil, sobre os parâmetros físico-químicos da água.

Hoffman *et al.* (1995) descrevem que a ação toxicológica de agroquímicos apresenta efeitos mais ou menos específicos nos distúrbios neurológicos e na inibição enzimática de organismos. Contudo efeitos letais são raros na natureza, devido ao fato dos organismos serem expostos a baixas concentrações que,

geralmente, são subletais (Dehn & Schirff, 1986). Apesar desses estudos, ainda há carência de informações relacionando toxicidade de herbicidas e inseticidas utilizados em cultura de arroz irrigado sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Portanto, com o intuito de ampliar e consolidar o conhecimento a respeito de tais impactos desenvolveu-se este estudo que objetivou monitorar, ao longo do tempo de cultivo, a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em lavoura de arroz irrigado tratada com os agrotóxicos Carbofuran (inseticida) e Penoxsulam (herbicida) que estão entre os principais produtos utilizados na lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na área experimental de várzea, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, durante os meses de dezembro de 2008 a março de 2009 (safra agrícola 2008/2009) da cultura de arroz irrigado (Figura 01). Nesta área, foram amostrados macroinvertebrados bentônicos em áreas de cultivo de arroz irrigado, tratadas com o inseticida Carbofuran, o herbicida Penoxsulam e área controle. Realizaram-se cinco amostragens de macroinvertebrados bentônicos ao longo do estudo. Adicionalmente, foram realizadas as seguintes determinações: pH, temperatura, oxigênio dissolvido e persistência dos agroquímicos na água de irrigação e o teor de matéria orgânica do sedimento.



**Figura 01:** Área experimental de várzea da Universidade Federal de Santa Maria, com cultivo de arroz irrigado onde foi desenvolvido o estudo (safra 2008/2009).

### 2.1 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas experimentais (10 m x 7 m = 70 m<sup>2</sup>), separadas por taipas e com irrigação e drenagem individuais, foram distribuídos os três tratamentos: T1 –

Penoxsulam (na dose  $48 \text{ g ha}^{-1}$ ), T2 – Carbofuran (na dose  $400 \text{ g ha}^{-1}$ ) e T3 – testemunha (sem agrotóxicos) (Figura 02).



**Figura 02:** Vista geral dos blocos experimentais na área de cultivo de arroz irrigado onde foram realizadas amostragens.

A semeadura, na densidade de  $130 \text{ kg ha}^{-1}$ , foi realizada no sistema de semeadura direta utilizando-se uma semeadora-adubadeira com linhas espaçadas  $0,17 \text{ m}$ . A cultivar reagente IRGA 422 CL foi utilizada. A adubação foi de acordo com a análise de solo e a recomendação (SOSBAI, 2005) com fertilizante formulado na quantidade de  $10 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $40 \text{ kg P}_{205} \text{ ha}^{-1}$  e  $40 \text{ kg K}_{20} \text{ ha}^{-1}$ . O nitrogênio foi aplicado manualmente, utilizando-se uréia, na quantidade de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo metade no início do perfilhamento, em torno de 20 dias após a emergência das plântulas (DAE) e o restante na iniciação do primórdio da panícula (IDP).

Penoxsulam (3-(2,2-difluoroethoxy)-N-(5,8-dimethoxy[1,2,4] triazolo[1,5-c] pyrimidin-2-yl)- $\alpha,\alpha,\alpha$ - trifluorotoluene-2-sulfonamide) e Carbofuran (2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-ylmethylcarbamate) foram aplicados antes da entrada de água na lavoura. Penoxsulam foi aplicado em solo superficialmente seco com o arroz no estágio de três a quatro folhas (V3 ou V4). Para a aspersão foi utilizado pulverizador costal de precisão, contendo na barra quatro pontas Teejet XR11002, de jato em forma de leque espaçados de  $0,50 \text{ m}$  uma da outra, operando a  $275 \text{ kPa}$  de pressão

e consumo de calda correspondente a  $150 \text{ L ha}^{-1}$ . O inseticida Carbofuran, formulação granulada, foi aplicado seis horas antecedendo a entrada de água na lavoura.

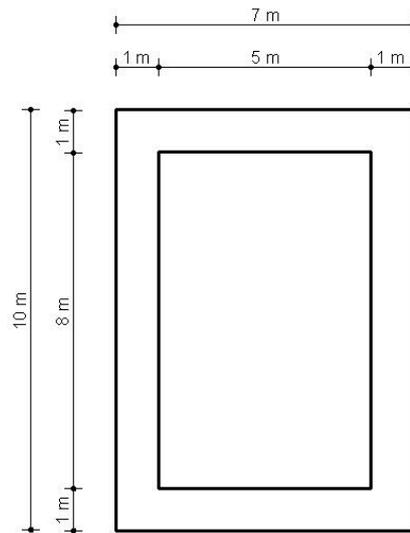
A irrigação da área foi realizada um dia após a aplicação do herbicida e a lâmina de água nas parcelas foi mantida ao redor de 0,10 m e monitorada diariamente. A fim de evitar as perdas de água por infiltração lateral, foi criada uma taipa ronda ampla, e um canal com água foi mantido entre as parcelas e ao redor do experimento, com a mesma carga hidráulica da parcela. A água utilizada para inundação da área de cultivo de arroz foi retirada de reservatório artificial (açude).

## 2.2 Amostragem de macroinvertebrados bentônicos

Para a amostragem dos macroinvertebrados bentônicos, porções de solo foram coletadas utilizando um tubo de PVC (*Corer*) com 10 cm de diâmetro (área de  $78,5 \text{ cm}^2$ ) a uma profundidade de 5 cm. O material amostrado foi ensacado, etiquetado e levado ao laboratório, onde foi lavado em peneiras de malha 0,25 mm e re-acondicionados em frascos com álcool etílico (70%) e corante Rosa-de-Bengala ( $12 \text{ mg L}^{-1}$ ). Após a fixação, os organismos foram separados, quantificados e identificados até o menor nível taxonômico possível, utilizando-se bibliografias especializadas, tais como Fernández & Domínguez (2001) e Costa *et al.* (2006). O material foi depositado na coleção científica do laboratório de Carcinologia da Universidade Federal de Santa Maria.

Ao longo da safra, cinco amostragens foram realizadas, sendo elas no 3°, 7°, 14°, 28° e 56° dias após a entrada de água nas parcelas experimentais.

Cada parcela media 10 m x 7 m, porém para as amostragens foram desconsiderados 1m de cada lado da parcela, a fim de minimizar o efeito de borda. Sendo assim, a área de coleta de cada parcela era de 8 m x 5 m (Figura 03). Esta área foi dividida em 40 quadrantes, de  $1 \text{ m}^2$  cada, dos quais, quatro foram sorteados para a obtenção de amostras com o amostrador *corer*. Como cada tratamento possuía três repetições (parcela), ao final de cada dia de amostragem, 36 amostras foram coletadas (4 amostras x 3 parcelas x 3 tratamentos = 36 amostras por dia de amostragem). Ao final da safra, 180 amostras foram coletadas (36 por dia x 5 dias amostrais).



**Figura 03:** Croqui de uma parcela experimental onde foram realizadas as amostragens ao longo do estudo (cultivo de arroz irrigado).

## 2.3 Fatores ambientais

### 2.3.1 Parâmetros físico-químicos

Nos dias de amostragens dos macroinvertebrados bentônicos, também foram realizadas as seguintes determinações na água de irrigação: pH utilizando o pHmetro Hanna (HI8424), temperatura e oxigênio dissolvido (oxímetro YSI-Modelo Y5512).

### 2.3.2 Persistências dos agrotóxicos

Foram coletadas amostras de água nas parcelas tratadas com Carbofuran e Penoxsulan no 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup>, 10<sup>o</sup>, 14<sup>o</sup>, 21<sup>o</sup>, 28<sup>o</sup>, 42<sup>o</sup>, 49<sup>o</sup>, 56<sup>o</sup> dia após a aplicação dos tratamentos, a fim de analisar a persistência dos agrotóxicos na mesma. Após a coleta, as amostras devidamente identificadas, foram encaminhadas para a análise

química nos laboratórios do Grupo de Pesquisa na área de Análises de Resíduos de Pesticidas da UFSM.

