



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Dissertação de Mestrado

**DINÂMICA TEMPORAL DE COMUNIDADES PLANCTÔNICAS EM LAVOURAS
DE ARROZ**

Graziela Gonçalves Scheer

Porto Alegre, Agosto de 2015.

Dinâmica temporal de comunidades planctônicas em lavouras de arroz

Graziela Gonçalves Scheer

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia

Orientador: Prof^ª. Dra. Catarina da Silva Pedrozo.

Coorientadora: Prof^ª.Dra.Luciane Oliveira Crossetti.

Comissão Examinadora

Dra. Luciana de Souza Cardoso.

Dra. Lúcia Helena Ribeiro Rodrigues.

Dra. Saionara Eliane Salomoni.

Porto Alegre, Agosto de 2015

*Ao melhor orizicultor,
melhor amigo,
e agora meu anjo,
Otavio.*

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof^a Catarina Pedrozo, que aceitou o desafio de desenvolver um estudo em um ambiente com o qual nunca havia trabalhado e com toda paciência me introduziu ao mundo planctônico.

À minha coorientadora, Prof^a Luciane Crossetti, que desde 2011 vem sendo minha parceira de trabalho e me instigou a trabalhar com o fitoplâncton.

Aos membros da comissão examinadora por aceitaram avaliar este trabalho.

Ao pessoal do CENECO, que me recebeu de portas abertas durante um ano inteiro e permitiu que eu me tornasse parte de um convívio agradável e produtivo.

Ao meu colega André e à técnica do laboratório geral do CENECO, Maria José (Jô), que me acompanharam em algumas coletas sem exitar.

À Araci, ao Volmar e Jô pela ajuda com a logística das coletas e nas análises de laboratório e por terem sido ótimos amigos durante o ano de 2014.

À Silvana Barzotto pela disponibilidade, paciência e auxílio aos alunos do programa de pós-graduação em Ecologia.

À Suzana Freitas, pelo incentivo ao trabalho e por sempre ter uma palavra de apoio.

Ao IRGA, pelo auxílio com deslocamento para campo e por ter disponibilizado técnicos agrícolas para acompanhar em algumas coletas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo.

RESUMO

As lavouras de arroz são consideradas áreas úmidas artificiais e produzem uma grande quantidade de alimento ao redor do mundo. Estes agroecossistemas são comparados às áreas úmidas naturais, uma vez que são caracterizadas como ambientes altamente produtivos com potencial para conservação da biodiversidade, principalmente de aves e anfíbios. A coluna d'água presente durante a fase alagada do ciclo do cultivo do arroz contempla uma gama de organismos importantes como cicladores de nutrientes. Neste sentido, o estudo tem por objetivo descrever as mudanças que ocorrem na estrutura e composição da comunidade planctônica na coluna d'água de uma lavoura de arroz durante um ciclo de cultivo, considerando o tempo de irrigação da lavoura. Para tanto, foram coletadas amostras de água uma vez por semana nos quadros de uma lavoura de arroz comercial cultivada com plantio direto e localizada em Charqueadas, RS, durante a safra agrícola 2013/2014, totalizando 11 campanhas amostrais. Foram avaliadas as características químicas e físicas da água de irrigação, a composição do fitoplâncton e zooplâncton e as alterações na cobertura das plantas e da lâmina de água. As medições demonstraram que os teores dos parâmetros selecionados para a caracterização limnológica da lavoura se mostraram amplamente variáveis, com exceção do pH, temperatura e turbidez. Este último, no entanto, juntamente com os parâmetros nitrato, condutividade, nitrogênio amoniacal e matéria orgânica apresentaram altos teores e estiveram associados ao período inicial de irrigação (até 26 dias), provavelmente devido ao distúrbio do solo, aplicação de ureia e processos de decomposição de macrófitas aquáticas. A composição fitoplanctônica demonstrou a predominância de organismos pertencentes às classes Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Zygnemaphyceae e Cyanobacteria. No entanto, Zygnemaphyceae foi a classe dominante em termos de biomassa, embora tenha ocorrido um aumento da biomassa das espécies pertencentes à classe Bacillariophyceae uma vez que esta classe contempla mais espécies metafíticas. Gêneros característicos de ambientes eutróficos, tais como *Scenedesmus*, *Trachelomonas* e *Nitzschia* foram dominantes em termos de abundância. A biomassa de cianobactérias foi mais representativa no período final de cultivo provavelmente devido aos altos teores de fósforo e menor disponibilidade de luz. Quanto ao zooplâncton, os rotíferos e as formas juvenis de copépodos foram dominantes durante todo o ciclo do cultivo. Espécies dos gêneros tais como *Polyarthra*, *Keratella*, *Brachionus* e *Trichocerca* comuns em ambientes eutróficos, foram dominantes em termos de densidade. Embora a condição nutricional da água tenha influenciado a estrutura das comunidades planctônicas, o desenvolvimento da planta de arroz ao longo do ciclo tornou o ambiente mais complexo, o que também pode ter ocasionado alterações na composição destas comunidades. O período pós-perfilhamento representou uma fase de transição nas dinâmicas das populações através da diminuição da incidência de luz e aumento de nichos. A influência positiva do nitrato e da luz sugere que o mecanismo ascendente foi mais importante para a estruturação da comunidade fitoplanctônica. A interação entre as comunidades planctônicas sugerem que o consumo por herbivoria não foi limitado pela produtividade primária.

Palavras chave: cultura orizícola, lâmina de água, flora e fauna aquáticas, fertilização.

ABSTRACT

The rice fields are considered artificial wetlands and produce a lot of food around the world. These agricultural ecosystems are compared with natural wetland, since they are characterized as highly productive environments with the potential for conservation of biodiversity, especially of birds, and amphibians. The water column during the flooded phase of the rice cultivation cycle includes a range of important organisms such as nutrient cyclers. In this sense, the study aims to describe the changes taking place in the structure and composition of the plankton community in the water column of a rice crop during a crop cycle, considering the time of crop irrigation. To this end, water samples were collected once a week in the plots of a commercial rice crop, located in Charqueadas RS, during the 2013/2014 harvest, totaling 11 sampling campaigns. The chemical and physical characteristics of the irrigation water, the composition of the phytoplankton and zooplankton, changes in the canopy of the plants and the water layer depth, were evaluated. Measurements have shown that the concentrations of the selected parameters for the limnological characterization of tillage displayed widely variability, except for pH, temperature and turbidity. The latter, however, together with nitrate, conductivity, ammonia nitrogen and organic matter parameters showed high concentrations and have been associated with the initial irrigation period (until 26 days), probably due to disturbance of the soil, urea application and processes of decomposition of aquatic weeds. The phytoplankton composition demonstrated the predominance of organisms belonging to classes Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Zygnemaphyceae and Cyanobacteria. However, Zygnemaphyceae was the dominant class in terms of biomass, although there was an increase in the biomass of species of the class Bacillariophyceae, since this class include more metaphytic species. Genres characteristic of eutrophic environments such as *Scenedesmus*, *Trachelomonas* and *Nitzschia* were dominant in terms of abundance. The biomass of cyanobacteria was more representative in the late cultivation period is likely due to high concentrations of phosphorus and low light availability. Regarding zooplankton, the rotifers and juvenile forms of copepods were dominant throughout the growing cycle. Species of the genera such as *Polyarthra*, *Keratella*, *Brachionus* and *Trichocerca*, common in eutrophic environments, were dominant in terms of density. Although the nutritional status of water has influenced the structure of plankton communities, the development of the rice plant throughout the cycle became the environment more complex, which may also have caused changes in the composition of these communities. The tillering period represented a transitional phase on the population dynamics by decreasing the incidence of light and increase niches. The positive influence of nitrate and light suggests that the mechanism bottom up was more important to the structure of the phytoplankton community. The interaction between the planktonic communities suggest that consumption by herbivores was not limited by primary productivity.

Key words: paddy crop, water layer, aquatic flora and fauna, fertilization.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa da América do Sul com destaque para o município de Charqueadas, Rio Grande do Sul; mapa das regiões orizícolas do RS, e estações amostrais (Lavoura 1, Lavoura 2, Lavoura 3) na propriedade agrícola. Fontes SOSBAI (2012) e Google Earth (modificado).
Legenda – Mapa das regiões orizícolas do RS: 1 – Fronteira Oeste; 2 – Campanha; 3 – Depressão Central; 4 – Planície Costeira Interna; 5 – Planície Costeira Externa; 6 – Zona Sul.
..... 20
- Figura 2. Cronograma das práticas agrônômicas de manejo empregadas nas lavouras de arroz
..... 22
- Figura 3. Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (PCA) para 11 parâmetros abióticos avaliados nos quadros da lavoura de arroz durante o período de monitoramento (Dias após o início da irrigação – DAII). Legenda: P – fósforo total; Or – Ortofosfato; T – turbidez; NI – nitrito; Nm – nitrogênio amoniacal; Na – nitrato; C – condutividade; MO – matéria orgânica; OD – oxigênio dissolvido; LA – lâmina de água 30
- Figura 4. Biomassa (A) e riqueza (B) do fitoplâncton, registradas ao longo do período de cultivo nos quadros de lavouras de arroz de Charqueadas, RS. (n=30). 32
- Figura 5. Contribuição relativa da biomassa das principais classes do fitoplâncton registradas durante a safra 2013/2014 em Charqueadas, RS. Legenda: ZYG – Zygnemaphyceae; XANTH – Xantophyceae; OUT – Outras; EUG – Euglenophyceae; CY – Cyanobacteria; CRYS – Crysophyceae; CRYP – Cryptophyceae; CHLO – Chlorophyceae; BAC – Bacillariophyceae
..... 33
- Figura 6. Análise de regressão linear entre a densidade do fitoplâncton (ind.L^{-1}) e os teores de nitrito (mg.L^{-1}) (A) e biomassa do fitoplâncton ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) e os teores de nitrato (mg.L^{-1}) (B) da água de irrigação das lavouras de arroz 34
- Figura 7. Contribuição relativa (%) da densidade dos organismos pertencentes aos principais grupos do zooplâncton registrados durante uma safra agrícola, em lavouras de arroz de Charqueadas, RS. Legenda: Clad – cladóceros; Cop – copépodos; Cto – copepoditos; Rot – rotíferos..... 36
- Figura 8. Densidade (A) e riqueza (B) do zooplâncton ao longo dos dias nos quadros de lavouras de arroz de Charqueadas, RS. (n=31). 38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Metodologias utilizadas para análise dos parâmetros físicos e químicos da água avaliados no estudo.....	24
Tabela 2. Médias, valores mínimos (Mín.); máximos (Máx.) e desvio padrão (DP) dos parâmetros físicos e químicos da água dos quadros das lavouras de arroz irrigado (n=31).	28
Tabela 3. Matriz de correlação entre os parâmetros limnológicos utilizados para caracterização da água nos quadros das lavouras de arroz em Charqueadas, Rio Grande do Sul.....	29
Tabela 4. Matriz dos autovalores dos parâmetros que definem as características da água de irrigação durante um ciclo de cultivo nos três componentes principais selecionados.....	30
Tabela 5. Valores mínimos (Mín.), máximos (Máx.), médias e desvio padrão dos atributos descritivos e dos índices de diversidade de espécies dos quadros das lavouras de arroz durante a safra 2013/2014 (n=30).....	31
Tabela 6. Resultados das análises de regressão linear realizada para avaliação da relação entre a adubação das lavouras de arroz e os atributos descritivos da comunidade fitoplanctônica	34
Tabela 7. Biomassa relativa (%) das espécies descritoras do fitoplâncton registradas na água de irrigação dos quadros das lavouras de arroz em Charqueadas, durante a safra 2013/2014 (n=30).	35
Tabela 8. Frequência de ocorrência das espécies consideradas constantes e acessórias na água de irrigação de lavouras de arroz durante a safra 2013/2014, segundo o índice de constância de Dajoz (C).....	37
Tabela 9. Valores mínimos (Mín.), máximos (Máx.), média e desvio padrão dos atributos descritivos e dos índices de diversidade de espécies presentes na água de irrigação dos quadros das lavouras de arroz durante a safra 2013/2014 (n=31).....	38
Tabela 10. Resultados das análises de regressão linear realizadas para avaliação da relação entre a adubação das lavouras de arroz e um dos atributos descritivos da comunidade zooplanctônica.....	39

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	v
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	2
1.2 Hipóteses	3
1.3 Objetivo geral	4
1.4 Objetivos específicos	4
2 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 Lavouras de arroz irrigado	5
2.1.1 Panorama mundial, brasileiro e estadual	5
2.1.2 Sistemas de cultivo e práticas de manejo	6
2.2 Lavouras de arroz irrigado como áreas úmidas artificiais	10
2.2.1 Importância das lavouras de arroz no contexto de conservação da biodiversidade	10
2.3 Histórico da produção científica	12
2.3.1 Mudanças de paradigmas e evolução da pesquisa ecológica em lavouras de arroz	12
2.4 Dinâmica das comunidades aquáticas em lavouras de arroz irrigado	15
2.4.1 Comunidade fitoplanctônica.....	17
2.4.2 Comunidade zooplanctônica.....	18
3 ÁREA DE ESTUDO	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 Seleção das estações amostrais	21
4.2 Caracterização das lavouras de arroz	22
4.3 Análises abióticas	23

4.4 Análises bióticas	24
4.4.1 Amostragem fitoplanctônica.....	24
4.4.2 Amostragem zooplanctônica	25
4.5 Análise dos dados	26
5 RESULTADOS	28
5.1 Parâmetros físicos e químicos da água de irrigação	28
5.2 Comunidade fitoplanctônica	31
5.3 Comunidade zooplanctônica	35
6 DISCUSSÃO	40
6.1 Caracterização limnológica das lavouras de arroz	40
6.2 Dinâmica das comunidades planctônicas	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICE	63
APÊNDICE A. Características químicas e toxicológicas dos agrotóxicos utilizados na área de estudo durante a safra 2013/2014 em Charqueadas, RS.....	63
APÊNDICE B. Resultado dos parâmetros físicos e químicos avaliados na água de irrigação de lavouras de arroz durante a safra 2013/2014 em Charqueadas, RS.....	64
APÊNDICE C. Lista de espécies registradas durante o período de cultivo na água de irrigação de lavouras de arroz de Charqueadas, RS.	65
ANEXO. Resumo dos registros quantitativos de espécies/taxa de trabalhos pioneiros com enfoque ecológico em lavouras de arroz irrigado. Adaptado de Roger et al. (1991)	67

1 INTRODUÇÃO

As lavouras de arroz mundiais são uma importante fonte de produção de alimento. Mais de seis milênios de cultivo de arroz tem sido difundido de suas raízes no Sudeste da Ásia, para regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo (Verhoeven; Setter, 2010). A conversão das áreas úmidas naturais em lavouras de arroz tornou estes sistemas habitats complementares para muitas espécies de aves, plantas aquáticas, invertebrados, anfíbios e peixes, com padrões sazonais relacionados às diferentes fases hidrológicas do ciclo de cultivo (Bambaradeniya; Amarasinghe, 2003; Brouder; Hill, 1995; Czech; Parsons, 2002; Elphick; Oring, 2003; Fernando et al., 1979; Miller et al., 1989).

As lavouras de arroz constituem um habitat temporário para a biota aquática (Bambaradeniya et al., 2004), apresentando grande variação nos aspectos físicos, químicos e biológicos (Fernando, 1993). A lavoura inundada é um ambiente aeróbico e fótico onde, produtores quimio-fotossintetizantes (bactérias, algas e plantas aquáticas), consumidores primários (herbívoros), e secundários (insetos carnívoros e peixe) fornecem matéria orgânica ao solo e reciclam nutrientes (Roger, 1989).

A natureza química da água de irrigação das lavouras de arroz depende inicialmente da sua origem (chuva, rio, açude, canais de irrigação). Quando ela se torna parte da lavoura de arroz, sua composição muda drasticamente devido à diluição pela chuva, a dispersão de partículas do solo, atividade biológica e acima de tudo, a aplicação de fertilizantes (Roger, 1989; Halwart; Gupta, 2004), formando assim um ambiente único caracterizado por trocas entre o solo oxidado e a água de irrigação (Watanabe; Furusaka, 1980). As práticas agrícolas que afetam a relação entre os produtores primários e consumidores irão alterar a periodicidade da ciclagem de nutrientes (Simpson, 1994b).

A comunidade planctônica apresenta um papel relevante na alta produtividade biológica encontrada no agroecossistema lavoura de arroz exercendo importantes funções na fixação e reciclagem de nutrientes (Roger et al., 1991). Microrganismos fotossintéticos, principalmente cianobactérias e microalgas, são os principais componentes da biomassa aquática fotossintética que se desenvolvem na coluna d'água de lavouras de arroz (Roger et al., 1991). O zooplâncton é constituído por importantes organismos do ecossistema aquático, que ocupam uma posição central da cadeia alimentar, já que transferem energia dos produtores primários para os organismos de níveis tróficos mais elevados (Chang et al.,

2005). Assim, toda cadeia trófica representa um importante fator para a troca de nutrientes entre o solo e a água.

1.1 Justificativa

As lavouras de arroz desempenham um importante papel como atividade econômica no Rio Grande do Sul. O aumento histórico da área produtiva no Estado é muitas vezes relacionado à supressão de áreas úmidas naturais e demonstra o quanto estes agroecossistemas estão inseridos na paisagem. Diante disto, pesquisadores do Sul do Brasil têm demonstrado que a cultura orizícola desempenha também um importante papel no contexto ambiental, servindo como áreas úmidas temporárias para muitas espécies, principalmente aves e anfíbios. A grande maioria de pesquisas com enfoque ambiental em lavouras de arroz foi desenvolvida em países asiáticos, uma vez que o continente contempla as cinco grandes categorias dos agroecossistemas mundiais e é responsável pela maior parte da produtividade e do consumo mundial do grão.

Estudos ecológicos em lavouras de arroz no Estado são recentes e muitos deles abordam o potencial conservacionista do sistema orizícola como um todo. Ademais, diversos estudos no RS relacionam o uso de insumos, as características da água de irrigação e o sistema de cultivo, à persistência e/ou presença de determinados grupos de organismos aquáticos, além das inúmeras pesquisas com o enfoque em espécies pragas. De acordo com Roger (1996) distúrbios frequentes e o uso de agroquímicos interrompem as observações ecológicas clássicas da estrutura da comunidade, além da energética, a ciclagem de nutrientes e a sucessão populacional. As características físicas e químicas da água associadas às práticas de manejo, como o preparo e adubação do solo e a aplicação de defensivos agrícolas acarretam mudanças qualitativas e quantitativas na composição biótica proporcionando um nicho para estudos ecológicos nestes agroecossistemas. Segundo Reimche (2010), a utilização do zooplâncton, fitoplâncton e de macroinvertebrados bentônicos como indicadores do estresse ambiental é recomendável, entre outros aspectos, devido ao curto ciclo de vida respondendo rapidamente a mudanças ambientais.

Algumas pesquisas ecológicas aplicadas a grupos específicos de organismos em lavouras de arroz têm sido atualmente desenvolvidos no Estado do RS. Porém aqueles que avaliam a dinâmica dos organismos presentes em diferentes níveis tróficos são ainda

incipientes. Neste sentido este estudo foi caracterizado como um estudo exploratório sobre a composição, estrutura, sucessão e interação de organismos planctônicos diante das alterações químicas e físicas da água de irrigação e das alterações na área de cobertura das plantas de arroz em desenvolvimento ao longo do ciclo de cultivo, considerando as características da fonte irrigante, o método de preparo do solo e as práticas de manejo do produtor.

1.2 Hipóteses

As lavouras de arroz são consideradas áreas úmidas manejadas pelo homem. Para tanto, a dinâmica aquática do plâncton em lavouras de arroz irrigado é diferente da observada em corpos de água doce uma vez que as práticas de manejo levam a uma grande variabilidade nas características químicas, físicas e biológicas deste agroecossistema. Sendo assim, as hipóteses deste estudo são:

- Existem variações na composição e estrutura das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica durante um ciclo de cultivo, em função da heterogeneidade temporal do agroecossistema.
- A estrutura e composição das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica respondem diretamente ao incremento de nutrientes pela fertilização da lavoura, com a presença de espécies adaptadas a ambientes ricos em nutrientes e aumento da biomassa fitoplanctônica.
- As plantas de arroz, em diferentes estádios de desenvolvimento, afetam as comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica pelas alterações nas características físicas e químicas da água, pela diminuição da incidência de luz e pela disponibilidade de novos nichos.
- A dinâmica trófica entre as comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica é afetada pelas mudanças que ocorrem no sistema devido às práticas de manejo, prevalecendo o mecanismo ascendente.

1.3 Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi descrever as mudanças que ocorrem na estrutura e composição da comunidade planctônica na coluna de água de uma lavoura de arroz durante um ciclo de cultivo, considerando a fase alagada do ciclo.

1.4 Objetivos específicos

- a) Avaliar como as características físicas e químicas da água dos quadros variam durante o período do estudo;
- b) Acessar a estrutura das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica da água de irrigação através de atributos descritivos e índices de diversidade de amostras coletadas nos quadros das lavouras de arroz semanalmente;
- c) Verificar a composição das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica da água de irrigação através da presença de espécies descritoras e dominantes, relacionando estas às mudanças ocorridas durante o ciclo do cultivo;
- d) Verificar como as características físicas e químicas da água de irrigação influenciam a estrutura e composição das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica;
- e) Avaliar se as flutuações na altura da lâmina de água da lavoura, durante a fase alagada do ciclo, afetam a estrutura das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica;
- f) Avaliar se o desenvolvimento das plantas de arroz afeta a estrutura e composição das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lavouras de arroz irrigado

2.1.1 Panorama mundial, brasileiro e estadual.

O arroz é considerado o cereal de maior importância no mundo, por ser alimento básico para mais de um terço da população mundial. Mais de 90% do arroz produzido é cultivado e consumido na Ásia, onde 60% da população local sobrevive plantando aproximadamente 148 milhões de hectares anualmente (Pathak; Khan, 1994; Rani et al., 2007). O Brasil contribui com uma produção anual entre 11 e 13 milhões de toneladas de arroz nas últimas safras, participa com cerca de 82% da produção do Mercosul, seguido pelo Uruguai, Argentina e por último, o Paraguai (SOSBAI, 2012).

Os ambientes de cultivo de arroz variam significativamente nos e entre os países, o que tem gerado controvérsias em relação à classificação dos ecossistemas de arroz (Bambaradeniya; Amerasinghe, 2003). Apesar disso, cientistas e especialistas em cultivo de arroz determinaram terminologias para ecossistemas de cultivo de arroz. Segundo os mesmos autores, Khush (1984) classificou os ecossistemas terrestres cultivados com arroz em cinco grandes categorias baseadas no regime hidrológico, drenagem, temperatura, tipo de solo e topografia. Estes incluem: (i) Os ambientes irrigados, os quais têm água suficiente disponível durante todo o período de crescimento, com uma lâmina de água controlada com profundidade entre 5-10 cm; (ii) ambientes de planícies (terras baixas) de sequeiro, que são principalmente dependentes da duração da precipitação pluviométrica e portanto com uma lâmina de água sem controle com uma profundidade variando entre 1-50 cm; (iii) ambientes de profundidade, que são áreas não delimitadas com profundidades máximas mantidas entre 0.5-3 m; (iv) ambientes de planalto (terras altas), que são áreas de sequeiro delimitadas ou não, com nenhuma superfície ou a acumulação de água na rizosfera; (v) áreas úmidas de maré, que são localizadas próximas das costas marinhas e estuários fluviais e são influenciadas pelas marés.

