

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

DANIELA DE CARVALHO MELO

ECOLOGIA DE COMUNIDADES DE AVES ASSOCIADAS A PLANTAÇÕES DE  
ARROZ IRRIGADO EM SANTA CATARINA, BRASIL.

São Carlos, SP

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

DANIELA DE CARVALHO MELO

ECOLOGIA DE COMUNIDADES DE AVES ASSOCIADAS A PLANTAÇÕES DE  
ARROZ IRRIGADO EM SANTA CATARINA, BRASIL.

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos/SP, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Ciências (Ciências Biológicas), área de concentração Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr<sup>2</sup>. Joaquim Olinto Branco

São Carlos, SP

2018

ECOLOGIA DE COMUNIDADES DE AVES ASSOCIADAS A PLANTAÇÕES DE  
ARROZ IRRIGADO EM SANTA CATARINA, BRASIL.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Daniela de Carvalho Melo, realizada em 15/03/2018:

Handwritten signature of Prof. Dr. Joaquim Olinto Branco in blue ink.

Prof. Dr. Joaquim Olinto Branco  
UFSCar

Handwritten signature of Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho in blue ink.

Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho  
UFSCar

Handwritten signature of Prof. Dr. José Roberto Verani in blue ink.

Prof. Dr. José Roberto Verani  
UFSCar

Handwritten signature of Prof. Dr. Edison Barbieri in blue ink.

Prof. Dr. Edison Barbieri  
IP

Handwritten signature of Prof. Dr. Carlos Eduardo Matheus in blue ink.

Prof. Dr. Carlos Eduardo Matheus  
USP

Dedico este trabalho ao Alvino e aos meus pais  
por sempre terem acreditado em mim

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de São Carlos, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais e CAPES pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

Ao meu orientador Prof. Dr<sup>2</sup>. Joaquim Olinto Branco que me recebeu como orientanda com muito boa vontade, sempre disposto a ajudar no que fosse preciso, tirando dúvidas, me oferecendo soluções. Obtive muitos conhecimentos importantes que me auxiliaram no meu crescimento pessoal e profissional. Vale a pena dizer que são raros os orientadores que são presentes e dedicados como ele.

À Universidade Vale do Itajaí por todo o apoio logístico do laboratório de Biologia, assim como pelo apoio dos colegas e amigos que conheci através dele.

Aos avaliadores Dr. Manoel Martins Dias Filho, Dr. José Roberto Verani, Dr. Edison Barbieri, Dr. Carlos Eduardo Matheu, Dra. Evelise Nunes Fragoso de Moura e Dr. Jorge Luiz Rodrigues Filho por aceitarem o convite para fazerem parte desta banca examinadora de doutorado e valiosas contribuições.

Ao meu marido, amigo, biólogo e companheiro inseparável da vida e do campo Alvino Pedrosa Ferreira. Sem ele este trabalho não teria sido possível, pois esteve comigo em todos os momentos em campo e fora dele, enfrentando todos os desafios e me fazendo sorrir até nos momentos mais difíceis. E claro, por me trazer toda a felicidade que existe em todos esses anos que estamos juntos e assim continuaremos.

À minha família por todo o apoio e compreensão, por se preocuparem toda vez que viajamos para campo e sempre me incentivarem a seguir meus sonhos, seja como for, me dando a liberdade de construir minha vida sem medo.

Aos meus amigos novos e antigos pelas conversas pela internet, apoio e torcida, assim como compreensão nos inúmeros momentos de ausência, e pelas alegrias e risadas proporcionadas nos reencontros.

À EPAGRI, através do Sr. Douglas George de Oliveira, pela concessão da realização do meu trabalho na plantação orgânica, explicações detalhadas sobre o funcionamento da lavoura e do manejo sustentável assim como pelo suporte logístico das suas instalações durante a pesquisa em Araranguá e ao seu corpo de servidores e funcionários.

Aos pesquisadores do Instituto Butantã Dr. Antonio Domingos Brescovit e Bac. Paulo André Margonari Goldoni por terem gentilmente aceitado o pedido para identificação das aranhas coletadas neste trabalho e nos fornecido um rápido retorno.

“Let your dreams be bigger than your fears,  
your actions louder than your words and  
your faith stronger than your feelings”

A. D.

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho refere-se à Tese de Doutorado produzida pela Me. Daniela de Carvalho Melo sob orientação do Prof. Dr.<sup>2</sup> Joaquim Olinto Branco e apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, como requisito necessário para obtenção do título de Doutor em Ciências (Ciências Biológicas), área de concentração Ecologia e Recursos Naturais. O texto está organizado em capítulos com formato de artigos científicos escritos de acordo com as normas solicitadas pelas revistas escolhidas para publicação.

Inicialmente, uma introdução geral é apresentada contendo informações sobre áreas úmidas e agrícolas, enfocando o plantio de arroz e as aves associadas ao seu ciclo, bem como invertebrados e sua relação com aves, e a prática de manejo inorgânico e orgânico utilizada neste tipo de plantação. Em seguida, os capítulos contendo os artigos científicos produzidos, acompanhados das considerações finais, com os pontos mais importantes desta Tese, e os apêndices, onde podem ser encontradas as fotografias tiradas durante a pesquisa. Apenas as margens, o posicionamento de figuras e tabelas não seguem as normas da revista, para melhor formatação desta tese e discussão durante sua defesa.

O primeiro capítulo “Diversidade e abundância da avifauna em plantações de arroz irrigado na planície costeira de Santa Catarina, Brasil” apresenta e analisa comunidades de aves que se utilizam da orizicultura nos municípios de Itajaí, Garuva e Araranguá, Santa Catarina, Brasil de acordo com o ciclo de cultivo. O segundo “Relations between bird communities, environmental variables and arthropods in irrigated rice fields at coastal plain, Santa Catarina, Brazil” avaliou a relação entre aves, artrópodes e variáveis ambientais em arrozais ao longo de um ciclo nas três localidades. O terceiro capítulo “Análise comparativa da avifauna associada ao cultivo inorgânico e orgânico do arroz irrigado na planície costeira de Santa Catarina, Brasil” apresenta e analisa as comunidades de aves em cultivos inorgânicos e orgânicos na cidade de Araranguá, também observando relações entre aves e artrópodes ao longo de um ciclo de cultivo.

Os três trabalhos trazem informações inéditas e aumentam o conhecimento disponível sobre a avifauna associada ao cultivo inorgânico e orgânico de arroz e sua relação com artrópodes e variáveis ambientais, fazendo-se importantes para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	17
INTRODUÇÃO GERAL .....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21
CAPÍTULO 1:Diversidade e abundância da avifauna em plantações de arroz irrigado na planície costeira de Santa Catarina, Brasil.....	27
ABSTRACT.....	27
RESUMO .....	28
INTRODUÇÃO .....	29
MATERIAIS E MÉTODOS .....	31
Área de Estudo.....	31
Metodologia.....	33
Análise de dados .....	33
RESULTADOS.....	34
Avifauna da planície costeira.....	34
Comunidades de aves em cada localidade.....	41
Comparações entre as localidades .....	43
DISCUSSÃO .....	45
AGRADECIMENTOS.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

CAPÍTULO 2: Relations between bird communities, environmental variables and arthropods in irrigated rice fields at coastal plain, Santa Catarina, Brazil..... 60

ABSTRACT.....	60
INTRODUCTION .....	61
MATERIALS AND METHODS.....	62
Study Area .....	62
Metodology.....	63
Data Analysis.....	65
RESULTS .....	66
Birds communities .....	66
Arthropods .....	71
Avifauna relation with arthropods and environmental variables.....	73
DISCUSSION .....	75
ACKNOWLEDGMENTS .....	79
REFERENCES.....	80

CAPÍTULO 3:Análise Comparativa da Avifauna Associada aos Cultivos Inorgânico e Orgânico do Arroz Irrigado na Planície Costeira de Santa Catarina. Brasil..... 86

ABSTRACT.....	87
RESUMO .....	88
INTRODUÇÃO .....	89
MATERIAIS E MÉTODOS .....	90

Área de Estudo.....	90
Metodologia.....	92
Análise de dados .....	95
RESULTADOS.....	96
Comunidade de aves dos cultivos inorgânico e orgânico.....	96
Comparações entre as comunidades .....	104
Artrópodes .....	106
Correlação da avifauna com os artrópodes .....	109
DISCUSSÃO .....	112
AGRADECIMENTOS.....	120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
APÊNDICES .....	130

## LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1. Diversidade e abundância da avifauna em plantações de arroz irrigado na planície costeira de Santa Catarina, Brasil.

Fig. 1. Áreas de plantação de arroz irrigado estudadas no estado de Santa Catarina, Brasil, no período de julho de 2015 a junho de 2016. A: Quadros de arroz em Garuva, B: Itajaí e C: Araranguá. Fonte: Google Earth 2017.....32

Fig. 2: Flutuação mensal da abundância e riqueza de aves nas plantações de arroz (localidades agrupadas) na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, no período de junho de 2015 a julho de 2016. .... 35

Fig. 3: Variações dos valores médios de abundância e frequência de ocorrência relativa (%) das famílias de aves (localidades agrupadas) nos arrozais da planície costeira de Santa Catarina, Brasil, no período de julho de 2015 a junho de 2016. Onde: (A) – aves aquáticas e (B) – aves terrestres.....36

Fig. 4: Espécies de aves mais representativas em cada fase do ciclo de arroz irrigado (localidades agrupadas) nos arrozais da planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho de 2015 a junho de 2016. Onde: 1 – *Rupornis magnirostris* (Gmelin, 1788), 2 – *Pitangus sulphuratus* Vigors, 1825, 3 – *Phimosus infuscatus*, 4 – *Sicalis flaveola*, 5 – *Egretta thula* (Molina, 1782), 6 – *Anthus lutescens* Pucheran, 1855, 7 – *Vanellus chilensis*, 8 – *Plegadis chihi*, 9 – *Sturnella superciliaris*, 10 – *Ardea alba* Linnaeus, 1758, 11 – *Amazonetta brasiliensis* (Gmelin, 1789), 12 – *Molothrus bonariensis* e 13 – *Volatinia jacarina* (Linnaeus, 1766).....42

Fig. 5: Flutuação mensal da abundância e riqueza da avifauna registrada nos arrozais de Itajaí (A) Garuva (B) e Araranguá (C), na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, no período de julho de 2015 a junho de 2016. .... 45

Fig. 6: Flutuação mensal da diversidade e equitabilidade da avifauna dos arrozais de Itajaí (A), Garuva (B) e Araranguá (C), na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, no período de julho de 2015 a junho de 2016.....46

Figure 1. Studied irrigated rice plots in the Santa Catarina State, Brazil, during July 2015 to June 2016. A: Rice plots in Garuva, B: Itajaí e C: Araranguá. Source: Google Earth 2017....63

Figure 2. Relative abundance and richness of the bird species of each trophic guild separated by stage of the rice cycle (clustered localities) in the rice fields of the coastal plain of Santa Catarina, Brazil, during July 2015 to June 2016. .... 71

Figure 3. Fluctuation of relative abundance and bird's richness in rice plantations at each stage of the annual cycle in the coastal plain of Santa Catarina, Brazil, during July 2015 to June 2016. ....	71
Figura 1. Áreas de plantação de arroz irrigado estudadas no município de Araranguá, planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016. Onde I: quadros de arroz inorgânico, O: quadros de arroz orgânico, Fonte: Google Earth 2017. ....	92
Figura 2. Descrição das fases do arroz e processos envolvidos em um ciclo anual de arroz irrigado em plantação inorgânica (1) e orgânica (2) localizadas no município de Araranguá, planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante julho/2015 a junho/2016. ....	93
Figura 3: Abundância média das quatro espécies de aves mais representativas do cultivo inorgânico (A) e orgânico (B) separadas de acordo com cada etapa do ciclo do arroz, no município de Araranguá, planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016. ....	102
Figura 4: Riqueza e abundância média das espécies de aves de cada guilda trófica no cultivo inorgânico e orgânico no município de Araranguá, planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016. ....	103
Figura 5: Flutuação da abundância média e riqueza de aves nas plantações de arroz de cultivo inorgânico e orgânico por etapa do ciclo no município de Araranguá, na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016. ....	105
Figura 6: Diversidade e equitabilidade das aves nas plantações de acordo com a etapa do ciclo de arroz dos cultivos inorgânico e orgânico no município de Araranguá, na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016. ....	106
Figura 7: Flutuação quantitativa por etapa da abundância média e riqueza das famílias de artrópodes nas duas plantações de arroz do município de Araranguá, na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 e junho/2016. ....	109
Figura 8: Análise de Redundância (RDA) das espécies de aves e famílias de artrópodes de acordo com as etapas do ciclo de arroz do cultivo inorgânico, durante o período de julho de 2015 a junho de 2016. O eixo 1 (RDA 1) explicou 30,9% da variação e o eixo 2 (RDA 2) 54,27%, totalizando 85,1% de explicabilidade. As etapas estão codificadas em E1, E2, E3 e E4, Os vetores correspondem às famílias de artrópodes. Os códigos das espécies de aves e famílias de artrópodes se encontram nas Tabelas 2 e 3. ....	111
Figura 9: Análise de Redundância (RDA) das espécies de aves e famílias de artrópodes de acordo com as etapas do ciclo de arroz do cultivo orgânico, durante o período de julho de 2015	

a junho de 2016. O eixo 1 (RDA 1) explicou 38,7% da variação e o eixo 2 (RDA 2) 58,8%, totalizando 97,5% de explicabilidade. As etapas estão codificadas em E1, E2, E3 e E4. Os vetores correspondem às famílias de artrópodes. Os códigos das espécies de aves e famílias de artrópodes se encontram nas Tabelas 2 e 3..... 112

## LISTA DE TABELAS

Capítulo 1. Diversidade e abundância da avifauna em plantações de arroz irrigado na planície costeira de Santa Catarina, Brasil.

Tabela I. Meses, processos e fases do ciclo anual de arroz irrigado nas plantações da planície costeira de Santa Catarina, Brasil, de acordo com SOSBAI (2016). Período estudado de julho de 2015 a junho de 2016. .... 32

Tabela II: Ordens, famílias e espécies das comunidades de aves por abundância média ( $X$ ), número agrupado de registros ( $N_{tot}$ ), frequência de ocorrência relativa ( $Ocor$ ), status de ocorrência ( $Stat$ ) e sensibilidade ( $Sens$ ) em arrozais de Itajaí, Garuva e Araranguá, planície costeira de Santa Catarina, Brasil. Índices anuais de diversidade ( $H'$ ), equitabilidade ( $J'$ ) e Similaridade entre Itajaí e Garuva ( $IG$ ), Itajaí e Araranguá ( $A$ ) e Garuva e Araranguá ( $GA$ ).  $Ocor$ : OC (ocasional), SA (sazonal), RE (regular),  $Stat$ : R (residente), VN (migrante do Hemisfério Norte),  $Sens$ : B (baixa), M (média), A (alta)..... 37

Table 3. Families, species and trophic guilds of bird's communities by relative abundance ( $Abd\%$ ) and trophic grouping (Guild) in rice fields of Itajaí, Garuva and Araranguá on the coastal plain of Santa Catarina, Brazil, during July 2015 to June 2016. Guilds: CA (carnivorous), FR (frugivorous), GR (granivorous), IN (insectivorous), NC (necrophagous), NE (nectarivorous), OM (omnivorous), PI (piscivorous). The codes are abbreviations of the name of each species..... 66

Tabela 1: Etapas, processos e fases do ciclo anual de arroz irrigado nas plantações inorgânica e orgânica do município de Araranguá, na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, de acordo com SOSBAI (2016), ..... 93

Tabela 2: Ordens, famílias, espécies, guildas tróficas (Guilda), frequência de ocorrência ( $Ocor$ ) e sensibilidade ( $Sens$ ) das comunidades de aves por abundância média ( $Abd$ ) em arrozais de Araranguá, transecto inorgânico ( $Ino$ ) e orgânico ( $Org$ ) na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho 2015 a junho 2016. Guildas: CA (carnívoro), FR (frugívoro), GR (granívoro), IN (insetívoro), NC (necrófago), ON (onívoro), PI (piscívoro), As espécies

marcadas com asterisco são exclusivas, onde \*1 = inorgânico e \*2 = orgânico, Os códigos são abreviações do nome de cada espécie.....97

Tabela 3: Abundância média das famílias de artrópodes associados às duas formas de cultivo de arroz do município de Araranguá, na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 e junho/2016, Onde: Ino (Inorgânico), Org (Orgânico). Os códigos são abreviações do nome de cada família, As famílias com asterisco são exclusivas, onde \*1 = inorgânico e \*2 = orgânico..... 106

## RESUMO

A região Sul do Brasil apresenta mais de 90% de suas áreas úmidas alteradas em plantações de arroz. Esse cultivo é desenvolvido em regiões de terras férteis e alagadas com manejo orgânico ou inorgânico, atuando como substituto de áreas naturais para diversos grupos de aves e artrópodes, também associados entre si. Diante da carência de informações sobre o tema no país, este trabalho analisou e relacionou comunidades de aves e artrópodes que se utilizam da orizicultura inorgânica ao longo de um ciclo de plantação entre julho de 2015 a junho de 2016 nos municípios de Itajaí, Garuva e Araranguá, SC, Brasil, também observando sua associação a variáveis ambientais. As aves foram registradas mensalmente em transectos lineares em cada localidade e artrópodes e variáveis ambientais foram coletados. Foram determinadas abundância média, relativa, frequência de ocorrência relativa e calculados os índices de similaridade, diversidade e equitabilidade. Análises comparativas entre as localidades foram realizadas através dos testes de ANOVA, Kruskal-Wallis, ANOSIM e RDA. Foram registradas 107 espécies de aves, com maioria residente e ocasional e táxons vulneráveis, migratórios do Hemisfério Norte e novos registros para o estado. Em geral a riqueza e abundância das espécies foi maior no início e final do ciclo, mas não ocorreram diferenças significativas entre as áreas devido à presença em comum de poucos táxons dominantes. As lavouras de Araranguá apresentaram a menor riqueza e diversidade, possivelmente devido ao ciclo do arroz mais curto, ofertando nichos por um período de tempo menor. Foram coletadas 68 famílias de artrópodes, com riqueza e abundância igualmente relacionadas ao ciclo. As RDAs entre as aves, artrópodes e variáveis ambientais apresentaram alto valor de explicabilidade, evidenciando sua associação nestes ambientes. Em Araranguá foi estudada uma lavoura orgânica que foi comparada com uma das lavouras inorgânicas do mesmo município. As mesmas análises comparativas foram empregadas. Foram registradas 61 espécies de aves e 53 famílias de artrópodes. Através das comparações foi constatado que a riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade do cultivo orgânico foi superior ao inorgânico, assim como foram registradas mais espécies exclusivas, migratórias e uma de sensibilidade alta. Conclui-se que os arrozais do estado ofertam recursos variados ao longo do ano, abrigando grupos de aves e artrópodes distintos, sendo, portanto, importantes na conservação das espécies associadas aos cultivos, em especial, o cultivo orgânico mostrou-se mais sustentável e com menor impacto na biodiversidade.

**Palavras-chave:** avifauna, arrozal, artrópodes, orizicultura, variáveis ambientais.

## ABSTRACT

The southern region of Brazil presents more than 90% of its wetlands altered in rice plantations. This cultivation is developed in regions of fertile and flooded lands, with organic or inorganic management, acting as substitute natural areas for several groups of birds and arthropods, also associated with each other. Due to the lack of information on the subject in the country, this study analyzed and related communities of birds and arthropods that use inorganic management during a planting cycle between July 2015 and June 2016 in the municipalities of Itajaí, Garuva and Araranguá, SC, Brazil, also observing their association with environmental variables. Birds were recorded monthly in linear transects in each locality and arthropods and environmental variables were collected. Average abundance, relative abundance, relative frequency of occurrence and the indexes of similarity, diversity and equitability were calculated. Comparative analyzes between the municipalities were performed through the ANOVA, Kruskal-Wallis, ANOSIM and RDA Tests. Birds of 107 species were registered, with resident and occasional majority, as well as vulnerable taxa, migratory species of the Northern Hemisphere and new records for the state. In general, species richness and abundance were higher at the beginning and the end of the cycle, but there were no significant differences between areas due to the common presence of a few dominant taxa. The Araranguá crops had the lowest richness and diversity, possibly due to the shorter rice cycle, which offers niches for a shorter period of time. A total of 68 families of arthropods were collected, with richness and abundance equally related to the cycle. The RDAs among birds, arthropods and environmental variables presented high explainability values, evidencing their association in these environments. It is concluded that the state's rice fields offer varied resources throughout the year, harboring distinct groups of birds and arthropods, and are therefore important for the conservation of species associated with crops. In Araranguá an organic crop was studied and compared to one of the inorganic crops of the same municipality. The same comparative analyzes were employed. There were 61 bird species and 53 arthropod families. Through the comparisons, it was verified that richness, abundance, diversity and equitability of the organic cultivation were higher, as well as more exclusive and migratory species and one of high sensitivity were registered. It is concluded that the state's rice fields offer varied resources throughout the year, harboring distinct groups of birds and arthropods, and are therefore important for the conservation of species associated with crops, especially organic farming, which has proved to be more sustainable and less impactant on biodiversity.

**Key-words:** avifauna, arthropods, environmental variables, organic crops, rice fields.

## INTRODUÇÃO GERAL

As áreas úmidas são ecossistemas de reconhecida importância biológica, apresentando elevada biodiversidade e produtividade (Barbier et al., 1997; Mitsch & Gosselink, 2000). Fornecem habitats únicos para uma extensa variedade de fauna e flora, além de desempenharem um papel essencial em vários processos hidrológicos e ecológico (Bambaradeniya et al., 1998, Getzner, 2002). São consideradas “áreas úmidas”, de acordo com a convenção de Ramsar, extensões de brejos, pântanos, turfeiras ou superfícies cobertas de água, de origem natural ou artificial, temporárias ou permanentes.

Cerca de 56% das áreas úmidas do mundo localizam-se em regiões tropicais e subtropicais (Mitsch & Gosselink, 2000), sendo a América do Sul detentora de grandes extensões desses ecossistemas (Neiff, 2001), com mais de 50% presentes em território brasileiro (Naranjo, 1995). Entretanto, mais da metade das áreas úmidas originais ao redor do mundo foram perdidas (Dugan, 1993). No sul do Brasil, estima-se que mais de 90% das áreas úmidas foram alteradas (Maltchik, 2003). Tais características são consequência da elevada fragmentação de habitat causada pela expansão da agricultura, principalmente das plantações de arroz irrigado (Gomes & Magalhães, 2004).

Habitats agrícolas estão amplamente disseminados pelo mundo, sendo que anualmente cerca de 11% da área terrestre é utilizada para algum tipo de agricultura (Urban & Vollrath, 1984). São áreas onde comumente encontra-se grande diversidade biológica (Elphick & Oring, 1998). A expansão da agricultura, em especial a plantação de arroz irrigado, é considerada como a principal responsável pela perda das áreas úmidas naturais globalmente (Czech & Parsons, 2002; Devine & Furlong, 2007). Entretanto, áreas úmidas agrícolas como as plantações de arroz desempenham um papel importante na conservação da biodiversidade, pois são capazes de sustentar espécies que perderam os seus habitats originais (Chang & Luh, 1991; Gliessman, 2001; Gomes & Magalhães, 2004). Portanto, de forma simplificada, os arrozais tendem a oferecer, ao menos parcialmente, condições similares às encontradas em áreas úmidas naturais, possibilitando o estudo dos processos ecológicos das espécies (Elphick, 2000; Lawler, 2001; Huner et al., 2002).

As lavouras de arroz são cultivadas em regiões de terras férteis e com grande disponibilidade de água, ficando alagadas em pelo menos parte do ano, podendo atuar em parte

como substitutos para as áreas úmidas naturais (Chang & Luh, 1991, Huner et al., 2002). Devido a essas características são considerados como áreas úmidas temporárias que apresentam estrutura e funcionamento previsível ao longo de um ano (Elphick, 2000; Lawler, 2001), favorecendo elevada diversidade de espécies animais. Tais organismos são associados ao meio aquático e palustre habitando campos de arroz, campos alagados, banhados e áreas do entorno como taipas e fragmentos florestais (Subramanya & Veeresh, 1998; Elphick, 2010).

As plantações de arroz irrigado no Brasil possuem grande importância econômica e social (Noldin & Eberhardt, 2005) e perfazem cerca de 20% da produção total de grãos, sendo voltadas principalmente para o mercado interno (Azambuja, 2003). O país ocupa a sétima posição no ranking mundial de produção de arroz (Fao, 2008). A região sul é detentora de 78,8% da produção nacional, com o Rio Grande do Sul sendo responsável por 68,5% da produção e Santa Catarina com 8,9% (IBGE, 2015).

Em Santa Catarina o cultivo de arroz teve início na década de 50, inicialmente como cultura de subsistência e utilizando-se de cultivares vindos da Ásia (Prochnow, 2002). Atualmente a maioria das lavouras de arroz utilizam-se do sistema irrigado e pré-germinado, onde a plantação é feita próxima de mananciais e são utilizados insumos como herbicidas, inseticidas e fungicidas (EPAGRI, 1998; Noldin & Eberhardt, 2005). O Estado é o segundo produtor de arroz do país, possuindo uma área plantada de 149.869 ha, com produção de 1.082.441 toneladas na safra de 2014 (IBGE 2014). O arroz é produzido em 85 municípios concentrados no Litoral (Norte, Centro e Sul) e Alto Vale do Itajaí e na safra 2008/09 havia 8.499 agricultores produzindo arroz irrigado em 11,23 mil propriedades. No litoral Sul, na Região de Araranguá ocorre a produção de arroz irrigado orgânico, onde o manejo da lavoura é feito sem defensivos agrícolas, em consorciação com marreco-de-Pequim (*Anas platyrhincos*), peixes e adubação orgânica (SOSBAI, 2014).

As aves são um grupo amplamente observado nos arrozais ao redor do mundo utilizando-os como locais de forrageio, descanso e reprodução (Fasola & Ruiz, 1996; Czech & Parsons, 2002). Acredita-se que os arrozais possuem um papel fundamental na conservação das aves aquáticas (Elphick & Oring, 1998; Lane & Fujioka, 1998). De acordo com O'Connor & Shrubbs (1986) os arrozais oferecem grande concentração de recursos alimentares previsíveis para as aves, favorecendo o forrageio de muitas espécies, incluindo as migratórias. O papel dos campos de arroz como sítios de nidificação é reconhecido e várias espécies de aves reproduzem-se nessas áreas, embora esse seja o aspecto ecológico que recebe menos atenção em pesquisas (Helm et al., 1987; Hohman et al., 1994). Em Louisiana, nos Estados Unidos, praticamente

100% das populações de garças reproduzem-se em áreas próximas aos arrozais (Fasola & Ruiz, 1996).

A maioria das espécies desempenha um papel útil como predadoras de insetos, roedores e plantas daninhas que infestam as plantações (Meanley, 1969; Borad et al., 2002; Chandy, 2003). O duplo papel das aves em plantações de arroz, como espécies-praga e predadoras de pragas é bastante conhecido (Dallmeier, 1991; Link, 1995; Chandy, 2003). No entanto, algumas aves granívoras são consideradas como praga do arroz por se alimentarem diretamente do grão (Link, 1995; Silva, 1999), embora o prejuízo causado seja economicamente trivial (Jones, 1940; Bourne & Osborne, 1978; Smith & Sullivan, 1980; Elphick, 2004). Vários estudos concluíram que em muitos casos, o dano econômico é pequeno perto dos benefícios que as mesmas espécies trazem ao eliminarem outras pragas das plantações (Smith & Sullivan, 1980; Hohman et al., 1996; Borad et al., 2000; Belton, 2004). Apesar disso, alguns produtores buscam a eliminação das aves consideradas pragas, reduzindo os níveis populacionais sem estudos prévios se de fato está ocorrendo prejuízo significativo (Miller et al., 1989; Dallmeier, 1991; Rave & Cordes, 1993; Hohman et al., 1996).

O tipo de manejo exercido em uma plantação afeta diretamente espécies de animais e plantas associadas a esse tipo de habitat. O uso de pesticidas para controle de algas, crustáceos, insetos, entre outros, é uma prática comum em lavouras de arroz irrigado inorgânico ao redor do mundo (Fasola & Ruiz, 1996; Nachuha, 2009; Ibáñez et al., 2010). No entanto, essa forma de manejo traz ameaças à avifauna gerando efeitos diretos como o envenenamento pelo forrageio e indiretos através da redução dos recursos alimentares disponíveis (Barcelo et al., 1990; Fasola & Ruiz, 1996; Chandy, 2003; Parsons et al., 2010). Por outro lado, o emprego de manejo orgânico através de práticas como controle biológico, adubação orgânica e rizipiscicultura proporciona aumento da biodiversidade (Parsons et al., 2010). Portanto, torna-se importante o estudo sobre quais espécies se alimentam do grão de arroz; se existe prejuízo real para os produtores; e a identificação de quais espécies auxilia as lavouras eliminando pragas (Chandy 2003). Essas informações podem atuar como subsídio para a elaboração e execução de práticas agrícolas que sejam sustentáveis economicamente e ecologicamente, como ocorre em outros países (Forsyth, 1965; Setia et al., 1994; Brouder & Hill, 1995; Elphick & Oring, 1998); auxiliando assim na conservação das espécies (Fasola & Ruiz, 1996).

Em geral, poucos estudos no Brasil buscaram avaliar a avifauna presente em plantações de arroz e a maioria concentra-se na região extremo sul do país (Dias et al., 1997; Dias & Burger, 2005; Menegethi & Dotto, 2008; Guadagnin et al., 2012). Embora, Santa Catarina

ocupe o 2º lugar em produção de arroz irrigado no país (SOSBAI, 2014), existem apenas informações preliminares sobre as aves nessas áreas (Branco et al., 2016) tornando-se de grande necessidade a realização de estudos com essa temática. Áreas agrícolas são capazes de oferecer grandes oportunidades de estudos sobre seleção de hábitat pelas espécies e manejo, pois a agricultura tende a simplificar e padronizar áreas, criando conjuntos de microhabitats similares (Elphick & Oring, 1998; Forès & Comín, 1992; Gonzáles & Solís et al., 1996). Portanto, a junção de uniformidade, padronização e replicação dos campos de arroz proporcionam um ambiente ideal para observações sobre como as espécies utilizam as manchas de habitat (Fasola & Ruiz, 1996; Elphick & Oring, 1998).

Diante da carência de informações e da importância do tema, este trabalho visou investigar a estrutura das comunidades de aves em três áreas distintas de orizicultura durante um ciclo anual de plantação, buscando responder se existem diferenças em cada área, o nível de influência que ocorre dentro dessas comunidades a partir de variáveis ambientais e de recursos disponíveis, assim como avaliar as diferenças entre a avifauna presente em uma plantação inorgânica e uma orgânica. Para a delimitação da área de estudo buscou-se escolher plantações de arroz com grande representatividade no Estado, localizadas em regiões distintas, seguindo um gradiente latitudinal. Lavouras localizadas em diferentes latitudes podem apresentar microclimas específicos que influenciam nos recursos disponíveis, portanto, pode ocorrer variação entre as comunidades de aves presentes em cada área.

Foram investigadas áreas do litoral norte, centro e sul do Estado. A plantação do litoral norte foi escolhida por sua proximidade ao Estado do Paraná. A do litoral central possui posição estratégica pela proximidade da residência e localização central dentro do Estado. A do litoral sul encontra-se próxima ao Estado do Rio Grande do Sul, fechando assim um gradiente latitudinal que passa por todo o Estado de Santa Catarina. Em Araranguá foi estudada uma plantação que emprega cultivo orgânico, apresentando manejo diferenciado. Através dos resultados obtidos neste trabalho, espera-se que as novas informações possam agregar conhecimento sobre avifauna do Estado, assim como esclarecer sobre as relações das mesmas com os arrozais. O conhecimento gerado poderá ainda servir de subsídio para elaboração de sistemas de manejo que envolvam a proteção das espécies silvestres (Fujioka et al., 2010), assim como possivelmente indicar áreas que necessitem de atenção dos órgãos ambientais para proteção da biodiversidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azambuja, I. H. V. 2003. Contribuição do cultivo de arroz irrigado na economia brasileira, pp. 674 – 676. Em: 3º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado e 25ª Reunião da Cultura de Arroz Irrigado (eds.) Anais do 3º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Balneário Camboriú: EPAGRI.
- Bambaradeniya, C. N. B., Fonseka, K. T. e Ambagahawatte, C. L. 1998. A preliminary study of fauna and flore of rice field in Kandy, Sri Lanka. *Biological Sciences*, 25: 1-22.
- Barbier, E. B., Acreman, M. C. e Knowler, D. 1997. *Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners*. Gland: Ramsar Convention Bureau. 143 p.
- Barcelo, D., Porte, C., Cid, J. e Albaiges, J. 1990. Determination of organophosphorous compounds in Mediterranean coastal waters and biota samples using gas chromatography with nitrogen-phosphorous and chemical ionization mass spectrometric detection. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 38:199-209.
- Belton, W. 2004. *Aves silvestres do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. 175 p.
- Borad, C. K., Mukherjee, A., Patel, S. B. e Parasharya, B. M. 2002. Breeding performance in the Indian Sarus Crane *Grus antigone* in the paddy crop agroecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 11: 795-805.
- Bourne, G. R. e Osborne, D. R. 1978. Black-bellied Whistling Duck utilization of a rice culture habitat. *Intercencia*, 3: 152-159.
- Branco, J. A.; Keske, B. F. & Barbieri, E. 2016. Abundance and potential impact of granivorous birds on irrigated rice cultivation, Itajaí, Santa Catarina, Brazil. *Arquivos do Instituto Biológico* 83: 1-7.
- Brouder, S. M. e Hill, J. E. 1995. Winter flooding of ricelands provides waterfowl habitat. *California Agriculture*, 49: 1–58.
- Chandy, M. 2003. Studies on avifauna of rice fields in an area around Vembanad Lake. Tese de Doutorado. Kottayam: Mahatma Gandhi University.
- Chang, T. T. e Luh, B. S. 1991. *Overview and prospects of rice production*. New York: Van Nostrand Reinhold. 11p.
- Czech, H. A. e Parsons, K. C. 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: a review. *Waterbirds*, 25: 56–65.

- Dallmeier, F. 1991. Wistling-ducks as a manageable and sustainable resource in Venezuela: Balancing economic costs and benefits, pp. 266-287. Em: Robinson, J. G. e K. H. Redford (eds). Neotropical wildlife use and conservation. Chicago: The University of Chicago Press.
- Devine, G. J., Furlong, M. J. 2007. Insecticide use: contexts and ecological consequences. *Agriculture and Human Values*, 24: 281–306.
- Dias, R. A. e Burger, M. I. 2005. A assembléia de aves de áreas úmidas em dois sistemas de cultivo de arroz irrigado no extremo sul do Brasil. *Ararajuba*, 13(1): 63-80.
- Dias, R. A., Cirne, M. P., Silva, J. J. 1997. *Relação entre a avifauna e a lavoura de arroz irrigado no sul do RS: uma análise prévia (Documento 39)*. Pelotas: EMBRAPA.
- Dugan, P. 1993. *Wetlands in Danger: a world conservation atlas*. Nova York: Oxford University Press. 187 p.
- Elphick, C. S. e Oring, L. W. 1998. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *Journal of Applied Ecology*, 35: 95–108.
- Elphick, C. S. 2000. Functional equivalency between rice fields and seminatural wetland habitats. *Conservation Biology*, 14: 181–191.
- Elphick, C. S. 2004. Assessing conservation trade-offs: identifying the effects of flooding rice fields for waterbirds on non-target bird species. *Biological Conservation*, 117: 105-110.
- Elphick, C. S. 2010. Why Study Birds in Rice Fields? *Waterbirds*, 33(1): 1–7.
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. 1998. *Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina. (Pré germinado)*. Florianópolis: EPAGRI. 79p.
- FAO Stat - Food and Agriculture Organization. 2008. FAO Statistical Database. Disponível em: <http://www.faostat.fao.org> (acesso 04 de julho de 2015).
- Fasola, M. e Ruiz, X. 1996. The value of rice fields as substitutes for natural wetlands for waterbirds in the Mediterranean Region. *Colonial Waterbirds*, 19(1): 122-128.
- Forés, E. e F. Comín. 1988. Action of malathion plus lindane pesticide on crustacean populations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 15: 180-185.
- Forsyth, B. 1965. December food habits of the mallard (*Anas platyrhynchos* Linn.) in the Grand Prairie of Arkansas. *Arkansas Academy of Science Proceedings*, 19: 74-78.
- Getzner, M. 2002. Investigating public decisions about protecting wetlands. *Journal of Environment Management*, 64: 237-246.
- Gliessman, S. R. 2001. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: UFRGS. 653p.