### 2.3.3 Análise da matéria orgânica do sedimento

Em cada parcela de coleta de fauna bentônica, coletou-se uma amostra de sedimento com um amostrador tipo *corer*. As mesmas foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente identificados e posteriormente congelados para evitar a degradação da matéria orgânica. No laboratório, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente e depois secadas em estufa a 60 °C por aproximadamente 48 horas.

De cada amostra de sedimento seco (60 °C), 10 gramas foram acondicionadas em cadinhos de porcelana, previamente calcinados e pesados, e posteriormente submetidos a mufla a 500 °C por 3 horas. Quando retiradas da mufla, as amostras permaneceram em dessecador até atingirem a temperatura ambiente, quando foram novamente pesadas e a diferença de peso ( $P_{inicial} - P_{final}$ ) indicou o teor de matéria orgânica do sedimento em gramas, o qual foi posteriormente convertido em porcentagem (%).

## 2.4 Análise dos parâmetros ecológicos

Após a triagem e identificação dos macroinvertebrados, a comunidade bentônica foi avaliada quanto a abundância de espécimes coletados (quantidade total de organismos), a riqueza de táxons (número de grupos identificados), e diversidade, esta, por meio do índice de Shannon (Begon *et al.*, 1990), que leva em consideração os dois parâmetros anteriormente mencionados, conforme equação 1.

$$H = - \sum P_i . \log P_i \quad [Eq. 1]$$

Onde:

H = Índice de diversidade de Shannon

P<sub>i</sub> = Probabilidade de importância de cada espécie = n<sub>i</sub>/N

n<sub>i</sub> = Valor de importância de cada espécie

N = Total dos valores de importância de cada espécie

## 2.5 Procedimentos estatísticos

Os dados de estrutura da comunidade e os parâmetros ambientais foram checados quanto à normalidade de sua distribuição (Teste Shapiro-Wilk) e igualdade das variâncias (Teste de Levene).

Em caso de dados heterocedásticos, os mesmos foram transformados ( $\sqrt{X}$ ) para adequação às Análises de Variância de dois fatores (ANOVA two-way), as quais compararam a estrutura da comunidade bentônica (abundância, riqueza e diversidade) ao longo do período da safra (1º fator = “Dias de amostragem”, com 5 níveis: 3º, 7º, 14º, 28º e 56º dias após a entrada de água) entre os tratamentos (2º fator = “Tratamentos”, com 3 níveis: T1 – controle, T2 – Penoxsulam e T3 – Carbofuran). Em caso de interação entre os 2 fatores o teste a posteriori Tukey HSD foi realizado.

Para correlacionar oxigênio dissolvido na água ( $O_2$ ), teor de matéria orgânica no sedimento e persistência dos agrotóxicos na água, com a riqueza de táxons e o índice de diversidade de Shannon, utilizou-se Correlação de Pearson em caso de dados com distribuição normal e Correlação de Spearman para dados que não seguiram o padrão de distribuição normal.

Todas as análises realizadas foram avaliadas ao nível de significância de 5% (Zar, 1999).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Fatores ambientais

Os valores de oxigênio dissolvido, temperatura e pH da água, mensurados do 3° ao 56° dia após a entrada de água na lavoura, estão descritos na Tabela 1. A maior taxa de oxigênio (6,83 mg. L<sup>-1</sup>) foi registrada no 56° dia após a entrada de água na lavoura e a menor leitura desse índice (2,10 mg. L<sup>-1</sup>) foi no 14° dia.

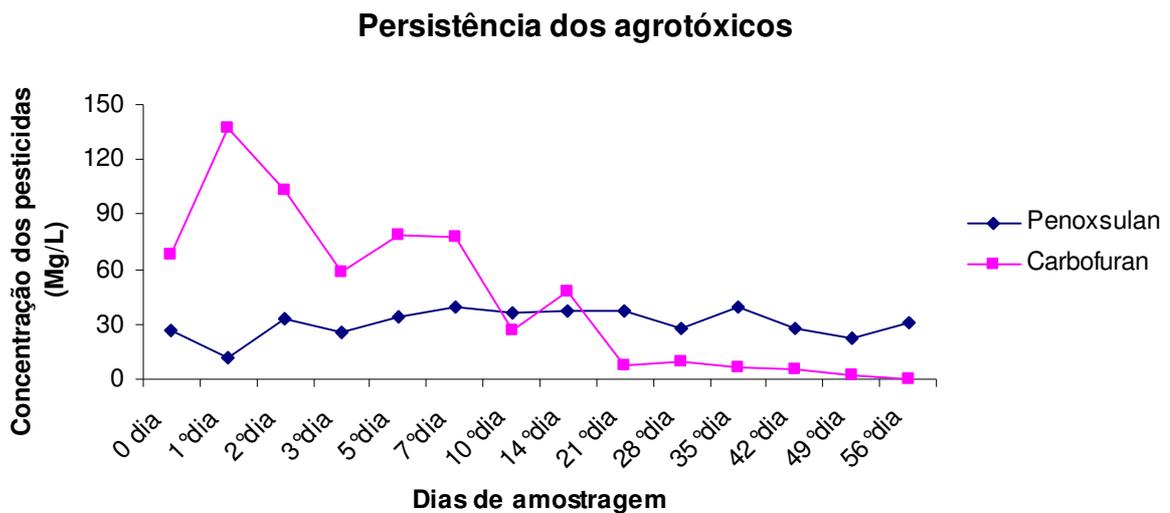
A temperatura da água variou de 21,03 °C a 26,45°C, sendo que os valores mais elevados correspondem à segunda quinzena de janeiro. O pH manteve-se na faixa de 5,9 a 6,5 durante todo o estudo.

O teor de matéria orgânica variou de 1,51 a 4,36 %. No entanto, as médias foram similares entre os tratamentos (ANOVA one-way: F = 0,29; p = 0,74) sendo 2,22 % a porcentagem média de matéria orgânica para o controle (T1), 2,32 % para Penoxsulam (T2) e 2,17 % para o tratamento com Carbofuran (T3).

**Tabela 01** – Parâmetros físico-químicos analisados durante o estudo na área de cultivo de arroz irrigado.

Parâmetros Físico-Químicos		Média	Desvio Padrão	Mínima	Máxima
Água	Oxigênio Dissolvido (O <sub>2</sub> mg.L <sup>-1</sup> )	3,90	1,6	2,10	6,83
	Temperatura (°C)	23,99	2,21	21,03	26,45
	pH	6,15	0,19	5,91	6,50
Sedimento	Teor de matéria orgânica (%)	2,2	1,3	1,51	4,46

Dos agrotóxicos analisados, o que apresentou maior persistência na água foi o herbicida Penoxsulam o qual foi detectado até o último dia de amostragem (56° dia), com pouca oscilação em suas concentrações ao longo de todo o período de estudo (Figura 04). Portanto, não foi possível identificar quando este agroquímico não era mais detectado na água deste experimento. Já o inseticida Carbofuran apresentou um declínio em sua concentração ao longo do período de monitoramento, e no 56° dia ele já não foi mais detectado na água (Figura 04).



**Figura 04:** Persistência dos agrotóxicos Penoxsulam e Carbofuran na água do cultivo de arroz irrigado em Mg/L. Dia 0: entrada de água no experimento.

### 3.2 Macroinvertebrados bentônicos

No estudo foram amostrados 3573 indivíduos (1213 no tratamento controle, 1365 no Penoxsulam e 995 no Carbofuran), pertencentes aos filos Platyhelminthes, Nematoda, Annelida e Arthropoda (Tabela 2).

Dentre os organismos amostrados, Chironomidae foi o grupo dominante nos três tratamentos: 74% dos organismos amostrados no tratamento controle, 73% dos organismos do Penoxsulam e 70% dos organismos do Carbofuran. Considerando a comunidade bentônica no geral, Chironomidae representou 72,5% dos organismos amostrados nesse estudo, ou seja, a abundância total de indivíduos deste estudo foi regida pela abundância exclusiva de organismos desta família, a qual não variou entre os tratamentos, ao longo dos dias de amostragem (ANOVA two-way; resultados na tabela 3).