No Brasil, o arroz é cultivado através de dois sistemas: de várzea (irrigado) e de terras altas (sequeiro). A região que se destaca na produção de arroz de terras altas é a Região

Centro-Oeste (43%), seguida das Regiões Nordeste (25,3%) e Norte (21,8%), enquanto o sistema de cultivo de arroz em várzea (irrigado) é tradicionalmente praticado na Região Sul do Brasil (Azambuja et al., 2004). Segundo Verhoeven; Setter (2010) as planícies de inundação (várzeas) são usadas para a agricultura devido à sua fertilidade natural e salientam ainda que estes solos de terras baixas são geralmente ricos em nutrientes e naturalmente fertilizados, como resultado de eventos de inundação.

O Rio Grande do Sul se destaca como o maior produtor nacional, sendo responsável por mais de 61% do total produzido no Brasil, seguido por Santa Catarina com produção de 8 a 9%. Esse grande volume produzido nos dois estados sulinos, totalizando cerca de 70%, é considerado estabilizador para o mercado brasileiro e garante o suprimento desse cereal à população brasileira. A área cultivada com arroz no estado do Rio Grande do Sul estabilizou-se em torno de um milhão de hectares. A safra 2013/2014 foi responsável pela produção de 8.116 toneladas de arroz com uma produtividade média de 7.251 Kg.ha^{-1} , distribuídos entre os 1.120.000 hectares plantados no Estado (IRGA, 2014). Esse desempenho da lavoura de arroz irrigado no sul do Brasil é similar ao obtido em países tradicionais no cultivo desse cereal e abaixo do obtido nos EUA, na Austrália e no Japão (SOSBAI, 2012).

2.1.2 Sistemas de cultivo e práticas de manejo

A sustentabilidade da produção orizícola depende do uso das terras segundo a sua aptidão para essa cultura e da adoção de práticas de cultivo e de manejo do solo que permitam corrigir ou minimizar as possíveis limitações e favorecer a produtividade da cultura (SOSBAI, 2012). Segundo IRGA (2014), nesta mesma safra o sistema de cultivo mais representativo no Estado foi o cultivo mínimo com 818.000 hectares plantados. Os sistemas de cultivo utilizados na cultura do arroz irrigado nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina diferenciam-se, basicamente, quanto à forma e à época de preparo do solo, aos métodos de semeadura e ao manejo inicial da água. Os principais sistemas que são utilizados são o convencional, o cultivo mínimo, caracterizado no âmbito da lavoura de arroz no sul do Brasil, pelo preparo antecipado do solo (de outono ou primavera) e semeadura direta, o sistema plantio direto, o pré-germinado e o transplante (SOSBAI, 2012). Este último é o único onde o estabelecimento da lavoura se dá em solo inundado e onde sementes pré-germinadas são

distribuídas a lanço na lâmina de água. Nos demais sistemas a lavoura é estabelecida em solo seco.

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 (SOSBAI, 2012).

O arroz é uma espécie anual da família das poáceas, classificada no grupo de plantas com sistema fotossintético C3, e adaptada ao ambiente aquático. Esta adaptação é devida à presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, que possibilita a passagem de oxigênio do ar para a camada da rizosfera (SOSBAI, 2012). Durante um ciclo de cultivo, a planta de arroz passa por diversos estádios fenológicos, que podem ser combinados em três principais períodos de crescimento: vegetativo (germinação/início da panícula), reprodutivo (desenvolvimento da panícula/floração) e maturação (grão leitoso/grão maduro) (Bambaradeniya; Amerasinghe, 2003). De acordo com a escala cronológica proposta por Counce et al. (2000) a planta começa a emissão de perfilhos durante o período vegetativo, quando a quarta folha do colmo principal está com o colar formado (V4), correspondendo aproximadamente a três semanas após a emergência, podendo o processo de afilhamento durar de quatro a seis semanas, dependendo da época de semeadura e do ciclo da cultivar (SOSBAI, 2012). Segundo Counce et al. (2000) o período de perfilhamento é dividido em inicial, médio e final, sendo que este último ocorre simultaneamente ao início da fase final do período vegetativo.

O manejo da água em arroz irrigado por inundação é fundamental para o desempenho da cultura. A água, além de influir no aspecto físico das plantas de arroz, interfere na disponibilidade de nutrientes, na população de espécies de plantas daninhas e na incidência de determinadas pragas e doenças, e exerce uma função termorreguladora, principalmente durante o período reprodutivo (SOSBAI, 2012). Segundo Mundstock et al. (2011), é uma das etapas mais importantes na condução da lavoura, pois a produtividade depende do momento

oportuno da entrada de água, da rapidez com que toda a lavoura é irrigada e do volume utilizado durante o ciclo. No entanto, apesar da importância da água no cultivo de arroz irrigado estar relacionada principalmente à obtenção de altos rendimentos de grãos devido ao aumento da disponibilidade de nutrientes, do auxílio no controle de plantas daninhas e do efeito termorregulador da lâmina de água, Macedo (2009) ressalta que a irrigação contínua tem desvantagens como à demanda de um elevado volume de água e a possibilidade de saída de nutrientes e agrotóxicos para os mananciais hídricos. A composição química e física da água de inundação muda conforme as práticas agrônômicas tais como a aplicação de fertilizantes e biocidas (Bambaradeniya; Amerasinghe, 2003).

Devido às problemáticas citadas acima, a FEPAM (2015) classifica a lavoura de arroz, para fins de licenciamento ambiental, como uma atividade de alto potencial poluidor uma vez que a irrigação aumenta a possibilidade de transporte de agrotóxicos, via água da chuva e drenagem para mananciais hídricos e via lixiviação para os aquíferos. No entanto, Furtado; Luca (2001) ressaltam que, elevadas concentrações iniciais de elementos na água da cultura do arroz irrigado podem ser reduzidos, se o sistema for mantido fechado, sem perdas por drenagem. Além disso, Macedo et al. (2009) demonstraram em um estudo em lavouras experimentais de arroz, que os componentes físicos e químicos da água de drenagem como condutividade elétrica, turbidez e teores de nitrogênio total, fósforo e potássio solúveis na água usada no cultivo, apresentaram teores menores do que aqueles da água captada para este fim, indicando que o cultivo melhorou a qualidade da água captada no rio. Ainda, conforme demonstrado por Reche et al. (2010) e Furtado; Luca (2003) o mesmo ocorreu com a qualidade microbiológica superior de efluentes de ecossistemas orizícolas em comparação à fonte de irrigação utilizada, ocorrendo diminuição e até mesmo eliminação de organismos indicadores de contaminação fecal em pontos de drenagem da lavoura. Considerando-se que grupos bacterianos como os dos coliformes podem ser encontrados em abundância em efluentes urbanos e rios antropizados, os quais possuem altos níveis de nutrientes na água, a lavoura de arroz pode atuar como um filtro retendo grande quantidade destes organismos.

Para suprir a necessidade de água do arroz, estima-se que venha sendo utilizado, atualmente, um volume de água médio de 8 a 10 mil $m^3 \cdot ha^{-1}$ (vazão de 1,0 a 1,4 $L \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$), para um período médio de irrigação de 80 a 100 dias. A demanda hídrica é maior em anos com temperaturas elevadas e umidade relativa do ar baixa ou com baixa precipitação (SOSBAI, 2012).

No sistema de semeadura em solo seco, a irrigação da lavoura por submersão do solo inicia-se alguns dias após a emergência. Segundo SOSBAI (2012), a época de início da

irrigação (15 a 30 dias após a emergência em sistemas de cultivo em solo seco) está relacionada com outras práticas de manejo como, por exemplo, método de controle de plantas daninhas, herbicida utilizado, aplicação de nitrogênio em cobertura e ciclo da cultivar. A irrigação logo após a primeira adubação nitrogenada em cobertura proporciona maior aproveitamento de nitrogênio aplicado. Desta forma, a aplicação de herbicida em pós-emergência, a adubação nitrogenada e o estabelecimento da lâmina de água estão estreitamente relacionadas no tempo e, por isso, deve-se planejar estas operações em conjunto, entre todos os envolvidos no processo de adubação. Os fertilizantes não se enquadram na categoria dos agrotóxicos, entretanto, o seu uso indevido pode trazer efeitos prejudiciais ao arroz e ao ambiente que o circunda, especialmente na contaminação dos mananciais hídricos. Os maiores riscos dizem respeito à adubação nitrogenada e fosfatada (SOSBAI, 2012). A aplicação de adubos nas lavouras durante longo período de tempo tende a aumentar a concentração de fósforo (P) e potássio (K) na superfície do solo, especialmente no sistema plantio direto sem revolvimento do solo (Eltz et al., 1989). Isto proporciona aumento das concentrações desses nutrientes tanto na água quanto nos sedimentos que varia com sua concentração no solo (Daniel et al., 1994), a qual é influenciada pelas adubações e pela cobertura e manejo do solo (Seganfredo et al., 1997).

O controle de pragas da lavoura de arroz é feito, geralmente, através do uso produtos químicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas, etc.). Segundo Mundstock et al. (2011) é uma das estratégias para manter o potencial de produtividade da lavoura de arroz pois os agrotóxicos controlam os agentes biológicos que interferem no crescimento e no desenvolvimento das plantas. Os agrotóxicos são utilizados desde a fase de implantação da lavoura de arroz para a dessecação de plantas daninhas que competem com as plantas de arroz. Para este fim, o Glifosato é o herbicida de pós-emergência mais utilizado nas áreas de plantio direto no RS. Segundo Moore et al. (1998), herbicidas como clomazona, imazetapir, imazapique, penoxsulam e bispiribaque-sódico, dentre outros, são utilizados rotineiramente na produção de arroz desde a década passada e são reportados como tóxicos, mesmo em baixas concentrações, tanto para vertebrados como invertebrados.

A aplicação de inseticidas e fungicidas vai ocorrer de acordo com as observações do produtor e vai variar em diferentes regiões e diferentes tipos de manejos. Segundo Macedo et al. (2011) na fase reprodutiva estes defensivos agrícolas são usados para controlar a população de insetos e a disseminação de agentes causadores de doenças que afetam a produtividade da cultura e a qualidade dos grãos de arroz. As pragas são caracterizadas por diferentes ciclos de vida o que faz com que sua ocorrência varie. O importante é observar o

nível de dano econômico (NDE) que estas estão causando para verificar qual a real necessidade de aplicação destes produtos químicos. A ocorrência de doenças vai depender das características do ambiente como um todo (solo, umidade, temperatura, etc.).

Os agrotóxicos, na maioria das vezes, são aplicados como sprays líquidos sobre a planta e/ou sobre o solo. Às vezes, eles são incorporados ou injetados dentro do solo ou ainda aplicados como grânulos ou no tratamento de sementes. A aplicação do agrotóxico vai depender do estágio de cultivo, da formulação, do alvo pretendido, da técnica de aplicação e das condições climáticas (Van der Werf, 1996).

A maior pressão exercida sobre a fauna microbiana e comunidades vegetais de lavouras de arroz é devido ao uso de fertilizantes e agrotóxicos. Ambos têm impacto significativo na composição e dinâmica das populações. Portanto, é importante compreender e prever como agroquímicos, especialmente agrotóxicos, podem afetar a fertilidade do solo por meio de seus efeitos sobre os microrganismos responsáveis pela manutenção da fertilidade do solo e as populações de invertebrados responsáveis pela reciclagem e translocação de nutrientes (Roger et al., 1994).

2.2 Lavouras de arroz irrigado como áreas úmidas artificiais.

2.2.1 Importância das lavouras de arroz no contexto de conservação da biodiversidade.

As áreas úmidas são habitats ricos em espécies e prestam serviços valiosos aos ecossistemas, tais como a proteção contra inundações, aumento da qualidade de água, suporte à cadeia alimentar e sequestro de carbono. No mundo todo, as áreas úmidas têm sido drenadas para conversão em terras agrícolas (Verhoeven; Setter, 2010), incluindo o cultivo de arroz.

As lavouras de arroz constituem ecossistemas artificiais que abrigam uma biodiversidade rica por serem considerados nichos para diversos grupos de plantas e animais. Para estas formas de vida, as lavouras de arroz oferecem abrigo, alimentação, reprodução e locais para nidificação. Elas também oferecem refúgios temporários àqueles animais que não são habitantes permanentes, mas que visitam estes ecossistemas com diversas finalidades (Edirisinghe; Bambaradeniya, 2006). Em geral, os organismos que habitam as lavouras de

arroz irrigado caracterizam uma biota oportunista, e altamente resiliente, pois muitas espécies que compõem as comunidades biológicas são capazes de reagir através de suas características fisiológicas e/ou comportamentais às mudanças temporais drásticas que ocorrem nesses sistemas, recuperando-se rapidamente após os diferentes tipos de perturbações às quais as lavouras de arroz são submetidas (Bambaradeniya, 2000a). As práticas agrícolas modernas e as transformações de ecossistemas agrários primordiais em sistemas de monoculturas são os principais fatores para a perda da biodiversidade e a degradação ambiental (Bambaradeniya; Amerasinghe, 2003).

A lavoura de arroz irrigado é usualmente um ambiente aquático temporário sujeito a grandes variações de insolação, temperatura, pH, concentração de O₂ e estado nutricional. O cultivo restringe o desenvolvimento secundário do ecossistema e impede a reversão para uma comunidade de áreas úmidas ou pantanosa. Além disso, a aragem, transplante e a erradicação de pragas (plantas e insetos) perturbam a estabilidade da comunidade. No entanto, uma fauna especializada de lavoura de arroz é esperada resultando em uma comunidade estruturada (Roger, 1996). A riqueza nutricional em elementos minerais e energia (especialmente pelo aumento do material orgânico) tornam a lavoura de arroz um ambiente extremamente favorável ao desenvolvimento de diversas populações, gerando uma cadeia alimentar própria e característica deste ecossistema e os efeitos desta cadeia alimentar refletem-se também na biota da propriedade que engloba a lavoura, pois propicia uma fonte de alimentos a organismos que, diretamente não coabitando a lavoura, lá procuram alimentos de forma contínua e regular. Habitats lavouras de arroz ricos em biodiversidade restam em quase todas as regiões de cultivo, especialmente em áreas onde a intensificação da cultura do arroz não é praticável ou até mesmo impossível. Lavouras de arroz abandonadas são frequentemente joias de riqueza de espécies e servem de refúgios para a biodiversidade e como pontos de partida para a recolonização de lavouras de arroz que possuem uma biodiversidade reduzida. Combinações de culturas em desenvolvimento local e a produção de peixes e de pastagem estão sendo praticadas em um cenário seminatural. Nestes casos, áreas úmidas naturais são usadas para produção agrícola (Verhoeven; Setter, 2010).

Embora as lavouras de arroz não substituam áreas úmidas naturais, elas são usadas por muitas espécies e podem ajudar a mitigar a perda de habitats naturais em áreas dominadas pela agricultura. A maioria das aves usam as lavouras de arroz, principalmente para se alimentarem, mas algumas, incluindo espécies raras, as utilizam para nidificação. O estudo de Bos et al. (2006) na África concluiu que as lavouras em mosaico com os manguezais na região do Sul do Senegal até Serra Leoa possuem valor como habitat para aves,

principalmente as migratórias paleárticas. Em diversos outros estudos com aves aquáticas e de campo (Elphick; Oring, 2003; Elphick et al., 2010; Tourenq et al., 2001; Richardson; Taylor, 2003; Guadagnin et al. 2012) e anfíbios (Fujioka; Lane, 1997; Machado; Malthick, 2010), os autores concluem que as práticas agronômicas de manejo afetam estes animais de diversas maneiras porém salientam que estas práticas podem ser modificadas para aumentar o valor da conservação. Eles argumentam ainda que a diminuição do uso de agrotóxicos, assim como a inundação das lavouras após a colheita pode contribuir para a conservação de aves e anfíbios associados às áreas úmidas.

Além de ambientes complementares e refúgios para a biodiversidade, a cultura do arroz irrigado historicamente desempenha uma papel importante para a segurança alimentar e redução da pobreza. Através da aquacultura nos sistemas de produção orizícola, os produtores têm disponíveis proteínas e ácidos graxos de origem animal para sua subsistência. A revisão de Halwart; Gupta (2004) sintetiza o histórico desta atividade e resultados das principais pesquisas envolvendo o manejo agrônomico e da aquacultura em lavouras de arroz.

2.3 Histórico da produção científica:

2.3.1 Mudanças de paradigmas e evolução da pesquisa ecológica em lavouras de arroz.

Lavouras de arroz irrigado são ecossistemas de áreas úmidas agronomicamente manejadas com alto grau de heterogeneidade ambiental que operam em uma curta escala temporal e abrigam uma rica e variada fauna (Heckman, 1979) e flora que, segundo Fernando (1993), é de natureza transitória e devem ter suas origens nos canais de irrigação e reservatórios de água. Uma variedade de estudos incluindo interações de redes tróficas, danos econômicos por insetos pragas, biologia de predadores e parasitoides, ecologia e impacto de insumos no ecossistema têm ressaltado a rica biodiversidade de fauna e flora de lavouras de arroz (Edirisinghe; Bambaradeniya, 2006).

Os primeiros trabalhos ecológicos em lavouras de arroz datam da década de 40. Naquela época e nas décadas seguintes o arroz era produzido em lavouras tradicionais e desta forma diversos pesquisadores fizeram o registro de uma grande diversidade de táxons em

diferentes períodos de cultivo. O anexo A mostra uma tabela adaptada e extraída de Roger et al. (1991) que contém os resultados de estudos ecológicos, a maioria de países asiáticos, de grande relevância que servem como referência para a pesquisa agroecológica. Heckman (1979) documentou de maneira aprofundada a fase aquática de lavouras de arroz tradicionais no Laos e Tailândia, estudando em detalhes os vários grupos de animais aquáticos. Além dos estudos citados acima, diversas outras pesquisas trataram da ecologia aquática de lavouras de arroz em detalhes (Fernando et al., 1979; Roger, Kurihara 1988; Fernando, 1993), indicando que os organismos aquáticos nestes agroecossistemas cobrem todo o espectro da fauna de água doce (Bambaradeniya; Amerasinghe, 2003).

A intensificação da agricultura e o uso descontrolado de fertilizantes e agrotóxicos, geralmente não seletivos, para a obtenção de uma maior produtividade orizícola levaram a mudanças na composição biológica destes agroecossistemas. De acordo com Bambaradeniya (2003), após as práticas de manejo da cultura do arroz terem sofrido grandes alterações desde o início da revolução verde, as produtividades da cultura foram aumentadas, mas o grau de sustentabilidade do cultivo do arroz diminuiu devido a problemas como a eutrofização e mortandade de peixes, causada por efeitos tóxicos de agrotóxicos e perda de biodiversidade. O uso deliberado de agrotóxicos não seletivos e em quantidades maiores do que as necessárias acarretou, historicamente, na redução de inimigos naturais, ressurgimento de pragas-alvos e de surtos de pragas secundárias. Por este motivo Bambaradeniya; Amerasinghe (2003) salientam que as pesquisas anteriores sobre a biodiversidade de lavouras de arroz tratam principalmente de aspectos agronômicos, onde as pragas de arroz, seus inimigos naturais e plantas daninhas foram pesquisados exhaustivamente.

Na medida em que os organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides foram sendo proibidos em diversos países, novos produtos com moléculas novas, mais seletivas foram surgindo juntamente com as mudanças de paradigmas em relação à produtividade e sustentabilidade da produção orizícola. Desde então foi enfatizada a necessidade de uma paisagem rica em biodiversidade com uma grande variedade de organismos atuando no controle biológico de pragas e na reciclagem de nutrientes no solo. Estudos pós-revolução verde como o de Roger; Kurihara (1991) demonstraram que os invertebrados dominantes do solo e da água nas lavouras de arroz são ostracodas, copépodos, cladóceros, rotíferos, larvas de inseto, insetos aquáticos, moluscos, oligoquetas e nematódios. Representantes de todos estes grupos estão presentes em lavouras de arroz tropicais e temperadas, onde representam um impacto agrícola como recicladores de nutrientes, pragas

de arroz e predadores de pragas de arroz, e um impacto ambiental como vetores de doenças humanas e animais (Roger; Kurihara, 1991).

Estudos que consideram a biodiversidade global de lavouras de arroz voltaram a surgir durante a década de 90. Pesquisadores do Sri Lanka realizaram diversos estudos em diferentes áreas de cultivo de arroz irrigado no País e em diferentes períodos. Em um estudo preliminar da fauna e da flora foram registradas 77 espécies de invertebrados, 45 espécies de vertebrados e 34 espécies de plantas (Bambaradeniya et al., 1998). Um estudo mais amplo sobre a ecologia e biodiversidade de um ecossistema de lavouras de arroz irrigado no Sri Lanka foi realizado também por Bambaradeniya (2000a), onde foram registradas 494 espécies de invertebrados pertencentes a 10 filos, 103 espécies de vertebrados, 89 espécies de macrófitas, 39 gêneros de micrófitas e três espécies de macrofungos. Neste estudo a maioria dos invertebrados encontrados consistiu de artrópodes (82%, 405 espécies) dominados por insetos (78%, 317 espécies). Entre os invertebrados, além dos insetos, foram registrados aracnídeos, protozoários, cnidários, platelmintos, nematoides, anelídeos, moluscos, ectoprótos, gastrotrichos e rotíferos. Entre os vertebrados destacam-se peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Tratando-se da flora, estavam presentes dicotiledôneas, monocotiledôneas e pteridófitas (Bambaradeniya et al., 2004).

Grupos de invertebrados aquáticos encontrados em água de irrigação de lavouras de arroz são comuns a muitos ecossistemas rasos de água doce. Dada a relativa escassez de informação disponível sobre a toxicidade de agrotóxicos em água de irrigação de lavouras de arroz, uma útil visão sobre o potencial do impacto de agrotóxicos pode ser obtida de experimentos de campo e laboratório referentes a esses habitats (Simpson; Roger, 1995). No entanto, os trabalhos de laboratório são criticados por alguns pesquisadores principalmente por serem desenvolvidos em condições que não podem ser extrapolados para campo, e por se tratarem de estudos de curto prazo em que geralmente se utilizam doses de agroquímicos que não as utilizadas na prática no campo. Segundo Roger et al. (1994), em uma revisão de mais de 240 referências sobre as estimativas quantitativas dos efeitos dos agrotóxicos em microrganismos de lavouras de arroz, as análises quantitativas e a interpretação da informação estão sujeitas a cautela por várias razões. Os autores salientam que os dados sobre os microrganismos fotossintéticos (149 referências) são em sua maioria sobre herbicidas e cianobactérias e são mais abundantes do que aqueles com microrganismos não fotossintéticos (71 referências) que lidam principalmente com inseticidas. Além disso, a maioria dos estudos são testes toxicológicos com culturas de algas, ou experimentos de laboratórios que utilizam

umas poucas gramas de solo e ainda, menos de 8% de estudos quantitativos são conduzidos *in situ*.