- Gomes, A. S. e Magalhães A. M. D. Jr. 2004. *Arroz Irrigado no Sul do Brasil (Irrigated Rice in Southern Brazil)*. Pelotas: Embrapa.
- González-Solís, J., Bernadi, X. e Ruiz, X. 1996. Seasonal variation of waterbird prey in the Ebro Delta rice fields. *Colonial Waterbirds*, 19: 135-142.
- Guadagnin, D. L., Peter, A., Rolon, A. S., Stenert, C. e Maltchik, L. 2012. Does non-intentional flooding of rice fields after cultivation contribute to waterbirds conservation in Southern Brazil? *Waterbirds*, 35: 371–380.
- Helm, R. N., Pashley, D. N. e Zwank, P. J. 1987. Notes on the nesting of the Common Moorhen and Purple Gallinule in southwestern Louisiana. *Journal of Field Ornithology*, 58: 5-61.
- Hohman, W. L., Stark, T. M. e Moore, J. L. 1996. Food availability and feeding preferences of breeding Fulvous Whistling Ducks in Louisiana ricefields. *Wilson Bulletin*, 108: 137-150.
- Hohman, W. L., Moore, J. L., Stark, T. M., Weisbrich, G. A. e Coon, R. A. 1994. Breeding waterbird use of Louisiana rice fields in relation to planting practices. *Proceedings of the Annual Conference of Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*, 48: 31-37.
- Huner, J. V., Jeske, C. W. e Norling, W. 2002. Managing agricultural wetlands for waterbirds in the coastal regions of Louisiana, U.S.A. *Waterbirds*, 25: 66-78.
- Ibáñez, C., Curcó, A., Riera, X., Ripoll, I. e Sánchez, C. 2010. Influence on birds of rice field management practices during the growing season: a review and an experiment. *Waterbirds*, 33(1): 167-180.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do ano de 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm> (acesso em 04 de julho de 2015).
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Indicadores IBGE – Estatística da Produção Agrícola – maio de 2015. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/estProdAgr\\_201506.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201506.pdf). (acesso em 04 de julho de 2015).
- Jones, J. 1940. Ducks and the rice industry: a supplementary note. *Emu*, 39: 206-209.
- Lane, S. J. e Fujioka, M. 1998. The impact of changes in irrigation practices on the distribution of foraging egrets and herons (Ardeidae) in the rice fields of central Japan. *Biological Conservation*, 83: 221-230.
- Lawler, S. P. 2001. Rice fields as temporary wetlands: a review. *Israel Journal of Zoology*, 47: 513–528.

- Link, D. 1995. Danos causados pelo pássaro-preto *Molothrus bonariensis* (Aves, Icteridae) em arroz irrigado, em Santa Maria–RS. *Lavoura Arrozeira*, 48: 29–30.
- . Maltchik, L. 2003. Three new wetlands inventories in Brazil. *Interciencia*, 28(7): 421-423.
- Meanley, B. 1969. Natural history of the King Rail. *North American Fauna*, 67: 1-108.
- Menegheti, J. O. e Dotto, J. C. 2008. Aves aquáticas e costeiras em arrozais interiores do sul do Brasil, pp. 1-8. Em: de la Balze, V. M. e D. E. Blanco (eds.). Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur. Buenos Aires: Wetlands International.
- Miller, M. R., Sharp, D. E., Gilmer, D. S. e Mulvaney, W. E. 1989. Rice available to waterfowl in harvested fields in the Sacramento Valley, California. *California Fish and Game*, 75:113–123.
- Mitsch, W. J. e Gosselink, J. G. 2000. *Wetlands*. New York: John Wiley and Sons. 920p.
- Nachuha, S. 2009. Is waterbird distribution within rice paddies of eastern Uganda affected by the different stages of rice growing. *Proceedings of the 12th Pan-African Ornithological Congress*, 44–49.
- Naranjo, L. G. 1995. An evaluation of the first inventory of South American wetlands. *Vegetatio*, 118: 125–129.
- Neiff, J. J. 2001. Diversity in some tropical wetland systems of South America, pp. 157-186. Em: Gopal B, W. J. Junk, J. A. Davis (eds.). Biodiversity in Wetlands: Assessment, Function and Conservation. Leiden: Backhuys Publishers.
- Noldin, J. A., Eberhardt, D. S. 2005. A realidade ambiental e a lavoura orizícola brasileira, pp. 612-621. Em: 4º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado e 26ª Reunião da Cultura do Arroz Irrigado (eds.). Anais do 4º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Santa Maria: Editora Orium.
- O'Connor R. J. e Shrubbs M. 1986. *Farming and Birds*. Cambridge University Press, Cambridge. 304p.
- Parsons, K. C., Mineau, P. e Renfrew, R. B. 2010. Effects of pesticide use in rice fields on birds. *Waterbirds* 33(1): 193-218.
- Prochnow, R. 2002. Alternativas tecnológicas para produção integrada de arroz orgânico. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 193p.
- Rave, D. P. e Cordes, C. L. 1993. Time activity budget of Northern Pintails using non hunted rice fields in southwest Louisiana. *Journal of Field Ornithology*, 64: 211-218.

- Setia, P., Childs, N. Wailes, E. e Livezey, J. 1994. The U.S. Rice Industry. Washington, DC: Commodity Economics Division, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. 169p.
- Silva, J. J. C. 1999. Study on the Blackbird (*Agelaius ruficapillus* Viellot, Emberizidae, Aves) in the rice production area of southern Rio Grande do Sul, Brazil: basis for a population control management program. Tese de Doutorado. Wageningen: Wageningen Universiteit. 116 p.
- Smith, R. J. Jr. e Sullivan, J. D. 1980. Reduction of red rice grain in rice fields by winter feeding of ducks. *Arkansas Farm Research*, 29: 1- 3.
- SOSBAI - Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. 2014. *Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. XXX Reunião técnica da cultura do arroz irrigado, 06 a 08 de agosto de 2014, Bento Gonçalves, RS, Brasil*. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Arroz Irrigado. 192 p.
- Subramanya, S. e Veeresh, G. K. 1998. Avifaunal patterns in rice fields of Bangalore, pp. 30-53. Em: Dhindsa, M. S., P. S. Rao e B. M. Parasharya (eds.). *Birds in Agricultural Ecosystem* Society for Applied Ornithology (India) and Indian Council of Agricultural Research. Hyderabad: Andhra Pradesh.
- Urban, F. e Vollrath, T. 1984. *Patterns and Trends in World Agricultural Land Use*. Washington, D. C: International Economics Division, Economic Research Service, U. S. Department of Agriculture. 42p.

## CAPÍTULO 1

Formato da revista Iheringia, Série Zoológica

### **Diversidade e abundância da avifauna em plantações de arroz irrigado na planície costeira de Santa Catarina, Brasil.**

Daniela de Carvalho Melo<sup>1\*</sup>, Alvino Pedrosa Ferreira<sup>1</sup>, Joaquim Olinto Branco<sup>12</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos. CP 676, 13565-905, São Carlos, São Paulo. E-mails: danycmpf@gmail.com

alvinopf@yahoo.com.br, branco@univali.br.

<sup>2</sup> Centro de Ensino em Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade Vale do Itajaí. CP 360, 88301-970, Itajaí, Santa Catarina. E-mail: branco@univali.br.

\* Correspondência: danycmpf@gmail.com

#### **ABSTRACT**

#### **Avifauna diversity and abundance in irrigated rice plantations on the coastal plain of Santa Catarina, Brazil.**

The Southern Brazil presents more than 90% of its wetlands turned into rice plantations. This crop is developed in regions of fertile and flooded lands and acts as a natural area substitute for various groups of birds. Due to the lack of information about its relation with the avifauna in the country, this study analyzed bird communities that use rice plantations in Santa Catarina, Brazil. Birds were recorded monthly in linear transects in each locality. The average abundance, relative frequency of occurrence, similarity, diversity and equitability were estimated. Comparative analyzes were carried out between the localities using the ANOVA and Kruskal-Wallis. We registered 107 species, with the highest abundance and frequency of Charadriiformes, Pelecaniformes and Passeriformes. The avifauna found was consistent with

other studies on rice plantations in South America. Most of the species were resident and occasional, with three vulnerable and five migratory taxa from the Northern Hemisphere. Five species represented new records for the State and one had its first record in rice fields in Brazil. The three locations exhibited 60% of similarity in their specific composition. There were no significant differences in the abundance between the areas due to the common presence of a few dominant taxa. However, crops in Araranguá presented the lowest richness and diversity, possibly because of its shorter rice cycle than the other locations, offering different niches for shorter periods of time. We conclude that the State's rice fields offer different resources throughout the year, sheltering different groups of birds, including migratory taxa, and are therefore important for the conservation of the species associated to the plantations.

**KEYWORDS.** aquatic birds, terrestrial birds, wetlands, rice culture, agriculture.

## **RESUMO**

A região Sul do Brasil apresenta mais de 90% de suas áreas úmidas alteradas em plantações de arroz. Esse cultivo é desenvolvido em regiões de terras férteis e alagadas, atuando como substituto de áreas naturais para diversos grupos de aves. Diante da carência de informações sobre sua relação com a avifauna no país, este trabalho analisou comunidades de aves que se utilizam da orizicultura em Santa Catarina, Brasil. As aves foram registradas mensalmente em transectos lineares em cada localidade. Foram estimadas a abundância média, frequência de ocorrência relativa, similaridade, diversidade e equitabilidade. Análises comparativas entre as localidades utilizaram ANOVA e Kruskal-Wallis. Foram registradas 107 espécies, com maior abundância e frequência das ordens Charadriiformes, Pelecaniformes e Passeriformes. A avifauna encontrada foi condizente com outros trabalhos em plantações de arroz da América do Sul. A maioria das espécies foi residente e ocasional, tendo sido encontrados três táxons vulneráveis e cinco migratórios do Hemisfério Norte. Cinco espécies representaram novos

registros para o estado e uma delas como primeiro registro em arrozais no Brasil. As três localidades exibiram 60% de similaridade em sua composição específica. Não ocorreram diferenças significativas nas abundâncias das áreas devido à presença em comum de poucos táxons dominantes. No entanto, as lavouras de Araranguá apresentaram a menor riqueza e diversidade, possivelmente devido ao ciclo do arroz ser mais curto que nas outras localidades, ofertando nichos por um período de tempo menor. Conclui-se que os arrozais do estado ofertam recursos variados ao longo do ano, abrigando grupos de aves distintos, incluindo táxons migratórios, sendo, portanto, importantes na conservação das espécies associadas aos cultivos.

**PALAVRAS-CHAVE.** aves aquáticas, aves terrestres, áreas úmidas, arrozais, agricultura.

### Introdução

Áreas úmidas são ecossistemas de reconhecida importância biológica, apresentando elevada biodiversidade e produtividade (BARBIER *ET AL.*, 1997; MITSCH & GOSSELINK, 2000), além de fornecerem habitats únicos para uma extensa variedade de fauna e flora (BAMBARADENIYA *ET AL.*, 1998; GETZNER, 2002). Segundo a convenção Ramsar, essas áreas podem ter origem natural ou artificial, podendo se apresentar de forma permanente ou serem temporárias (IUCN, 1971).

Cerca de 38% da superfície terrestre emersa é utilizada pela agricultura (FAOSTAT, 2014). No Brasil, a região Sul apresenta mais de 90% de suas áreas úmidas alteradas (MALTCHIK, 2003) e fragmentadas por lavouras de arroz irrigado (GOMES & MAGALHÃES, 2004). O país ocupa a sétima posição no ranking mundial de produção do cereal (FAOSTAT, 2015), onde 78,8% é concentrado na região Sul, destacando-se Santa Catarina como a 2ª de maior participação (8,9%) (IBGE, 2015).

As lavouras orizícolas são cultivadas em regiões de terras férteis com grande disponibilidade de água, estando alagadas durante parte do ano, oferecendo condições para atuar em parte como substitutas de áreas úmidas naturais (CHANG & LUH, 1991; HUNER *ET AL.*, 2002). Dessa forma, o cultivo do arroz irrigado ocorre em áreas úmidas temporárias com estrutura e funcionamento previsível ao longo de um ano (ELPHICK, 2000; LAWLER, 2001), propiciando elevada diversidade de invertebrados, anfíbios, peixes e aves.

As aves compõem um grupo amplamente registrado em arrozais ao redor do mundo, utilizando-os como locais de forrageio, descanso e reprodução (FASOLA & RUIZ, 1996; CZECH & PARSONS, 2002), em decorrência da perda de áreas úmidas naturais (BLANCO *ET AL.*, 2006) e sua modificação em áreas antropizadas. Acredita-se que as plantações de arroz possuem papel fundamental na conservação de aves aquáticas (ELPHICK & ORING, 1998; LANE & FUJIOKA, 1998). De acordo com O'CONNOR & SHRUBB (1986) a orizicultura oferece grande concentração de recursos alimentares previsíveis, favorecendo o forrageio de muitas espécies, inclusive de táxons migratórios e ameaçados.

Ainda são escassas as pesquisas no Brasil que analisam a relação entre a avifauna e o cultivo de arroz irrigado, concentradas nos estados de São Paulo (CROZARIOL, 2008), Santa Catarina (BRANCO *ET AL.*, 2016) e Rio Grande do Sul (DIAS & BURGER, 2005; MENEGETHI & DOTTO, 2008; GUADAGNIN *ET AL.*, 2012) e, neste último, alguns estudos avaliaram apenas espécies consideradas pragas (FALLAVENA, 1988; LINK, 1995). Diante do atual contexto, este trabalho buscou responder se existem diferenças nas comunidades de aves encontradas entre as três áreas, se o gradiente latitudinal entre elas está influenciando na composição, assim como investigar a presença de espécies mais sensíveis, com status de conservação alterado e migratórias. Portanto, o objetivo foi analisar a avifauna que se utiliza do cultivo de arroz irrigado em três regiões tradicionais do cultivo de arroz irrigado da planície costeira de Santa

Catarina, caracterizando sua riqueza, composição específica, abundância, frequência de ocorrência, similaridade, diversidade e equitabilidade.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

A maioria das lavouras de arroz em Santa Catarina empregam o sistema irrigado utilizando-se do grão pré-germinado da espécie *Oryza sativa* L., onde a plantação é feita próxima de mananciais e são aplicados insumos como herbicidas, inseticidas e fungicidas (EPAGRI, 1998; NOLDIN & EBERHARDT, 2005). A área cultivada abrange 85 municípios e atinge 149.869 ha (IBGE, 2014), distribuídos entre a planície costeira (Norte, Centro e Sul) e Alto Vale do Itajaí (SOSBAI, 2014).

Este estudo foi desenvolvido em três localidades tradicionais de cultivo do arroz irrigado (*Oryza sativa*), na planície costeira do estado: municípios de Garuva (região norte - 26°4'31.37"S, 48°50'48.53"W, Fig. 1), Itajaí (região central - 26°57'11.51"S, 48°46'55.69" W, Fig.1) e Araranguá (região sul - 28°55'40.16"S, 49°29'29.08" W, Fig. 1). O clima predominante nas três localidades, segundo Köppen, é o subtropical úmido, sem estação seca. As regiões norte e central apresentam temperaturas médias anuais variando entre 19 e 26°C e a sul com temperaturas médias anuais entre 14 e 24°C (EMBRAPA, 2012). As lavouras orizícolas, localizadas nas zonas rurais desses municípios, são compostas por vários quadros, de diferentes produtores, que utilizam rotineiramente insumos agrícolas e captam água de rios e córregos próximos para irrigação (SOSBAI, 2014). A área de Garuva fica a 95 km de distância de Itajaí e 315 km de Araranguá.

A plantação do arroz é realizada através de um conjunto de processos que consistem no preparo do solo e semeadura do grão e a planta do arroz se desenvolve ao longo de três fases distintas (Tab. I). As localidades possuem dinâmicas distintas ao longo de um ciclo anual de

suas plantações. Duas safras são produzidas por ano em Itajaí, mas devido a uma elevada precipitação que ocorreu em outubro de 2015 (RICCE ET AL., 2016) apenas uma safra foi desenvolvida no período de agosto/2015 a maio/2016. Já em Garuva o plantio foi iniciado em setembro/2015, com a safra colhida em junho/2016. Enquanto que, em Araranguá a produção estendeu-se de outubro/2015 a junho/2016.

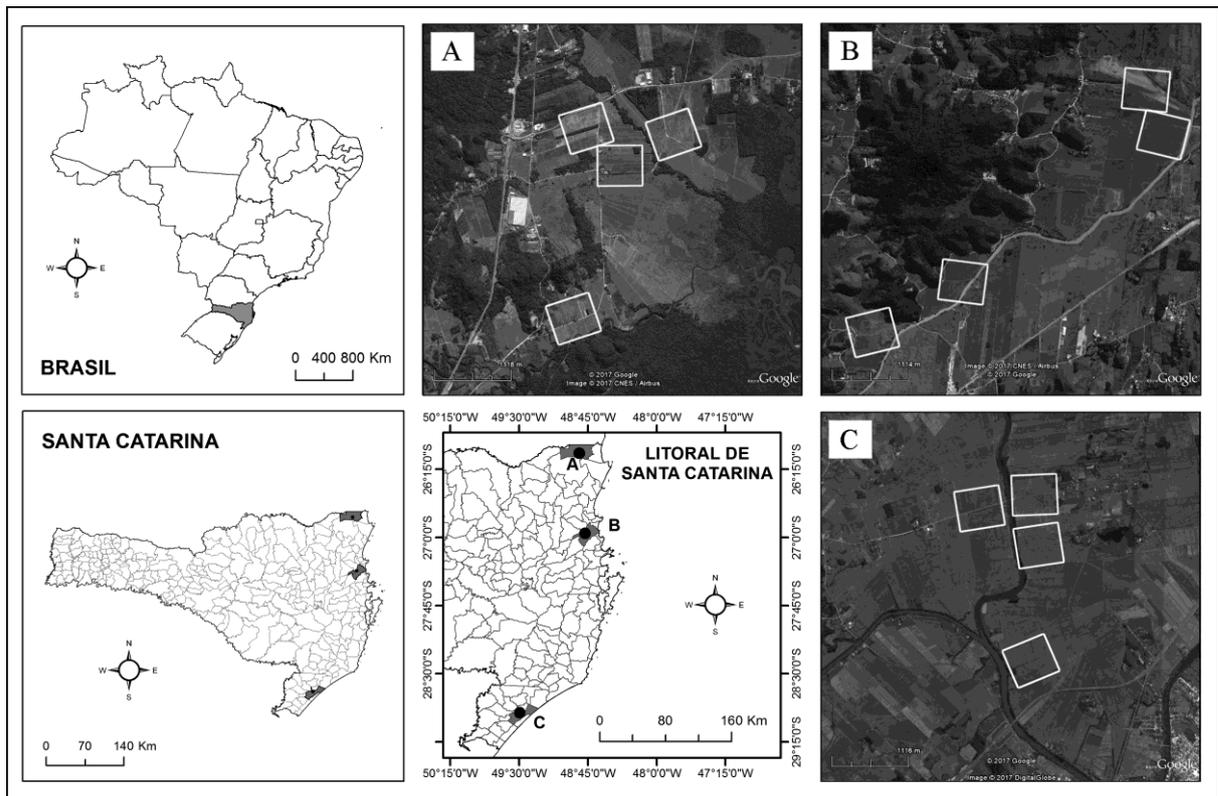


Fig. 1. Áreas de plantação de arroz irrigado estudadas no estado de Santa Catarina, Brasil, no período de julho de 2015 a junho de 2016. A: Quadros de arroz em Garuva, B: Itajaí e C: Araranguá. Fonte: Google Earth 2017.

Tabela I. Meses, processos e fases do ciclo anual de arroz irrigado nas plantações da planície costeira de Santa Catarina, Brasil, de acordo com SOSBAI (2016). Período estudado de julho de 2015 a junho de 2016.

Meses	Processos	Fases	Descrição
Jul/15	Preparação do solo	-	Resteva, planagem e alagamento do solo
Ago	Semeadura	-	Inserção de grãos pré-germinados de <i>Orizya sativa</i>
Set	-	Fase Vegetativa	Desenvolvimento da semente e emergência da radícula (30 dias)
Out	-	Fase Reprodutiva	Desenvolvimento completo da plântula e auto-fecundação (90 dias)
Nov	-	Fase Maturação	Desenvolvimento do grão e formação da panícula (100 dias)
Dez	-	Fase Maturação	(110 dias)
Jan/16	1ª Colheita	-	1ª safra grãos maduros, arroz cortado em torno de 50 cm (120 dias)
Fev	-	Fase Reprodutiva	(30 dias)
Mar	-	Fase Reprodutiva	(50 dias)
Abr	-	Fase Maturação	(80 dias)
Mai	2ª Colheita	-	2ª safra, corte total da planta e resteva incorporada ao solo (90 dias)

## Metodologia

O trabalho foi realizado entre julho/2015 e junho/2016 abrangendo um ciclo anual das plantações de arroz dos três municípios. As amostragens foram mensais, em dias distintos, ocorrendo das 07 h até 12 h, com contagens padronizadas em quatro transectos lineares por localidade (BIBBY *ET AL.*, 1992) buscando abranger heterogeneidade. Cada transecto ocupou uma área de 500 m<sup>2</sup>, com visibilidade de 250 m para os lados, totalizando um percurso de 100 ha em cada amostragem por município e 144 h de esforço amostral.

Aves foram registradas com auxílio de binóculo 10 x 50 e identificação de vocalizações. Foram contabilizados os indivíduos avistados nos quadros de arroz, assim como aqueles que sobrevoaram as plantações e pousaram em árvores do entorno. O entorno das plantações variava entre um rio, pastagens ou pequenos fragmentos de floresta atlântica. As espécies foram identificadas através de guias de campo (ERIZE *ET AL.*, 2006, SIGRIST, 2007), com taxonomia, sistemática e status de ocorrência de acordo com o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (PIACENTINI *ET AL.*, 2015). O status de conservação segue a lista de espécies ameaçadas do Brasil (MMA, 2104) e de Santa Catarina (FATMA, 2010) e a sensibilidade a distúrbios ambientais de acordo com informações de PARKER-III *ET AL.* (1996).

## Análise de dados

O número médio de registros de cada espécie foi considerado como medida padrão de abundância quando os dados foram apresentados anualmente, sem discriminação mensal. A frequência de ocorrência relativa (%) foi calculada pela fórmula:  $FO = N_{di} * 100 / N_{td}$ , em que FO = frequência de ocorrência relativa (%),  $N_{di}$  = número de amostras em que a espécie “i” foi observada e  $N_{td}$  = número total de amostras (12 meses). A partir da frequência de ocorrência relativa, as espécies foram separadas nas categorias: ocasional (1 a 4 meses - abaixo de 40% das amostragens), sazonal (5 a 9 meses – entre 40% e 74%), regular (9 a 12 meses – entre 75% a 100%) (BRANCO *ET AL.*, 2016).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade das variâncias de Bartlett para a comparação entre as três localidades. O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi empregado para comparar os dados de abundância e a análise de variância paramétrica ANOVA contrastou as médias de riqueza, complementada pelo teste de Tukey-Kramer (ZAR, 1999). O índice de Jaccard foi utilizado para avaliar a similaridade entre a composição específica das localidades. O índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e a equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) foram utilizados no cálculo da diversidade de cada local através dos valores de abundância de cada um tendo suas médias, posteriormente comparadas com ANOVA, complementada por Tukey-Kramer. As análises seguiram o nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ).

## **RESULTADOS**

### **Avifauna da planície costeira**

Nas plantações de arroz amostradas nas localidades de Garuva, Itajaí e Araranguá foram registradas, em conjunto, a ocorrência de 107 espécies de aves, distribuídas em 38 famílias e 16 ordens, observadas através de 24.448 encontros, com média de 2037 encontros mensais (Fig.

2). Dentre as espécies observadas, 34 foram aquáticas pertencentes a cinco ordens e 11 famílias e 73 terrestres de 11 ordens e 27 famílias.

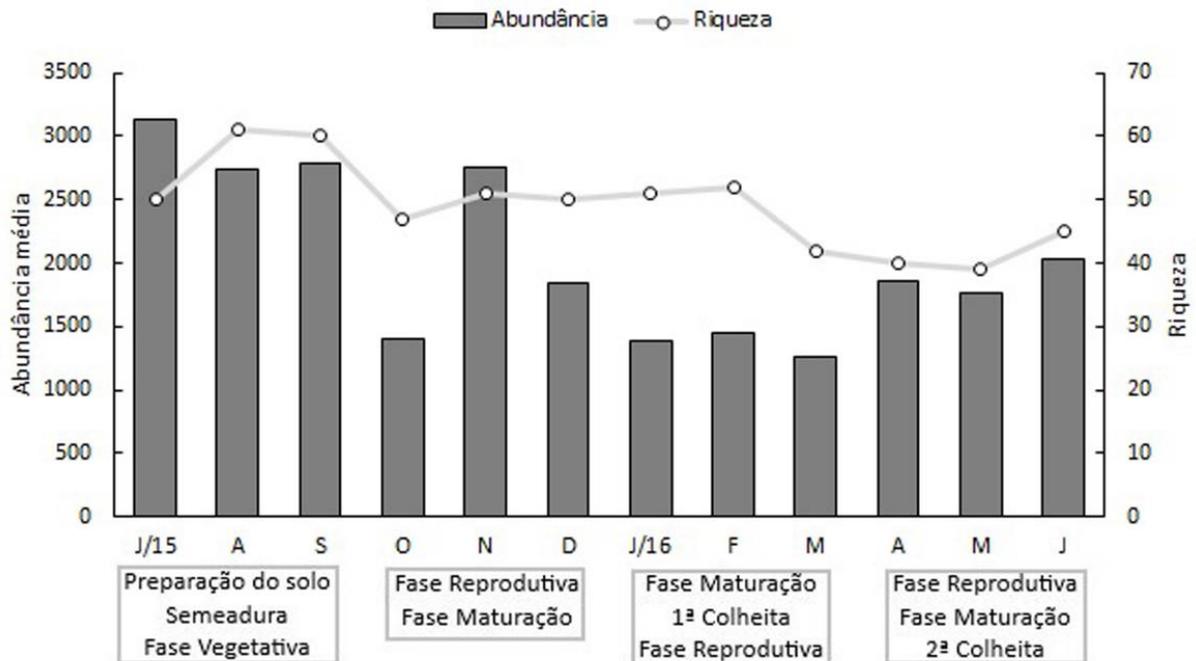


Fig. 2: Flutuação mensal da abundância e riqueza de aves nas plantações de arroz (localidades agrupadas) na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, no período de junho de 2015 a julho de 2016.

Em geral, as ordens Passeriformes, Charadriiformes e Pelecaniformes foram as que apresentaram os maiores valores médios de abundância e número de espécies, enquanto que as famílias Charadriidae (abundância média de 536 indivíduos e 2 espécies), Threskiornithidae (368 e 4sp), Icteridae (321 e 4sp) e Thraupidae (168 e 11sp) dominaram em abundância (Fig. 3). As aves aquáticas mais representativas foram integrantes das ordens Charadriiformes (650 e 7sp), Pelecaniformes (427 e 15sp) e Anseriformes (64 e 6sp) (Fig. 3), e os táxons pertencentes aos Passeriformes (736 e 46sp), Falconiformes (10 e 6 sp) e Accipitriformes (9 e 4 sp), nas aves terrestres (Figura 3).

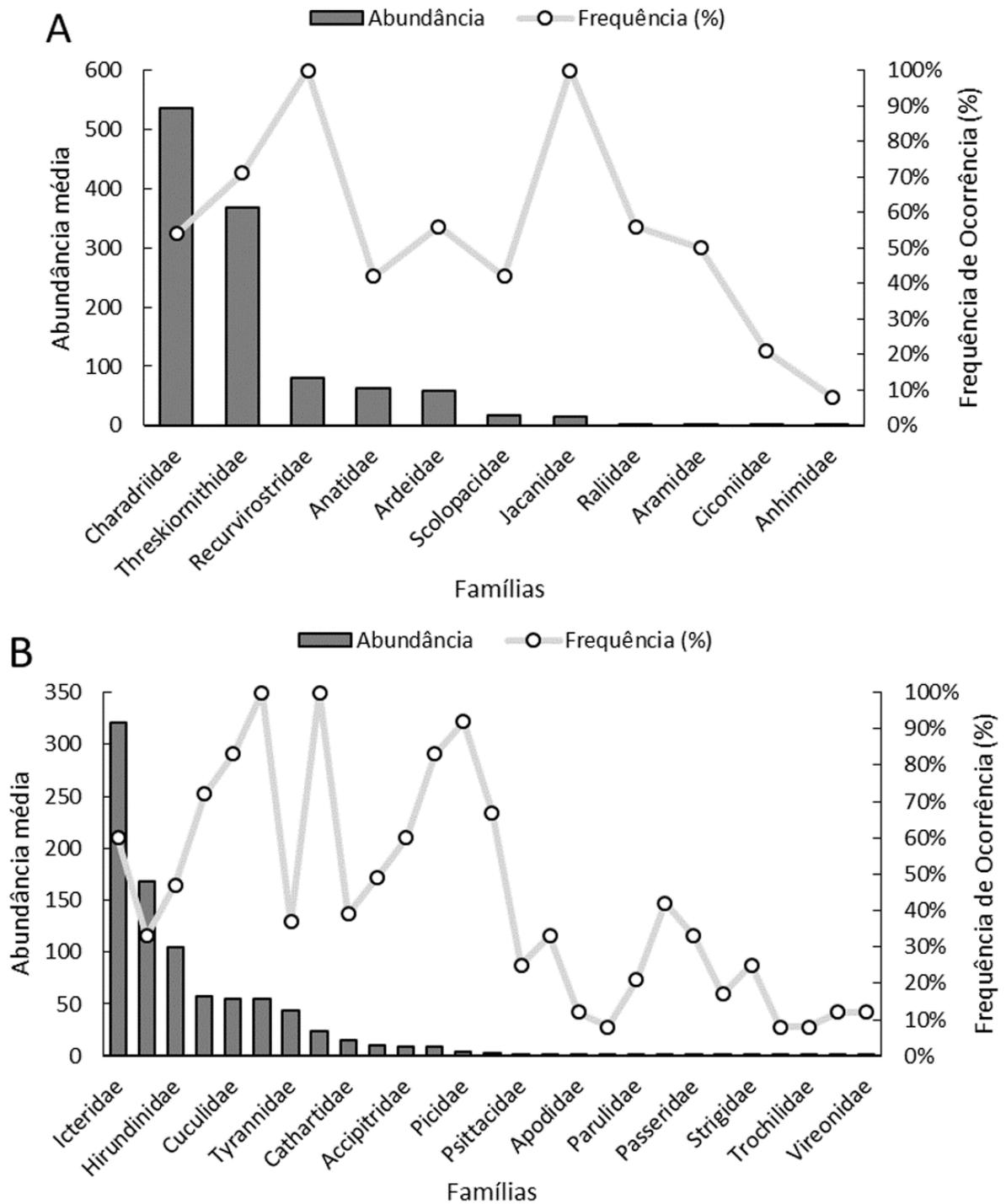


Fig. 3: Variações dos valores médios de abundância e frequência de ocorrência relativa (%) das famílias de aves (localidades agrupadas) nos arrozais da planície costeira de Santa Catarina, Brasil, no período de julho de 2015 a junho de 2016. Onde: (A) – aves aquáticas e (B) – aves terrestres.

As espécies que apresentaram as maiores abundâncias médias nas amostras em conjunto foram *Vanellus chilensis* (Molina, 1782) (535), *Plegadis chihi* (Vieillot, 1817) (269), *Sturnella supersiliaris* (Bonaparte, 1850) (166) e *Sicalis flaveola* (Linnaeus, 1766) (153), totalizando juntas 55% dos indivíduos.

A maioria das espécies são residentes (95%) e 5% delas migrantes do Hemisfério Norte: *Charadrius semipalmatus* (Bonaparte, 1825) (registrado apenas em novembro), *Hirundo rustica* Linnaeus, 1758 (fevereiro e março), *Tringa flavipes* (Gmelin, 1789) (janeiro), *Tringa melanoleuca* (Gmelin, 1789) (setembro a fevereiro) e *Vireo olivaceus* Swainson, 1837 (setembro a janeiro) (Tab. II).

Tabela II: Ordens, famílias e espécies das comunidades de aves por abundância média ( $\bar{X}$ ), número agrupado de registros (Ntot), frequência de ocorrência relativa (Ocor), status de ocorrência (Stat) e sensibilidade (Sens) em arrozais de Itajaí, Garuva e Araranguá, planície costeira de Santa Catarina, Brasil. Índices anuais de diversidade (H'), equitabilidade (J') e Similaridade entre Itajaí e Garuva (IG), Itajaí e Araranguá (A) e Garuva e Araranguá (GA). Ocor: OC (ocasional), SA (sazonal), RE (regular), Stat: R (residente), VN (migrante do Hemisfério Norte), Sens: B (baixa), M (média), A (alta).

