

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS  
CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA  
Diversidade e Manejo de Vida Silvestre  
MESTRADO

ARTHUR CARDOSO DE ÁVILA

RESILIÊNCIA DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS VIA PROPÁGULOS  
DORMENTES EM ARROZAIIS NO SUL DO BRASIL: UMA PERSPECTIVA  
ECOLÓGICA

SÃO LEOPOLDO

2012

Arthur Cardoso de Ávila

RESILIÊNCIA DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS VIA PROPÁGULOS  
DORMENTES EM ARROZAIIS NO SUL DO BRASIL: UMA PERSPECTIVA  
ECOLÓGICA

Dissertação apresentada como requisito  
parcial para a obtenção do título de Mestre,  
pelo Programa de Pós-Graduação em  
Biologia da Universidade do Rio dos Sinos -  
UNISINOS

Orientadora: Profa. Dra. Cristina Stenert

SÃO LEOPOLDO

2012

### Ficha catalográfica

A958r    Ávila, Arthur Cardoso de.  
Resiliência de invertebrados aquáticos via propágulos  
dormentes em arrozais no sul do Brasil: uma perspectiva  
ecológica / por Arthur Cardoso de Ávila. – 2012.  
63 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio  
dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Biologia, 2012.  
“Orientação: Profa. Dra. Cristina Stenert.”

1. Invertebrados aquáticos. 2. Propágulos dormentes.  
3. Microcrustáceos. I. Título.

**CDU 592**

ARTHUR CARDOSO DE ÁVILA

RESILIÊNCIA DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS VIA PROPÁGULOS  
DORMENTES EM ARROZAIIS NO SUL DO BRASIL: UMA PERSPECTIVA  
ECOLÓGICA

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia da Universidade do Rio dos Sinos

Orientadora: Profa. Dra. Cristina Stenert

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Cristina Stenert - UNISINOS

---

Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha - UEM

---

Prof. Dr. Juliano Morales de Oliveira - UNISINOS

*Dedico esse trabalho a  
todos que me  
incentivaram e  
contribuíram de alguma  
forma com essa  
conquista.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram de maneira direta ou indireta no desenvolvimento desse estudo.

A Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades.

A minha orientadora, profa. Cristina Stenert, pela orientação, paciência, e por todo apoio, sem os quais não teria sido possível a conclusão desta etapa. Ao amigo prof. Leonardo Maltchik, pela confiança e orientação, as quais possibilitaram meu crescimento e formação, e principalmente por ter me mostrado o caminho da ciência.

A toda minha família: especialmente a minha mãe, por todo amor e apoio durante esses anos. Por todas as palavras de incentivo e apoio para que pudesse concluir essa importante etapa.

Aos amigos e colegas do LECEA pelo apoio e idéias no desenvolvimento do trabalho.

A profa. Norma Luiza Würdig por ter me recebido em seu laboratório e pelo auxílio na identificação dos ostracodes.

A profa. Odete Rocha e Ms. Renata Martins por terem me recebido na UFSCAR e pela realização da identificação dos cladóceros.

Aos amigos de longa data pelo companheirismo, pelas horas de RPG, pelos encontros e discussões sobre variados temas 'nerds'.

A Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, por todo apoio logístico. Ao corpo docente dos programas de graduação e pós-graduação em Biologia. E a todos os membros da coordenação do programa de pós-graduação, assim como aos funcionários da secretaria.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, a qual possibilitou a realização dessa dissertação.

A Mariane, minha noiva, a qual amo muito, pelo carinho, paciência e incentivo, por tudo que representa para mim, pela compreensão em dias de dificuldade e por ser uma ótima companheira. Te amo. A sua família também, por todo o apoio que recebi.

## SÚMARIO

RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	9
APRESENTAÇÃO .....	10
1. .... REFERENCIAL TEÓRICO	11
1.1. .... D	
DEFINIÇÃO, IMPORTÂNCIA E PERDA DE ÁREAS ÚMIDAS .....	11
1.2. .... L	
AVOURAS DE ARROZ IRRIGADO .....	12
2. .... E	
COLOGIA DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS .....	15
2.1. .... DEFINIÇÃO E FUNÇÕES	15
2.2. .... INVERTEBRADOS AQUÁTICOS EM LAVOURAS DE ARROZ	16
2.3. .... PROPÁGULOS DORMENTES	17
3. .... RESTAURAÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22
RECUPERAÇÃO DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS VIA PROPÁGULOS DORMENTES EM ARROZAIIS NO SUL DO BRASIL: UMA PERSPECTIVA ECOLÓGICA .....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45

## RESUMO

As áreas úmidas são ecossistemas prioritários para a conservação devido à alta diversidade biológica e produtividade. Nesse sentido, são importantes ecossistemas para a proteção da biodiversidade. Além disso, são fontes de recursos naturais para a humanidade sendo de grande importância ecológica do planeta. A produção de arroz irrigado é uma das principais atividades humanas responsáveis pelo desaparecimento das áreas úmidas naturais. A emergência de invertebrados aquáticos via propágulos dormentes e sua aplicação em estudos sobre restauração de áreas úmidas não foi investigada em lavouras de arroz irrigado. O objetivo deste estudo foi analisar o potencial de resiliência de invertebrados aquáticos via bancos de propágulos dormentes em sedimentos secos de lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil, relacionando as respostas da comunidade com o tipo de sistema e com o histórico de cultivo, além de comparar essa comunidade biológica entre áreas úmidas naturais e lavouras de arroz irrigado. As amostras de sedimento foram coletadas em lavouras de arroz com diferentes sistemas de cultivo e com diferentes históricos de cultivo. Em laboratório, o sedimento seco foi hidratado com água destilada e mantido sob condições controladas. Os invertebrados foram amostrados no dia anterior à hidratação do sedimento seco e em datas sucessivas após a hidratação. Um total de 2.364 indivíduos distribuídos entre 23 táxons foi encontrado no experimento referente aos diferentes sistemas de cultivo e um total de 7.334 invertebrados distribuídos em 27 táxons foi encontrado no experimento realizado com os diferentes históricos de cultivo. A riqueza, a densidade e a composição de invertebrados aquáticos variaram ao longo do experimento. Os diferentes tratamentos mostraram uma relação similar entre a riqueza e a densidade com o tipo de cultivo e histórico de cultivo. A composição de invertebrados aquáticos variou principalmente entre as lavouras de arroz e as áreas úmidas naturais, e também se mostrou distinta entre os sistemas e históricos de cultivo. Nossos resultados ampliam a base para o desenvolvimento de programas de manejo e estratégias de restauração de áreas úmidas na região, as quais já foram em grande parte degradadas ou estão em grande risco.

**Palavras-chave:** propágulos dormentes, lavouras de arroz, microcrustáceos, áreas úmidas.



## **ABSTRACT**

### **RESILIENCE OF AQUATIC INVERTEBRATES FROM RESTING STAGES IN RICE FIELDS OF SOUTHERN BRAZIL: AN ECOLOGICAL PERSPECTIVE**

Wetlands are priority ecosystems for preservation due to their high biological diversity and productivity. As such, they are important ecosystems to protect biodiversity. Besides, they are a source of natural resources for mankind and have a great ecological importance as ecosystems for the planet. Irrigated rice production is one of the main human activities which accounts for the disappearance of natural wetlands. The emergence of aquatic invertebrates via dormant propagules and their application in studies on the restoration of wetlands has not been investigated yet in irrigated rice fields. This study aims at the analysis of the resilience potential of aquatic invertebrates via dormant propagule banks in dry sediments of irrigated rice fields in southern Brazil by linking the community reactions to the system type and cultivation history; it also aims at the comparison of this biological community between natural wetlands and irrigated rice fields. The sediment samples were collected in rice fields with different cultivation systems and different cultivation histories. In the laboratory the dry sediment was treated with distilled water and kept under controlled conditions. The invertebrates were sampled the day before hydration of the dry sediment and on successive dates after hydration. A total of 2,364 individuals allotted among 23 taxons were found in the experiment on the different cultivation systems, and a total of 7,334 individuals allotted in 27 taxons were found in the experiment conducted with the varied cultivation histories. The richness, density and composition of aquatic invertebrates showed variation along the experiment. The different treatments showed a similar relationship between richness and density and cultivation type and history. Aquatic invertebrate composition varied mainly between rice fields and natural wetlands, and it was also different between the systems and the cultivation history. Our findings have increased the foundation for the development of management programs and restoration strategies of regional wetlands, which have largely been degraded or are at great risk of degradation.

## APRESENTAÇÃO

A presente dissertação está estruturada de forma a facilitar a publicação dos resultados obtidos neste estudo. Inicialmente, é definido o referencial teórico incorporando os principais assuntos deste estudo, bem como definindo diversos aspectos importantes sobre os temas que serão abordados. Em seguida são apresentadas informações sobre a ecologia de invertebrados aquáticos e sua relação com a ecologia de arrozais. Posteriormente, também foi abordada a problemática da recuperação de áreas úmidas. Dessa maneira, o texto foi construído destacando aspectos conceituais e ecológicos relevantes destes sistemas, e as principais características das comunidades biológicas ocorrentes. Finalmente, o item referente aos resultados do estudo foi redigido na forma de um artigo científico, para facilitar a publicação em revistas científicas especializadas após a banca examinadora apresentar suas correções e sugestões. As conclusões gerais e as considerações finais do presente estudo estão fundamentadas nos resultados encontrados e discutidas com base em artigos científicos já existentes.

O principal escopo do estudo é avaliar e comparar a capacidade de restabelecimento da comunidade de invertebrados aquáticos por meio de bancos de ovos e de outras estruturas de resistência à dessecação entre diferentes lavouras de arroz irrigado e áreas úmidas naturais temporárias. Nesse sentido, o caráter aplicado do estudo é analisar o papel que as lavouras de arroz irrigado possuem na manutenção da diversidade de informações genéticas que ficam armazenadas no sedimento e que futuramente poderão auxiliar na efetiva recuperação de áreas úmidas que foram convertidas em arrozais no Rio Grande do Sul e em outras regiões orizícolas. Esses estudos são fundamentais para conciliar a produção agrícola com a conservação da biodiversidade.

## 1. REFERENCIAL TEÓRICO

### *1.1 Definição, importância e perda das áreas úmidas*

As áreas úmidas foram internacionalmente definidas pela Convenção de Ramsar em 1971 como sendo: “extensões de brejos, pântanos e turfeiras, ou superfícies cobertas de água, sejam de origem natural ou artificial, permanentes ou temporárias, estancadas ou correntes, doces, salobras ou salgadas, incluídas as extensões de água marinha cuja profundidade na maré baixa não exceda os seis metros”. O regime hidrológico, a vegetação aquática e os solos hidromórficos são reconhecidos como os principais indicadores ambientais utilizados na identificação das áreas úmidas. Além disso, a definição proposta pelo “National Research Council” considera diversos grupos de animais, além da vegetação aquática, como sendo indicadores desses ecossistemas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1995).

As áreas úmidas são importantes ecossistemas para proteção da biodiversidade, pois apresentam grande riqueza de espécies, incluindo aves, mamíferos, répteis, anfíbios, peixes e invertebrados, além de diversas espécies de plantas aquáticas (GETZNER, 2002). Além disso, são fontes de recursos naturais para a humanidade e estão entre os ecossistemas mais produtivos e de maior importância ecológica do planeta (BARBIER *et al.*, 1997; MITSCH & GOSSELINK, 2000). Dessa maneira, as áreas úmidas são ecossistemas prioritários para a conservação devido a essa alta diversidade biológica e produtividade (DAVIS *et al.*, 1996; SMART, 1996). De tal forma, as áreas úmidas além de sua grande diversidade biológica e produtividade possuem inúmeras funções e valores reconhecidos internacionalmente, tais como, armazenamento e purificação da água, controle de inundações, recarga e descarga de aquíferos, agricultura, energia, pesquisa e recreação (RAMSAR CONVENTION ON WETLANDS, 2009).

Sob o ponto de vista da conservação, as áreas úmidas encontram-se ainda entre os ecossistemas mais degradados e vulneráveis do planeta (AMEZAGA *et al.*, 2002). A expansão de atividades humanas relacionadas principalmente à agricultura e urbanização

tem comprometido o funcionamento e a conservação de muitas áreas úmidas no mundo (FINLAYSON *et al.*, 1999). Dugan (1993) estimou que cerca de 50% das áreas úmidas originais da Terra foram perdidas. A Nova Zelândia e muitos países da Europa perderam mais de 90% de suas áreas úmidas originais (DUGAN, 1993). Exemplos de países que perderam mais de 50% de suas áreas úmidas são os Estados Unidos (53%) (DAHL, 1990), o Canadá (65 – 80%) (NATIONAL WETLANDS WORKING GROUP, 1988), a Austrália (> 50%) (AUSTRALIAN NATURE CONSERVATION AGENCY, 1996) e a China (60%) (LU, 1995). No Sul do Brasil, dados conservativos apontam que aproximadamente 90% das áreas úmidas originais já foram destruídas principalmente devido à expansão agrícola, especialmente de lavouras de arroz irrigado (MALTCHIK *et al.*, 2003; GOMES & MAGALHÃES, 2004).

O uso da biodiversidade como ferramenta para avaliar a estrutura, a transformação e a destruição da paisagem é um componente importante das estratégias aplicadas às áreas rurais, manejadas, industriais e urbanizadas, para reduzir o impacto humano e diminuir a poluição (REAKA-KUDLA *et al.*, 1997). O estudo da biodiversidade associada aos agroecossistemas, como os arrozais, é de grande valia para a comunidade científica, uma vez que a manutenção da diversidade biológica é essencial para uma agricultura produtiva; e uma agricultura sustentável é, por conseguinte, essencial para a conservação da biodiversidade (PIMENTEL *et al.*, 1992). As diferentes práticas de manejo agrícola podem afetar o valor que os arrozais possuem para a manutenção da biodiversidade, e, sendo assim, os pesquisadores devem trabalhar na conscientização dos produtores para utilizar métodos que favoreçam a ocorrência de espécies de áreas úmidas naturais (LAWLER, 2001).

Em vista disso, são necessários levantamentos rápidos da biodiversidade em áreas úmidas para dar sustentação a programas de manejo e conservação destes ecossistemas. Entretanto, a difícil conexão entre conservação de áreas úmidas e desenvolvimento econômico, principalmente relacionado com a agricultura e urbanização, é uma questão conflituosa que precisa ser solucionada. Tal resolução deve ser buscada através de políticas públicas impulsionadas por esforços multidisciplinares de tomadores de decisão, ambientalistas, pesquisadores e outros interessados (GETZNER, 2002).

### *1.2 Lavouras de arroz irrigado*

A produção de arroz irrigado é uma das principais atividades humanas responsáveis pelo desaparecimento das áreas úmidas naturais (RICHARDSON & TAYLOR, 2003). Por outro lado, a produção de arroz constitui a mais antiga forma de agricultura intensiva desenvolvida pelo homem (FERNANDO *et al.*, 1979), sendo a principal fonte de cereais para mais da metade da população mundial, principalmente de países em desenvolvimento (JULIANO, 1993; ROGER, 1996; FAO, 1999). As lavouras de arroz estão distribuídas atualmente em 100 países ao longo de todos os continentes, exceto Antártida, e desde o nível do mar até altitudes de 3.000 m (JULIANO, 1993; PATHAK & KHAN, 1994). A maior parte do cultivo do arroz é realizada na Ásia (~90% da área de arrozais do planeta) (FAO, 1999). A América do Sul está classificada como a segunda maior produtora e a terceira maior consumidora de arroz do mundo. Em vista disso, o Brasil é atualmente o nono produtor mundial de arroz, produzindo cerca de 11 milhões de toneladas (IBGE, 2008).

O Rio Grande do Sul contribui com aproximadamente 77% do arroz cultivado pelo sistema irrigado no Brasil, seguido dos Estados de Santa Catarina (12,8%) e Tocantins (2,5%). A lavoura de arroz irrigado é a principal cultura no Rio Grande do Sul, participando com 40% da produção gaúcha de grãos e sua safra compara-se à safra média de países como Austrália, Japão e EUA (AZAMBUJA *et al.*, 2004). Tradicionalmente cultivado no Estado, o arroz irrigado ocupou na safra de 2010/2011, mais de 1 milhão de hectares de área plantada, com uma produção total de 7,3 milhões de toneladas e com um rendimento médio de 6,9 toneladas por hectare (IRGA, 2011).

Segundo a classificação utilizada pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), o Rio Grande do Sul está dividido em seis regiões orizícolas: 1) Litoral Sul; 2) Planície Costeira externa à Laguna dos Patos; 3) Planície Costeira interna à Laguna dos Patos; 4) Depressão Central; 5) Fronteira Oeste e; 6) Campanha. Destas, a região que apresenta maior área de cultivo e produção de arroz irrigado é a Fronteira Oeste (28,7% da área total do Estado e 32,7% da produção), seguida da Campanha (17,2% da área e 17,6% da produção) e Depressão Central (15,9% da área e 16,3% da produção) (AZAMBUJA *et al.*, 2004).

As lavouras de arroz irrigado são cultivadas sob diferentes sistemas, sendo que os principais são: convencional, plantio direto, cultivo mínimo, pré-germinado e orgânico. No sistema convencional de cultivo do arroz irrigado, o processo de preparo do solo baseia-se em intensa mecanização (DERNADIN, 1992). O sistema convencional envolve os preparos primário e secundário do solo, em que é realizada a incorporação de herbicidas para eliminação de plantas daninhas e restos de culturas, além de atividades relacionadas ao nivelamento do terreno e destorroamento do solo. Posteriormente ocorre a semeadura do arroz e a irrigação 20 a 35 dias após a emergência das plântulas (VERNETTI & GOMES, 2004). O sistema de cultivo convencional é utilizado em aproximadamente 41,4% da área plantada com arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

Os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo são sistemas conservacionistas de manejo do solo e surgiram em função da degradação crescente dos solos cultivados em regiões tropicais e subtropicais (GOMES *et al.*, 2004). Nesses sistemas, a semeadura do arroz ocorre com um mínimo de movimentação do solo e sob a resteva de uma cultura anterior, pastagem ou flora de sucessão, dessecadas com herbicida de ação total (GOMES *et al.*, 2004). O sistema de plantio direto inclui ainda a combinação de outras práticas agrícolas, como a rotação de culturas. A implementação dos sistemas de cultivo mínimo e plantio direto nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul ocorreu inicialmente como uma alternativa para minimizar o problema da constante infestação das lavouras pelo arroz-vermelho, ocupando atualmente 47,5% da área total cultivada com arroz irrigado no estado.