O Filo Arthropoda foi o mais representativo, destacando-se a classe Insecta, especialmente a família Chironomidae da ordem Diptera. Além desta, as ordens Coleptera, Odonata, Ephemeroptera e Plecoptera foram amostradas. Também foi registrada a ocorrência de organismos pertencentes ao subfilo Crustacea, classes Copepoda e Ostracoda.

O Filo Platyhelminthes esteve representado apenas pela ordem Tricladida. Do Filo Annelida foram amostrados organismos pertencentes às classe Oligochaeta, (ordem Haplotaxida, família Naididae) e Hirudinea.

**Tabela 2:** Abundância total de organismos amostrados em cada um dos tratamentos estudados na lavoura de arroz irrigado. T1: tratamento controle, T2: tratamento com Penoxsulam e T3: tratamento com Carbofuran.

Grupos Taxonômicos	Abundância Total		
	T1	T2	T3
<b>Filo Arthropoda</b>			
Ordem Diptera			
Família Chironomidae	900	993	700
Família Ceratopogonidae	34	13	13
Família Culicidae	4	3	0
Ordem Ephemeroptera			
Família Baetidae	10	7	9
Ordem Odonata			
Família Libellulidae	1	0	0
Ordem Plecoptera			
Família Perlidae	1	0	0
Subfilo Crustacea			
Classe Ostracoda	18	10	11
Classe Copepoda	2	10	1
<b>Filo Annelida</b>			
Classe Oligochaeta			
Ordem Haplotaxida			
Família Naididae	57	170	165
Classe Hirudinea	42	58	22
<b>Filo Nematoda</b>	84	73	51
<b>Filo Platyhelminthes</b>			
Ordem Tricladida	4	3	0

As análises de variância, que avaliaram a abundância total de macroinvertebrados e a riqueza de táxons, detectaram interações entre os fatores dias de amostragem e tratamentos (ANOVA two-way, resultados na Tabela 3). O teste a posteriori (Tukey HSD) mostrou que a abundância da comunidade no 8° dia de amostragem diferiu entre as parcelas tratadas com Penoxsulam e Carbofuran. Os resultados estão expressos na Figura 5, onde letras iguais significam similaridade estatística. No entanto, nos demais dias de amostragem, a abundância total de organismos foi similar entre os tratamentos. Já a comparação a posteriori da riqueza de táxons revelou que apenas no 56° dia amostral a riqueza de macroinvertebrados no controle foi superior a das parcelas tratadas com o inseticida Carbofuran (Figura 06).

O Índice de Diversidade de Shannon variou ao longo dos dias de amostragem, porém não houve diferença significativa entre os tratamentos (ANOVA two-way, resultados na Tabela 3). Apenas um aumento sutil da diversidade foi verificado ao longo do processo de sucessão ecológica avaliado neste estudo (do 3° ao 56° dia) (Figura 07).

De uma forma geral, os resultados indicam que o processo de colonização pelos macroinvertebrados nas áreas controle não variou significativamente das áreas tratadas com Penoxsulam e Carbofuran, demonstrando assim que os agrotóxicos testados não afetaram a colonização da fauna bentônica, nas áreas de cultivo de arroz irrigado.

**Tabela 3:** Resultados das Análises de Variância (two-way) realizadas para avaliar a abundância total de organismos, a riqueza de táxons, o índice de diversidade de Shannon e a abundância exclusiva de Chironomidae da comunidade estudada ao longo do período de monitoramento (dias de amostragem) e entre os tratamentos com Penoxsulam, Carbofuran e controle.

	gl	SQ	QM	F
<b>Abundância de organismos</b>				
Dias de Amostragem (A)	4	79,1	19,8	6,36***
Tratamentos (B)	2	12,7	6,4	2,04 (ns)
A vs. B	8	60,0	7,5	2,41*
<b>Riqueza de táxons</b>				
Dias de Amostragem (A)	4	3,0	0,7	4,98***

Tratamentos (B)	2	0,8	0,4	2,59 (ns)
A vs. B	8	3,8	0,5	3,18**

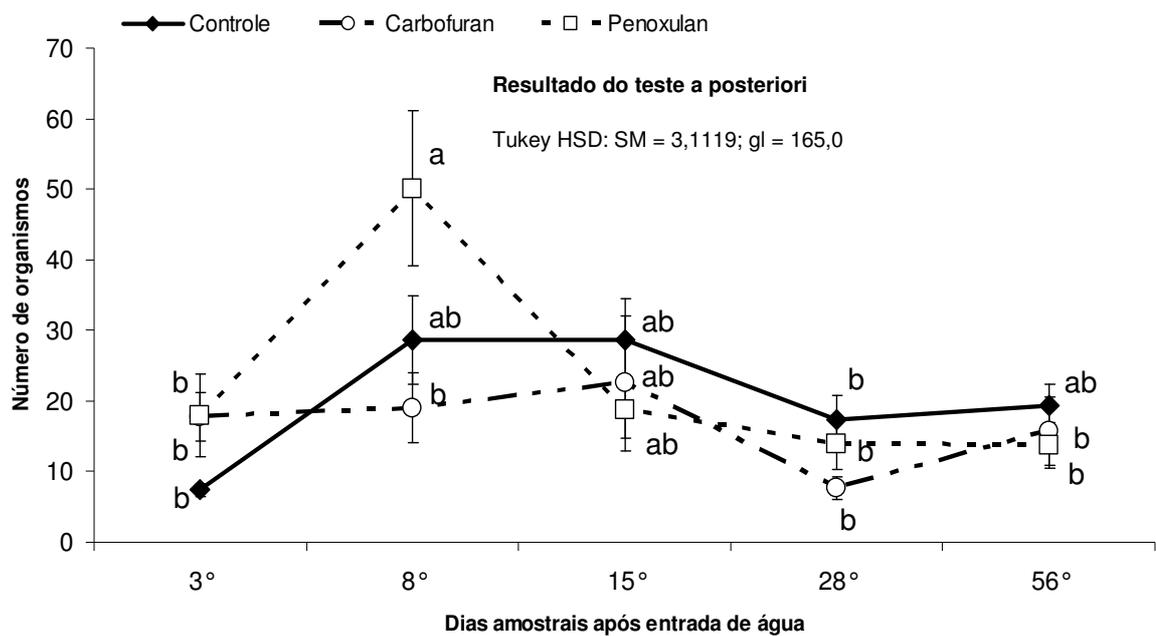
### Índice de Diversidade de Shannon

Dias de Amostragem (A)	4	0,03	0,007	6,23***
Tratamentos (B)	2	0,0003	0,0001	0,13 (ns)
A vs. B	8	0,017	0,002	1,78 (ns)