Ordens/Famílias/Espécies	Itajaí	Garuva	Araranguá	Ntot	Ocor	Stat	Sens
	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$				
Anseriformes							
Anatidae							
<i>Amazonetta brasiliensis</i> (Gmelin 1789)	13,33	9,17	8,67	530	RE	R	B
<i>Callonetta leucophrys</i> (Vieillot, 1816)	0,50	-	-	6	OC	R	M
<i>Dendrocygna bicolor</i> (Vieillot, 1816)	1,00	1,33	1,92	57	OC	R	B
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	2,25	16,33	8,92	1039	RE	R	B
<i>Sarkidiornis sylvicola</i> Ihering & Ihering, 1907	0,08	-	-	1	OC	R	M
Anhimidae							
<i>Chauna torquata</i> (Oken, 1816)	-	-	0,08	1	OC	R	B
Ciconiiformes							
Ciconiidae							
<i>Ciconia maguari</i> (Gmelin, 1789)	0,08	-	0,75	11	SA	R	B
<i>Mycteria americana</i> Linnaeus, 1758	-	-	0,33	4	OC	R	B
Suliformes							
Phalacrocoracidae							
<i>Nannopterum brasilianus</i> (Gmelin, 1789)	-	1,25	-	15	OC	R	B
Pelecaniformes							
Ardeidae							

Ordens/Famílias/Espécies	Itajaí	Garuva	Araranguá	Ntot	Ocor	Stat	Sens
	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$				
<i>Ardea alba</i> (Linnaeus, 1758)	2,25	3,83	3,50	128	RE	R	B
<i>Ardea cocoi</i> (Linnaeus, 1766)	0,17	0,25	-	6	SA	R	B
<i>Botaurus pinnatus</i> (Wagler, 1829)	-	0,08	0,08	2	OC	R	M
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	2,33	0,83	7,58	135	RE	R	B
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758)	1,42	1,08	0,75	41	SA	R	B
<i>Egretta caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	-	0,33	-	4	OC	R	M
<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	6,25	8,42	9,58	321	RE	R	B
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	0,33	0,17	0,50	13	SA	R	B
<i>Syrigma sibilatrix</i> (Timmink, 1824)	2,00	4,17	1,92	105	RE	R	M
<i>Tigrisoma lineatum</i> (Boddaert, 1783)	0,08	-	-	1	OC	R	M
Threskiornithidae							
<i>Phimosus infuscatus</i> (Lichtenstein, 1823)	35,92	24,58	35,33	1286	RE	R	M
<i>Platalea ajaja</i> (Linnaeus, 1758)	0,25	-	0,08	16	OC	R	M
<i>Plegadis chihi</i> (Vieillot, 1817)	138,92	55,33	75,00	3487	RE	R	B
<i>Theristicus caudatus</i> (Boddaert, 1783)	1,08	0,92	1,17	38	SA	R	B
Cathartiformes							
Cathartidae							
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	-	0,50	-	6	OC	R	B
<i>Cathartes burrovianus</i> Cassin, 1845	-	0,25	-	3	OC	R	M
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	9,17	5,33	0,25	180	RE	R	B
Accipitriformes							
Accipitridae							
<i>Circus buffoni</i> (Gmelin, 1788)	0,50	0,17	0,42	13	SA	R	M
<i>Elanoides forficatus</i> (Linnaeus, 1758)	-	0,25	-	3	OC	R	M
<i>Heterospizias meridionalis</i> (Latham, 1790)	0,42	0,50	0,42	16	RE	R	B
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	2,92	1,33	1,75	79	RE	R	B
Gruiformes							
Aramidae							
<i>Aramus guarauna</i> (Linnaeus, 1766)	0,25	0,08	0,25	7	SA	R	M
Raliidae							
<i>Aramides cajaneus</i> (Statius Muller, 1776)	0,58	0,25	0,17	14	SA	R	A
<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstein, 1818)	0,08	1,17	0,17	300	RE	R	B
<i>Porphyrio martinicus</i> (Linnaeus, 1766)	0,08	-	-	1	OC	R	B
Charadriiformes							
Charadriidae							
<i>Charadrius semipalmatus</i> (Bonaparte, 1825)	-	-	1,00	26	OC	VN	B
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	199,00	135,42	200,92	6790	RE	R	B
Recurvirostridae							
<i>Himantopus melanurus</i> Vieillot, 1817	24,08	32,58	24,67	1283	RE	R	B
Scolopacidae							
<i>Gallinago paraguayae</i> (Vieillot, 1816)	0,33	0,75	1,00	25	RE	R	B
<i>Tringa flavipes</i> (Gmelin, 1789)	1,50	-	-	38	OC	VN	B
<i>Tringa melanoleuca</i> (Gmelin, 1789)	4,00	2,67	7,33	415	OC	VN	B
Jacanidae							
<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766)	4,08	10,08	0,67	497	RE	R	B
Columbiformes							
Columbidae							
<i>Columbina picui</i> (Temminck, 1813)	-	-	0,17	2	OC	R	B
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1811)	11,83	6,50	3,83	268	RE	R	B
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	15,92	16,75	1,92	479	RE	R	M
Cuculiformes							
Cuculidae							
<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus, 1752)	6,67	1,33	6,50	178	RE	R	B
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	20,17	4,25	15,33	500	RE	R	B
<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus, 1766)	0,17	0,17	0,25	7	SA	R	B
Strigiformes							
Strigidae							
<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	0,42	-	-	5	OC	R	M
Apodiformes							
Apodidae							
<i>Chaetura meridionalis</i> Hellmayr, 1907	-	-	0,42	5	OC	R	B
<i>Streptoprocne zonaris</i> (Shaw, 1796)	-	0,50	0,58	13	OC	R	B
Trochilidae							

Ordens/Famílias/Espécies	Itajaí	Garuva	Araranguá	Ntot	Ocor	Stat	Sens
	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$				
<i>Amazilia versicolor</i> (Vieillot, 1818)	0,08	-	-	1	OC	R	B
Coraciiformes							
Alcedinidae							
<i>Chloroceryle amazona</i> (Latham, 1790)	-	0,17	-	2	OC	R	B
<i>Megaceryle torquata</i> (Linnaeus, 1766)	0,17	0,50	0,08	9	SA	R	B
Piciformes							
Picidae							
<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot, 1818)	0,83	1,00	2,25	51	RE	R	B
Falconiformes							
Falconidae							
<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	2,08	1,58	1,08	58	RE	R	B
<i>Falco femoralis</i> Temminck, 1822	-	0,08	-	1	OC	R	B
<i>Falco sparverius</i> Linnaeus, 1758	0,25	0,17	0,25	8	OC	R	B
<i>Herpetotheres cachinnans</i> (Linnaeus, 1758)	0,33	-	-	4	OC	R	B
<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	0,58	2,00	0,67	45	RE	R	B
<i>Milvago chimango</i> (Vieillot, 1816)	0,67	0,17	0,50	16	SA	R	B
Psittaciformes							
Psittacidae							
<i>Diopsittaca nobilis</i> (Linnaeus, 1758)	-	2,25	-	27	OC	R	M
Passeriformes							
Thamnophilidae							
<i>Thamnophilus ruficapillus</i> (Vieillot, 1816)	0,08	-	-	1	OC	R	B
Furnariidae							
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i> (Gmelin, 1788)	0,67	0,83	0,75	47	SA	R	M
<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	2,75	1,67	2,42	95	RE	R	B
Rhynchocyclidae							
<i>Todirostrum cinereum</i> (Linnaeus, 1766)	0,92	-	-	11	OC	R	B
Tyrannidae							
<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	0,17	-	-	2	OC	R	B
<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	1,58	0,50	0,08	26	SA	R	B
<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot, 1818)	0,08	-	-	1	OC	R	B
<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot, 1819)	0,08	0,08	-	2	OC	R	B
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	-	-	0,08	3	OC	R	B
<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	0,08	0,08	-	2	OC	R	B
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	9,58	11,83	13,75	588	RE	R	B
<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)	1,08	1,67	-	36	RE	R	B
<i>Tyrannus savana</i> (Vieillot, 1808)	0,83	1,17	1,00	40	SA	R	B
<i>Xolmis irupero</i> (Vieillot, 1823)	-	-	0,58	7	SA	R	B
Vireonidae							
<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	0,17	-	-	2	OC	R	B
<i>Vireo olivaceus</i> Swainson, 1837	0,33	0,75	-	13	SA	VN	B
Corvidae							
<i>Cyanocorax caeruleus</i> (Vieillot, 1818)	-	0,50	-	6	OC	R	M
Hirundinidae							
<i>Hirundo rustica</i> Linnaeus, 1758	-	1,33	-	16	OC	VN	B
<i>Progne tapera</i> (Vieillot, 1817)	3,92	13,00	6,25	332	RE	R	B
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817)	23,58	34,50	18,83	1107	RE	R	B
<i>Tachycineta albiventer</i> (Boddaert, 1783)	-	0,33	-	4	OC	R	B
<i>Tachycineta leucorrhoa</i> (Vieillot, 1817)	1,17	1,00	1,17	40	OC	R	B
Troglodytidae							
<i>Troglodytes musculus</i> (Naumann, 1823)	1,42	0,67	0,75	35	SA	R	B
Turdidae							
<i>Turdus amaurochalinus</i> (Cabanis, 1850)	0,08	-	-	1	OC	R	B
<i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818)	-	0,17	-	2	OC	R	B
Motaciliidae							
<i>Anthus lutescens</i> (Pucheran, 1855)	3,50	8,00	12,33	310	RE	R	B
Passerillidae							
<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller, 1829)	0,75	0,58	-	16	SA	R	B
Parulidae							
<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe, 1830)	0,17	-	-	2	OC	R	M
<i>Geothlypis aequinoctialis</i> (Gmelin, 1789)	0,50	0,33	-	10	OC	R	B
Icteridae							
<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	1,50	-	23,25	1262	OC	R	B

Ordens/Famílias/Espécies	Itajaí	Garuva	Araranguá	Ntot	Ocor	Stat	Sens
	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$				
<i>Gnorimopsar chopi</i> (Vieillot, 1819)	-	1,83	-	22	OC	R	B
<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	18,58	98,42	11,33	3438	RE	R	B
<i>Sturnella superciliaris</i> (Bonaparte, 1850)	81,25	59,58	25,33	2065	RE	R	B
Thraupidae							
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	-	0,17	-	2	OC	R	B
<i>Dacnis nigripes</i> Pelzeln, 1856	0,17	-	-	2	OC	R	M
<i>Lanio cristatus</i> (Linnaeus, 1766)	0,08	-	-	1	OC	R	M
<i>Ramphocelus bresilius</i> (Linnaeus, 1766)	0,08	0,08	-	2	OC	R	B
<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	48,17	68,92	36,08	1904	RE	R	B
<i>Sicalis luteola</i> (Sparman, 1789)	0,08	2,17	-	27	OC	R	B
<i>Sporophila caerulea</i> (Vieillot, 1823)	0,25	0,08	-	4	OC	R	B
<i>Sporophila lineola</i> (Linnaeus, 1758)	-	0,17	-	2	OC	R	B
<i>Tangara cyanocephala</i> (Statius Muller, 1776)	0,08	-	-	1	OC	R	M
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	0,83	0,42	0,08	19	SA	R	B
<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	7,25	1,67	1,67	138	RE	R	B
Estrildidae							
<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758)	15,42	20,25	19,00	1122	RE	R	B
Passeridae							
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	0,42	0,75	0,17	16	OC	R	B
Riqueza	83	79	64				
Diversidade anual (H')	2,68	2,85	2,67				
Equitabilidade anual (J')	0,61	0,65	0,64				
Similaridade	(IG)	(GA)	(IA)				
	62%	60%	61%				

Apenas dois táxons são vulneráveis *Ramphocelus bresilius* (Linnaeus, 1766) e *Tangara cyanocephala* (Statius Muller, 1776). Aves de baixa sensibilidade a distúrbios ambientais predominaram nas amostras (79%), seguidas por aquelas de nível médio (20%) e apenas *Aramides cajaneus* (Statius Muller, 1776) é altamente sensível, tendo ocorrido em todas as áreas estudadas (Tab. II). Das 107 espécies registradas, *Callonetta leucophrys* (Vieillot, 1816), *Sarkidiornis sylvicola* Ihering & Ihering, 1907, *Diopsittaca nobilis* (Linnaeus, 1758), *Todirostrum cinereum* (Linnaeus, 1766) e *Sporophila lineola* (Linnaeus, 1758), são novos registros para avifauna de Santa Catarina (Tab. II).

Os maiores valores de abundância e riqueza para as amostras em conjunto ocorreram no início do ciclo, durante o período de preparo do solo, semeadura e fase vegetativa do arroz (2888 e 83sp) assim como no final, entre as fases reprodutiva e de maturação, na época da última colheita, quando a plantação é encerrada (1889 e 60sp). Em novembro ocorreu um pico atípico possivelmente devido à elevada precipitação ocasionada em Itajaí no final de outubro (400 a 500 mm) (Fig. 2). As comunidades monitoradas nas três localidades amostradas

apresentaram prevalência de táxons ocasionais (51%), seguidas por regulares (32%) e sazonais (17%) (Tab. II).

### **Comunidades de aves em cada localidade**

Nos arrozais de Itajaí foram registradas 83 espécies com abundância média de 743 indivíduos, sendo 17 exclusivas desse município. As espécies mais abundantes *Vanellus chilensis* (abundância média de 199 indivíduos e frequência de 27%), *Plegadis chihi* (139 e 19%), *Sturnella superciliaris* (81 e 11%) e *Sicalis flaveola* (48 e 6%) totalizaram 63% das aves amostradas. Dentre as espécies de ocorrência regular, oito estiveram presentes ao longo do ano. Do total de espécies registradas, três são migratórias [*Tringa flavipes* (exclusiva), *Tringa melanoleuca* e *Vireo olivaceus*], e duas vulneráveis [*Tangara cyanocephala* (exclusiva) e *Ramphocelus bresilius*]. Cerca de 63% dos táxons foram considerados ocasionais (52sp), 19% regulares (16sp) e 18% sazonais (15sp) (Fig. 4) (Tab. II). Em Itajaí ocorreu um evento atípico de replantação dos grãos no final de outubro como consequência dos danos nas plantações ocasionados pela precipitação elevada no mesmo mês. Sendo assim, a maior abundância foi observada em novembro de 2015 (1857) na fase vegetativa dos novos grãos. Os maiores valores da riqueza concentraram-se no início do ciclo, com pico em setembro de 2015 (39sp) durante a fase vegetativa dos grãos antigos (Fig. 5A).

Em Garuva observaram-se 79sp, com abundância média em torno de 609 indivíduos, onde 13 espécies foram exclusivas. *Vanellus chilensis* (135, 20%), *Molothrus bonariensis* (Gmelin, 1789) (98, 14%), *Sicalis flaveola* (69, 10%) e *Sturnella superciliaris* (60, 9%) contribuíram com 53% dos indivíduos. As espécies ocasionais representaram 54% das aves (43sp), seguidas das regulares (23%, 18sp), com cinco espécies presentes em todos meses e 23% sazonais (18sp) (Fig. 4) (Tab. II). Nessa localidade, três espécies são migratórias *H. Rustica* (exclusiva), *Tringa melanoleuca* e *Vireo olivaceus* e uma vulnerável (*Ramphocelus*

*bresilius*). Os valores mais elevados de abundância e riqueza foram registrados no início do ciclo, com picos em agosto logo após a semeadura (1264, 43sp) (Fig. 5B).

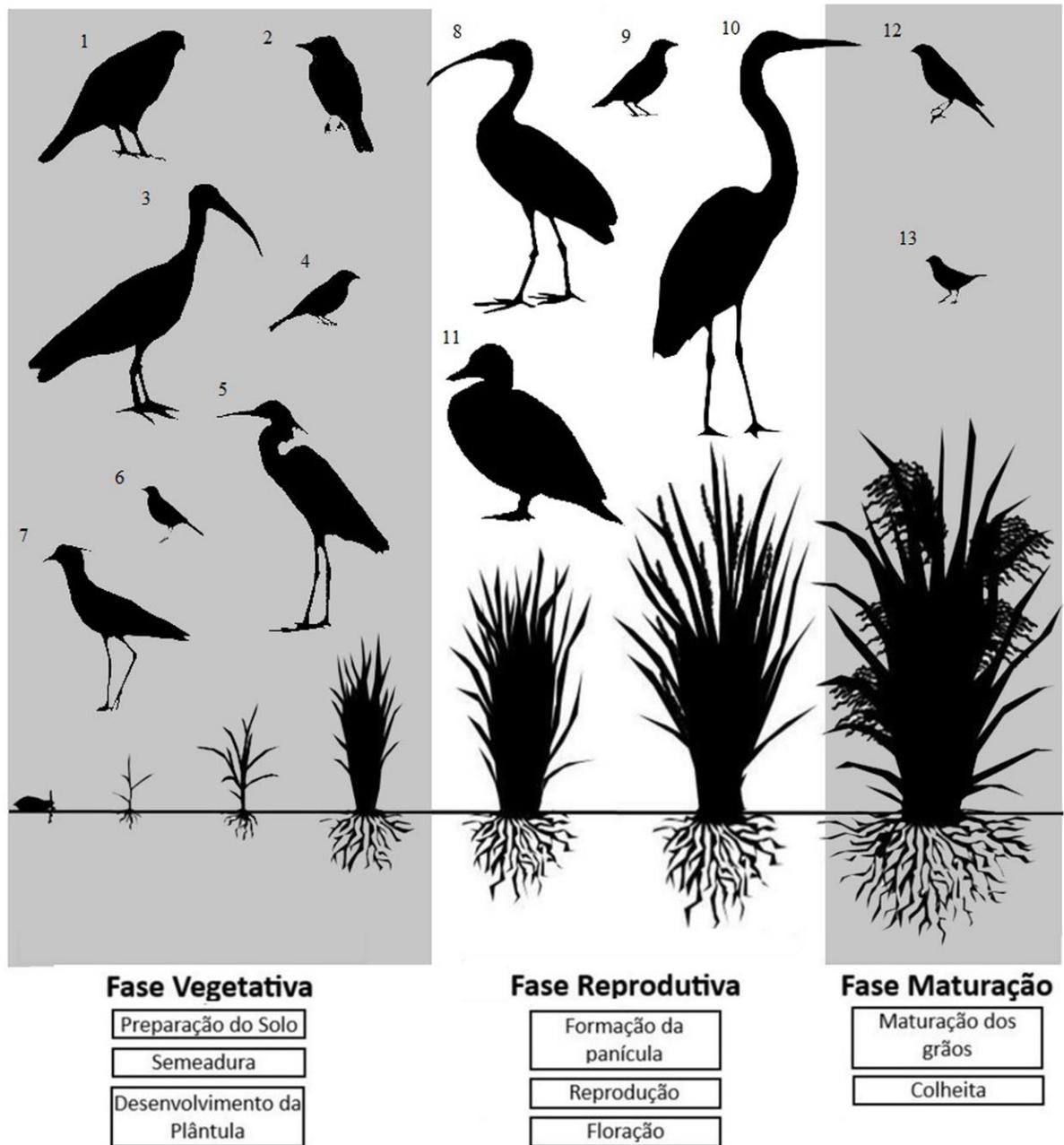


Fig. 4: Espécies de aves mais representativas em cada fase do ciclo de arroz irrigado (localidades agrupadas) nos arrozais da planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho de 2015 a junho de 2016. Onde: 1 – *Rupornis magnirostris* (Gmelin, 1788), 2

– *Pitangus sulphuratus* Vigors, 1825, 3 – *Phimosus infuscatus*, 4 – *Sicalis flaveola*, 5 – *Egretta thula* (Molina, 1782), 6 – *Anthus lutescens* Pucheran, 1855, 7 – *Vanellus chilensis*, 8 – *Plegadis chihi*, 9 – *Sturnella superciliaris*, 10 – *Ardea alba* Linnaeus, 1758, 11 – *Amazonetta brasiliensis* (Gmelin, 1789), 12 – *Molothrus bonariensis* e 13 – *Volatinia jacarina* (Linnaeus, 1766).

Araranguá contribuiu com 64sp e abundância média de 604 aves, sendo sete espécies exclusivas. *Vanellus chilensis* (201, 33%), *Plegadis chihi* (75, 12%), *Sicalis flaveola* (36, 6%) e *Phimosus infuscatus* (Lichtenstein, 1823) (35, 6%) representaram 57% das aves amostradas. Similar às outras localidades, 56% dos táxons foram ocasionais (36sp), 23% regulares (15sp), com quatro espécies ocorrendo em todas as amostragens e 20% sazonais (13sp) (Fig. 4) (Tab. II). Duas espécies são migratórias *Charadrius semipalmatus* (exclusivo) e *Tringa melanoleuca*. As maiores abundâncias e riquezas concentraram-se igualmente no início do ciclo, com pico da riqueza em agosto durante o preparo do solo (39sp) e abundância em setembro, na época da semeadura (1273) (Fig. 5C).

### **Comparações entre as localidades**

A riqueza de espécies foi considerada significativamente diferente entre as localidades ( $F_{2,33}=5,131$ ,  $p<0,05$ ), influenciadas pelas menores riquezas registradas nos arrozais de Araranguá. Enquanto que, a abundância de espécies não variou significativamente entre os sítios amostrados ( $KW(2) = 1,725$ ,  $p>0,05$ ). A similaridade entre as localidades foi baixa (60%) pelo índice de Jaccard. Embora com pequena diferença, Itajaí e Garuva apresentaram maior semelhança entre si (62%), do que com Araranguá (Itajaí e Araranguá 61%, Garuva e Araranguá 60%).

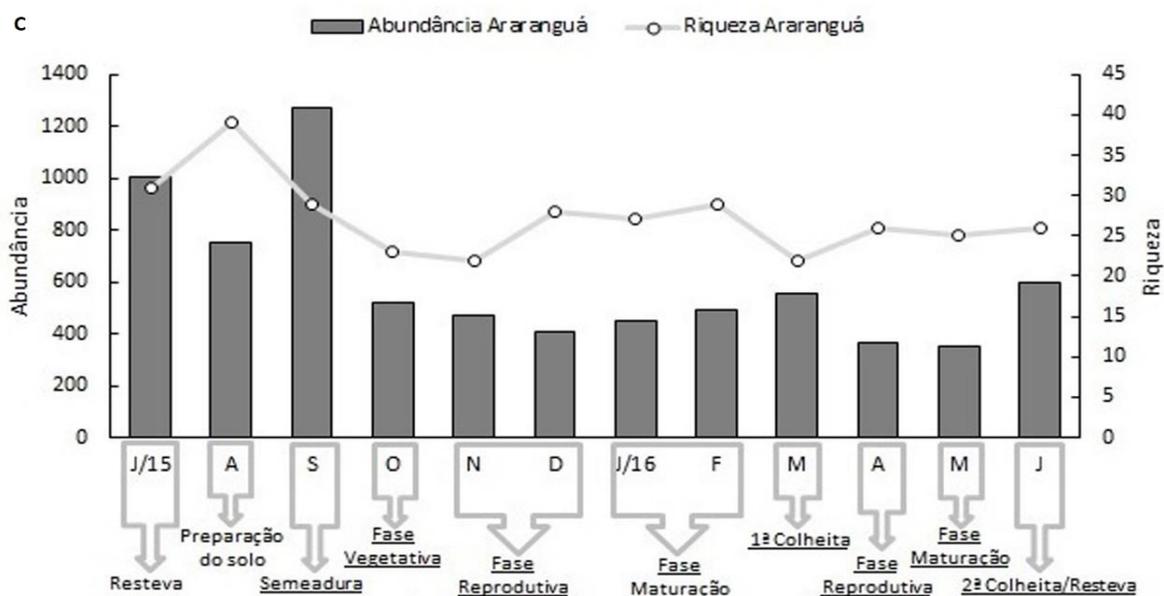
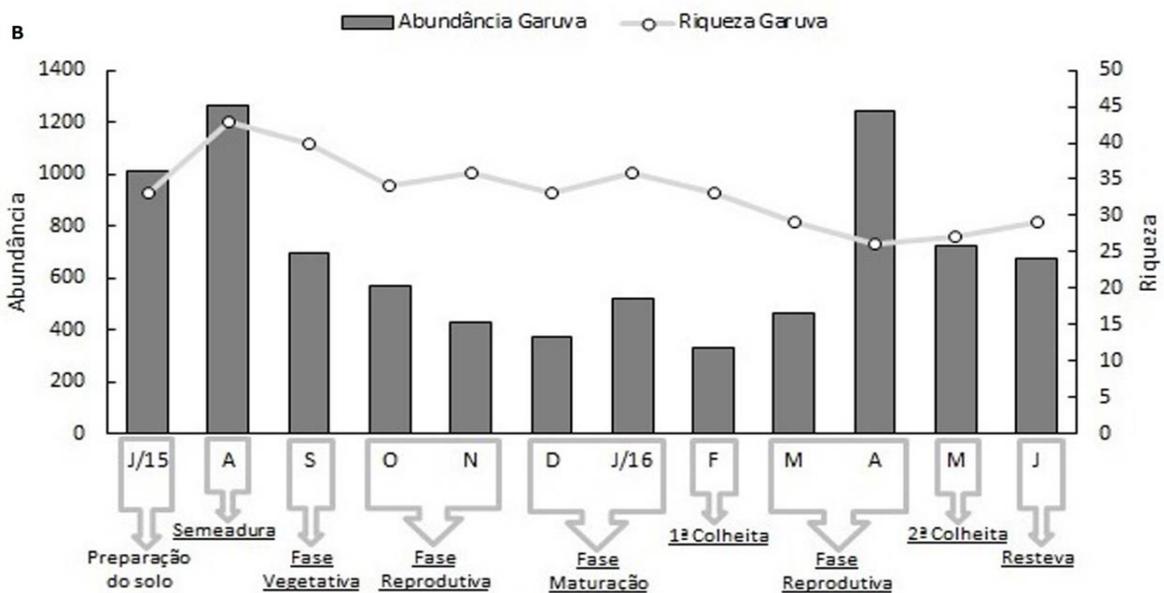
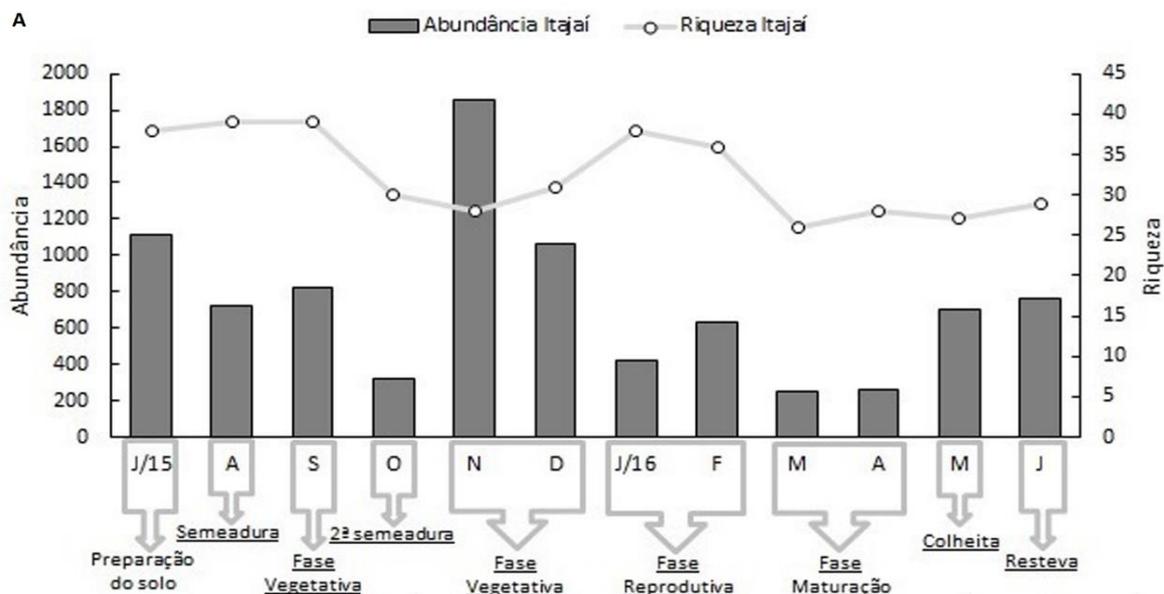


Fig. 5: Flutuação mensal da abundância e riqueza da avifauna registrada nos arrozais de Itajaí (A) Garuva (B) e Araranguá (C), na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, no período de julho de 2015 a junho de 2016.

A flutuação da diversidade e equitabilidade mensal em Itajaí apresentou picos no início do ciclo, durante a 2ª sementeira e no final do ciclo, em setembro, outubro e março ( $H' = 2,6$ ) para a diversidade e março ( $J' = 0,83$ ) para a equitabilidade, com os menores valores em dezembro (fase vegetativa nova, após a 2ª sementeira) para ambos os índices ( $H' = 1,2$ ,  $J = 0,39$ ) (Fig. 6). Os picos dos índices para Garuva e Araranguá ocorreram em dezembro entre a fase reprodutiva e de maturação ( $H' = 3,1$  e  $2,7$ ,  $J' = 0,88$  e  $0,79$ ) e fevereiro ( $H' = 2,6$  e  $2,5$ ,  $J' = 0,80$  e  $0,75$ ) (entre a fase de maturação e a 1ª colheita) respectivamente, com os menores valores no final do ciclo em abril para Garuva ( $H' = 1,8$ ,  $J' = 0,57$ ) e no início do ciclo, em outubro para Araranguá ( $H' = 1,6$ ,  $J' = 0,53$ ) (Fig. 6). Foram observadas diferenças significativas na diversidade mensal entre as localidades ( $F_{2-33} = 3,444$ ,  $p < 0,05$ ), indicando que a distinção ocorreu nos arrozais de Araranguá, com os menores valores. Contudo, a mesma análise não mostrou significância na comparação das médias mensais de equitabilidade entre localidades.

## DISCUSSÃO

Os táxons de aves encontrados nas áreas estudadas da planície costeira de Santa Catarina são considerados comumente associados a lavouras orizícolas em vários países da América do Sul (BLANCO *ET AL.*, 2006; ACOSTA *ET AL.*, 2010). Dentre as 107 espécies registradas neste estudo, 102 integram a lista de Santa Catarina e cinco ainda não haviam sido registradas nos principais estudos de referência no estado, compilados em ROSÁRIO (1996) e GHIZONI-JR *ET AL.* (2013). A pesquisa trouxe informações inéditas sobre a composição da avifauna em arrozais do estado, evidenciando a associação de 97 espécies às plantações de arroz irrigado.

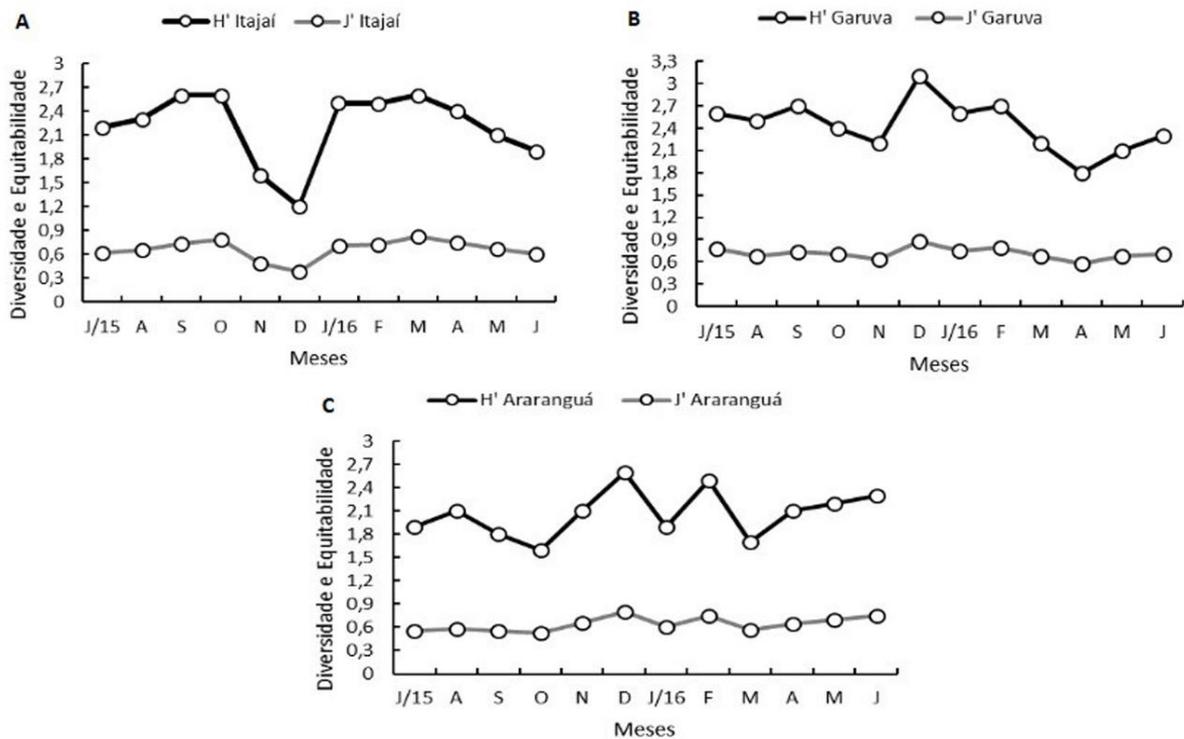


Fig. 6: Flutuação mensal da diversidade e equitabilidade da avifauna dos arrozais de Itajaí (A), Garuva (B) e Araranguá (C), na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, no período de julho de 2015 a junho de 2016.

Poucos estudos foram realizados em áreas de orizicultura no Brasil, todos concentrados nas regiões sul e sudeste. Do total de espécies encontradas neste estudo, 33 foram compartilhadas com outras pesquisas do Rio Grande do Sul (de 74 espécies) (DIAS & BURGER, 2005; MENEGHETI & DOTTO, 2008; GUADAGNIN *ET AL.*, 2012) e 17 com São Paulo (de 21 espécies) (CROZARIOL, 2008). Para Santa Catarina, em uma pesquisa com aves granívoras onde foram encontradas 10 espécies, todas foram em comum com este trabalho (BRANCO *ET AL.*, 2016).

A elevada riqueza de espécies terrestres registrada segue a tendência observada por DIAS & BURGER (2005) em um ciclo anual do arroz, onde foram também computadas as aves da

vegetação do entorno às plantações. No entanto, grande parte dos trabalhos feitos em arrozais no mundo se concentra no grupo das aves aquáticas, possivelmente pela sua expressividade em áreas úmidas, assim como o contingente de espécies migratórias com importância conservacionista e econômica, devido à prática de caça esportiva em alguns países (FASOLA & RUIZ, 1996; ELPHICK, 2000). No geral, tais estudos são realizados apenas no período de maior atividade das espécies aquáticas, sobretudo as costeiras, sub-amostrando ou omitindo outros grupos de aves ao desconsiderarem aquelas que se utilizam dos quadros de arroz, mas também pousam no entorno (ACOSTA *ET AL.*, 2010; STTAFORD *ET AL.*, 2010).

A importância das lavouras orizícolas no ciclo de vida das aves aquáticas é bem conhecida (ELPHICK, 2010), porém essas áreas possuem relevância também para outros grupos de aves, oferecendo uma variedade de nichos com potencial de utilização por espécies terrestres. Diferentes guildas se beneficiam de tais nichos, como as aves granívoras que forrageiam sobre espigas de arroz e sementes das plantas associadas aos cultivos, incluindo espécies praga (DIAS & BURGER, 2005; MENEGHETI & DOTTO, 2008; BRANCO *ET AL.*, 2016). As insetívoras se alimentam de invertebrados aquáticos e terrestres (STENERT *ET AL.*, 2009, GUADAGNIN *ET AL.*, 2012), enquanto que as carnívoras (rapina) utilizam o amplo campo de visão na busca das presas (LOURENÇO, 2009). Além disso, a vegetação do entorno aos quadros de arroz é utilizada como local de dormitório, descanso e reprodução de espécies como *C. ruficapillus*, no Rio Grande do Sul (FALLAVENA, 1988; DIAS & BURGER, 2005).

As ordens Charadriiformes e Pelecaniformes, representadas pelas famílias Charadriidae e Threskiornitidae, geralmente possuem as espécies aquáticas mais abundantes nos cultivos de arroz irrigado do mundo (DIAS & BURGER, 2005; CROZARIOL, 2008; ACOSTA *ET AL.*, 2010). Os táxons terrestres integrantes dos Passeriformes e Falconiformes das famílias Thraupidae, Icteridae e Falconidae são os mais comumente registrados (DIAS & BURGER, 2005; GUADAGNIN *ET AL.*, 2012). As espécies *Vanellus chilensis*, *Plegadis chihi*, *Phimosus infuscatus*, *Molothrus*

*bonariensis*, *Sturnella superciliaris* e *Sicalis flaveola* estão entre as mais abundantes nas áreas de arroz irrigado da América do Sul (GUADAGNIN ET AL., 2012).

Independente do ciclo do arroz, *Vanellus chilensis* ocorre ao longo do ano, utilizando as áreas para forrageio e reprodução (DIAS & BURGER, 2005; BLANCO ET AL., 2006, CROZARIOL, 2008; BRANCO ET AL., 2016). O sucesso reprodutivo da espécie é baixo, devido a perturbações antrópicas e predação (FASOLA & RUIZ, 1996; DIAS & BURGER, 2005), situação comum em habitats agrícolas (MACLAUGHLIN & MINEAU, 1995), observada também neste estudo, onde ninhos encontrados em uma amostragem não foram reencontrados na seguinte.

Os Tresquiornítídeos *Plegadis chihi* e *Phimosus infuscatus* são comumente abundantes no Brasil, Uruguai e Argentina, nos períodos fora da época reprodutiva, em especial *P. chihi* considerada por vezes, como uma das espécies mais abundantes e frequentes em arrozais da América do Sul (BLANCO ET AL., 2006; ACOSTA ET AL., 2010), ocupando a segunda posição no Rio Grande do Sul (DIAS & BURGER, 2005; GUADAGNIN ET AL., 2012). No entanto, assim como foi observado neste trabalho, tais espécies não ocorrem durante o ano todo devido aos deslocamentos sazonais para áreas reprodutivas (SICK, 1997). Já Passeriformes como *Molothrus bonariensis*, *Sturnella superciliaris* e *Sicalis flaveola* que forrageiam no arroz e plantas associadas, foram mais abundantes nos períodos de amadurecimento dos grãos (fase reprodutiva e de maturação) e na entressafra (resteva). BRANCO ET AL. (2016) observaram que as duas últimas espécies foram as mais abundantes nos arrozais de Itajaí e relataram a mortalidade de exemplares observada em um evento, atribuindo o fato à ingestão de grãos arroz envenenados com pesticidas propositalmente depositados nas bordas do cultivo.

Outras espécies de ocorrência em todos os meses, *Egretta thula* e *Ardea alba*, também demonstraram frequência máxima em cultivos no Rio Grande do Sul (DIAS & BURGER, 2005), Suriname, Cuba, Costa Rica, Venezuela e Argentina (HICKLIN & SPAANS, 1993; ACOSTA ET AL.,

2010). Já *Amazonetta brasiliensis* esteve presente ao longo do ano nos arrozais de São Paulo (CROZARIOL, 2008).

Espécies migratórias do Hemisfério Norte são comumente encontradas em períodos específicos nas lavouras de arroz irrigado da América do Sul, particularmente as do gênero *Tringa* (DIAS & BURGER, 2005; MENEGHETI & DOTTO, 2008; GUADAGNIN *ET AL.*, 2012; ACOSTA *ET AL.*, 2010). Essas áreas são importantes sítios de forrageio durante sua passagem temporária ao disponibilizarem recursos para sua subsistência (HOHMAN *ET AL.*, 1994; FAZOLA & RUIZ, 1996; GUADAGNIN *ET AL.*, 2012).

A presença de *Tringa melanoleuca* em todas as áreas deste estudo e a de *Tringa flavipes* apenas em Itajaí que ocorreu durante a fase de amadurecimento dos grãos e a 1ª colheita (final da primavera e verão), pode estar associado ao fato de ser um período de elevada oferta de alimento para aves aquáticas (GONZÁLEZ-SOLIS *ET AL.*, 1996). Esse resultado foi condizente com o período relatado por DIAS & BURGER (2005) nos arrozais do Rio Grande do Sul. A época em que *Hirundo rustica* foi observada apenas em Garuva, durante o verão (igualmente na época próxima à primeira colheita), equivale a sua migração do Hemisfério Norte para o Sul em busca de alimento (SICK, 1997). A maior ocorrência de membros da família Hirundinacea em Garuva, por meio da observação de muitos bandos de andorinhas predando insetos que sobrevoavam as plantações, sugere maior oferta de recursos específicos nessa localidade. A ocorrência de *Charadrius semipalmatus* apenas na primavera em Araranguá, coincidiu com o período onde os quadros de arroz se encontravam ainda inundados devido ao início tardio da plantação (diferente de Itajaí e Garuva), ofertando assim habitats propícios para o forrageio da espécie.

Atualmente são reportadas 49 espécies de Passeriformes ameaçados para Santa Catarina. Dessas, 15 delas integram a lista das aves ameaçadas por caça ilegal (NUNES *ET AL.*, 2012). Os autores indicam que as maiores apreensões de espécimes ocorreram na Mesorregião Vale do Itajaí, particularmente em Joinville e Itajaí. O fato de *Ramphocelus bresilus* ter sido

registrada nos arrozais de Garuva, município vizinho à Joinville, e *Tangara cyanocephala* nas áreas de Itajaí, pode sugerir a necessidade de intensificar os trabalhos de investigação nessas localidades. A única espécie que possui sensibilidade alta, *Aramides cajaneus*, ainda não havia sido registrada nos arrozais do Brasil, mas na Venezuela e Argentina a espécie foi observada em raras ocasiões (BLANCO *ET AL.*, 2006).

As flutuações anuais da abundância, riqueza e prevalência das espécies de frequência ocasional estão relacionadas às diferentes fases do ciclo do arroz (NACHUHA, 2009; GUADAGNIN *ET AL.*, 2012). Os picos de abundância nos meses de inverno/15 e outono/16 coincidem com o início e final do ciclo, situação recorrente em outros trabalhos (MAEDA, 2001; DIAS & BURGER, 2005; BLANCO *ET AL.*, 2006; CROZARIOL, 2008; BRANCO *ET AL.*, 2016).

No início do ciclo, durante o inverno, ocorre o preparo do solo, onde os quadros são inundados para receber as sementes pré-germinadas (DIAS & BURGER, 2005; BRANCO *ET AL.*, 2016) formando habitats adequados ao forrageio das aves aquáticas (MAEDA, 2001; TOURENQ *ET AL.*, 2001). Os meses de outono coincidem com o final do ciclo e precedem a última colheita, durante as fases reprodutiva e de maturação, onde os grãos estão maduros e ocorre elevada concentração de aves granívoras que se alimentam do arroz e plantas associadas (MENEGHETI & DOTTO, 2008; BRANCO *ET AL.*, 2016). Com a colheita no final desse período, as máquinas expõem os grãos de arroz e invertebrados alojados no solo, gerando uma fonte abundante de recursos (GONZÁLEZ-SOLIS *ET AL.*, 1996; CROZARIOL, 2008; MENEGHETI & DOTTO, 2008).