Nesse sistema pré-germinado de cultivo do arroz as sementes são previamente germinadas e lançadas em quadros nivelados e totalmente inundados. Esse sistema é adotado em 90% da área cultivada na Europa, em 30% da área nos Estados Unidos e em 20% da área cultivada com arroz irrigado no Brasil. O Estado de Santa Catarina apresenta 98% de sua área cultivada através do sistema pré-germinado (PETRINI *et al.*, 2004). No Rio Grande do Sul, o sistema de cultivo com sementes pré-germinadas caracteriza 11,1% da área total cultivada com o arroz irrigado, e vem sendo intensificado em toda a região arroseira do Estado, atingindo mais de 90 municípios produtores em uma área total superior a 102.000 ha (PETRINI *et al.*, 2004).

Os sistemas de produção orgânica devem ser realizados sem o uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos, e devem incluir a rotação de culturas e o uso de esterco animal e restos vegetais como fertilizantes (MATTOS, 2007). A oferta de produtos saudáveis, o cuidado com a terra (meio ambiente) e a oportunidade de desenvolvimento humano a todos os envolvidos com o trabalho de produção são os principais requisitos para o arroz irrigado ser enquadrado dentro da categoria orgânica (ALTIERI, 1989; STEINER, 2000). No Brasil, ainda existem poucas propriedades produzindo alimentos provenientes da agricultura orgânica.

As lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil apresentam um regime hidrológico dinâmico que varia entre as fases terrestre e aquática em função do cultivo, podendo permanecer sem água por até três anos, no período de entressafra. Embora a lavoura de arroz seja uma monocultura, um único ciclo de cultivo abrange três fases importantes: 1) aquática; 2) semi-aquática; e 3) terrestre (FERNANDO, 1995). Durante um ciclo de cultivo, a planta do arroz passa por diferentes estágios fenológicos, os quais podem ser combinados em três fases de crescimento: fase vegetativa (germinação da semente até o início da diferenciação da panícula), fase reprodutiva (início da diferenciação da panícula até a floração) e fase de maturação (início da maturação até a maturação total dos grãos). A fase aquática do ciclo de cultivo representa os estágios vegetativo e reprodutivo da planta do arroz, enquanto as fases semi-aquática e terrestre correspondem aos estágios de maturação do grão, à colheita do arroz e ao período de entressafra (BAMBARADENIYA & AMERASINGHE, 2003).

## **2. ECOLOGIA DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS**

### *2.1 Definição e funções*

Os invertebrados aquáticos de ambientes continentais são representados por diversos grupos taxonômicos, incluindo os platelmintos, anelídeos, moluscos, crustáceos, aracnídeos e insetos. Podem habitar o sedimento, a coluna d'água, as raízes de plantas aquáticas, pedras, galhos e folhas em ecossistemas aquáticos de água doce, durante todo ou parte do seu ciclo de vida (ESTEVES, 1998; APHA, 1989).

Os invertebrados aquáticos são fundamentais para a dinâmica de nutrientes, para a transformação da matéria orgânica e para o fluxo de energia nos ambientes aquáticos (CALLISTO & ESTEVES, 1995). Entre suas diferentes funções, auxiliam o processo de decomposição, aceleram a ciclagem de nutrientes através do biorrevolvimento, são fundamentais na dinâmica trófica dos ecossistemas aquáticos, constituindo alimento para inúmeras espécies de peixes e aves (BOULTON & LLOYD, 1992; JENKINS & BOULTON, 1998, 2007). Além disso, possuem um importante papel como bioindicadores da qualidade da água, já que alguns grupos respondem de forma diferente ao grau de contaminação dos ecossistemas aquáticos (GOULART & CALLISTO, 2003).

Em ambientes aquáticos continentais os artrópodes são representados por um diverso grupo de organismos, compreendendo crustáceos, diversos grupos de insetos e ácaros. Um grupo de grande sucesso na colonização desses ambientes, e com alta diversidade biológica são os microcrustáceos. Os microcrustáceos são representados por três grupos principais: Branchiopoda, Copepoda e Ostracoda. Dentre os Branchiopoda os Cladocera são mais frequentes e abundantes em águas doces. Os Anostraca e Notostraca são de limitada ocorrência. Os Cladocera são um grupo de grande distribuição cosmopolita e diversas espécies ocorrentes no Brasil (ROCHA & GUNTZEL, 1999). Grande parte dos Cladocera são pequenos (0,2 a 3,0 mm) e tem uma cabeça distinta, o corpo é coberto por uma carapaça bivalve. A locomoção é realizada principalmente por meio do segundo par de antenas, que são maiores que o primeiro par. Já os Ostracoda pequenos crustáceos, bivalves, com tamanho variando de entre 0,35 e 7,0 mm para os organismos de água doce. No Brasil são conhecidas em torno de 60 espécies, sendo que metade são registros para o Estado do Rio Grande do Sul. Würdig (1984) estudou de forma detalhada os Ostracoda do sistema lagunar de Tramandaí, no Rio Grande do Sul. Os ostracodes ocorrem em uma variedade de habitats, desde pequenas poças até grandes lagos e reservatórios. De maneiral geral, os microcrustáceos se alimentam por meio da filtração de partículas. O tamanho de partículas ingeridas é geralmente proporcional ao tamanho do corpo. Entre os cladóceros, as taxas de alimentação normalmente estabilizam ou diminuem de acordo com o aumento da concentração das partículas de alimento (ROCHA & GUNTZEL, 1999).

## *2.2 Invertebrados aquáticos em lavouras de arroz irrigado*



Alguns macroinvertebrados são extremamente importantes para a fertilidade do solo das lavouras de arroz, já que contribuem significativamente para a ciclagem de nutrientes, além de também atuarem como inimigos naturais de espécies consideradas pragas do arroz (ROGER *et al.*, 1987; PINGALI & ROGER, 1995; LAVELLE *et al.*, 1997). Em um levantamento realizado em diversos arrozais no Sri Lanka, verificou-se uma alta diversidade de macroinvertebrados, vertebrados, plantas aquáticas e fungos, sendo que os macroinvertebrados representaram 68% do número total de espécies encontrado (BAMBARADENIYA *et al.*, 2004). Heckman (1979) realizou um levantamento da diversidade de invertebrados em uma lavoura de arroz na Tailândia ao longo de um ciclo de cultivo, encontrando um total de 183 espécies. Neste sentido, esta comunidade constitui um importante componente na manutenção da diversidade biológica destes agroecossistemas.

A rápida degradação das áreas úmidas no mundo todo constitui uma das principais ameaças à sobrevivência de muitas espécies de invertebrados que dependem desses ecossistemas para completar seu ciclo de vida. Embora a expansão de lavouras de arroz irrigado seja responsável, em parte, pelo desaparecimento ou fragmentação desses ecossistemas, muitas espécies de invertebrados, principalmente pertencentes aos grupos de crustáceos, insetos, moluscos e anelídeos, têm se estabelecido em lavouras cultivadas com o arroz, no sistema irrigado, em diversos países do mundo, principalmente do continente asiático (LIM, 1980). Esses organismos colonizam os arrozais através de estruturas de resistência mantidas no solo, pelo ar e pela água necessária para a irrigação através do intercâmbio existente entre as áreas úmidas naturais adjacentes e as lavouras de arroz (FERNANDO *et al.*, 1993).

### 2.3 Propágulos dormentes

Em áreas úmidas temporárias, espécies de invertebrados aquáticos devem sobreviver durante a fase seca, de forma que possam persistir, resistir ou se dispersar durante esses períodos. Embora os solos secos de áreas úmidas temporárias pareçam praticamente desprovidos de organismos aquáticos ativos, eles acumulam uma variedade de estruturas dormentes de invertebrados e sementes de plantas (banco de propágulos

dormentes) (BRENDONCK & DE MEESTER, 2003). Uma vez que são inundadas novamente, o banco de propágulos dormentes contribui para a formação de uma diversa e funcionalmente importante comunidade, onde os organismos emergidos fornecem uma fonte importante de alimento para os colonizadores tardios como anfíbios, peixes e aves (JENKINS & BOULTON, 2007) (Figura 1). Dessa forma, os bancos de ovos existentes no sedimento de áreas úmidas temporárias constituem uma reserva ecológica e evolutiva fundamental em relação às flutuações ambientais (HAIRSTON, 1996), além de determinarem a reconstituição das comunidades nesses ecossistemas (NIELSEN ET AL., 2000; BOULTON & LLOYD, 1992; BROCK ET AL., 2003; JENKINS & BOULTON, 2007), subsequentemente ao desaparecimento do hábitat aquático, via dessecação.

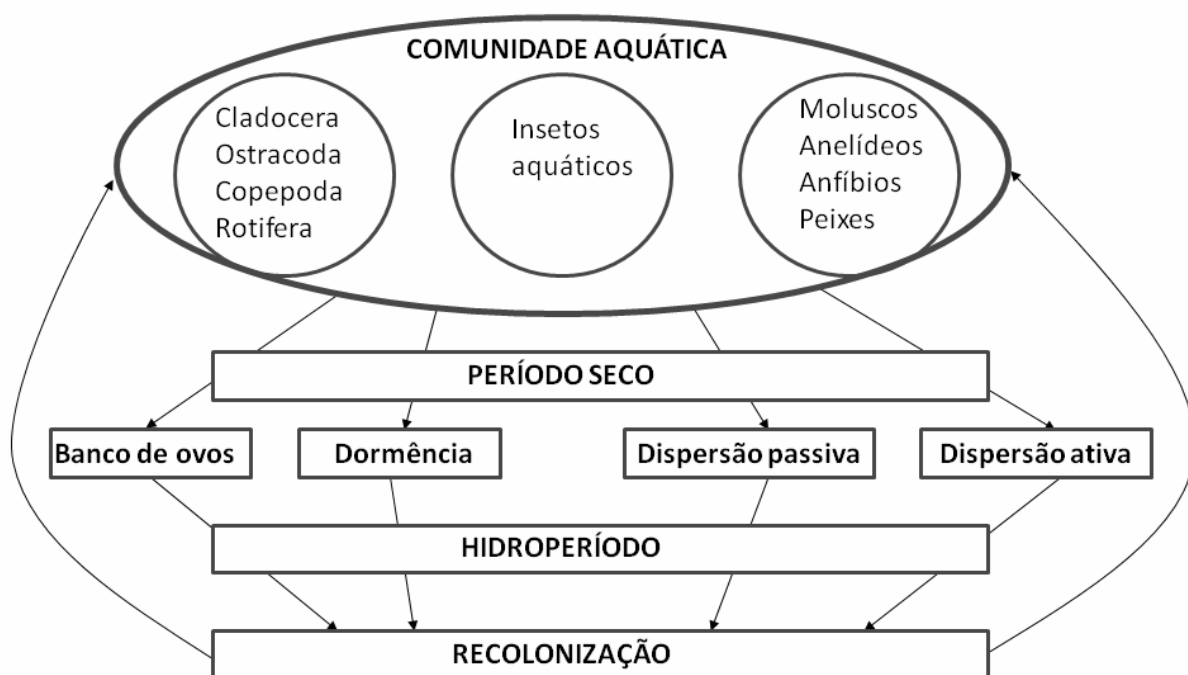


Figura 1. Esquematização do processo de recolonização em ambientes aquáticos continentais a partir dos diferentes organismos existentes.

O processo de dormência foi investigado em diferentes grupos de invertebrados em relação ao estresse hídrico, sendo constatados casulos de proteção de larvas de Chironomidae (DANKS, 1987), cistos de Copepoda (DAHMS, 1995), ovos efipiais de Cladocera (DODSON & FREY, 2001) e ovos resistentes à dessecação de outros grupos de invertebrados (THORP & COVICH, 2001) (Figura 2). Williams (1998) sustentou que a dormência parece ser a estratégia mais utilizada pelos invertebrados na sua sobrevivência e persistência em áreas úmidas temporárias. Além disso, essas estruturas de resistência podem ser produzidas frente a alterações na temperatura e em resposta à baixa concentração de oxigênio dissolvido na água (WIGGINS, 1980).

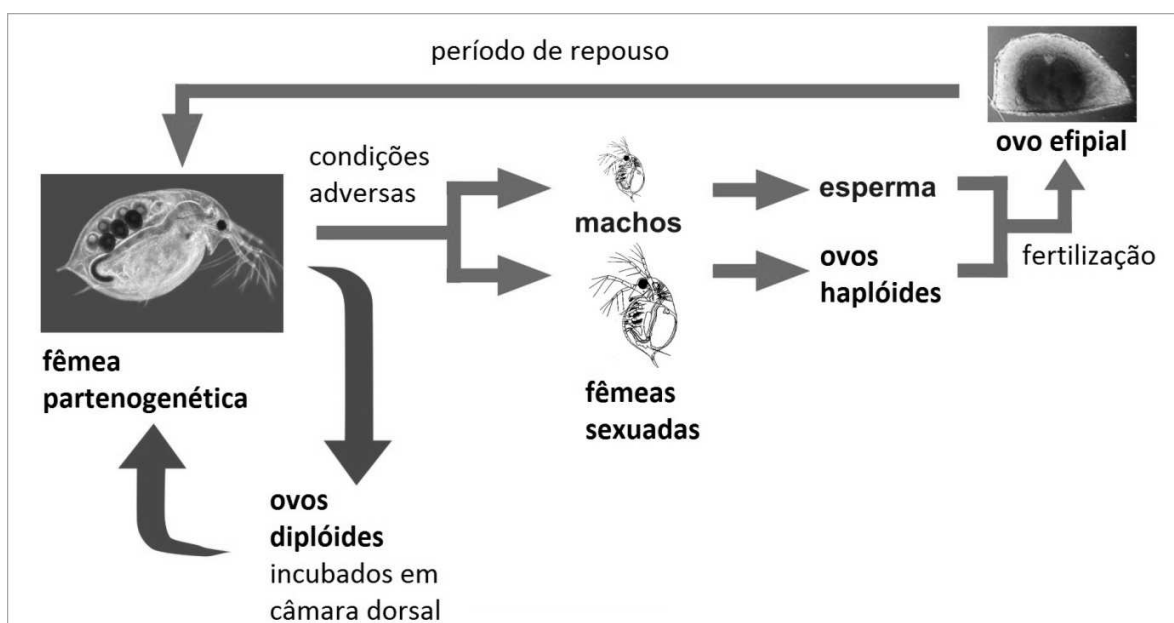


Figura 2. Ciclo de vida dos organismos da ordem Cladocera.

Em particular, os microcrustáceos produzem ovos de resistência ou outras estruturas anabióticas, possuindo uma grande importância nos ecossistemas aquáticos devido ao seu papel na troca de energia e biomassa entre produtores e consumidores, e representando grande parte da biomassa do zooplâncton de águas continentais. Além disso, os microcrustáceos possuem uma alta riqueza de espécies e ampla distribuição geográfica, sendo comuns em todos os tipos de ecossistemas aquáticos (FREY, 1987).

A maioria dos estudos realizados sobre a emergência de invertebrados aquáticos via banco de propágulos dormentes foi desenvolvida em áreas úmidas naturais temporárias, incluindo lagoas (MEDLAND & TAYLOR, 2001), estuários (MARCUS *et al.*, 1994), e áreas úmidas associadas a planícies de inundação (BOULTON & LLOYD, 1992; BROCK *et al.*, 2003; JENKINS & BOULTON, 2007). No Brasil, é possível citar estudos sobre esse tema realizados na região do semi-árido (CRISPIM & WATANABE, 2001), na planície de inundação do alto Rio Paraná (PALAZZO *et al.*, 2008), e em reservatórios (MAIA-BARBOSA *et al.*, 2003). Entretanto, a emergência de invertebrados aquáticos via propágulos dormentes e sua aplicação em estudos sobre restauração de áreas úmidas não foi investigada em lavouras de arroz irrigado.

### **3. RESTAURAÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS**

No mundo todo, a restauração de vastas áreas úmidas que foram convertidas em áreas agrícolas e posteriormente abandonadas tem sido realizada com o intuito de recuperar a biodiversidade e as funções originalmente existentes nessas áreas (MIDDLETON, 1999). Nesse sentido, a restauração de áreas úmidas convertidas em lavouras de arroz que foram posteriormente abandonadas é um grande desafio para estudos de conservação. A restauração de áreas úmidas depende de ações prioritárias que ampliem os conhecimentos de conservação e manejo desses ecossistemas. O levantamento de dados ecológicos ambientais, e dados resultantes de experimentação em microcosmos permitem o levantamento de hipóteses explicativas para padrões e processos relacionados à biodiversidade de organismos de cada classe dos diferentes ambientes ameaçados e degradados. Comín *et al.* (2001) demonstrou que a restauração de áreas úmidas a partir de lavouras de arroz abandonadas na Espanha foi rapidamente alcançada, levando a uma melhoria da qualidade da água e a um aumento da heterogeneidade espacial e diversidade na paisagem.

Estudos de restauração de áreas úmidas têm avaliado a importância dos estágios de vida dormentes e das estruturas de resistência à dessecação no restabelecimento da comunidade de invertebrados aquáticos e, conseqüentemente, na reestruturação das cadeias tróficas, influenciando também o processo de sucessão de outras comunidades biológicas e,

umentando assim, a biodiversidade nesses ecossistemas (BROWN & BATZER, 2001; STANCZAK & KEIPER, 2004; GLEASON *et al.*, 2004; JENKINS & BOULTON, 2007). Os invertebrados são recursos energéticos importantes para outras comunidades biológicas das áreas úmidas, tais como larvas de peixes e aves (BOULTON & LLOYD, 1992; JENKINS & BOULTON, 1998, 2007). O desafio da restauração em áreas úmidas está em compreender e explorar os princípios da sucessão ecológica em todas as suas fases.

Um novo campo de conhecimento que vem sendo estudado atualmente é chamado de '*resurrection ecology*'. Essa abordagem faz uso de sementes de plantas e bancos de estruturas de resistência de animais (propágulos) para integrar o histórico ambiental de uma determinada área com seu efeito no *pool* gênico dos organismos (ANGELER, 2007). É uma nova abordagem que permite a observação do processo evolutivo, comparando as formas dos organismos emergidos de propágulos mais antigos, com seus descendentes existentes. Os conhecimentos obtidos a partir dessa área podem ser usados para gerenciar o fluxo gênico entre populações, bem como para evitar a extinção de populações ameaçadas (ANGELER, 2007). Essas premissas podem ser utilizadas para contribuir na manutenção da estrutura e função dos ecossistemas e também para manter a sustentabilidade ecológica (ANGELER, 2007). O uso dos bancos de propágulos dormentes também pode ser utilizado para ensaios sobre perturbações ecológicas e evolucionárias, bem como para testar conceitos ecológicos e evolutivos a partir dos propágulos recuperados.