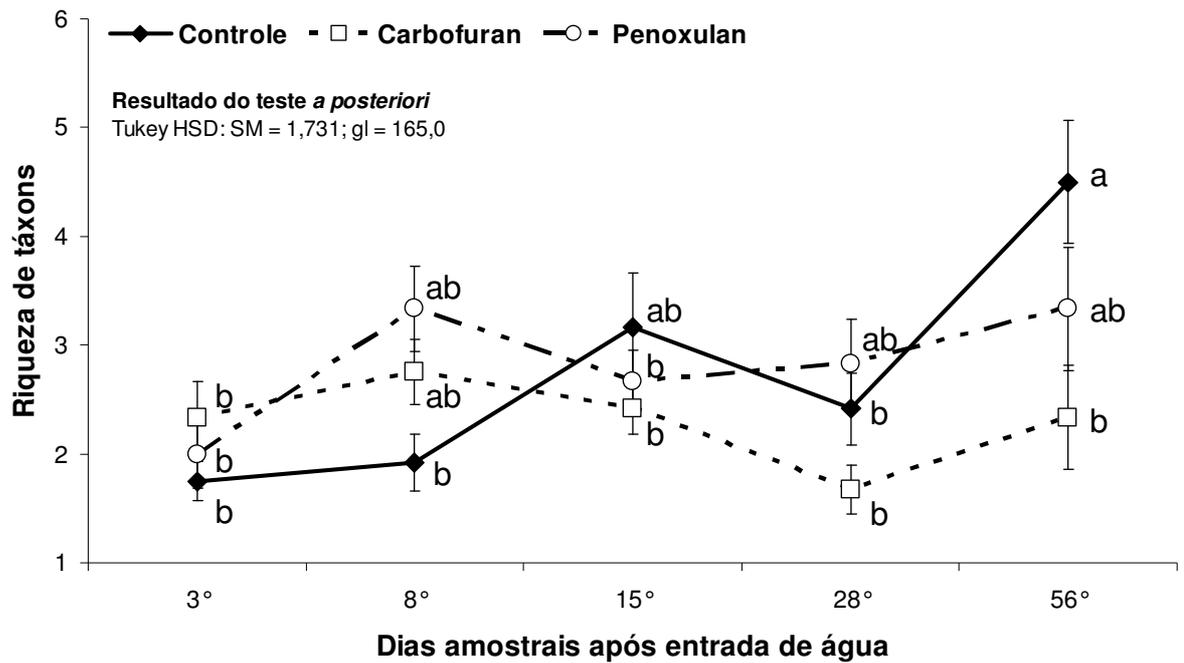
### Abundância de Chironomidae

Dias de Amostragem (A)	4	219,3	109,7	0,31 (ns)
Tratamentos (B)	2	3627,9	907,0	2,53 (ns)
A vs. B	8	3977,6	497,2	1,38 (ns)

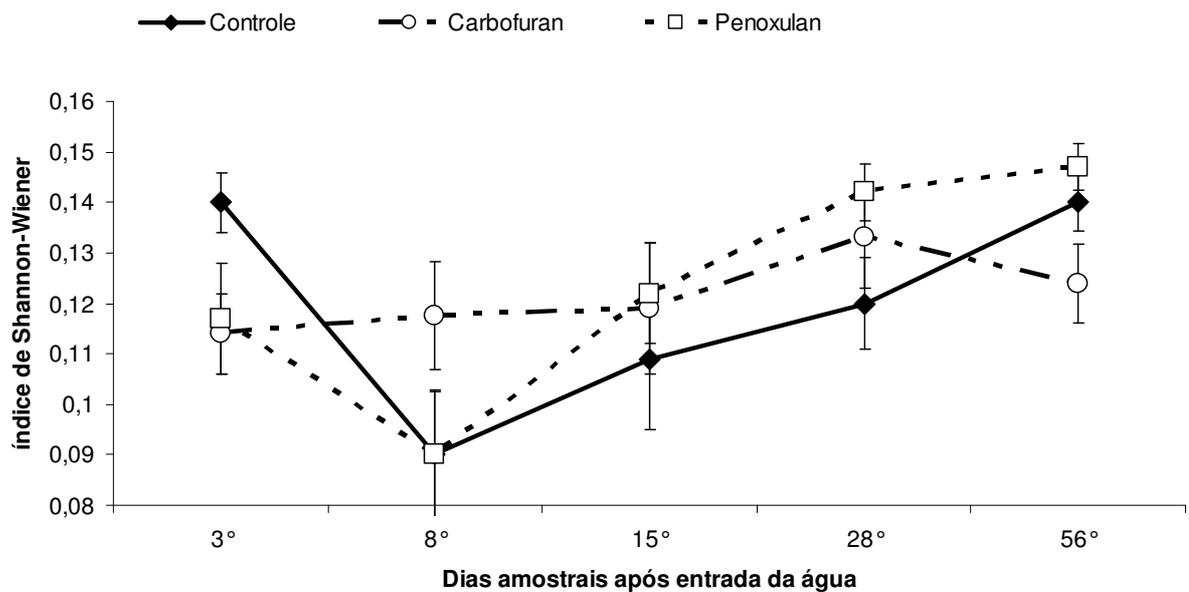
(ns) = não significativo ( $p > 0,05$ ); \* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ .



**Figura 05:** Abundância de organismos ao longo do cultivo de arroz irrigado, para o tratamento controle, Carbofuran e Penoxsulam. Valores médios com barras de erro padrão. Letras iguais sobre as barras significam similaridade estatística.



**Figura 06:** Riqueza de espécies ao longo do cultivo de arroz irrigado, para o tratamento controle, Carbofuran e Penoxsulam. Valores médios com barras de erro padrão. Letras iguais sobre as barras significam similaridade estatística.



**Figura 07:** Diversidade de táxons ao longo do cultivo de arroz irrigado, para o tratamento controle, Carbofuran e Penoxsulam. Valores médios com barras de erro padrão.

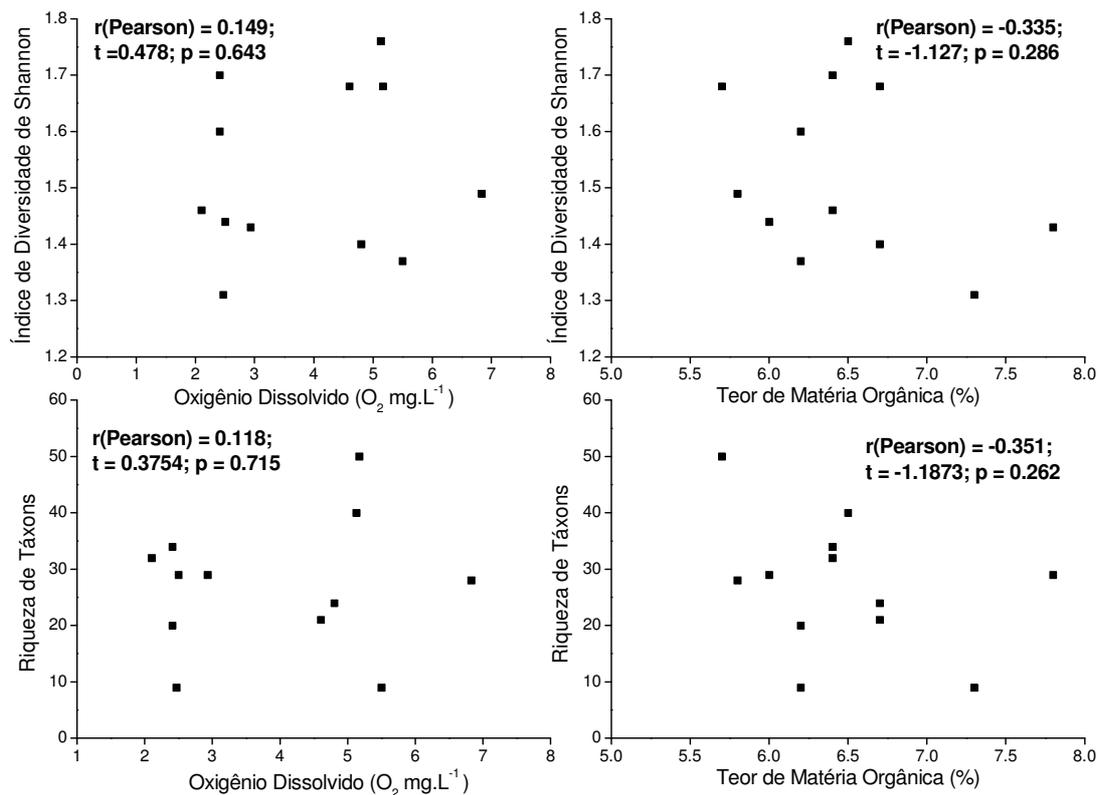
O processo de sucessão observado no presente trabalho foi iniciado pela ordem Diptera, principalmente pelos indivíduos da família Chironomidae, os quais foram amostrados desde o primeiro dia de coleta tanto na área controle como nos tratamentos com Carbofuran e Penoxsulam, demonstrando ser pioneiro no processo de colonização.

A estrutura da comunidade, aqui medida pela abundância, riqueza e índice de diversidade não foi influenciada pelos agrotóxicos utilizados neste estudo, mas grupos específicos de animais e suas respectivas sensibilidades podem ser indicativos mais refinados do impacto dos pesticidas. A família Baetidae, por exemplo, foi registrada no 3° dia no tratamento controle enquanto que no Carbofuran e Penoxsulam representantes desse táxon só foram amostrados a partir do 15° dia.

A Classe Turbellaria foi registrada somente no tratamento controle e com o herbicida Penoxsulam, não sendo amostrada com o inseticida Carbofuran. Além disso, a ordem Odonata, família Libellulidae foi amostrada no início do cultivo e somente no tratamento controle.