Por este motivo, na década de 90, o pesquisador Pierre Roger deu início ao “Projeto sobre a biomassa aquática fotossintética em lavouras de arroz” que envolveu diversos institutos de pesquisas entre eles o IRRI (International Rice Research Institute), um instituto de pesquisa na França (ORSTOM), uma Universidade da Florida e um pesquisador (Dr.I.Grant) da Inglaterra. Este projeto incluiu um estudo de longo prazo em campo experimental no IRRI em uma amostragem representativa, ou seja, em nível de propriedade, onde foram avaliadas as interações entre agroquímicos e biomassa aquática fotossintética, a fauna do solo e da água e a fertilidade do solo. Este estudo então resultou em uma publicação (ver Roger, 1996) que inclui métodos para estudos de campo com algas, zooplâncton e bactérias em lavouras de arroz.

2.4 Dinâmica das comunidades aquáticas em lavouras de arroz irrigado.

O metabolismo de um ecossistema compreende três etapas principais: produção, consumo e decomposição (Wetzel, 2001), sendo a cadeia trófica o resultado da interação entre as etapas deste metabolismo (Rodrigues, 2009). O controle ascendente em cadeias alimentares salienta a importância da disponibilidade de nutrientes e luz para os produtores primários e o subsequente fluxo de energia e nutriente através de uma série de níveis tróficos, afetando o tamanho dos níveis tróficos e sua dinâmica. No entanto, a cadeia alimentar será diminuída pela intensidade do efeito ascendente. O efeito descendente, como interações tróficas as quais dependem da biomassa da população consumidora, pode ter efeito até o nível autotrófico (Chatterjee et al., 2011). Os resultados de impactos como o enriquecimento de nutrientes são refletidos na estrutura da comunidade e interações dentro da cadeia alimentar (Vakkilainen et al., 2004).

A lâmina de água das lavouras é um habitat ideal para uma variedade de comunidades de invertebrados aquáticos incluindo o nêuston, zooplâncton, nêcton, perifíton e bentos (Edirisinghe; Bambaradeniya, 2006). Para se verificar a influência das práticas de manejo na dinâmica das comunidades aquáticas nas lavouras usualmente, são utilizados bioindicadores como o zooplâncton, o fitoplâncton e os macroinvertebrados bentônicos por apresentarem um curto ciclo de vida respondendo rapidamente as situações de estresse ambiental. Alterações na

qualidade da água comprometem a biodiversidade aquática, e o uso de bioindicadores (espécies, famílias ou comunidades) permitem uma melhor avaliação dos efeitos ecológicos causados por várias fontes de poluição (Bonada et al., 2006).

A cultura de arroz irrigado é considerada um agroecossistema que apresenta uma alta produtividade biológica e a comunidade planctônica apresenta um papel relevante exercendo importantes funções na fixação e reciclagem de nutrientes (Roger et al., 1991). A lâmina de água de irrigação é um ambiente aeróbico e fótico onde comunidades aquáticas e produtores fotossintéticos e quimiossintéticos (bactéria, algas e plantas aquáticas), invertebrados e consumidores primários vertebrados (herbívoros) e consumidores secundários (insetos carnívoros e peixe) fornecem matéria orgânica ao solo e reciclam nutrientes (Roger; Kurihara, 1990; Roger, 1996). Uma vez que trocas contínuas entre a lâmina de água e o solo oxidado tomam lugar (Roger; Kurihara, 1990; Roger, 1996), os dois ambientes são considerados um contínuo (Watanabe; Furusaka, 1980).

Resíduos da colheita, exudatos da rizosfera e algas e plantas aquáticas na lâmina de água, contribuem para a reposição de nutrientes para a biomassa microbiana. Os nutrientes acumulados na biomassa aquática fotossintética e na camada de detritos podem ser reciclados e incorporados ao solo pelos invertebrados aquáticos. Os nutrientes mineralizados na lâmina de água podem ser usados imediatamente por produtores primários ou translocados através do solo (Roger; Kurihara, 1988). Assim, toda cadeia trófica representa um importante fator para a troca de nutrientes entre o solo e a água.

O arroz afeta também indiretamente as comunidades da lâmina de água e do solo pela diminuição da temperatura e a concentração de CO₂ sob a cobertura das plantas. A redução da radiação solar associada com a diminuição dos níveis de CO₂ em dias calmos irá influenciar as taxas de crescimento, a sucessão e talvez a distribuição de organismos autotróficos (Roger, 1996). A penetração da luz na coluna d'água é enfraquecida devido à presença de macrófitas flutuantes, plâncton e pela turbidez da água (Roger; Kurihara, 1980).

Agroquímicos podem interferir nas populações de invertebrados da coluna de água (Simpson et al., 1994). Em uma revisão, Roger et al. (1991) concluiu que a aplicação de agrotóxicos em lavouras de arroz geralmente causam um decréscimo nos invertebrados da coluna de água seguido por uma proliferação de consumidores primários. Além do desequilíbrio biológico nas populações aquáticas, Roger et al. (1994) argumenta que o aumento do uso de agrotóxicos pode acarretar na redução da eficiência de organismos do solo na degradação de agrotóxicos.

2.4.1 Comunidade fitoplanctônica

A comunidade fitoplanctônica constitui ferramenta indispensável ao monitoramento do agroecossistema lavoura de arroz uma vez que é considerada excelente indicadora do estado ecológico dos ambientes aquáticos por suas respostas fiéis e rápidas (Crossetti, 2013). Microrganismos fotossintéticos, principalmente cianobactérias e microalgas, são os principais componentes da biomassa aquática fotossintética que se desenvolvem na coluna d'água de lavouras de arroz e incluem algas macrofíticas e macrófitas vasculares (Roger; Kurihara, 1990; Roger, 1996). De acordo com Vasconcellos (2010) as porções de comunidades flutuantes estão sujeitas a um padrão de distribuição irregular influenciado pelo movimento da água e do vento e também, pelo espaçamento entre plantas.

O preparo do solo para o cultivo, a adubação de base e a água que é utilizada para a inundação dos quadros disponibilizam nutrientes na lâmina de água da lavoura, principalmente o nitrogênio (N) e o fósforo (P). Segundo Sartori et al. (2009), em determinadas condições da lavoura, observa-se presença de algas logo após o estabelecimento da lâmina de água em arroz irrigado. A quantidade tende a aumentar em semeaduras tardias, pela maior luminosidade e temperatura, e em lavouras com plantas com fitotoxicidade por ação residual de herbicidas aplicados no ano anterior, como os do grupo das imidazolinonas. Com isso ocorre redução do crescimento e do desenvolvimento das plantas, oportunizando o desenvolvimento de algas (Sartori et al., 2009). Desta forma, diversos estudos em unidades experimentais de lavouras de arroz avaliam como os organismos fitoplanctônicos respondem aos diferentes manejos de adubação de N nas lavouras (Simpson et al., 1994b; Furtado; Luca, 2003; Cassol et al., 2013).

A interferência da comunidade fitoplanctônica nos arrozais é considerada um dos fatores bióticos que limitam o potencial de produtividade do arroz irrigado, pois esta comunidade apresenta elevada capacidade competitiva pelos recursos de luz e nutrientes, além do fato de que os fatores climáticos, a quantidade e/ou natureza química dos fertilizantes e a forma de sua aplicação podem influenciar a biomassa do fitoplâncton (Sartori et al., 2011). Segundo Roger (1996), a aplicação de fertilizantes em superfície resulta em maior desenvolvimento de algas quando comparado à incorporação dos fertilizantes.

A compilação de artigos feita até o início da década de 90 por Roger (1990) e Roger et al. (1991) sobre estudos de campo e em laboratório de longo prazo sobre o solo com os níveis de agrotóxicos próximos às doses recomendados para o campo permitiram à estes autores

tirarem as seguintes conclusões. Os agrotóxicos têm três principais efeitos sobre as algas de lavouras de arroz: (i) a toxicidade seletiva que afeta preferencialmente algas verdes e, assim, promove o crescimento de cianobactérias; (ii) um efeito promotor de inseticidas sobre as microalgas de curto prazo causado por uma diminuição temporária de invertebrados que pastejam em algas; (iii) um efeito seletivo de inseticidas na flora de cianobactérias, fazendo que haja um recrutamento de pastejadores o que resulta na dominância de tensão formada por macrocolônias mucilaginosas (p.ex. *Nostoc*) resistente ao pastejo.

Como o requerimento de luz difere entre os grupos algais, a intensidade de luz afeta a composição do fitoplâncton (Roger; Kurihara, 1990). Muitas algas verdes são espécies altamente dependentes da luz; diatomáceas parecem ser indiferentes à intensidade de luz e as cianobactérias são geralmente consideradas espécies pouco dependentes, mas algumas são resistentes e até mesmo favorecidas pela alta intensidade de luz (Roger, Kulasoorya, 1980; Roger, 1996; Halwart, Gupta, 2004).

Uma variedade de algas ocorre na água e no solo de lavouras de arroz, incluindo algas verdes, desmídias, diatomáceas e cianobactérias (Bambaradeniya; Amerasinghe, 2003). Cianobactérias são comuns em lavouras de arroz onde o fósforo, principal nutriente limitante do desenvolvimento desses organismos, é altamente suprido com a adubação e o escoamento superficial de solos suscetíveis à erosão, e com o nitrogênio introduzido no ambiente pela adubação nitrogenada (Vasconcelos, 2010). Além disso, os esporos das cianobactérias podem resistir a períodos de seca (Halwart; Gupta, 2004). A classe Euglenophyceae geralmente está presente em lavouras de arroz representada por uma grande quantidade de táxons. Segundo Vasconcelos (2010), as euglenofíceas habitam preferencialmente águas doces ricas em matéria orgânica. Levantamentos taxonômicos em lavouras de arroz (Alves da Silva; Tamanaha, 2008; Pereira et al., 2000) registram alguns do grupos citados acima.

2.4.2 Comunidade zooplanctônica

O zooplâncton é constituído por importantes organismos do ecossistema aquático, que ocupam uma posição central na cadeia alimentar, já que transferem energia dos produtores primários para os organismos de níveis tróficos mais elevados (Chang et al., 2005), sendo a mais importante comunidade no controle descendente de algas em lagos (Scheffer, 1998).

Comunidades zooplanctônicas desempenham um papel chave em ecossistemas aquáticos por se alimentarem de microalgas e matéria orgânica particulada e servindo como o principal alimento de larvas e juvenis de peixes (Golombieski et al., 2008), ou até mesmo para o zooplâncton carnívoro. Além das condições nutricionais, é sabido que o zooplâncton pode afetar a composição e a abundância das espécies de fitoplâncton, tanto pelo pastejo direto (Shapiro, 1995) e por alteração das condições de nutrientes através da regeneração de nutrientes (Carney; Elser, 1990). Além disso, Lemly; Dimmick (1982b) salientam que a disponibilidade de microcrustáceos e rotíferos para larvas de peixes e de adultos planctívoros desempenham um importante papel na produção de peixes. No entanto Ali (1990) argumenta que a importância de microcrustáceos e rotíferos como alimentos de peixes, requer estudos sobre a dinâmica sazonal, abundância e composição de espécies.

Segundo Roger (1996) a fauna diretamente responsável pelo consumo da biomassa aquática fotossintetizante em lavouras de arroz, consiste de microcrustáceos, larvas de insetos e gastrópodes que pastejam sobre as algas. Um estudo nas Filipinas demonstrou a existência de uma dinâmica na sucessão dos invertebrados aquáticos, relacionados ao incremento de N através da fertilização da lavoura de arroz, mostrando uma maior abundância de organismos pastadores de algas após estes eventos (Simpson, 1994b).

O zooplâncton é um dos grupos mais sensíveis a substâncias tóxicas (Hanazato, 2001), podendo ser afetado pela toxicidade dos herbicidas resultando em mudanças profundas na população ou na taxa de sobrevivência (Allen et al., 1995). Como uma comunidade, o zooplâncton inclui muitas espécies diferentes em diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar. A aplicação de substâncias tóxicas pode diferencialmente alterar as densidades populacionais de predadores e presas, afetando e alterando estas interações (Hanazato, 1998b; Preston et al., 1999a,b; Chang et al., 2005) além de estruturas morfológicas destes organismos (Barry, 1998)

3 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em propriedade agrícola com cultivo de arroz irrigado localizada em Charqueadas, cidade pertencente à Planície Costeira Interna, RS, Brasil (29°56'45.3"S 51°34'55.6"W) (figura 1, região 4). Esta região orizícola é responsável pela produção média de 7.020 Kg.ha⁻¹, com uma área de cultivo de aproximadamente 137.041 ha (SOSBAI, 2012). A água utilizada para a irrigação das lavouras é a proveniente do rio Jacuí. A bacia hidrográfica do rio Jacuí tem área de 71.600 km² e toda sua área de drenagem caracteriza-se pelo uso intensivo do solo para agricultura e pecuária. A precipitação média anual na bacia varia de 1.600 mm a 1.200 mm. A área sul do rio é responsável pela irrigação de lavouras de arroz, soja e trigo (FEPAM, 2013).

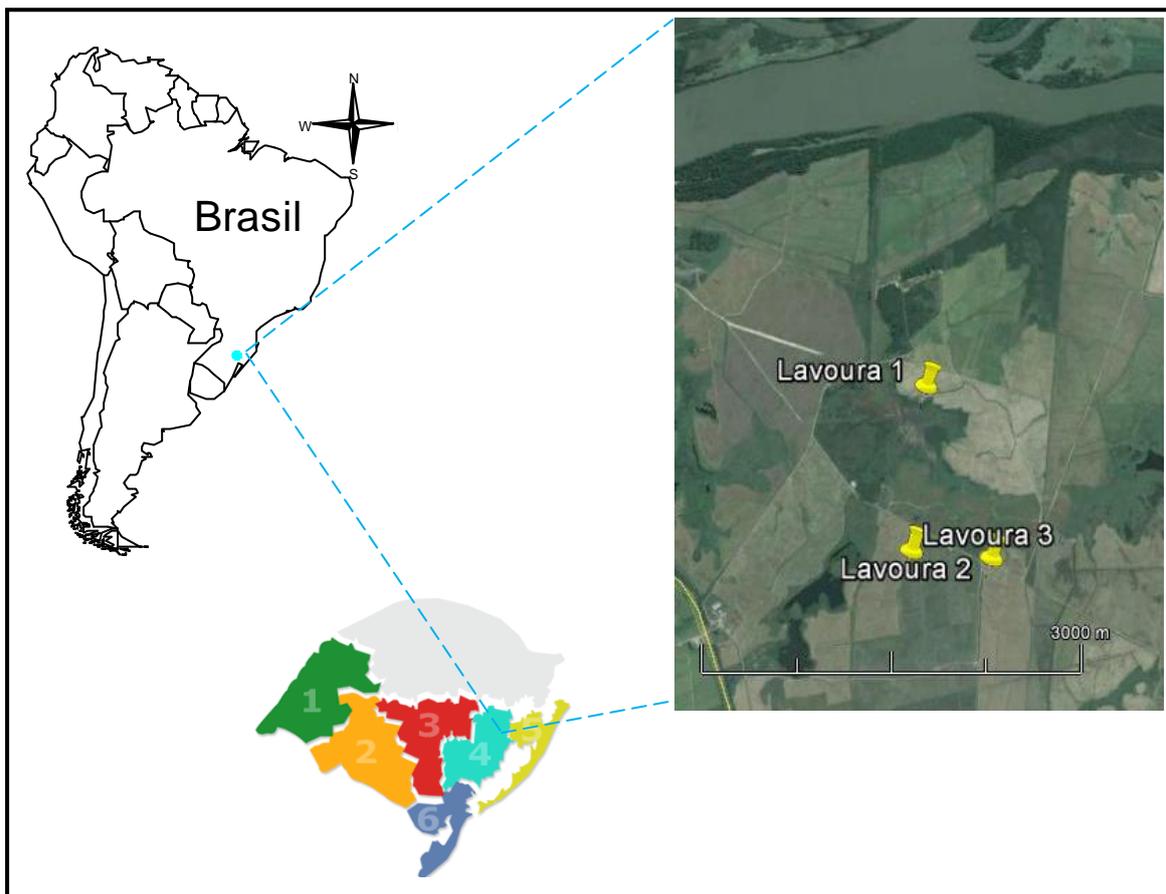


Figura 1. Mapa da América do Sul com destaque para o município de Charqueadas, Rio Grande do Sul; mapa das regiões orizícolas do RS; e estações amostrais (Lavoura 1, Lavoura 2, Lavoura 3) na propriedade agrícola. Fontes: SOSBAI (2012) e Google Earth (modificado). **Legenda** - Mapa regiões orizícolas do RS: 1 – Fronteira Oeste; 2 – Campanha; 3 – Depressão Central; 4 – Planície Costeira Interna; 5 – Planície Costeira Externa; 6 – Zona Sul.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Seleção das estações amostrais

As estações amostrais (réplicas) na propriedade agrícola foram escolhidas segundo as seguintes condições: homogeneidade do ambiente, proximidade com os canais de irrigação, práticas de manejo idênticas e distância mínima de 800 m entre as estações. Foram selecionadas três estações amostrais assim localizadas: três estações amostrais na propriedade agrícola, chamadas de lavoura 1, lavoura 2 e lavoura 3, com 3 subamostras em cada lavoura. As três subamostras de cada lavoura compreenderam três quadros da lavoura de arroz, delimitados por taipas e com aproximadamente um (1) ha cada a fim de se obter uma maior representatividade do local de estudo. Foram obtidas amostras de água subsuperficiais dos quadros (subamostras) das lavouras de arroz (réplicas), para a realização das análises bióticas e abióticas. O conteúdo das amostras das subamostras foi misturado formando amostras compostas que representaram cada uma das lavouras. A amostragem teve início cinco dias após a entrada de água do rio Jacuí nos quadros das lavouras e posteriormente de sete em sete dias, totalizando 11 campanhas amostrais. O período de amostragem foi de 02 de Dezembro de 2013 à 17 de Fevereiro de 2014, compreendendo uma safra agrícola. O período amostral foi assim denominado: 5, 12, 19, 26, 33, 40, 47, 54, 61, 68 e 75 DAII (dias após o início da irrigação). O período em que a lavoura permaneceu alagada foi de aproximadamente 80 dias e as coletas ocorreram até o esvaziamento dos quadros. O período completo do ciclo do cultivo, desde o plantio até a colheita, totalizou aproximadamente 120 dias.

4.2 Caracterização das lavouras de arroz

A lavoura como um todo foi estabelecida em solo seco, sem preparo do solo antecipado, através do plantio direto sob a palhada da vegetação dessecada. As médias dos quadros da lavoura foram de aproximadamente um (1) ha. A cultivar utilizada foi a Puitá Intá CL (CL=Clearfield®) e a densidade de semeadura foi de 100 a 120 Kg.ha⁻¹ de sementes. O sistema de produção CLEARFIELD baseia-se na resistência genética a alguns herbicidas do grupo químico das imidazolinonas e foi desenvolvido para auxiliar no controle do arroz-vermelho (SOSBAI, 2012).

Quanto à fertilização da lavoura foi realizada uma adubação de base com 300 Kg.ha⁻¹ de fertilizante formulado 7-14-27 (7% de nitrogênio, 14% de fósforo e 27% de potássio) um dia após a semeadura enquanto que a adubação de cobertura com 150 Kg.ha⁻¹ de uréia branca 46-0-0 (46% de nitrogênio), ocorreu aproximadamente 35 dias após a semeadura e um dia antes do início da irrigação (figura 2).

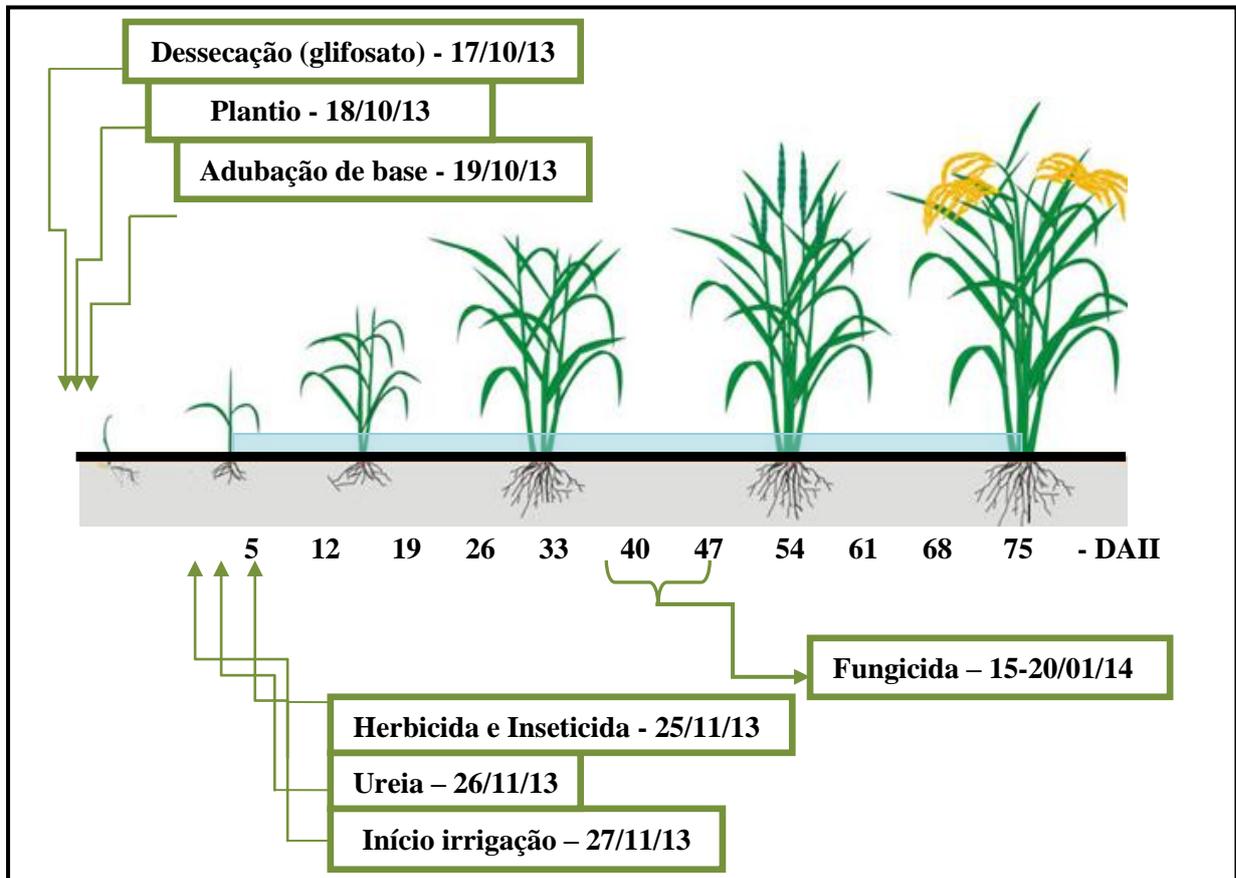


Figura 2 – Cronograma das práticas agrônômicas de manejo empregadas nas lavouras de arroz.