A ocorrência de precipitação acima do normal em meados de outubro/15 (RICCE *ET AL.*, 2016) impactou os quadros de arroz de Itajaí, causando um segundo processo de inundação e de início de ciclo, podendo-se justificar a elevada abundância de espécies nos meses de novembro e dezembro. Tal fator também foi observado por GUADAGNIN *ET AL.* (2012) no Rio Grande do Sul, onde a presença de poças efêmeras formadas por precipitação influenciou na abundância das espécies.

O fato de as localidades não apresentarem diferenças significativas em suas abundâncias pode ser justificado pela presença em comum das mesmas espécies dominantes, comumente associadas às áreas irrigadas de arroz na América do Sul (BLANCO *ET AL.*, 2006). Sua representação de mais de 50% dos registros em cada localidade influencia fortemente os valores totais. Por outro lado, diferenças na riqueza de espécies sugerem que os arrozais de Itajaí propiciam maior variedade de recursos que Araranguá. Tal fato pode ser justificado pela plantação iniciar dois meses antes, ofertando maior período de forrageio ao longo do ano, abrangendo mais espécies que se utilizam do ciclo sazonalmente. A similaridade baixa encontrada entre as áreas pode ter sido influenciada pelo gradiente latitudinal das localidades. Devido à presença de distintos micro-climas e dinâmica das plantações de arroz podem ocorrer pequenas diferenças na oferta de recursos ao longo de um ciclo, atraindo espécies com requerimentos distintos (FASOLA & RUIZ, 1996).

As variações dos valores da diversidade e equitabilidade para cada área refletem a ocupação das espécies ao longo do ano. Os meses em que ocorreram picos pronunciados de abundância estiveram relacionados aos menores valores de diversidade e equitabilidade, possivelmente pelas comunidades terem sido dominadas por poucas espécies, situação comum em plantações de arroz (DIAS & BURGER, 2005). Os períodos em que as comunidades estiveram mais diversas e apresentaram maiores valores de equitabilidade nas distribuições nos dois primeiros meses de cultivo com os quadros inundados, e na época da colheita, coincidiram com o observado no Rio Grande do Sul e Itajaí, sugerindo que tais períodos exibem maior variedade de nichos e disponibilidade de recursos (DIAS & BURGER, 2005; CROZARIOL, 2008; BRANCO *ET AL.*, 2016).

Conclui-se que os arrozais estudados em Santa Catarina oferecem recursos adequados para abrigar considerável riqueza de espécies, através da oferta variada de alimento ao longo do ciclo de cultivo, atraindo grupos distintos de aves, como espécies migratórias que se

beneficiam de seu uso para forrageio e descanso. As espécies mais abundantes e frequentes demonstram estarem adaptadas às diferentes fases desse cultivar, pois foram registradas associadas à orizicultura por diferentes autores ao redor do mundo.

A conversão de áreas úmidas em plantações de arroz representa uma alteração de áreas naturais, gerando conseqüente perda de habitat para táxons de sensibilidade alta. No entanto, em regiões como o Sul do Brasil, onde a maioria desses ecossistemas foram perdidos, as lavouras orizícolas atuam como as áreas restantes que podem substituir e replicar parte das condições encontradas em áreas naturais (ELPHICK, 2010). Portanto, torna-se importante a identificação de quais espécies são associadas às plantações para servir de subsídio em ações conservacionistas, visando a proteção de espécies migratórias e ameaçadas, bem como as que se reproduzem nesses locais. Recomendam-se mais estudos para avaliar a influência dos fatores abióticos e fases do cultivo com a presença das espécies.

## **AGRADECIMENTOS**

A CAPES pela bolsa de doutorado concedida a Daniela de Carvalho Melo e Alvino Pedrosa Ferreira e ao laboratório de Zoologia da Universidade Vale do Itajai – UNIVALI pelo apoio logístico e aos revisores anônimos deste periódico pelas contribuições.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ACOSTA, M.; MUGICA, L.; BLANCO, D.; LOPEZ-LANÚS, B.; DIAS, R. A.; DOODNATH, L. W. & HURTADO, J. 2010. Birds of rice fields in the Americas. **Waterbirds** 33 (1): 105-122.
- BAMBARADENIYA, C. N. B.; FONSEKA, K. T. & AMBAGAHAWATTE, C. L. 1998. A preliminary study of fauna and flore of rice field in Kandy, Sri Lanka. **Biological Sciences** 25: 1-22.
- BARBIER, E. B.; ACREMAN, M. C. & KNOWLER, D. 1997. **Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners**. Gland, Ramsar Convention Bureau. 143 p.

- BIBBY, C.J.; BURGESS, N.D. & HILL, D.A. 1992. **Birds census techniques**. London: Academic Press, 302 p.
- BLANCO, D. E.; LÓPEZ-LANÚS, B.; DIAS, R. A.; AZPIROZ, A. & RILLA, F. 2006. **Uso de arroceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur. Implicancias de conservación y manejo**. Buenos Aires, Wetlands International. 59 p.
- BRANCO, J.O.; KESKE, B. F. & BARBIERI, E. 2016. Abundance and potential impact of granivorous birds on irrigated rice cultivation, Itajaí, Santa Catarina, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico** 83: 1-7.
- CHANG, T. T. & LUH, B. S. 1991. **Overview and prospects of rice production**. New York, Van Nostrand Reinhold. 11p.
- CROZARIOL, M. A. 2008. Aves associadas às diferentes fases do crescimento do arroz irrigado no sudeste do Brasil. In: DE LA BALZE, V. M. & BLANCO, D. E. eds. **Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur**. Buenos Aires, Wetlands International. p.1-5.
- CZECH, H. A. & PARSONS, K. C. 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: a review. **Waterbirds** 25: 56–65.
- DIAS, R. A. & BURGER, M. I. 2005. A assembléia de aves de áreas úmidas em dois sistemas de cultivo de arroz irrigado no extremo sul do Brasil. **Ararajuba** 13 (1): 63-80.
- ELPHICK, C. S. & ORING, L. W. 1998. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. **Journal of Applied Ecology** 35: 95–108.
- ELPHICK, C. S. 2000. Functional equivalency between rice fields and seminatural wetland habitats. **Conservation Biology** 14: 181–191.
- ELPHICK, C. S. 2010. Why Study Birds in Rice Fields? **Waterbirds** 33 (1): 1–7.

- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2012. **Atlas climático da região Sul do Brasil**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 334p.
- EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. 1998. **Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina. (Pré germinado)**. Florianópolis, EPAGRI. 79p.
- ERIZE, F.; MATA, J. R. R. & RUMBOLL, M. 2006. **Birds of South America: Non-Passerines (Rheas to Woodpeckers)**. New Jersey, Princeton University Press. 384p.
- FALLAVENA, M. A. B. 1988. Alguns dados sobre a reprodução do Garibáldi, *Agelaius r. ruficapillus* (Icteridae, Aves) em lavouras de arroz no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zoologia** 4: 307–317.
- FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2014. **FAO Statistical Database**. Available at: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/EL/visualize>>. Acessado em: 01.08.2017.
- FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2015. **FAO Statistical Database**. Available at: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acessado em 01.08.2017.
- FASOLA, M. & RUIZ, X. 1996. The value of rice fields as substitutes for natural wetlands for waterbirds in the Mediterranean Region. **Colonial Waterbirds** 19 (1): 122-128.
- FATMA – FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. 2015. **Lista das espécies da fauna ameaçadas de extinção em Santa Catarina – Relatório Técnico Final**. Available at: <[http://www.fatma.sc.gov.br/upload/Fauna/relat9500rio\\_t9500cnico\\_final\\_lista\\_esp9500cies\\_amea9500adas.pdf](http://www.fatma.sc.gov.br/upload/Fauna/relat9500rio_t9500cnico_final_lista_esp9500cies_amea9500adas.pdf)>. Acessado em: 20.06.2017.
- GETZNER, M. 2002. Investigating public decisions about protecting wetlands. **Journal of Environment Management**, 64: 237-246.
- GHIZONI-JR., I. R.; FARIAS, F. B.; VIEIRA, B. P.; WILLRICH, G.; SILVA, E. S.; MENDONÇA, E. N.; ALBUQUERQUE, J. L. B.; GASS, D. A.; TERNES, M. H.; NASCIMENTO, C. E.; ROOS, A. L.;

- COUTO, C. C. M.; SERRÃO, M.; SERAFINI, P. P.; DIAS, D.; FANTACINI, F. N.; SANTI, S.; SOUZA, M. C. R.; SILVA, M. S.; BARCELLOS, A.; ALBUQUERQUE, C. & ESPÍNOLA, C. R. R. 2013. Checklist da avifauna da Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil. **Atualidades Ornitológicas**, 171: 50–75.
- GOMES, A. S. & MAGALHÃES JR., A. M. D. 2004. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas, Embrapa. 900 p.
- GONZÁLEZ-SOLÍS, J.; BERNADI, X. & RUIZ, X. 1996. Seasonal variation of waterbird prey in the Ebro Delta rice fields. **Colonial Waterbirds**, 19: 135-142.
- GUADAGNIN, D. L.; PETER, A.; ROLON, A. S.; STENERT, C. & MALTCHIK, L. 2012. Does non-intentional flooding of rice fields after cultivation contribute to waterbirds conservation in Southern Brazil? **Waterbirds** 35: 371–380.
- HICKLIN, P. W. & SPAANS, A. L. 1993. **The birds of the SML rice fields in Suriname: species composition, numbers and toxichemical threats. Technical Report Series No. 174**. Ottawa, Canadian Wildlife Service. 94 p.
- HOHMAN, W. L.; MOORE, J. L.; STARK, T. M.; WEISBRICH, G. A. & COON, R. A. 1994. Breeding waterbird use of Louisiana rice fields in relation to planting practices. **Proceedings of the Annual Conference of Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies** 48: 31-37.
- HUNER, J. V.; JESKE, C. W. & NORLING, W. 2002. Managing agricultural wetlands for waterbirds in the coastal regions of Louisiana, U.S.A. **Waterbirds** 25: 66-78.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2014. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do ano de 2014**. Available at: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acessado em: 04.07.2017.

- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2015. **Indicadores IBGE – Estatística da Produção Agrícola – maio de 2015**. Available at: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/estProdAgr\\_2015\\_06.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_2015_06.pdf)>. Acessado em: 04.07.2017.
- IUCN – INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. 1971. The Ramsar Conference: Final act of the international conference on the conservation of wetlands and waterfowl, Annex 1. **Special Supplement to IUCN, Bulletin** 2: 1-4.
- LANE, S. J. & FUJIOKA, M. 1998. The impact of changes in irrigation practices on the distribution of foraging egrets and herons (Ardeidae) in the rice fields of central Japan. **Biological Conservation** 83: 221-230.
- LAWLER, S. P. 2001. Rice fields as temporary wetlands: a review. **Israel Journal of Zoology** 47: 513–528.
- LINK, D. 1995. Danos causados pelo pássaro-preto *Molothrus bonariensis* (Aves, Icteridae) em arroz irrigado, em Santa Maria–RS. **Lavoura Arrozeira** 48: 29–30.
- LOURENÇO, P. M. 2009. Rice field use by raptors in two Portuguese wetlands. **Airo** 19: 13-18.
- MACLAUGHLIN, A. & MINEAU, P. 1995. The impacto of agricultural practices on biodiversity. **Agricultura, Ecosystems and Environment**, 55(1995): 201-212.
- MAEDA, T. 2001. Patterns of bird abundance and habitat use in rice fields of the Kanto Plain, central Japan. **Echological Research** 16: 569-585.
- MALTCHIK, L. 2003. Three new wetlands inventories in Brazil. **Interciencia**, 28(7): 421-423.
- MENEGHETI, J. O. & DOTTO, J. C. 2008. Aves aquáticas e costeiras em arrozais interiores do sul do Brasil, In: DE LA BALZE, V. M & BLANCO, D. E. eds. **Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur**. Buenos Aires, Wetlands International. p. 1-8.
- MITSCH, W. J. & GOSSELINK, J. G. 2000. **Wetlands**. New York, John Wiley and Sons, 920p.

- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2014. **Lista nacional das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção.** Available at: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=121&data=18/12/2014>>. Acessado em: 08.07.2017.
- NACHUHA, S. 2009. Is waterbird distribution within rice paddies of eastern Uganda affected by the different stages of rice growing. **Proceedings of the 12th Pan-African Ornithological Congress**, 44–49.
- NOLDIN, J. A.; EBERHARDT, D. S. 2005. A realidade ambiental e a lavoura orizícola brasileira. In: 4º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado e 26ª Reunião da Cultura do Arroz Irrigado. eds. **Anais do 4º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**. Santa Maria, Editora Orium. p. 612-621.
- NUNES, P. B.; BARRETO, A. S. & FRANCO, E. Z. 2012. Subsídios à ação fiscalizatória no combate ao tráfico de aves silvestres e exóticas em Santa Catarina. **Ornithologia**, 5 (1): 26-33.
- O’CONNOR R. J. & SHRUBB, M. 1986. **Farming and Birds**. Cambridge, Cambridge University Press. 304p.
- PARKER III, T. A.; STOTZ, D. F. & FITZPATRICK, J. W. 1996. Ecological and Distributional Databases. In: STOTZ, D. F.; FITZPATRICK, J. W.; PARKER III, T. A. & MOSKOVITS, D. K. eds. **Neotropical Birds: Ecology and Conservation**. Chicago: The University of Chicago Press. p. 115-291.
- PIACENTINI, V. Q.; ALEIXO, A.; AGNE, C. E.; MAURICIO, G. N.; PACHECO, J. F.; BRAVO, G. A.; BRITO, G. R. R.; NAKA, L. N.; OLMOS, F.; POSSO, S.; SILVEIRA, L. F.; BETINI, G. S.; CARRANO, E.; FRANZ, I.; LEES, A. C.; LIMA, L. M.; PIOLI, D.; SCHUNCK, F.; AMARAL, F. R.; BENCKE, G. A.; COHN-HAFT, M.; FIGUEIREDO, L. F. A.; STRAUBE, F. C. & CESARI, E. 2015. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records

- Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, 23 (2): 91-298.
- RICCE, W. S.; PADRÃO, G. A.; TRABAQUINI, K.; ALVES, J. R. & REITER, J. M. W. 2016. Estimativas de perdas na agricultura por chuvas excessivas no Alto Vale do Rio Itajaí em 2015. **Agropecuária Catarinense**, 29(2): 42-45.
- ROSÁRIO, L. A. 1996. **As aves em Santa Catarina: distribuição geográfica e meio ambiente**. Florianópolis, FATMA. 326 p.
- SICK, H. 1997. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira. 862p.
- SIGRIST, T. 2007. **Guia de campo: Aves do Brasil Oriental**. São Paulo, Avis Brasilis. 448p.
- SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. 2014. **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. XXX Reunião técnica da cultura do arroz irrigado, 06 a 08 de agosto de 2014, Bento Gonçalves, RS, Brasil**. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Arroz Irrigado, 192 p.
- SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. 2016. **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. XXXI Reunião técnica da cultura do arroz irrigado, 10 a 12 de agosto de 2016, Bento Gonçalves, RS, Brasil**. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Arroz Irrigado, 200 p.
- STAFFORD, J. D.; KAMINSKI, R. M. & REINECKE, K. J. 2010. Avian foods, foraging, and habitat conservation in world rice fields. **Waterbirds**, 33 (1): 133-150.
- STENERT, C.; BACCA, R. C.; MALTCHIK, L. & ROCHA, O. 2009. Can hydrologic management practices of rice fields contribute to macroinvertebrate conservation in southern Brazil wetlands? **Hydrobiologia**, 635: 339-350.
- TOURENQ, C.; BENNETTS, R. E.; KOWALSKI, H.; VIALET, E.; LUCCHESI, J. L.; KAYSER, Y. & ISENMANN, P. 2001. Are rice fields a good alternative to natural marshes for waterbird communities in the Camargue, Southern France? **Biological Conservation**, 100: 335-343.

ZAR, J. H. 1999. **Biostatistical Analysis**. New Jersey, Prentice-Hall, 663p.

## CAPÍTULO 2

Formato da revista Studies of Neotropical Fauna and Environment

### **Relations between bird communities, environmental variables and arthropods in irrigated rice fields at coastal plain, Santa Catarina, Brazil.**

Daniela de Carvalho Melo<sup>a\*</sup>, Alvino Pedrosa Ferreira<sup>a</sup>, Germano Henrique Costa Barrilli<sup>a</sup> and Joaquim Olinto Branco<sup>b</sup>.

*<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brazil, postal address: 676, postal code: 13565-905, email addresses: danycmpf@gmail.com, alvinopf@yahoo.com.br, germanohcb@gmail.com, telephone: +55 (047) 99236-9242; <sup>b</sup>Centro de Ensino em Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, Brazil, postal address: 360, postal code: 88301-970, email address: branco@univali.br, telefone: +55 (047) 3341-7732.*

\*corresponding author: danycmpf@gmail.com

#### **Abstract**

Rice plantations are artificial environments that replaced natural wetlands. Birds and arthropods are two groups associated with rice fields and each other, influenced by the fluctuation of environmental variables over a rice cycle. This study analyzed this relationship in southern Brazil between July 2015 and June 2016. We developed bird counts and collected arthropod and environmental variables. Average and relative abundance, comparative analyses between the localities used ANOSIM, Kruskal-Wallis and RDA were determined. We recorded 107 bird species, which differed qualitatively and quantitatively among the areas, due to the different resources throughout the year. Richness and abundance of the species was higher at the beginning and end of the cycle, where the highest food supply is offered. 68 families of arthropods were collected, with highest richness and abundance also at the beginning and end of the cycle. The RDA between birds and arthropods showed 77% of explicability, while 88% was found in the relation with the environmental variables, indicating that bird communities are strongly influenced by food resources and abiotic factors. We conclude that the studied areas can contribute to the maintenance and conservation of the

bird species associated to rice plantations, since they can be acting as partial substitutes for the lost natural areas.

Keywords: aquatic birds; terrestrial birds; arthropods; agriculture; abiotic variables.

## **Introduction**

Rice fields are known for their development in fertile and naturally flooded wetlands, such as flood areas in riverbanks, ponds and lakes, altering and fragmenting them (Huner et al. 2002). In Brazil, the southern region presents more than 90% of its natural wetlands modified by this agricultural system (Maltchik 2003; Gomes & Magalhães 2004). These ecosystems have great ecological importance, presenting high biodiversity and productivity (Mitsch & Gosselink 2000; Getzner 2002), although they are greatly simplified by agricultural processes (Altieri 1999).

The irrigated rice cultivation is conditioned by periodic flooding of the crop during its annual cycle, which provides resources to different animal species like birds, fish, reptile, amphibians and invertebrates (Elphick 2000; Lawler 2001), maintaining a certain quality level after its change. Birds are commonly observed using these areas in various parts of the planet (Fasola & Ruiz 1996; Czech & Parsons 2002; Blanco et al. 2006), as this crop format allows the foraging of different species throughout the year, including migratory and threatened taxa (O'Connor & Shrubbs 1986).

Some periods may favor the presence of specific trophic guilds, such as during the flooding phase that provides a boom of aquatic invertebrates (Stenert et al. 2012), attracting waterfowl birds that feed on this group. While the period of rice growth favors the occurrence of terrestrial birds (Fernando 1993; Bambaradeniya et al. 1998; Stenert et al. 2012), which may influence the presence of insectivorous birds. Furthermore, the grain supply, before and during the harvest offer resources for granivorous birds (Branco et al. 2016). Thus, bird guilds can act as indicators of the presence of specific resources in the plantations, as well as happens for forest birds (Johns 1991). Rice paddies may also serve as resting and breeding grounds (Fasola & Ruiz 1996; Czech & Parsons 2002).

In a similar way, arthropods also associate with the rice cycle, where different groups can be found throughout the year (Elphick & Oring 2003; Bambaradeniya et al. 2004) and influence the composition of bird assemblages (Qian 2010). Other variables related to the presence of birds are the environmental ones, which fluctuate throughout the year, providing different conditions and influencing their daily cycle and activities, according to each species

tolerance (Dubowy 1996). The knowledge of this type of relationship may help understanding the effects of climate on bird communities in ecosystems (Reed et al. 2006), including rice plantations.

This association between birds and rice fields has not yet been sufficiently studied in South America (Blanco et al. 2006; Acosta et al. 2010) and was poorly investigated in Brazil (Fallavena 1988; Link 1995; Dias & Burger 2005; Crozariol 2008; Menegheti & Dotto 2008; Guadagnin et al. 2012; Branco et al. 2016). Similarly, the relationship between birds with arthropods and environmental variables in a rice plantation was not studied in South America so far. Therefore, we aimed to answer whether the presence of arthropods, environmental variables and fluctuations in rice cycle stages influence the composition of the bird species among the study areas. The objective of this study was to verify how the richness, composition and abundance of birds perform according to the presence of arthropods and differences in the environmental variables during a cycle of rice cultivation in Southern Brazil, at Santa Catarina State.

## **Materials and Methods**

### ***Study Area***

Rice plantations in most of the State of Santa Catarina are developed through the irrigated system, where pre-germinated grains are used. Plots are situated near rivers and their maintenance is made through agrochemicals such as insecticides, herbicides and fungicides (Epagri 1998; Noldin & Eberhardt 2005). The cultivated area covers 150,000 ha of 83 municipalities, distributed through the coastal plain and Alto Vale do Itajaí (Sosbai 2016).

This study was carried out in this coastal plain, in the municipalities of Garuva (north region - 26°4'31.37"S 48°50'48.53"W, Fig. 1a), Itajaí (central region - 26°57'11.51"S 48°46'55.69"W, Fig. 1b) and Araranguá (southern region - 28°55'40.16"S 49°29'29.08"W, Fig. 1c), in traditional irrigated crops with pre-germinated *Oryza sativa* L. planting. The areas in Garuva are located 95 km away from Itajaí and 315 km from Araranguá. The predominant climate is humid subtropical with no dry season in the three localities, according to Köppen. The northern and central regions present average annual temperatures varying between 19 and 26°C and the south around 14 and 24°C (Embrapa 2012).

Crops dynamics varied in Itajaí (August 2015 – May 2016), Garuva (September/2015 - June/2016) and Araranguá (October 2015 – June 2016). In general, each location harvests

twice, but exceptionally during the studied period, Itajaí produced only one due to the high rainfall which occurred in October 2015 (Ricce et al. 2016).

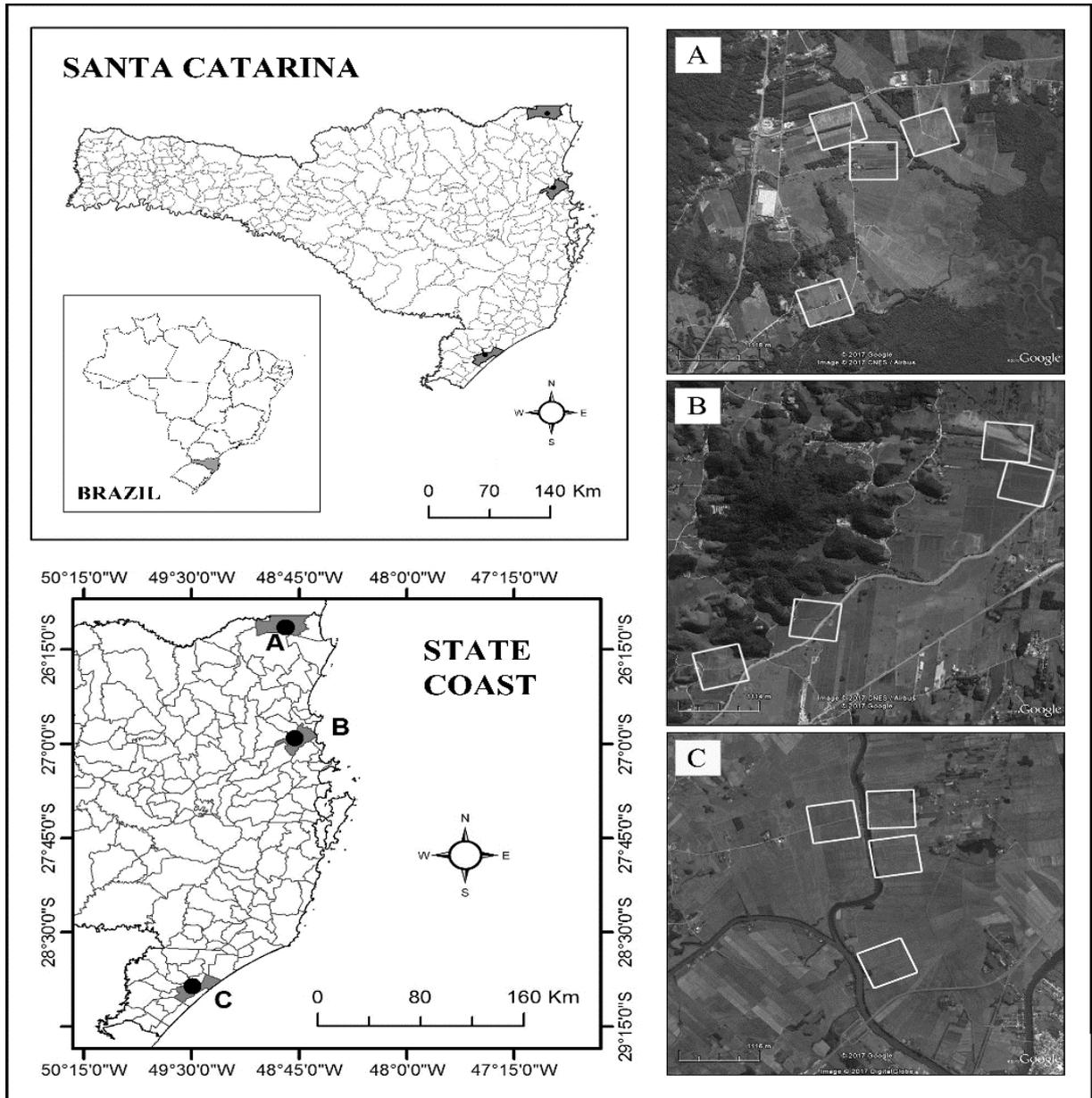


Figure 1. Studied irrigated rice plots in the Santa Catarina State, Brazil, during July 2015 to June 2016. A: Rice plots in Garuva, B: Itajaí e C: Araranguá. Source: Google Earth 2017.

## Methodology

### *Bird sampling*

The study was carried out from July 2015 to June 2016, covering an annual cycle of rice plantations in the three municipalities. The cycle was divided into four stages, trying to

categorize the rice phases, processes involved and standardize the data analysis. Each stage covered the three-months period (Table 1). Sampling was developed monthly, on different days, from 7:00 - 12:00 h through the course of linear transects, totalizing an area of 100 ha in each locality. The total effort was of 144 hours of observation.

Birds found in the rice plots were recorded using 10x50 binoculars, as well as those that flew over the plantations and landed on surrounding trees. Species were identified with field guides (Erize et al. 2006; Sigrist 2007). Taxonomy, systematics and status of occurrence followed the South American Classification Committee – SACC (Remsen et al. 2017).

Table 1. Stages, processes and phases (Sosbai 2016) of the annual cycle of irrigated rice in plantations of the coastal plain of Santa Catarina, Brazil, during the period of July 2015 to June 2016. Some phases last more than one stage of three months.

Stages	Processes & phases	Description
1	Land preparation	Past cycle vestiges, incorporate plant residues, leveling the field, flooding the field
	Sowing	Insertion in the field of pre-germinated grains of <i>Oryza sativa</i> L.
	Vegetative phase	Germination, seedling formation, radicle emergence (30 days)
2	Reproductive phase	Complete seedling development and self-fertilization (90 days)
	Maturation phase	Complete grain development and panicle formation (100 days)
3	Maturation phase	(110 days)
	1st Harvest	1st crop of mature grains, cutted rice about 50 cm (120 days)
	Reproductive phase	(30 days)
4	Reproductive phase	(50 days)
	Maturation phase	(80 days)
	2st Harvest	2st crop, total plant cut and incorporated vestiges to soil (90 days)

### ***Arthropod sampling***

At the same time and in the same transects of the bird sampling, the arthropods sampling was carried out using a 60 cm long capturing net with 30 cm of diameter, from 07:00 - 12:00 h during the period from October 2015 to June 2016. This period covered the stages of rice development, where the seedling has already emerged from the soil, making it possible to sweep the net. The captured specimens were placed in labeled bottles with 70% alcohol to posterior identification up to family level (Lopretto & Tell 1995; Merritt & Cummins 1996; Fernández & Dominguez 2001).

Seven environmental variables were compiled for each sampling day using the database from Weather Underground site. Four variables were numerical: Temperature (°C),

Humidity (%), Atmospheric Pressure (hPa) and Wind speed (km / h) and two nominals: Precipitation and Cloudiness. For nominal variables, numerical categories were assigned for standardization and use in statistical analyses (Table 2).

Table 2. Mean  $\pm$  standard deviation and numerical categories of environmental variables of each locality per stage of the rice cycle. Where: S1 (stage 1), S2 (stage 2), S3 (stage 3), S4 (stage 4), Temp (temperature - °C), Humi (humidity - %), Pres (atmospheric pressure - hPa), Wind (wind velocity – km/h), Prec (precipitation), Nebu (nebulosity).

Variable	Itajaí				Garuva				Araranguá			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Temp	18 $\pm$ 3.93	23.7 $\pm$ 3.26	26.3 $\pm$ 2.93	20.7 $\pm$ 6.80	19 $\pm$ 2.23	22.3 $\pm$ 4.64	24.3 $\pm$ 3.69	16.3 $\pm$ 2.52	17.6 $\pm$ 4.04	23.3 $\pm$ 3.96	25 $\pm$ 4.83	16.3 $\pm$ 6.31
Humi	77.6 $\pm$ 17.18	89 $\pm$ 11.77	86.3 $\pm$ 13.22	92.7 $\pm$ 13.03	94 $\pm$ 9.37	92.3 $\pm$ 11.80	71.6 $\pm$ 18.63	86.7 $\pm$ 14.90	80.7 $\pm$ 13.81	72.7 $\pm$ 15.85	75.3 $\pm$ 18.38	84.7 $\pm$ 19.85
Pres	1019.3 $\pm$ 5.39	1015.3 $\pm$ 5.88	1013 $\pm$ 2.47	1020.3 $\pm$ 5.24	1015.7 $\pm$ 2.15	1015.3 $\pm$ 4.84	1016.3 $\pm$ 2.22	1021 $\pm$ 3.63	1019.3 $\pm$ 2.35	1013 $\pm$ 3.32	1012.3 $\pm$ 4.66	1018 $\pm$ 4.65
Wind	15.7 $\pm$ 6.19	10.3 $\pm$ 4.83	11.3 $\pm$ 4.01	10.3 $\pm$ 6.58	4 $\pm$ 3.70	8.7 $\pm$ 4.98	7.3 $\pm$ 1.10	4.7 $\pm$ 4.62	6 $\pm$ 3.32	12 $\pm$ 7.99	9.3 $\pm$ 4.70	3.7 $\pm$ 2.84
Prec	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
Nebu	3	3	3	3	4	5	2	4	4	3	2	4

### Data Analysis

The relative abundance of bird species was discriminated for each of the four stages of the rice cycle through the formula:  $N_i * 100 / N_t$ , where  $N_i$  = abundance of each species,  $N_t$  = total abundance of the sample. The mean abundance was estimated for the calculation. Data were tested for normality through Kolmogorov-Smirnov Test and homogeneity of variance through Bartlett's Test and then transformed by the function  $\ln(x + 1)$ .

Analyses used the relative abundance of bird species, arthropods families and the mean values of the environmental variables. Data were grouped according to locality and plantation stage. Analysis of Similarities (ANOSIM) assessed differences on bird composition between the localities. The Nonparametric Analysis of Variance (Kruskal-Wallis Test) complemented by Dunn's Post-Hoc Test contrasted the richness and relative abundance for both species of birds and families of arthropods. The Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) was used to verify differences between the environmental variables and the localities.

In order to investigate which factors influenced bird communities in the localities and different stages of the rice cycle, the Redundancy Analysis (RDA) was used. A preliminary

one was performed to remove collinear variables. Two subsequent related bird communities to arthropod families and to environmental variables. For the first analysis, 35 bird species were chosen, according to their trophic guild: insectivorous, carnivorous and omnivorous, which present taxa that include arthropods as the main or secondary food item in their diets. Data were centralized and standardized to meet the prerequisites (Ter Braak 1995).

The biotic variables were evaluated through a Similarity Percentage Analysis (SIMPER) with subsequent selection of those that accumulated 80% of the dissimilarity. The Monte-Carlo permutation test was performed at the end of the analyses to verify the significance of the axes through 999 permutations. All analyses followed the level of significance of 95% ( $p < 0.05$ ).

## Results

### *Birds communities*

A total of 107 bird species were registered through 24.448 contacts over an annual cycle of rice plantations in the southern Brazil, Santa Catarina State. The Analysis of Similarities (ANOSIM) indicated that the species composition among the different stages of each locality was significantly different ( $R = 0.4539$ ;  $p = 0.0001$ ).

The omnivores (65%), insectivores (15%) and granivores (14%) were the most abundant trophic guilds in all localities and the insectivores ( $n = 32$ ), omnivores ( $n = 27$ ) and carnivorous ( $n = 21$ ) were those with the highest species richness (Table 3). The stages in which each guild was most present is illustrated in Figure 2.

Table 3. Families, species and trophic guilds of bird's communities by relative abundance (Abd%) and trophic grouping (Guild) in rice fields of Itajaí, Garuva and Araranguá on the coastal plain of Santa Catarina, Brazil, during July 2015 to June 2016. Guilds: CA (carnivorous), FR (frugivorous), GR (granivorous), IN (insectivorous), NC (necrophagous), NE (nectarivorous), OM (omnivorous), PI (piscivorous). The codes are abbreviations of the name of each species.