Considerando as previsões futuras de impactos antrópicos sobre a perda de biodiversidade e serviços das áreas úmidas, é necessário explorar todas as ferramentas disponíveis que possam ajudar a conservar esses ecossistemas. A aplicação de bases conceituais inovadoras reside na utilização de estudos padronizados com o uso da ecologia da ressurreição a partir de bancos de propágulos de microinvertebrados, macrófitas e insetos aquáticos, com o intuito da preservação e recuperação de ambientes degradados, especialmente as áreas úmidas (WILLIAMS, 1998; THORP & COVICH, 2001).

No Rio Grande do Sul, estudos que avaliem a capacidade de recuperação dos invertebrados aquáticos por meio de bancos de propágulos dormentes são de extrema importância para identificar a capacidade de restauração das áreas úmidas convertidas em lavouras de arroz irrigado. Recentemente, Stenert *et al.* (2010) analisou a capacidade de recuperação de invertebrados aquáticos via bancos de ovos em lavouras de arroz irrigado

que permaneceram secas por até dois anos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, e constatou que muitas espécies de invertebrados, principalmente de microcrustáceos, produzem ovos de resistência que permanecem viáveis nesses agroecossistemas. Entretanto, estudos ecológicos que comparem a diversidade de invertebrados aquáticos em sua forma dormente (ovos, cistos, efípios, etc) entre lavouras de arroz irrigado cultivadas sob diferentes sistemas e históricos de cultivo são inexistentes no Rio Grande do Sul, o qual se caracteriza por ser o principal estado produtor desse cereal no Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, MA. Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro: **PTA/FASE**. 240 p. 1989.

ANGELER, D.G. Resurrection ecology and global climate change research in freshwater ecosystems. **Journal of the North American Benthological Society**, n.26(1). p.12-22, 2007.

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

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. **17 ed. Washington: American Public Health Association**. 1989.

AUSTRALIAN NATURE CONSERVATION AGENCY. Wetlands are important. **National Wetlands Program, ANCA, Canberra, Australia**, 1996.

AZAMBUJA, I.H.V., VERNETTI, J.F.J. & MAGALHÃES, J.A.M. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). I Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**. 2004.

BAMBARADENIYA, C.N.B. & AMERASINGHE, F.P. Biodiversity associated with the rice field agro-ecosystem in Asian countries: a brief review. Sri Lanka: Working Paper 63. **International Water Management Institute (IWMI)**. 24 p. 2003.

BAMBARADENIYA, C.N.B., EDIRISINGHE, J.P., DE SILVA, D.N., GUNATILLEKE, C.V.S., RANAWANA, K.B. & WIJEKON, S. Biodiversity associated with an irrigated rice agroecosystem in Sri Lanka. **Biodiversity and Conservation**, v.13. n.9. p.1715–1753, 2004.

BARBIER, E.B., ACREMAN, M.C. & KNOWLER, D. Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners. **Ramsar Convention Bureau, Gland**. 1997.

- BRENDONCK, L. & DE MEESTER, L. Egg banks in freshwater zooplankton: evolutionary and ecological archives in the sediment. **Hydrobiologia**, n.491. p.65–84, 2003.
- BOULTON, A.J. & LLOYD, L.N. Flooding frequency and invertebrate emergence from dry floodplain sediments of the River Murray, Australia. **Regulated Rivers: Research and Management**, n.7. p. 137–151, 1992.
- BOULTON, A.J. & JENKINS, K.M. Flood regimes and invertebrate communities in floodplain wetlands. In: WILLIAMS, WD. (Ed.). *Wetlands in a Dry Land: Understanding for Management*. **Canberra: Biodiversity Group**. 1998.
- BROCK, M.A., NIELSEN, D.L., SHIEL, R.J., GREEN, J.D. & LANGLEY, J.D. Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. **Freshwater Biology**, v.48. n.7 p.1207-1218, 2003.
- BROWN, S.C. & BATZER, D.P. Birds, plants, and macroinvertebrates as indicators of restoration success in New York marshes. In: RADER, RB., BATZER, DP. & WISSINGER, SA. (Eds.). *Bioassessment and Management of North American Freshwater Wetlands*. **New York: John Wiley and Sons**. 2001.
- CALLISTO, M. & ESTEVES, F.A. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita, Lago Batata (Pará, Brasil). **Oecologia Brasiliensis**, n.1. p.281-291, 1995.
- COMÍN, F.A., ROMERO, J.A., HERNÁNDEZ, O. & MENÉNDEZ, M. Restoration of wetlands from abandoned rice fields for nutrient removal, and biological community and landscape diversity. **Restoration Ecology**, v.9. n.2 p.201-208, 2001.
- CRISPIM, M.C. & WATANABE, T. What can dry reservoir sediments in a semi-arid region in Brazil tell us about cladocera? **Hydrobiologia**. n.442. p.101-105, 2001.
- DAHL, T.E. Wetlands losses in the United States, 1780s to 1980s. **U.S. Department of interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.** 1990.
- DAHMS, H.U. Dormancy in the Copepoda – an overview. **Hydrobiologia**, v.306. p.199-211, 1995.
- DANKS, H.V. Insect dormancy: an ecological perspective. *Biological Survey of Canada Monograph Series No. 1*. **Ottawa, Canada: National Museum of Natural Sciences**. 1987.
- DAVIS, T.J., BLASCO, D. & CARBONELL, M. Manual de la Convencion de Ramsar. Una guia a la Convencion sobre los humedales de importancia internacional. (Eds.). **Oficina de la Convención de Ramsar, Gland**. 1996.
- DERNADIN, J. Solo: constituição e degradação. In: MARCANTONIO, G. (Ed.). *Solos e irrigação*. **Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, FEDERACITE**. 1992.

DODSON, S.I. & FREY, D.G. Cladocera and other Branchiopoda. In: THORP, JH. & COVICH, AP. (Eds.). Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. **New York: Academic Press.** 2001.

DUGAN, P. Wetlands in danger. **Michael Beasley, Reed International Books, London.** 1993.

ESTEVEES, F.A. Fundamentos de Limnologia. **Rio de Janeiro: Interciência.** 1998.

FAO. The state of food insecurity in the world. **Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.** 35 p. 1999.

FERNANDO, C.H., FURTADO, J.I. & LIM, R.P. Aquatic fauna of the world's rice fields. **Wallaceana Supplement Kuala Lumpur,** n.2. p.1-105, 1979.

FERNANDO, CH. Rice field ecology and fish culture – an overview. **Hydrobiologia,** n. 259, p. 91–113, 1993.

FERNANDO, C.H. Rice fields are aquatic, semi-aquatic, terrestrial and agricultural: a complex and questionable limnology. In: TIMOTIUS, KH. & GOLTENBOTH, F. (Eds). **Tropical Limnology,** n.1, p.121–148, 1995.

FINLAYSON, C.M., DAVIDSON, N.C., SPIERS, A.G. & STEVENSON, N.J. Global wetland inventory: Status and priorities. **Marine and Freshwater Research,** v.50. n.8. p. 717-727, 1999.

FREY, D.G. The taxonomy and biogeography of the Cladocera. **Hydrobiologia,** n.145. p.5-17, 1987.

GETZNER, M. Investigating public decisions about protecting wetlands. **Journal of Environmental Management,** n.64. p.237-246, 2002.

GIBBS, J.P. Wetland Loss and Biodiversity Conservation. **Conservation Biology** n.14 p.314-317, 2000.

GLEASON, R.A., EULISS, Jr., N.H., HUBBARD, D.E. & DUFFY, W.G. Invertebrate egg banks of restored, natural, and drained wetlands in the prairie pothole region of the United States. **Wetlands,** v.24. n.3. p.562-572, 2004.

GOMES, A.S. & MAGALHÃES, J.A.M. Arroz irrigado no Sul do Brasil. (Eds.). **Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.** 2004.

GOULART, M.D.C. & CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM,** ano 2. n.1. 2003.

HAIRSTON, J.R. Zooplankton egg banks as biotic reservoirs in changing environments. **Limnology and Oceanography,** v.41. n.5. p.1087-1092, 1996.



HECKMAN, CW. Rice field ecology in northeastern Thailand. **Monographiae Biologicae**, n. 34, p.1-228, 1979.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível na internet: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm> [arquivado em dezembro de 2008]. 2008.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA). Arroz irrigado: safra 2010/2011 - produção municipal. **Porto Alegre: Seção de Política Setorial – DCI**. 2011.

JENKINS, K.M. & BOULTON, A.J. Community dynamics of invertebrates emerging from reflooded lake sediments: flood pulse and aeolian influences. **International Journal of Ecology & Environmental Sciences**, n.24. p.179–192, 1998.

JENKINS, K.M. & BOULTON, A.J. Detecting impacts and setting restoration targets in arid-zone rivers: aquatic micro-invertebrate responses to reduced floodplain inundation. **Journal of Applied Ecology**, v.44. n.4. p.823-832, 2007.

JULIANO, B.O. Rice in human nutrition. **Philippines: Food and Agriculture Organization (FAO) and International Rice Research Institute (IRRI)**. 1993.

LAVELLE, P., BIGNELL, D., LEPAGE, M., WOLTERS, V., INESON, P., HEAL, O.W. & DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, n.33. p.159-193, 1997.

LAWLER S.P. Rice fields as temporary wetlands: a review. **Israel Journal of Zoology**, n.7. p.513–528, 2001.

LIM, R.P. Population changes of some aquatic invertebrates in ricefields. In: Tropical Ecology and Development. Proceedings of the 5th International Symposium of Tropical Ecology. **Kuala Lumpur: International Society of Tropical Ecology**. 1980.

LU, J. Ecological significance and classification of Chinese wetlands. **Vegetatio**, n.118. p.49-56. 1995.

MAIA-BARBOSA, PM., ESKINAZI-SANT'ANNA, EM., VALADARES, CF. & PESSOA, GCD. The resting eggs of zooplankton from a tropical, eutrophic reservoir (Pampulha Reservoir, south-east Brazil). **Lakes & Reservoirs: Research and Management**. n.8. p.269-275, 2003.

MALTCHIK, L., COSTA, E.S., BECKER, C.G. & OLIVEIRA, A.E. Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil). **Pesquisas Botânicas** n.53.p.89-100, 2003.

MARCUS, N.H., LUTZ, R., BURNETT, W. & CABLE, P. Age, viability and vertical distribution of zooplankton resting eggs from an anoxic basin: evidence of an egg bank. **Limnology and Oceanography**, n.39. p.154-158, 1994.

MATTOS, M.L.T. Carbono e nitrogênio da biomassa e atividade microbiana em um solo cultivado com arroz irrigado orgânico e manejado com diferentes adubos verdes. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**. 18 p. 2007.

MEDLAND, V.L. & TAYLOR B.E. The strategies of emergence from diapause for cyclopoid copepods in a temporary pond. **Archiv für Hydrobiologie**, n.150. p.329-349, 2001.

MIDDLETON, B.A. Wetland Restoration, Flood Pulsing and Disturbance Dynamics. **New York: John Wiley & Sons**. 1999.

MITSCH, W.J. & GOSSSELINK, J.G. **Wetlands**. **John Wiley & Sons, New York**. 2000.

NATIONAL WETLANDS WORKING GROUP. Wetlands of Canada. **Ecological Land Classification Series 24, Environmental Canada, Ottawa, Ontario, and Polyscience Publications, Montreal, Quebec**. 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Wetlands: characteristics and boundaries. **National Academy, Washington, D.C**. 1995.

NIELSEN, D.L., SMITH, F.J., HILLMAN, T.J. & SHIEL, R.J. Impact of water regime and fish predation on zooplankton resting egg production and emergence. **Journal of Plankton Research**, v.22. n.3. p.433-446, 2000.

PALAZZO, F., BONECKER, C.C. & FERNANDES A.P.C. Resting cladoceran eggs and their contribution to zooplankton diversity in a lagoon of the Upper Paraná River floodplain. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**. n. 13. p. 207-214, 2008.

PATHAK, M.D. & KHAN, Z.R. Insect Pests of Rice. **Manila: International Rice Research Institute**. 89 p. 1994.

PETRINI, J.A., FRANCO, D.F., SOUZA, P.R., BACHA, R.E. & TRONCHONI, J.G., Sistema de cultivo de arroz pré-germinado e transplante de mudas. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**. 2004.

PINGALI, P.L. & ROGER, P.A. Impact of pesticides on farmer health and rice environment. **Philippines: Kluwer Academic Publisher and International Rice Research Institute (IRRI)**. 1995.

PIMENTEL D., STACHOW U., TAKACS D.A., BRUBAKER H.W., DUMAS A.R., MEANEY J.J., O'NEIL J., ONSI D.E. & CORZILIUS D.B. Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. **BioScience**, n.42. p.354-362, 1992.

RAMSAR CONVENTION ON WETLANDS. Wetland Values and Functions. Disponível na Internet. [http://www.ramsar.org/values\\_intro\\_e.htm](http://www.ramsar.org/values_intro_e.htm). 2009.

REAKA-KUDLA, M.L., WILSON, D.E. & WILSON, E.O. Biodiversity, II. Understanding and protecting our biological resources. (Eds) **Joseph Henry Press, Washington, DC**. 1997.

RICHARDSON, A.J. & TAYLOR, I.R. Are rice fields in southeastern Australia an adequate substitute for natural wetlands as foraging areas for egrets? **Waterbirds**, v.26. n. 3. p.353-363, 2003.

ROCHA, O. & GÜNTZEL, A. M. Crustáceos branquiópodos. In: ISMAEL, D.; VALENTI, W. C.; MATSUMURA-TUNDISI, T. & ROCHA, O. (Eds.). **Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil. Invertebrados de Água doce**. São Paulo: FAPESP, v. 4, p. 107-120, 1999

ROGER, P.A., GRANT, I.F., REDDY, P.M. & WATANABE, I. The photosynthetic biomass in wetland ricefields and its effect on nitrogen dynamics. In: Efficiency of Nitrogen Fertilizers for Rice. **Manila: International Rice Research Institute**. 1987.

ROGER, PA. Biology and management of floodwater ecosystem in ricefields. **Philippines: International Rice Research Institute**. 250 p. 1996.

SMART, M. The Ramsar Convention: Its role in conservation and wise use of wetland biodiversity, p. 18-31, in Hails, A.J. (Eds.). *Wetlands, Biodiversity and the Ramsar Convention. The role of the Convention on Wetlands in the conservation and wise use of biodiversity*. **Ramsar Convention Bureau, Gland**. 1996.

STANCZAK, M. & KEIPER, J.B. Benthic invertebrates in adjacent created and natural wetlands in northeastern Ohio, USA. **Wetlands**, v.24. n.1. p.212-218, 2004.

STEINER, R. Fundamentos da agricultura biodinâmica: vida nova para a terra. **São Paulo: Antroposófica**. 232 p. 2000.

STENERT, C., BACCA, R.C., AVILA, A.C., MALTCHIK L., ROCHA, O. Do Hydrologic Regimes Used in Rice Fields Compromise the Viability of Resting Stages of Aquatic Invertebrates? **Wetlands**, n.30. p.989-996, 2010.

THORP, J.H. & COVICH, A.P. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. New York: Academic Press. VERNETTI, Jr., FJ. & GOMES, AS., 2004. Sistema convencional de arroz irrigado. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. **Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**. 2001.

VERNETTI, Jr., FJ. & GOMES, AS. Sistema convencional de arroz irrigado. In: GOMES, AS. & MAGALHÃES, JAM. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. **Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**. 2004.

WIGGINS, G.B., MACKAY, R.J. & SMITH, I.M. Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. **Archiv für Hydrobiologie**, n.58. p.97-206, 1980.

WILLIAMS, D.D. The role of dormancy in the evolution and structure of temporary water invertebrate communities. **Archiv für Hydrobiologie**, n.52, p.109-124, 1998.

WURDIG, N.L. Ostracodes do Sistema Lagunar de Tramandaí, RS, Brasil. Sistemática, ecologia e subsídios à Paleoecologia. 1984. 76 f. Ph.D. These, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1984.

## **RECUPERAÇÃO DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS VIA PROPÁGULOS DORMENTES EM ARROZAIIS NO SUL DO BRASIL: UMA PERSPECTIVA ECOLÓGICA**

### **INTRODUÇÃO**

Áreas úmidas são ecossistemas dinâmicos, que apresentam uma alta variabilidade em suas características estruturais, bem como uma grande biodiversidade e alta produtividade (MITSCH & GOSSELINK, 2000). Apesar de sua importância ecológica, mais de 50% das áreas úmidas do mundo foram perdidas no último século principalmente devido à expansão de atividades humanas relacionadas à agricultura e urbanização (SHINE & KLEMM, 1999, FINLAYSON *et al.*, 1999, NOSETTO *et al.*, 2005). No mundo todo, a recuperação de vastas áreas úmidas que foram convertidas em áreas agrícolas e posteriormente abandonadas tem sido realizada com a finalidade de recuperar a biodiversidade e as funções originalmente existentes nessas áreas (MIDDLETON, 1999).

A alternância entre as fases aquática e terrestre de áreas úmidas temporárias requer adaptações especiais dos organismos aquáticos (WIGGINS *et al.*, 1980). Bancos de ovos e outros propágulos dormentes de invertebrados são muito abundantes nesses ecossistemas temporários (HAIRSTON, 1996, GLEASON *et al.*, 1994, TRONSTAD *et al.*, 2005, JENKINS & BOULTON, 2007), podendo se manter viáveis em sedimentos secos por muitos anos (WIGGINS *et al.*, 1980, PENNAK, 1989, EULISS *et al.*, 1999). A formação do banco de ovos representa o estoque de uma diversa biota, sendo de grande importância para a manutenção de comunidades aquáticas em ambientes temporários (HAIRSTON 1996). A formação de ovos de resistência pode ser considerada como um refúgio temporal contra condições adversas e letais às formas ativas das espécies no ambiente aquático (BILTON *et al.* 2001). Os estímulos relacionados a degradações ambientais que induzem a formação da diapausa são diversos. Em muitos microcrustáceos, a temperatura e a disponibilidade de alimento parecem ser os principais fatores relacionados à indução da diapausa (GYLLSTROM & HANSSON 2004). Dessa forma, a presença de ovos de

resistência no sedimento, que podem permanecer viáveis por décadas, permite a recolonização de organismos após períodos de condições adversas.

A produção de arroz irrigado é uma das principais atividades humanas responsáveis pelo desaparecimento das áreas úmidas naturais (RICHARDSON & TAYLOR, 2003). As lavouras de arroz irrigado eram, em sua grande maioria, áreas úmidas naturais que foram modificadas para produção de grãos, sendo os arrozais agroecossistemas manejados com grandes alterações temporais ao longo dos ciclos de cultivo. As lavouras de arroz possuem características em comum em relação a ambientes aquáticos temporários naturais, de forma que podem ser consideradas, como habitats aquáticos complementares para a diversidade biológica. O regime hidrológico ou hidroperíodo tem sido indicado como um dos principais fatores ambientais responsáveis pela estrutura e dinâmica das comunidades biológicas tanto em áreas úmidas naturais, como em lavouras de arroz irrigado (HEINO, 2000, ZIMMER *et al.*, 2000, STENERT & MALTCHIK, 2007, BAMBARADENIYA & AMERASINGHE, 2003).