### **3.3 Correlações entre fatores ambientais e macroinvertebrados bentônicos**

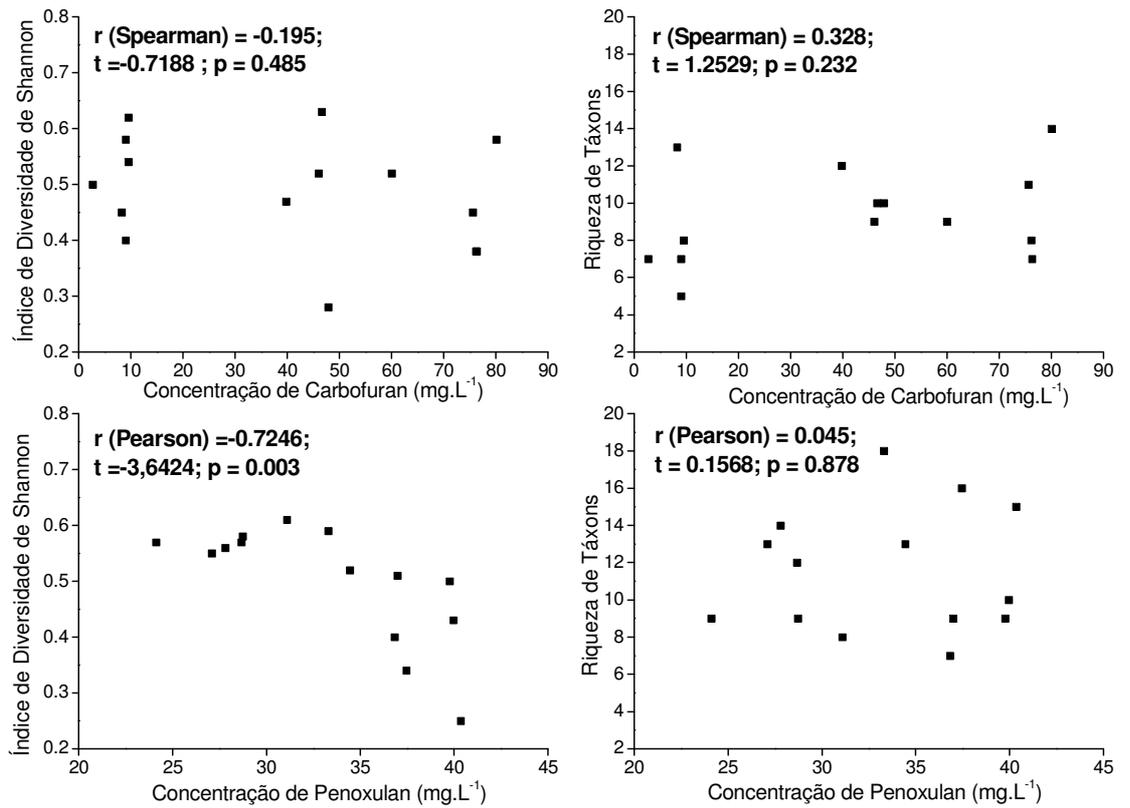
Os dados referentes aos teores de oxigênio dissolvidos na água e matéria orgânica do sedimento, riqueza de táxons e índice de diversidade de Shannon apresentaram distribuição normal (Teste Shapiro-Wilk:  $p > 0,05$ ), portanto a Correlação de Pearson foi utilizada para verificar se os parâmetros ecológicos (riqueza e diversidade) variaram em função dos fatores abióticos ( $O_2$  e matéria orgânica). Os resultados não indicaram nenhum tipo de correlação entre as variáveis avaliadas (Figura 08).



**Figura 08:** Correlações entre variáveis físico-químicas (matéria orgânica do sedimento e oxigênio dissolvido na água) e estrutura da comunidade (riqueza de táxons e índice de diversidade de Shannon).

Os dados de concentração de Carbofuran não seguiram o padrão de distribuição normal (Teste Shapiro-Wilk:  $p < 0,05$ ), portanto a Correlação de Spearman foi utilizada. Esta análise revelou que a concentração de tal inseticida não afeta a riqueza de táxons, nem o índice de diversidade de Shannon na comunidade (Figura 09).

Já as concentrações de Penoxsulam atendem as premissas de normalidade (Teste Shapiro-Wilk:  $p > 0,05$ ), portanto a Correlação de Pearson foi adotada. A concentração deste herbicida parece não influenciar na riqueza de táxons, mas suas dosagens residuais correlacionam-se negativamente com o índice de diversidade da comunidade (Pearson:  $r = -0,7246$ ;  $p = 0.003$ ) (Figura 09).



**Figura 09:** Correlações entre a concentração de agrotóxicos, com a riqueza de táxons e índice de diversidade de Shannon.

#### 4. DISCUSSÃO

Compreender como as comunidades de macroinvertebrados bentônicos se organizam e se estruturam auxilia na avaliação das propriedades das águas e fornece uma estimativa das implicações ecológicas promovidas pelas fontes de poluição (Callisto *et al.*, 2001). Neste estudo, não foram detectadas alterações significativas na estrutura da comunidade de macroinvertebrados entre áreas de cultivo de arroz irrigado tratadas com o herbicida Penoxsulam e com o inseticida Carbofuran.

De acordo com Kleerekoper (1990) os parâmetros físicos e químicos são de grande importância para as comunidades aquáticas, determinando a distribuição e ocorrência dos seres vivos. Segundo Guereshi (2004), o oxigênio dissolvido é considerado uma das variáveis ambientais imprescindíveis no ecossistema aquático porque pode determinar a duração do ciclo de vida de insetos e muitos outros animais nesse ambiente. Nesse estudo, o oxigênio dissolvido apresentou-se em 60% dos dias de amostragem, com valores abaixo do permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005), para a água de classe 3, destinada ao cultivo de cereais, que segundo esta, não deve ser inferior a 4 mg/L<sup>-1</sup>. Porém, Mercante *et al.*, (2005) afirmam que em ambientes que sofreram alterações e que possuem uma lâmina de água muito baixa, é comum ter um baixo percentual de oxigênio dissolvido, e a lavoura de arroz se enquadra nesse tipo de ambiente. Em estudos realizados anteriormente nesta mesma área os níveis de oxigênio dissolvido na água variaram de 0,6 a 2,2 mg.L<sup>-1</sup> (Golombieski *et al.*, 2008) e entre 2,10 e 6,83 mg.L<sup>-1</sup> (Baumart, 2010). Neste experimento, a variação de oxigênio dissolvido na água do cultivo manteve a média já registrada nesse tipo de ambiente.

Gijsman *et al.* (1997) relata em seu estudo que a macrofauna é uma das mais afetadas pela orizicultura, sendo que a falta de oxigênio imposta pelo cultivo irrigado e a aplicação de produtos químicos resultam na redução da abundância e diversidade dos organismos. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água registradas neste estudo, provavelmente justificam a predominância de Chironomidae, já que esta família é especialmente tolerante a condições de depleção de oxigênio quando comparada a outros táxons. Monkolski *et al.* (2006) descrevem que chironomídeos apresentam adaptações morfo-fisiológicas, tais como, presença de pigmentos respiratórios semelhantes à hemoglobina,

mecanismos de desintoxicação e ventilação ondulatória do abdômen que permitem sua sobrevivência em ambientes com déficit de oxigênio, como a lavoura de arroz irrigado aqui estudada.

Silveira (2004) relata que a temperatura pode contribuir para o aumento dos organismos aquáticos durante o verão, visto que aumenta a taxa em que os nutrientes aderidos aos sólidos suspensos são convertidos em formas solúveis, tornando-se prontamente disponíveis para a fauna bentônica. Neste estudo, apesar de terem sido registradas elevadas temperaturas da água, a fauna não foi abundante nem diversa e isso pode ser explicado pelo fato da lavoura de arroz ser um sistema fechado e com características próprias, diferentemente de outros ambientes aquáticos. Portanto, as características dos demais sistemas hídricos, já bem estudados e conhecidos, não podem ser amplamente estendidas ao ambiente de cultivo de arroz.