Taxa	Code	Itajaí	Garuva	Araranguá	Guild
		Abd %	Abd %	Abd %	
Anatidae					
<i>Amazonetta brasiliensis</i> (Gmelin 1789)	Abra	1.79	1.33	1.44	OM
<i>Callonetta leucophrys</i> (Vieillot, 1816)	Cleu	0.07	-	-	ON
<i>Dendrocygna bicolor</i> (Vieillot, 1816)	Dbic	0.13	0.19	0.32	GR
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	Dvid	0.30	2.37	1.48	ON
<i>Sarkidiornis sylvicola</i> Ihering & Ihering, 1907	Ssyl	0.01	-	-	ON

Taxa	Code	Itajaí	Garuva	Araranguá	Guild
		Abd %	Abd %	Abd %	
<b>Anhimidae</b>					
<i>Chauna torquata</i> (Oken. 1816)	Ctor	-	-	0.01	ON
<b>Ciconiidae</b>					
<i>Ciconia maguari</i> (Gmelin. 1789)	Cmag	0.01	-	0.12	CA
<i>Mycteria americana</i> Linnaeus. 1758	Mame	-	-	0.06	PI
<b>Phalacrocoracidae</b>					
<i>Phalacrocorax brasilianus</i> (Gmelin. 1789)	Pbra	-	0.18	-	PI
<b>Ardeidae</b>					
<i>Ardea alba</i> (Linnaeus. 1758)	Aalb	0.30	0.56	0.58	PI
<i>Ardea cocoi</i> (Linnaeus. 1766)	Acoc	0.02	0.04	-	PI
<i>Botaurus pinnatus</i> (Wagler. 1829)	Bpin	-	0.01	0.01	CA
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus. 1758)	Bibi	0.31	0.12	1.26	IN
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus. 1758)	Bstr	0.19	0.16	0.12	CA
<i>Egretta caerulea</i> (Linnaeus. 1758)	Ecae	-	0.05	-	CA
<i>Egretta thula</i> (Molina. 1782)	Ethu	0.84	1.22	1.59	PI
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus. 1758)	Nnyc	0.04	0.02	0.08	PI
<i>Syrigma sibilatrix</i> (Temminki. 1824)	Ssib	0.27	0.60	0.32	CA
<i>Tigrisoma lineatum</i> (Boddaert. 1783)	Tlin	0.01	-	-	CA
<b>Threskiornithidae</b>					
<i>Phimosus infuscatus</i> (Lichtenstein. 1823)	Pinf	4.83	3.56	5.85	ON
<i>Platalea ajaja</i> (Linnaeus. 1758)	Paja	0.03	-	0.01	ON
<i>Plegadis chihi</i> (Vieillot. 1817)	Pchi	18.69	8.02	12.42	CA
<i>Theristicus caudatus</i> (Boddaert. 1783)	Tcau	0.15	0.13	0.19	CA
<b>Cathartidae</b>					
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus. 1758)	Caur	-	0.07	-	NC
<i>Cathartes burrovianus</i> Cassin. 1845	Cbur	-	0.04	-	NC
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein. 1793)	Contr	1.23	0.77	0.04	NC
<b>Accipitridae</b>					
<i>Circus buffoni</i> (Gmelin. 1788)	Cbuf	0.07	0.02	0.07	CA
<i>Elanoides forficatus</i> (Linnaeus. 1758)	Efor	-	0.04	-	CA
<i>Buteogallus meridionalis</i> (Latham. 1790)	Bmer	0.06	0.07	0.07	CA
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin. 1788)	Rmag	0.39	0.19	0.29	CA
<b>Aramidae</b>					
<i>Aramus guarauna</i> (Linnaeus. 1766)	Agua	0.03	0.01	0.04	CA
<b>Raliidae</b>					
<i>Aramides cajaneus</i> (Statius Muller. 1776)	Acaj	0.08	0.04	0.03	ON
<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstei. 1818)	Ggal	0.01	0.17	0.03	ON
<i>Porphyrio martinica</i> (Linnaeus. 1766)	Pmar	0.01	-	-	ON
<b>Charadriidae</b>					
<i>Charadrius semipalmatus</i> (Bonaparte. 1825)	Csem	-	-	0.17	IN
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina. 1782)	Vchi	26.78	19.62	33.27	CA
<b>Recurvirostridae</b>					
<i>Himantopus melanurus</i> Vieillot. 1817	Hmel	3.24	4.72	4.08	CA
<b>Scolopacidae</b>					
<i>Gallinago paraguayiae</i> (Vieillot. 1816)	Gpar	0.04	0.11	0.17	IN
<i>Tringa flavipes</i> (Gmelin. 1789)	Tfla	0.20	-	-	IN
<i>Tringa melanoleuca</i> (Gmelin. 1789)	Tmel	0.54	0.39	1.21	CA
<b>Jacaniidae</b>					
<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus. 1766)	Jjac	0.55	1.46	0.11	ON
<b>Columbidae</b>					
<i>Columbina picui</i> (Temminck. 1813)	Cpic	-	-	0.03	GR
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck. 1811)	Ctal	1.59	0.94	0.63	GR
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck. 1813)	Ppic	2.14	2.43	0.32	GR
<b>Cuculidae</b>					
<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus. 1752)	Cani	0.90	0.19	1.08	IN
<i>Guira guira</i> (Gmelin. 1788)	Ggui	2.71	0.62	2.54	CA
<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus. 1766)	Pcay	0.02	0.02	0.04	IN

Taxa	Code	Itajaí	Garuva	Araranguá	Guild
		Abd %	Abd %	Abd %	
<b>Strigidae</b>					
<i>Athene cunicularia</i> (Molina. 1782)	Acun	0.06	-	-	CA
<b>Apodidae</b>					
<i>Chaetura meridionalis</i> Hellmayr. 1907	Cmer	-	-	0.07	IN
<i>Streptoprocne zonaris</i> (Shaw. 1796)	Szon	-	0.07	0.10	IN
<b>Trochilidae</b>					
<i>Amazilia versicolor</i> (Vieillot. 1818)	Aver	0.01	-	-	NE
<b>Alcedinidae</b>					
<i>Chloroceryle amazona</i> (Latham. 1790)	Cama	-	0.02	-	PI
<i>Megaceryle torquata</i> (Linnaeus. 1766)	Mtor	0.02	0.07	0.01	PI
<b>Picidae</b>					
<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot. 1818)	Ccam	0.11	0.14	0.37	IN
<b>Falconidae</b>					
<i>Caracara plancus</i> (Miller. 1777)	Cpla	0.28	0.23	0.18	ON
<i>Falco femoralis</i> Temminck. 1822	Ffem	-	0.01	-	CA
<i>Falco sparverius</i> Linnaeus. 1758	Fspa	0.03	0.02	0.04	CA
<i>Herpethotes cachinnans</i> (Linnaeus. 1758)	Hcac	0.04	-	-	CA
<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot. 1816)	Mchi	0.08	0.29	0.11	ON
<i>Milvago chimango</i> (Vieillot. 1816)	Mchy	0.09	0.02	0.08	CA
<b>Psittacidae</b>					
<i>Diopsittaca nobilis</i> (Linnaeus. 1758)	Dnob	-	0.33	-	FR
<b>Thamnophilidae</b>					
<i>Thamnophilus ruficapillus</i> (Vieillot. 1816)	Truf	0.01	-	-	IN
<b>Furnariidae</b>					
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i> (Gmelin. 1788)	Ccin	0.09	0.12	0.12	IN
<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin. 1788)	Fruf	0.37	0.24	0.40	IN
<b>Tyrannidae</b>					
<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck. 1824)	Cobs	0.02	-	-	IN
<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	Efla	0.21	0.07	0.01	ON
<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot. 1818)	Evar	0.01	-	-	IN
<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot. 1819)	Mrix	0.01	0.01	-	IN
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus. 1766)	Mpit	-	-	0.01	IN
<i>Myiozetetes similis</i> (Spix. 1825)	Msim	0.01	0.01	-	ON
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus. 1766)	Psul	1.29	1.71	2.28	ON
<i>Todirostrum cinereum</i> (Linnaeus. 1766)	Tcin	0.12	-	-	IN
<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot. 1819)	Tyme	0.15	0.24	-	IN
<i>Tyrannus savana</i> (Vieillot. 1808)	Tsav	0.11	0.17	0.17	IN
<i>Xolmis irupero</i> (Vieillot. 1823)	Xiru	-	-	0.10	IN
<b>Vireonidae</b>					
<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin. 1789)	Cguj	0.02	-	-	IN
<i>Vireo olivaceus</i> Swainson. 1837	Voli	0.04	0.11	-	IN
<b>Corvidae</b>					
<i>Cyanocorax caeruleus</i> (Vieillot. 1818)	Ccae	-	0.07	-	ON
<b>Hirundinidae</b>					
<i>Hirundo rustica</i> Linnaeus. 1758	Hrus	-	0.19	-	IN
<i>Progne tapera</i> (Vieillot. 1817)	Ptap	0.53	1.88	1.03	IN
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot. 1817)	Pcya	3.17	5.00	3.12	IN
<i>Tachycineta albiventer</i> (Boddaert. 1783)	Talb	-	0.05	-	IN
<i>Tachycineta leucorrhoa</i> (Vieillot. 1817)	Tleu	0.16	0.14	0.19	IN
<b>Troglodytidae</b>					
<i>Troglodytes musculus</i> (Naumann. 1823)	Tmus	0.19	0.10	0.12	IN
<b>Turdidae</b>					
<i>Turdus amaurochalinus</i> (Cabanis. 1850)	Tama	0.01	-	-	ON
<i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot. 1818)	Truf	-	0.02	-	ON
<b>Motaciliidae</b>					
<i>Anthus lutescens</i> (Pucheran. 1855)	Alut	0.47	1.16	2.04	IN
<b>Emberizidae</b>					

Taxa	Code	Itajaí	Garuva	Araranguá	Guild
		Abd %	Abd %	Abd %	
<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller. 1829)	Zcap	0.10	0.08	-	GR
Parulidae					
<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe. 1830)	Bcul	0.02	-	-	IN
<i>Geothlypis aequinoctialis</i> (Gmelin. 1789)	Gaeq	0.07	0.05	-	IN
Icteridae					
<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot. 1819)	Cruf	0.20	-	3.85	ON
<i>Gnorimopsar chopi</i> (Vieillot. 1819)	Gcho	-	0.27	-	ON
<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin. 1789)	Mbon	2.50	14.26	1.88	ON
<i>Sturnella superciliaris</i> (Bonaparte. 1850)	Ssup	10.93	8.63	4.19	ON
Thraupidae					
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	Cfla	-	0.02	-	ON
<i>Dacnis nigripes</i> Pelzeln. 1856	Dnig	0.02	-	-	FR
<i>Tachyphonus cristatus</i> (Linnaeus. 1766)	Tcri	0.01	-	-	IN
<i>Ramphocelus bresilius</i> (Linnaeus. 1766)	Rbre	0.01	0.01	-	FR
<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus. 1766)	Sfla	6.48	9.98	5.97	GR
<i>Sicalis luteola</i> (Sparman. 1789)	Slut	0.01	0.31	-	GR
<i>Sporophila caerulescens</i> (Vieillot. 1823)	Scae	0.03	0.01	-	GR
<i>Sporophila lineola</i> (Linnaeus. 1758)	Slin	-	0.02	-	GR
<i>Tangara cyanocephala</i> (Statius Muller. 1776)	Tcya	0.01	-	-	ON
<i>Thraupis sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	Tsay	0.11	0.06	0.01	FR
<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus. 1766)	Vjac	0.98	0.24	0.28	GR
Estrildidae					
<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus. 1758)	East	2.07	2.93	3.15	GR
Passeridae					
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus. 1758)	Pdom	0.06	0.11	0.03	ON
Total	-	100	100	100	-
Guilds					
	Code	Itajaí Abd %	Garuva Abd %	Araranguá Abd %	
Carnivorous	CA	4.96	1.50	4.67	
Frugivorous	FR	0.13	0.38	0.01	
Granivorous	GR	11.93	16.96	10.37	
Insectivorous	IN	12.19	17.12	17.20	
Necrophagous	NE	1.59	0.88	0.04	
Nectarivorous	NC	0.010	0.000	0.000	
Omnivorous	ON	67.91	60.80	65.39	
Piscivorous	PI	1.23	2.16	2.26	
Total	-	100	100	100	-
Richness	-	83	79	64	-

Itajaí was the locality with the highest number of species ( $n = 83$ ) and the highest total contribution in relative abundance (36.5% of individuals). The most abundant were *Vanellus chilensis* (carnivorous, 27%), *Plegadis chihi* (carnivorous, 19%) and *Sturnella superciliaris*

(omnivorous, 11%) (Table 3). *Garuva* presented 79 species and 33.9% of the relative abundance. *Vanellus chilensis* (20%), *Molothrus bonariensis* (omnivorous, 14%), *Sicalis flaveola* (granivorous, 10%) integrated the most abundant taxa in this locality. Araranguá contributed with 64 species and relative abundance of 29.6% of individuals. The most abundant were *V. chilensis* (33%), *P. chihi* (12%) and *Phimosus infuscatus* (omnivorous, 6%) (Table 3).

Species richness and abundance fluctuated over the annual rice cycle. The Kruskal-Wallis Test indicated significant differences in richness between the stages among the three localities (KW = 26.17; p = 0.006). The Dunn Test showed distinction between the richness during S1 and S4 within each locality and that S1 of Itajaí and Garuva differed from S2 and S4 of Araranguá while comparing municipalities. The same analysis also showed differences in the abundances within the same locality (KW = 21.19; p = 0.03), with the Post-Hoc Test indicating distinction between S1 and S3 in Itajaí and among all stages in Garuva, while only the S3 of Araranguá presented no distinction. The comparison among localities showed that S1 and S3 from Itajaí, Garuva and Araranguá differed from each other (Fig. 3).

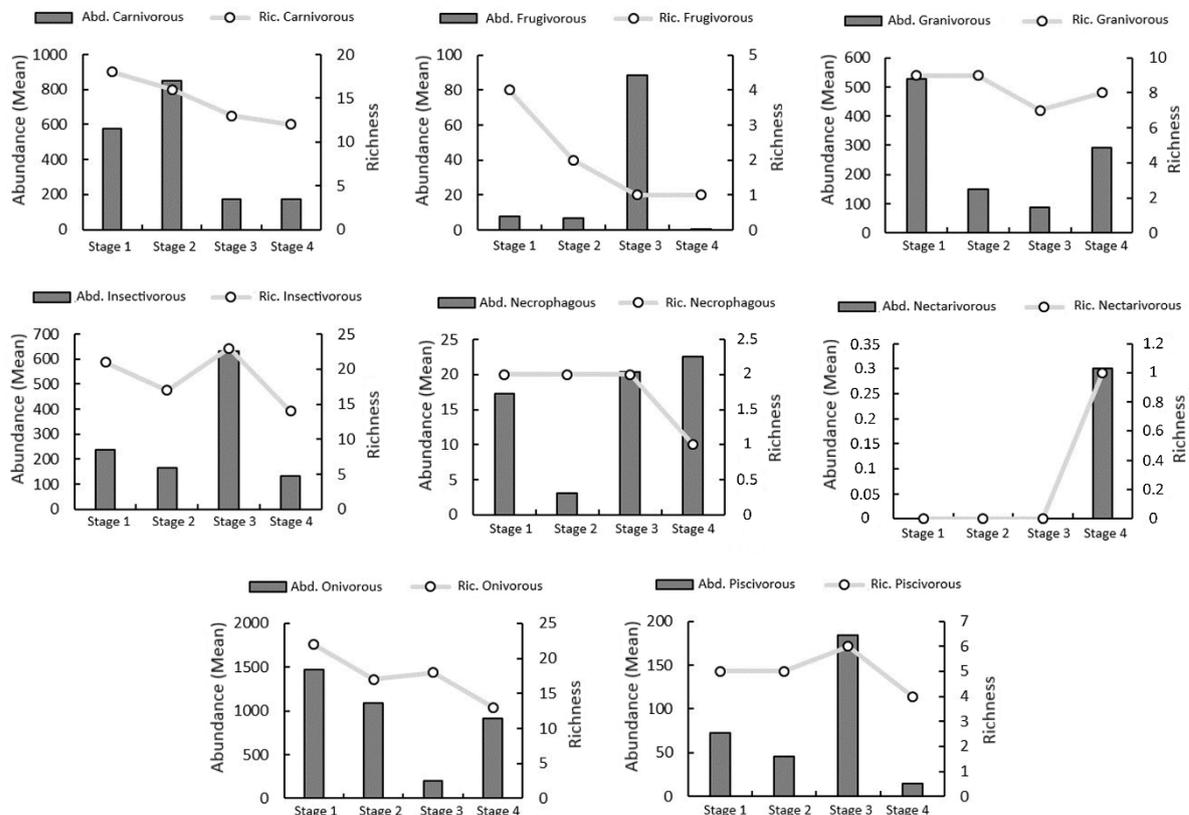


Figure 2. Relative abundance and richness of the bird species of each trophic guild separated by stage of the rice cycle (clustered localities) in the rice fields of the coastal plain of Santa Catarina, Brazil, during July 2015 to June 2016.

In general, bird richness was higher at the beginning of the cycle, during the soil tillage, sowing and vegetative phase of rice, and lower at the end of the cycle, after the second harvest and finalization of the plantation. Relative abundance was also concentrated at the beginning, with the exception of Itajaí where there was a discrepant increase of individuals in the middle of the cycle, coinciding with the period of high precipitation. For the other localities, the values decreased in the middle of the cycle and increased in the end, during the second harvest (Fig. 3).

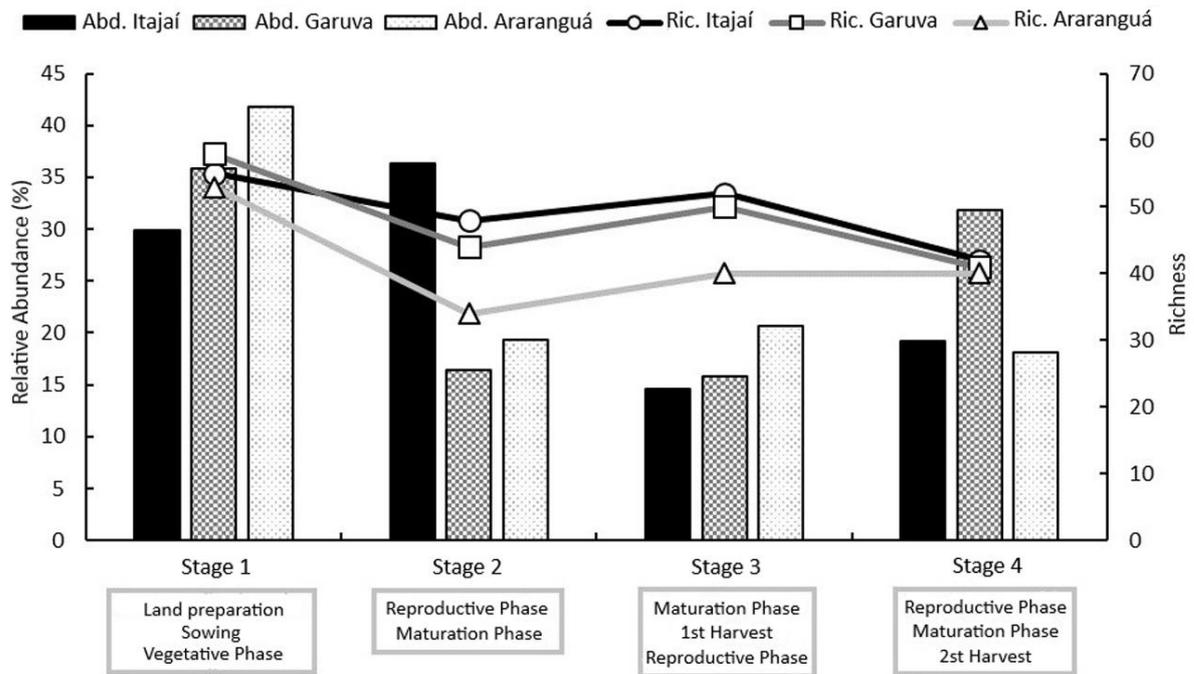


Figure 3. Fluctuation of relative abundance and bird's richness in rice plantations at each stage of the annual cycle in the coastal plain of Santa Catarina, Brazil, during July 2015 to June 2016.

### **Arthropods**

A total of 6.083 specimens of arthropods were collected, distributed in three classes, 11 orders and 68 families. Spongiphoridae (13.9%), Tetragnathidae (13.7%) and Oxyopidae (10.5%) were the most representative families in Itajaí, while Chironomidae (41.6%), Lonchaeidae (6.6%) and Cicadellidae (6%) were predominant in Garuva and Chironomidae (32.1%),

Tetragnathidae (10.4%) and Chloropidae (10.2%) were the most abundant in Araranguá (Table 4).

Table 4. Relative abundance of arthropod families associated with rice plantations in the coastal plain of Santa Catarina, Brazil, during July 2015 to June 2016. Where: Ita (Itajaí). Gar (Garuva). Ara (Araranguá). % (relative abundance). Codes are abbreviations of each family name

Classes/ Ordens/ Famílias	Cód.	Ita %	Gar %	Ara %	Classes/ Ordens/ Famílias	Cód.	Ita %	Gar %	Ara %
Arachnida					Lonchaeidae	Lonc	7.28	6.69	9.95
Araneae					Tabanidae	Taba	0.05	0	0
Araneidae	Aran	2.35	0.29	0.66	Tipulidae	Tipu	0	0.08	0
Corinnidae	Cori	0.05	0.04	0	Mycetophilidae	Myce	0	0	0
Linyphiidae	Liny	0.11	0	0.17	Hemiptera				
Lycosidae	Lyco	0.11	0	0	Largidae	Larg	0.91	0.37	0.06
Oxyopidae	Oxyo	10.54	2.37	2.16	Coreidae	Core	0.16	0.37	0
Salticidae	Salt	0.96	0.29	0.44	Rhopalidae	Rhop	0.11	0.08	0
Tetragnathidae	Tetr	13.70	3.87	10.45	Pentatomidae	Pent	3.32	0.87	3.21
Theridiidae	Ther	0.11	0.08	0.22	Delphacidae	Delp	0.05	0.08	0.11
Thomisidae	Thom	0.64	0.12	0	Miridae	Miri	1.02	0.83	3.70
Trachelidae	Trac	0	0	0.11	Alydidae	Alyd	0.11	0.75	2.21
Trechaleidae	Trec	0.11	0	0	Reduviidae	Redu	0	0	0.06
Enthognata					Homoptera				
Collembola					Cicadelidae	Cica	1.93	6.07	1.11
Entomobryidae	Ento	0.86	3.08	3.92	Cercopidae	Cerc	0.11	0.87	1.05
Insecta					Orthoptera				
Coleoptera					Acridae	Acrid	0.70	0.12	0.33
Coccinellidae	Cocc	0.54	1.08	0.50	Romalidae	Roma	0.48	0.21	0.17
Carabidae	Cara	0	0	0	Proscopiidae	Pros	0	0.04	0
Elateridae	Elat	0	0	0	Gryllidae	Gryl	0.54	0.42	0.17
Curculionidae	Curc	2.73	1.41	0.44	Tettigoniidae / Conocephalinae	Cono	9.90	4.37	3.54
Brostrichidae	Bros	0	0	0.06	Tettigoniidae / Copiphorinae	Copi	3.69	2.12	0.06
Buprestidae	Bupr	0.05	0	0	Lepidoptera				
Bruchidae	Bruc	0.48	1.25	0.94	Hesperiidae	Hesp	0.16	0.46	0.11
Chrysomelidae	Chry	0.05	0.29	0.06	Pyralidae	Pyra	1.28	0.50	0.39
Cantharidae	Cant	0.16	0	0.61	Odonata				
Melyrida	Mely	0	0.04	0.11	Coenagrionidae	Coen	0.96	0.62	0.55
Silphidae	Silp	0.21	0.62	0.77	Libellulidae	Libe	0.27	0.17	0.22
Mordellidae	Mord	0	0.42	0.22	Blattodea				
Diptera					Blattidae	Blat	0.37	0	0
Hydrophilidae	Hydr	0.16	0.12	0.06	Dermaptera				
Syrphidae	Syrp	0	0	0.22	Spongiphoridae	Spon	13.9 6	2.20	1.27
Stratiomyidae	Stra	0	0	0.06	Hymenoptera				
Muscidae	Musc	0.05	0.83	0.61	Formicidae	Form	0.32	0.91	0.94
Otitidae	Otit	0.59	0.12	0	Pergidae	Perg	0	1.62	0
Culicidae	Culi	0	1.41	0	Vespidae	Vesp	0	0.29	0.66
Bibionidae	Bibi	0	0.04	0	Pompilidae	Pomp	0	0.04	0.17
Drosophilidae	Dros	0.75	1.16	2.16	Ichneumonidae	Ichn	0.80	0.46	0.33
Chironomidae	Chir	5.03	41.66	32.12	Scoliidae	Scol	0.37	0.87	1.22
Chloropidae	Chlo	7.44	5.36	10.28	Chalcididae	Chal	0.54	0.12	0.17
Agromyzidae	Agro	2.84	1.29	0.94					

Total	100	100	100
Richness	51	54	50

The Kruskal-Wallis Test indicated that the richness and abundance of arthropod families did not show significant differences ( $KW = 7.12$ ;  $p = 0.520$  and  $KW = 12.94$ ;  $p = 0.113$ ), but the Dunn Post-Hoc Test reported differences between the S2 and S4 stages of Garuva and Araranguá, within localities and when compared. The richness of the three localities presented a discrete variation along the cycle, with the highest values right after the rice plant emerged from the soil and during its development. The relative abundance was also concentrated at the beginning of the cycle with a marked decrease in the last stage, when the final harvest occurs and plants are removed and incorporated into the soil (Fig. 4).

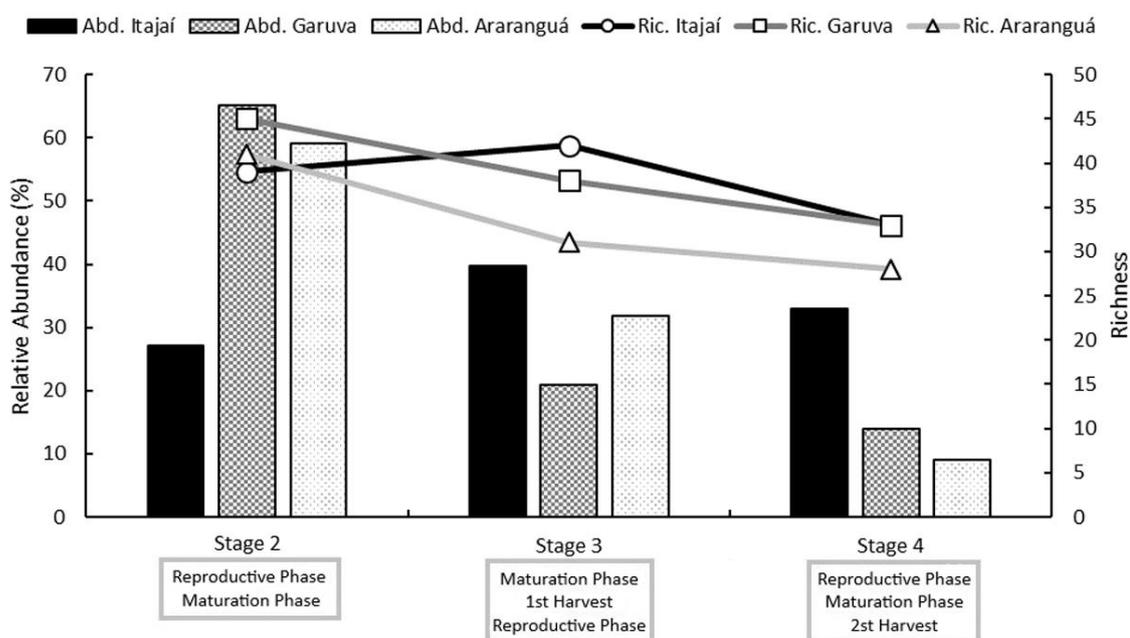


Figure 4. Quantitative fluctuation of arthropod families in rice plantations separated by stage of the cycle in the coastal plain of Santa Catarina, Brazil, during July 2015 to June 2016.

#### *Avifauna relation with arthropods and environmental variables*

The Similarity Percentage analysis (SIMPER) selected 50 bird species and 26 arthropod families as variables with explanatory capacity. Nine arthropod families were selected after the removal of collinear variables. The RDA result ( $F = 3.467$ ;  $p = 0.006$ ) was considered significant by the Monte Carlo Test.

The first two axes explained 77% of the data variation and showed a positive relation with most vectors (arthropod families) (Fig. 5, Table 4). The axis 1 (RDA 1), with 28.6% of



Figure 5. (A): Redundancy analysis (RDA) of the species of birds and arthropod families according to the stages of the rice cycle for each locality. Axis 1 (RDA 1) explained 28.6% of the variation and axis 2 (RDA 2) 48.7%. totaling 77% of explicability. The steps are coded in S1, S2, S3 and S4, where I (Itajaí), G (Garuva) and A (Araranguá). The vectors correspond to the families of arthropods. The codes of the bird species and families of arthropods are found in Table 3 and 4. (B): RDA of bird species and environmental variables according to the stages of the rice cycle of each locality. Axis 1 (RDA 1) explained 31.9% of the variation and axis 2 (RDA 2) 56.4% totaling 88.3% of explainability. The vectors correspond to the environmental variables. The codes of environmental variables and bird species are found in Tables 2 and 3.

The environmental variables that presented the highest explicability of the data were temperature, wind speed and precipitation. The strongest relations evidenced among the variables, bird species and rice cycle stages were *Butorides striata*, *Vireo olivaceus*, *Sturnella superciliaris* and *Tringa melanoleuca* (temperature, S3I); *Tyrannus savana*, *Amazonetta brasiliensis*, *Dendrocygna viduata*, *Tyrannus melancholicus*, *Tringa melanoleuca* and *Crotophaga ani* (wind speed, S2I); *Tachycineta leucorrhoa*, *Troglodytes musculus*, *Himantopus melanurus*, *Jacana jacana*, *Plegadis chihi*, *Tangara sayaca*, *Elaenia flavogaster*, *Tangara cyanocephala*, *Machetornis rixosa*, *Xolmis iruperu*, *Zonotrichia capensis*, *Ramphocelus bresilius* and *Furnarius rufus* (S1I, S2G and S2A precipitation) and *Theristicus caudatus*, *Columbina picui*, *Caracara plancus* and *Egretta thula* (cloudiness, atmospheric pressure, S4A) (Fig. 5B).

## Discussion

The high richness and abundance of birds found in the study areas was also observed in other rice fields in South America, including southern Brazil (Acosta et al. 2010) and may be related to the controlled and predictable conditions found in this type of habitat, facilitating the occurrence of different species, including migratory ones (O'Connor & Shrubbs 1986). The predominance of omnivorous and carnivorous species (including insectivores within the second group) can be explained by the abundant source of resources that rice plantations offer to these groups (Acosta et al. 2010), as verified by Dias & Burger (2005) in plantations in Rio Grande do Sul State, Brazil, where the carnivorous and insectivorous birds were also the most abundant.

Among the different stages of the rice cycle, the highest abundance of carnivores in the second and of insectivores in the third stage coincides with the periods where the rice plant growth is advanced and hosts high arthropod diversity (Stenert et al. 2012). Although omnivores were similarly distributed between stages, their abundance peak at the end of the cycle may be related to the diverse food supply at this stage when the final harvest occurs and rice grains and invertebrates are exposed (Dias & Burger 2005). During this period, it is common to observe several species following harvesting machines, presenting an opportunistic behavior. The granivorous birds presented their concentrated abundance in the first and last stages, when there is an abundant supply of rice grains, weed seeds and associated plants, scattered in the fallow period (Blanco et al. 2006).

The most abundant bird species in this study are aquatic and terrestrial taxa widely found in rice fields in southeastern and southern Brazil (Dias & Burger 2005; Menegheti & Dotto 2008; Crozariol 2008; Guadagnin et al. 2012; Branco et al. 2016). The *V. chilensis* and the *P. chihi* and *P. infuscatus* are the most commonly observed birds in other South American countries (Acosta et al. 2010). The fact that the first two species are carnivorous and the last omnivore allows them to explore the varied resources that rice fields offer throughout the year, such as aquatic and terrestrial invertebrates, fish and reptiles (Bambaradeniya et al. 2004).

The fluctuation of richness and abundance between stages of the cycle reflects the difference in microhabitats available especially at the beginning and in the end of the plantation. In the first stage, the greatest diversity of invertebrates, amphibians and fishes occurs, as well as the presence of rice grains and seeds of other associated plants before the soil is prepared (fallow period) (Bambaradeniya et al. 2004), benefiting several trophic guilds at the same time. The disparity in the abundance for the second stage in Itajaí is related to a significant volume of rainfall that occurred in the period (Ricce et al. 2016). This fact partially reproduced the conditions of the beginning of the cycle, when the rice plots are flooded (Dias & Burger 2005).

The invertebrate communities found in Garuva and Araranguá were similar to that found in other invertebrate studies in rice fields of Rio Grande do Sul State, Brazil (Sosinski & Perera 2011; Stenert et al. 2012), where there was a predominance of insects, especially Diptera of the Chironomidae family. Chironomids present high abundance in several aquatic environments because of the diet plasticity and high adaptive capacity of the family (Trivinho-Strixino & Strixino 1998; Gonçalves & Aranha 2004). In Itajaí, the highest

abundance of Insecta and Arachnida resembled the results found by Bambaradeniya et al. (2004), in Sri Lanka, where the majority of spider families was common in this study. The highest concentration of arthropod richness and abundance in the early stages of planting is a common situation in other rice paddies, especially of dipterans, which are a group of phytophagous insects that reproduce even before the planting is established (Bambaradeniya & Edirisinghe 2008), observed in Garuva and Araranguá. The temporal period when adult peaks are concentrated, between 20 to 40 d after sowing, is when the rice plants have already emerged from the soil (stage 2) (Heong et al. 1991). For Itajaí, the highest values that occurred in stage 3 can be justified by the abundant presence of arachnids, which are predators with preference for more advanced stages of the rice plant, with their peaks occurring between 50 and 90 d of the cycle (Bambaradeniya & Edirisinghe 2008).

The relations found among some insectivorous, carnivorous and omnivorous birds with the nine arthropod families in the sampled areas suggest that such birds may be using these invertebrates as food resources. *Crotophaga ani* which was more associated with spider families, and *G. guira* (spiders and Orthoptera), showed high consumption of these families in the research carried out by Reppenning et al. (2009). *Bubulcus ibis* showed a strong relation with different orders such as Diptera and Araneae, and a small one with Orthoptera, which also occurred in the study of Bachir et al. (2001). The species *C. ruficapillus*, *P. ajaja*, *C. obsoletum* and *B. striatus* that were strongly related to araneids present reports of consumption of this group of arthropods in several other studies (Fallavena 1988; del Hoyo et al. 1992; Britto & Bugoni 2015; del Hoyo et al. 2017).

The two species of the genus *Dendrocygna* (*D. bicolor* and *D. viduata*) feed mainly on plant material, but also dipterans in part of the year (Hohman et al. 1996; Petrie 2005), justifying its relation with Chironomidae found in this study. The migratory species *T. melanoleuca*, also associated with chironomids in this study, is one of shorebirds that has a wide dietary preference for dipterans, especially Chironomidae (Torres et al. 2006), where a high consumption of this family by species of the genus *Tringa* has been documented (Weber & Haig 2012). The insectivorous swallow *T. leucorrhoa* also presents high consumption of members of the order Diptera (Barrionuevo et al. 2010), which justify the relation between this species and Chironomidae in this study. Despite the median relation of *H. melanurus* and *T. musculus* with chironomids, the insect consumption of this family was recorded for two related species: *Himantopus himantopus* (Linnaeu, 1758) and *Troglodytes aedon* Vieillot 1809 (Guinan & Sealy 1986; Cuervo 2012; de Hoyo et al. 2017).

Among the birds related to the family Cicadellidae, *M. rixosa*, *F. rufus*, *T. melancholicus* and *J. jacana* presented evidences of consumption of Hemiptera in other studies (Ordano et al. 1999). *Pitangus sulphuratus* and *C. cinnamomeus*, and the aquatic birds *A. alba* and *V. chilensis*, which showed association with Orthoptera and araneids, presented diets that included these arthropods in other studies as well (del Hoyo et al. 1992; Poulin et al. 1994; Ordano et al. 1999; Lopes et al. 2005; Gantz et al. 2009; Britto & Bugoni 2015).

Rice plantations show heterogeneity throughout the year, offering different habitats as the cycle progresses, and are predictable ecosystems where the same processes are used in each annual cycle (Elphick 2000). Most species use these areas to feed and rest (Fasola & Ruiz 1996), indicating that the resource availability is one of the factors that directly influence their presence. However, to understand the structure of a community, several aspects should be considered beyond food resources, such as the influence of abiotic variables in both macro and micro scales, competition, predation, parasitism, among other factors (Dunson & Travis 1991; Townsend et al. 2006).

Most of the studies with birds in rice fields are focused in the biotic components and their influences on the species diversity (Blanco et al. 2006; Acosta et al. 2010). Even for other habitats, few studies investigate the relationships between environmental variables and their possible influences in the community structure (Branco et al. 2015). Environmental variables may influence the species distribution throughout the year, especially migratory taxa or those with specific requirements such as carnivorous and insectivorous, where the communities they feed on are equally affected by the environment (Lennon et al. 2000).

The strong association between high temperature and the presence of *B. striatus* and *A. brasiliensis* may be related to the energy accumulation before the breeding season, which usually occurs shortly after summer (Nascimento & Antas 1990; Almeida et al. 2012). The Passeriform *V. olivaceus* and the Charadriiform *T. melanoleuca* are migratory birds coming from the Northern Hemisphere in the summer season (Dott 1985; Callo et al. 2013), justifying their presence related to high temperature in this study. For *S. superciliaris*, the moderate temperature relation may occur because small birds expend more energy per mass unit for the thermoregulation process and higher temperatures favor this process (Lennon et al. 2000). In addition, this species, highly related to stage 3 of Itajaí and moderately to stage 4, where insects and grains were abundant, have those items included in its diet.

In general, high wind speed is unfavorable for small birds as it generates increased energy expenditure and heat loss (Wolf & Walsberg 1996). In the case of waterfowl and seabirds (Hunt 2001; Melo et al. 2017), it can difficult the process to capture their food. However, the relation found between *D. viduata* and *T. melanoleuca* with higher wind speeds may be associated with daily movements carried out by groups of the first species (Petrie & Rogers 1996) and migratory by the second (Dott 1985), where a higher wind speed could assist in the flight, generating less effort.

The occurrence of precipitation in rice crops is directly linked to the increase in the abundance of aquatic and terrestrial invertebrates (Stenert et al. 2012) and consequent increase in food availability for a wide variety of trophic guilds, such as insectivores, carnivores and omnivores. As observed in this study, if the rainfall volume is high, a simulation of the conditions of the beginning of the cycle (Guadagnin et al. 2012) can occur where the plots are flooded, contributing with the supply of resources. Most of the species that showed a strong relation with precipitation are part of the group of trophic guilds mentioned, justifying its association with this environmental variable.

In previous decades, researchers focused their efforts on studying mainly natural and protected areas. However, with current conditions of rapid climatic changes and transformations of natural areas for anthropic use, the focus of research has expanded to managed areas and agricultural ecosystems as they account for more than half of the earth's surface (McNeely 1995; Bambaradeniya et al. 2004). Rice plantations harbor a high diversity of birds and it is believed that these areas may act as partial substitutes for natural wetlands (Fasola & Ruiz 1996; Elphick 2000). Given this scenario, the study of biotic and abiotic factors and their relations in an ecosystem is fundamental to the knowledge of the structure of a community (Dunson & Travis 1991).

Through this work it was possible to observe that the main factors influencing the presence and distribution of the birds in the studied rice fields were associated with the availability of resources that the different stages of the plantation provide. The sampled crops presented a high number of bird species distributed in different trophic guilds, as well as migratory species, being important for the conservation of birdlife in Southern Brazil. We recommend the monitoring of rice fields through continuous studies and researching, including the investigation of the reproduction of the species at this environment.

## **Acknowledgments**

We thank CAPES for the scholarship granted to Daniela de Carvalho Melo, the Laboratory of Zoology of the Centro de Ensino em Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar of the Universidade do Vale do Itajaí for the logistical support, to Dr. Antonio Domingos Brescovit and Paulo André Margonari Goldoni for the identification of the spiders and the anonymous reviewers of this journal for the contributions.