Quanto à aplicação de agrotóxicos, o glifosato (produto Glizmax) foi aplicado um dia antes da sementeira sob a dose de 3 L.ha^{-1} , para a dessecação das gramíneas. Já o herbicida Imazetapir e o inseticida Cipetrin utilizados nas lavouras foram aplicados um dia antes da ureia sob a dose de $1,5 \text{ L.ha}^{-1}$ e 100 mL.ha^{-1} , respectivamente, ambos para o combate da bicheira da raiz. Foram aplicados também dois fungicidas, Rival e Platinum entre 40 e 47 dias após o início da irrigação sob a dose de 750 mL.ha^{-1} e 200 mL.ha^{-1} , respectivamente, para prevenção de doenças foliares (figura 2). As características dos agrotóxicos utilizados na área de estudo estão descritos no apêndice A.

4.3 Análises abióticas

Os parâmetros selecionados para a caracterização da água dos quadros no decorrer do ciclo do cultivo foram: fósforo total, ortofosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, matéria orgânica, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e turbidez. Em campo foi medida a temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) com um termômetro de mercúrio e a altura de lâmina de água dos quadros com trena, assim como anotada a hora da coleta de cada estação amostral e das subamostras. As coletas de água foram realizadas com auxílio de um béquer de plástico que foi submerso na coluna d'água e o conteúdo transferido para os respectivos frascos previamente etiquetados e conservados. Os frascos foram imediatamente transferidos para caixas de isopor contendo gelo. Os procedimentos para a coleta, conservação, transporte foram realizados de acordo com o APHA (2005). As análises abióticas foram realizadas no laboratório geral do Centro de Ecologia da UFRGS e seguiram as metodologias descritas na tabela 1.

Tabela 1 – Metodologias utilizadas para análise dos parâmetros físicos e químicos da água avaliados no estudo.

PARÂMETROS	METODOLOGIA	REFERÊNCIA	LD
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Condutometria	NBR 14340/1999	0,1
Fósforo total (mgP.L^{-1})	Absorciometria com redução do ácido ascórbico	Standard Methods 21 st	0,01
Matéria orgânica ($\text{mgO}_2.\text{L}^{-1}$)	Permanganimetria	NBR 10219/1998	0,1
Nitrato ($\text{mgNO}_3^- \cdot \text{N.L}^{-1}$)	Espectrofotometria UV	Standard Methods 21 st	0,2
Nitrito ($\text{mgNO}_2^- \cdot \text{N.L}^{-1}$)	Método da Sulfanilamida	NBR 12619/1992	0,001
Nitrogênio amoniacal ($\text{mgNH}_3 - \text{N.L}^{-1}$)	Nesslerização	NBR 10560/1988	0,02
Ortofosfato ($\text{mgPO}_4^{3-} \cdot \text{P.L}^{-1}$)	Absorciometria com redução do ácido ascórbico	Standard Methods 21 st	0,01
Oxigênio dissolvido ($\text{mgO}_2.\text{L}^{-1}$)	Método de Winkler	Standard Methods 21 st	0,1
pH	Método potenciométrico	Standard Methods 21 st	0,01
Turbidez (NTU)	Turbidimetria ou Nefelometria	Standard Methods 21 st	1

LD = Limite de detecção do método.

4. 4 Análises bióticas

4.4.1 Amostragem fitoplanctônica

A amostragem do fitoplâncton foi feita com frascos que foram submersos aproximadamente 5-10 cm da superfície, coletando-se 300 mL de água em cada ponto de amostragem. O material coletado foi preservado com solução de lugol acético a 1%. A análise qualitativa do fitoplâncton foi realizada em microscópio óptico binocular, com auxílio de bibliografia especializada e, sempre que possível, em nível específico ou infraespecífico. A quantificação do fitoplâncton foi realizada em microscópio invertido (aumento de 400X) conforme Utermöhl (1958) e o tempo de sedimentação seguiu Lund et al. (1958), que definiu 4 h para cada centímetro de altura da câmara de sedimentação. O cálculo para a densidade dos organismos ($\text{indivíduos.mL}^{-1}$) foi feito segundo Ros (1979) a partir das quantificações efetuadas, conforme equação:

$$\text{Indivíduos.mL}^{-1} = [n / (\text{s.c})] \cdot [1.\text{h}^{-1}] \cdot F$$

Onde:

n = número de indivíduos efetivamente contados;

s = superfície do campo (mm^2);

c = número de campos contados.

h = altura da câmara de sedimentação;

F = fator de correção para mililitro ($10^3 \text{mm}^3 \cdot \text{mL}^{-1}$).

O biovolume de cada espécie foi calculado a partir dos valores médios das medidas dos indivíduos, seguindo as formas geométricas mais apropriadas (Hillebrand et al., 1999). A biomassa ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) foi calculada a partir do produto dos valores de biovolume e densidade dos organismos. Foram consideradas espécies descritoras aquelas que contribuíram com, pelo menos, 1% da biomassa total observada em pelo menos uma unidade amostral.

A identificação taxonômica foi realizada com o auxílio da literatura clássica, assim como com a mais recente possível, para a maioria das classes fitoplanctônicas. Já a identificação de cianobactérias, seguiu os trabalhos dos seguintes autores: Azevedo et al. (1996); Azevedo; Sant'Anna (2003); Komárek; Anagnostidis (1986, 1989, 1999, 2005); Komárek; Azevedo (2000); Komárek; Fott (1983); Komárková-Legnerová; Cronberg (1994); Sant'Anna; Azevedo (2000); e Sant'Anna et al. (1989).

4.4.2 Amostragem zooplanctônica

A amostragem do zooplâncton foi realizada com auxílio de uma bomba elétrica que possibilitou a filtragem de 625 litros de água em rede de 65 μm de abertura de malha e concentrados em frascos de polietileno de 300 mL. O material coletado foi preservado em campo com formaldeído 4%.

As análises qualitativas e quantitativas dos organismos foram realizadas com exame da amostra sob microscópio ótico binocular (400X) e câmara de contagem Sedgewick-Rafter (1 mL). O volume final analisado foi determinado pela contagem de, pelo menos, 100 indivíduos do táxon mais abundante, sendo o erro inferior a 20%, a um coeficiente de confiança de 95% (Lund et al., 1958). Os valores obtidos para densidade absoluta de organismos foram expressos em número de indivíduos por metro cúbico de água ($\text{N}^\circ \cdot \text{ind} \cdot \text{m}^{-3}$).

A identificação taxonômica das espécies zooplanctônicas foi realizada seguindo as chaves de identificação, diagnoses e descrições dos seguintes autores: Goulden (1968), Ruttner-Kolisko (1974), Koste (1978), Sendacz; Kubo (1982), Matsumura-Tundisi (1986),

Reid (1985), Montú; Goeden (1986), Elmoor-Loureiro (1997). Os organismos presentes nas amostras foram identificados em nível de espécies para Rotífera e Cladocera, enquanto a subclasse Copepoda foi separada em ordem Calanoida e Cyclopoida e as fases em juvenil e náuplio.

4.5 Análise dos dados

Foram efetuadas análises estatísticas descritivas tanto para dados abióticos quanto biológicos.

A diversidade biológica é um conceito multidimensional e não pode ser reduzido a um único número. Entende-se por diversidade de espécies a interação entre seus dois componentes básicos: a riqueza específica que é o número total de espécies presentes, e a equitabilidade, que se relaciona com a abundância relativa de espécies e grau de dominância (Marques, 2005). A estrutura das comunidades biológicas foi acessada através dos seguintes índices de diversidade obtidos no programa PAST 2.17 (Hammer et al., 2001):

- Riqueza: contagem de espécies (S);

- Diversidade de espécies de Shannon (Shannon; Weaver, 1963):

$$H' = -\sum_{i=1}^S (p_i \cdot \log p_i)$$

Onde: S = número de espécies;

p_i = proporção da espécie i ao total capturado;

- Equitabilidade ou uniformidade (Lloyd; Ghelardi, 1964), que avalia a distribuição dos indivíduos entre as espécies presentes:

$$E = H' / \log S$$

Onde: H' = índice de diversidade de Shannon

S = número de espécies;

- Índice de dominância de Berger-Parker (d) (May, 1975):

$$d = N_{\text{máx.}}/N$$

Onde: $N_{\text{máx.}}$ = número de indivíduos da espécie mais abundante;

N = número total de indivíduos da comunidade.

Além destas, foi realizada também uma análise baseada na frequência de ocorrência das espécies da comunidade zooplanctônica, com o objetivo de avaliar a ocorrência temporal das espécies durante o período de cultivo. Para tanto foi utilizado o índice de constância das espécies baseada em Dajoz (1973) em que são consideradas constantes espécies que ocorrem em mais de 50% nas amostras, acessórias entre 25% a 50%, e acidentais abaixo de 25%. A frequência de ocorrência das espécies, expressa em porcentagem, foi calculada conforme a seguinte fórmula:

$$C = (p/N)*100$$

Onde: p = coletas em que a espécie estudada ocorreu

N = número total de coletas

Os métodos de análise de dados multivariados são amplamente utilizados quando se deseja promover a redução do número de variáveis com o mínimo de perda de informação (Andrade et al., 2007a; Helena et al., 2000). A análise descritiva multivariada dos parâmetros limnológicos abióticos foi efetuada através da análise de componentes principais (PCA) onde se verificou as principais tendências de variação temporal entre os parâmetros abióticos e os diferentes períodos de irrigação, assim como a correlação entre os parâmetros que influenciam as características da água de irrigação na lavoura. Esta análise foi realizada com o auxílio do software Multiv v.309 (Pillar, 2006).

Além disso, foram realizadas também análises de regressão linear para avaliar uma possível relação entre os nutrientes adicionados à lavoura através da fertilização e o aumento da densidade do zooplâncton e biomassa do fitoplâncton e uma possível relação entre as variações destes mesmos índices e as diferenças na altura da planta de arroz e da altura da lâmina de água. Para este propósito foi utilizado o programa R Development Core Team (2005).

5 RESULTADOS

5.1 Parâmetros físicos e químicos da água de irrigação

Na tabela 2 encontram-se os resultados dos parâmetros físicos e químicos analisados na água dos locais amostrados. É possível observar que os valores de pH apresentaram mínimas e máximas entre 5,4 e 8,0, sendo que os maiores valores ocorreram no período inicial de irrigação, até 33 dias após o início da irrigação (DAII), quando foram registrados valores mais alcalinos. A partir desta data até o final do período de monitoramento foram registrados valores abaixo de 6,0, porém próximos à neutralidade. Os valores registrados para a temperatura variaram de 25°C a 30°C, apenas com dois resultados pontuais durante o período, um próximo de 20°C e outro acima dos 30°C.

É necessário ressaltar a diferença entre os valores mínimos e máximos de cada parâmetro. Em muitos destes, a diferença foi de mais de 10 vezes. A condutividade elétrica da água, por exemplo, variou entre 42,3 e 550,3 ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). A tabela com os resultados detalhados de todos os parâmetros avaliados durante o período de monitoramento encontra-se no apêndice B.

Tabela 2. Médias, valores mínimos (Min), máximos (Máx) e desvio padrão (DP) dos parâmetros físicos e químicos da água dos quadros das lavouras de arroz irrigado (n=31).

Lavouras			
Parâmetros (Unidades)	Mín-Máx.	Média	DP
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	42,3 - 550,3	113,69	109,27
Fósforo Total ($\text{mgP}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,07 - 0,9	0,26	0,17
Matéria Orgânica ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$)	3,0 - 88,6	55,00	18,06
Nitrato ($\text{mgNO}_3^- \cdot \text{N}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,2 - 12,7	5,10	2,16
Nitrito ($\text{mgNO}_2^- \cdot \text{N}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,004 - 0,08	0,02	0,02
Nitrogênio amoniacal ($\text{mgNH}_3 - \text{N}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,4 - 29,5	3,78	4,18
Ortofósforo ($\text{mgPO}_4^{3-} \cdot \text{P}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,02 - 0,2	0,10	0,06
Oxigênio Dissolvido ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$)	1,6 - 7,7	4,49	1,64
pH	5,4 - 8,0	6,13	0,56
Turbidez (NTU)	24,1 - 199	67,30	30,58
Temperatura da água (°C)	22,5 - 31,6	26,53	2,32
Altura da lâmina de água (cm)	4,2 - 26,5	13,60	11,56

A primeira etapa da análise de componentes principais (PCA) consistiu da extração da matriz de correlação onde se avaliou o grau de relação entre dois parâmetros, considerando-se significativas as correlações cujos valores foram $r > 0,50$. A matriz de correlação (tabela 3) mostrou que entre os pares de parâmetros abióticos da água de irrigação avaliados existe uma correlação moderada e positiva entre condutividade e matéria orgânica ($r= 0,66$) e forte e positiva entre condutividade e nitrato ($r= 0,85$) e condutividade e nitrogênio amoniacal ($r= 0,87$). Foi constatada ainda correlação moderada e positiva entre matéria orgânica e nitrato ($r= 0,66$), matéria orgânica e nitrogênio amoniacal ($r= 0,54$), nitrato e nitrogênio amoniacal ($r= 0,71$) e nitrato e ortofosfato ($r=0,51$).

Tabela 3 – Matriz de correlação entre os parâmetros limnológicos utilizados para caracterização da água nos quadros das lavouras de arroz em Charqueadas, Rio Grande do Sul.

	Condut.	Fósf.tot.	Mat.org.	Nitrat.	Nitrit.	Nit.am.	Ortof.	OD	pH	Alt.lâm.	Turb.
Condut.	1										
Fósf.tot.	0.0764	1									
Mat.org.	0.6726	-0.0611	1								
Nitrat.	0.8557	0.1684	0.6636	1							
Nitrit.	0.2896	0.1046	0.1079	0.3471	1						
Nit.am.	0.8787	0.0431	0.5462	0.7098	0.2355	1					
Ortof.	0.4214	0.4829	0.3203	0.514	0.2564	0.4167	1				
OD	0.2086	-0.1029	0.3196	0.1712	0.0536	0.1246	-0.0688	1			
pH	0.3254	-0.0379	0.3882	0.4669	0.0401	0.2983	0.2131	0.3525	1		
Alt.lâm.	0.0063	0.1100	-0.3587	-0.1002	-0.1058	0.1703	-0.0515	-0.2141	-0.2687	1	
Turb.	0.3619	0.3378	0.3244	0.4477	0.4053	0.2675	0.2507	-0.0457	0.00006	-0.0279	1

Legenda: Cond – Condutividade; Fósf.tot. – Fósforo total; Mat.org. – Matéria Orgânica; Nitrat. – Nitrato; Nitrit. – Nitrito; Nit.am. – Nitrogênio Amoniacal; Ortof. – Ortofosfato; OD – Oxigênio Dissolvido; Alt.lâm. – Altura da lâmina de água; Turb. – Turbidez.

A ordem de grandeza dos parâmetros abióticos representado pelos autovalores e obtidos da matriz de correlação dos dados padronizados indica os parâmetros que melhor definem as características da água de irrigação de lavouras de arroz durante um ciclo de cultivo (Dezembro/2013 a Fevereiro/2014) e estão representados por três eixos que explicam 64,89% da variância destes dados (tabela 4).

Baseado nos valores de correlação, nitrato, condutividade, nitrogênio amoniacal, matéria orgânica, pH e turbidez foram os parâmetros mais importantes para a ordenação do primeiro eixo (37,35%). Essas variáveis estão associadas ao período inicial de irrigação (5, 12, 19 e 26 DAII), apresentando as maiores concentrações neste período (figura 2), exceto por turbidez que apresentou o maior valor 75 DAII. Em relação ao eixo 2 (16,40%), oxigênio

abióticos avaliados nos quadros da lavoura de arroz durante o período de monitoramento. Os números representam os dias após o início da irrigação. **Legenda:** P – fósforo total; Or – ortofosfato; T – turbidez; NI – nitrito; Nm – nitrogênio amoniacal; Na – nitrato; C – condutividade; MO – matéria orgânica; OD – oxigênio dissolvido; LA – lâmina de água.

5.2 Comunidade fitoplanctônica

Durante o monitoramento na água dos quadros das lavouras de arroz foram documentados 415 táxons fitoplanctônicos. A abundância das espécies está representada pelas seguintes classes em ordem decrescente: Cyanobacteria> Chlorophyceae> Euglenophyceae> Bacillariophyceae> Cryptophyceae> Zygnemaphyceae> Crysophyceae. Os gêneros mais representativos em relação à abundância das classes foram *Synechococcus*, *Scenedesmus*, *Trachelomonas*, *Nitzschia*, *Cryptomonas*, *Spirogyra* e *Synura*, respectivamente.

A tabela 5 mostra os principais atributos descritivos assim como os índices de diversidade utilizados para o estudo da comunidade fitoplanctônica durante o ciclo aquático da lavoura de arroz.

Tabela 5– Valores mínimos (Min), máximos (Máx), médias e desvio padrão dos atributos descritivos e dos índices de diversidade de espécies dos quadros das lavouras de arroz durante a safra 2013/2014 (n=30).

<i>Atributos descritivos</i>	<i>Lavouras</i>		
	Média	Mín-Máx	Desvio Padrão
Densidade – ind.mL ⁻¹	5.982,6	1.985 – 12.299	3.397,0
Biomassa total – mm ³ .L ⁻¹	16,9	2 - 79	13,0
<i>Índices de diversidade</i>			
Riqueza (S)	45,2	26 - 85	10,7
Shannon (H)	2,70	2,2 – 3,55	0,42
Berger-Parker (d)	0,32	0,12 – 0,72	0,12
Equitabilidade (E)	0,711	0,39 – 0,87	0,081

O maior número de espécies fitoplanctônicas (85 espécies) foi encontrado 33 dias após o início da irrigação (figura 4 B). No entanto o valor médio foi de 45,2 espécies durante o

período monitorado (tabela 5). A diversidade de Shannon apresentou valores relativamente altos no decorrer do estudo refletindo a alta riqueza de espécies ao longo do ciclo. O maior valor da diversidade ($3,47 \text{ bits.mg}^{-1}$) foi encontrado no 68º dia após o início da irrigação. A equitabilidade média (tabela 5) mais próxima de 1,0 demonstra que não houve espécies dominantes durante a maior parte do monitoramento. O valor mínimo de equitabilidade (0,39) e máximo de dominância (0,72) foram pontuais e ocorreram no final do cultivo (75 DAII).

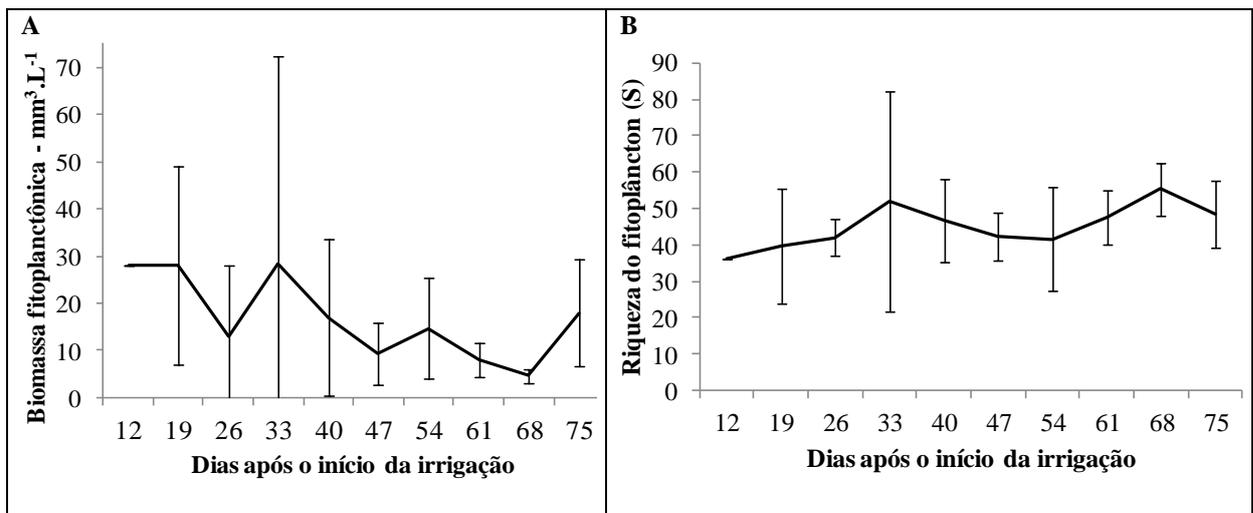


Figura 4 – Biomassa (A) e riqueza (B) do fitoplâncton, registradas ao longo do período de cultivo nos quadros de lavouras de arroz de Charqueadas, RS. (n=30)

O maior valor de biomassa ($79 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$) foi registrado no 33º dias após o início da irrigação (figura 4 A). De acordo com a figura 5, nesta data houve a maior representatividade da classe Chlorophyceae. A contribuição relativa desta classe foi significativa até o 40º dia após o início da irrigação, quando se observou a substituição por outras classes de microalgas, tornando a contribuição relativa desta menos representativa. As classes com as maiores contribuições relativas de biomassa foram Zygnemaphyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Euglenophyceae (figura 5). Estas mesmas classes apresentaram o maior número de espécies registradas durante o estudo, com 40, 69, 89 e 53 espécies, respectivamente.

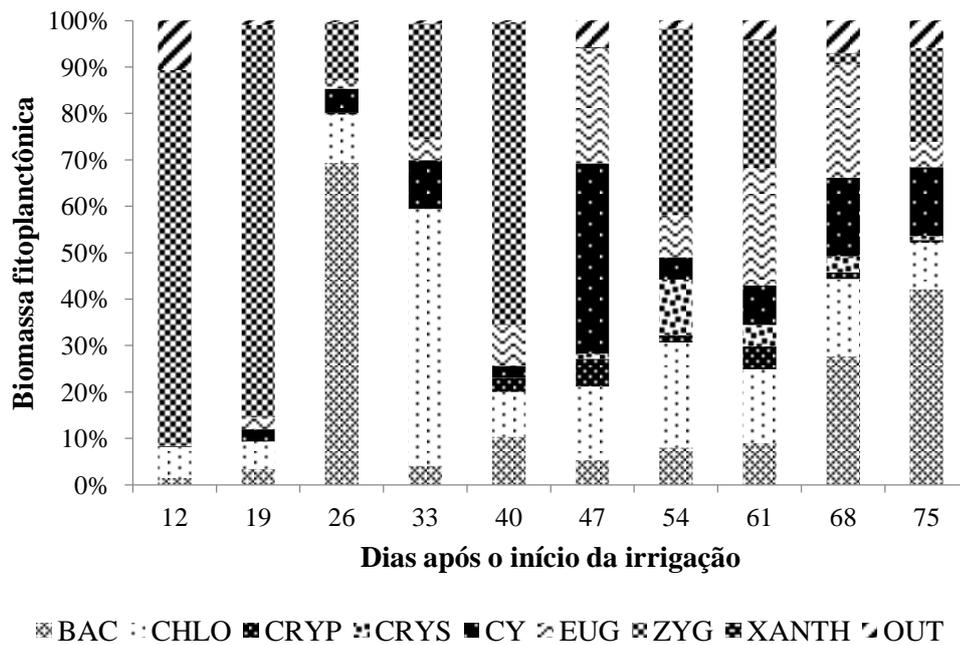


Figura 5 – Contribuição relativa da biomassa das principais classes do fitoplâncton registradas durante a safra 2013/2014 em Charqueadas, RS. **Legenda:** ZYG – Zygnemaphyceae; XANTH – Xantophyceae; OUT – Outras; EUG – Euglenophyceae; CY – Cyanobacteria; CRYS – Crysophyceae; CRYP – Cryptophyceae; CHLO – Chlorophyceae; BAC - Bacillariophyceae.