Como pode ser observado, o pH não teve grande oscilação (5,9 – 6,5), e os valores são muito similares aos registrados por Baumart (2010) na mesma área de estudo (6,1 – 7,3). De acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA, para este tipo de ambiente, o ideal é que o pH não esteja abaixo de 6,0, e neste estudo o valor médio permaneceu em torno dessa faixa. De acordo com Mercante *et al.* (2005) valores baixos de pH podem afetar a ciclagem de nutrientes pela redução da taxa de decomposição da matéria orgânica e pela inibição da fixação do nitrogênio. Esteves (1998) relata ainda, que ecossistemas aquáticos que apresentam frequentemente valores baixos de pH (<6) têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone, impedindo dessa forma, o estabelecimento da fauna mais sensível como Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera.

Tundisi & Matsumura-Tundisi (2008) descrevem que a estrutura da comunidade de macroinvertebrados e sua sucessão podem ser alteradas por substâncias tóxicas de origem alóctone e pela taxa de matéria orgânica dissolvida. Neste estudo o teor de matéria orgânica no sedimento foi similar nos três tratamentos, e os valores foram considerados baixos (variando de 1,51% a 4,46%) se comparados com os valores entre 5,6 a 27,2 % obtidos por Moraes *et al.* (2001), em solos de várzea na região central do Brasil. Rempel *et al.* (2000) e Oliveira (2002) verificaram em seus estudos que os macroinvertebrados bentônicos são condicionados principalmente pelo teor de matéria orgânica e granulometria do

sedimento. Concordando com isso, Lisboa (2009) descreve que elevados valores de matéria orgânica podem refletir na disponibilidade e acessibilidade do recurso alimentar aos grupos de invertebrados, sendo esta uma possível explicação para a baixa abundância e riqueza de organismos registrados neste estudo.

As correlações entre teores de oxigênio dissolvidos na água e matéria orgânica do sedimento, riqueza de táxons e índice de diversidade de Shannon não indicaram nenhum tipo de correlação entre as variáveis avaliadas. Esse fato pode estar relacionado com os baixos e pouco variáveis teores de matéria orgânica e oxigênio dissolvido na água de irrigação, resultando em uma baixa riqueza e diversidade.

Verificou-se que o inseticida Carbofuran teve uma menor persistência na água que o herbicida Penoxsulam. Mattos *et al.* (2001) analisando a dissipação do inseticida Carbofuran na água em ecossistema de arroz irrigado, em Capão do Leão, RS, verificaram que a dissipação do mesmo ocorreu aos 30 dias após a aplicação do inseticida. Já Moreira *et al.* (2004) detectaram resíduos de Carbofuran até 49 dias após a aplicação do inseticida. No presente estudo, observou-se que apenas no 56° dia o Carbofuran não era mais detectado na água, ou seja, um período maior do que os registrados em outros estudos. Almeida *et al.* (2001) relatam que em áreas onde o Carbofuran é aplicado em várias safras, sem alternância de agroquímicos, a atividade degradativa do composto aumenta, devido ao crescimento de microorganismos capazes de utilizá-lo como fonte de carbono e nitrogênio. Portanto, é provável que o elevado tempo de persistência do Carbofuran neste estudo (56 dias) seja consequência do uso do mesmo em duas safras consecutivas. Já o herbicida Penoxsulam foi registrado na água durante todo o período do experimento (do 3° ao 56° dia). Por ser um produto relativamente novo no mercado, pouco se sabe sobre seu tempo de persistência, causas de degradação e consequências de seus metabólitos a comunidade biológica.

Apesar dos dois produtos testados terem apresentado padrões de persistências distintos, nenhum parece ter afetado o processo de colonização da comunidade de macroinvertebrados. Já que de forma geral a abundância total de organismos e exclusiva de Chironomidae, bem como a riqueza de táxons e o índice de diversidade não variaram entre as parcelas tratadas com esses diferentes produtos. Algumas variações observadas, como a maior abundância de organismos no 8° dia de amostragem no tratamento com Penoxsulam ou a maior riqueza de

táxons no controle no 56° dia, podem ser resultados da distribuição desigual natural destes macroinvertebrados (em patches), já que as alterações do meio e interações ecológicas determinam o arranjo e rearranjo das comunidades biológicas no meio ambiente (Loeb, 1993 ; Allan, 1995). Kershaw (1958) descreve que os organismos podem estar distribuídos no espaço de três maneiras: uniforme, aleatório e agregado; e que o padrão agregado, verificado em macroinvertebrados bentônicos, é o mais comum.

Moreira *et al.* (2004) descrevem que o modo de ação de cada produto é diferente, sendo também sua característica de seletividade. Contudo, os produtos podem se alterar em condições ambientais adversas, pois todos os agroquímicos sofrem ação físico-química como transporte e degradação. Esses processos determinam sua persistência e pode alterar sua eficácia no controle das pragas, bem como seu potencial para a contaminação dos recursos solo, água e alimentos.

Baumart (2010) em estudo desenvolvido na mesma área verificou que os pesticidas influenciaram a abundância da fauna bentônica apenas no início da cultura, porém no decorrer da mesma houve uma redução desse estresse. Delong & Brusven (1998) relatam em seu estudo que a presença de determinados herbicidas pode reduzir a diversidade devido à eliminação de organismos menos tolerantes. Neste estudo, verificou-se um efeito negativo do Penoxsulam sobre o índice de diversidade, mas não sobre a riqueza de táxons (Correlação de Pearson).

De acordo com Nakagome *et al.* (2007), o Carbofuran é um agroquímico com alto potencial de impacto ecológico, especialmente nos primeiros dias após sua aplicação. No entanto, não foi detectada nenhuma correlação entre os níveis de persistência do mesmo e os índices de diversidade ou riqueza de táxons.

A predominância de Diptera-Chironomidae, já foi observada nos mais diferentes ambientes (Marques *et al.*, 1999; Bueno *et al.*, 2003; Carvalho & Uieda , 2004; Ribeiro & Uieda, 2005) e segundo Callisto *et al.* (2001) esses organismos são capazes de colonizar tanto ambientes lóticos como lênticos, devido à sua tolerância as mais variadas situações e grande capacidade competitiva.

Suemoto *et al.* (2004), afirmam que os Chironomidae são típicos de sistemas aquáticos temporários, como é o caso da lavoura de arroz irrigado. Apesar de sua dominância, neste estudo não houve diferença significativa na abundância de Chironomidae entre os tratamentos (controle, Carbofuran e Penoxsulam) e ao longo da sucessão ecológica. Faria *et al.* (2007), em estudo desenvolvido em campos de

arroz em Portugal, utilizando a espécie *Chironomus riparius*, verificaram que o inseticida Endosulfan que tem Chironomidae como alvo, não causou a morte dessa família, mas sim um crescimento mais lento comparado com a testemunha, enquanto que os herbicidas Molinate e Propanil não causam danos biológicos aparentes a essa família.

Os índices de diversidade de Shannon estimados neste estudo, apesar de apresentarem um sutil incremento ao longo do processo de colonização, foram tão baixos quanto os já registrados por Baumart (2010) nesta mesma área de estudo. A conspícua predominância de Chironomidae, também observado por essa autora, explicaria os baixos índices de diversidade, uma vez que contribui para a baixa heterogeneidade (equidade) da comunidade. Membros da família Chironomidae são considerados estrategistas *r* porque possuem processos de dispersão que asseguram a rápida colonização ou recolonização de habitats. Pianka (1970) explica que desenvolvimento rápido, reprodução precoce e pequeno porte são, entre outras, características de espécies que adotam estratégia de seleção *r*. Estudos recentes demonstraram que os macroinvertebrados apresentam um padrão de estruturação da comunidade denominado aninhamento (Guimarães *et al.*, 2006; Heino *et al.*, 2009). Esse processo se caracteriza pela ocorrência de espécies de forma assimétrica, ou seja, espécies especialistas ocorreriam apenas em locais com maior diversidade de habitats e espécies generalistas podem ocorrer tanto em áreas com baixa ou alta complexidade estrutural e a lavoura de arroz irrigado é tipicamente um ambiente homogêneo com reduzida diversidade de habitats.