Alguns projetos de recuperação de áreas úmidas têm demonstrado que a presença de invertebrados aquáticos com estágios de vida resistentes à dessecação é fundamental para a reestruturação das cadeias tróficas, influenciando também o processo de sucessão de outras comunidades biológicas e, aumentando assim, a biodiversidade nesses ecossistemas (BROWN & BATZER, 2001; STANCZAK & KEIPER, 2004; GLEASON *et al.*, 2004; JENKINS & BOULTON, 2007). A maioria dos estudos realizados sobre a emergência de invertebrados aquáticos via banco de propágulos dormentes foi desenvolvida em áreas úmidas naturais temporárias, incluindo lagoas (MEDLAND & TAYLOR, 2001), estuários (MARCUS *et al.*, 1994), e áreas úmidas associadas a planícies de inundação (BOULTON & LLOYD, 1992; BROCK *et al.*, 2003; JENKINS & BOULTON, 2007).

As lavouras de arroz irrigado apresentam um regime hidrológico dinâmico, alternando entre a fase terrestre e a fase aquática ao longo do ciclo de cultivo, e permanecendo sem água no período de entressafra. Além disso, os arrozais são cultivados sob diferentes sistemas, entre os quais se destacam o convencional e o orgânico. Enquanto que o sistema convencional de cultivo do arroz irrigado baseia-se em intensa mecanização e utilização de defensivos químicos (DERNADIN, 1992), a produção orgânica é realizada sem o uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos (MATTOS, 2007). Diversos estudos

demonstraram que o cultivo orgânico favorece o aumento de biodiversidade em relação ao cultivo convencional (KREBS *et al.*, 1999; BENGTSSON *et al.*, 2005; HOLE *et al.*, 2005; FULLER *et al.*, 2005). O uso de inseticidas, herbicidas e fertilizantes é capaz de modificar a estrutura das cadeias alimentares presentes em lavouras de arroz, especialmente de invertebrados, e de reduzir a diversidade dessa comunidade biológica em relação às lavouras de arroz cultivadas sem defensivos químicos (MESLÉARD *et al.*, 2005, WILSON *et al.*, 2008). Deste modo, reconhecer e comparar a diversidade entre esses sistemas de cultivo é importante para o estabelecimento de propostas de conservação.

As lavouras de arroz apresentam históricos de cultivo diferentes, pois existem parcelas de arroz que são cultivadas desde muitos anos, e outras parcelas que são convertidas anualmente para aumentar a safra de grãos. Durante o período de cultivo do arroz irrigado são utilizadas muitas práticas agrícolas relacionadas ao preparo do solo, aplicação de agroquímicos, irrigação e estabelecimento da cultura, além de perturbações naturais relacionadas a chuvas e inundações (BAMBARADENIYA & AMERASINGHE, 2003). Os impactos ambientais negativos que podem resultar do sistema de produção de arroz irrigado podem ser avaliados comparando lavouras com históricos de cultivo distintos. A idade da lavoura pode influenciar no recrutamento de invertebrados aquáticos via banco de propágulos uma vez que a intensa mecanização e a utilização de defensivos químicos, realizadas repetidas vezes podem comprometer a viabilidade dessas estruturas dormentes em longo prazo.

Recentemente, Stenert *et al.* (2010) analisou a capacidade de recuperação de invertebrados aquáticos via bancos de ovos em lavouras de arroz irrigado que permaneceram secas por até dois anos no Rio Grande do Sul, e constatou que muitas espécies de invertebrados, principalmente de microcrustáceos, produzem ovos de resistência que permanecem viáveis nesses agroecossistemas. Entretanto, estudos ecológicos que comparem a emergência de invertebrados aquáticos entre lavouras de arroz irrigado cultivadas, sob diferentes sistemas e históricos de cultivo são inexistentes. Nesse sentido, estudos que avaliem a capacidade de recuperação dos invertebrados aquáticos por meio de bancos de propágulos dormentes são de extrema importância para identificar a capacidade de recuperação de cadeias tróficas de áreas úmidas convertidas em lavouras de arroz irrigado.

Por conseguinte, os propágulos dormentes do solo indicam o sucesso de processos sucessionais ao longo do tempo e permitem a coexistência de espécies competidoras, alterando a composição e estrutura trófica dos ambientes (CACERES, 1998). O desafio da restauração em áreas úmidas está em compreender e explorar os princípios da sucessão ecológica em todas as fases do processo. Dessa forma, é de grande importância complementar e acelerar os processos de colonização e regeneração do ambiente.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi analisar o potencial de recuperação da comunidade de invertebrados aquáticos via bancos de propágulos dormentes em sedimentos secos de lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil, relacionando as respostas da comunidade com o tipo de sistema e com o histórico de cultivo, além de comparar essa comunidade biológica entre áreas úmidas naturais e lavouras de arroz irrigado.

Com base no objetivo proposto, as seguintes hipóteses foram formuladas: 1) Assumindo que a viabilidade dos bancos de propágulos dormentes é afetada pela intensa mecanização e pela utilização de defensivos químicos, a riqueza e a abundância de invertebrados aquáticos emergentes são menores em lavouras convencionais do que naquelas de cultivo orgânico; 2) Assumindo que as práticas agrícolas utilizadas no sistema convencional influenciam negativamente a viabilidade de propágulos dormentes em longo prazo, a riqueza e a abundância de invertebrados são menores em lavouras cultivadas há mais tempo do que naquelas mais recentes; 3) Assumindo que a monocultura de arroz e as práticas agrícolas relacionadas ao seu cultivo resultam em uma condição de instabilidade extrema em uma escala de tempo curta, a riqueza e a abundância de invertebrados são menores em arrozais do que em áreas úmidas naturais; e 4) Assumindo que a biota em arrozais se caracteriza como sendo oportunista e altamente resiliente frente às práticas agrícolas, a composição de invertebrados aquáticos nesses agroecossistemas é diferente daquela encontrada em áreas úmidas naturais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Área de estudo*



O estado do Rio Grande do Sul está localizado na região Sul do Brasil com uma área de 282.184 km<sup>2</sup>. O clima do Rio Grande do Sul é subtropical úmido, e a temperatura média varia de 14,6°C no inverno a 22,2°C no verão, com uma temperatura média anual de 17,5°C (RAMBO, 2000). A precipitação anual varia de 1.150 a 1.450 mm, com uma média anual de 1.250 mm (TAGLIANI, 1995). O Rio Grande do Sul contribui com aproximadamente 77% do arroz cultivado pelo sistema irrigado no Brasil, seguido dos Estados de Santa Catarina (12,8%) e Tocantins (2,5%). Segundo a classificação utilizada pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), o Rio Grande do Sul está dividido em seis regiões orizícolas: 1) Litoral Sul; 2) Planície Costeira externa à Laguna dos Patos; 3) Planície Costeira interna à Laguna dos Patos; 4) Depressão Central; 5) Fronteira Oeste e; 6) Campanha. As regiões orizícolas correspondentes à Planície Costeira externa e interna à Laguna dos Patos compreenderam na safra 2010/2011 uma área cultivada equivalente a 271.447 hectares (24,6% da área total cultivada no RS) (IRGA, 2011).

O estudo foi realizado no município de Sentinela do Sul (Planície Costeira do Rio Grande do Sul, 30°54'46,9" Sul, 50°48'46,2" Oeste), que ocupa atualmente a décima posição entre as cidades produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, com 21.064 ha de área de plantio (IRGA, 2011). Nesse estudo, foram selecionadas três propriedades rurais para avaliar os efeitos dos diferentes sistemas de cultivo e históricos de cultivo das lavouras de arroz irrigado na emergência de invertebrados aquáticos. Nessas propriedades rurais, foram selecionadas a partir do conjunto de áreas disponíveis na região: 1) três lavouras de arroz de cada sistema de cultivo (convencional e orgânico); 2) três lavouras de arroz de cada histórico de cultivo (3, 10, e 20 anos); e 3) três áreas úmidas naturais temporárias localizadas próximas às áreas agrícolas, que constituíram o controle do estudo (Figuras 3a e 3b).

#### *Amostragem do sedimento seco e métodos para o experimento em laboratório*

A amostragem do sedimento seco das lavouras de arroz e áreas úmidas naturais ocorreu no período de entressafra. Um total de 15 amostras de sedimento seco foi coletado por meio de um core (7,5 cm de diâmetro) inserido até a profundidade de 10 cm ao longo da área de cada lavoura de arroz e área úmida natural estudada. As coletas do sedimento

foram realizadas em agosto de 2010 e julho de 2011. O volume de sedimento seco amostrado, por lavoura de arroz e área úmida natural, foi de aproximadamente 5.300 cm<sup>3</sup>, sendo este material acondicionado em sacos plásticos de 20 litros. No laboratório o sedimento seco foi peneirado para a remoção de raízes e folhas (peneira com malha de 1 mm de diâmetro) e homogeneizado. Posteriormente, o sedimento seco de cada lavoura e de cada área úmida natural foi dividido em bandejas plásticas (32 X 15 cm e altura de 10,5 cm). As bandejas foram hidratadas com água destilada até 2 cm acima da superfície do sedimento e o nível de água foi mantido constante ao longo do experimento. As bandejas foram cobertas com uma tela e mantidas sob temperatura de 25°C ± 2°C, fotoperíodo constante (12h claro e 12h escuro) e concentração de oxigênio dissolvido acima de 6,5 mg/L (EULISS & MUSHET, 1999). As variáveis potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, condutividade, salinidade e oxigênio dissolvido da água foram monitoradas ao longo de todo o experimento, por meio de uma sonda multi-parâmetro (HORIBA, modelo U-10). Os parâmetros físico-químicos foram mantidos em valores mínimos e máximos controlados, com intuito de evitar a influência de possíveis variações desses parâmetros nos resultados. O nível da água e a temperatura foram verificados diariamente, quando necessário foi adicionada água destilada para a manutenção do nível e da concentração de sais.

#### *Amostragem de invertebrados*

Os experimentos de hidratação do sedimento seco das lavouras de arroz estudadas foram realizados ao longo de 10 semanas. Em ambos os experimentos, os invertebrados foram amostrados no dia anterior à hidratação do sedimento seco (dia 0), e dois dias semanalmente nos primeiros trinta dias e uma vez por semana após esse período até o final do período de amostragem. As amostras foram realizadas através de uma pequena rede de formato quadrado (5 X 5 cm) e malha de 100µm de diâmetro. Foram realizadas três varreduras de 32 cm (uma varredura = 32 X 5 cm) para amostrar toda a área da bandeja (32 X 15 cm). O material amostrado foi acondicionado em potes plásticos (200 mL) com álcool a 80%. As amostras foram lavadas com o auxílio de uma peneira com malha de 100µm de diâmetro, e os invertebrados foram triados e identificados quando possível, até o nível de

espécie, com auxílio de estereomicroscópio e microscópio, e acondicionados em tubetes de vidro com álcool a 80%. A identificação foi realizada por meio de literatura especializada (LOPRETTO & TELL, 1995; MERRITT & CUMMINS, 1996; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; FERNÁNDEZ & DOMINGUEZ, 2001) e recorrendo-se ao auxílio de especialistas. As amostras foram armazenadas no Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

### *Análise de dados*

A riqueza e a densidade de invertebrados foram calculadas considerando-se o número total de táxons (considerando-se os menores níveis taxonômicos em cada grupo) e o número de indivíduos coletados ao longo do experimento, respectivamente. A densidade de invertebrados foi transformada em  $\log(x+1)$  para tornar as variâncias mais homogêneas e para dar menor peso aos poucos táxons dominantes. As variações da riqueza e densidade de invertebrados ao final do período de duração do experimento entre as diferentes lavouras de arroz e áreas úmidas naturais foram analisadas através de ANOVA *One-Way*. Testes de Tukey foram aplicados *a posteriori* para comparações múltiplas da riqueza e da densidade de invertebrados entre os diferentes tratamentos após a hidratação do sedimento. Essa análise foi utilizada para testar as hipóteses de que a riqueza e a abundância menores em lavouras convencionais do que naquelas de cultivo orgânico e em áreas úmidas e menores em lavouras cultivadas há mais tempo do que naquelas mais recentes.

A variação da composição de invertebrados ao longo do período de duração dos experimentos em cada tratamento e entre os sistemas (convencional e orgânico) e históricos de cultivo (3, 10, e 20 anos) foi analisada através de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) com dados de presença e ausência, e dissimilaridade de Jaccard em dois eixos. O Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) é uma análise multivariada cujo objetivo é extrair os gradientes de variação máxima dos dados. É uma análise que enfatiza a variação entre as unidades amostrais individuais, dessa forma definindo gradientes de variância máxima total da amostra.

O Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) foi utilizado para: 1) evidenciar a variação espacial na composição de macroinvertebrados entre os sistemas e

históricos de cultivo em relação às áreas úmidas naturais, considerando a composição total de táxons encontrada no final dos experimentos; e 2) analisar variações na sucessão temporal da composição de macroinvertebrados nas lavouras e áreas úmidas ao longo do experimento, considerando a composição de táxons de cada amostragem em cada tratamento, separadamente. A Análise de Variância Multivariada por Permutação (PERMANOVA) foi usada para comparar diferenças na composição de macroinvertebrados entre os sistemas e históricos de cultivo e áreas úmidas naturais. Essas análises foram utilizadas para examinar a diferença na composição (especialmente e temporalmente) entre arrozais (com distintos históricos de cultivo) e áreas úmidas. As análises serão realizadas utilizando o pacote vegan (OKSANEN *et al.* 2009) no programa estatístico R versão 2.9.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009).

## RESULTADOS

### *Emergência de invertebrados entre os diferentes sistemas de cultivo*

Um total de 2.364 indivíduos distribuídos entre 23 táxons foi encontrado ao longo do período de duração do experimento. Os invertebrados mais representativos foram os microcrustáceos da Sub-classe Ostracoda e Ordem Cladocera, com um total de 1.309 indivíduos distribuídos em 15 táxons (Tabela 1). Os ácaros da família Oribatidae e os oligoquetas estiveram representados por 506 indivíduos. Dentre os microcrustáceos, *Stenocypris major* e *Cypretta* spp. foram as espécies mais representativas de Ostracoda (573 e 311 indivíduos respectivamente), *Macrothrix triserialis* e *Ilyocryptus spinifer* foram as espécies mais abundantes de Cladocera (192 e 54 indivíduos, respectivamente), e *Argyrodiaptomus furcatus* foi a única espécie de Copepoda encontrada, sendo representada por apenas 7 indivíduos (Tabela 1). Dentre os insetos, somente duas famílias da ordem Diptera (Ceratopogonidae e Tipulidae) foram amostradas (Tabela 1). Ao longo do experimento, foram encontradas inúmeras estruturas de resistência no sedimento das lavouras estudadas, como estatoblastos pertencentes aos briozoários da família Plumatellidae, efípios de cladóceros e ootecas de Oligochaeta.

A riqueza de invertebrados variou entre os tratamentos relacionados aos diferentes sistemas de cultivo ( $F_{2,6} = 6,783$ ;  $p = 0,029$ ) (Figura 4a). Houve diferença significativa nos valores de riqueza média entre lavouras convencionais e áreas úmidas (Tukey,  $p < 0,05$ ). Após o primeiro dia de hidratação, a riqueza acumulada foi maior nas áreas úmidas naturais do que nas lavouras de arroz. Entretanto, a riqueza começou a diminuir nas áreas naturais e aumentar nas lavouras de arroz após o primeiro mês do experimento. A partir do 38º dia, a riqueza passou a ser menor nas áreas úmidas naturais do que nas lavouras, principalmente, do sistema convencional. A densidade de invertebrados variou ao longo do experimento ( $F_{13,78} = 4,394$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 4b). A densidade média seguiu o mesmo padrão de variação da riqueza ao longo do período estudado, sendo maior após 21 dias de hidratação do sedimento seco em relação aos primeiros dias de experimento (Tukey,  $p < 0,05$ ).

A composição de invertebrados aquáticos variou principalmente entre as lavouras de arroz e as áreas úmidas naturais. Entretanto, a composição também se mostrou distinta entre os sistemas de cultivo convencional e orgânico, com sobreposição de apenas uma lavoura de cultivo convencional em relação aos cultivos orgânicos (Figura 5a). Em relação à variação temporal da composição de invertebrados aquáticos nas diferentes lavouras de arroz e áreas úmidas naturais, uma maior diferença na ocorrência dos táxons foi constatada principalmente entre o início e o final do experimento (Figura 5b). As variações na sucessão temporal da composição de macroinvertebrados nas lavouras entre os diferentes sistemas de cultivo e áreas úmidas ao longo do experimento seguiram padrões distintos para os diferentes tratamentos. Enquanto as lavouras mostraram um padrão visível na sucessão temporal, as áreas úmidas não apresentaram uma grande distinção entre as datas. O padrão de sucessão mudou em uma data distinta para as lavouras convencionais em relação aos demais tratamentos, ocorrendo um aumento de organismos em média após 20 dias, bem como havendo maior emergência de microcrustáceos ao final do experimento.

#### *Emergência de invertebrados entre os diferentes históricos de cultivo*

Um total de 7.334 invertebrados distribuídos em 27 táxons foi encontrado ao longo do experimento. Os microcrustáceos da Classe Ostracoda e Ordem Cladocera também foram os invertebrados mais representativos, com um total de 7.102 indivíduos distribuídos

em 20 táxons (Tabela 2). *Stenocypris major* foi a espécie dominante de Ostracoda com 1.317 indivíduos, e *Macrothrix triserialis*, *Ceriodaphnia cornuta righaudi*, *Macrothrix spinosa* e *Ilyocryptus spinifer* foram as espécies mais abundantes de Cladocera, correspondendo a 68,7% dos invertebrados que emergiram no experimento. O Filo Nematoda esteve representado por 176 indivíduos (Tabela 2). Diversas estruturas de resistência, tais como, estatoblastos, cistos e ootecas, também foram encontradas ao longo do experimento. *Macrothrix triserialis* foi dominante nos históricos de cultivo de 10 e 20 anos, e *Macrothrix spinosa* foi dominante no histórico de cultivo de 3 anos.

A riqueza de invertebrados não variou entre os diferentes históricos de cultivo. Um padrão similar de variação de riqueza entre os diferentes históricos foi verificado após 17 dias de hidratação do sedimento seco até o final do experimento, onde houve uma maior riqueza acumulada no históricos de cultivo de 20 anos (Figura 6a). A densidade de invertebrados variou ao longo do experimento ( $F_{14,84}=18,411$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 6b). A densidade média seguiu o mesmo padrão de variação da riqueza ao longo do período estudado, sendo maior após 36 dias de hidratação do sedimento seco em relação aos primeiros dias de experimento (Tukey,  $p < 0,05$ ). Dessa forma, em média, a maior densidade de invertebrados foi encontrada após 58 dias de hidratação, mantendo-se em um valor crescente até o final do experimento, com exceção do histórico de cultivo de 20 anos (Figura 5b). A densidade média não diferiu significativamente entre os tratamentos.