A biomassa fitoplancônica não variou significativamente em função da altura da lâmina de água ($p=0,289$) ao longo dos dias de irrigação. Os maiores valores de biomassa ocorreram entre os 12 e 33 dias após o início da irrigação quando a lâmina de água na lavoura variou entre 7,0 e 13,7 cm.

Em relação à altura da planta de arroz, a biomassa fitoplancônica foi influenciada significativamente ($p=0,001$). A biomassa foi maior no período inicial de irrigação quando as plantas mediam entre 40 e 60 cm de altura (33 DAII). Após este período a biomassa média dos organismos variou entre 7,3 e 18,0 $\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ (figura 4 A).

A relação entre a densidade média e a biomassa média de organismos fitoplancônicos e os nutrientes adicionados à lavoura através da fertilização química, tanto na adubação de base quanto de cobertura, foi analisada através de regressão linear. A tabela 6 mostra que os teores médios de ortofosfato, nitrogênio amoniacal e fósforo total não influenciaram a densidade e biomassa de organismos fitoplancônicos desde o início da irrigação até o fim do ciclo do cultivo. Somente os teores de nitrato influenciaram positivamente a densidade ($R^2=0,35$; $p=0,01$) (figura 6 A) e a biomassa do fitoplâncton ($R^2=0,3514$; $p=0,01$) (figura 6 B), respectivamente. A biomassa foi maior no período inicial de irrigação, quando os teores médios de nitrato variaram entre 8,0 e 4,5 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Tabela 6 – Resultados das análises de regressão linear realizadas para avaliação da relação entre a adubação das lavouras de arroz e os atributos descritivos da comunidade fitoplanctônica.

PARÂMETROS QUÍMICOS	ATRIBUTOS DESCRITIVOS DA COMUNIDADE			
	Densidade – ind.mL ⁻¹		Biomassa – mm ³ .L ⁻¹	
	p	R ²	p	R ²
Ortofosfato (mgPO ₄ ³⁻ -P.L ⁻¹)	0.4029	-0.0250	0.4423	- 0.0400
Nitrito (mgNO ₂ ⁻ -N.L ⁻¹)	0.0419*	0.35	0.8083	- 0.1162
Nitrato (mgNO ₃ ⁻ - N.L ⁻¹)	0.6548	-0.0954	0.0415*	0.3514
Nitrogênio amoniacal (mgNH ₃ – N.L ⁻¹)	0.8241	-0.1176	0.1776	0.1164
Fósforo total (mgP.L ⁻¹)	0.5799	-0.0800	0.5902	- 0.0824

*p < 0,05

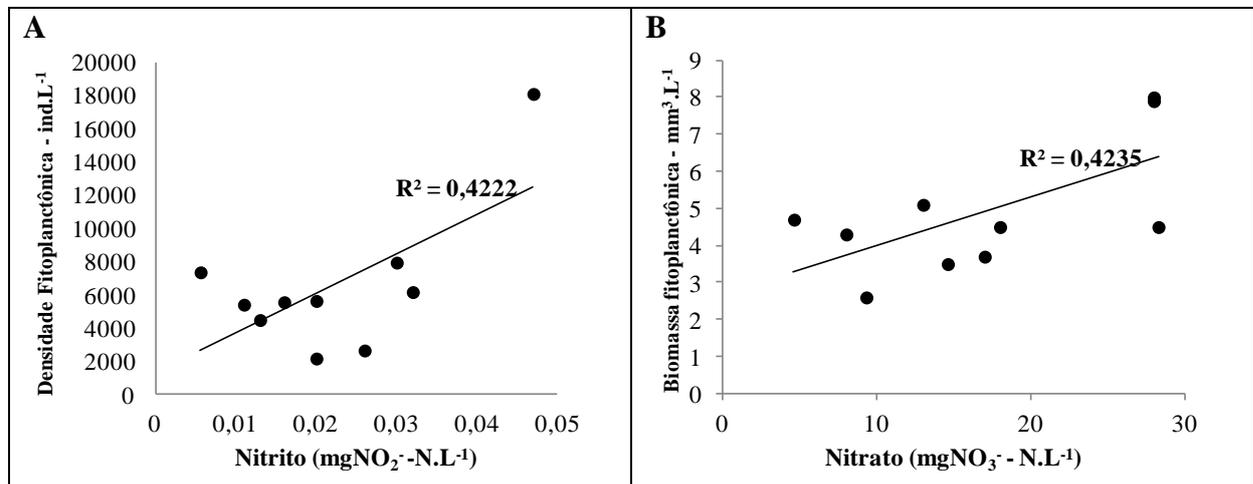


Figura 6 - Análise de regressão linear entre a densidade do fitoplâncton (ind.L⁻¹) e os teores de nitrito (mg.L⁻¹) (A) e biomassa do fitoplâncton (mm³.L⁻¹) e os teores de nitrato (mg.L⁻¹) (B) da água de irrigação das lavouras de arroz.

Foram consideradas descritoras 19 espécies fitoplanctônicas (tabela 7), sendo nove espécies pertencentes à classe Zygnemaphyceae. A espécie com a maior contribuição quanto à biomassa relativa foi a *Mougeotia* sp. 1 (10,52%) seguida de *Ulothrix* sp. (8,97%), *Mougeotia* sp. 2 (6,58%), *Micrasterias torreyi* (6,39%) e *Synedra* sp. (5,5%). Estas e as demais espécies consideradas descritoras contribuíram com 69,54% da biomassa total registrada durante o estudo.

Tabela 7 – Biomassa relativa (%) das espécies descritoras do fitoplâncton registradas na água de irrigação dos quadros das lavouras de arroz em Charqueadas, durante a safra 2013/2014 (n=30).

Classes	Espécies descritoras	Biomassa relativa (%)
Bacillariophyceae	<i>Synedra</i> sp.	5,5
	<i>Surirella</i> sp.	2,1
Chlorophyceae	<i>Ulothrix</i> sp.	8,97
Cyanobacteria	<i>Synechococcus</i> sp.	1,04
	<i>Aphanocapsa conferta</i> (West & G.S, West) Komárková-Legnevorá & Cronberg	2,03
	<i>Phormidium</i> sp.	1,18
	Chroococcales	1,82
Euglenophyceae	<i>Phacus orbicularis</i> K. Hübner	1,07
	<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svirenko, 1914	1,88
	<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	1,01
Zygnemaphyceae	<i>Mougeotia</i> sp. 1	10,52
	<i>Spirogyra</i> sp. 1	5,13
	<i>Spirogyra</i> sp. 2	3,23
	<i>Euastrum</i> sp.	3,83
	<i>Micrasterias torreyi</i> Bailey ex Ralfs	6,39
	<i>Closterium ralfsii</i> Brébisson ex Ralfs	1,03
	<i>Mougeotia</i> sp. 2	6,58
	<i>Mougeotia</i> sp. 3	5,13
	<i>Closterium</i> sp.	1,1
	Biomassa total (%)	69,54

5.3 Comunidade zooplanctônica

A estrutura taxonômica da comunidade zooplanctônica na água de irrigação está dividida em: duas classes de rotíferos, Digononta (sete espécies) e Monogononta (89 espécies); duas ordens de copépodos, Cyclopoida e Calanoida incluindo os copepoditos e náuplios; e Cladocera (10 espécies) (Apêndice C).

Os táxons que apresentaram a maior abundância zooplanctônica em ordem decrescente foram: copépodos imaturos (náuplios) > *Polyarthra* > Copépodos e copepoditos > *Lecane* > *Conochilus* > *Plationus* > *Trichocerca* > *Keratella* > *Brachionus*.

Em geral, a proporção de indivíduos entre os principais grupos do zooplâncton variou no período amostrado. Rotíferos e formas imaturas de copépodos, como os náuplios e copepoditos foram predominantes durante todo o período de irrigação da lavoura de arroz, alternando quanto as suas contribuições relativas (figura 7). Os cladóceros foram mais representativos até o 40º dia após o início da irrigação enquanto os copépodos adultos tiveram maior representatividade a partir deste período.

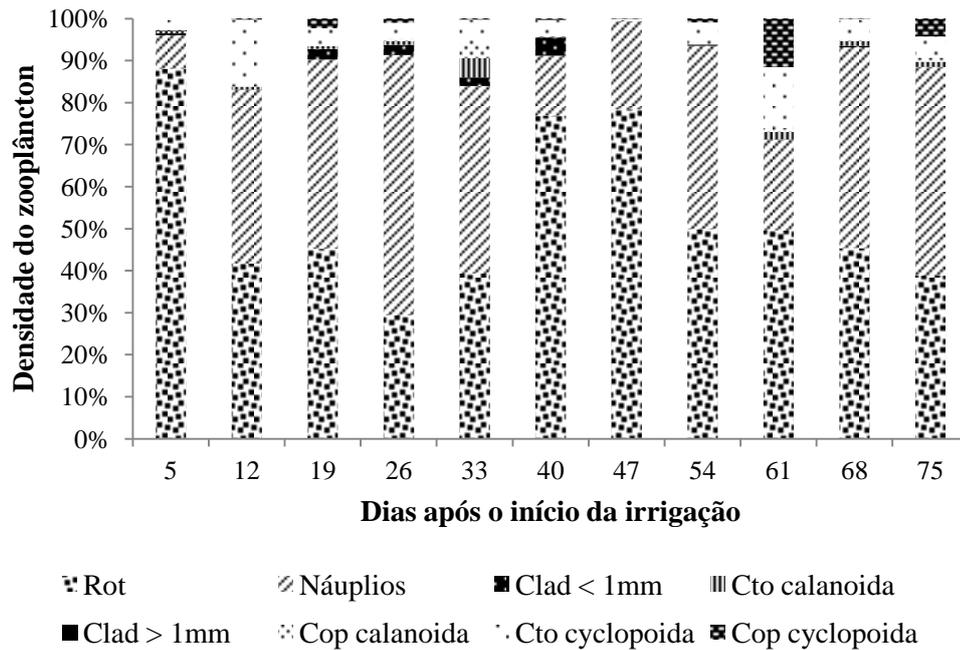


Figura 7 – Contribuição relativa (%) da densidade dos organismos pertencentes aos principais grupos do zooplâncton registrados durante uma safra agrícola, em lavouras de arroz de Charqueadas, RS. **Legenda:** Clad – cladóceros; Cop – copépodos; Cto – copepoditos; Rot – rotíferos.

Quanto à frequência de ocorrência das espécies durante o período de monitoramento, 17 espécies de rotíferos além de copépodos e copepoditos da ordem Cyclopoida, foram constantes (>50% de frequência de ocorrência). Já as espécies consideradas acessórias (25% a 50% de frequência de ocorrência) foram representadas por nove espécies de rotíferos, três espécies de cladóceros e por copépodos da ordem Calanoida. A maioria das espécies (59 espécies de rotíferos, sete de cladóceros, e copépodos da ordem Calanoida) apresentou ocorrência accidental. Na tabela 8 estão listados os táxons considerados constantes e acessórios durante o estudo, e suas respectivas frequências de ocorrência.

Tabela 8 – Frequência de ocorrência das espécies consideradas constantes e acessórias na água de irrigação de lavouras de arroz durante a safra 2013/2014, segundo o índice de constância de Dajoz (C).

ESPÉCIES CONSTANTES		C	ESPÉCIES ACESSÓRIAS		C
COP	Copepodito Cyclopoida	51,61%	CLA	<i>Bosmina hagnani</i> Stingelin, 1904	25,80%
	Copépodo Cyclopoida	51,61%		<i>Bosmina longirostris</i> O.F. Muller, 1786	35,48%
ROT	<i>Polyarthra cf. vulgaris</i> Carlin, 1943	100%		<i>Macrothrix triserialis</i> (Brady, 1886)	48,38%
	<i>Plationus patulus</i> Müller, 1786	94%	COP	Copépodo Calanoida	35,48%
	<i>Keratella valga</i> Ehrenberg, 1832	90%	ROT	<i>Conochilus</i> sp.2	25,80%
	<i>Lecane luna</i> Müller, 1776	87,10%		<i>Platylas quadricornis</i> Ehrb., 1832	25,80%
	<i>Trichocerca iernis</i> Gossé, 1887	80%		Bdelloidea sp.1	29,03%
	<i>Trichocerca similis</i> Wierzejski, 1893	77,41%		<i>Euchlanis meneta</i> Myers, 1930	32,25%
	<i>Trichocerca bicristata</i> (Gosse, 1887)	74,19%		<i>Conochilus coenobasis</i> Skorokov, 1914	32,25%
	<i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)	67,75%		<i>Brachionus quadridentatus quadridentatus</i> Hermann, 178	38,70%
	<i>Lecane (M) quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830)	67,75%		<i>Macrochaetus collinsi</i> (Gosse, 1867)	35,48%
	<i>Lecane cf. closteroerca</i> (Schmarda, 1859)	67,74%		<i>Lecane</i> sp.1	41,93%
	<i>Lecane leontina</i> Turner, 1892	61,29%		<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1830)	41,93%
	<i>Lecane cf. hornemanni</i> (Ehrenberg, 1834)	61,29%			
	<i>Testudinella patina</i> Hermann, 1783	58,06%			
	<i>Scardium longicaudum</i> (Müller, 1786)	58,06%			
	<i>Lecane (M) decipiens</i> Murray, 1913	51,61%			
	<i>Lecane (M) lunaris</i> Ehrenberg, 1832	51,61%			
	<i>Ptygura melicerta</i> Ehrenberg, 1832	51,61%			

Legenda: COP – Copépodos; ROT – Rotíferos; CLA – Cladóceros.

Os rotíferos apresentaram maior frequência de ocorrência durante o período amostral. As 17 espécies de rotíferos consideradas constantes variaram de 51,61% a 100% de ocorrência nas amostras, enquanto que copépodos e copepoditos estiveram presentes em 51,61% das amostras. As espécies consideradas acessórias variaram de 48,38% a 25,8% quanto à frequência de ocorrência nas amostras (tabela 8).

A estrutura da comunidade zooplancônica apresentou grande variabilidade durante o período amostral. Os maiores valores médios da densidade (figura 8 A) e da riqueza (figura 8 B) de organismos zooplancônicos foram registrados no período inicial de irrigação (até 33 DAII) na água dos quadros da lavoura. As densidades médias variaram significativamente em função da altura da lâmina de água ($p=0,05$) ao longo dos dias de cultivo. Os maiores valores de densidade zooplancônica ocorreram 26 e 33 dias após o início da irrigação quando a lâmina de água na lavoura estava com 7,8 e 8,1 cm, respectivamente. Segundo a figura 7 neste período predominaram os copépodos.

A densidade média de organismos zooplancônicos também variou significativamente ($p=0,01$) em relação à altura da planta de arroz. A densidade média foi maior no período inicial de irrigação dos quadros (até 33 DAII) quando as plantas mediam entre 40 e 70 cm de altura.

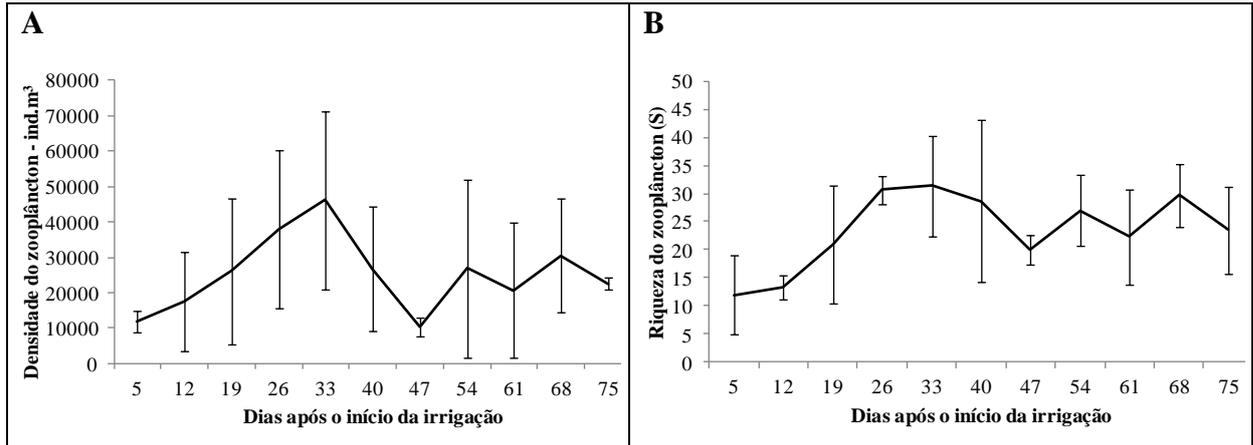


Figura 8 – Densidade (A) e riqueza (B) do zooplâncton ao longo dos dias nos quadros de lavouras de arroz de Charqueadas, RS. (n=31).

De acordo com a tabela 9, o maior valor de diversidade zooplanctônica foi 3,06 bits.mg⁻¹, registrado no 40º dia após o início da irrigação, enquanto que os menores, 1,06 e 0,85 bits.mg⁻¹, foram registrados no 5º e 12º dia após o início da irrigação, respectivamente. Por conseguinte neste mesmo período (5 e 12 DAII) foram registrados os menores valores para equitabilidade (0,37 e 0,35, respectivamente) e o maior para dominância (0,74 e 0,82, ambas as datas) representada por rotíferos com predomínio da espécie *Polyarthra cf. vulgaris*, *Filinia terminalis* e espécies do gênero *Brachionus*. A partir deste período passou a ocorrer uma distribuição um pouco mais homogênea entre os organismos com maiores valores de diversidade e equitabilidade e menores valores de dominância.

Tabela 9 – Valores mínimos (Mín.), máximos (Máx.), médias e desvio padrão dos atributos descritivos e dos índices de diversidade de espécies presentes na água de irrigação dos quadros das lavouras de arroz durante a safra 2013/2014 (n=31)

<i>Atributos descritivos</i>	<i>Lavouras</i>		
	Média	Mín.-Máx.	Desvio Padrão
Densidade - ind.m ³	25.695, 48	7.680 – 72.480	18.112,94
<i>Índices de diversidade</i>			
Riqueza (S)	24	7 - 45	9,0
Shannon (H')	2,03	0,85 – 3,06	0,58
Berger-Parker (d)	0,42	0,15 – 0,81	0,18
Equitabilidade (E)	0,64	0,35 – 0,84	0,12

A relação entre a densidade média de organismos zooplanctônicos e os nutrientes adicionados à lavoura através da fertilização química, tanto na adubação de base quanto de cobertura, foram analisadas através de regressão linear e os resultados encontram-se na tabela 10. Os teores de ortofosfato, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e fósforo total não influenciaram a densidade média dos organismos.

Tabela 10 – Resultados da análise de regressão linear realizada para avaliação da relação entre a adubação das lavouras de arroz e um dos atributos descritivos da comunidade zooplanctônica.

PARÂMETROS	DENSIDADE DO ZOOPLÂNCTON – ind.m ⁻³	
	p	R ²
Ortofosfato (mgPO ₄ ³⁻ -P.L ⁻¹)	0.1074	0.1801
Nitrito (mgNO ₂ ⁻ -N.L ⁻¹)	0.5461	- 0.0645
Nitrato (mgNO ₃ ⁻ - N.L ⁻¹)	0.6886	- 0.0903
Nitrogênio amoniacal (mgNH ₃ – N.L ⁻¹)	0.8053	- 0.1032
Fósforo total (mgP.L ⁻¹)	0.5692	- 0.0696

6 DISCUSSÃO

6.1 Caracterização limnológica das lavouras de arroz

Limnologicamente, as lavouras de arroz irrigado são caracterizadas pela sua natureza temporária e pelo alto fluxo de material orgânico, tanto alóctone quanto autóctone (Fernando, 2005) e, assim como as áreas úmidas naturais, são considerados filtros ecológicos. O desenvolvimento das plantas ao longo dos diferentes períodos de crescimento mostra um ambiente homogêneo em relação à paisagem. No entanto, este estudo foi caracterizado por uma grande variabilidade dos parâmetros bióticos e abióticos ao longo do ciclo aquático.

No papel que as lavouras de arroz desempenham como filtros, os processos químicos e biológicos são também muito importantes como demonstrado pela retenção de nutrientes, especialmente as formas inorgânicas oxidadas de nitrogênio dissolvido e fósforo (Forés; Comín, 1992). Segundo Esteves (2011), teores das diferentes formas de P e N, transparência da coluna d'água, pH, alcalinidade e concentração de oxigênio dissolvido, devem ser sempre aliados à estrutura de comunidades bióticas como o fitoplâncton, o zooplâncton, o nécton e a comunidade bentônica. Dentre estes parâmetros, as formas inorgânicas de nitrogênio, nitrato e nitrogênio amoniacal, estiveram correlacionadas aos parâmetros matéria orgânica e condutividade, apresentando coeficientes de correlação superiores a 0,5, que segundo Helena et al. (2000), expressam uma forte relação entre os parâmetros de qualidade de água. A diminuição dos teores destes parâmetros no decorrer do ciclo confirma a capacidade das áreas úmidas em reter nutrientes.

O nitrato e a amônia se constituem nas mais importantes fontes de nitrogênio para os produtores primários, pois são abundantes e preferencialmente absorvidos pelas células, devido à rapidez de reações associadas ao baixo consumo de energia (Reynolds, 1997). Toda amônia resultante da degradação da matéria orgânica é normalmente oxidada em nitrato, dependendo apenas da disponibilidade de oxigênio e assimilação por algas (Wetzel, 2001). De acordo com Esteves (2011), nitritos são encontrados em baixas concentrações em ambientes oxigenados e podem ser assimilados pelo fitoplâncton em caso de escassez de nitrato e amônia. Desta forma, os altos teores de nitrato, nitrogênio amoniacal e matéria orgânica registrados no período inicial do cultivo de arroz, provavelmente devido à adubação de cobertura (aplicação de ureia), influenciaram positivamente a biomassa fitoplanctônica que foi

maior também no período inicial de irrigação. Estes resultados vão ao encontro daqueles obtidos por Rodrigues et al. (2011) que observaram um gradiente temporal quanto à disponibilidade de nutrientes nas lavouras de arroz avaliadas.

A condutividade elétrica indica o nível de solubilidade de sais ou outros compostos no ambiente aquático, fornecendo informações sobre as condições do sistema desde a disponibilidade de nutrientes até possíveis fontes poluidoras (Pittol, 2010). Sendo assim, os altos valores encontrados para condutividade no período inicial de irrigação podem estar associados aos altos teores de matéria orgânica, à inundação dos quadros e consequente distúrbio do solo, assim como devido à liberação de nutrientes provenientes da adubação de base e cobertura. Além disso, a alta concentração de sólidos dissolvidos pode estar associada também à presença de macrófitas aquáticas na lâmina de água das lavouras e aos processos de decomposição dessas plantas que adentram os quadros pelos canais de irrigação e se proliferam devido à alta intensidade luminosa, temperatura e maior espaçamento entre as plantas de arroz principalmente nas duas primeiras semanas de irrigação. Neste período, a lavoura de arroz pode ser comparada a uma área úmida natural uma vez que a diversidade de espécies presentes é grande devido à maior disponibilidade de nutrientes, ocasionando uma maior competitividade entre as plantas aquáticas presentes. Segundo Wetzel (2001) as concentrações de nutrientes inorgânicos e matéria orgânica dissolvida em áreas úmidas são geralmente mais altas do que aquelas registradas em lagos e reservatórios. Ademais, neste período a altura da lâmina de água estava baixa, o que pode ter provocado a concentração de íons na coluna d'água. A lâmina de água baixa neste período, segundo SOSBAI (2012) aumenta o perfilhamento e o enraizamento das plantas de arroz.

