

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

Fernanda Maia Justo

**Conflito entre anatídeos e produção de arroz: um estudo de caso sobre danos de aves à
rizicultura no Cerrado**

Porto Alegre

2019

Fernanda Maia Justo

**Conflito entre anatídeos e produção de arroz: um estudo de caso sobre danos de aves à
rizicultura no Cerrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia da Faculdade Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Demétrio Luís Guadagnin

Porto Alegre

2019

Fernanda Maia Justo

**Conflito entre anatídeos e produção de arroz: um estudo de caso sobre danos de aves à
rizicultura no Cerrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Faculdade de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Demetrio Luís Guadagnin

Comissão Examinadora

Prof. Dra. Ana Silvia Rolon - FURG

Prof. Dr. João Augusto Rossi Borges- UFGD

Prof. Dra. Bruna Raquel Winck - UFRGS

Dedico as Marias da minha vida

Ao concluir este trabalho, são várias as pessoas a quem preciso agradecer, sem vocês, provavelmente o caminho seria muito mais doloroso. A ordem das pessoas não significa menor ou maior importância. Quero agradecer:

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e ao Instituto de Biociências pela formação e suporte logístico.

Ao Cnpq pela bolsa concedida durante estes dois anos, mesmo com as ameaças e cortes à educação, promovidos pelo governo Temer e sucessores.

À Associação Nacional de Caça e Conservação pelo financiamento e suporte ao projeto.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Demétrio Guadagnin, pela experiência compartilhada.

À minha família por todo apoio e carinho em todos os momentos de minha vida, em especial a minha querida mãe, mulher extraordinária.

Ao meu querido e leal ajudante de campo Mateus, que sem sua ajuda seria impossível a execução desse projeto.

Aos produtores pelo apoio e colaboração

Ao alojamento do ICMBio Meandros do rio Araguaia pelo suporte.

Aos colegas do Laboratório de Conservação e Manejo da Vida Silvestre, em especial ao Matheus, pelo café, chocolate, caronas, companhia, terapia em grupo, pela sua paciência comigo e pelo abraço mais acolhedor do mundo.

Aos meus colegas da graduação, pela amizade, pelas boas risadas e pelos momentos de descontração, que tornaram a pós-graduação mais divertida

The future is female

RESUMO

Os sistemas agrícolas são uma fonte de recursos concentrados e abundantes, além de fornecer habitat para muitas espécies de aves, como, por exemplo, as áreas de cultivo de arroz. A maior parte do arroz é cultivada em condições de inundação. Dessa forma, o agrossistema de arroz irrigado mimetiza algumas características de áreas úmidas. Esse agrossistema fornece habitat para espécies de aves aquáticas e uma variedade de recursos alimentares. Devido ao forrageamento, as aves aquáticas podem proporcionar alguns benefícios aos sistemas de arroz irrigado. No entanto, as aves aquáticas também podem reduzir a produtividade do arroz. De fato, algumas espécies podem infligir danos econômicos significativos às plantações aumentando os conflitos sobre a melhor maneira de reduzir o problema. Muitas espécies de aves aquáticas já foram relatadas como pragas de arroz em diferentes países. Na região central do Brasil, aves aquáticas, especialmente *Dendrocygna* sp. são consideradas pragas pelos produtores de arroz. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a magnitude da predação de marrecas em três projetos de irrigação durante a safra 2017-2018. Primeiro, realizamos um levantamento de aves aquáticas para identificar as espécies que utilizam os agrossistemas de arroz e para entender a relação entre a abundância das marrecas e a paisagem agrícola. Segundo, testamos a eficácia do controle de danos realizado pelos produtores, usando o experimento de exclusão. Por fim, avaliamos o custo-efetivo do controle de danos, através de um questionário semiestruturado aplicado aos agricultores. As hipóteses é que a abundância de aves aquáticas não é homoganeamente distribuída pela matriz agrícola, então esperávamos encontrar uma abundância maior dentro dos arrozais do que nos habitats adjacentes, como canais e diques de irrigação; que as ações de controle de danos realizadas pelos agricultores são eficazes e custo-efetivas. Portanto, não esperamos encontrar diferenças na produtividade do arroz entre os tratamentos do experimento e que os benefícios proporcionados pelas medidas de controle de danos excedem o custo desse método. Os resultados demonstraram que as *Dendrocygna* spp. foram as aves mais frequentes e abundantes no agrossistema de arroz, principalmente nas áreas de resteva. Não foi encontrado diferença significativa na produtividade de arroz nas áreas de estudo, demonstrando que as ações de controle de danos são eficazes para evitar o dano das aves. A análise do custo-benefício das ações de controle de danos indicou que as ações são custo-efetivas. Além disso, o controle de danos foi de baixo custo, correspondendo a menos de um por cento do custo de implantação da lavoura. Concluímos que as *Dendrocygna* spp. são um problema para a produção de arroz irrigado, no entanto, está mitigado pela ação atual de controle de danos feita pelos agricultores.