Os centroides das unidades amostrais no NMDS mostraram uma distinta separação dos grupos entre os históricos de cultivo. A composição do histórico de cultivo de 10 anos ao final do experimento foi diferente dos históricos de cultivo de 3 e 20 anos (Figura 7a). Os históricos de cultivo de 3 e 20 anos mostraram pouca sobreposição, com apenas uma lavoura do histórico de 20 anos sobreposta às lavouras do histórico de 3 anos. Com relação a composição de macroinvertebrados, houve diferença significativa entre as lavouras com distintos históricos de cultivo ( $F_{2,6} = 2.238$ ;  $p = 0.009$ ). A composição de invertebrados ao longo do experimento teve pouca variação dentro de lavouras com o mesmo histórico (Figura 7b). As variações na sucessão temporal da composição de macroinvertebrados nas lavouras com diferentes históricos de cultivo ao longo do experimento seguiram o mesmo padrão para os diferentes tratamentos (Figura 7b). O padrão de sucessão mudou em datas

similares para os tratamentos, ocorrendo um aumento em média após 20 dias, bem como havendo maior emergência de microcrustáceos ao final do experimento.

#### *Emergência entre áreas úmidas naturais e lavouras de arroz irrigado*

Os invertebrados que emergiram em áreas úmidas mostraram uma distinção temporal na composição em relação àqueles de lavouras de arroz. Nesse mesmo sentido, no início do experimento os táxons que emergiram primeiramente nas áreas úmidas naturais não foram os mesmos observados nas lavouras de arroz nesse mesmo período. Nas áreas úmidas naturais houve a emergência de insetos da ordem Diptera e de uma distinta espécie de Ostracoda em relação às lavouras de arroz (Figuras 8a e 8b). A emergência de Cladocera em áreas úmidas naturais e em lavouras biodinâmicas foi baixa, sendo maior nas lavouras de cultivo convencional e nas lavouras com distintos históricos de cultivos (Figuras 9a e 9b). A abundância de quatro espécies de Ostracoda foi menor em áreas úmidas naturais do que nas lavouras de arroz (Figuras 8a e 8b). As respostas de lavouras de arroz irrigado e áreas úmidas foram distintas, os dois grupos diferiram em suas respostas ao longo do tempo, em relação aos valores de riqueza e densidade. A sucessão manteve um padrão diferente em áreas úmidas naturais em relação as lavouras de arroz irrigado, principalmente em relação as lavouras de cultivo convencional. Com relação a composição de macroinvertebrados, houve diferença significativa entre as lavouras de arroz irrigado e áreas úmidas controle ( $F_{2,6} = 3.928; p = 0.004$ ).

## **DISCUSSÃO**

#### *Estrutura da comunidade de invertebrados aquáticos*

A degradação das condições ambientais ótimas para a sobrevivência dos organismos ativos é considerada como fator decisivo para o estímulo à produção de ovos de resistência. Os ovos de resistência necessitam de uma quebra da dormência antes de estarem disponíveis para a eclosão. Além disso, nem todos os ovos recebem os estímulos adequados para a eclosão e acumulam-se no sedimento por grandes intervalos de tempo. Assim, o

banco de ovos normalmente apresenta um maior número de espécies que aquele encontrado na comunidade ativa (DUGGAN *et al.* 2002; VANDEKERKHOVE *et al.* 2005). A separação do nicho (hipervolume) com relativamente pequenas regiões de sobreposição de espécies, minimiza a competição interespecífica e contribui para a grande diversidade de interações populacionais que evoluíram para permitir a coexistência em comunidades zooplanctônicas de água doce.

A quantidade de ovos eclodidos depende da taxa de eclosão dos ovos, que está ligada a previsibilidade do ambiente e à adversidade do sedimento. Quanto pior as condições do sedimento, maiores as taxas de eclosão. Por outro lado, quanto mais imprevisível a coluna d'água, menores as taxas de eclosão (GARCIA-ROGER *et al.* 2006). Em lavouras de arroz a adversidade do sedimento pode ser considerada maior do que em áreas úmidas naturais, devido as práticas de manejo do solo utilizadas. Em relação as áreas úmidas, o hidroperíodo pode ser considerado mais previsível, já que segue um ciclo de cultivo anualmente, enquanto em áreas úmidas a imprevisibilidade é maior, pois há outros fatores que influenciam a dinâmica hídrica.

Os resultados obtidos através de nosso estudo evidenciaram que a comunidade de invertebrados aquáticos possui a capacidade de se restabelecer, por meio de bancos de ovos ou de outras estruturas resistentes à dessecação, em lavouras de arroz irrigado cultivadas através de diferentes sistemas e históricos de cultivo. Além disso, nosso experimento demonstrou que, as lavouras de arroz irrigado são capazes de armazenar e manter viáveis os bancos de ovos de invertebrados aquáticos ao longo de seus ciclos de cultivo. Em ambos os experimentos, a comunidade de invertebrados aquáticos emergentes se caracterizou pela elevada ocorrência de microcrustáceos, fato também reportado em outros estudos (BROCK *et al.*, 2003; JENKINS & BOULTON, 2007), inclusive no Sul do Brasil (STENERT *et al.*, 2010). É reconhecido que os microcrustáceos são capazes de suportar variações extremas no regime hidrológico através da produção de estruturas reprodutivas de resistência, que permanecem viáveis no sedimento seco por vários anos (WIGGINS *et al.*, 1980, PENNAK 1989, EULISS *et al.*, 1999). Nesse sentido, estas espécies são componentes importantes na dinâmica de invertebrados aquáticos que habitam arrozais e áreas úmidas naturais intermitentes.



*Emergência de invertebrados entre os diferentes sistemas e históricos de cultivo*

Existem poucas informações disponíveis que permitam avaliar os impactos sobre a biodiversidade a partir de mudanças nos sistemas de produção de arroz. Por outro lado, alguns estudos demonstraram que o manejo da agricultura orgânica aumenta a riqueza de espécies de forma geral (DRITSCHILO & ERWIN, 1982; KROMP, 1989; PAOLETTI, 1992; MOREBY *et al.*, 1994; STOPES *et al.*, 1995; LETOURNEAU & GOLDSTEIN, 2001). Em nosso estudo, a riqueza e a densidade de invertebrados aquáticos não variaram entre as lavouras orgânicas, convencionais e áreas úmidas naturais. Entretanto, a riqueza e a densidade variaram ao longo do experimento entre os diferentes tratamentos. No final do experimento, esses atributos da comunidade foram menores em áreas úmidas naturais do que nas lavouras de arroz. Além disso, a riqueza e a densidade não apresentaram um padrão constante de variação entre as lavouras orgânicas e convencionais ao longo do experimento. Esse resultado pode estar relacionado com o tempo de resposta das distintas espécies presentes em cada tratamento frente à hidratação. A hipótese de que a riqueza e densidade de invertebrados seriam menores em lavouras convencionais do que naquelas de cultivo orgânico não foi corroborada.

Nosso estudo também não corroborou a hipótese de que a riqueza e a densidade de invertebrados seriam menores em lavouras convencionais cultivadas há mais tempo do que naquelas mais recentes. As inúmeras práticas utilizadas na agricultura convencional, principalmente, relacionadas ao preparo do solo e uso de agrotóxicos, podem exercer impactos negativos na viabilidade do banco de ovos de invertebrados, independentemente do tempo de cultivo (GLEASON *et al.*, 2004).

Por outro lado, a composição de invertebrados aquáticos variou principalmente entre as lavouras de arroz de ambos os sistemas de cultivo e as áreas úmidas naturais, e também se mostrou distinta entre os históricos de cultivo de 3 anos em relação às lavouras mais antigas. Esse resultado reflete uma diferente resposta dos invertebrados das áreas úmidas ao estresse hídrico, mostrando também uma possível diferença nos processos de colonização de espécies em lavouras de arroz cultivadas mais recentemente, fato que contribui para uma maior dissimilaridade (COTTENIE & DE MEESTER, 2003). Dependendo de condições ambientais específicas, as espécies que irão se restabelecer

podem ser selecionadas a partir de um conjunto de organismos latentes armazenados no banco de propágulos (KEDDY, 2000). Dessa forma, essas espécies podem não responder de forma direta às perturbações, como variações no regime hidrológico, já que as espécies podem não eclodir ao mesmo tempo (CRISPIM & WATANABE 2001). Nosso estudo corrobora que a formação de estruturas de resistência em microcrustáceos pode ser considerada como um refúgio temporal contra distúrbios ocorrentes. De maneira geral, os ovos de resistência possuem maior teor energético em relação a ovos partenogênicos (ABRUSÁN et al. 2007). Essa premissa é relacionada a garantia de sobrevivência do ovo a longo prazo, até o momento de sua eclosão. Os cladóceros foram os organismos presentes com maior densidade em nosso estudo, enquanto outros microcrustáceos foram pouco abundantes, como copépodos por exemplo. A elevada presença de cladóceros e ostracodes pode ser relacionada ao tempo de inundação e matéria orgânica disponível, bem como ao diferente tempo de resposta de organismos a quebra da dormência. Após a inundação, a diminuição no número de células de fitoplâncton representa o fim da estratégia de alimentação por filtragem, assim os cladóceros podem ser substituídos por copépodos e outros organismos. A estratégia trófica mudaria ao longo do tempo de filtragem para alimentação detritívora e carnívora, a partir de organismos relativamente perto de uma estratégia r para os organismos relativamente perto de uma estratégia k (FORES & COMIN, 1986). A alta densidade de cladóceros nos arrozais cultivados sob diferentes sistemas e históricos de cultivo pode estar relacionada com a grande quantidade de sedimento rico em matéria orgânica proveniente da decomposição da vegetação, o que favorece a emergência e colonização desse grupo (EULISS & MUSHET, 1999). Visto que os arrozais são sujeitos a um regime hídrico que alterna períodos de seca e inundação, essas áreas não favorecem o desenvolvimento de uma comunidade diversa. Principalmente, de organismos aderidos aos substratos presentes, sendo essa uma possível condição para o estabelecimento de uma comunidade de cladóceros (JENKINS & BOULTON, 1998).

Maiphae et al. (2010) realizaram um estudo em lavouras de arroz onde encontraram 21 táxons formando a comunidade de Cladocera, onde as espécies dominantes se alternaram ao longo de um ciclo de cultivo. Durante o período de crescimento, a espécie *Macrothrix triserialis* foi dominante, tendo sua distribuição relacionada ao nitrogênio, nitrito e fosfato. Em nosso estudo, o período para a emergência de microcrustáceos, após a

hidratação, variou entre os grupos taxonômicos (ostracodes e cladóceros). A espécie *Macrothrix triserialis* foi a espécie com maior abundância nos históricos de cultivo e que emergiu antes de outras espécies de cladóceros. O gênero *Macrothrix* já foi reportado com maior frequência em áreas úmidas temporárias com baixa ocorrência de macrófitas aquáticas (SIMOES *et al.*, 2009). Esse mesmo gênero possui registro de viabilidade do efípio de até 55 anos (HAIRSTON & CÁCERES 1996). Da mesma forma a espécie *Ceriodaphnia cornuta righaudi* emergiu mais rapidamente quando presente, sendo essa uma espécie com alta viabilidade temporal no sedimento (CRISPIM & WATANABE 2001). *Leydigia striata* e *Parvalona parva* foram espécies indicadoras de lavouras com distintos históricos de cultivo. Os membros do gênero *Leydigia* são verdadeiramente bentônicos (KOTOV, 2009). No mesmo sentido, *Parvalona* trata-se de uma espécie verdadeiramente bentônica, com ampla distribuição. Elmoor-Loureiro *et al.* (2009) citam a ocorrência da ocorrência de machos de *Parvalona parva* em ecossistemas aquáticos transparentes, pequenos e rasos, com até 1,5 m de profundidade, e com a presença de macrófitas aquáticas.

De maneira geral, os ostracodes emergiram mais rapidamente que os cladóceros, aumentando sua densidade até a data final do experimento, enquanto algumas espécies de cladóceros sofreram uma diminuição na densidade. *Stenocypris major* apresentou altos valores de abundância em ambos os experimentos. Essa espécie possui uma distribuição cosmopolita (MARTENS & BEHEN, 1994), e Sars (1928) relata que essa espécie é exclusivamente partenogênica. Em nosso estudo, entre os indivíduos encontrados, várias estágios de vida desse mesmo organismo foram visualizados, fato que sinaliza esse tipo de reprodução. Um impacto resultante da aplicação de inseticidas para invertebrados aquáticos em arrozais é a proliferação de consumidores primários. *Stenocypris major* já foi relatada apresentando altas densidades em arrozais na Ásia e Filipinas (LIM & WONG, 1986). Explicações relacionadas à proliferação dessa espécie e sua alta abundância verificada, se devem a resistência a inseticidas, menor competição e predação, alta tolerância de juvenis em relação aos adultos e reprodução partenogenética (KHUDAIRI & RUBER, 1974; WONG, 1979; LIM & WONG, 1986).

#### *Considerações finais*

Organismos encontrados após distúrbios de pouca duração, como as alterações ocorrentes em arrozais, podem ser considerados como uma biota altamente resiliente e que sofre uma rápida sucessão após as perturbações provocadas pela colheita e plantio do arroz a cada ano (ODUM, 1997; BAMBARADENIYA & AMERASINGHE, 2003). Uma microsucedão começa a cada ano após as perturbações provocadas pela colheita e plantio do arroz. Apesar dos propágulos nos sedimentos (sementes, ootecas e esporos), o manejo realizado mantém os arrozais em níveis de organização relativamente simples, sendo essa uma característica geral de sistemas artificiais (MARGALEF, 1984). Lavouras de arroz tradicionais que foram cultivadas durante um longo período de tempo, podem ser consideradas como comunidades climax (BAMBARADENIYA & AMERASINGHE, 2003). Relação que pode ser estabelecida com o aumento de biodiversidade e densidade de organismos em lavouras com histórico de cultivo de 20 anos quando comparadas a históricos mais recentes.

Este estudo salientou a importância dos propágulos dormentes na estruturação espacial e temporal de invertebrados aquáticos em áreas úmidas e lavouras de arroz irrigado. É possível argumentar que as lavouras de arroz irrigado e as áreas úmidas ocorrentes na região possuem uma dinâmica de metacomunidade, onde cada quadra ou poça é interconectada por um sistema de canais e por meio de alagamentos. Mesmo que essas conexões não sejam visíveis ou mensuradas é possível inferir que a dinâmica espacial (regional) é relacionada fundamentalmente ao processo de dispersão, fato que permite que as espécies colonizem ou recolonizem comunidades locais, que populações locais sejam resgatadas da extinção, e que a coexistência de espécies seja possível na escala regional (LEIBOLD *et al.*, 2004). Um aumento da riqueza de espécies de plâncton durante períodos de inundação pode estar relacionado ao aumento do número de habitats disponíveis, ou pela conexão das áreas durante as cheias (LANSAC-TOHÂ *et al.*, 2009).

A conservação e restauração de áreas úmidas podem ser reforçadas através da utilização de indicadores da integridade ecológica com base nos propágulos dormentes (ANGELER & GARCIA, 2005). Nosso estudo demonstrou que uma abordagem de avaliação e conservação com enfoque em áreas úmidas presentes em regiões orizícolas pode ser uma ferramenta importante para conservar a diversidade de invertebrados

aquáticos, em regiões sujeitas à dinâmica desses agroecossistemas. Essa informação é primordial para o desenvolvimento de programas de manejo e estratégias de restauração de áreas úmidas na região, as quais já foram em grande parte degradadas ou estão em grande risco, devido à expansão orizícola e impactos antrópicos resultantes.

#### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABRUSÁN G., FINK P. & LAMPERT W. Biochemical limitation of resting egg production in *Daphnia*. **Limnology and Oceanography**, n.52. p.1724-U1. 2007.

ANGELER D.G. & GARCÍA G. Using emergence from soil propagule banks as indicators of ecological integrity in wetlands: advantages and limitations. **Journal of the North American Benthological Society**, v.24. n.4. p.740-752. 2005.

BAMBARADENIYA, C.N.B. & AMERASINGHE, F.P. Biodiversity associated with the rice field agro-ecosystem in Asian countries: a brief review. Sri Lanka: Working Paper 63. **International Water Management Institute (IWMI)**. 24 p. 2003.

BENGTSSON, J., AHNSTRÖM, J., WEIBULL, A.C., The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a metaanalysis. **Journal of Applied Ecology**, n.42. p.261-269. 2005.

BOULTON, A.J. & LLOYD, L.N. Flooding frequency and invertebrate emergence from dry floodplain sediments of the River Murray, Australia. **Regulated Rivers: Research and Management**, n.7. p. 137–151. 1992.

BROCK, M.A., NIELSEN, D.L., SHIEL, R.J., GREEN, J.D. & LANGLEY, J.D. Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. **Freshwater Biology**, v.48. n.7 p.1207-1218. 2003.

BROWN, S.C. & BATZER, D.P. Birds, plants, and macroinvertebrates as indicators of restoration success in New York marshes. In: RADER, RB., BATZER, DP. & WISSINGER, SA. (Eds.). Bioassessment and Management of North American Freshwater Wetlands. **New York: John Wiley and Sons**. 2001.

CÁCERES, C.E. Interspecific variation in the abundance, production and emergence of *Daphnia* diapausing eggs. **Ecology**, n.79.p.1699–1710. 1998.

CLEMENTS, W. H. & NEWMAN, M.C. Community ecotoxicology. **John Wiley and Sons, Chichester, UK**. 2002.

CRISPIM, M.C. & WATANABE, T. What can dry reservoir sediments in a semi-arid region in Brazil tell us about cladocera? **Hydrobiologia**. n.442. p.101-105, 2001.

COTTENIE K. & DE MEESTER L. Connectivity and cladoceran species richness in a metacommunity of shallow lakes. **Freshwater Biology**, n.48. p.823–832. 2003.

DERNADIN, J. Solo: constituição e degradação. In: MARCANTONIO, G. (Ed.). Solos e irrigação. **Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, FEDERACITE**. 1992.

DRITSCHILO, W. & ERWIN, T.L. Responses in abundance and diversity of cornfield carabid communities to differences in farm practices. **Ecology**, n.63. p.900–904. 1982.

- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v.67. n.3. p.345-366. 1997.
- DUGGAN I.C., GREEN J.D. & SHIEL R.J. Rotifer resting egg densities in lakes of different trophic state, and their assessment using emergence and egg counts. **Archiv Fur Hydrobiologie**, n.153. p.409-420. 2002.
- ELMOOR-LOUREIRO, M.A.L. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. **Brasília: Ed. Universa**. 155p. 1997.
- ELMOOR-LOUREIRO, M.A.L., SANTOS-WISNIEWSKI, M.J. & ROCHA, O. New records of *Parvalona parva* (Crustacea: Anomopoda: Chydoridae) from Brazil, with first description of the male. **Zoologia**, v.26. n.2. p.369–373. 2009.
- EULISS JR., NH. & MUSHET, DM. Influence of agriculture on aquatic invertebrate communities of temporary wetlands in the prairie pothole region of North Dakota, USA. **Wetlands**, v.19. n.2. p.578– 583. 1999.
- FERNÁNDEZ, H.R., & DOMÍNGUEZ, E. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. **Universidad Nacional de Tucumán: Tucumán**, Argentina. 2001.
- FINLAYSON, C.M., DAVIDSON, N.C., SPIERS, A.G. & STEVENSON, N.J. Global wetland inventory: Status and priorities. **Marine and Freshwater Research**, v.50. n.8. p. 717-727. 1999.
- FORES, E. & COMIN. F.A. Características limnológicas de los arrozales del Delta del Ebro (N.E. España). **Oecologia aquatica**, n.8. p.39-45. 1986.
- FULLER, R.J., NORTON, L.R., FEBER, R.E., JOHNSON, P.J., CHAMBERLAIN, D.E., JOYS, A.C., MATHEWS, F., STUART, R.C., TOWNSEND, M.C., MANLEY, W.J., WOLFE, M.S., MACDONALD, D.W & FIRBANK, L.G. Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. **Biology Letters**, n.1. p.431-434. 2005.
- GARCIA-ROGER E.M., CARMONA M.J. & SERRA M. A simple model relating habitat features to a diapause egg bank. **Limnology and Oceanography**, n.51. p.1542-1547. 2006.
- GLEASON, RA., EULISS Jr., NH., HUBBARD, DE. & DUFFY, WG. Invertebrate egg banks of restored, natural, and drained wetlands in the prairie pothole region of the United States. **Wetlands**, v.24. n.3. p.562-572. 2004.
- GYLLSTROM M. & HANSSON L.A. Dormancy in freshwater zooplankton: Induction, termination and the importance of benthic-pelagic coupling. **Aquatic Sciences**, v.66, p.274-295. 2004.
- HAIRSTON, J.R. Zooplankton egg banks as biotic reservoirs in changing environments. **Limnology and Oceanography**, v.41. n.5. p.1087-1092. 1996.
- HEINO, J. Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. **Hydrobiologia**, n.418. p.229-242. 2000.
- HEINO, J. A macroecological perspective of diversity patterns in the freshwater realm. **Freshwater Biology**, n.56. p.1703–1722. 2011.

- HOLE, D.G., PERKINS, A.J., WILSON, J.D., ALEXANDER, I.H., GRICE, P.V. & EVANS, A.D. Does organic farming benefit biodiversity?. **Biological Conservation**, n.122. p.113–130. 2005.
- HUBBELL, S.P. The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. **Princeton University Press, Princeton, NJ**. 2001.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA). Arroz irrigado: safra 2010/2011 - produção municipal. **Porto Alegre: Seção de Política Setorial – DCI**. 2011.
- JENKINS, K.M. & BOULTON, A.J. Detecting impacts and setting restoration targets in arid-zone rivers: aquatic micro-invertebrate responses to reduced floodplain inundation. **Journal of Applied Ecology**, v.44. n.4. p.823-832. 2007.
- KEDDY, P. Wetland Ecology: Principles and Conservation. **Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom**. 614 p. 2000.
- KHUDAIRI, S.Y.A., & RUBER E. Survival and reproduction of ostracods as affected by pesticides and temperature. **Journal Economic Entomology**, n.67. p.22-24. 1974.
- KOTOV, A.A. 2009. A revision of *Leydigia* Kurz, 1875 (Anomopoda, Cladocera, Branchiopoda), and subgeneric differentiation within the genus. **Zootaxa** **2082**: 1-84.
- KREBS, J.R., WILSON, J.D., BRADBURY, R.B. & SIRIWARDENA, G.M. The second silent spring? **Nature**, n.400. p.611–612. 1999.
- KROMP, B. Carabid beetle communities Carabidae, Coleoptera in biologically and conventionally farmed agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems Environment**, n.27. p.241–251. 1989.
- LANSAC-TÔHA, F.A., BONECKER, C.C., VELHO, L.F.M., SIMÕES, N.R., DIAS, J.D., ALVES, G.M. & TAKAHASHI, E.M. Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. **Brazilian Journal of Biology**, v.69 n.2. p.539-549. 2009.
- LEIBOLD, M.A., HOLYOAK, N., MOUQUET, P., AMARASEKARE, J.M., CHASE, M.F., HOOPEES, R.D., HOLT, J.B., SHURIN, R., LAW, D., TILMAN, M., LOREAU, M & GONZALEZ, A. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. **Ecology Letters**, n.7. p.601–613. 2004.
- LETOURNEAU, D.K. & GOLDSTEIN, B. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. **Journal of Applied Ecology**, n.38. p.557–570. 2001.
- LIM, R.P. & WONG, M.C. The effects of pesticides on the population dynamics and production of *Stenocypris major* Baird (Ostracoda) in ricefields. **Archiv für Hydrobiologie**, n.106. p.421-427. 1986.
- LOPRETTO, E.C. & TELL, G. Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodologías para su estudio. **Ediciones Sur, La Prata**, p.1-3. 1995.
- LORREAU, M. Does functional redundancy exist? **OIKOS**, v.104 n.3 p.606-611. 2004.

- MARCUS, N.H., LUTZ, R., BURNETT, W. & CABLE, P. Age, viability and vertical distribution of zooplankton resting eggs from an anoxic basin: evidence of an egg bank. **Limnology and Oceanography**, n.39. p.154-158. 1994.
- MAEDER, P. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. **Science**, n.96, p.1694-1696. 2002.
- MAIPHAE, S., LIMBUT, W., CHOIKAEW, P., & PECHRAT P. The cladocera (Ctenopoda and Anomopoda) in rice fields during a crop cycle at Nakhon Si Thammarat province, Southern Thailand. **Crustaceana**, v.83. n.12. p.1469-1482. 2010.
- MARGALEF, R. Ecología. **Ed. Omega, Barcelona**, 951 p. 1984.
- MARTENS, K. & BEHEN, F. A checklist of the non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from the inland waters of South America and adjacent islands. **Travaux Scientifiques du Musée d' Histoire naturelle de Luxembourg**, n.22. p.1-81. 1994.
- MATTOS, M.L.T. Carbono e nitrogênio da biomassa e atividade microbiana em um solo cultivado com arroz irrigado orgânico e manejado com diferentes adubos verdes. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**. 18 p. 2007.
- MEDLAND, V.L. & TAYLOR B.E. The strategies of emergence from diapause for cyclopoid copepods in a temporary pond. **Archiv für Hydrobiologie**, n.150. p.329-349. 2001.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3<sup>rd</sup> ed. Iowa, **Kendall/Hunt Publishing Company**. 1996.
- MESLÉARD, F., GARNERO, S., BECK, N. & ROSECCHI, E. Uselessness and indirect negative effects of an insecticide on rice field invertebrates. **Comptes Rendus Biologies**, n.328. p.955-962. 2005.
- MIDDLETON, B.A. Wetland Restoration, Flood Pulsing and Disturbance Dynamics. **New York: John Wiley & Sons**. 1999.
- MITSCH, W.J. & GOSSSELINK, J.G. **Wetlands**. **John Wiley & Sons, New York**. 2000.
- MOREBY, S.J., AEBISCHER, N.J., SOUTHWAY, S.E. & SOTHERTON, N.W. A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter-wheat in southern England. **Annals of Applied Biology**, n.125. p.13-27. 1994.
- NOSETTO, M., JOBBAGY, E. & PARUELO, J.M. Land-use change and water losses: the case of grassland afforestation across a soil textural gradient in central Argentina. **Global Change Biology**, n.11. p.1101-1117. 2005.
- ODUM, E.P. Fundamentos de ecologia. **Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa**, 5<sup>a</sup> ed, 927p. 1997.
- OKSANEN, J., KINDT, R., LEGENDRE, P., O'HARA, B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.H.H., & WAGNER, H. 'Vegan: Community Ecology Package. R Package Version 1.15-2.' Available at <http://CRAN.Rproject.org/package=vegan> [Accessed 25 September 2010]. 2009.



- PAOLETTI, M.G., PIMENTEL, D., STINNER, B.R. & STINNER, D. Agroecosystem biodiversity: matching production and conservation biology. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n.40. p.3–23. 1992.
- PENNAK R.W. Freshwater invertebrates of the United States. **3a ed Wiley, Chichester**. 1989.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 'R: A Language and Environment for Statistical Computing.' R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available at <http://www.R-project.org> [Accessed 5 April 2010]. 2009.
- RAMBO, B. A Fisionomia do Rio Grande do Sul: Ensaio de Monografia Natural. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). 456 p. 2000.
- RICHARDSON, A.J. & TAYLOR, I.R. 2003. Are rice fields in southeastern Australia an adequate substitute for natural wetlands as foraging areas for egrets? **Waterbirds**, v.26. n. 3. p.353-363.
- SARS, G.O. An account of the Crustacea of Norway. Ostracoda. **Vol. IX. Bergen Museum, Oslo**. 1928.
- SIMÕES, N.R. SYLVIA, M.M., RIBEIRO, S. & SONODA. S.L. Diversity and structure of microcrustacean assemblages (Cladocera and Copepoda) and limnological variability in perennial and intermittent pools in a semi-arid region, Bahia, Brazil. **Iheringia, Série Zoológica, Porto Alegre**, v.101 n.4. p.317-324. 2011.
- SHINE, C. & KLEMM, C. Wetlands, water and the law: using law to advance wetland conservation and wise use. **Gland: IUCN**. 1999.
- STANCZAK, M. & KEIPER, J.B. Benthic invertebrates in adjacent created and natural wetlands in northeastern Ohio, USA. **Wetlands**, v.24. n.1. p.212-218. 2004.
- STENERT, C. & MALTCHIK, L. Influence of area, altitude and hydroperiod on macroinvertebrate communities in southern Brazil wetlands. **Marine and Freshwater Research**, v.58. n.11. p.993-1001. 2007.
- STENERT, C., BACCA, R.C., AVILA, A.C., MALTCHIK L., ROCHA, O. Do Hydrologic Regimes Used in Rice Fields Compromise the Viability of Resting Stages of Aquatic Invertebrates? **Wetlands**, n.30. p.989–996. 2010.
- STOPES, C., MEASURES, M., SMITH C. & FOSTER, L. Hedgerow management in organic farming. Biodiversity and Land Use: The Role of Organic Farming (Eds J. ISART & J. J. LLERENA), p.121–125. **Multitext, Barcelona, Spain**. 1995.
- TAGLIANI, P.R.A. Estratégia de planificação ambiental para o sistema ecológico da restinga da Lagoa dos Patos - planície costeira do Rio Grande do Sul [Tese de doutorado]. **Universidade Federal de São Carlos**. 1995.
- TRONSTAD, L.M., TRONSTAD, B.P. & BENKE, A.C. Invertebrate seedbanks: rehydration of soil from an unregulated river floodplain in the south-eastern U.S. **Freshwater Biology**, n.50 p.646-655. 2005.
- VANDEKERKHOVE J., DECLERCK S., JEPPESEN E., CONDE-PORCUNA J.M., BRENDONCK L. & DE MEESTER L. Dormant propagule banks integrate spatio-temporal heterogeneity in cladoceran communities. **Oecologia**, n.142. p.109-116. 2005.

WIGGINS, G.B., MACKAY, R.J. & SMITH, I.M. Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. **Archiv für Hydrobiologie**, n.58. p.97-206. 1980.

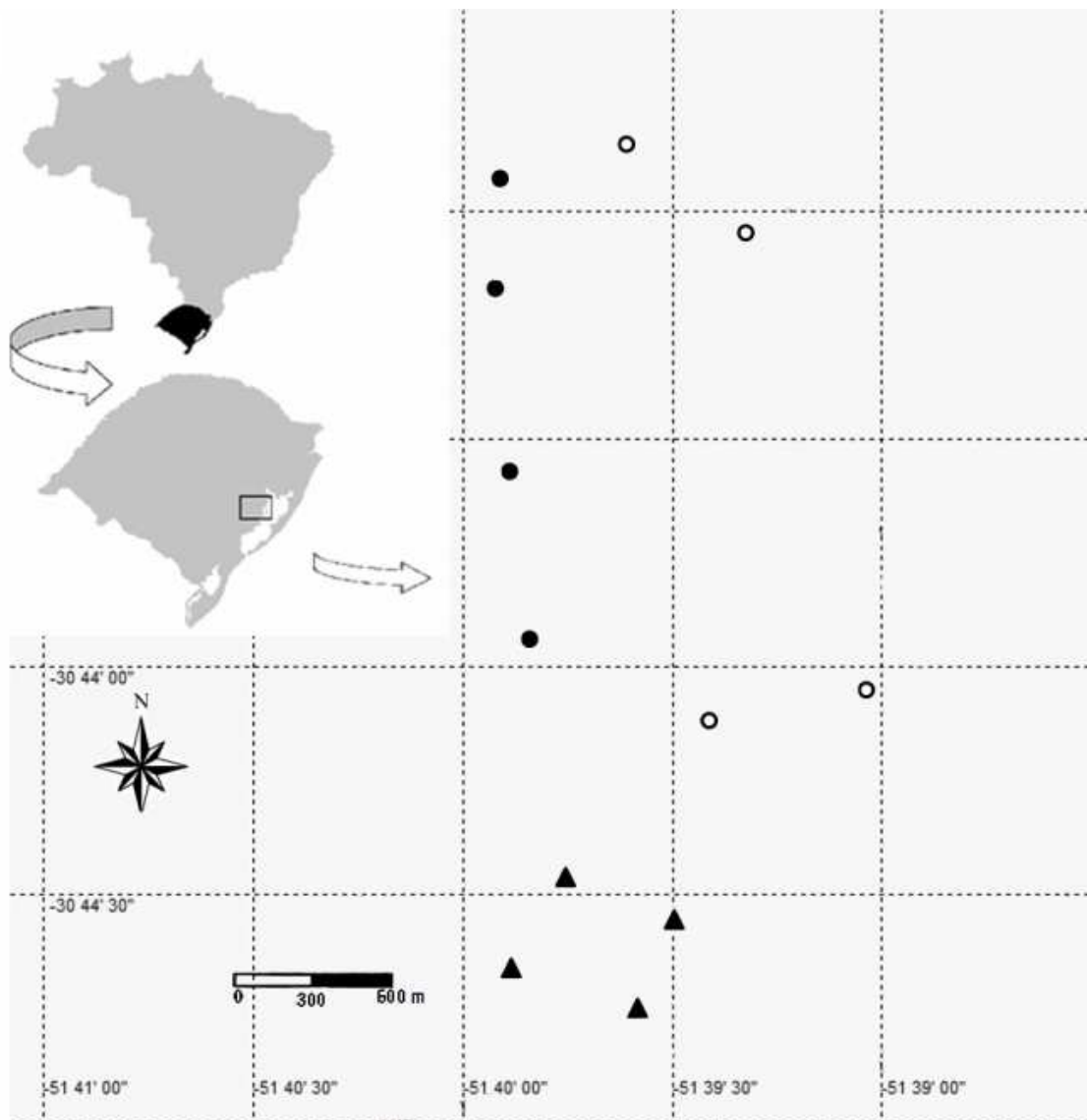
WILSON, A.L., WATTS, R.J. & STEVENS, M.M. Effects of different management regimes on aquatic macroinvertebrate diversity in Australian rice fields. **Ecological Research**, n.23. p.565-572. 2008.

WONG, M.C. The ecology of the ostracod, *Stenocypris major* Baird 1859 with reference to the application of insecticides, carbofuran and endosulfan. B.S. honour thesis, **University of Malaya, Malaysia**. 1979.

ZIMMER, K.D., HANSON, M.A. & BUTLER, M.G. Factors influencing invertebrate communities in prairie wetlands: a multivariate approach. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, n.57. p.76-85. 2000.