Além dos parâmetros discutidos acima, outros que são limitantes ao crescimento de organismos planctônicos estiveram associados ao período final do cultivo. Um deles é o fósforo, que nos ecossistemas aquáticos está sob a forma de sais do ácido ortofosfórico, cujo íon ortofosfato é a forma diretamente disponível para o metabolismo biológico. A periodicidade e amplitude dos teores de fósforo total e ortofosfato no sistema aquático da lavoura de arroz se mostraram amplamente variáveis e não influenciaram a biomassa fitoplanctônica embora os teores registrados sejam considerados por Bellinger; Sigeo (2010) como os encontrados em ambientes hipereutróficos. Os teores registrados no período final do cultivo foram mais altos, porém não foram observadas florações neste período assim como em nenhum momento do ciclo do cultivo. Este fenômeno pode ter sido limitado pela disponibilidade de luz e demais nutrientes no período final e ou pelo efeito dos agrotóxicos no período inicial. Ademais, a fertilização da lavoura com produtos formulados contendo

fósforo, ocorreu somente na ocasião da semeadura (adubação de base), intervalo suficiente para que ocorresse a assimilação dos nutrientes pelas plantas de arroz antes da entrada de água na lavoura. Segundo Sartori et al. (2011), a aplicação de fertilizantes em água faz com que os nutrientes se solubilizem mais rapidamente, resultando em maior concentração e maior desenvolvimento de algas quando comparado à incorporação dos fertilizantes, que foi a prática de manejo utilizada nas lavouras estudadas. Além da forma de aplicação, Sartori et al. (2011) salienta que a quantidade e a natureza química dos fertilizantes influenciam a biomassa de algas.

A turbidez é outro parâmetro que pode apresentar grande influência sobre a dinâmica de comunidades aquáticas e por ter apresentado valores relativamente altos durante o período de monitoramento, cabe ser discutido. De acordo com Roger, Kurihara (1988), Roger (1996) e Halwart; Gupta (2004) a turbidez da água de irrigação, a densidade do plâncton e as macrófitas flutuantes prejudicam a penetração da luz. A turbidez é uma medida não específica da quantidade de material particulado na água (argila, sedimento, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e microorganismos) e é mensurada pela detecção da quantidade de luz dispersa pelas partículas na amostra, em relação à quantidade dispersa por uma suspensão de referência (Cohn et al., 1999). Segundo Reimche (2010) a alta concentração de partículas coloidais suspensas na água aumenta a difusão da luz com a absorção de calor e em decorrência disso, há elevação da temperatura da água e redução da disponibilidade de luz para o fitoplâncton. Por outro lado, Vieira et al. (2011) salientam que quanto maior a carga de material em suspensão maior é a disponibilidade de nutrientes, estimulando o fitoplâncton e zooplâncton. As águas com turbidez superior a 10 NTU podem ser consideradas muito turvas. Na água de irrigação das lavouras estudadas foram registrados valores muito mais altos de turbidez com grandes variações ao longo do ciclo e o valor mais alto registrado no período final do cultivo (75 dias após o início da irrigação - DAII) quando a média das lavouras chegou a 115,3 NTU. Apesar disso, os elevados valores registrados parecem não influenciar negativamente a biomassa fitoplanctônica que acompanhou os picos de turbidez em grande parte do ciclo aquático do cultivo. Choi et al. (2014) em um estudo sobre a importância da heterogeneidade de microambientes causada por macrófitas aquáticas, registraram valores relativamente altos de oxigênio dissolvido, concentração de chlorofila-a e de turbidez associados à plantas submersas e livres flutuantes e associaram estes resultados à competição entre macrófitas e o fitoplâncton suspenso. Os valores de turbidez elevados não condizem com o sistema de cultivo empregado na área, uma vez que não existe preparo antecipado do solo. No entanto Lopez; Garcia (1998) relataram que em áreas onde a biomassa de macrófitas

foi grande, a turbidez relativamente mais elevada pode ter ocorrido devido à matéria orgânica particulada ou aos sólidos em suspensão derivados de macrófitas. Outra possível explicação para a alta turbidez é que no trajeto que a água percorre desde o rio até os quadros da lavoura através de canais de irrigação, ela carrega consigo uma grande quantidade de sedimentos e plantas aquáticas que se proliferam nestes ambientes.

6.2 Dinâmica das comunidades planctônicas

Os resultados deste estudo demonstraram a predominância de espécies de Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Zygnemaphyceae e Cyanobacteria quanto à riqueza de espécies pertencentes a estas classes. Da mesma forma, os estudos de Furtado; Luca (2003), Sartori et al. (2011) e Cassol et al. (2013) em lavouras de arroz experimentais no Rio Grande do Sul e de Das et al. (2011) e Mondol et al. (2013) em lavouras experimentais de arroz-peixe na Índia, encontraram estas mesmas classes como dominantes nestes ambientes, havendo uma alternância na ordem de dominância entre os estudos. Além destes estudos, Pereira et al. (2000) realizaram um levantamento taxonômico em lavouras de arroz em 15 localidades no Chile e demonstraram a dominância das mesmas classes, excluindo as Bacillariophyceae que não foram consideradas no estudo.

Segundo Esteves (2011), além da composição específica do fitoplâncton, a sua biomassa e taxa de produtividade têm sido as variáveis mais utilizadas como indicadores do estado trófico de ecossistemas aquáticos continentais. Alguns dos resultados das análises descritivas dos parâmetros bióticos mostraram duas fases distintas durante o ciclo do cultivo o que corresponde aproximadamente ao período de desenvolvimentos vegetativo (cerca de 40 DAI) e reprodutivo (após 40 DAI) das plantas de arroz. De acordo com Forés; Comín (1992) o período vegetativo pode ser separado em diferentes fases: o antes, durante e após o perfilhamento, que correspondeu ao período pós-semeadura até 19 dias após o início da irrigação. A maior biomassa fitoplanctônica ocorreu durante o aumento da cobertura das plantas de arroz (33 DAI), ou seja, durante e após o período de perfilhamento, em uma condição ainda não totalmente sombreada da lavoura. De acordo com Fernando (1993) meados da fase de inundação é produtiva com profundidade da água e luz suficientes. Além disso, um aumento de nutrientes, através de uma multiplicidade de mecanismos ascendentes,

pode aumentar a biomassa do fitoplâncton até que outros fatores se tornem limitantes (Williams; Moss, 2003).

As lavouras de arroz como áreas úmidas artificiais são caracterizadas pelas flutuações que ocorrem na lâmina de água, passando até mesmo por períodos de seca durante o ciclo do cultivo. A altura da lâmina de água pode ser alterada, ainda, em função da fase de desenvolvimento das plantas de arroz. Na fase vegetativa, a altura da lâmina pode ser mantida tão baixa quanto possível, o que aumenta o perfilhamento e o enraizamento das plantas. À medida que as plantas de arroz se desenvolvem, o nível de água deve ser gradativamente aumentado até 10 cm, mantendo-o assim durante todo o ciclo das plantas (SOSBAI, 2012). Corroborando com esta afirmação, a lâmina de água durante as primeiras semeadas do período alagado do cultivo ficou abaixo dos 10 cm. Muito embora não tenha ocorrido falta de água e completo esvaziamento dos quadros durante o período alagado do cultivo, estes agroecossistemas, assim como as áreas úmidas naturais, podem abrigar organismos adaptados a estas condições. Segundo Fernández; Quesada (2004) a alternância entre períodos de seca e realagamento pode influenciar a composição da biomassa algal. As formas acinetos de cianobactérias (formas de resistência) tem uma alta capacidade de resistir à dessecação e são favorecidos por longos períodos de seca.

Quanto à presença e dominância de organismos fitoplanctônicos ao longo do ciclo, Fernández; Quesada (2004) declararam que principalmente as clorofíceas e diatomáceas desenvolvem-se precocemente no ciclo de cultivo até a fase de perfilhamento. No entanto, a maior biomassa dos organismos pertencentes a estas classes ocorreram de fato a partir da metade do ciclo do cultivo, ou seja, após o perfilhamento total das plantas de arroz. No entanto, quanto à abundância e riqueza, Chlorophyceae e Bacillariophyceae se mostraram dominantes. Corroborando com este estudo, *Scenedesmus* foi um dos gêneros mais representativos da classe Chlorophyceae no estudo Mondol et al. (2013). De acordo com Reynolds (1988), Chlorophyceae é uma classe de táxons colonizadores (c-estrategistas) que substituem as espécies ruderais (r-estrategistas) quando a turbulência diminui. Bicudo e Menezes (2006) salientam que *Scenedesmus* é o mais comum e cosmopolita dos gêneros de algas verdes e seus indivíduos são extremamente comuns em qualquer coleta de água, seja ela oligo, meso ou eutrófica, mas principalmente em águas eutróficas. Além disso, é um dos primeiros a colonizar um ambiente.

Quanto às diatomáceas presentes nos quadros das lavouras de arroz, as espécies do gênero *Nitzschia*, particularmente *Nitzschia palea* foi dominante em termos de abundância. A lista de artigos compilados no estudo de Singh et al. (2013) sobre o uso do plâncton como

uma ferramenta de bioindicação da qualidade da água, reportam esta e outras espécies registradas neste estudo como às pertencentes aos gêneros *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Navicula* e *Melosira* por serem tolerantes às condições eutróficas e poluídas de lagoas, reservatórios, rios, estuários e corpos de águas. As diatômáceas pertencentes à ordem Pennales, como as dos gêneros citados acima (exceto por *Melosira* sp.), apresentam estruturas especializadas de fixação (Round, 1991) e por isso parecem ter sido favorecidas pelo crescimento das plantas de arroz, com a maior biomassa das espécies pertencentes à classe Bacillariophyceae, no período final de cultivo. As diatomáceas são abundantes tanto em ambientes planctônicos quanto em ambientes bentônicos de água doce, onde podem formar grande parte da biomassa algal, e são uma das maiores contribuintes para a produtividade primária (Bellinger; Sigeo, 2010).

As espécies pertencentes à classe Zygnemaphyceae foram dominantes em termos de biomassa durante todo o ciclo do cultivo, resultado este registrado também no estudo de Ravasa (2013). Murakami et al. (2004) ressaltam que, apesar destas espécies não apresentarem estruturas especializadas para fixação em substratos, elas são favorecidas por ambientes com altas quantidades de macrófitas. As desmídias são conhecidas por não serem dominantes em termos de abundância em corpos d'água, porém muitas vezes apresentam ampla dominância em termos de biomassa algal (Porter, 1972). Além disso, a classe esteve bem representada também quanto à riqueza de espécies apresentando 40 espécies ao longo do ciclo do cultivo. Entre estas estão *Spirogyra* spp e *Mougeotia* spp. que apresentaram ampla dominância em termos de biomassa. No entanto, a despeito da alta biomassa registrada, estas espécies filamentosas não foram abundantes e, portanto não representaram um risco ao desenvolvimento das plantas de arroz.

As Euglenophyceae apresentam-se como um dos mais importantes grupos de algas unicelulares continentais, desenvolvendo-se, principalmente, em águas com elevados teores de matéria orgânica, fósforo e nitrogênio (Round, 1983). Sartori et al. (2011) e Alves-da-Silva; Tamanaha (2008) também descreveram *Trachelomonas* como o gênero dominante em lavouras de arroz, corroborando com este estudo. O gênero *Trachelomonas* Ehr., segundo Alves-da-Silva; Schüler-da-Silva (2007), é o que possui o maior número de representantes na divisão Euglenophyta e são amplamente encontrados nas águas dulcícolas do Rio Grande do Sul uma vez que o estado possui ambientes aquáticos com elevados teores de matéria orgânica. Desta forma os altos teores de nitrato e matéria orgânica registrados principalmente no período inicial de irrigação, podem ter favorecido a ocorrência destas espécies. Além disso, Halwart; Gupta (2004) salientam que esporos de algas flageladas misturadas ao solo das lavouras proporcionam uma recolonização mais eficaz destas espécies devido à sua

motilidade, sendo capazes de se expor à luz solar mais rapidamente. Desta forma, Bambaradeniya et al. (2004) citam as formas flageladas tais como *Euglena* spp. e *Phacus* spp. como pioneiras na colonização destes ambientes logo após a inundação dos quadros.

A composição de cianobactérias foi estudada em lavouras de arroz da Ásia (Roger; Kulasooriya, 1980) e Europa (Quesada; Fernández-Valiente, 1996; Quesada et al., 1997; Ariosa et al., 2005) onde foram investigados seu potencial para a biofertilização. No entanto, os resultados encontrados neste estudo não são suficientes para afirmar que os organismos presentes desempenharam este papel nas lavouras de arroz. Além disso, *Phormidium* sp., espécie descritora quanto à biomassa registrada neste estudo, é classificada fisiologicamente como forma não fixadoras de N₂. A classe Cyanobacteria esteve representada também por *Synechococcus* sp. (2) (fixadora de N₂) e *Aphanocapsa conferta* (picoplâncton - < 2µm, unicelular; nanoplâncton – 2-20µm, respectivamente), que foram consideradas descritoras quanto à biomassa algal presente nas lavouras. Segundo Bellinger; Sigeo, (2010), espécies pertencentes à estes gêneros são encontradas em águas fertilizadas durante o verão. A maior biomassa das cianobactérias ocorreu 47 DAI e no final do período do cultivo (68 e 75 DAI) quando foram registrados altos teores de fósforo total e ortofosfato. De acordo com Halwart; Gupta (2004), quantidades elevadas de fósforo parece ser um fator decisivo para o crescimento das cianobactérias. Neste mesmo período, a menor disponibilidade de luz devido ao aumento da cobertura das plantas de arroz, pode ter favorecido a ocorrência destas espécies que segundo Roger; Kulasooriya (1980) e Roger (1996) são consideradas como espécies de baixa luminosidade, embora este fato não seja regra para todas as cianobactérias.

A presença de cianobactérias filamentosas e coloniais favorecem os ciclopóides, cujo hábito raptorial torna possível se alimentarem destas algas assim como de microzooplâncton (Brito, 2011). Desta forma, os resultados sugerem que a disponibilidade de alimentos tanto para ciclopóides quanto para os rotíferos não parece ser um fator limitante para a ocorrência destas espécies nas lavouras de arroz, ao mesmo tempo em que presença de herbívoros segundo McCauley; Briand (1979) e Sterner (1989) pode influenciar a diversidade fitoplanctônica pela redução da competição entre estes organismos.

Os principais fatores que afetam a abundância e o tipo predominante de algas em áreas úmidas são a hidrodinâmica do sistema, a relativa estabilidade da coluna d'água, a oferta de substratos e nutrientes e a herbivoria (Goldsborough; Robinson, 1996). Os herbívoros ou segundo Roger (1996) pastadores, são animais que obtêm a totalidade ou parte de seus alimentos através da filtração, busca e trituração da produção primária e entre estes estão os copépodos, cladóceros e rotíferos que filtram fitoplâncton e bactéria da coluna d'água.

Rotíferos são importantes na ciclagem de nutrientes devido às suas altas taxas metabólicas intrínsecas (Bodgan; Gilbert, 1982) e podem influenciar desta forma na dinâmica da comunidade fitoplanctônica.

Dos organismos aquáticos nas lavouras de arroz, o zooplâncton consiste em grande parte de microcrustáceos e de rotíferos, que é provavelmente o grupo mais amplamente estudado (Rodrigues et.al., 2011). Rotíferos possuem ampla tolerância à variabilidade de fatores ambientais devido ao seu pequeno tamanho e ao curto ciclo de vida (Golombieski et al., 2008). Neste estudo, o período inicial do ciclo apresentou uma alta densidade de juvenis como os náuplios, copepoditos e pequenos rotíferos, que são filtradores e se reproduzem continuamente enquanto a competição não é tão pronunciada. Mesmo os cladóceros registrados neste período foram representados por espécies pequenas como *Bosmina longirostris*. A densidade de formas imaturas dos copépodos tais como os copepoditos cyclopoida e calanoida, embora relativamente baixas em relação à dos organismos dominantes, foram maiores do que a de formas adultas dos copépodos e se mantiveram constantes durante o ciclo. De acordo com Neves et al. (2013) estas formas imaturas, principalmente o primeiro instar dos copepoditos assim como os náuplios são caracterizados como sendo filtradores predominantemente herbívoros e são de grande importância para a estrutura da comunidade zooplanctônica, uma vez que podem ocupar nichos tróficos diferentes daqueles dos adultos. Segundo Pejler (1983) o número de grupos funcionais da comunidade zooplanctônica como um todo, aumenta e diminui conforme a escala trófica do corpo d'água e a categoria mais comum em ambos os extremos desta escala é a de filtradores de pequenas partículas, em que os alimentos predominantes são microalgas ou bactérias. Segundo Singh et al. (2013) estas são importantes fontes de alimento para pequenos filtradores tais como os rotíferos e cladóceros de tamanho corporal pequeno (bosminídeos).

Corroborando com o presente estudo, Mondol et al. (2013) relataram *Brachionus* e *Polyarthra* como os gêneros dominantes em relação aos rotíferos, *Diaphanosoma* como o pertencente aos cladóceros e náuplios e ciclopóides em relação aos copépodos, em quadros de lavouras de arroz na Índia (Bangladesh). Apesar disso, os gêneros *Trichocerca* e *Keratella* foram considerados menos dominantes, diferentemente dos resultados encontrados neste estudo. Já Reimche et al. (2015) registraram o gênero *Trichocerca* como o taxa mais abundante em quadros de arroz controles, seguido por *Polyarthra*, *Brachionus*, *Keratella*, *Cephalodella* e náuplios de copépodos. Além disso, em termos de abundância total, a ordem de dominância dos grupos do zooplâncton foi a mesma deste estudo: rotíferos dominaram durante todo o período, seguido de copépodos e cladóceros. De acordo com Roger (1996)

copépodos e cladóceros, embora geralmente registrados em lavouras de arroz inundadas, ainda não foram relatados como componentes dominantes do zooplâncton em lavouras de arroz fertilizadas. A constante presença de sedimentos em suspensão nestes ambientes podem ter favorecido os rotíferos, principalmente *Polyarthra* e *Keratella*. Mais particularmente *P. vulgaris*, espécie dominante neste estudo, foi citada por Gannon; Stemberger (1978) como sendo uma espécie de rotífero indicadora de corpos d'água eutróficos.

Bahaar; Bhat (2013) registraram um número menor de táxons pertencentes aos três principais grupos do zooplâncton. Apesar disso, a representatividade e periodicidade quanto aos gêneros de cladóceros registrados foi bastante semelhante a este estudo. Foram registrados nove gêneros, sendo que na fase inicial do cultivo estiveram presentes as espécies filtradoras pertencentes aos gêneros *Daphnia*, *Moina* e *Bosmina*. Na medida em que as plantas de arroz foram se desenvolvendo houve a substituição destes organismos por espécies detritívoras tais como as pertencentes aos gêneros *Chydorus* e *Alona*, que estiveram completamente ausentes durante o período inicial de águas abertas. Similarmente, a densidade dos cladóceros neste estudo foi mais representativa até a metade do ciclo aquático da lavoura (40 DAI), seguido por um declínio geral dos organismos dos diferentes gêneros até o período final do ciclo do cultivo.

As formas adultas de copépodos estiveram presentes em baixas densidades durante todo o período de irrigação, com uma pequena elevação da densidade ocorrendo aproximadamente na metade do ciclo. A diminuição na densidade dos cladóceros neste período pode ter ocorrido, entre outros fatores como os citados acima, devido ao aumento da densidade de espécies maiores como os copépodos adultos, particularmente ciclopóides, que são omnívoros e predam os cladóceros e algas grandes.

A característica comum de ecossistemas eutróficos é conhecida por ser a presença de poucas espécies dominantes com alta densidade (Green, 1993). De acordo com Singh et al. (2013), embora o zooplâncton não dependa diretamente de nutrientes para sobreviver, sendo afetados pela quantidade e qualidade de algas, bactérias e detritos, o estado trófico do corpo de água pode influenciar a riqueza, estrutura, tamanho do corpo e a produtividade da comunidade. Alguns organismos da Família Brachionidae, mais especificadamente espécies do gênero *Brachionus* são conhecidas por serem indicadoras de estados tróficos altos (Sládecek, 1983) e seus alimentos são bastante variados, consistindo de diversos tipos de algas assim como de detritos e bactérias (Pejler, 1983). A dieta de alguma das espécies de rotíferos filtradoras registradas neste estudo é abordada no trabalho de Pourriot (1977) tais como *Anuraeopsis fissa* (detritos+bactérias), *Brachionus angularis* (detritos+bactérias,

Chlorococcales e Volvocales), *Brachionus calyciflorus* (detritos+bactérias, Chlorococcales, Volvocales, euglenóides e diatomáceas), *Keratella cochlearis* (detritos+bactérias, euglenóides, Cryptomonadales), *Keratella valga* (detritos+bactérias, Chlorococcales, Volvocales, euglenóides, Cryptomonadales, Chrysomonadales e diatomáceas), destacando a predominância do hábito herbívoro entre estas espécies.

O estudo de Singh et al. (2013) sobre o uso de bioindicadores planctônicos para acessar a qualidade de ambientes aquáticos, traz também o registro da literatura existente sobre os organismos zooplancônicos resistentes à poluição, incluindo espécies pertencentes à família Brachionidae e registrados na presente pesquisa. As espécies *Anuaeropsis fissa*, *Brachionus* sp., *B. angularis*, *B. calyciflorus*, *B. quadridentatus*, *K. cochlearis*, *Keratella* sp., *T. pusilla*, *T. capucina* e *Filinia longiseta*, foram registrados em lagos e lagoas perenes eutróficas, além de *P. vulgaris* e *L. luna*, espécies consideradas constantes neste estudo.

De acordo com Esteves (2011), espécies do gênero *Lecane* são favorecidas em ambientes como os das lavouras de arroz irrigado uma vez que as plantas de arroz em desenvolvimento proporcionam microambientes com pouco fluxo ou fluxo ausente. Além disso, espécies encontradas nas lavouras deste estudo, tais como *L. bulla* e *L. quadridentata* são consideradas por Pennak (1966) como sendo essencialmente restritas à vegetação, enquanto *L. luna* e *L. lunaris* são comuns tanto em habitats vegetados como em águas abertas. Outras espécies registradas neste estudo, tais como *T. similis*, *Plationus patulus* e *Testudinella patina* são também consideradas restritas à vegetação, enquanto *P. vulgaris* é comum em ambos os habitats.