Delong & Brusven (1998) descrevem ainda que em ambientes que sofrem interferências constantes, como é o caso da lavoura de arroz, há uma tendência a eliminação dos organismos menos tolerantes e ao não estabelecimento de estrategistas *k*, permitindo dessa forma, a expansão e predominância dos generalistas, tolerantes ambientalmente. Isso explicaria a dominância de Chironomidae na área de estudo. Chironomidae é descrita como sendo a família mais tolerante a eutrofização (Piedras *et al.*, 2006) e a primeira a colonizar os mais variados ambientes (Reiss, 1977) e na lavoura de arroz deste estudo este grupo de dipteros foi o primeiro a colonizar a área.

Além disso, à medida que ocorre o desenvolvimento do arrozal, as características físicas desse ecossistema vão se modificando. Isso causa uma variedade de ambientes ao longo do crescimento do arroz, e cada um desses

ambientes poderá favorecer ou prejudicar espécies em particular (Crozarior,2008). A preferência de alguns grupos de macroinvertebrados e, em especial, de insetos aquáticos por áreas úmidas com vegetação na fase emergente vem sendo bem documentada, seja pelo provimento de alimento conferido (Campeau et al., 1994), seja pelo uso da área como hábitat (Escher e Lounibos, 1993; Murkin e Kadlec, 1986).

Esta investigação demonstrou que a estrutura da comunidade não foi influenciada pelos agrotóxicos testados, mas o aparecimento de determinados grupos somente no tratamento controle, podem ser indícios da influência específica que os agroquímicos causam sobre determinados táxons da fauna bentônica.

No entanto, é preciso levar em consideração que as características da lavoura de arroz fazem deste, um ambiente totalmente diferente de outros sistemas aquáticos. Um ambiente temporário, fechado e pequeno, torna a lavoura de arroz mais suscetível as mudanças abióticas. Oscilações ambientais como, por exemplo, as variações diárias de temperatura (dia/noite), podem não representar estresse para organismos bentônicos em habitats maiores e mais estáveis que a lavoura de arroz. No entanto, tais mudanças no ambiente estudado, podem ser drásticas o suficiente para dificultar o estabelecimento de organismos estrategistas *k* e, portanto, impedir um avanço no processo sucessional. Villar *et al.* (1997) afirmam que os ambientes de lavoura de arroz diferem da maioria dos outros habitats aquáticos e, conseqüentemente, a fauna que coloniza este agroecossistema, com certeza será diferente da fauna de outros tipos de ambientes aquáticos.

São poucos os animais que se estabelecem nessas áreas e a grande maioria é caracteristicamente generalista e resistente (estrategistas *r*), o que provavelmente explica a ausência de respostas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos aos diferentes agrotóxicos testados neste estudo, ao longo de tempo de cultivo.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados revelaram que a abundância de macroinvertebrados e a riqueza de táxons ao longo do processo de colonização não variaram significativamente entre o controle e as áreas tratadas com Penoxsulam e Carbofuran, demonstrando assim que os agrotóxicos testados não afetaram a abundância nem a riqueza da fauna bentônica, nas áreas de cultivo de arroz irrigado. No entanto, verificou-se um aumento sutil da diversidade ao longo do processo sucessional avaliado neste estudo, mas sem distinção entre os tratamentos.

Porém salienta-se que são poucos os animais que se estabelecem nessas áreas e a grande maioria é caracteristicamente generalista e resistente (estrategistas r), o que provavelmente explica a ausência de respostas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos aos diferentes agrotóxicos testados neste estudo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, J. D. **Stream Ecology Structure and function of running waters**. Oxford, Chapman & Hall, 1995.

ALMEIDA, G.R.; REYES, F.G.R.; RATH, S. *Drosophila melanogaster* Meigen: Sensibilidade ao Carbofuran e biomonitoramento de seus resíduos em repolho, **Química Nova**, Vol.24 (6), 768-772, 2001.

AMEZAGA, J.M.; SANTAMARÍA, L.; GREEN, A.J. Biotic wetland connectivity – supporting a new approach for wetland policy. **Acta Oecologica**, Vol. 23, 213-222, 2002.

BACEY, J.; SPURLOCK, F. Biological assessment of urban and agricultural streams in the California Central Valley. **Environmental Monitoring Branch**, Vol. 130, 483-493, 2007.

BARBIERI, E.; PHAN, V.N.; GOMES, V. Efeito do DSS, Dodecil Sulfato de Sódio, no metabolismo e na capacidade de natação de *Cyprinus carpio*. **Revista Brasileira de Biologia**, Vol. 58 (2), 263-271, 1998.

BARBOUR, M.T. et al. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers. **Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**. 2 ed., New York, 1999.

BAUMART, J.S. **Impacto de agrotóxicos usados na lavoura de arroz irrigado em organismos bentônicos**. 2010. 62 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Animal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. *Ecology: Individuals, populations and communities*. Black Well Scientific Publications, Cambridge. 1990. 943p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, 18 mar. 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 30 de junho de 2010.

BRETAUD, S.; TOUTANT, J.P.; SAGLIO, P. Effects of Carbofuran, diuron and nicossulfuron on Acetylcholinesterase Activity in Goldfish (*Carassius auratus*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Vol. 47, 117-124, 2000.

BOUCHARD, W.R. **Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest. Identification Manual for Students, Citizen Monitors, and Aquatic Resource Professionals.** University of Minnesota Department of Entomology , 2004.

BUCKUP, L. et al. The benthic macroinvertebrate fauna of highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure. **Revista Brasileira de Zoologia**, Vol. 24 (2), 294–301,2007.

BUENO, A.A.P.; BOND-BUCKUP, G.; FERREIRA, B.D.P. Estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos em dois cursos d'água do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Vol. 20(1), 115-125,2003.

CALDAS, E; SOUZA, L.C.de. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de agrotóxicos na dieta brasileira. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, Vol. 34, n.5, p.529-537, 2000.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Vol. 6, 71-82, 2001.

CARVALHO, F.P. Agriculture, pesticides, food security and food safety. **Environment Science e Policy**, Vol. 9 (7-8) , 685-692, 2006.

CARVALHO, A. L.; E. R. CALIL. Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil, adultos e larvas. **Papéis Avulsos de Zoologia**, Vol. 41(15), 223-241, 2000.

CARVALHO, E.M.; UIEDA, V.S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Vol. 22(2), 287-293, 2004.

COLPO, K.D. ; BRASIL, M.T. ; CAMARGO, B.V. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores do impacto ambiental promovido pelos efluentes de áreas orizícolas e pelos de origem urbana/industrial. **Revista Ciência Rural**, Vol. 39 (7), 2087-2092, 2009.

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. C. **Insetos imaturos.** Metamorfose e Identificação. Ribeirão Preto: Holus. 2006. 249p.

DAS, A.C. et al. Influence and persistence of phorate and Carbofuran insecticides on microorganisms in rice field. **Chemosphere**, Vol. 53, 1033-1037, 2003.

DEHN, P.F.; SCHIRFF, V.R. Energy metabolism in largemouth bass (*Micropterus floridanus salmoides*) from stressed and nonstressed environments: adaptations in the secondary stress response. **Comparative Biochemistry Physiology**, Vol. 84(3), 523-528, 1986.

DELONG, M.D.; BRUSVEN, M.A. Macroinvertebrate community structure along the longitudinal gradient of an agriculturally impacted stream. **Environmental Management**, Vol. 22, 445-57, 1998.

DORES, E.F.; DE-LAMONICA-FREIRE, E.M. Contaminação do ambiente aquático por agrotóxicos. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em primavera do leste, Mato Grosso - Análise preliminar. **Química Nova**, Vol. 24 (1), 27-36, 2001.

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência: 2ª ed., Rio de Janeiro, 1998.602p.

FARIA, M.F. et al The use of larvae to assess effects of pesticides from rice fields in adjacent freshwater ecosystems. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Vol.67, 218-226, 2007.

FERNÁNDEZ, H. R.; DOMÍNGUEZ, E. **Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Tucumán: Editorial Universitaria de Tucumán, 2001. 282 p.