## ANEXOS

a)



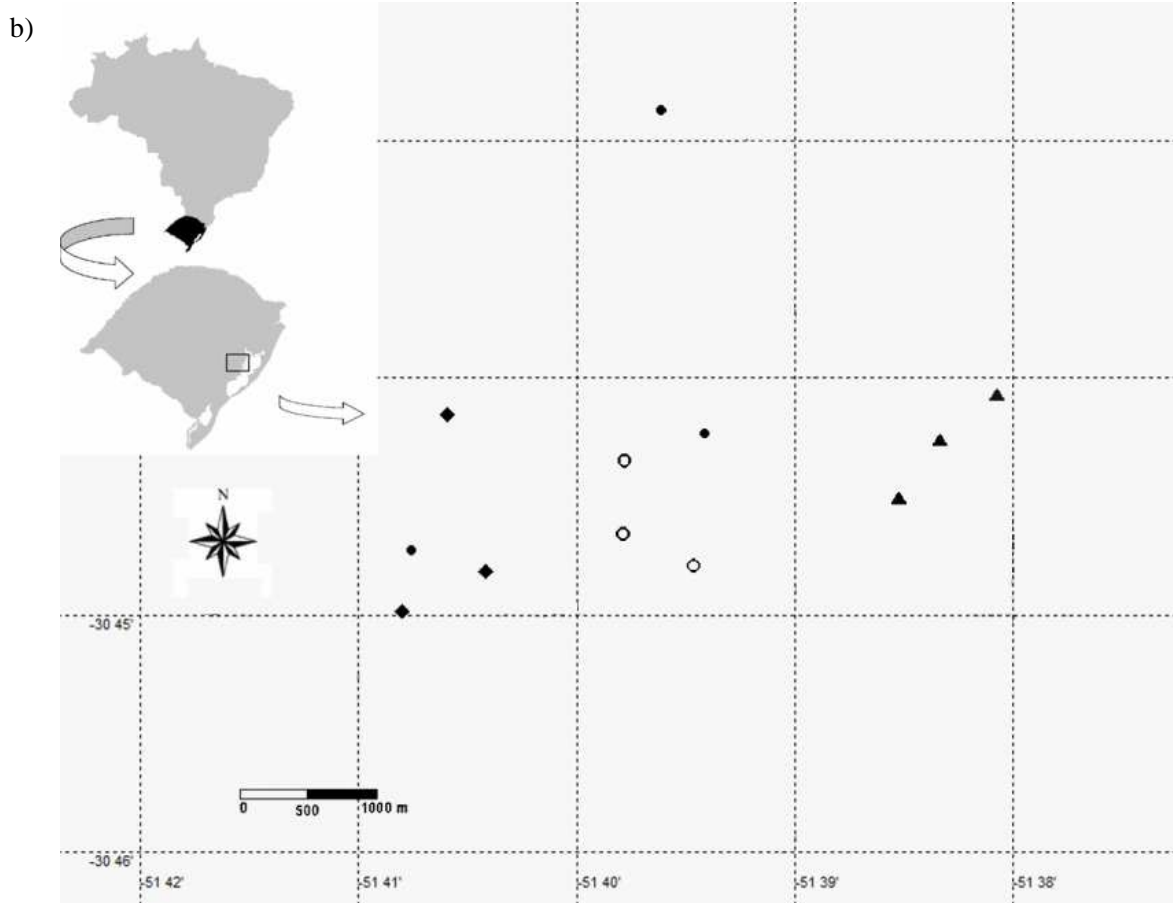


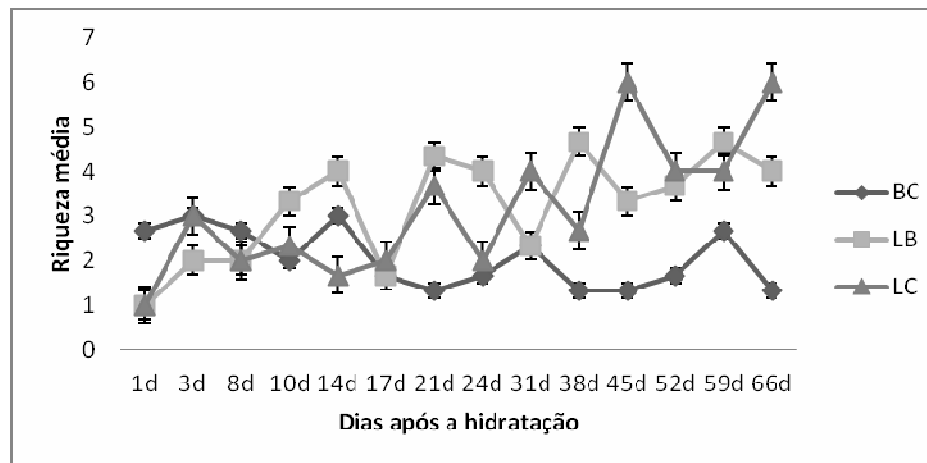
Figura 3. Área de estudo mostrando às áreas selecionadas, incluindo todas as três propriedades rurais. a) diferentes sistemas de cultivo. círculos abertos = áreas úmidas, círculos fechados = orgânico, triângulos = convencional; e b) históricos de cultivo. círculos fechados = áreas úmidas, triângulos = 03 anos, quadrados = 10 anos, círculos abertos = 20 anos.

Tabela 1. Abundância dos táxons de invertebrados amostrados ao longo do período de duração do experimento relacionado aos diferentes sistemas de cultivo e áreas úmidas (dias após a hidratação do sedimento coletado de lavouras convencionais e biodinâmicas e áreas úmidas).

Taxa	1d	3d	8d	10d	14d	17d	21d	24d	31d	38d	45d	52d	59d	66d
Anomopoda														
<i>Ilyocryptus spinifer</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	8	8	20	5	7	5
<i>Alona glabra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	4
<i>Dunhevedia colombiensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	34
<i>Macrothryx spinosa</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5	0	1	1
<i>Alona dentifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Alona sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Moina minuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0
<i>Macrothrix triserialis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192	0	0
<i>Macrothryx paulensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Copepoda														
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	0	0	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda														
<i>Stenocypris major</i>	0	0	4	2	2	2	15	21	38	45	92	141	29	182
<i>Cypretta sp.</i>	0	0	1	2	37	6	63	13	18	39	27	52	28	25
<i>Cypridopsis vidua</i>	0	0	0	0	1	0	6	11	4	9	4	16	9	2
<i>Strandesia obtusata</i>	0	1	0	0	2	0	0	1	3	0	0	1	0	2
<i>Strandesia bicuspis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0
Oligochaeta														
Efipio de Cladocera	28	25	11	9	15	14	28	19	17	21	11	9	22	30
Acarina	30	49	14	12	15	21	6	31	23	15	0	16	1	0
Berosus	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	5	4	9	0	17	1	4	3	5	2	2	1	1	2
Ceratopogonidae	2	6	2	3	4	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Tipulidae	1	3	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Plumatellidae	1	24	6	3	9	12	26	9	8	19	28	13	24	21



a)



b)

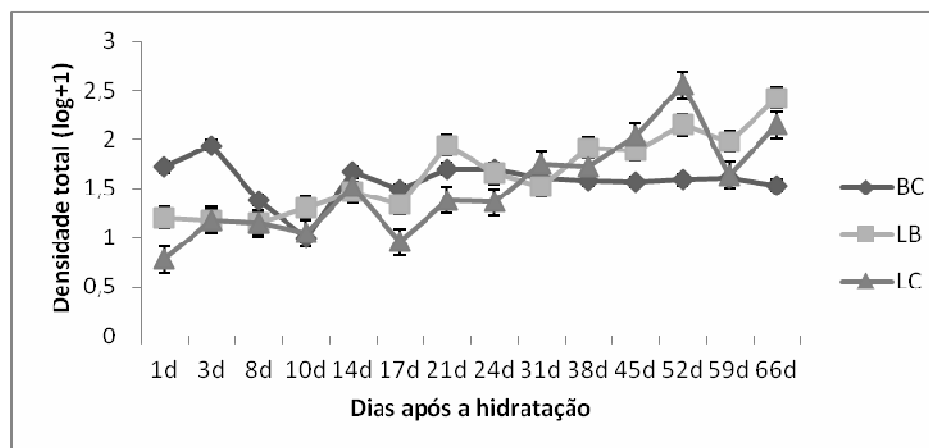
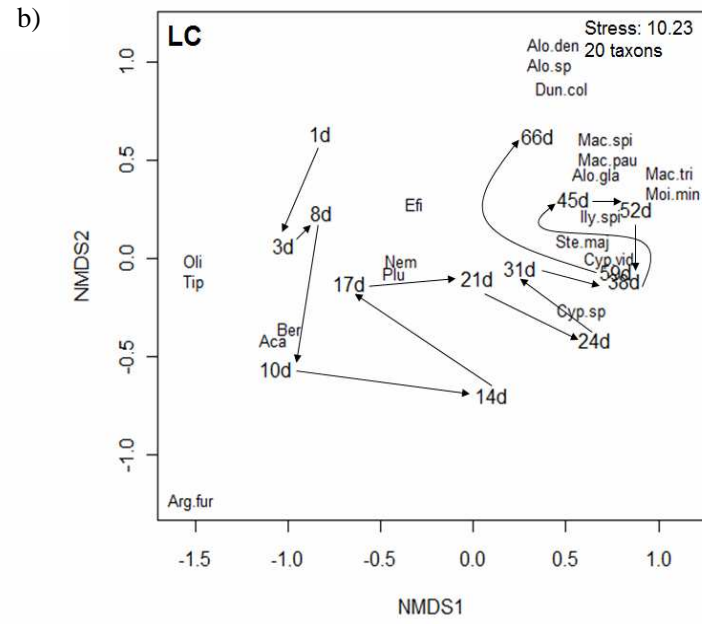
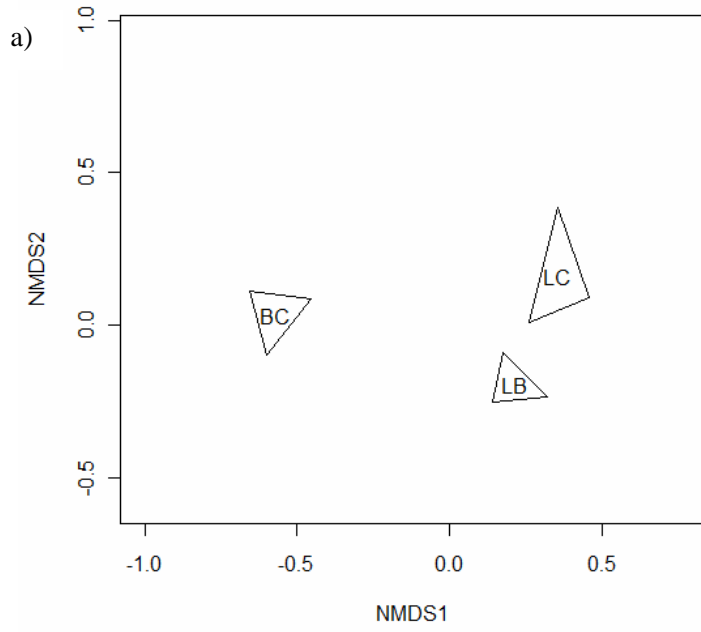


Figura 4. a) Riqueza média de invertebrados ao longo do experimento realizado em lavouros de arroz irrigado (LB – Lavouros de cultivo biodinâmico; LC – Lavouros de cultivo convencional) e áreas úmidas controle (BC); e b) Densidade média de invertebrados ao longo do experimento realizado em lavouros de arroz irrigado (LB – Lavouros de cultivo biodinâmico; LC – Lavouros de cultivo convencional) e áreas úmidas controle (BC).





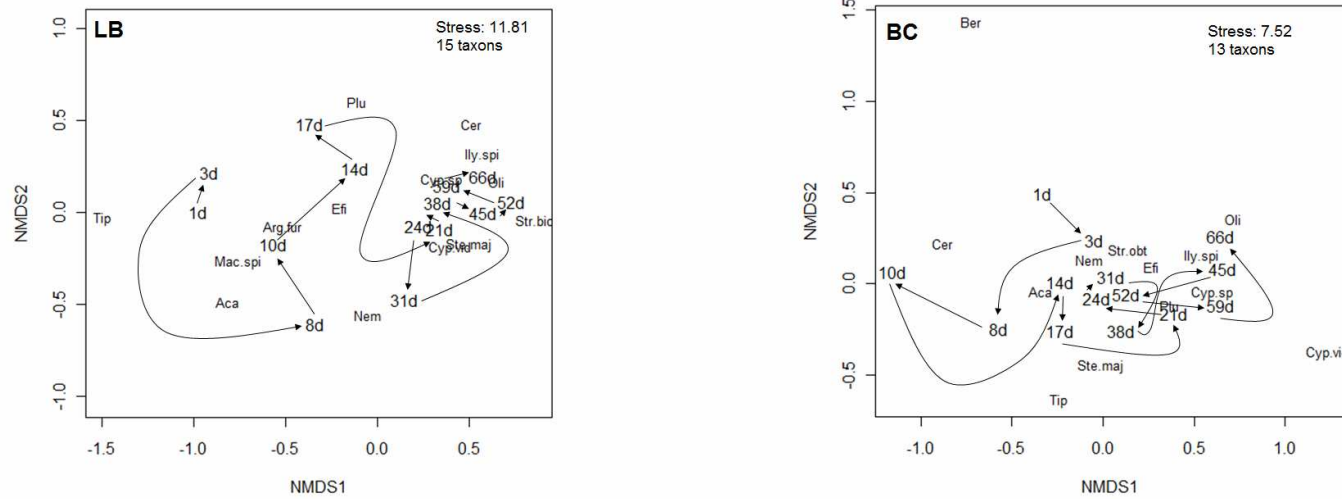
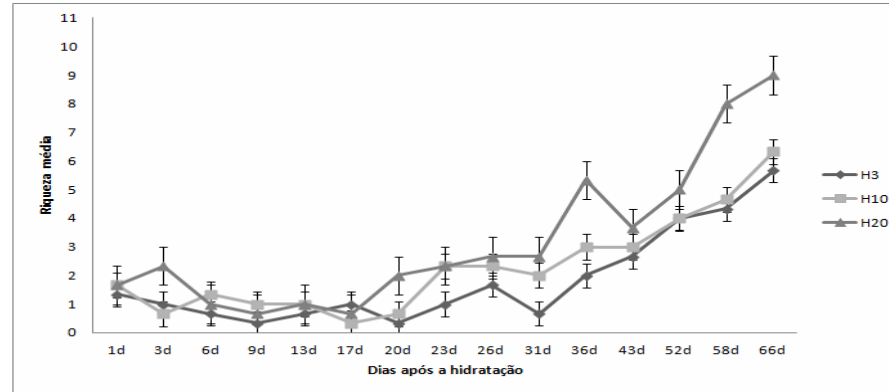


Figura 5. a) NMDS (*Non-Metric Multidimensional Scaling*) de todas as unidades amostrais obtidas agrupadas ao longo do tempo de duração do experimento (Stress = 11.15); e b) NMDS (*Non-Metric Multidimensional Scaling*) de todas as unidades amostrais obtidas agrupadas ao longo do tempo de duração do experimento, mostrando a sucessão temporal. Oli = Oligochaeta, Efi = Efípio, Aca = Acarina, Ber = Berosus, Nem = Nematoda, Cer = Ceratopogonidae, Tip = Tipulidae, Plu = Plumatellidae, *Ste.maj* = *Stenocypris major*, *Cyp.sp* = *Cypretta sp.*, *Cyp.vid* = *Cypridopsis vidua*, *Str.obt* = *Strandesia obtusa*, *Str.bic* = *Strandesia bicuspis*, *Ily.spi* = *Ilyocripts spinifer*, *Mac.spi* = *Macrothrix spinosa*, *Arg.fur* = *Argyrodiaptomus furcatus*, *Alo.gla* = *Alona glabra*, *Dun.col* = *Dunhevedia colombiensis*, *Alo.den* = *Alona dentifera*, *Alo.sp* = *Alona sp.*, *Moi.min* = *Moina minuta*, *Mac.tri* = *Macrothrix triserialis*, *Mac.pau* = *Macrothrix paulensis*.

a)



b)

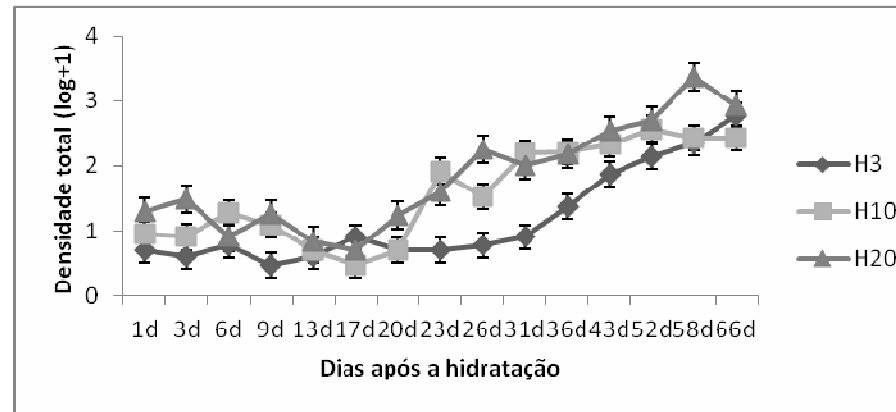
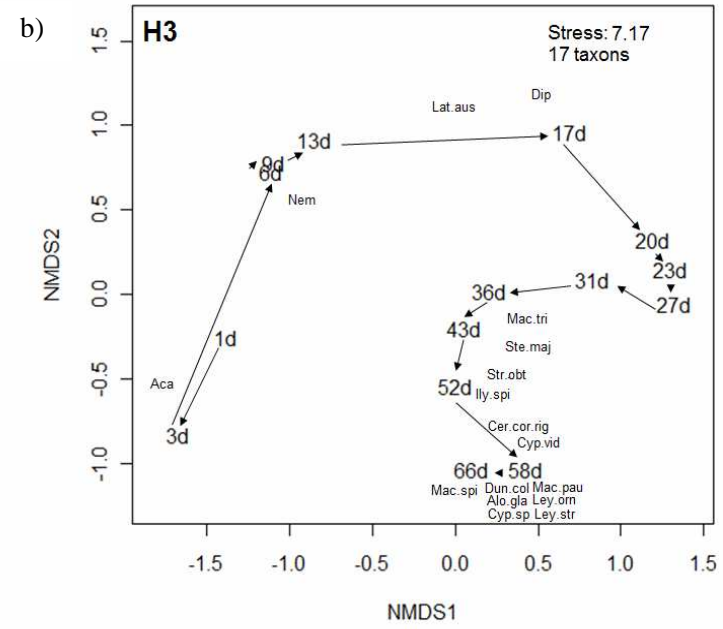
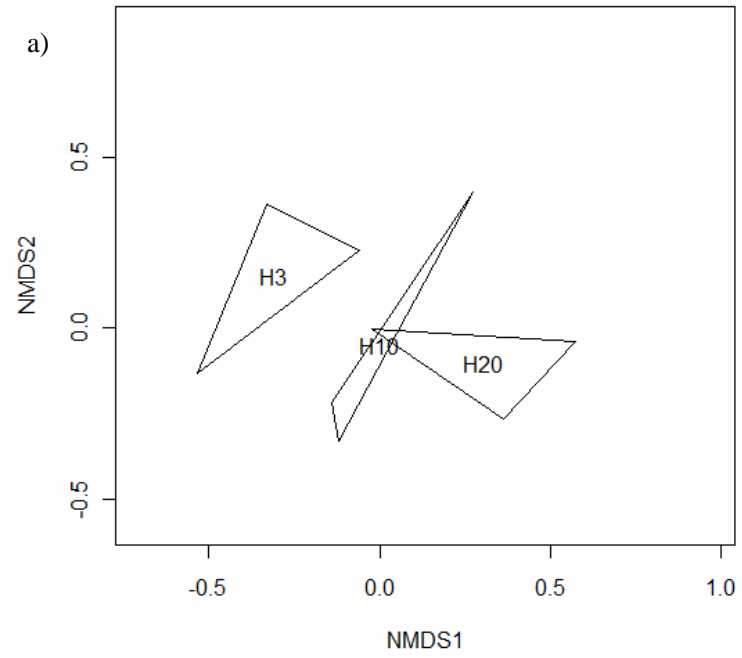


Figura 6. a) Riqueza média de invertebrados ao longo do experimento realizado em lavouras de arroz irrigado com diferentes históricos de cultivo (H3 – Lavouras com histórico de cultivo de 3 anos; H10 – Lavouras com histórico de cultivo de 10 anos; H20 – Lavouras com histórico de cultivo de 20 anos); e b) Densidade média de invertebrados ao longo do experimento realizado em lavouras de arroz irrigado com diferentes históricos de cultivo (H3 – Lavouras com histórico de cultivo de 3 anos; H10 – Lavouras com histórico de cultivo de 10 anos; H20 – Lavouras com histórico de cultivo de 20 anos).