Palavras-chave: Agrossistema de arroz. Aves aquáticas. Danos à produção. Custo-efetividade.

ABSTRACT

Agrosystem are a source of concentrated and abundant resources, providing habitat for many waterbirds species, such as irrigated rice system. Most of the rice system grown under flood conditions, which mimics some characteristics of wetlands. This agrosystem provides habitat for waterbirds species and a variety of food resources. Due to foraging, waterbird can provide some benefits to irrigated rice systems. However, waterfowl can also reduce rice yields. In fact, some species can inflict significant economic damage to rice production. Many waterbirds species have been reported as rice pests in different countries. In central Brazil, waterbirds, especially *Dendrocygna* sp. are considered as pests by rice farmers. Thus, the objective of this estudy was to evaluate the magnitude of the waterbirds damage in three irrigation schemes during the 2017-2018 harvest. First, we conducted a waterbirds survey to identify the species that use the rice agrosystem and to understand the relationship between the abundance and the agricultural landscape. Second, we tested the efficacy of bird damage control performed by the farmers, using the exclusion experiment. Finally, we evaluated the cost-effective damage control, through a semi-structured questionnaire applied to farmers. The hypothesis is that the waterbirds abundance is not distributed across the agricultural matrix, then it is expected to find greater abundance within the rice paddies than in adjacent habitats, such as irrigation canals and levees; that the damage control mesuares carried out by farmers are efficacy and cost-effective. Therefore, it is not expect to find differences in rice productivity between the treatments of the exclusion experiment; and that the benefits provided by the damage control exceed the cost of this method. The results demonstrated that *Dendrocygna* spp. were the most frequent and abundant birds in the rice system, mainly in the post-harvest paddies. No significant difference in rice yield was found in the study areas, indicating that damage control measures are efficacy to avoid bird damage. The cost-benefit analysis of the damage control indicated that the measures are cost-effective. In addition, damage control was low cost, accounting for less than one percent of the crop implementation cost. We conclude that *Dendrocygna* spp. are a problem for the irrigated rice production, however, it is mitigated by the current action of damage control done by farmers.

Keywords: Rice agrosystem. Waterbirds. Crop damage. Cost-effectiveness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Impressões sobre a distribuição percentual das atitudes no público americano, suas expressões comportamentais mais comuns e os benefícios ou valores geralmente associados a cada tipo de atitude	12
Tabela 2 - Tabela 2. Espécies de anatódeos que foram classificados como pragas de arroz na literatura	29
Tabela 3 - Summary characteristic of the three irrigated rice schemes in the Brazilian Cerrado..	56
Tabela 4 - The effects of rice agrosystem habitats and its cultivation stage on waterbirds abundance in Brazilian Cerrado 2016-2017 harvest season. Parameter estimates and p values are taken from GLMM with Municipality as a random effect.....	62
Tabela 5 - Boxplot showing the <i>Dendrocygna</i> spp. density (Square root +1) through different stages of rice cultivation. Black lines indicate standard deviation.....	63
Tabela 6 - Overview of rice productivity from Exlosures and Unexcluded units in Brazilian Cerrado 2017-2018 harvest season (mean \pm 95%CI).....	65
Tabela 7 - Overview rice productivity, benefits, damage control cost and the benefit-to-cost ratio of rice yield in Brazilian Cerrado 2017-2018 harvest season (mean 95%CI).....	66
Tabela 8 - Planted area of irrigated rice in rice crop 2017-18, hectares lost, replanting and crop implementation costs of Luiz Alves, Formoso do Araguaia and Flores de Goiás study sites.....	67
Figura 1 – Map of the three study sites in Tocantins and Goiás states.....	55
Figura 2 - Boxplot showing the <i>Dendrocygna</i> spp. density (Square root +1) through different stages of rice cultivation. Black lines indicate standard deviation.	
Figura 3 - Rice productivity (Kg/ha) by waterbirds exclusion experiment in Brazilian Cerrado (p = 0.11).....	65
Figura 4 - The diagram illustrates the percentage of farmers who reported if had or not performed damage control actions to avoid bird damage.....	67
Figura 5 - Boxplot showing the rice productivity between farmers who have lost productivity due to bird damage and who did not (p= 0.47).....	68