Dentre os resultados discutidos é cabível afirmar que, em determinado período (principalmente até 40 DAII) a lavoura de arroz esteve caracterizada por um alto estado trófico, quando diversas espécies pertencentes às famílias de rotíferos citados acima, se mostraram dominantes e acessórias. Os índices biológicos de diversidade empregados neste estudo reiteram este padrão temporal caracterizado pelo aumento gradual da riqueza e diversidade e consequente redução da dominância de organismos zooplancônicos até a metade do ciclo do período irrigado (40 DAII), que podem estar relacionados ao aumento da densidade dos organismos no mesmo período. Este período então é caracterizado pela dominância de espécies indicadoras de ambientes eutróficos e mesotróficos, mas também de espécies perifíticas, que acompanham o desenvolvimento das plantas de arroz. Segundo Ruttner-Kolisko (1974), grande parte da diferença na composição de espécies entre as regiões vegetadas e não vegetadas de corpos d'água está relacionada às adaptações morfológicas que

são necessárias para se viver nestes diferentes habitat, como pés desenvolvidos e órgãos adesivos.

Bazzaz (1975) salienta que microhabitats complexos contém mais nichos, e diversas maneiras de explorar recursos disponíveis, o que conseqüentemente aumenta a diversidade de espécies, além de influenciar também, segundo Duggan (2001), a interação entre predadores e presa. DeMott et al. (2004) demonstraram, por exemplo, que a presença de predadores, assim como de refúgios, desempenha um papel mais importante na determinação da presença e abundância de espécies do zooplâncton em lagos do que os efeitos ascendentes dos nutrientes. Sendo assim, a ocorrência de determinadas espécies nem sempre é um reflexo das características limnológicas do ambiente, mas sim da complexidade estrutural do ambiente em que elas ocorrem.

Ademais, muitas espécies zooplanctônicas (principalmente rotíferos planctônicos) são consideradas cosmopolitas devido à sua grande capacidade de dispersão sob a forma de ovos, através do vento, presos a aves aquáticas, peixes, etc. (Esteves, 2011). De acordo com Rodrigues et al. (2011) a mudança de um ambiente seco para um ambiente aquático em culturas de arroz é provavelmente um fator chave na composição da comunidade do zooplâncton, favorecendo organismos que possuem estratégias de sobrevivência e reprodução adequadas, tais como dormência e a produção de ovos resistentes que são depositados sobre os sedimentos e irão eclodir rapidamente quando as condições forem favoráveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento demonstrou que, em geral, a estrutura da comunidade planctônica não é definida pelo tempo de irrigação, uma vez que as características físicas e químicas da água de irrigação não apresentaram um padrão quanto às alterações que ocorreram ao longo das semanas, como se esperaria de alterações sazonais, por exemplo. O desenvolvimento das plantas de arroz parece influenciar a estrutura das comunidades no decorrer do ciclo do cultivo, uma vez que as plantas de arroz tornam o ambiente complexo. O período de perfilhamento das plantas de arroz, período em que a biomassa destas aumenta à medida que os perfilhos surgem dos nós do colmo de forma alternada, parece representar uma fase de transição nas dinâmicas das populações.

O período de cultivo foi marcado por dois períodos distintos em relação à densidade do zooplâncton, a biomassa do fitoplâncton e a riqueza e diversidade destas comunidades. Além disso, os resultados sugerem que as lavouras de arroz beneficiaram as relações tróficas entre as comunidades, particularmente os rotíferos que são filtradores seletivos, e se alimentam de uma ampla variedade de espécies fitoplanctônicas, detritos e bactérias. Ademais se sugere que a alta riqueza fitoplanctônica durante o ciclo do cultivo pode ter ocorrido devido à disponibilidade de nutrientes, seja pela entrada alóctone, pela ciclagem dos nutrientes resultantes do metabolismo do zooplâncton, ou pelo metabolismo inerente a lavouras de arroz através da decomposição de plantas aquáticas. Desta forma, a presença de espécies altamente seletivas como às pertencentes ao grupo dos rotíferos podem ter possibilitado a ocorrência da alta diversidade fitoplanctônica registrada nas lavouras de arroz durante o monitoramento. Sendo assim, os resultados sugerem que, uma vez que a disponibilidade de nutrientes e luz foi determinante para a estruturação da comunidade fitoplanctônica, o mecanismo ascendente foi mais importante na dinâmica dos dois níveis tróficos.

Este trabalho foi caracterizado como um estudo exploratório e o delineamento se mostrou adequado para responder as questões propostas. A partir dos resultados aqui apresentados se concluiu que são necessários estudos de longo prazo considerando outras escalas espaciais, tais como quadros de lavouras de estações experimentais com mais repetições e a presença de parcelas controle, onde sejam mensurados os teores de resíduos de agrotóxicos na água de irrigação para inferir mais precisamente sobre a influência desta prática de manejo na dinâmica das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas. Além

disso, estudos ecotoxicológicos com grupos específicos de organismos, paralelo aos experimentos *in situ*, podem contribuir para confirmar os resultados encontrados em campo.

Conhecer como a composição e a estrutura destas comunidades são influenciadas pelas práticas agronômicas em agroecossistemas orizícolas, pode favorecer não somente o cultivo, mas também os ecossistemas naturais, como rios e lagoas, que são impactados pela água de drenagem devido à proximidade com lavouras de arroz, acarretando mudanças na dinâmica trófica destes ambientes aquáticos adjacentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, A.B. 1990. Seasonal dynamics of microcrustacean and rotifer communities in Malaysian rice fields used for rice-fish farming. *Hydrobiologia*, 206: 139-148.
- Allen, Y.; Calow, P.; Baird, D.J.. 1995. A mechanistic model of contaminant-induced feeding inhibition in *Daphnia magna*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14(9):1625-1630.
- Alves-da-Silva, S.M.; Schüller-da-Silva, A. 2007. Novos registros do gênero *Trachelomonas* Ehr. (Euglenophyceae) no Parque Estadual Delta do Jacuí e no Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta bot. Brás.* 21(2):401-409.
- Alves-da-Silva, S.M; Tamanaha, M.S. 2008. Ocorrência de Euglenophyceae pigmentadas em rizipiscicultura na região do Vale do Itajaí, SC, Sul do Brasil. *Acta bot. Brás.*, 22(1): 145-163.
- Andrade, E. M. de; Araújo, L. de F.P.; Rosa, M. de F.; Disney, W. Alves, A.B. 2007a. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. *Engenharia Agrícola*, 27: 683-690.
- APHA – American Public Health Association. 2005. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21 ed., New York: AWWA, WPCR. 937p.
- Ariosa, Y. et al. 2005. Development of cyanobacterial blooms in Valencian rice fields. *Biol Fertil Soils*, 41: 129-133.
- Azambuja, I.H.V.; Verneti, J.F.J.; Magalhães, J.A.M. 2004. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: Gomes, A.S.; Magalhães, J.A.M. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Azevedo, M. T. P.; Nogueira, N. M. C.; Sant'Anna, C. L. 1996. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 8: Cyanophyceae. *Hoehnea* 23: 1–38.
- Azevedo, M. T. P.; Sant'Anna, C. L. 2003. *Sphaerocavum*, a new genus of Cyanobacteria from continental water bodies in Brazil. *Algological Studies* 109. *Cyanobacterial Research* 4: 79–92.
- Bahaar, S.W.N.; Bhat, G.A. 2013. Ecology of zooplankton in the Rice Field Agro-ecosystems of Kashmir Valley (J and K) India. *International Journal of Water Knowledge*, 1(1): 1-5.
- Bambaradeniya, C.N.B.; Fonseka, K.T.; Ambagahawatte, C.L. 1998. A preliminary study of fauna and flora of a rice field in Kandy, Sri Lanka. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)*, 25: 1–22.
- Bambaradeniya, C.N.B. 2000a. *Ecology and biodiversity in an irrigated rice Field ecosystem in Sri Lanka*. Ph.D. Thesis, Sri Lanka: University of Peradeniya, Sri Lanka, 525p.
- Bambaradeniya, C.N.B.; Amerasinghe, F.P. 2003. Biodiversity associated with the rice field agro-ecosystem in Asian countries: a brief review. *Working Paper 63, International Water Management Institute (IWMI), Sri Lanka*.
- Bambaradeniya, C.N.B. et al. 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity and Conservation*, 13: 1715-1753.
- Barry, M.J. 1998. Endosulfan-enhanced crest induction in *Daphnia longicephala*: evidence for cholinergic innervations of kairomone receptors. *Journal of Plankton Research*, 20: 1219-1231.

- Bazzaz, F.A. 1975. Plant species diversity in old field successional ecosystems in Southern Illinois. *Ecology* 56: 485–488.
- Bellinger, E.G.; Sigeo, D.C. 2010. *Freshwater algae: identification and use as bioindicators*. John Wiley & Sons, Ltd.,UK. 285 p.
- Berger, W.H.; Parker, F.L. 1970. Diversity of planktonic foraminífera in deep-sea sediments. *Science*, 168: 1345-2134.
- Bicudo, C.E.M.; Menezes, M. 2006. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil (chave para identificação e descrições)*. RiMa – 2ed. São Carlos. 502p.
- Brito, S.L.; Maia-Barbosa, P.M.; Pinto-Coelho, R. M. 2011. Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. *Lakes & Reservoirs: Research management*, 16 : 253-264.
- Bogdan, K.G.; Gilbert, J.J. 1982. Seasonal patterns of feeding by natural populations of Keratella, Polyarthm, and Bosrnina: Clearance rates, selectivities, and contributions to community grazing. *Limnology and Oceanography*, 27(5): 918-934.
- Bonada, N. et al. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*, 51: 495–523.
- Boss, D.; Grigoras, I.; Ndiaye, A. 2006. Land cover and avian biodiversity in rice fields and mangroves of West Africa. *A&W-report 824*.
- Brouder, S.M.; Hill, J.E. 1995. Winter flooding of ricelands provides waterfowl habitat. *Calif. Agric.*, 49: 1-58.
- Carney, H.J.; Elser, J.J. 1990. Strength of zooplankton-phytoplankton coupling in relation to lake trophic state. In Tilzer, M.M.; Serruya, C. (eds). *Large Lakes*. Springer. Berlin: 615-631.
- Cassol, A.P.V. et al. 2013. Microalgas em cultura de arroz: influência de diferentes manejos de adubação em áreas com residual de herbicidas (imidazolinonas). *Iheringia, Sér.Bot.*, 68 (2): 261-271.
- Chang, K.H.; Sakamoto, M.; Hanazato, T. 2005. Impact of pesticide application on zooplankton communities with different densities of invertebrate predators: An experimental analysis using small-scale mesocosms. *Aquatic Toxicology*, 72: 373- 382.
- Chatterjee, A.; Pal, S.; Chatterjee, S. 2011. Bottom up and top down effect on toxin producing phytoplankton and its consequence on the formation of plankton bloom. *Applied Mathematics and Computation*, 218: 3387-3398.
- Choi, J.Y. et al. 2014. Role of macrophytes as microhabitats for zooplankton community in lentic freshwater ecosystems of South Korea. *Ecological Informatics*, 24: 177-185.
- Cohn, P.D.; Cox, M.; Berger, P.S.. 1999 Health and Aesthetic Aspects of Water Quality (Chapter 2). In: *Water Quality and Treatment* .5th ed. (L.W. Mays, editor). McGraw-Hill, New York.
- Crossetti, L.O. 213. *Estudos da Biodiversidade e do Manejo em áreas de Cultivo do Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul – Fase II: Diversidade fitoplanctônica em áreas de cultivo de arroz irrigado no RS. Relatório técnico convênio IRGA/UNISINOS. Instituto Rio Grandense do Arroz. Estação Experimental do Arroz, Cachoeirinha, RS.*
- Counce, P.A.; Keisling, T.C; Mitchell, A.J. 2000. A Uniform, Objective, and Adaptive System for Expressing Rice Development. *Crop Science*. 40:436-443.

- Czech, H.A.; Parsons, K.C. 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: a review. *Waterbirds (Special publication)*. 25:56-65.
- Daniel, T.C. et al. 1994. Minimizing surface water eutrophication from agriculture by phosphorus management. *Journal of Soil and Water Conservation (Nutrient Management Special Supplement)*, 40: 30-38.
- Dajoz, R. 1973. *Ecologia Geral*. São Paulo, Vozes, Edusp. 472p.
- Das, D.R. et al.. 2011. Study on monthly variations of plankton in relation to the physico-chemical condition of rice-fish in Boro Season. *Int. J. Sustain. Crop. Prod.* 6(1):43-49.
- DeMott, W; Edington, J.R.; Tessier, A.J. 2004. Testing zooplankton food limitation across gradients of depth and productivity in small stratified lakes. *Limnology and Oceanography*, 49: 1408-1416.
- Duggan, I.C. 2001. The ecology of periphytic rotifers. *Hydrobiologia* 446/447: 139-148.
- Dumont, H. J. 1977. Biotic factors in the population dynamics of rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergeb. Limnol*, 8: 98-122.
- Edirisinghe, J.P.; Bambaradeniya, C.N.B. 2006. Rice fields: an ecosystem rich in biodiversity. *J. Nat Sci. Foundation Sri Lanka*, 34(2): 57-59.
- Elmoor-Loureiro, L.M.A. 1997. *Manual de Identificação dos Cladóceros Límnicos do Brasil*. Brasília, Editora Universa. 156p.
- Elphick, C.S.; Oring, L.W. 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter for waterbirds. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 94(1): 17-29.
- Elphick, C. S.; Taft, O.; Lourenço, P. 2010. Management of rice fields for birds during the non-growing season. *Waterbirds*, 33: 193-218.
- Eltz, F.L.F.; Peixoto, R.T.G.; Jaster, F. 1989. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 13(3):259-267.
- Esteves, F.de A. 2011. *Fundamentos de limnologia*. 3ed. Rio de Janeiro: Interciência, 826p.
- FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental. – Henrique Luis Roessler. 2013. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_jacui/jacui.asp Acessado em: 17 de Junho de 2013.
- FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental – Henrique Luis Roessler. 2015. Licenciamento ambiental. Atividade Agrossilvipastoril. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br>. Acessado em 17 de julho de 2015.
- Fernández-Valiente, E.; Quesada, A. 2004. A shallow water ecosystem: rice-fields. The relevance of cyanobacteria in the ecosystem. Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Madrid. *Limnetica*. 23(1-2): 95-108.
- Fernando, C.H.; Furtado, J.I.; Lim, R.P. 1979. Aquatic fauna of the word's rice fields. *Wallaceana Supplement Kuala Lumpur.*, 2: 1-105.
- Fernando, C.H. 1993. Rice field ecology and fish culture – an overview. *Hydrobiologia*, 259: 91-113.

- Fernando, C.H. 2005. Rice field limnology and applied ecology. *In: Fernando, C. H., Göltenboth, F. and Margraf, J. (ed.) Aquatic ecology of rice fields: a global perspective.* Volumes Publishing, Ontario, pp. 71-117.
- Forés, E.; Comín, F.A. 1992. Ricefields, a limnological perspective. *Limnetica*, X:101-109.
- Fujioka, M.; Lane, S.J. 1997. The impact of changing irrigation practices in rice fields on frog populations of the Kanto Plain, central Japan. *Ecological Research*, 12: 101-108.
- Furtado, R.D.; Luca, S.J. 2001. Dinâmica ambiental de nutrientes na água durante o período de irrigação, em três técnicas de cultivo de arroz (*Oriza sativa* L.). *In: II Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado*, Porto Alegre.
- Furtado, R.D.; Luca, S.J. 2003. Técnicas de cultivo de arroz irrigado: relação com a qualidade de água, protozoários e diversidade fitoplanctônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7: 165-172.
- Gannon, J.E.; Stemberger, R.S. 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Transactions of the American Microscopical Society*. 97: 16-35.
- Goldsborough, L.G.; Robinson, G.G.C. 1996. Pattern in wetlands, Chapter 4. *In: Algal Ecology in Freshwater Benthic Ecosystems.* Steven, R.J.; Bothwell, M.L., Lowe, R.L. Eds., Academic Press, pp. 77-117.
- Golombieski, J.I. et al. 2008. Cladocers, Copepods and Rotifers in rice-fish culture handled with metsulfuron-methyl and azimsulfuron herbicides and carbofuran insecticide. *Ciência Rural*, Santa Maria, 38(8):2097-2102.
- Gomes, A.S. et al. 2004. Plantio direto e cultivo mínimo em arroz irrigado. *In: Gomes, A.S.; Magalhães, J.A.M. (Eds.). Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.*
- Goulden, C.E. 1968. The systematic and evolution of Moinidae. *Transam. Philos. Soc.*, 58: 1-101.
- Green, J. 1993. Diversity and dominance in planktonic rotifers. *Hydrobiologia*, 255/256: 345-352.
- Guadagnin, D.L. et al. 2012. Does non-intentional flooding of rice fields after cultivation contribute to waterbird conservation in southern Brazil? *Waterbirds*, 35(3): 371-380.
- Halwart, M.; Gupta, M.V. (eds.) 2004. *Culture of fish in rice fields.* FAO and The WorldFish Center, 83 p.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hanazato, T. 1998b. Response of a zooplankton community to insecticide application in experimental ponds: a review and the implications of the effects of chemicals on the structure and functioning of freshwater communities. *Environmental Pollution.*, 101: 361-373.
- Hanazato, T. 2001. Pesticide effects on freshwater zooplankton: na ecological perspective. *Environmental Pollution*, 112(1):1-10.
- Heckman, C.W. 1979. Rice Field ecology in North East Thailand. *Monographs Biology*, 34: 228.

- Helena, B. et al. 2000. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal components analysis. *Water Research*, 34: 807-816.
- Hillebrand, H. et al. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*, 35: 403-424.
- IRGA - INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - 2014. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/index> (Acessado em 15/10/2014).
- Komárek, J.; Anagnostidis, K. 1986. Modern approach to the classification system of cyanophytes, 2: Chroococcales. *Algological Studies* 43: 157–226.
- Komárek, J.; Anagnostidis, K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4: Nostocales. *Algological Studies* 56: 247–345.
- Komárek, J.; Anagnostidis, K. 1999. Cyanoprokaryota, 1: Chroococcales. In Ettl, H.; Gärtner, G.; Heynig, H.; Möllenhauer, D. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Vol. 19(1). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 1–548.
- Komárek, J.; Azevedo, M. T. P. 2000. Geitlerinema unigranulatum, a common tropical cyanoprokaryote from freshwater Reservoirs in Brazil. *Algological Studies* 99: 39–52.
- Komárek, J.; Anagnostidis, K. 2005. Cyanoprokaryota, 2: Oscillatoriales. In Ettl, H.; Gärtner, G.; Heynig, H.; Möllenhauer, D. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Vol. 19(2). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 1–759.
- Komárek, J.; Fott, B. 1983. Chlorophyta (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. (ed.), *Das phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie*, Vol. 7(1). E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart: 1044 pp.
- Komárková-Legnerová, J.; Cronberg, G. 1994. Planktic bluegreen algae from lakes in South Scania, Sweden, 1: Chroococcales. *Algological Studies* 72: 13–51.
- Khush, G. S. 1984. Terminology for rice growing environments . In: *Terminology for rice growing ecosystems*, IRRI, Manila, Philippines, pages 5-10.
- Koste, W. 1978. *Rotatoria, Die Rädertiere Mitteleuropas*. Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 1: 673 pp.
- Lemly, A.D.; Dimmick, J.F. 1982b. Growth of Young-of-the-Year and Yearling Centrarchids in Relation to Zooplankton in the Littoral Zone of Lakes. *Copeia*, (2): 305-321.
- Lloyd, M.; Ghelardi, R.J. 1964. A table for calculating the equitability component of species diversity. *J. Anim. Ecol.*, 33: 421-425.
- López, F.; García, M. 1998. Open-channel flow through simulated vegetation: Suspended sediment transport modeling. *Water Resour. Res.*, 34, 2341-2352.
- Lund, J.W.G., Kipling, C.; Lecren, E.D. 1958. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, 11: 143-170.
- Macedo, V.R.M. 2009. Mercado tem boas perspectivas para a safra gaúcha. *Revista Lavoura Arrozeira*. Porto Alegre, 57: 06-08.

- Macedo, V.R.M. et al. 2009. Qualidade da água do rio Gravataí usada na irrigação na estação experimental do arroz em Cachoeirinha, RS. In: VI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, Porto Alegre.
- Macedo, V.R.M. et al. 2011. *Resíduos de defensivos agrícolas na água, no solo e nos grãos de arroz irrigado com manejo para alta produtividade*. Relatório técnico anual da pesquisa, nº10. Instituto Rio Grandense do Arroz. Estação Experimental do Arroz, Cachoeirinha, RS
- Machado, I.F.A.; Maltchik, L. 2010. Can management practices in rice fields contribute to amphibian conservation in southern Brazilian wetlands? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 20: 39-46.
- Marques, A.K. 2005. *Análise da diversidade fitoplanctônica no reservatório da usina hidroeétrica Luis Eduardo Magalhães, no médio Tocantins – TO: Estrutura da comunidade, flutuações temporais e espaciais*. Dissertação (Mestrado) Program de Pós-graduação em Ciências do Ambiente. Universidade Federal do Tocantins.
- Matsumura-Tundisi, T. 1986. Latitudinal distribution of Calanoida copepods in freshwater aquatic systems of Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*. 46(3): 527-553.
- May, R.M. 1975. Patterns of species abundance and diversity. In: Cody, M.L. & Diamond, J.M. (eds). *Ecology and Evolution of communities*. Massachusetts, Belknap Press, Harvard University, pp.81-120.
- McCabe, D. J.; Gotelli, N. J. 2000. Effects of disturbance frequency, intensity, and area on assemblages of stream macroinvertebrates. *Oecologia*, 124:270-279.
- McCauley, E.; Briand, F. 1979. Zooplankton grazing and phytoplankton species richness: Field tests of the predation hypothesis. *Limnol. Oceanograf.*, 24(2): 243-252.
- Miller, M.R. et al. 1989. Rice available to waterfowl in harvested fields in the Sacramento Valley, California. *Calif. Fish Game.*, 75: 113-123.
- Mondol, M.M.R. et al. 2013. Food and Feeding Habits of the Mola Carplet *Amblypharyngodon mola* (Hamilton, 1822) in Rice Field Ecosystem with Consideration of Water Quality Parameters. *Our Nature*, 11(1): 61-75.
- Montu, M; Goeden, I.M. 1986. Atlas dos Cladocera e Coppepoda (Crustacea) do estuário da Lagoa dos Patos (Rio Grande, Brasil). *Neritica*, 1 (2): 1-134.
- Moore, M.T. et al. 1998. Responses of non-target aquatic organisms to aqueous propanil exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 61(2):169-174.
- Mundstock, C.M. et al. 2011. *Manual de boas práticas agrícolas: guia para a sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul*. Instituto Rio Grandense do Arroz, Cachoeirinha, RS. 79 p.
- Murakami, E.A., Bicudo, D.C.; Rodrigues, L. 2009. Periphytic algae of the Garças Lake, Upper Paraná River floodplain: comparing the years 1994 and 2004. *Brazilian Journal of Biology*. 69 (2, Suppl.): 459-468.
- Neves, I.F. et al. 2003. Zooplankton community structure of two marginal lakes of the river Cuiabá (Mato Grosso, Brazil) with analysis of rotifera and cladocera diversity. *Brazilian Journal of Biology*. 63(2): 329-343.
- Pathak, M.D.; Khan, Z.R. 1994. *Insect Pests of Rice*. IRRI, Manila, Philippines, 89 pp.