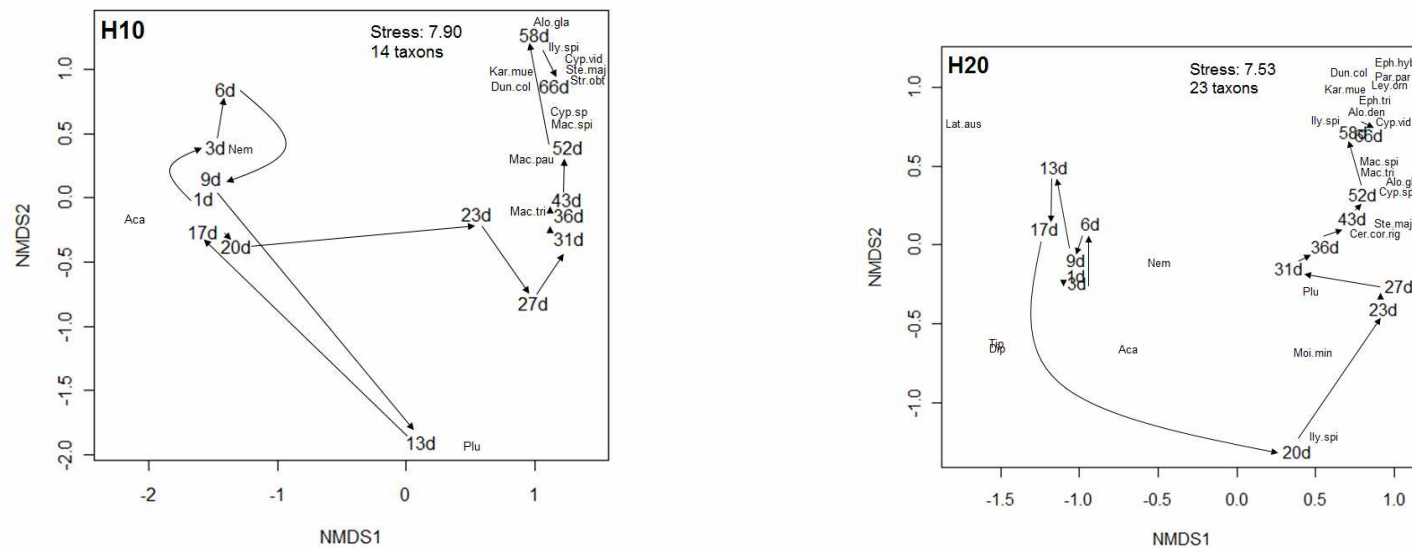
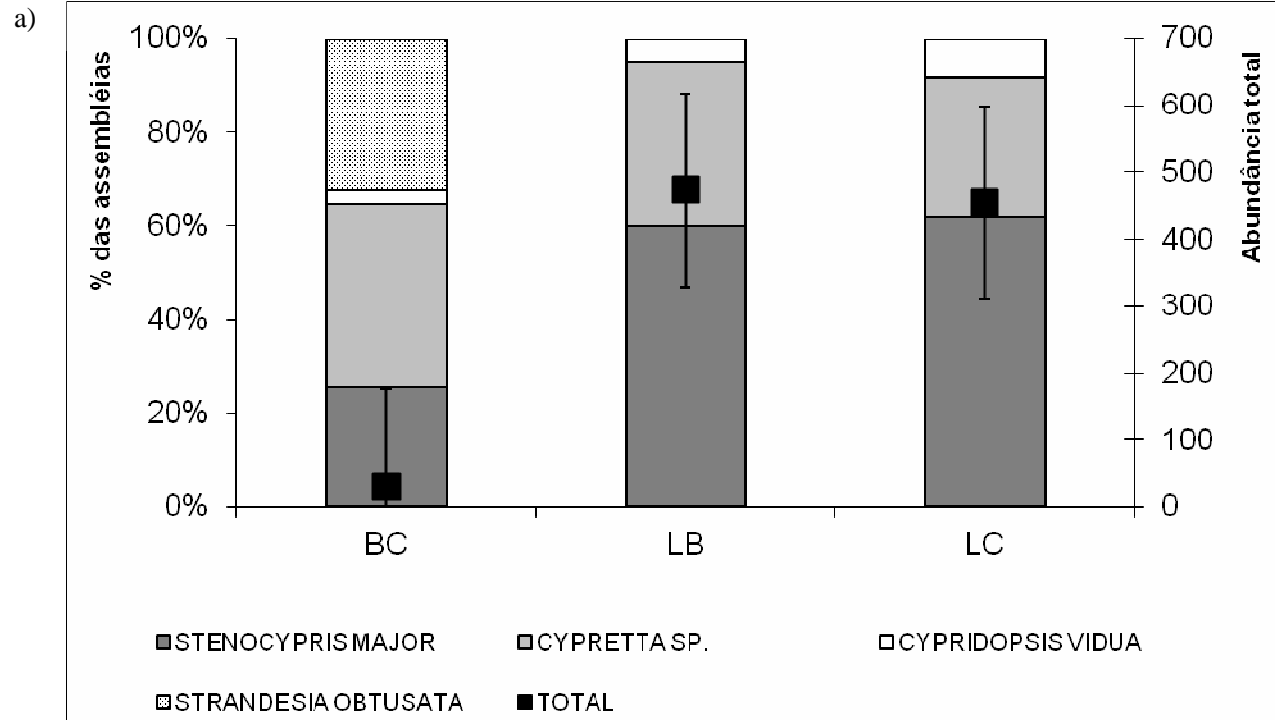


Figura 7. a) NMDS (*Non-Metric Multidimensional Scaling*) de todas as unidades amostrais obtidas agrupadas ao longo do tempo de duração do experimento (Stress = 6.10). O agrupamento mostra os centroides da composição ao longo dos três meses; e b) NMDS (*Non-Metric Multidimensional Scaling*) de todas as unidades amostrais obtidas agrupadas ao longo do tempo de duração do experimento, mostrando a sucessão temporal. Aca = Acarina, Ber = Berosus, Nem = Nematoda, Cer = Ceratopogonidae, Tip = Tipulidae, Plu = Plumatellidae, *Ste.maj* = *Stenocypris major*, *Cyp.sp* = *Cypretta sp.*, *Cyp.vid* = *Cypridopsis vidua*, *Str.obt* = *Strandesia obtusa*, *Ily.spi* = *Ilyocriptus spinifer*, *Mac.spi* = *Macrothrix spinosa*, *Arg.fur* = *Argyrodiaptomus furcatus*, *Alo.gla* = *Alona glabra*, *Dun.col* = *Dunhevedia colombiensis*, *Alo.den* = *Alona dentifera*, *Moi.min* = *Moina minuta*, *Mac.tri* = *Macrothryx triserialis*, *Mac.pau* = *Macrothrix paulensis*, *Cer.cor.rig* = *Ceriodaphnia cornuta righaudi*, *Ley.str* = *Leydigia striata*, *Ley.orn* = *Leydigiaopsis ornata*, *Kar.mue* = *Karualona muelleri*, *Eph.hyb* = *Ephemeroporus hybridus*, *Eph.tri* = *Ephemeroporus tridentatus*, *Lat.aus* = *Latonopsis australis*, *Par.par* = *Parvalona parva*.



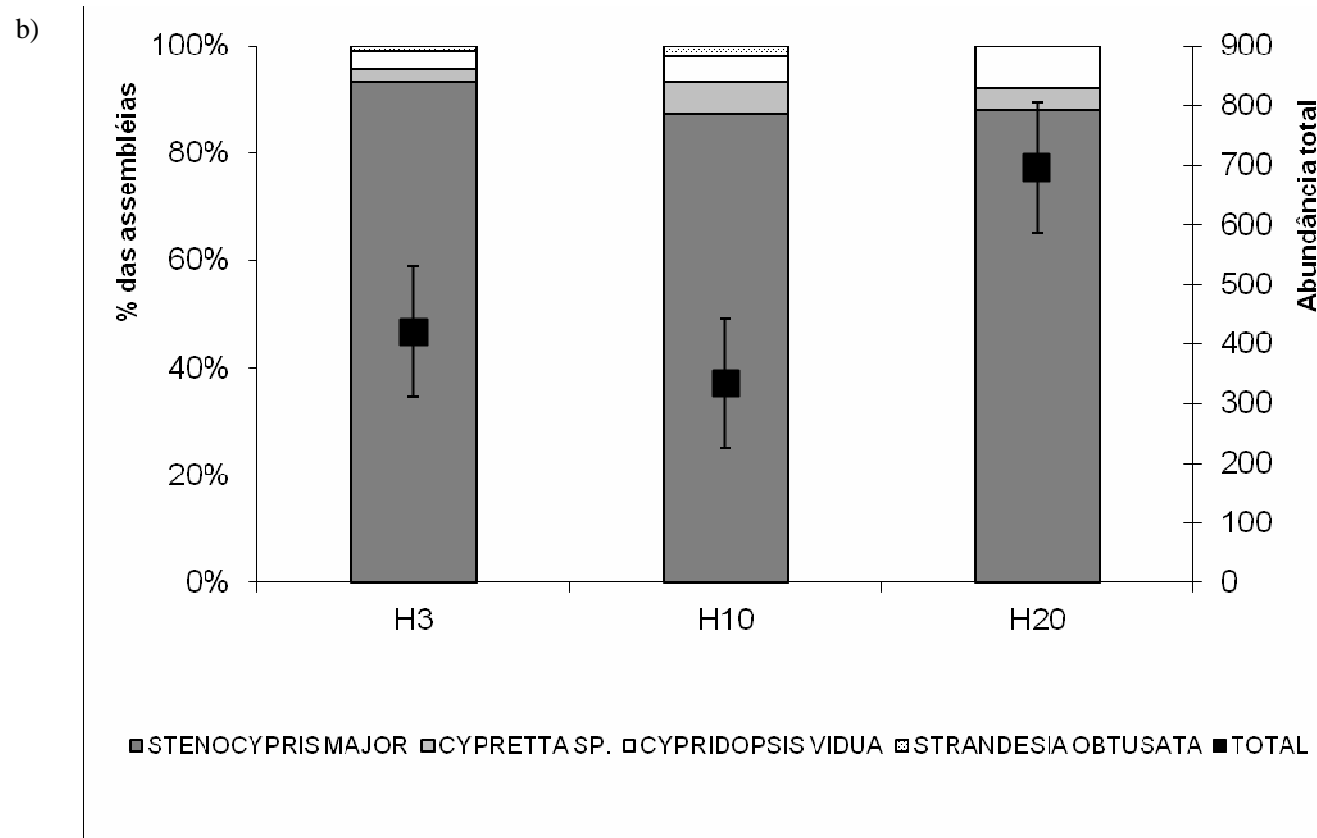
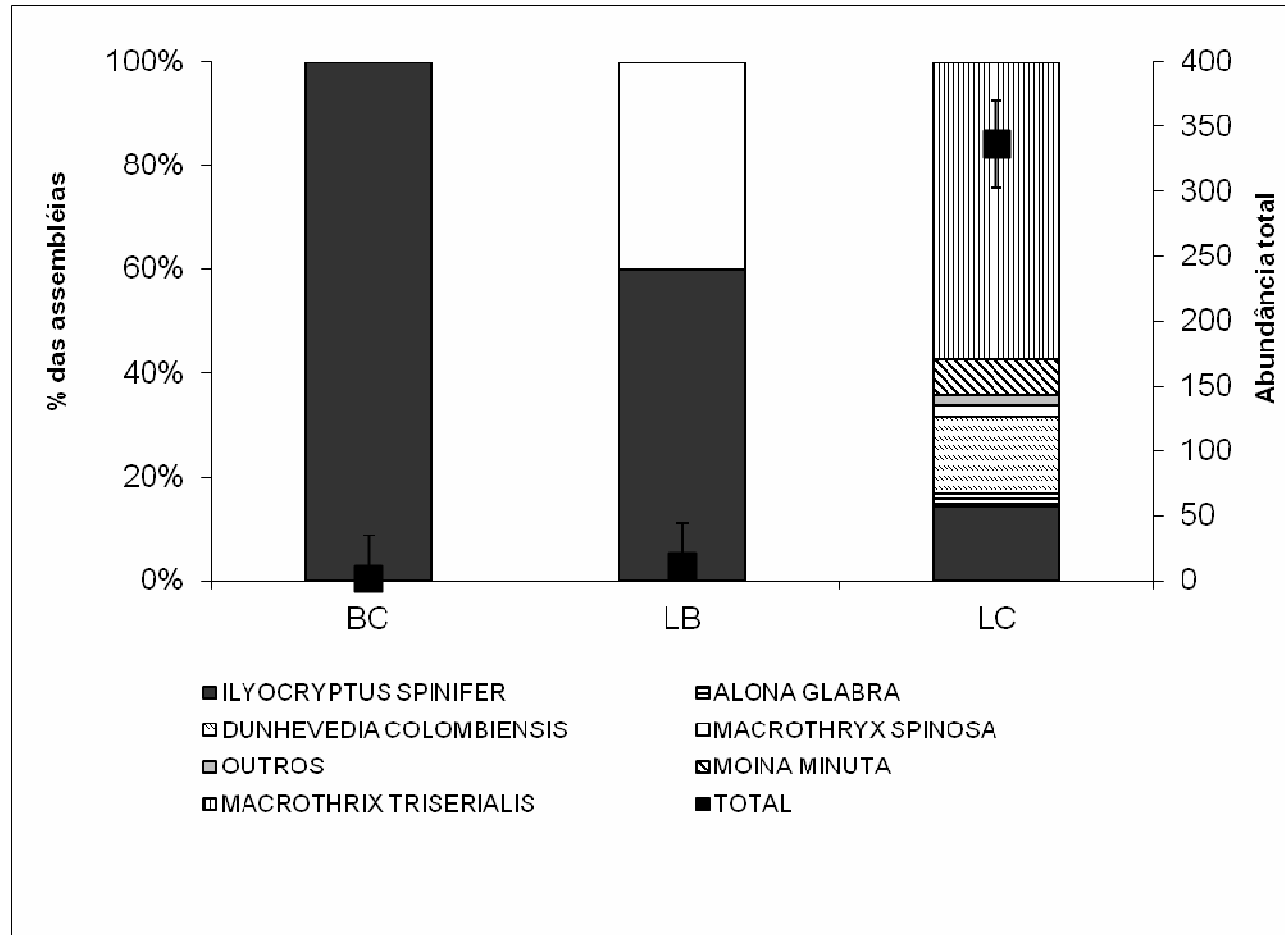


Figura 8. a) Composição das assembleias de Ostracoda e abundância total em lavouras de arroz irrigado (LB – Lavouras de cultivo biodinâmico; LC – Lavouras de cultivo convencional) e áreas úmidas controle (BC); e b) Composição das assembleias de Ostracoda e abundância total em lavouras com diferentes históricos de cultivo (H3 – Lavouras com histórico de cultivo de 3 anos; H10 – Lavouras com histórico de cultivo de 10 anos; H20 – Lavouras com histórico de cultivo de 20 anos).

a)



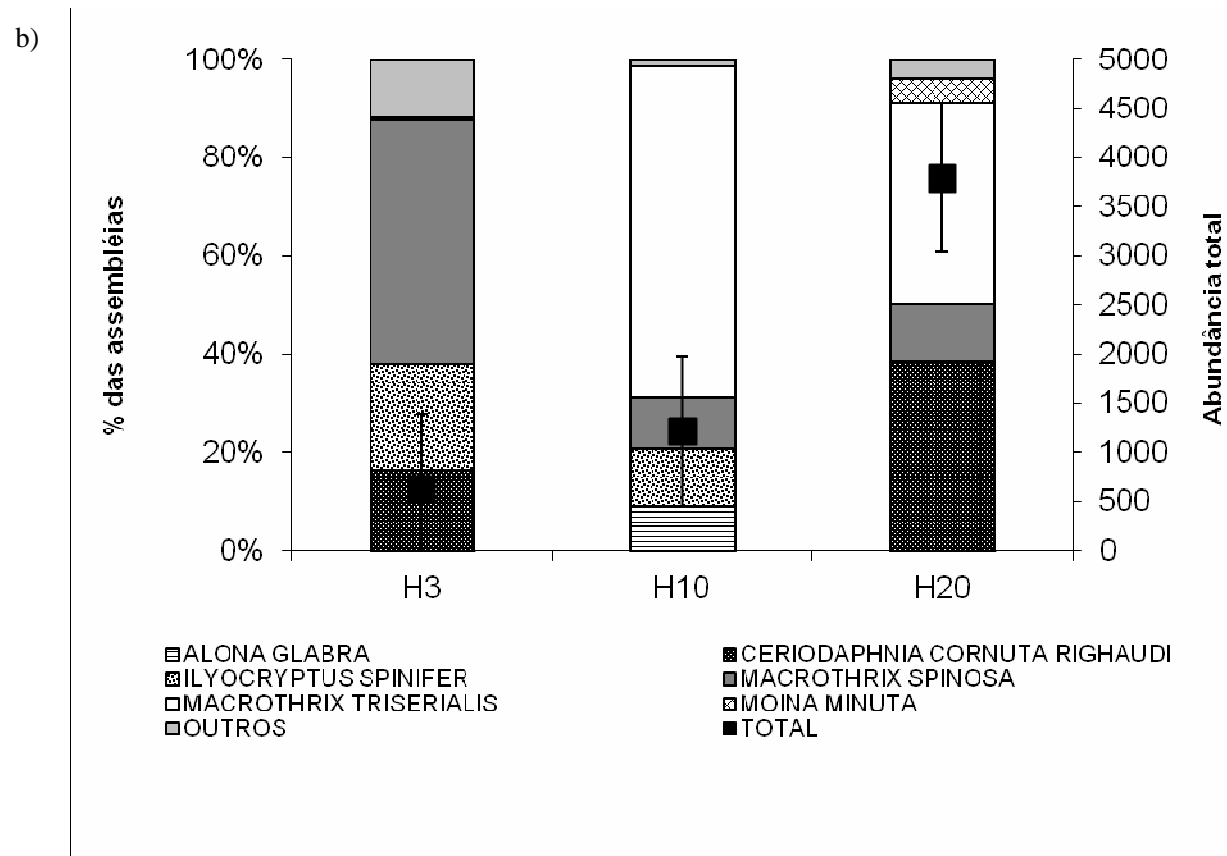


Figura 9. a) Composição das assembleias de Cladocera e abundância total em lavouras de arroz irrigado (LB – Lavouras de cultivo biodinâmico; LC – Lavouras de cultivo convencional) e áreas úmidas controle (BC); e b) Composição das assembleias de Cladocera e abundância total em lavouras com diferentes históricos de cultivo (H3 – Lavouras com histórico de cultivo de 3 anos; H10 – Lavouras com histórico de cultivo de 10 anos; H20 – Lavouras com histórico de cultivo de 20 anos).