FRANÇA, J.S.; MORENO, P.; CALLISTO, M. Importância da composição granulométrica para a comunidade bentônica e sua relação com o uso e ocupação na bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG). **Anais do VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos**, Porto Alegre, RS, 2006.

FRIBERG, N. et al. Macroinvertebrate, sediment relationships along a pesticide gradient in Danish streams. **Hydrobiologia**, Vol. 494, 103-110, 2003.

GIJSMAN, A.J. et al. Nutrient cycling through microbial biomass under rice-pasture rotations replacing native savanna. **Soil Biology and Biochemistry**, 29(12), 1433-1441, 1997.

GOLOMBIESKI, J. I. et al. Cladocera, Copepods and Rotifers in rice-fish culture handled with metsulfuron-methyl and azimsulfuron herbicides and Carbofuran insecticide. **Ciência Rural**, Vol. 38(8), 2097-2102, 2008.

GOULART, M.D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista FAPAM**, Vol. 2, 153-164, 2003.

GUERESCHI, R.N. **Macroinvertebrados Bentônicos em córregos da estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP: subsídios para Monitoramento Ambiental**. 2004. 82f. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

GUIMARÃES, P.R.; GUIMARÃES, P. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. **Environmental Modelling and Software**, Vol. 21, 1512-1513, 2006.

HEINO, J. ; MYKRA, H. ; MUOTKA, T. Temporal variability of nestedness and idiosyncratic species in stream insect assemblages. **Diversity and Distributions**, Vol. 15, 198-206, 2009.

HOFFMAN, D.J. et al. **Handbook of Ecotoxicology**. Lewis, Boca Raton, 1995.

HYNES, H. B. N. The ecology of running waters. 3 Toronto Press, 555p. In: HAUER, F. R. & LAMBERTI, G. A., Methods in Stream Ecology. Academic Press, San Diego, 1970.

INDEHERBERG, M.B.M.; VAN STRAALEN, N.M. ; SCHOCKAERT, E.R. Combining Life-history and toxicokinetic parameters to interpret differences in sensitivity to cadmium between populations of *Polycelis tenuis* (Platyhelminthes). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Vol. 44, 1-11, 1999.

KLEEREKOPER, H. **Introdução ao estudo da limnologia**. Porto Alegre, DNPA, 2ª ed., 329p. 1990.

KNAKIEVICZ, T. et al. Biogeography and karyotypes of freshwater planarians (Platyhelminthes, Tricladida, Paludicola) in southern Brazil. **Zoological Science**. Vol. 24, 123-129, 2007.

KERSHAW, K.A. Na Investigation of the structure of a grassland community . The pattern of *Agrostis tenuis*. **Journal of Tropical Ecology**, Vol. 46, 571-592, 1958.

LISBOA, L.K. Estrutura e Composição da fauna de macroinvertebrados bentônicos da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. 2009. 48 f. Trabalho de Conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Catarina, SC.

LOEB, S. L. An ecological context for biological monitoring. In: **Biological Monitoring of Aquatic Systems**. Loeb, S. L & Spacie, A. (eds). Lewis publishers. Boca Raton, 1993.

MARQUES, M.G.S.M.; FERREIRA, R.L.; BARBOSA, F.A.R. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual Do Rio Doce, MG. **Revista Brasileira de Biologia**, Vol. 59(2), 203-210, 1999.

MATTOS, M.L.T. et al. Comportamento ambiental do inseticida carbofuran em ecossistema de arroz irrigado. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado . Anais... Porto Alegre, IRGA, 789-792, 2001.

MCLAUGHLIN, A.; MINEAU, P. The impact of agricultural practices on biodiversity. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, Vol. 55, 201-212, 1995.

MESLÉARD, F., et al. Uselessness and indirect negative effects of an insecticide on rice field invertebrates. **Comptes Rendus Biologies**, Vol. 328, 955–962, 2005.

MERCANTE, C. T. J. et al. Qualidade da água em pesque-pague da região metropolitana de São Paulo (Brasil): avaliação através de fatores abióticos (período seco e chuvoso). **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, Vol. 27 (1), 1-7, 2005.

METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. **Environmental Pollution**, Vol. 60, 101- 139, 1989.

MONKOLSKI, A. Invertebrados bêmicos como indicadores de qualidade de água do Rio dos Papagaios – Campo Mourão – PR. **Revista de Saúde e Biologia**, Vol. 1(1), 4-14, 2006.

MORAES, M.F.et al. Caracterização dos teores de matéria orgânica em solos de várzea da região central do Brasil. In.: 4° Encontro Brasileiro de Substâncias Húmicas . Anais do 4° Encontro Brasileiro de Substâncias Húmicas. Viçosa, Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2001.

MOREIRA, M.R.S. et al. Monitoramento dos resíduos de Carbofurano em área de produção de arroz irrigado – Taubaté, São Paulo. **Arquivo do Instituto Biológico**, Vol. 71, 221- 226, 2004.

MYERS, N. Biodiversity and the precautionary principle. **Revista AMBIO**, Vol. 22, 74-79, 1993.

NAKAGOME, F.K.; NOLDIM, J.A. ; RESGALLA JR., C. Toxicidade aguda de alguns herbicidas e inseticidas utilizados em lavouras de arroz irrigado sobre o peixe *Danio rerio*, **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, 17(1), 117-122, 2007.

OLIVEIRA, J. S. DE. **Análise sedimentar em zonas costeiras: subsidio ao diagnostico ambiental da lagoa do Peri – Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil.**2002.151p. Dissertacao de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

PANTINI, C.et al. Acute toxicity of some synthetic cationic and zwitterionic surfactants to freshwater amphipod *Echinogammarus tibaldii*. **Bulletin of Environmental Contamination Toxicology**, Vol. 55,179-186, 1995.

PIANKA, E.R. On r- and k- selection. **American Naturalist**, Vol. 102, 592-597, 1970.

PIEDRAS, S.R.N. et al. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Vol. 36, 494-500, 2006.

QUEIROZ, J. F.; SILVEIRA, M. P.; SITTON, M.; MARIGO, A. L. S.; ZAMBOM, G. V.; SILVA, J. R.; CARVALHO, M. P.; RIBACINKO, R. B. Coletor de macroinvertebrados bentônicos com substrato artificial para monitoramento da qualidade de água em viveiros de produção de tilápia. **Circular Técnica – EMBRAPA Meio Ambiente**, Vol.16, 1-5, 2007.

REICE, S.R. Experimental disturbance and the maintenance of species diversity in a stream community. **Oecologia**, Vol. 67, 90-97, 1985.

REISS, F. Qualitative and quantitative investigations on the macrobenthic fauna of Central Amazon lakes. **Amazoniana**, Vol. 6, 203-235, 1977.

REMPEL, L. L.; RICHARDSON, J. S. ; HEALEY, M. C. Macroinvertebrate community structure along gradients of hydraulic and sedimentary conditions in a large gravel-bed river. **Freshwater Biology**, Vol. 45, 57-73, 2000.

RIBEIRO, L.O.; UIEDA, V.S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Vol. 22(3), 613-618, 2005.

RUNDLE, S.D. et al. Are distribution patterns linked to dispersal mechanism? An investigation using pond invertebrate assemblages. **Freshwater Biology**, Vol. 47, 1571-1581, 2002.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos. **Comunicado técnico** n° 19, Embrapa, 2004.

SOSBAI (Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado). Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. In: **BIBLIOTECA VIRTUAL SOSBAI**. Santa Maria, 2005. Disponível em: < <http://www.sosbai.com.br/>>. Acesso em 20 de maio de 2010.

SUEMOTO, T.; KAWAI, K.; IMABAYASHI, H. A comparison of desiccation tolerance among 12 species of Chironomid larvae. **Hydrobiologia**, Vol. 515, 107-114, 2004.

TUNDISI, J. G. ; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo, Oficina de Textos, 2008. 631p.

VILLAR, C. et al. Presence of the invasive mollusk *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in the Lower Paraná River. **Gayana Zoologia**, Vol. 2 (61), 87-96, 1997.

WEIS, J.S. et al. Effects of contaminants on behavior: biochemical mechanisms and ecological consequences. **Bioscience**, Vol. 51, 209-217, 2001.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. Prentice-Hall, Upper Saddle River. 1999.