## **Funding**

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

## **References**

- Acosta M, Mugica L, Blanco D, Lopez-Lanús B, Dias RA, Doodnath LW, Hurtado J. 2010. Birds of rice fields in the Americas. *Waterbirds*. 33(1):105-122.
- Almeida SM, Evangelista MM, Silva EJA. 2012. Nidificação colonial de *Butorides striata* (Linnaeus, 1758) (Ciconiiformes: Ardeidae) em área alagável no município de Porto Esperidião, Mato Grosso. *Pap Avulsos Zool*. 52(1):1-6.
- Altieri MA. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agric Ecosyst Environ*. 74(1-3):19-31.
- Bachir AS, Hafner H, Tourenq JN, Doumandji S, Lek S. 2001. Diet of adult cattle egrets *Bulbucus ibis* in a new north African colony (Soummam, Kabylie, Algeria): taxonomy, composition and seasonal variability. *Ardeola*. 48(2):217-223.
- Bambaradeniya CNB, Fonseka KT, Ambagahawatte CL. 1998. A preliminary study of fauna and flora of rice field in Kandy, Sri Lanka. *Biol Sci*. 25:1-22.
- Bambaradeniya CNB, Edirisinghe JP, De Silva DN, Gunatilleke CVS, Ranawana KB, Wijekoon S. 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodivers Conserv*. 13(9):1715-1753.
- Bambaradeniya CNB, Edirisinghe JP. 2008. Composition structure and dynamics of arthropod communities in rice agroecosystem. *Cey. J. Sci. (Biological Science)* 37(1):23-48.
- Barrionuevo M, Bulit F, Massoni V. 2010. Variables que afectan el peso de los huevos en la golondrina Ceja Blanca (*Tachycineta leucorrhoa*). *Hornero*. 25(1): 1-7.
- Blanco DE, López-Lanús B, Dias RA, Azpiroz A, Rilla F. (eds). 2006. Uso de arrozceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur. Implicancias de conservación y manejo. Buenos Aires (AR): Wetlands International.

- Branco JO, Keske BF, Barbieri E. 2016. Abundance and potential impact of granivorous birds on irrigated rice cultivation, Itajaí, Santa Catarina, Brazil. *Arquivos do Instituto Biológico* 83: 1-7.
- Britto VA, Bugoni L. 2015. The contrasting feeding ecology of egrets and roseate spoonbills in limnetic and estuarine colonies. *Hydrobiologia*. 744(1): 187-210.
- Callo PA, Morton ES, Stutchbury BJM. 2013. Prolonged spring migration in the Red-Eyed Vireo (*Vireo olivaceus*). *The Auk*. 130(2): 240-246.
- Crozariol MA. 2008. Aves asociadas às diferentes fases do crescimento do arroz irrigado no sudeste do Brasil. In: VM de La Balze & DE Blanco (eds) *Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur*. Buenos Aires (AR): Wetlands International. p. 1-5.
- Cuervo JJ. 2012. Cigüeñuela común - *Himantopus himantopus*. In: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Madrid (ES): Museo Nacional de Ciencias Naturales. p. 1-14.
- Czech HA, Parsons KC. 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: a review. *Waterbirds* 25(2):56–65.
- Del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J. 1992. *Handbook of the Birds of the World*. vol. 1. Barcelona (ES): Lynx Edicions.
- Del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J, Christie DA, de Juana E. *Handbook of the Birds of the World Alive* [Internet]. c.2014. Barcelona (ES): Lynx Edicions; [cited 2017 Oct 20]. Available from: <http://www.hbw.com>.
- Dias RA, Burger MI. 2005. A assembléia de aves de áreas úmidas em dois sistemas de cultivo de arroz irrigado no extremo sul do Brasil. *Ararajuba*. 13(1):63-80.
- Dott HEM. 1985. North American migrants in Bolivia. *The Condor*. 87(3):343-345.
- DuBowy PJ. 1996. Effects of water levels and weather on wintering herons and egrets. *Southwest Nat*. 41(4): 341–347.
- Dunson WA, Travis J. 1991. The Role of Abiotic Factors in Community Organization. *Am Nat*. 138(5): 1067-1091.
- Elphick CS. 2000. Functional equivalency between rice fields and seminatural wetland habitats. *Conserv Biol*. 14(1): 181–191.
- Elphick CS, Oring LW. 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter waterbird communities. *Agric Ecosyst Environ*. 94:17-29.

- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2012. Atlas climático da região sul do Brasil. Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Brasília (BR): Embrapa Informação Tecnológica.
- Epagri – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. 1998. Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina (pré-germinado). Florianópolis (BR): Epagri Sistemas de Produção.
- Erize F, Mata JRR, Rumboll M. 2006. Birds of South America: Non-Passerines (Rheas to Woodpeckers). Princeton (US): Princeton University Press.
- Fallavena MAB. 1988. Alguns dados sobre a reprodução do garibáldi, *Agelaius r. ruficapillus* (Icteridae, Aves) em lavouras de arroz no Rio Grande do Sul. Rev. Bras. Zool. 4(4):307–317.
- Fasola M, Ruiz X. 1996. The value of rice fields as substitutes for natural wetlands for waterbirds in the Mediterranean Region. Colonial Waterbirds 19: 122-128.
- Fernández HRE, Dominguez E. 2001. Guia para la determinacion de los artrópodos bentónicos sudamericanos. San Miguel de Tucumán (AR): Universidad Nacional de Tucumán.
- Fernando CH. 1993. Rice field ecology and fish culture – an overview. Hydrobiologia, 259(2):91-113.
- Gantz A, Sade S, Rau J. 2009. Winter diet and feeding preferences of the southern lapwing (*Vanellus chilensis*, Moline 1782) in pastures of southern Chile. Boletín Chileno de Ornitología 15(2): 87-93.
- Getzner M. 2002. Investigating public decisions about protecting wetlands. J. Environ. Manage. 64(3): 237-246.
- Gomes AS, Magalhães Jr AMD. 2004. Arroz Irrigado no Sul do Brasil. Florianópolis (BR): Embrapa.
- Gonçalves FB, Aranha JMR. 2004. Ocupação espaço-temporal pelos macroinvertebrados bentônicos na bacia do rio Ribeirão, Paranaguá, PR (Brasil). Acta Biol. Parana. 33(1-4):181-191.
- Guadagnin DL, Peter A, Rolon AS, Stenert C, Maltchik L. 2012. Does non-intentional flooding of rice fields after cultivation contribute to waterbirds conservation in Southern Brazil? Waterbirds 35(3):371–380.

- Guinan DM, Sealy SG. 1986. Diet of house wrens (*Troglodytes aedon*) and the abundance of the invertebrate prey in the dune-ridge forest, Delta Marsh, Manitoba. *Can J Zool.* 65:1587-1596.
- Heong KL, Aquino GB, Barrion AT. 1991. Arthropod community structures of rice ecosystems in the Philippines. *Bull Entom Res.* 81(4):407-416.
- Hohman WL, Stark TM, Moore JL. 1996. Food availability and feeding preferences of breeding Fulvous Whistling-Ducks in Louisiana Ricefields. *Wilson Bull.* 108(1):137-150.
- Huner JV, Jeske CW, Norling W. 2002. Managing agricultural wetlands for waterbirds in the coastal regions of Louisiana, U.S.A. *Waterbirds* 25(2): 66-78.
- Hunt GL. 2001. Seabird Population Dynamics. In: JH Steele, SA Thorpe & KK Turekian (eds) *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Academic Press. p. 2660-2663.
- Johns AD. 1991. Responses of Amazonian rain forest birds to habitat modification. *J Trop Ecol* 7(4):417-437.
- Lawler SP. 2001. Rice fields as temporary wetlands: a review. *Isr J Zool.* 47(4):513–528.
- Lennon JJ, Greenwood JJD, Turner JRG. 2000. Bird diversity and environmental gradients in Britain: a test of the species-energy hypothesis. *J Animal Ecol.* 69: 581-598.
- Link D. 1995. Danos causados pelo pássaro-preto *Molothrus bonariensis* (Aves, Icteridae) em arroz irrigado, em Santa Maria–RS. *Lavoura Arrozeira* 48:29–30.
- Lopes LE, Fernandes AM, Marini MA. 2005. Diet of some Atlantic Forest birds. *Ararajuba.* 13(1): 95-103.
- Lopretto ECE, Tell, G. 1995. *Ecosistemas de aguas continentales. Métodos para su estudio.* La Plata (AR): Ediciones Sur.
- Maltchik L. 2003. Three new wetlands inventories in Brazil. *Interciencia.* 28(7):421-423.
- Melo DC, Ferreira AP, Campoe MC, Araújo SA, Lacerda LLV, Branco JO. 2017. Influência meteorológica em população de *Sula leucogaster* (Aves, Sulidae) do Arquipélago de Moleques do Sul, sul do Brasil. *Neotrop Biol Conserv.* 12(1):59-67.
- Menegheti JO, Dotto JC. 2008. Aves aquáticas e costeiras em arrozais interiores do sul do Brasil. In: VM de La Balze & DE Blanco (eds) *Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur.* Buenos Aires (AR): Wetlands International. p. 1-8.
- Merritt RWE, Cummins KW. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America.* Dubuque (US): Kendall/Hunt Publishing Company.

- Mitsch WJ, Gosselink JG. 2000. Wetlands. New Jersey (US): John Wiley and Sons.
- Nascimento JLX, Antas PTZ. 1990. Análise dos dados de anilhamento de *Amazonetta brasiliensis* no Brasil. *Ararajuba* 1:85-90.
- Noldin JA, Eberhardt DS. 2005. A realidade ambiental e a lavoura orizícola brasileira. In: Anais do 4<sup>a</sup> Congresso Brasileiro de arroz irrigado. Santa Maria (RS): Editora Orium. p. 612-621.
- O'Connor RJ, Shrubbs M. 1986. Farming and Birds. Cambridge (UK): Cambridge Univ. Press.
- Ordano M, Bosisio A, Boscarol B, Beltzer A, Amsler GP. 1999. Stomach contents of thirty-six bird species from northern Argentina. *Revista Ceres* 46(267):555-563.
- Petrie SA, Rogers KH. 1996. Activity budget of breeding white-faced whistling ducks *Dendrocygna viduata* on stock-ponds in semi-arid South Africa, and a comparison with north-temperate waterfowl. *S. Afr. J. Wildl. Res.* 27:79-85.
- Petrie SA. 2005. Spring body condition, moult status, diet and behaviour of white-faced whistling ducks (*Dendrocygna viduata*) in northern South Africa. *Afr. Zool.* 40(1):83-92.
- Poulin B, Lefebvre G, McNeil R. 1994. Diets of land birds from Northeastern Venezuela. *The Condor* 96(2):354-367.
- Qian H. 2010. Environment-richness relationships for mammals, birds, reptiles and amphibians at global and regional scales. *Ecol. Res.* 25(3):629-637.
- Reed TE, Wanless S, Harris MP, Frederiksen M, Kruuk LEB, Cunningham EJA. 2006. Responding to environmental change: plastic responses vary little in a synchronous breeder. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 273(1602):2713-2719.
- Remsen JV Jr, Areta JJ, Cadena CD, Claramunt S, Jaramillo A, Pacheco JF, Pérez-Emán J, Robbins MB, Stiles FG, Stotz DF, Zimmer KJ. A classification of the bird species of South America [Internet]. c. 2017. Illinois (US): American Ornithologists' Union; [cited 2017 sep 4]. Available from: <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>.
- Repenning M, Passo HCP, Rossoni JR, Krugel MM, Fontana CS. 2009. Análise comparativa da dieta de quatro espécies de cucos (Aves: Cuculidae), no sul do Brasil. *Zoologia* 26(3): 443-453.
- Ricce WS, Padrão GA, Trabaquini K, Alves JR, Reiter JMW. 2016. Estimativas de perdas na agricultura por chuvas excessivas no Alto Vale do Rio Itajaí em 2015. *Agropecuária Catarinense* 29(2): 42-45.

- Sigrist T. 2007. Guia de campo: aves do Brasil Oriental. Vinhedo (BR): Avis Brasilis.
- Sosbai - Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. 2016. Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. XXXI Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 10-12 de agosto, Bento Gonçalves, RS, Brasil. Santa Maria (BR): Sociedade Brasileira de Arroz Irrigado.
- Sosinski LTW, Perera MB. 2011. Levantamento da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos em Lavouras de Arroz Irrigado. Pelotas (BR): Embrapa Clima Temperado.
- Stenert C, Maltchik L, Rocha O. 2012. Diversidade de invertebrados aquáticos em arrozais no Sul do Brasil. *Neotrop. Biol. Conserv.* 7(1): 67-77.
- Ter Braak, C. J. F. 1995. Ordination. In: *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge (UK): Camb. Univ. Press. p. 91-173.
- Torres M, Quinteros Z, Takano F. 2006. Variación Temporal de la Abundancia y Diversidad de Aves Limícolas en el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, Lima – Perú. *Ecologia Aplicada*. 5(1-2): 119-125.
- Townsend CR, Begon M, Harper JL. 2006. *Fundamentos da Ecologia*. 2 ed. São Paulo (BR): Artmed.
- Trivinho-Strixino S, Strixino G. 1998. *Goeldichironomus neopictus*, a new species from the Southeast of Brazil: description and bionomic information (Insecta, Diptera, Chironomidae). *Spixiana*. 21(3):271–278.
- Weber LM, Haig SM. 2012. Shorebird diet and size selection on Nereid Polychaetes in South California coastal diked wetlands. *J Field Ornithol.* 68:358-366.
- Wolf BO, Walsberg GE. 1996. Thermal effects of radiation and wind on a small bird and implications for microsite selection. *Ecology*. 77(7):2228-2236.

### **CAPÍTULO 3**

Formato da revista Ornitología Neotropical

#### **ANÁLISE COMPARATIVA DA AVIFAUNA ASSOCIADA AOS CULTIVOS INORGÂNICO E ORGÂNICO DO ARROZ IRRIGADO NA PLANÍCIE COSTEIRA DE SANTA CATARINA. BRASIL.**

**Daniela de Carvalho Melo<sup>1\*</sup>. Alvino Pedrosa Ferreira<sup>1</sup>. Joaquim Olinto Branco<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de  
São Carlos. CP 676. 13565-905. São Carlos. São Paulo.**

**<sup>2</sup> Centro de Ensino em Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar - Universidade Vale do Itajaí.**

CP 360. 88301-970. Itajaí. Santa Catarina.

\* Correspondência: [danycmpf@gmail.com](mailto:danycmpf@gmail.com)

AVIFAUNA EM ARROZ AIS NO SUL DO BRASIL

**Abstract** Rice plantations are wetlands that have been modified for agricultural use. Birds are a group of organisms commonly associated with the annual rice cycle, using these areas primarily for foraging and resting. Few studies have investigated the relationship between birds and rice fields, as well as their relationship with the arthropods present. Two rice fields were sampled in the municipality of Araranguá, south of Santa Catarina, Brazil, one inorganic and one organic between July 2015 to June 2016, from 07:00 to 10:00, monthly. As of October 2015, arthropods were collected with the aid of a capture net (puçá). The analyzes used Kruskal-Wallis, Anova, Anosim, Simper and RDA. The level of significance was  $p < 0,05$ . A total of 61 bird species were recorded through 9,424 observations. The most present orders were Passeriformes, Pelecaniformes and Charadriiformes, with the most abundant guilds being omnivorous and carnivorous and the richest, insectivorous and omnivorous. The organic cultivation presented predominance of terrestrial birds and the inorganic of aquatic birds, Richness, abundance, diversity and equitability were superior in organic cultivation, including the presence of one species of high sensitivity and two more migratory species. A total of 1,812 arthropods were collected from 53 families, In the organic area 1,120 individuals were captured and in the inorganic 692. The RDA indicated the relationships between bird species and arthropod families, being distinct between the two areas. It is concluded that organic cultivation was able to sustain greater biodiversity and become more important for the conservation of species.

**Key-words:** aquatic birds, arthropods, rice fields, organic plantation, ordination

**Análise comparativa da avifauna associada aos cultivos inorgânico e orgânico do arroz irrigado na planície costeira de Santa Catarina, Brasil**

**Resumo** Plantações de arroz são áreas úmidas que foram modificadas para uso agrícola. As aves são um grupo de organismos comumente associados ao ciclo anual do arroz, utilizando essas áreas principalmente para forrageio e descanso. Poucos estudos investigaram a relação entre as aves e os arrozais, assim como sua relação com os artrópodes presentes. Diante disso foram amostradas duas lavouras de arroz no município de Araranguá, sul de Santa Catarina, Brasil, uma de cultivo inorgânico e outra orgânico entre julho de 2015 a junho de 2016, das 07:00 as 10:00, mensalmente. A partir de outubro de 2015 foram coletados artrópodes com auxílio de rede de captura (puçá). As análises usaram Kruskal-Wallis, Anova, Anosim, Simper e RDA. O nível de significância foi  $p < 0,05$ . Ao todo 61 espécies de aves foram registradas através de 9,424 observações. As ordens mais presentes foram Passeriformes, Pelecaniformes e Charadriiformes, com as guildas mais abundantes sendo onívoros e carnívoros e as mais raras, insetívoros e onívoros. O cultivo orgânico apresentou predominância de aves terrestres e o inorgânico de aves aquáticas. A riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade foram superiores no cultivo orgânico, incluindo a presença de uma espécie de sensibilidade alta e duas migratórias a mais. Foram coletados 1,812 exemplares de artrópodes distribuídos em 53 famílias. Na área orgânica 1,120 indivíduos foram capturados e na inorgânica 692. A RDA indicou as relações existentes entre as espécies de aves e as famílias de artrópodes, sendo distintas entre as duas áreas. Conclui-se que o cultivo orgânico foi capaz de sustentar maior biodiversidade e torna-se mais importante para a conservação das espécies.

## INTRODUÇÃO

Áreas úmidas naturais são habitats importantes do ponto de vista conservacionista, pois abrigam elevada biodiversidade, no entanto, são muito propensas a degradação por atividades antrópicas (Dugan 1990, Elphick 2000). No último século, mais da metade dessas áreas desapareceram ao redor do mundo (Finlayson & Davidson 1999) para acomodar a necessidade de desenvolvimento antrópico através da urbanização e agricultura, como as plantações de arroz (Czech & Parsons 2002). Embora os arrozais sejam áreas úmidas agrícolas, oferecem habitats temporários a uma grande variedade de espécies, diferente de outros tipos de lavouras que diminuem drasticamente a biodiversidade original (Fasola & Brangi 2010).

Devido ao fato de grande parte dos ecossistemas naturais continuarem sendo substituídos (Parsons et al, 2010), o papel da agricultura na conservação da biodiversidade vem sendo avaliado (Maeda 2001). No passado, o desenvolvimento agrícola era considerado como elemento oposto e irreconciliável com a conservação, mas diversos estudos têm demonstrado que lavouras agrícolas podem atuar como abrigo para muitas espécies que perderam seus habitats originais (Sauls 2007). Esse fato foi constatado especialmente na associação entre aves e plantações de arroz (Czech & Parsons 2002). Esse tipo de cultivo apresenta elevado potencial em substituir parcialmente áreas úmidas naturais, por permanecer alagado parte do ano e atuar como locais de forrageio, descanso e reprodução (Fasola & Ruíz 1996, Elphick 2000, Parsons et al, 2010, Guadagnin et al, 2012).

Diversos outros organismos são encontrados em estreita relação com os arrozais, como os répteis, peixes, anfíbios e invertebrados (Lawler 2001, Bambaradeniya et al, 2004). Dentre os invertebrados, a presença dos artrópodes influencia a composição das comunidades de aves ao longo do ano, atuando como potenciais presas e beneficiando especialmente as aves insetívoras (Elphick & Oring 2003, Bambaradeniya et al, 2004).

As plantações de arroz, geralmente utilizam diversos métodos de controles das pragas, como no manejo inorgânico que demanda a aplicação consistente de defensivos agrícolas, para obter elevada produtividade (Parsons et al, 2010). Enquanto no cultivo orgânico emprega-se um manejo mais sustentável, procurando equilibrar os aspectos econômicos e ambientais ao utilizar adubação natural e controle biológico de pragas (SOSBAI 2016). O tipo de manejo nas lavouras de arroz irrigado influencia diretamente a biodiversidade associada, onde o uso indiscriminado de pesticidas apresenta grandes riscos à biota, como mortalidade de aves submetidas a concentrações elevadas desses produtos químicos (Parsons et al, 2010).

A associação das aves com as plantações de arroz e as diferenças entre os tipos de manejos na composição das espécies ainda é pouco estudada no mundo (Parsons et al, 2010). No Brasil, em especial na região sul, os estudos são concentrados no Estado do Rio Grande do Sul (Dias & Burger 2005, Menegethi & Dotto 2008, Guadagnin et al, 2012), com apenas um estudo preliminar em Santa Catarina (Branco et al, 2016), e todos realizados em áreas de cultivo inorgânico. Portanto, buscou-se responder se existem diferenças nas comunidades de aves entre uma plantação de arroz inorgânica e orgânica, assim como nas comunidades de artrópodes e evidenciar a correlação entre esses dois táxons, de acordo com cada tipo de cultivo. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo analisar a avifauna nas plantações de arroz irrigado inorgânico e orgânico em Araranguá, no sul da planície costeira de Santa Catarina, caracterizando sua riqueza, composição específica, abundância, frequência de ocorrência, similaridade, diversidade e equitabilidade, assim como a correlação existente entre as aves e os artrópodes.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

O Estado de Santa Catarina é o 2º produtor nacional de arroz com 150,000 ha distribuídos em 83 municípios, abrangendo a planície costeira (norte, centro e sul) e Alto Vale do Itajaí. Na região sul são cultivados 90,000 ha (SOSBAI 2016). O sistema de cultivo empregado na maioria das lavouras é o tradicional inorgânico e irrigado, utilizando grãos pré-germinados na semeadura.

As lavouras inorgânicas de arroz, geralmente se localizam nas proximidades de rios, e sistematicamente utilizam fertilizantes nitrogenados, inseticidas, herbicidas e fungicidas (EPAGRI 1998, Noldin & Eberhardt 2005). No sul do Estado, alguns produtores adotam o cultivo orgânico semelhante ao anterior no uso da água e semente, mas sem produtos químicos sintéticos no manejo. Várias práticas alternativas são empregadas, como adubação verde, incorporação de resíduos orgânicos ao solo, rotação de culturas com plantas leguminosas, rizipiscicultura e controle biológico com marreco-de-pequim (*Anas platyrhynchos domesticus* Linnaeus, 1758). Essa ave é introduzida nas lavouras orgânicas no período da entressafra e se alimenta do percevejo-do-colmo (*Tibraca limbativentris*), um inseto-praga muito comum, assim como elimina ervas-espontâneas como o arroz-vermelho e arroz preto (*Oryza sativa* L.), capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) e grama-boiadeira (*Luziola peruviana*) (SOSBAI, 2016).

Este estudo foi realizado em duas lavouras de arroz irrigado: uma de cultivo inorgânico e outra orgânico, do município de Araranguá (28°55'40,16"S, 49°29'29,08" W), região Sul da planície costeira do Estado (Figura 1). A lavoura inorgânica pertence a diferentes produtores particulares, enquanto que a orgânica se encontra dentro da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI. As duas áreas distam em torno de 4 km entre si. O clima predominante na região é o subtropical úmido, sem estação seca, com temperaturas médias anuais entre 24° e 14°C (Embrapa 2012).

Os dois formatos de cultivo possuem dinâmicas distintas ao longo do ano em suas plantações. A lavoura inorgânica iniciou a semeadura dos grãos em setembro/15, realizando a colheita da 1ª safra em março/16 e encerrou com a 2ª safra em junho/16 (Figura 2A). Já a plantação orgânica iniciou em novembro/15 e finalizou com uma única safra em abril/16 (Figura 2B). Foi utilizado na entressafra o marreco-de-pequim como controle biológico, quando as aves forrageiam sobre sementes de ervas daninhas e insetos pragas (SOSBAI 2016).

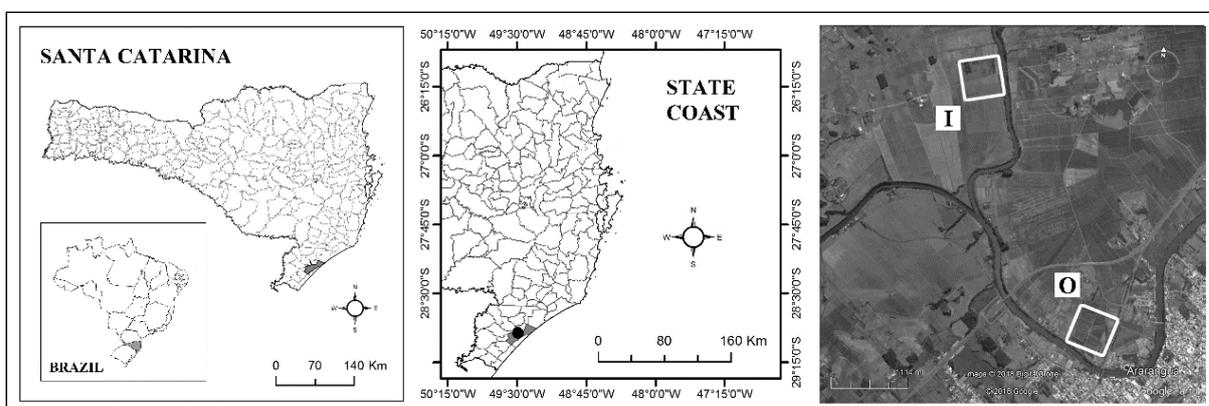


Figura 1. Áreas de plantação de arroz irrigado estudadas no município de Araranguá, planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016. Onde I: quadros de arroz inorgânico, O: quadros de arroz orgânico, Fonte: Google Earth 2017.

## Metodologia

A coleta de dados ocorreu entre o período de julho/2015 a junho/2016 durante um ciclo anual das plantações de arroz irrigado inorgânico e orgânico em Araranguá, SC. Foram realizadas amostragens mensais, em dias distintos entre as plantações, das 07:00 - 10:00h através do percurso de transectos lineares, cobrindo uma área de 100 ha em cada área por amostragem. O ciclo anual de cultivo nas lavouras foi dividido em quatro etapas (três meses

por etapa) procurando padronizar a coleta dos dados, fases do arroz e processos envolvidos (Tabela 1).

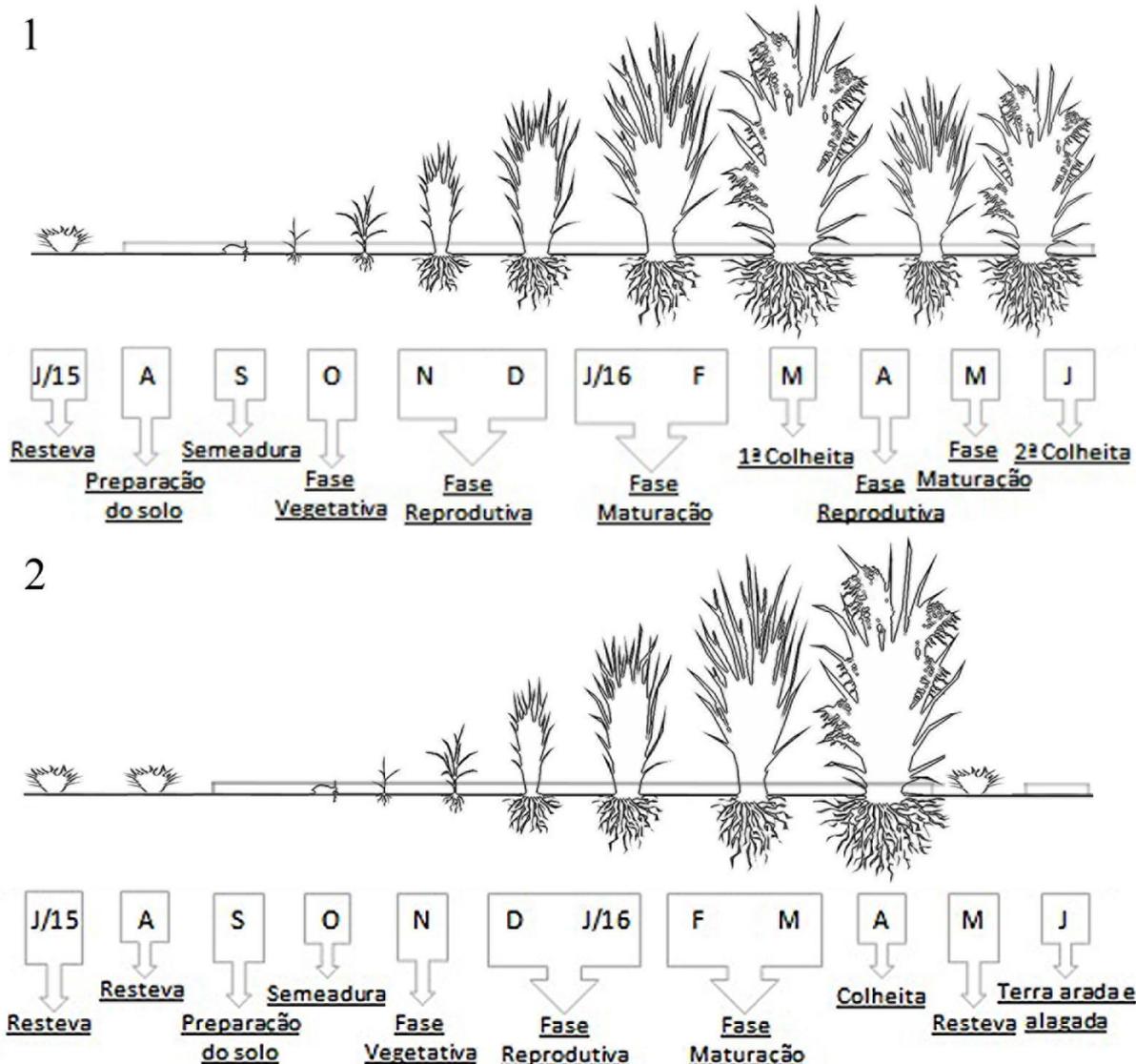


Figura 2. Descrição das fases do arroz e processos envolvidos em um ciclo anual de arroz irrigado em plantação inorgânica (1) e orgânica (2) localizadas no município de Araranguá, planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante julho/2015 a junho/2016.

Tabela 1: Etapas, processos e fases do ciclo anual de arroz irrigado nas plantações inorgânica e orgânica do município de Araranguá, na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, de acordo com SOSBAI (2016),

Plantação Inorgânica		
Etapas	Processos e Fases	Descrição
	Preparação do solo	Planagem e alagamento do solo
1	Semeadura	Inserção de grãos pré-germinados de <i>Oriziasativa</i>
	Fase Vegetativa	Desenvolvimento da semente e emergência da radícula (30 dias)
2	Fase Reprodutiva	Desenvolvimento completo da plântula e auto-fecundação (90 dias)
	Fase Maturação	Desenvolvimento completo do grão e formação da panícula (100 dias)
	Fase Maturação	Desenvolvimento completo do grão e formação da panícula (110 dias)
3	1ª Colheita	1ª safra de grãos maduros, arroz cortado em torno de 50 cm (120 dias)
	Fase Reprodutiva	(30 dias)
	Fase Reprodutiva	(50 dias)
4	Fase Maturação	(80 dias)
	2ª Colheita	2ª safra, corte total da planta e resteva incorporada ao solo (90 dias)
Plantação Orgânica		
Etapas	Processos e Fases	Descrição
	Resteva	Resquícios da plantação anterior incorporada ao solo
1	Resteva	Resquícios da plantação anterior incorporada ao solo
	Preparação do solo	Planagem e alagamento do solo
	Semeadura	Inserção de grãos pré-germinados de <i>Oriziasativa</i>
2	Fase Vegetativa	Desenvolvimento da semente e emergência da radícula (30 dias)
	Fase Reprodutiva	Desenvolvimento completo da plântula e auto-fecundação (80 dias)
	Fase Reprodutiva	Desenvolvimento completo da plântula e auto-fecundação (90 dias)
3	Fase Maturação	Desenvolvimento completo do grão e formação da panícula (100 dias)
	Fase Maturação	Desenvolvimento completo do grão e formação da panícula (110 dias)
	Colheita	Safra de grãos maduros, arroz cortado até a base (120 dias)
4	Resteva	Resquícios do arroz cortado
	Solo arado	Resteva incorporada

As espécies de aves foram registradas com auxílio de binóculo 10x50 e identificação de vocalizações. Foram contabilizados os indivíduos avistados nos quadros de arroz, assim

como aqueles que sobrevoaram as plantações e pousaram em árvores do entorno. Os táxons foram identificados através de guias de campo (Erize et al, 2006, Sigrist 2007), com taxonomia, sistemática e status de ocorrência de acordo com o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (Piacentini et al, 2015).

Em cada localidade realizou-se a coleta de artrópodes nos quadros de arroz com o auxílio de um puçá de 30 cm de diâmetro e 60 cm de bolsa. A amostragem desse grupo foi realizada entre outubro/15 e junho/16, período que a plântula de arroz já emergiu do solo possibilitando a varredura com puçá. Os exemplares capturados foram acondicionados em potes catalogados e conservados com álcool sendo posteriormente identificados em laboratório até o nível de família, de acordo com Zucchi (1995) e Rafael et al, (2012).

### **Análise de dados**

Os dados foram apresentados discriminados de acordo com as quatro etapas do ciclo anual dos dois tipos de cultivo do arroz. A abundância das espécies foi considerada como o número médio de registros de cada uma, de forma total para cada área e etapa do ciclo. A frequência de ocorrência relativa (%) foi calculada pela fórmula:  $FO = N_{di} * 100 / N_{td}$ , em que FO = frequência de ocorrência relativa (%),  $N_{di}$  = número de amostras em que a espécie “i” foi observada e  $N_{td}$  = número total de amostras (12 meses). A partir da frequência de ocorrência, as espécies foram separadas nas categorias: ocasional (1 a 4 meses - abaixo de 40% das amostragens), sazonal (5 a 9 meses – entre 40% e 74%), regular (9 a 12 meses – entre 75% a 100%) (BRANCO et al, 2016). A diversidade e equitabilidade das comunidades de aves foram calculadas a partir dos índices de Shannon-Wiener e Pielou.

A composição das espécies de aves nas modalidades de plantio foi contrastada através da Análise de Similaridade (ANOSIM), análise também empregada para comparar as famílias

de artrópodes entre os cultivos. Os dados de abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade das espécies foram submetidos aos testes de normalidade de Bartlett e homogeneidade das variâncias de Levene. Para os artrópodes, apenas a abundância e a riqueza foram testadas, Análises de Variância Paramétrica (ANOVA) e Não Paramétrica (Kruskal-Wallis) com seus respectivos testes de Post-Hoc foram empregadas para comparar a abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade das comunidades de aves das duas áreas, assim como a abundância e riqueza para as famílias de artrópodes.

Com o intuito de investigar a influência das famílias de artrópodes nas comunidades de aves de cada tipo de cultivo e entre as diferentes etapas do ciclo do arroz foram empregadas duas Análises de Redundância (RDA), sendo uma delas contrastando as espécies de aves com as famílias de artrópodes do cultivo inorgânico e a outra do orgânico. Para atender aos pré-requisitos da RDA os dados foram transformados em logaritmo natural ( $\ln(x+1)$ ), centralizados e padronizados (Ter Braak 1995). As variáveis bióticas foram avaliadas através de uma Análise de Porcentagem de Similaridades (SIMPER) com posterior seleção daquelas que acumularam até 80% da diferença de dissimilaridade. Para ambas as áreas, após a triagem inicial feita pela SIMPER, foram selecionadas as espécies de aves que possuem em sua dieta invertebrados como item principal ou secundário, principalmente artrópodes. Uma RDA preliminar foi realizada para verificar se existiam variáveis colineares e estas foram retiradas da análise final. O teste de permutação de Monte-Carlo foi realizado ao final das análises para verificar a significância dos eixos através de 999 permutações, Todas as análises seguiram o nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ).

## **RESULTADOS**

### **Comunidade de aves dos cultivos inorgânico e orgânico**

Nas plantações de arroz irrigado inorgânica e orgânica de Araranguá foram registradas 61 espécies de aves integrantes de 13 ordens e 26 famílias, através de 9,424 observações ao longo do ciclo anual de arroz. As ordens mais representativas nos dois cultivos foram os Passeriformes (37,74%), Pelecaniformes (18,87%), Charadriiformes (11,32%), seguido das famílias Tyrannidae - Ardeidae (11,48%) e Anatidae (6,56%). As guildas tróficas mais abundantes, em geral foram os Onívoros (53,87%) e Carnívoros (30,19%), enquanto que as que apresentaram a maior riqueza de espécies foram Insetívoros (n = 21 espécies) e Onívoros (n = 15). A Análise de Similaridades (ANOSIM) indicou que a composição das espécies entre as diferentes etapas do ciclo de arroz de cada tipo plantio foi significativamente diferente (R = 0,2943; p = 0,0009) (Tabela 2).

Tabela 2: Ordens, famílias, espécies, guildas tróficas (Guilda), frequência de ocorrência (Ocor) e sensibilidade (Sens) das comunidades de aves por abundância média (Abd) em arrozais de Araranguá, transecto inorgânico (Ino) e orgânico (Org) na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho 2015 a junho 2016. Guildas: CA (carnívoro), FR (frugívoro), GR (granívoro), IN (insetívoro), NC (necrófago), ON (onívoro), PI (piscívoro). As espécies marcadas com asterisco são exclusivas, onde \*<sup>1</sup> = inorgânico e \*<sup>2</sup> = orgânico. Os códigos são abreviações do nome de cada espécie.