- Pejler, B. 1983. Zooplanktic indicators of trophy and their food. *Hydrobiologia* 101: 111-114.
- Pennak, R. W. 1966. Structure of zooplankton populations in the littoral macrophyte zone of some Colorado lakes. *Transactions of the American Microscopical Society*. 85: 329–349.
- Pereira, I.; Reyes, G.; Kramm, V. 2000. Cyanophyceae, Euglenophyceae, Chlorophyceae, Zygnematophyceae & Charophyceae em arrozales de Chile. *Gayana: Botánica*. 57: 29-53.
- Pillar, V.D. 2006. *MULTIV: Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling, User's Guide version 2.4*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.
- Pittol, M. 2011. *Estudo molecular e microbiológico da diversidade de bactérias em agroecossistemas orizícolas do Rio Grande do Sul*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia: Diversidade e Manejo da Vida Silvestre. Universidade do Vale do Rio do Sinos. 88p.
- Porter, K.G. 1972. A method for the in situ study of zooplankton grazing effects of algal species composition and standing crop. *Limnology and Oceanography*. 17: 913-917.
- Pourriot, R. 1977. Food and feeding habits of Rotifera. *Archives of Hydrobiology Beih*. 8: 243-260.
- Preston, B.L.; Cecchine, G.; Snell, T.W. 1999a. Effects of pentachlorophenol on predator avoidance behavior of the rotifer *Brachionus calyciflorus*. *Aquat. Toxicol.*, 44: 201–212.
- Preston, B.L.; Snell, T.W.; Dusenbery, D.B. 1999b. The effects of sublethal pentachlorophenol exposure on predation risk in freshwater rotifer species. *Aquat. Toxicol.*, 47:93–105.
- Quesada A, Fernández-Valiente E. 1996. Relationship between abundance of N₂-fixing cyanobacteria and environmental factors of Spanish rice-field. *Microb Ecol* 32: 59–71
- Quesada A, Leganés F, Fernández-Valiente E. 1997. Environmental factors controlling N₂ fixation in mediterranean rice fields. *Microb. Ecol.* 34: 39–48.
- Rani, W.B. et al. 2007. Diversity of rice leaf folders and their natural enemies. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3: 394-397.
- Ravasa, T. H. 2013. *Fatores que favorecem o desenvolvimento de microalgas planctônicas em sistemas de arroz irrigado pré-germinado, no Sul do Brasil*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Biologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.
- Reche, M.H.L.R. et al. 2010. *Análise da qualidade microbiológica da água utilizada em áreas orizícolas do Rio Grande do Sul*. Relatório técnico anual da pesquisa, nº8. Instituto Rio Grandense do Arroz. Estação Experimental do Arroz, Cachoeirinha, RS.
- Reid, J. 1985. Chave de identificação para as species continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo*, 9:17-143.
- Reimche, G.B. 2010. *Impacto de agroquímicos usados na lavoura de arroz irrigado sobre a qualidade de água de irrigação e na comunidade zooplantônica*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais.

- Reimche, G.B. et al. 2015. Imazethapyr and imazapic, bispyribac-sodium and penoxsulam: zooplankton and dissipation in subtropical rice paddy water. *Science of the Total Environment.*, 514: 68-76.
- Reynolds, C.S. 1988. The concept of ecological succession applied to the seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. *Limnology.*(23):683-691.
- Reynolds, C.S. 1997. Vegetation process in the pelagic: a model for ecosystem theory. In Kinne, O. (ed), *Excellence in Ecology*. ECI, Oldendorf.
- 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*. 26: 353-363.
- Rodrigues, L.H.R. 2009. *Reguladores da dinâmica das comunidades planctônicas e íctica em ecossistemas límnicos subtropicais*. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Rodrigues, L.H.R. et al. 2011. Dynamics of plankton and fish in a subtropical temporary wetland: Rice fields. *Scientific Research and Essays*, 6(10): 2069-2077.
- Roger, P.A.; Kulasoorya, S.A. 1980. *Blue-green algae and rice*. International Rice Research Institute. P.O. Box 993, Manila, Philippines. 112 p.
- Roger, P.A.; Kurihara, Y. 1988. Floodwater biology of tropical wetland ricefields. In: *Proceedings of the First International Symposium on Paddy Soil Fertility*, 6-13. University of Chiang Mai, Chang Mai, pp. 275-300.
- Roger, P.A. 1989. *Biology and management of the floodwater ecosystem in tropical wetland ricefields*. INSURF training course. IRRI. Handout, 34 pages. IRRI SB206.D23R63.
- Roger, P.A.; Kurihara, Y. 1990. Floodwater Biology of Tropical Wetland Ricefields. Pages 275-300. In: *Proceedings of the First International Symposium on Paddy Soil Fertility*, Chiang Mai, Thailand.
- Roger, P. A.; Kurihara, Y. 1991. The floodwater biology of tropical wetland rice fields. In: *Soil management for sustainable rice production in the tropics*. International Board for Soil Research and Management (IBSRAM). Monograph 2: 211-233.
- Roger, P.A.; Heong, K.L.; Teng, P.S. 1991. Biodiversity and Sustainability of Wetland Rice Production: Role and Potencial of Microorganisms and Invertebrates. 10:117-136 In: *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*. Edited by D.L.Hawksworth.
- Roger, P.A et al. 1994. Effects of pesticides on soil and water microflora and mesofauna in wetland ricefields: a summary of current knowledge and extrapolation to temperate environments. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 34: 1057-1068.
- Roger, P.A. 1996. *Biology and management of the floodwater ecosystem in rice fields*. Internacional Rice Research Institute, P.O.Box 933. Manila 1029, Philippines, 250.p.
- Ros, J. 1979. *Práctica de ecologia*. Barcelona: Omega, 181 pp.
- Round, F.E. 1983. *Biologia das algas*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois. 263p.
- Round, F.E. 1991. Diatoms in river water-monitoring studies. *Journal of Applied Phycology*, 3: 129-145.

- Ruttner-Kolisko, A. 1974. *Plankton rotifers. Biology and Taxonomy*. English translation of Die Binnengewässer v. 26, part 1. 146p.
- Sant'Anna, C. L.; Azevedo, M. T. P. 2000. Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia* 71: 359–385.
- Sant'Anna, C. L.; Azevedo, M. T. P.; Sormus, L. 1989. Fitoplâncton do Lago das Garças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil: estudo taxonômico e aspectos ecológicos. *Hoehnea* 16: 89–131.
- Sartori, G.M.S. et al. 2009. Manejo da adubação e seus efeitos na ocorrência de algas e na produtividade de arroz irrigado em áreas com residual de imidazolinonas. *In: VI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado*, Porto Alegre.
- Sartori, G.M.S. et al. 2011. Manejo da adubação e seus efeitos na ocorrência de algas e na produtividade de arroz irrigado em áreas com residual de imidazolinonas. *Ciência Rural*, 41(8):1323-1330.
- Scheffer, M. 1998. *Ecology of shallow lakes*. Chapman and Hall, London.420p.
- Seganfredo, M.L.; Eltz, F.L.F.; Brum, A.C.R. 1997. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.21(2): 287-291.
- Sendacz, S.; Kubo, E. 1982. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 9:51-89.
- Shannon, C.E.; Weaver, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press. 173 p.
- Shapiro, J. 1995. Lake restoration by biomanipulation—a personal view. *Environmental Review*, 3: 83–93.
- Singh, U.B. et al. 2013. Planktonic indicators: A promising tool for monitoring water quality (early-warning signals). *Ecology Environment & Conservation*, 19 (3): 793-800.
- Simpson, I.C.; Roger, P.A. 1995. The impact of pesticides on nontarget aquatic invertebrates in wetland ricefields: a review. 9: 250-270 *In: Pingali, P.L.; Roger, P.A. Impact of Pesticides on Farmer Health and the Rice Environment*. Kluwer Academic Publishers, 664p.
- Simpson, I.C. et al. 1994a. Effect os nitrogen fertilizer and pesticide management on floodwater ecology in a wetland ricefield: Experimental design and dynamics of the photosynthetic aquatic biomass. *Biol. Fertil Soils*, 17: 129-137.
- Simpson, I. C. et al. 1994b. Effects of nitrogen fertilizer and pesticide management on floodwater ecology in a wetland rice Field: Dynamics of microcrustaceans and dipteran larvae. *Biol. Fertil. Soils*. 17: 138-146
- Sladeczek, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100: 169-201.
- SOSBAI -Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. 2012. *Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil*. Gravatal, SC. 176 p.
- Starkweather, P. L. 1980. Aspects of the feeding behavior and trophic ecology of suspension feeding rotifers. *Hydrobiologia* 73: 63-72.

- Sterner, R.W. 1989. Resource competition during seasonal succession toward dominance by cyanobacteria. *Ecology*, 70(1): 229-245.
- Tourenq, C. et al. 2001. Are rice fields a good alternative to natural marshes for waterbird communities in the Camargue, southern France? *Biological Conservation*, 100: 335-343.
- Vakkilainen, K. et al. 2004. Response of zooplankton to nutrient enrichment and fish in shallow lakes: a pan-European mesocosm experiment. *Freshwater Biology*, 49: 1619-1632.
- Van der Werf, H.M.G. 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 60: 81-96
- Vasconcellos, N.J.S. 2010. *Cianobactérias heterocitadas e euglenas vermelhas em lavouras de arroz irrigado por inundação em planossolo háplico, Santa Maria, RS*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais.
- Verhoeven, J.T.A.; Setter, T.L. 2010. Agricultural use of wetlands: opportunities and limitations. *Annals of Botany*, 105: 155-163.
- Vieira, D.C. et al. 2011. O uso da comunidade planctônica como indicador da qualidade de água do Rio Putanga – Bacia do Rio Itapocu, Norte de Santa Catarina. In: VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, Camboriú. Anais...Camboriú, Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado,,2:587-590.
- Ütermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitative Phytoplankton: Methodik Mitteilung Internationale Vereinigung Theoretische und Angewandte. *Limnologie* 9: 1-38.
- Watanabe, I.; Furasaka, C. 1980. Microbial ecology of flooded rice soils. Pages 125-168 In: *Advances in microbial ecology*, Vol. 4. M. Alexander, Ed. Plenum Publishing Corporation.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. 3th ed. San Diego: Academic Press.1006p.
- Williams, A.E.; Moss, B. 2003. Effects of different fish species and biomass on plankton interactions in a shallow lake. *Hydrobiologia* 491: 331-346.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Características químicas e toxicológicas dos agrotóxicos utilizados na área de estudo durante a safra 2013/2014. Charqueadas, RS.

PRODUTOS FORMULADOS	CLASSE/GRUPO QUÍMICO	INGREDIENTE ATIVO	CLASSE TOXICOLÓGICA	CLASSE AMBIENTAL
Glizmax	Herbicida / glicina substituída	Glifosato-sal de isopropilamina	II**	III ³
Imazetapir	Herbicida / imidazolinona	Imazetapir	IV****	III ³
Cipertrin	Inseticida / piretróide	Cipermetrina	I*	I ¹
Platinum	Inseticida / piretróide e neonicotinóide	Lambda-cialotrina e tiametoxam	III***	I ¹
Rival	Fungicida / triazol	Tebuconazol	I*	II ²

Legenda: * extremamente tóxico; ** altamente tóxico; *** medianamente tóxico; **** pouco tóxico.
¹ altamente perigoso; ² muito perigoso; ³ perigoso Fonte: AGROFIT.

APÊNDICE B - Resultado dos parâmetros físicos e químicos avaliados na água de irrigação de lavouras de arroz durante a safra 2013/2014 em Charqueadas, RS.

PERIODICIDADE	5 DAI		12 DAI			19 DAI			26 DAI			33 DAI			40 DAI			47 DAI			54 DAI			61 DAI			68 DAI			75 DAI	
ESTAÇÕES AMOSTRAIS	L1	L2	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	305,67	97,33	281,00	130,67	126,33	69,00	320,33	550,33	72,00	87,33	137,67	93,67	68,67	78,50	49,00	101,00	55,67	42,33	47,33	53,00	61,00	75,67	55,67	51,33	80,67	84,00	51,33	67,67	83,00	43,33	139,00
Fósforo total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,50	0,36	0,28	0,27	0,24	0,16	0,18	0,32	0,30	0,12	0,16	0,34	0,52	0,20	0,09	0,27	0,13	0,07	0,14	0,63	0,11	0,16	0,10	0,86	0,17	0,18	0,25	0,34	0,36	0,22	0,24
Matéria orgânica ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	50,67	56,00	77,00	42,67	48,33	47,50	59,33	88,67	38,33	55,33	58,33	43,00	47,00	49,00	28,33	29,00	37,00	30,00	30,33	32,00	32,00	40,00	34,00	27,33	32,33	38,33	41,33	25,33	33,33	2,97	61,00
Nitrato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	8,31	6,50	9,62	6,68	7,49	5,60	5,82	12,73	4,95	4,21	6,28	3,84	4,35	5,35	2,51	4,31	4,46	2,60	2,22	3,15	3,62	3,73	3,29	4,60	4,97	3,46	4,45	4,49	5,38	2,54	6,50
Nitrito ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,04	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,004	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,06	0,02	0,03	0,07
Nit. Amoniacal ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	5,72	4,77	3,92	2,65	3,15	2,51	11,04	29,53	1,64	3,01	2,46	1,73	2,20	2,22	1,79	1,60	2,28	2,44	1,43	1,55	2,17	3,34	3,28	2,51	3,29	1,92	2,66	2,23	2,85	1,85	2,68
Ortofosfato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,12	0,11	0,16	0,07	0,09	0,12	0,10	0,25	0,15	0,08	0,09	0,22	0,16	0,07	0,04	0,11	0,09	0,02	0,03	0,03	0,07	0,05	0,03	0,18	0,10	0,05	0,10	0,21	0,24	0,09	0,07
Oxig. Dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	6,23	7,77	4,13	6,07	2,93	7,70	4,87	5,30	3,03	5,53	6,67	6,33	2,53	2,85	6,90	5,90	5,17	3,97	5,63	4,57	3,53	3,63	2,80	3,43	2,87	1,60	4,47	3,50	1,83	3,70	4,70
pH	6,43	6,53	6,13	6,67	6,53	8,05	6,37	6,93	6,93	7,17	6,30	5,87	6,33	6,35	5,50	5,70	5,90	5,47	5,77	5,67	5,93	5,63	5,80	5,87	6,10	5,93	5,83	5,87	5,73	5,37	5,50
Turbidez (NTU)	92,07	84,37	72,73	51,73	62,40	53,10	81,47	104,93	60,63	42,30	57,50	46,73	118,20	57,25	33,83	59,95	64,50	24,17	71,60	63,37	30,67	38,47	46,53	85,63	81,43	72,47	56,17	50,47	77,23	31,60	199,00
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	29,33	31,67	28,50	27,33	26,67	25,50	25,67	24,67	27,33	24,00	23,00	28,00	26,00	28,50	25,17	26,00	24,00	27,67	24,83	23,50	25,33	27,50	26,33	28,33	25,67	24,33	25,67	28,33	26,33	22,50	25,00
Altura da lâmina de água (cm)	7,00	10,33	7,33	7,67	8,50	14,50	7,00	8,00	9,33	4,17	9,83	8,33	4,50	12,50	16,67	5,50	14,67	16,33	8,33	11,67	17,33	7,33	9,00	10,33	10,00	12,33	11,00	6,67	11,33	16,67	6,00

DAI - dias após o início da irrigação; L1 - lavoura 1; L2 – lavoura 2; L3 – lavoura 3.

APÊNDICE C - Lista de espécies registradas durante o período de cultivo na água de irrigação de lavouras de arroz de Charqueadas.

TAXA		
<p>FILO ARTHROPODA SUBFILO CRUSTACEA CLADOCERA ORDEM ANOMOPODA Família Bosminidae <i>Bosmina hagnani</i> Stingelin, 1904 <i>Bosmina longirostris</i> O.F. Müller, 1786 <i>Bosminopsis deitersi</i> Richardi, 1895 Família Chydoridae <i>Alonella</i> sp. <i>Chydorus</i> sp. Família Daphnidae <i>Daphnia gessneri</i> Herbst, 1967 Família Macrothricidae <i>Macrothrix triserialis</i> (Brady, 1886) Família Moinidae <i>Moina</i> sp. ORDEM CTENOPODA Família Sididae <i>Diaphanosoma cf. brachyurum</i> (Liévin, 1848) <i>Diaphanosoma</i> sp.</p>	<p>COPEPODA Náuplio Copepodito Cyclopoida Copepodito Calanoida Copépodo Cyclopoida Copépodo Calanoida</p>	<p>FILO ROTIFERA CLASSE BDELLOIDEA Bdelloidea sp.1 Bdelloidea sp.2 Bdelloidea sp.3 Bdelloidea sp.4 Bdelloidea sp.5 Bdelloidea sp.11 Bdelloidea sp.12 CLASSE MONOGONONTA ORDEM PLOIMIDA Família Asplanchnidae <i>Asplanchna herricki</i> de Guerne, 1888 Família Brachionidae <i>Anuaeropsis fissa</i> Gossé, 1851 <i>Brachionus angularis</i> Gossé, 1851 <i>Brachionus bidentatus bidentatus</i> Anderson, 1889 <i>Brachionus budapestinensis budapestinensis</i> Daday, 1885 <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1866 <i>Brachionus calyciflorus f. anuraeiformis</i> Brehm, 1909 <i>Brachionus caudatus</i> Barrois et Daday, 1894 <i>Brachionus caudatus f. personatus</i> Ahlstrom, 1940 <i>Brachionus falcatus falcatus</i> Zachariás, 1898 <i>Brachionus quadridentatus quadridentatus</i> Hermann, 1783 <i>Brachionus urceolaris</i> Müller, 1773 <i>Brachionus</i> sp. <i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908) <i>Keratella cochlearis</i> Gossé, 1886 <i>Keratella</i> sp. <i>Keratella valga</i> Ehrenberg, 1832 <i>Platyonus patulus</i> Müller, 1786 <i>Platyonus quadricornis</i> Ehrb., 1832 Colurellidae <i>Lepadella cf. cristata</i> (Rousselet, 1893) <i>Lepadella ovalis</i> O. F. Müller, 1786 <i>Lepadella patella</i> Müller, 1776 <i>Lepadella patella f. biloba</i> Hauer, 1958 <i>Lepadella patella f. similis</i> (Lucks, 1912) <i>Lepadella</i> sp. Euchlanidae <i>Dipleuchlanis propatula</i> Gossé, 1886 <i>Dipleuchlanis propatula propatula</i> Gossé, 1886 <i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832 <i>Euchlanis meneta</i> Myers, 1930 Epiphanidae <i>Epiphanes macrourus</i> (Barrois & Daday, 1894) <i>Epiphanes</i> sp. Gastropidae <i>Ascomorpha eucadis</i> Perty, 1850 Lecanidae <i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851) <i>Lecane (M) bulla goniata</i> Harring & Myers, 1926 <i>Lecane cf. closterocerca</i> (Schmarda, 1859) <i>Lecane curvicornis</i> Murray, 1913 <i>Lecane (M) decipiens</i> Murray, 1913 <i>Lecane cf. hornemanni</i> (Ehrenberg, 1834) <i>Lecane</i> sp.1</p>

Lecane leontina Turner, 1892
Lecane luna Müller, 1776
Lecane (M)lunaris Ehrenberg, 1832
Lecane (M) monostyla (Daday, 1897)
Lecane (Monostyla) pyriformis Daday, 1905
Lecane (M) quadridentata (Ehrenberg, 1830)
Lecane rotundata Jakubski, 1914
Lecane sp.2
Lepadellidae
Squatinella sp.
Mytilinidae
Mytilina sp. 1
Mytilina ventralis (Ehrenberg, 1830)
Mytilina ventralis var. *macracantha* Gossé, 1886
Mytilina sp. 2
Notommatidae
Cephalodella gibba (Ehrenberg, 1830)
Cephalodella sp.
Monommata sp.1
Monommata sp.2
Scardiidae
Scardium longicaudum (Müller, 1786)
Synchaetidae
Polyarthra cf. *vulgaris* Carlin, 1943
Polyarthra sp.
Synchaeta sp
Trichocercidae
Trichocerca bicristata (Gosse, 1887)
Trichocerca capucina Wierzejski et Zachariás, 1893
Trichocerca iernis Gossé, 1887
Trichocerca flagellata Hauer, 1937
Trichocerca pusilla Jennings, 1903
Trichocerca cf. *rutneri* Donner, 1953
Trichocerca similis Wierzejski, 1893
Trichocerca sp.
Trichocerca tenuidens Hauer, 1931
Trichocerca tigris O.F. Muller, 1786
ORDEM FLOSCULARIACEAE
Conochilidae
Conochilus sp.1
Conochilus sp.2
Conochilus sp.3
Conochilus sp.4
Conochilus sp.5
Conochilus coenobasis Skorokov, 1914
Conochilus cf. *unicornis* Rousselet, 1892
Filinidae
Filinia opoliensis Zachariás, 1898
Filinia terminalis (Plate, 1886)
Flosculariidae
Ptygura melicerta Ehrenberg, 1832
Ptygura cf. *peduncula* Edmondson, 1939
Ptygura sp.
Sinantherina spinosa Thorpe, 1893
Hexarthridae
Hexartha mira mira Hudson, 1871
Hexartha sp.
Testudinellidae
Pompholyx sp.
Testudinella patina Hermann, 1783
Trichotriidae
Macrochaetus collinsi (Gosse, 1867)
Macrochaetus sericus (Thorpe, 1893)

ANEXO

Resumo dos registros quantitativos de espécies/taxa de trabalhos pioneiros com enfoque ecológico em lavouras de arroz irrigado.

1. Número de espécies registradas por Heckman em 1975 em um ano de estudo em uma única lavoura no nordeste da Tailândia (seis amostras).			
Sarcodina	31	Cianobactérias	11
Ciliados	83	Algas	166
Rotíferos	50	Pteridófitas	3
Platelmintos	7	Monocotiledôneas	25
Nematódeos	7	Dicotiledôneas	10
Anelídeos	11	Peixes	18
Moluscos	12	Anfíbios/Répteis	10
Artrópodes	146	TOTAL	590

2. Número de espécies/taxas de invertebrados aquáticos, excluindo protozoários, registrados por diferentes autores.	
• Heckman (1979) (espécies) – uma lavoura tradicional, um ano de estudo (Tailândia) 183	
• Lim (1980) (taxa) – dois anos de estudo de aplicação de agrotóxicos (Malásia) 39	
• Takahashi et al. (1982) (taxa) – quatro lavouras – amostras individuais (Califórnia) 10-21	
• Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (1985) e Roger et al. (1985) (espécies) amostras individuais em 18 lavouras com aplicação de agrotóxicos (Filipinas e Índia) 2 -26	

3. Registros de artrópodes em lavouras de arroz em um ciclo de cultivo	
• Kobayashi et al. (1973) Estudo em 1954-55 em diversas lavouras de arroz por rede de varredura (Shikoku, Japão) 450	
• Heong et al. (dados não publicados) – estudo em 1989 em cinco lavouras por sucção (Filipinas)	
Lavouras consideradas separadas: 146, 125, 116, 92, 87	
Cinco lavouras combinadas:	240

Adaptado de Roger et al. (1991).