Espécies	Código	Ino	Org	Guilda	Ocor	Sens
		Abd	Abd			
<b>Anseriformes</b>						
<b>Anatidae</b>						
<i>Amazonetta brasiliensis</i> (Gmelin 1789)	Abra	1,42	13,00	ON	RE	L
<i>Dendrocygna autumnalis</i> (Linnaeus, 1758)* <sup>2</sup>	Daut	-	0,25	ON	OC	L

Espécies	Código	Ino	Org	Guilda	Ocor	Sens
		Abd	Abd			
<i>Dendrocygna bicolor</i> (Vieillot, 1816)	Dbic	1,75	0,50	GR	OC	L
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	Dvid	2,08	59,08	ON	AS	L
<b>Ciconiiformes</b>						
<b>Ciconiidae</b>						
<i>Ciconia maguari</i> (Gmelin, 1789)	Cmag	0,42	0,08	CA	OC	L
<i>Mycteria americana</i> Linnaeus, 1758* <sup>1</sup>	Mame	0,33	-	PI	OC	L
<b>Pelecaniformes</b>						
<b>Ardeidae</b>						
<i>Ardea alba</i> (Linnaeus, 1758)	Aalb	1,50	1,08	PI	RE	L
<i>Ardea cocoi</i> (Linnaeus, 1766)* <sup>2</sup>	Acoc	-	0,08	PI	OC	L
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	Bibi	1,17	0,50	IN	AS	L
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758)	Bstr	0,42	0,17	CA	OC	L
<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	Ethu	5,00	2,50	PI	RE	L
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	Nnyc	0,08	0,08	PI	OC	L
<i>Syrigma sibilatrix</i> (Temminck, 1824)	Ssib	0,25	0,67	CA	AS	M
<b>Threskiornithidae</b>						
<i>Phimosus infuscatus</i> (Lichtenstein, 1823)	Pinf	10,25	11,33	ON	RE	M
<i>Platalea ajaja</i> (Linnaeus, 1758)* <sup>2</sup>	Paja	-	1,00	ON	OC	M
<i>Plegadis chihi</i> (Vieillot, 1817)	Pchi	45,25	21,33	CA	RE	L
<b>Cathartiformes</b>						
<b>Cathartidae</b>						
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)* <sup>2</sup>	Catr	-	0,25	NC	OC	L
<b>Accipitriformes</b>						
<b>Accipitridae</b>						
<i>Circus buffoni</i> (Gmelin, 1788)* <sup>1</sup>	Cbuf	0,25	-	CA	OC	M
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	Rmag	0,33	0,58	CA	RE	L

Especies	Código	Ino	Org	Guilda	Ocor	Sens
		Abd	Abd			
<b>Gruiformes</b>						
<b>Aramidae</b>						
<i>Aramus guarauna</i> (Linnaeus, 1766)* <sup>1</sup>	Agua	0,17	-	CA	OC	M
<b>Raliidae</b>						
<i>Aramides cajaneus</i> (Statius Muller, 1776)* <sup>2</sup>	Acaj	-	0,17	ON	OC	H
<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstei, 1818)* <sup>2</sup>	Ggal	-	23,58	ON	RE	L
<i>Pardirallus sanguinolentus</i> (Swainson, 1837)* <sup>2</sup>	Psan	-	0,67	CA	OC	?
<b>Charadriiformes</b>						
<b>Charadriidae</b>						
<i>Charadrius semipalmatus</i> (Bonaparte, 1825)* <sup>2</sup>	Csem	-	11,17	IN	OC	L
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	Vchi	64,58	30,50	ON	RE	L
<b>Recurvirostridae</b>						
<i>Himantopus melanurus</i> Vieillot, 1817	Hmel	16,25	25,58	CA	RE	L
<b>Scolopacidae</b>						
<i>Gallinago paraguaiiae</i> (Vieillot, 1816)* <sup>1</sup>	Gpar	0,08	-	IN	OC	L
<i>Tringa flavipes</i> (Gmelin, 1789)* <sup>2</sup>	Tfla	-	1,67	IN	OC	L
<i>Tringa melanoleuca</i> (Gmelin, 1789)	Tmel	4,67	20,58	CA	OC	L
<b>Jacanidae</b>						
<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766)	Jjac	0,42	26,58	ON	RE	L
<b>Columbiformes</b>						
<b>Columbidae</b>						
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1811)	Ctal	0,50	0,17	GR	AS	L
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	Ppic	0,08	5,33	GR	AS	M
<b>Cuculiformes</b>						
<b>Cuculidae</b>						
<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus, 1752)	Cani	0,08	0,33	IN	OC	L

Espécies	Código	Ino	Org	Guilda	Ocor	Sens
		Abd	Abd			
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	Ggui	2,50	1,22	CA	AS	L
<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus, 1766)* <sup>1</sup>	Pcay	0,17	-	IN	OC	L
<b>Apodiformes</b>						
<b>Apodidae</b>						
<i>Chaetura meridionalis</i> Hellmayr, 1907* <sup>1</sup>	Cmer	0,42	-	IN	OC	L
<b>Piciformes</b>						
<b>Picidae</b>						
<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot, 1818)	Ccam	0,50	0,17	IN	OC	L
<b>Falconiformes</b>						
<b>Falconidae</b>						
<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	Cpla	0,25	0,08	ON	OC	L
<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	Mchi	0,42	0,50	ON	OC	L
<b>Passeriformes</b>						
<b>Furnariidae</b>						
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i> (Gmelin, 1788)* <sup>2</sup>	Ccin	-	1,67	IN	AS	M
<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	Fruf	0,42	1,08	IN	AS	L
<b>Tyrannidae</b>						
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)* <sup>2</sup>	Mpit	-	0,17	IN	OC	L
<i>Myiophobus fasciatus</i> (Statius Muller, 1776)* <sup>2</sup>	Mfas	-	0,17	IN	OC	?
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	Psul	2,17	13,83	ON	RE	L
<i>Pyrocephalus rubinus</i> (Boddaert, 1783)* <sup>2</sup>	Prub	-	0,08	IN	OC	?
<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)* <sup>2</sup>	Tyme	-	0,25	IN	OC	L
<i>Tyrannus savana</i> (Vieillot, 1808)	Tsav	0,50	0,33	IN	OC	L
<i>Xolmis irupero</i> (Vieillot, 1823)* <sup>1</sup>	Xiru	0,33	-	IN	OC	L
<b>Hirundinidae</b>						
<i>Progne tapera</i> (Vieillot, 1817)	Ptap	4,50	4,50	IN	AS	L

Especies	Código	Ino	Org	Guilda	Ocor	Sens
		Abd	Abd			
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817)	Pcya	7,08	15,33	IN	RE	L
<i>Tachycineta leucorrhoa</i> (Vieillot, 1817)* <sup>1</sup>	Tleu	0,17	-	IN	OC	L
<b>Troglodytidae</b>						
<i>Troglodytes musculus</i> (Naumann, 1823)	Tmus	0,42	0,08	IN	OC	L
<b>Motaciliidae</b>						
<i>Anthus lutescens</i> (Pucheran, 1855)	Alut	8,83	2,00	IN	RE	L
<b>Icteridae</b>						
<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	Cruf	8,75	80,42	ON	OC	L
<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	Mbon	0,92	158,17	ON	AS	L
<i>Sturnella superciliaris</i> (Bonaparte, 1850)	Ssup	2,17	5,92	ON	AS	L
<b>Thraupidae</b>						
<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	Sfla	4,92	5,50	GR	AS	L
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	Tsay	0,08	0,25	FR	OC	L
<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	Vjac	0,67	0,92	GR	AS	L
<b>Cardinalidae</b>						
<i>Piranga flava</i> (Vieillot, 1822)* <sup>2</sup>	Pfla	-	0,33	ON	OC	?
<b>Estrildidae</b>						
<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758)	East	0,50	38,83	GR	AS	L
<b>Riqueza</b>	-	46	53	-	-	-
<b>Guildas</b>		%	%			
Carnívoro	CA	23,91	18,86			
Frugívoro	FR	2,17	1,88			
Granívoro	GR	13,04	11,32			
Insetívoro	IN	32,60	30,18			
Necrófago	NE	-	1,88			
Onívoro	ON	19,56	28,30			

Piscívoro	PI	8,69	7,54
<b>Total</b>	-	<b>100</b>	<b>100</b>

No cultivo inorgânico foram observadas 46 espécies de aves através de 2,448 registros pertencentes a 12 ordens e 23 famílias, sendo oito espécies exclusivas dessa forma de cultivo (Tabela 2). As espécies mais abundantes foram todas de aves aquáticas *Vanellus chilensis* (abundância média = 64,58), *P. chihi* (45,25) e *Himantopus melanurus* Vieillot, 1817 (16,25) e *Phimosus infuscatus* (Lichtenstein, 1823) (10,25), com os picos de abundância concentrados, principalmente no início do ciclo da E1 (Figura 3). Apenas uma espécie foi migratória (*Tringa melanoleuca* (Gmelin, 1789, com 5%) e a sensibilidade prevalente foi baixa (89%), seguida pela sensibilidade média (5%) e nenhum táxon foi altamente sensível. A guilda trófica com a maior abundância foi dos Carnívoros (66,21%) dominada pela presença de *V. chilensis*, e de Insetívoros dominou em riqueza (n = 15) (Figura 4). A maioria das espécies apresentaram ocorrência ocasional (74%) e foram residentes (95%), com a minoria sendo regular (2%).

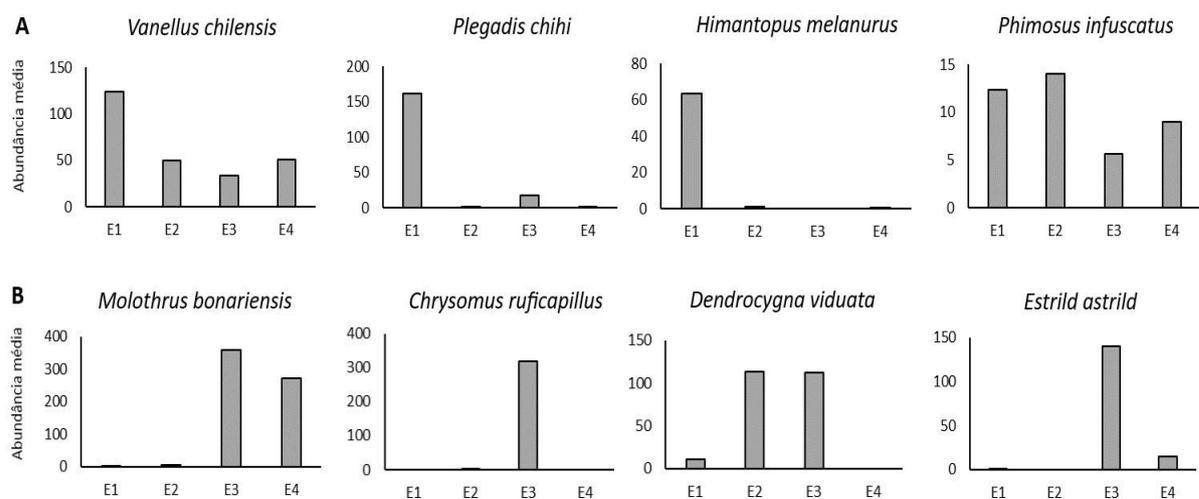


Figura 3: Abundância média das quatro espécies de aves mais representativas do cultivo inorgânico (A) e orgânico (B) separadas de acordo com cada etapa do ciclo do arroz, no

município de Araranguá, planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016.

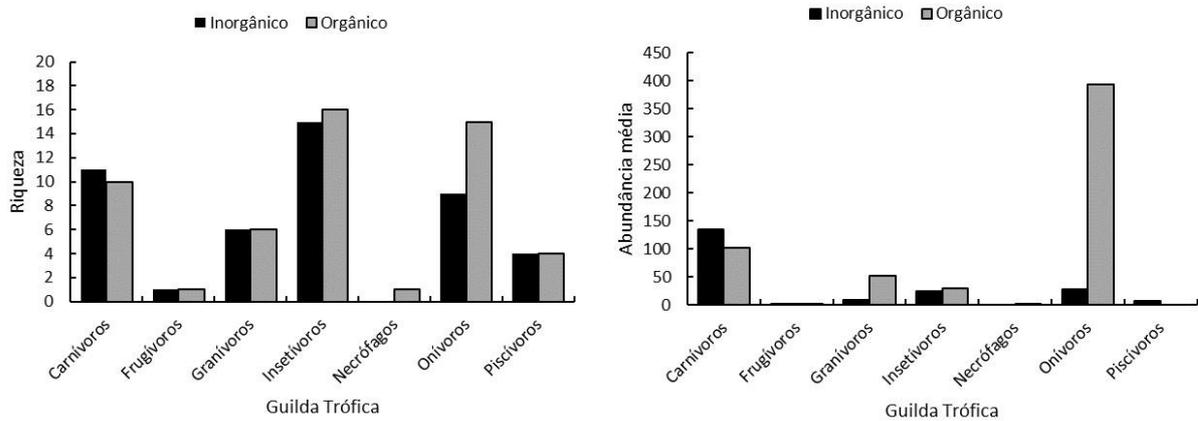


Figura 4: Riqueza e abundância média das espécies de aves de cada guilda trófica no cultivo inorgânico e orgânico no município de Araranguá, planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016.

No cultivo orgânico foram identificadas 53 espécies de aves em 6,976 observações, distribuídas em 12 ordens e 24 famílias, sendo 15 espécies exclusivas (Tabela 2). As espécies com maior abundância média, foram de aves terrestres *M. bonariensis* (158,17), *C. ruficapillus* (80,42), *Dendrocygna viduata* (Linnaeus, 1766) (59,08) e *Estrilda astrild* (Linnaeus, 1758) (38,83), onde os maiores valores ocorreram no meio do ciclo, na E3 (Figura 3). Os táxons migratórios foram *Charadrius semipalmatus* (Bonaparte, 1825) (exclusiva); *Tringa flavipes* (Gmelin, 1789) (exclusiva) e *T. melanoleuca*, com 6%). A sensibilidade baixa predominou (87%), seguida da média (11%) e uma espécie, *Aramides cajaneus* (Statius Muller, 1776) (exclusiva), apresentou nível alto de sensibilidade (2%). As guildas tróficas com maior representatividade foram a dos Onívoros em abundância (67,81%), dominada por *M. bonariensis* e *C. ruficapillus* tendo sido observadas se alimentando em grande parte de grãos

de arroz caídos no solo, e dos Insetívoros em riqueza (n = 16) (Figura 4). Aproximadamente metade das espécies ocorreram ocasionalmente (58%), com 28% sazonais e 13% regulares, sendo a maioria dos táxons residentes (94%).

### Comparações entre as comunidades

Ao longo do ciclo anual de arroz ocorreram flutuações na riqueza e abundância das espécies. Considerando a abordagem do ciclo em função das quatro principais etapas, a ANOVA indicou diferenças significativas na riqueza e abundância entre os dois cultivos ( $F = 3,283$ ;  $p = 0,0266$  e  $F = 3,347$ ;  $p = 0,0215$  respectivamente) com o teste de Post-Hoc apontando que a maior diferença na abundância ocorreu entre a E3 do cultivo orgânico e a E4 do inorgânico (Figura 5).

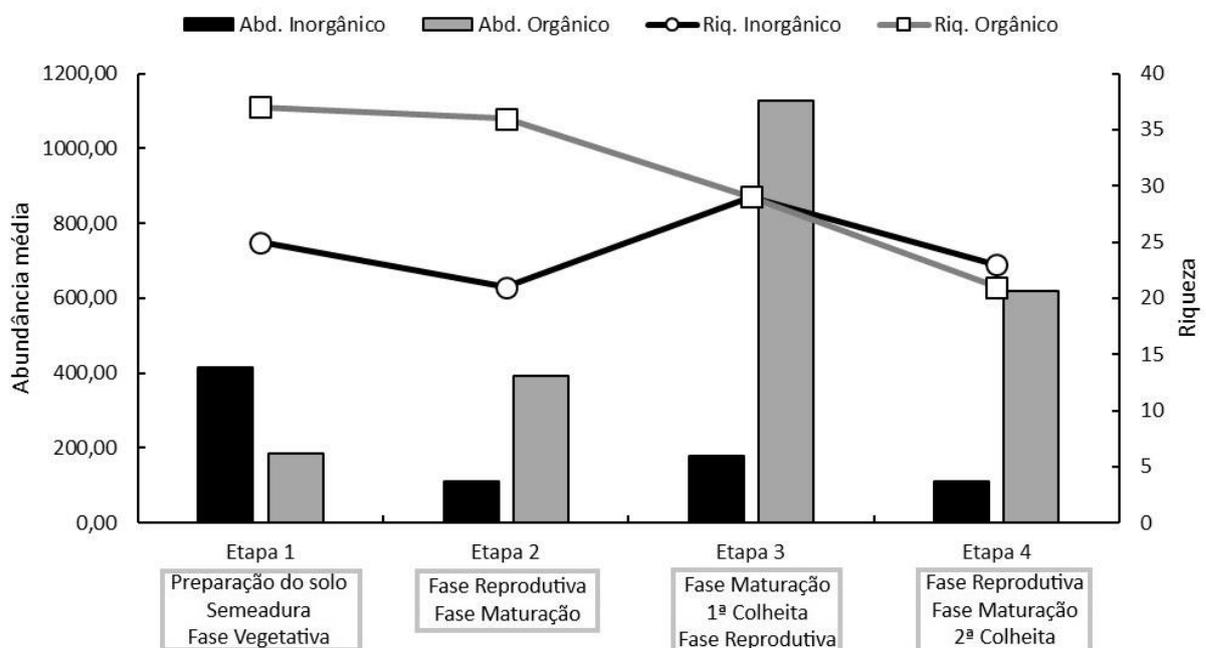


Figura 5: Flutuação da abundância média e riqueza de aves nas plantações de arroz de cultivo inorgânico e orgânico por etapa do ciclo no município de Araranguá, na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016.

A riqueza do cultivo inorgânico mostrou picos na E1 e E3 do ciclo, coincidindo com o início da plantação e a época da 1ª colheita, Já para o orgânico, as duas primeiras etapas do início do ciclo apresentaram os valores mais elevados, decaindo gradualmente. De forma geral, nas três primeiras etapas, a riqueza do cultivo orgânico foi maior do que a do inorgânico, com uma mudança discreta na E4, onde a situação foi invertida. A abundância do inorgânico concentrou-se igualmente no início e meio da plantação (E1 e E3) e para o orgânico os maiores valores ocorreram na E3 (pico) e E4, entre o meio e final do ciclo. Similarmente à riqueza, os valores médios da abundância da área orgânica superaram as da tradicional, exceto na E1 quando ocorreu o oposto (Figura 5).

A diversidade e equitabilidade das espécies nos dois tipos de cultivo apresentaram flutuações mensais refletidas em cada etapa do ciclo anual. A ANOVA não indicou diferenças significativas entre a diversidade ( $KW = 11,59$ ;  $p = 0,115$ ) e a equitabilidade ( $KW = 8,64$ ;  $p = 0,2795$ ) das plantações, mas o teste de Dunn demonstrou haver distinções entre as diversidades das duas áreas nas etapas E1 e E2 e E1 e E3, e entre a etapa E1 para a equitabilidade. Independente da etapa do ciclo, na plantação orgânica foram registrados os maiores valores de diversidade e equitabilidade, ambos concentrados no início, na E1 e E2 ( $H' = 2,33$  e  $2,38$ ;  $J' = 0,78$  e  $0,80$ ); enquanto na inorgânica ocorreram no final do ciclo, na E4 ( $H' = 1,69$ ;  $J' = 0,69$ ) (Figura 6).

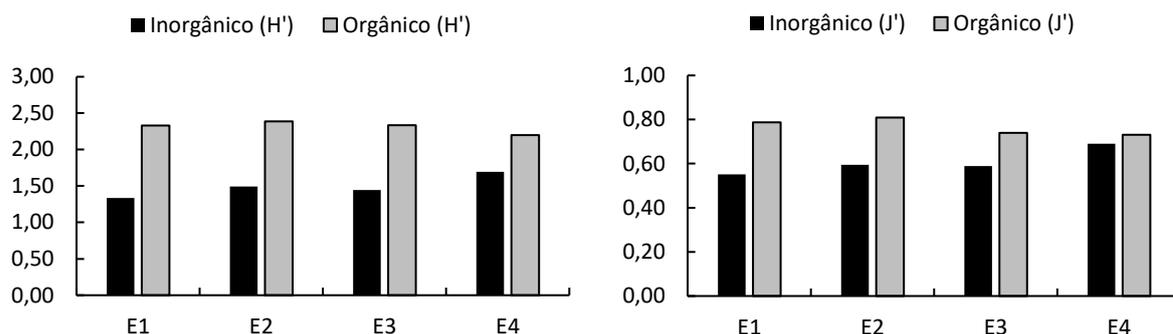


Figura 6: Diversidade e equitabilidade das aves nas plantações de acordo com a etapa do ciclo de arroz dos cultivos inorgânico e orgânico no município de Araranguá, na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016.

### Artrópodes

Foram coletados 1,812 exemplares de artrópodes, distribuídos em 11 ordens e 52 famílias, sendo 692 espécimes no cultivo inorgânico, com predominância das famílias Chironomidae (Diptera, 34,1%), Chloropidae (Diptera, 10%) e Tetragnathidae (Araneae, 9,39%), onde nove famílias foram exclusivas desse cultivo. Dos 1,120 indivíduos amostrados no orgânico, as famílias mais representativas foram Miridae (26,88%), Chloropidae (11,52%) e Spongiphoridae (10,54%), com 12 famílias exclusivas. A Análise de Similaridades (ANOSIM) indicou que a composição das famílias nas distintas etapas do ciclo de arroz entre os cultivos foi diferente ( $R = 0,4932$ ;  $p = 0,0001$ ) (Tabela 3).

Tabela 3: Abundância média das famílias de artrópodes associados às duas formas de cultivo de arroz do município de Araranguá, na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 e junho/2016, Onde: Ino (Inorgânico), Org (Orgânico). Os códigos são

abreviações do nome de cada família, As famílias com asterisco são exclusivas, onde \*<sup>1</sup> = inorgânico e \*<sup>2</sup> = orgânico.

Famílias	Cód	Ino	Org	Famílias	Cód	Ino	Org
<b>Arachinidae</b>				Lonchaeidae	Lonc	1,88	9,00
<b>Araneae</b>				Tabanidae* <sup>2</sup>	Taba	-	0,44
Araneidae* <sup>2</sup>	Aran	-	0,22	Mycetophilidae* <sup>2</sup>	Myce	-	0,33
Oxyopidae	Oxyo	1,44	1,00	<b>Hemiptera</b>			
Philodromidae* <sup>2</sup>	Phil	-	0,22	Coreidae* <sup>2</sup>	Core	-	0,33
Salticidae	Salt	0,44	0,55	Pentatomidae	Pent	1,55	2,33
Tetragnathidae	Tetr	7,22	1,22	Miridae	Miri	1,55	33,44
Theridiidae* <sup>1</sup>	Ther	0,11	-	Alydidae	Alyd	3,66	0,33
Thomisidae* <sup>2</sup>	Thom	-	0,11	Reduviidae* <sup>2</sup>	Redu	-	0,22
<b>Enthognata</b>				<b>Homoptera</b>			
<b>Collembola</b>				Cicadelidae	Cica	1,11	11,11
Entomobryidae* <sup>1</sup>	Ento	0,55	-	Cercopidae	Cerc	2,00	1,44
<b>Insecta</b>				<b>Orthoptera</b>			
<b>Coleoptera</b>				Acrididae* <sup>2</sup>	Acri	-	2,22
Coccinellidae	Cocc	0,77	0,77	Romalidae	Roma	0,44	1,88
Carabidae* <sup>2</sup>	Cara	-	0,11	Tettigoniidae / Conocephalinae	Cono	4,77	5,44
Curculionidae	Curc	0,22	2,00	Tettigoniidae / Copiphorinae	Copi	0,11	0,33
Brostrichidae* <sup>1</sup>	Bros	0,11	-	<b>Odonata</b>			
Bruchidae	Bruc	1,11	0,55	Hesperiidae	Hesp	0,22	1,22
Cantharidae* <sup>1</sup>	Cant	0,55	-	Pyralidae	Pyra	0,22	1,00
Melyridae* <sup>2</sup>	Mely	-	0,22	Coenagrionidae	Coen	0,11	1,44
Silphidae	Silp	1,22	1,66	Libellulidae* <sup>1</sup>	Libe	0,77	-

Famílias	Cód	Ino	Org	Famílias	Cód	Ino	Org
Mordellidae* <sup>1</sup>	Mord	0,33	-	<b>Dermaptera</b>			
Hydrophilidae* <sup>1</sup>	Hydr	0,11	-	Spongiphoridae	Spon	3,44	13,11
Syrphidae	Syrp	0,88	0,66	<b>Hymenoptera</b>			
Stratiomyidae	Stra	0,11	0,11	Formicidae	Form	1,11	0,55
<b>Diptera</b>				Pergidae* <sup>2</sup>	Perg	-	0,11
Ulididae	Ulid	0,11	0,22	Vespidae	Vesp	0,22	0,11
Culicidae* <sup>2</sup>	Culi	-	0,11	Pompilidae* <sup>1</sup>	Pomp	0,22	0,22
Drosophilidae	Dros	0,44	1,22	Ichneumonidae	Ichn	0,22	1,55
Chironomidae	Chir	26,22	10,55	Scoliidae	Scol	0,77	0,33
Chloropidae	Chlo	7,66	14,33	Chalcididae	Chal	0,33	0,22
Agromyzidae* <sup>1</sup>	Agro	2,44	-				
<b>Riqueza</b>						<b>40</b>	<b>43</b>

Não foram observadas diferenças significativas entre a riqueza e abundância das famílias de artrópodes ao longo das etapas do ciclo entre os dois cultivos (KW = 7,509; p = 0,185 e KW = 5,93; p = 0,3082), mas o teste de Post-Hoc de Dunn indicou diferenças na abundância entre as etapas E2 e E4 e E3 e E4 dos dois cultivos e na riqueza entre E3 e E4 do cultivo orgânico apenas. Os valores médios da riqueza e abundância do cultivo inorgânico flutuaram pouco entre as etapas, com discreto aumento na primeira etapa. Para a plantação orgânica, os valores variaram amplamente em todas as etapas, com os picos ocorrendo no meio do ciclo na E3, e os menores valores no final, na E4 (Figura 7).

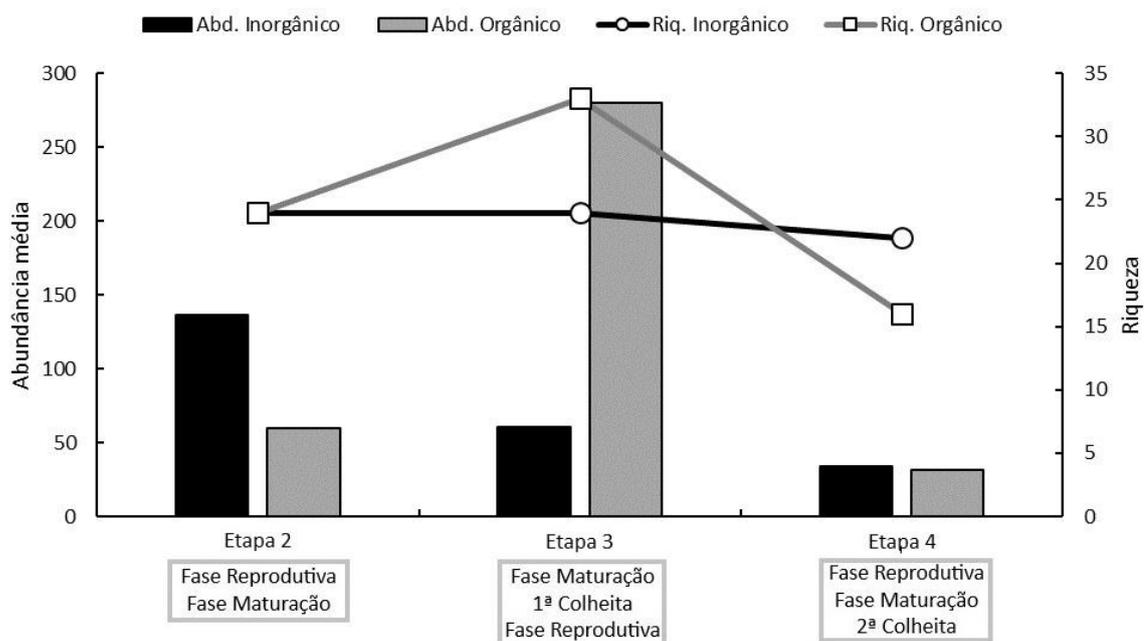


Figura 7: Flutuação quantitativa por etapa da abundância média e riqueza das famílias de artrópodes nas duas plantações de arroz do município de Araranguá, na planície costeira de Santa Catarina, Brasil, durante o período de julho/2015 e junho/2016.

### Correlação da avifauna com os artrópodes

Nas Análises de Redundância (RDA) entre as espécies de aves e famílias de artrópodes no cultivo inorgânico, os dois primeiros eixos explicaram 85,1% da variabilidade dos dados. O teste de Monte Carlo considerou esse resultado significativo ( $F = 3,364$ ;  $p = 0,0220$ ) (Figura 8), O eixo 1 (RDA 1) apresentou 30,9% de explicabilidade com relação positiva nos Alydidae, Chironomidae, Cantharidae e negativa com Cercopidae, Agromyzidae, Bruchidae, Chloropidae. O eixo 2 (RDA 2) com 54,2% de explicação se relacionou positivamente com Cercopidae, Agromyzidae, Bruchidae, Chloropidae, Alydidae e de forma negativa com Chironomidae e Cantharidae (Figura 8).

As correlações positivas entre as espécies de aves e famílias de artrópodes, juntamente com as etapas do ciclo do arroz que ocorreram, foram entre *Tyrannus savana*, *Dendrocygna*

*viduata*, *Bulbucus ibis*, *Sturnella superciliaris* e *Pitangus sulphuratus* (Alydidae, Chironomidae e Cantharidae – E2), *Chrisomus ruficapillus* e *Himatopus melanurus* apresentaram correlação mediana com as famílias Cantharidae e Chironomidae (E2), *Guira guira* e *Anthus lutescens* se relacionaram fortemente com Cercopidae, Agromyzidae, Bruchidae e Chloropidae (E3). Já as espécies *Plegadis chihi*, *Vanellus chilensis* e *Amazonetta brasiliensis* apresentaram relação moderada com as famílias anteriormente citadas, *Progne tapera* esteve fortemente relacionada com Bruchidae e Chloropidae (E3) (Figura 8).

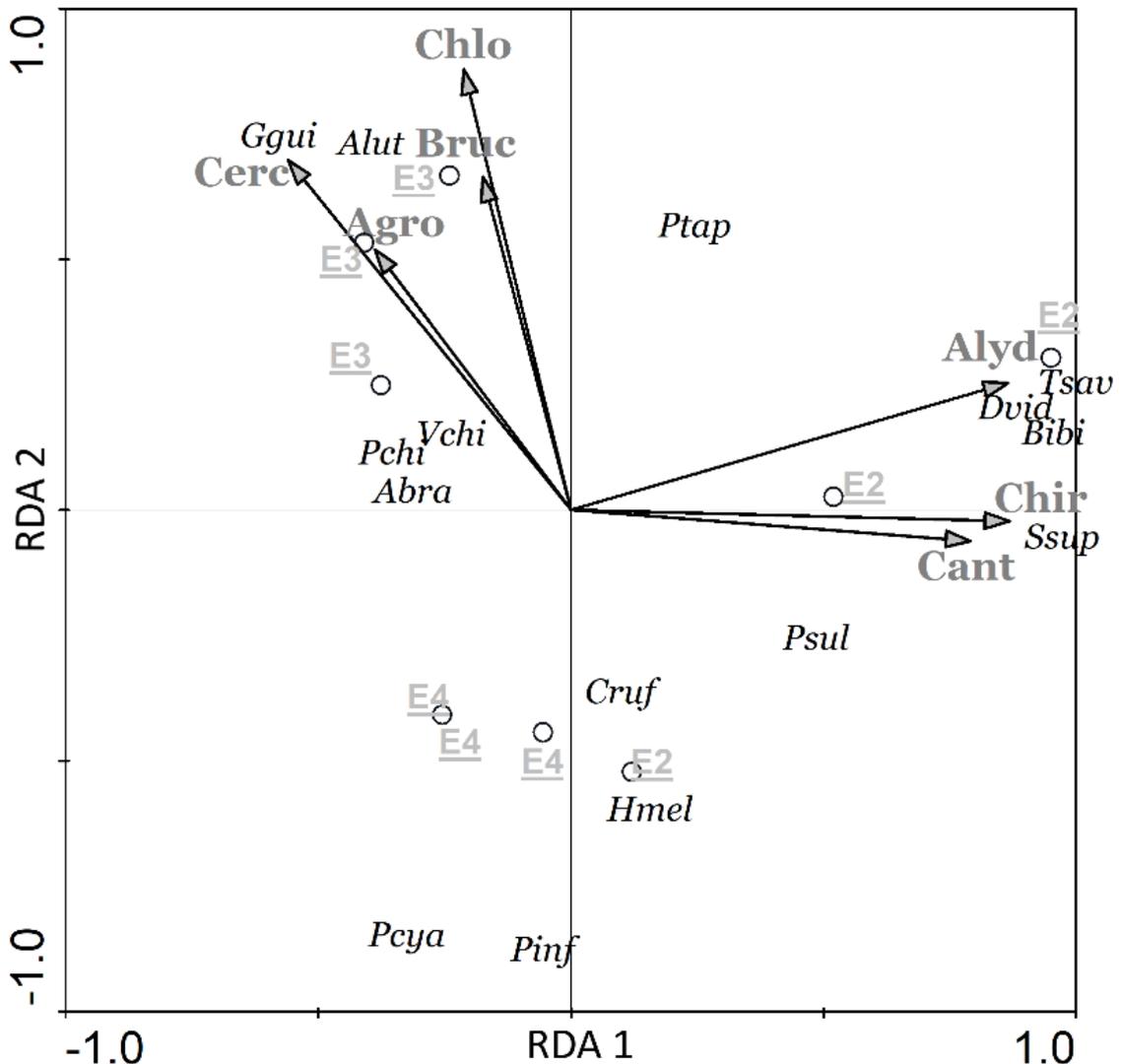


Figura 8: Análise de Redundância (RDA) das espécies de aves e famílias de artrópodes de acordo com as etapas do ciclo de arroz do cultivo inorgânico, durante o período de julho de 2015 a junho de 2016. O eixo 1 (RDA 1) explicou 30,9% da variação e o eixo 2 (RDA 2) 54,27%, totalizando 85,1% de explicabilidade. As etapas estão codificadas em E1, E2, E3 e E4, Os vetores correspondem às famílias de artrópodes. Os códigos das espécies de aves e famílias de artrópodes se encontram nas Tabelas 2 e 3.

A Análise de redundância no cultivo orgânico apresentou maior explicabilidade (97,5%) na variação dos dados, onde o eixo 1 (RDA 1) obteve 38,7% de explicação e se relacionou de forma positiva com Cercopidae, Coenagrionidae, Coccinellidae e negativa com Cicadelidae, Chironomidae e Chloropidae. O eixo 2 (RDA 2) explicou 58,8% da variação e esteve positivamente relacionado com a maioria das famílias de artrópodes, exceto com Coccinellidae. O resultado da RDA foi descrito como significativo pelo teste de Monte Carlo, onde  $F = 2,117$  e  $p = 0,0380$  (Figura 9).

A espécie *Molothrus bonariensis* se relacionou moderadamente com Cercopidae, Coenagrionidae e Coccinellidae (E3 e E4), *P. chihi* e *Jacana jacana* estiveram associadas com Coccinellidae (E4), assim como *V. chilensis* e *H. melanurus* de forma discreta, *Phimosus infuscatus*, *S. superciliaris* e *P. sulphuratus* demonstraram associação moderada com Cicadelidae e Chironomidae (E2). Por outro lado, *D. viduata*, *Pygochelidon cyanoleuca* e *P. tapera* se relacionaram fortemente com essas duas famílias (E2 e E3) e moderadamente com Chloropidae, Cercopidae e Coenagrionidae (E3), *C. ruficapillus* mostrou forte associação com Chloropidae, Cercopidae e Coenagrionidae (E3) (Figura 9).

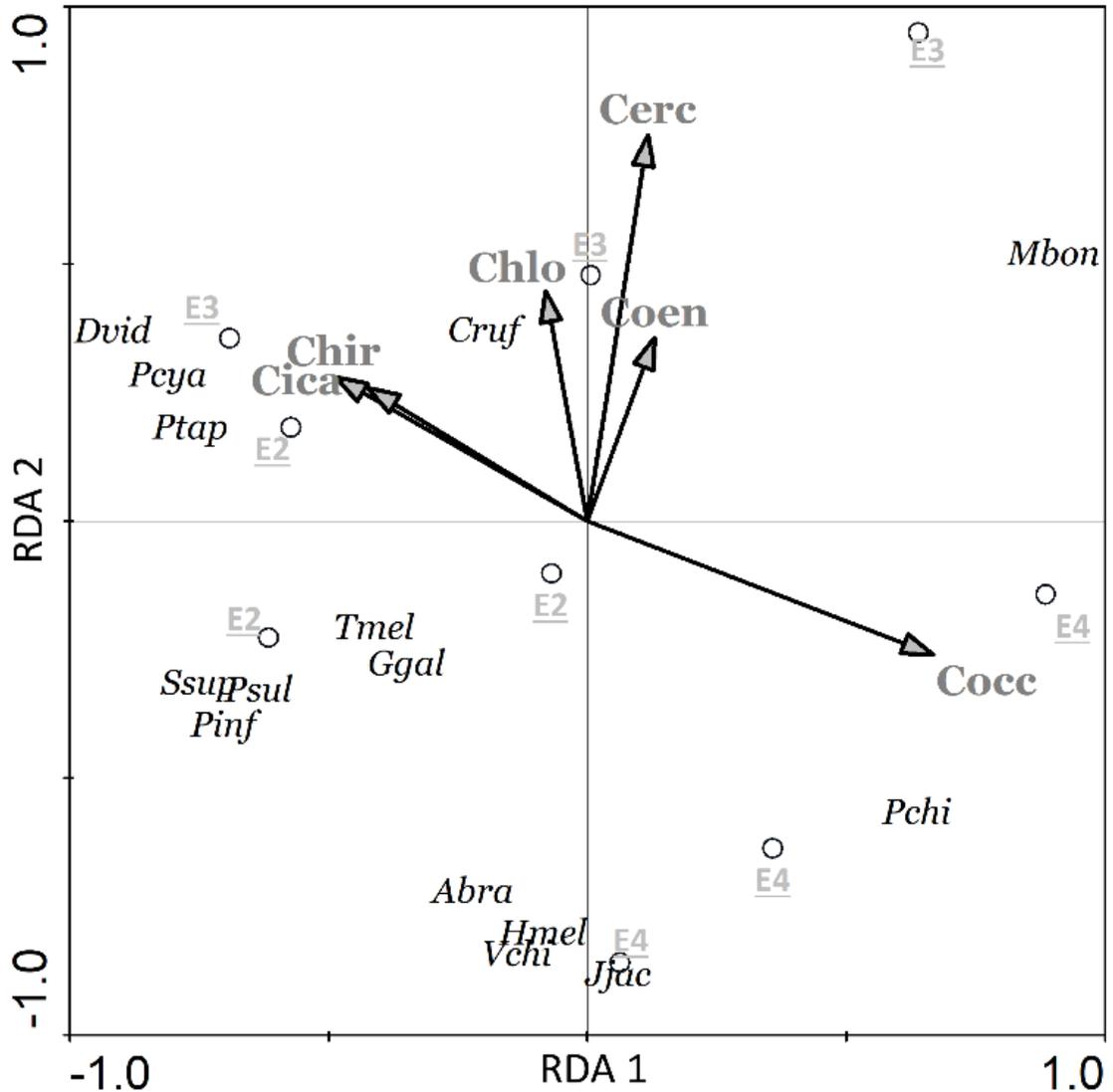


Figura 9: Análise de Redundância (RDA) das espécies de aves e famílias de artrópodes de acordo com as etapas do ciclo de arroz do cultivo orgânico, durante o período de julho de 2015 a junho de 2016. O eixo 1 (RDA 1) explicou 38,7% da variação e o eixo 2 (RDA 2) 58,8%, totalizando 97,5% de explicabilidade. As etapas estão codificadas em E1, E2, E3 e E4. Os vetores correspondem às famílias de artrópodes. Os códigos das espécies de aves e famílias de artrópodes se encontram nas Tabelas 2 e 3.

## DISCUSSÃO

A ocorrência diversificada de ordens e famílias de aves, associadas a elevada riqueza de espécies são frequentes nas plantações de arroz irrigado ao redor do mundo (Blanco et al, 2006, Nachuha 2009, Acosta et al, 2010, Fujioka et al, 2010), pois as distintas etapas de cultivo proporcionam habitats para vários grupos de aves (Elphick 2000). Nos dois cultivos estudados, a maior representatividade das ordens Passeriformes (espécies terrestres) e Charadriiformes (espécies aquáticas) foi consistente com outros trabalhos em lavouras de arroz irrigadas da América do Sul (Blanco et al, 2006, Acosta et al, 2010).

A predominância na abundância de aves onívoras, carnívoras e elevada riqueza de insetívoras é comum em cultivos de arroz (Dias & Burger 2005, Bambaradeniya et al, 2004), provavelmente em função da abundante fonte de recursos disponível para o forrageio dessas espécies independente do formato e manejo das plantações (Acosta et al, 2010). Assim, a maior riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade de espécies no cultivo orgânico, acrescido das aves migratórias e uma de sensibilidade alta, também pode estar relacionado ao manejo distinto entre os sistemas de cultivo (Lokemoen & Beiser 1997).

No manejo das plantações inorgânicas é frequente o uso de pesticidas, herbicidas e fungicidas (SOSBAI 2016), que eliminam não apenas as plantas e invertebrados pragas da lavoura, como também diminuem a biodiversidade total por reduzirem também espécies predadoras das pragas e presas em potencial (Lokemoen & Beiser 1997, Tourenq et al, 2003). Dessa forma, os menores valores obtidos na comunidade de aves dessa área podem indicar uma redução de sementes e invertebrados disponíveis ao forrageio (Parsons et al, 2010). Além da elevada toxicidade dos compostos químicos, que ocasionam mortalidade de aves e invertebrados (Mullie et al, 1991, Czech & Parsons 2002, Osten et al, 2005, Bambaradeniya & Edirisinghe 2008, Branco et al, 2016).

Na plantação orgânica o manejo é feito sem o uso de pesticidas, sendo substituído por controle biológico através da utilização de predadores naturais das pragas, adubação orgânica e rizipiscicultura (Oliveira et al, 2016). Na área estudada, uma das principais táticas utilizadas é o controle biológico pela ave introduzida *Anas boschas* L, (marreco-de-pequim). Essa espécie se alimenta de ervas espontâneas como o arroz-vermelho e arroz-preto (*Oryzia sativa* L.), capim-arroz (*Echinochloa* sp), grama-boiadera (*Luziola peruviana*) e insetos como larvas de lepidoptera e o percevejo *Tibraca limbativentris* (percevejo-do-colmo), incluídos entre as pragas mais importantes do arrozal (Pinheiro 1998). A utilização dessas técnicas sustentáveis contribui para a diminuição do impacto ambiental gerando aumento na biodiversidade (Lokemoen & Beiser 1997), o que pode justificar os valores mais elevados encontrados na comunidade de aves associada à área orgânica deste estudo.

A composição de espécies entre os dois tipos de cultivo é outro aspecto marcante, onde o fato de a maior abundância de aves aquáticas na lavoura inorgânica e de terrestres na orgânica reflete a dinâmica distinta entre as duas áreas. A plantação inorgânica apresenta dois meses a mais de quadros alagados por iniciar o ciclo em setembro, enquanto que a orgânica inicia apenas em novembro, favorecendo assim a ocorrência de espécies aquáticas na primeira área, por estas preferirem habitats inundados para forrageamento (Fujioka et al, 2010). Por outro lado, devido ao uso de pesticidas e a redução de recursos livres nesse cultivo, as aves terrestres, em especial as insetívoras e granívoras, encontram mais benefícios em se utilizarem da área orgânica (Maeda 2001, Parsons et al, 2010).

No cultivo inorgânico, o predomínio das aves aquáticas (*V. chilensis*, *P. chihi* e *P. infuscatus*) segue o padrão encontrado em outros arrozais da América do Sul (Blanco et al, 2006, Acosta et al, 2010), onde o primeiro táxon também foi mais abundante em áreas da Argentina, Uruguai e Brasil (Blanco et al, 2006). No orgânico, as aves terrestres (*M. bonariensis*

e *C. ruficapillus*) também obtiveram elevada abundância no Rio Grande do Sul (Link 1995, Dias & Burger 2005), com *M. bonariensis* sendo considerada praga nas lavouras de Santa Maria, RS (Link 1995). Em Araranguá, os picos de abundância dessa espécie coincidiram com a fase de maturação e colheita do arroz, tendo sido consumido por ela, mas os rizicultores não relataram prejuízo econômico, embora tenham buscado afugentar essa ave com fogos de artifício.

Espécies migratórias como *T. flavipes* e *T. melanoleuca* são comumente registradas migrando do Hemisfério Norte para os arrozais da América do Sul (Menegheti & Dotto 2008, Guadagnin et al, 2012, Acosta et al, 2010), assim como observado no presente estudo. Por outro lado, a espécie de alta sensibilidade *A. cajaneus* é raramente registrada em arrozais (Blanco et al, 2006), sugerindo, portanto, um possível comportamento seletivo e sua presença na área orgânica pode indicar melhores condições de habitat para atender aos requisitos da espécie.

A flutuação anual da riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade entre as duas áreas foram opostas e refletiram as práticas de manejo distintas, provavelmente influenciado pelas diferentes fases da lavoura durante um ciclo anual que criam micro-habitats para grupos distintos. Independente da modalidade de cultivo, a prevalência das espécies com ocorrência ocasional é frequente em plantações de arroz irrigado (Dias & Burger 2005).

Na lavoura tradicional a maior riqueza e abundância concentradas no início do ciclo (E1), quando os quadros estavam alagados e o arroz foi recém-semeado e com o meio do ciclo (E3), na época da 1ª colheita, coincide com o período ótimo de forrageio de espécies aquáticas e carnívoras (Fujioka et al, 2010). Já a diversidade e equitabilidade mais elevadas no final do ciclo (E4) na época da colheita final, ocorre por ser um período em que a abundância das aves

aquáticas dominantes diminuí e a diversificada oferta de invertebrados e grãos atrai diferentes guildas (Dias & Burger 2005).

Para a lavoura orgânica, como a abundância se concentrou no meio e final do ciclo (E3 e E4), ela coincidiu com o período em que os grãos estavam maduros e foram colhidos, sendo a época ideal para o forrageio de espécies terrestres (Fujioka et al, 2010).

Durante a colheita, além do incremento de grãos no processo de corte do arroz, ocorre um “boom” de invertebrados que estavam alojados no solo e são trazidos até a superfície pela ação das máquinas (Stenert et al, 2012, Branco et al, 2016), proporcionando uma abundante fonte de recursos para espécies terrestres onívoras e insetívoras (Dias & Burger 2005). Essa oferta é incrementada nas lavouras orgânicas pela biodiversidade de invertebrados e qualidade dos grãos de arroz disponibilizados (Bambaradeniya & Edirisinghe 2008). Por outro lado, o fato de a riqueza, diversidade e equitabilidade terem sido concentradas no início do ciclo pode ser explicado pelo fato de que os quadros estavam em “resteva” (resquícios da plantação anterior com a terra seca), em seguida sendo alagados para a semeadura, sendo estágios com maior variedade de nichos disponíveis (Guadagnin et al, 2012).

As principais ordens de artrópodes registradas nas áreas de estudo estão de acordo com o observado em outros trabalhos com lavouras de arroz (Hesler et al, 1993, Bambaradeniya et al, 2004, Bambaradeniya & Edirisinghe 2008, Stenert et al, 2012). Segundo Bambaradeniya & Edirisinghe (2008), a maioria dos artrópodes presentes em arrozais são compostos por insetos e aranhas que habitam as plantas e a superfície do solo. A prevalência de insetos Dípteros na área inorgânica, em especial da família Chironomidae é similar ao encontrado em arrozais tradicionais do Rio Grande do Sul (Sosinski & Perera 2011, Stenert et al, 2012). Na plantação orgânica, as ordens Hemiptera e Diptera apresentaram igualmente

abundância elevada em outros arrozais que utilizam essa forma de manejo (Hesler et al, 1993, Acosta et al, 2017).

A maior riqueza e abundância encontrada no cultivo orgânico é uma situação comum relatada por diversos pesquisadores (Hesler et al, 1993, Bambaradeniya & Edirisinghe 2008, Wilson et al, 2008, Zhang et al, 2013, Acosta et al, 2017). Por esse cultivo não utilizar compostos químicos que levam ao problema dos três “Rs”: aumento da resistência e ressurgência de pragas e acúmulo de resíduos no solo (Regannold et al, 1990, Hirai 1993), ele é capaz de proporcionar meios sustentáveis para conservação da biodiversidade (Hesler et al, 1993). Além disso, o equilíbrio entre a abundância de famílias de artrópodes que são pragas da lavoura e aquelas que não são é oposto entre os dois tipos de cultivo, com o inorgânico apresentando maior abundância de pragas e o orgânico de taxons não prejudiciais (Werner & Dindal 1990, Hesler et al, 1993).

A longo do ciclo anual da plantação, a composição da comunidade de artrópodes varia, sendo diretamente influenciada pelo desenvolvimento da planta do arroz (Heong et al, 1991). Após o desenvolvimento da planta ocorre a colonização das espécies, com a diversidade aumentando com o progresso da lavoura (Zanhg et al, 2013). Nos estágios iniciais do desenvolvimento da planta, a maior abundância é de famílias fitófagas (Bambaradeniya & Edirisinghe 2008), dentre elas Chloropidae, Chironomidae e Miridae (Acosta et al, 2017), conforme foi observado neste trabalho. As diferenças da riqueza e abundância entre as etapas do ciclo nos dois cultivos pode ser justificada pelo período não sincronizado em que a planta do arroz foi estabelecida em cada área, na E2 para o inorgânico e na E3 para o orgânico.

As relações evidenciadas entre aves e artrópodes nas duas áreas pode indicar que as espécies estejam se utilizando desses invertebrados como recurso alimentar e o resultado distinto encontrado na RDA dos dois cultivos sugere que cada um oferece nichos específicos

e diferentes a serem explorados. Na área de cultivo tradicional, as espécies *D. viduata*, *S. superciliaris* e *P. sulphuratus* que estiveram fortemente relacionadas a Hemiptera (Alydidae), Diptera (Chironomidae) e Coleoptera (Cantharidae) deram preferência por membros dessas três ordens em outros estudos (Beltzer 1983, Bruzual & Bruzual 1983, Camperi et al, 2004, Petrie 2005, Rocha et al, 2013).

Assim como *T. savana* e *B. ibis* que também apresentaram forte interação com as famílias citadas se alimentaram principalmente de Coleópteros nos trabalhos de Bachir et al, (2001) e Ramos et al, (2011) com a segunda espécie tendo consumido uma grande variedade de famílias dessa ordem. O Charadriiforme *H. melanurus*, embora tenha apresentado associação moderada com Chironomidae e Cantharidae, apresenta o consumo de indivíduos da primeira família descrito para uma espécie próxima *Himantopus himantopus* (Linnaeu, 1758) (Cuervo 2012).

O Cuculiforme *G. guira* que mostrou uma estreita relação com Diptera (Agromyzidae e Chloropidae), Hemiptera (Cercopidae) e Coleoptera (Bruchidae) possui registrado o seu forrageio predominante de famílias de Hemiptera e Coleoptera (Repenning et al, 2009, Ramos et al, 2011). Embora *A. lutescens* tenha sido outra espécie fortemente relacionada às famílias citadas anteriormente, as informações sobre sua dieta são escassas na literatura, tendo sido relatado que adultos fornecem insetos como alimento principal para seus filhotes (Freitas & Francisco 2012) existindo estudos sobre a dieta de uma espécie próxima, *Anthus pratensis* Linnaeus, 1758, que inclui famílias de Diptera e Coleoptera em seu forrageio (Klink et al, 2014).

Outras espécies que também foram associadas a essas famílias, porém com menor intensidade, *P. chihi*, *V. chilensis* e *A. brasiliensis* deram preferência para insetos da ordem Coleoptera, consumindo uma variedade de famílias desse grupo em outros estudos (Pistoni et al, 2002, Soave et al, 2006, Gantz et al, 2009). A andorinha *P. tapera*, embora tenha indicado

relação moderada com Bruchidae, Chloropidae e Alydidae, apresentou elevado consumo das ordens dessas três famílias no trabalho de Turner (1984), sendo os insetos o seu item alimentar preferido.

No cultivo orgânico, o Icterídeo *M. bonariensis* que apresentou moderada correlação com Hemiptera (Cercopidae), Odonata (Coenagrionidae) e Coleoptera (Coccinellidae) neste estudo, não possui informações detalhadas sobre sua dieta na literatura, sendo mencionado apenas o consumo de grãos e sementes (Ankney & Scott 1980), o que pode justificar sua elevada relação com o período do ciclo E3, sendo essa uma época de maturação do arroz onde ocorre abundância de grãos livres no solo, coincidindo com o avistamento de bandos grandes dessa espécie se alimentando dos grãos e sementes. Kattan et al, (2016) acreditam que o fenômeno de formação de expressivos bandos dessa ave ocorre em áreas com elevada disponibilidade de alimento. No entanto, considerando ainda um possível consumo de insetos, existem relatos para uma espécie próxima, da América do Norte, *Molothrus ater* (Boddaert, 1783) que no período de incubação a fêmea passa a ingerir uma dieta formada 100% por insetos (Ankney & Scott 1980, Thompson III 1994).

As aves aquáticas *P. chihi* e *J. jacana* apresentam elevado consumo e preferência alimentar por indivíduos da ordem Coleoptera (Beltzer & Amsler 1984; Soave et al, 2006), podendo justificar sua relação com Coccinellidae em nosso estudo. Relacionados ainda com a ordem Coleoptera, porém de forma mais discreta, o Charadriiforme *V. chilensis* igualmente apresentou elevado consumo de coleópteros (Pistone et al, 2002) e para *H. melanurus* que embora não possua informações sobre sua dieta, existem relatos de abundante consumo dessa ordem para a espécie *H. himantopus* (Cuervo 2012).

As espécies *P. sulphuratus* e *S. superciliaris*, embora tenham se relacionado discretamente com Diptera (Chironomidae) e Hemiptera (Cicadelidae) possuem registros de

forrageio de insetos dessas ordens (Beltzer 1983, Rocha et al, 2013). Já os táxons *D. viduata* e *P. tapera*, que demonstraram forte relação com as duas famílias citadas anteriormente e relação mediana com Hemiptera (Cercopidae), apresentaram consumo delas em outros trabalhos (Bruzual & Bruzual 1983, Petrie 2005, Turner 1984).

*P. tapera* que igualmente esteve associada a essas ordens, possui registro de consumo predominante de membros da ordem Diptera (Collins 2010). O Icterídio *C. ruficapillus* que esteve relacionado fortemente com as famílias anteriores, incluindo Coenagrionidae (Odonata) é conhecido por se alimentar de forma expressiva de grãos de arroz (Bruggers et al, 1998) em parte do ano, porém durante a época reprodutiva ele se alimenta exclusivamente de insetos (Rodriguez & Avery 1996), com relato de consumo expressivo de Odonata (Fallavena 1988).

Diante dos resultados obtidos neste estudo foi possível constatar que o cultivo orgânico possui uma comunidade de aves mais expressiva, rica e diversa do que o tradicional que utiliza insumos químicos na plantação. Uma lavoura livre de pesticidas e herbicidas é capaz de abrigar maior biodiversidade pois não diminui as presas a níveis alarmantes e não ocorrem riscos de toxicidade para as aves que se alimentam de grãos e sementes. Devido a isso, esse tipo de cultivo gera menos danos ao ecossistema como um todo, sendo mais sustentável e com maior potencial de auxiliar na conservação das espécies de aves associadas, sobretudo aquelas migratórias e que se reproduzem no local. Recomendam-se trabalhos sociais junto à comunidade de agricultores com a divulgação das práticas orgânicas que muitas vezes são desconhecidas por eles, assim como estudos mais detalhados sobre os impactos que os compostos químicos geram na avifauna da região.

## **AGRADECIMENTOS**

Nós agradecemos a CAPES pela bolsa de estudo concedida para Daniela de Carvalho Melo, ao Laboratório de Biologia do Centro de Ensino em Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar da Universidade do Vale do Itajaí pelo apoio logístico, ao Dr, Antonio Domingos Brescovit e Bac, Paulo André Margonari Goldoni pela identificação das aranhas e aos revisores anônimos deste jornal pelas suas contribuições.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, LG, SM Jahnke, LR Redaelli, & PRS Pires (2017) Insect diversity in organic rice fields under two management systems of levees vegetation, *Brazilian Journal of Biology* 77: 731-744.

Acosta, M, L Mugica, D Blanco, B Lopez-Lanús, RA Dias, LW Doodnath & J Hurtado (2010) Birds of rice fields in the Americas, *Waterbirds* 33: 105-122.

Ankney, CD & DM Scott (1980) Changes in nutrient reserves and diet of breeding Brown-Headed Cowbirds, *The Auk* 97: 684-696.

Bachir, AD, H Hafner, JN Tourenq, S Doumandji & S Lek (2001) Diet of adult cattle egrets *Bulbucus ibis* in a new north African colony (Soummam, Kabylie, Algeria): taxonomic composition and seasonal variability, *Ardeola* 48: 217-223.

Bambaradeniya, CNB & JP Edirisinghe (2008) Composition, structure and dynamics of arthropod communities in a rice agro-ecosystem, *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)* 37:23-48.

Bambaradeniya, CNB, JP Edirisinghe, DN De Silva, CVS Gunatilleke KB Ranawana & S Wijekoon (2004) Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka, *Biodiversity and Conservation* 13: 1715-1753.

- Beltzer, AH & GP Amsler (1984) Food and feeding habits of the wattled *Jacana jacana*, (Charadriiformes: Jacanidae) in middle Parana River Floodplain, *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 19: 195-200.
- Beltzer, AH (1983) Alimentacion del "benteveo" (*Pitangus sulphuratus*) en el valle aluvial del Rio Parana Medio (Passeriformes: Tyrannidae), *Revista de la asociacion de ciencias naturales del litoral* 14: 47-52.
- Blanco, DE, B López-Lanús, RA Dias, A Azpiroz & F Rilla (2006) *Uso de arrozceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur, Implicancias de conservación y manejo*, Wetlands International, Buenos Aires, Argentina.
- Branco, JA, BF Keske & E Barbieri (2016) Abundance and potential impact of granivorous birds on irrigated rice cultivation, Itajaí, Santa Catarina, Brazil, *Arquivos do Instituto Biológico* 83: 1-7.
- Bruggers, RL, E Rodriguez & ME Zaccagnini (1998) Planning for bird pest problem resolution: A case study, *International Biodeterioration & Biodegradation* 42: 173-184.
- Bruzual, J & I Bruzual (1983) Feeding habits of whistling ducks in the Calabozo ricefields Venezuela, during the non-reproductive period, *Wildfowl* 34: 20-26.
- Camperi, AR, V Ferreti, A Cicchino, GE Soave & CA Darrieu (2004) Diet composition of the white-browed blackbird (*Sturnella superciliaris*) at Buenos Aires province, Argentina, *Ornitologia Neotropical* 15: 299-306.
- Collins, CT (2010) Growth and development of the Blue-and-white Swallow in Venezuela, *Living World, Journal of the Trinidad and Tobago Field Naturalists' Club* 59-63.
- Cuervo JJ (2012), Cigüeñuela común - *Himantopus himantopus*, Pp, 1-14 in Salvador, A, MB Morales (eds), *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, Spain.

Czech, HÁ & KC Parsons (2002), Agricultural wetlands and waterbirds: A review, *Waterbirds* 25: 56-65.

Dias, RA & MI Burger (2005) A Assembléia de aves de áreas úmidas em dois sistemas de cultivo de arroz irrigado no extremo sul do Brasil, *Ararajuba* 13: 63-80.

Dugan, PJ (1990) *Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action*, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, England.

Elphick, CS & LW Oring (1998) Winter management of Californian rice fields for waterbirds, *Journal of Applied Ecology* 35: 95–108.

Elphick, CS (2000) Functional equivalency between rice fields an seminatural wetland habitats, *Conservation Biology* 14: 181-191.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2012) *Atlas climático da região Sul do Brasil*, Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Brasil.

EPAGRI – Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (1998) Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina, (Pré germinado), EPAGRI, Florianópolis, Brasil.

Erize, F, JRR Mata & M Rumboll (2006) *Birds of South America: Non-Passerines (Rheas to Woodpeckers)*, Princeton University Press, New Jersey, United States.

Fallavena, MAB (1988) Alguns dados sobre a reprodução do Garibáldi, *Agelaius r. ruficapillus* (Icteridae, Aves) em lavouras de arroz no Rio Grando do Sul, *Revista Brasileira de Zoologia* 4: 307-317.

Fasola, M & X Ruiz (1996) The value of rice fields as substitutes for natural wetlands for waterbirds in the Mediterranean region, *Colonial Waterbirds* 19: 122–128.

Fasola, M & A Brangi (2010) Consequences of rice agriculture for waterbird population size and dynamics, *Waterbird* 33: 160-166.

Finlayson, CM & NC Davidson (1999) Global review of wetland resources and priorities for wetland inventory, *In: Ramsar COP7 DOC,19,3*, Available at <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/cop7-docs/NON-RESRECS%20FINAL/COP7%2019,3E.pdf>, [Accessed 22 October 2017].

Freitas, MS & MR Francisco (2012) Reproductive life history traits of the Yellowish Pipit (*Anthus lutescens*), *The Wilson Journal of Ornithology* 124: 119-126.

Fujioka, M, SD Lee, M Kurechi & H Yoshida (2010) Bird use of rice fields in Korea and Japan, *Waterbirds* 33: 8-29.

Gantz, A, S Sade, J Rau (2009) Winter diet and feeding preferences of the southern lapwing (*Vanellus chilensis*, Moline 1782) in pastures of southern Chile, *Boletín Chileno de Ornithología* 15: 87-93.

Guadagnin, DL, A Peter, AS Rolon, C Stenert & L Maltchik (2012) Does non-intentional flooding of rice fields after cultivation contribute to waterbirds conservation in Southern Brazil? *Waterbirds* 35: 371–380.

Heong, KL, GB Aquino, AT Barrion (1991) Arthropod community structures of rice ecosystems in the Philippines, *Bulletin of Entomological Research* 81: 407-416.

Hesler, LS, AA Grigarick, MJ Orazé & AT Palrang (1993) Arthropod fauna of conventional and organic rice fields in California, *Journal of Economic Entomology* 86: 149-158.

Hirai, K (1993) Recent trends of insecticide susceptibility in the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae), *Applied Entomology and Zoology* 28: 339-346.

Kattan, GH, A Posada, DF Arenas, JL Moreno & A Barrera (2016) Flocking behavior of Shiny Cowbirds (*Molothrus bonariensis*) at feeding areas during the daily cycle, *The Wilson Journal of Ornithology* 128: 441-445.

- Klink, RV, FS Mandema, JP Bakker & JM Tinbergen (2014) Foraging site choice and diet selection of Meadow Pipits *Anthus pratensis* breeding on grazed salt marshes, *Bird Study* 61: 101-110.
- Lawler, SP (2001) Rice Fields as Temporary wetlands: a review, *Israel Journal of Zoology* 47: 513–528.
- Link, D (1995) Danos causados pelo pássaro-preto *Molothrus bonariensis* (Aves, Icteridae) em arroz irrigado, em Santa Maria–RS, *Lavoura Arrozeira* 48: 29–30.
- Lokemoen, JT, JABeiser (1997) Bird use and nesting in conventional, minimum-tillage and organic cropland, *The Journal of Wildlife Management* 61: 644-655.
- Maeda, T (2001) Patterns of bird abundance and habitat use in rice fields of the Kanto Plain, central Japan, *Ecological Research* 16:569-585.
- Menegheti, JO & JC Dotto (2008) Aves aquáticas e costeiras em arrozais interiores do sul do Brasil, Pp, 1-8 In de la Balze, VM & DE Blanco (eds), *Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur*, Wetlands International, Buenos Aires, Argentina.
- Mullie, WC, PJ Verwey, AG Berends, F Sene & JH Koeman (1991) Impact of furadan 3G (Carbofuran) applications on aquatic macroinvertebrates in irrigated rice in Senegal, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 20: 177-182.
- Nachuha, S (2009) Is waterbird distribution within rice paddies of eastern Uganda affected by the different stages of rice growing? Pp, 44–49 In Harebottle, DM, AJFK Craig, MD Anderson. H Rakotomanana & M Muchai (eds), *Proceedings of the 12th Pan-African Ornithological Congress 2008*, Animal Demography Unit, Cape Town, South Africa.

Noldin, JA, DS Eberhardt (2005) A realidade ambiental e a lavoura orizícola brasileira, Pp, 612-621 In 4º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado e 26ª Reunião da Cultura do Arroz Irrigado (eds), *Anais do 4º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado*, Editora Orium, Santa Maria, Brasil.

Oliveira, ED, JB Bilésimo & GIS Jacinto (2016) A trajetória de modernização da cultura do arroz no município de Turvo - Santa Catarina, Brasil, *Agroalimentaria* 22: 135-150.

Osten, JRV, A Soares & L Guilhermino (2005) Black-bellied Whistling Duck (*Dendrocygna autumnalis*) brain cholinesterase characterization and diagnosis of anticholinesterase pesticide exposure in wild populations from Mexico, *Environmental Toxicology and Chemistry* 24: 313-317.

Parsons, KC, P Mineau & RB Renfrew (2010) Effects of pesticide use in rice fields on birds, *Waterbirds* 33: 193-218.

Petrie, SA (2005) Spring body condition, moult status, diet and behaviour of white-faced whistling ducks (*Dendrocygna viduata*) in northern South Africa, *African Zoology* 40: 83-92.

Piacentini, VQ, A Aleixo, CE Agne, GN Mauricio, JF Pacheco, GA Bravo, GRR Brito, LN Naka, F Olmos, S Posso, LF Silveira, GS Betini, E Carrano, I Franz, AC Lees, LM Lima, D Pioli, F Schunck, FR Amaral, GA Bencke, M Cohn-Haft, M Figueiredo, LFA Straube, FC & E Cesari (2015) Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos, *Revista Brasileira de Ornitologia* 23: 91-298.

Pinheiro, JLP, ZPO Seixas (1998) Manual do Rizipiscicultor, CODEVASP, Brasília, Brasil.

Pistone, E, F Carezzano, & N Bee-De-Speroni (2002) Tamaño relativo encefálico e índices cerebrales en *Vanellus c. chilensis* (Aves: Charadriidae), *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 595-602.

Ramos, CCO, E Benedito, CH Zawadzki (2011) Dieta e conteúdo calórico de aves atropeladas na região central do estado do Paraná, Brasil, *Biotemas* 24: 153-170.

Regannold, JP, RI Papendick & JF Parr (1990) Sustainable agriculture, *Scientific American* 262: 112-120.

Repenning, M, HCP Passo, JR Rossoni, MM Krugel, CS Fontana (2009) Análise comparativa da dieta de quatro cucos (Aves: Cuculidae) no sudeste do Brasil, *Zoologia* 26: 443-453.

Rocha, L, AGS Santos, CO Cardoso, DN Gomes, AA Tavares & A Guzzi (2013) Abundância sazonal de *Sturnella superciliaris* (Bonaparte, 1850) no Aeroporto Internacional de Parnaíba/PI, *Comunicata Scientiae* 4: 203-211.

Rodriguez, EN, ML Avery (1996) Agelaius Blackbirds and rice in Uruguay and the Southeastern United States, *Proceedings of the Seventeenth Vertebrate Pest Conference 1996*.

Sauls, LA (2007) Food, fuel, and biodiversity: the role of agricultural transition in influencing biodiversity, *Journal of international studies* 12: 21-31.

Sigrist, T 2007, *Guia de campo: Aves do Brasil Oriental*, Avis Brasilis, São Paulo, Brasil.

Soave, GE, AR Camperi, CA Darrieu, AC Cicchino, V Ferreti & M Juarez (2006) White-faced Ibis diet in Argentina, *Waterbirds* 29: 191-197.

SOSBAI - Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2016, *Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil, XXXI Reunião técnica da cultura do arroz irrigado, 10 a 12 de agosto de 2016, Bento Gonçalves, RS, Brasil*, Sociedade Brasileira de Arroz Irrigado Santa Maria, Brasil.

Sosinski, LTW, MB Perera (2011) *Survey of the benthic macroinvertebrate community on irrigated rice crops*, Embrapa Clima Temperado, Brasília, Brasil.

Stenert, C, L Maltchik, O Rocha (2012) Diversidade de invertebrados aquáticos em arrozais do Sul do Brasil, *Neotropical Biology and Conservation* 7: 67-77.

Ter Braak, CJF (1995) Ordination, Pp, 91-173 In Jongman, RHG, CJF Ter Braak, OFR Van Tongeren (eds), *Data analysis in community and landscape ecology*, Cambridge University Press, Cambridge, England.

Thompson III, FR (1994) Temporal and spatial patterns of breeding Brown-Headed Cowbirds in the Midwestern United States, *The Auk* 111: 979-990.

Tourenq, C, N Sadoul, N Beck, F Mesleard & JL Martin (2003) Effects of cropping practices on the use of rice fields by waterbirds in the Camargue, France, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95: 543-549.

Turner, AK (1984) Nesting and feeding habits of Brown-Chested Martins in relation to weather conditions, *The Condor* 86: 30-35.

Werner, MR & DL Dindal (1990) Effects of conversion to organic agricultural practices on soil biota, *American Journal of Alternative Agriculture* 5: 24-32.

Wilson, AL, RJ Watts RJ & MM Stevens (2008) Effects of Different management regimes on aquatic macroinvertebrate diversity in Australian rice fields, *Ecological Research* 23: 565-572.

Zhang, J, X Zheng, H, Jian, X Qin, F Yuan & R Zhang (2013) Arthropod biodiversity and community structures of organic rice ecosystems in Guangdong Province, China, *Florida Entomologist* 96: 1-9.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados observados neste estudo ao longo de seus três capítulos agregam conhecimento à avifauna de Santa Catarina, ampliando a distribuição de cinco novas espécies que não ocorriam no Estado. Além disso foram elucidadas as relações que as aves possuem com a comunidade de artrópodes e as variáveis ambientais presentes em arrozais, auxiliando no entendimento do funcionamento desse ecossistema. O estudo dessas relações é inédito para plantações de arroz, onde até o momento não haviam sido investigadas variáveis bióticas ou abióticas que poderiam estar influenciando na ocorrência e distribuição das espécies. Outro fator de importância foi a comparação realizada entre a comunidade de aves de uma lavoura inorgânica com uma orgânica e a constatação das melhores condições de habitat que uma área orgânica possui.

São recomendados estudos aprofundados sobre as aves migratórias que passam pelas plantações, assim como a investigação da ecologia reprodutiva das espécies que nidificam no local. Outro fator importante para fins conservacionistas é a análise dos impactos que os insumos químicos utilizados em plantações inorgânicas de arroz podem ocasionar na biodiversidade como um todo, assim como na saúde humana. É encorajado que sejam feitas explicações detalhadas para os produtores das lavouras de arroz sobre o uso indiscriminado de agrotóxicos, as vantagens em se utilizar da agricultura orgânica, o equívoco em considerar várias aves como pragas do arroz e elucidar quais espécies de aves e artrópodes agem como predadoras das pragas, sem perturbarem o equilíbrio do ecossistema e auxiliando no bom desenvolvimento das lavouras.

,

## APÊNDICES

Fotos tiradas durante a Pesquisa (Arquivo pessoal)



Resteva



Terra arada e não planada



Terra arada e não planada



Terra planada



Arroz alagado e semeado



Arroz alagado e semeado



Sacos de arroz



Canal de irrigação



Taipa



Resquício de agrotóxicos na água



Arroz 10 cm - fase vegetativa



Arroz 20 cm - fase vegetativa



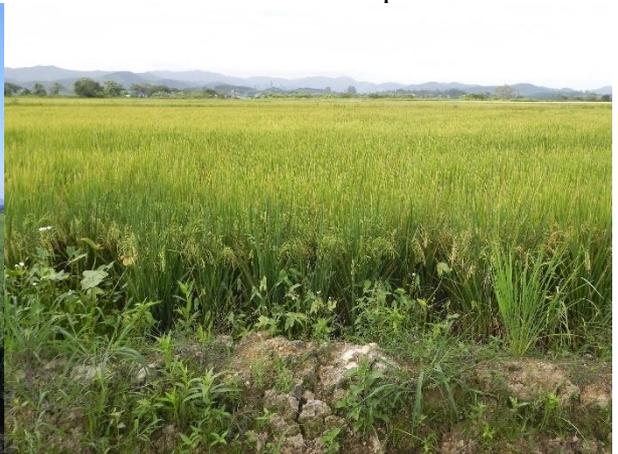
Arroz 30 cm - fase reprodutiva



Arroz 50 cm - fase reprodutiva



Arroz 70 cm - fase maturação



Arroz 70 cm - fase maturação



Arroz 1m - fase maturação



Arroz pronto para colher



Máquinas fazendo colheita



Máquinas fazendo colheita



Máquinas fazendo colheita



Máquinas fazendo colheita



Arroz cortado



Arroz cortado



Coleta de artrópodes



Coleta de artrópodes



Marrecos-de-pequim



Marrecos-de-pequim



*Vanellus chilensis* (Molina, 1782)



*Sturnella superciliaris* (Bonaparte, 1850)



*Sicalis flaveola* (Linnaeus, 1766)



*Molothrus bonariensis* (Gmelin, 1789)



*Chrysomus ruficapillus* (Vieillot, 1819)



*Plegadis chihi* (Vieillot, 1817)



*Phimosus infuscatus* (Lichtenstein, 1823)



*Amazonetta brasiliensis* (Gmelin, 1789)



*Jacana jacana* (Linnaeus, 1766)



*Dendrocygna bicolor* (Vieillot, 1816)



*Pygochelidon cyanoleuca* (Vieillot, 1817)



*Hirundo rustica* Linnaeus, 1758



*Progne tapera* (Vieillot, 1817)



*Egretta thula* (Molina, 1782)



*Heterospizias meridionalis* (Latham, 1790)



*Mycteria americana* Linnaeus, 1758



*Platalea ajaja* Linnaeus, 1758



*Botaurus pinnatus* (Wagler, 1829)



*Pardirallus sanguinolentus* (Swainson,  
1838)



*Aramus guarauna* (Linnaeus, 1766)



*Patagioenas picazuro* (Temminck, 1813)



*Himantopus melanurus* Vieillot, 1817