SUMÁRIO

Marco Teórico.....	16
1 Seres Humanos e a Vida Silvestre: Interações, Valores e Conflitos	16
2 Efeitos Negativos da Vida Silvestre Sobre a Produção Agrícola	19
3 A Relação das Aves Com a Agricultura	20
4 Aves Aquáticas Forrageiras e suas Interações com a Rizicultura.....	23
4.1 Panorama mundial e regional da rizicultura.....	23
4.2 Comunidade de aves aquáticas e a cultura do arroz.....	26
4.3 Família Anatidae (Leach, 1820).....	33
5 Avaliação do Dano das Aves às Culturas	36
5.1 Características do dano.....	36
5.2 Métodos de controle do dano	37
5.2.1 Letais.....	37
5.2.2 Não letais.....	39
5.3 Estimando o dano: o controle se justifica?.....	45
Conflicts between Anatidae and Rice Production: a study case in rice agrosystem in the Brazilian Cerrado	48
Abstract	49
1 Introduction.....	49
2 Methods.....	45
2.1 Study area.....	45
2.2 Waterbird survey	55
2.3 Waterbird exclusion experiment	56
2.4 Assessing the cost-effectiveness of the damage control measures - The survey instrument	56
2.5 Data analyses.....	57
3 Results.....	66
3.1 Waterbird survey.....	60
3.2 Waterbird exclusion experiment	62
3.3 The cost-effectiveness of damage control measures	63
4 Discussion	66
5 Conclusions.....	74
Appendix A. Supplementary data	75
Appendix B. The survey instrument	79

References.....	84
Considerações finais	93
Referência bibliográfica	95

MARCO TEÓRICO

1 Seres Humanos e a Vida Silvestre: Interações, Valores e Conflitos

A biodiversidade proporciona serviços e recursos fundamentais à vida humana. Ao longo da sua história, o ser humano tem se beneficiado da vida silvestre de diversas formas. A relação antiga entre humanos e vida silvestre pode ser evidenciada em pinturas rupestres, que retratam figuras humanas caçando grandes mamíferos (SAUVET et al., 2009). Ao longo da história, o vínculo entre seres humanos e a vida silvestre foi essencialmente relevante para o desenvolvimento das sociedades humanas, visto que essas mantêm estreitas relações de dependência dos recursos faunísticos e florísticos (CONOVER, 2002; SILVIUS et al., 2004).

A percepção humana sobre a vida silvestre é fortemente influenciada pelo contexto social, econômico e cultural, bem como pelo contexto histórico (KELLERT, 1993). A percepção humana se reflete, não só na forma em que as pessoas percebem a vida silvestre, mas também nas atitudes em relação à vida silvestre (KELLERT, 1993). Stephen Kellert, pesquisador do Serviço de Pesca e Vida Selvagem dos Estados Unidos pesquisou de forma abrangente as atitudes em relação à vida silvestre (KELLERT, 1979, 1980;; BERRY, 1980). Kellert desenvolveu uma classificação referente as atitudes em relação à vida silvestre em nove tipologias básicas: Naturalista (interesse primário e afeto pela vida silvestre ao ar livre), Ecologista (preocupação com o meio ambiente como um sistema de inter-relações entre espécies e habitats), Humanista (forte afeto por animais individuais, principalmente animais de estimação ou grandes animais silvestres com fortes associações antropomórficas), Moralista (principal preocupação com o tratamento certo e errado dos animais, com forte oposição à exploração e crueldade com os animais), Científico (interesse primário nos atributos físicos e funcionamento biológico dos animais), Estético (interesse primordial nas características artísticas e no apelo simbólico dos animais), Utilitarista (principal preocupação com o valor prático e material dos animais para o benefício das pessoas), Dominadora (satisfações primárias derivadas do domínio e controle sobre animais, tipicamente em situações esportivas) e Negativista (orientação primária para evitar animais devido a indiferença, antipatia ou medo). Essas distintas visões também estão relacionadas com diferentes valores atribuídos a cada comportamento, que variam de acordo com os respectivos interesses. (Tabela 1). Por exemplo, a pessoa que demonstra uma atitude mais Naturalista tem valores mais relacionados com a vida ao “ar livre” e com o contato com a natureza, como observadores de aves e caçadores (KELLERT,

1984). Já a perspectiva de proprietários rurais tendem a ver os animais e plantas em valores relativamente utilitários, baseando-se nos benefícios e serviços que estes podem lhes oferecer (KELLER, 1984; CONOVER, 2001). O que essas visões compartilham em comum é que todas são dotadas de valores positivos, ou seja, proporcionam algum benefício as pessoas. Sejam esses benefícios, recreativos, comerciais, científicos, éticos, estéticos ou afetuosos.

Tabela 2: Impressões sobre a distribuição percentual das atitudes no público americano, suas expressões comportamentais mais comuns e os benefícios ou valores geralmente associados a cada tipo de atitude. Adaptado de Kellert, 1984.

Atitude	Porcentagem estimada da população americana	Comportamento	Valor/benefício
Naturalista	10	Interesse primário e afeto pela vida silvestre ao ar livre	Recreação ao ar livre
Ecologista	7	Preocupação com o meio ambiente como um sistema de inter-relações entre espécies e habitats	Ecológico
Humanista	35	Forte afeto por animais individuais, principalmente animais de estimação ou grandes animais silvestres com fortes associações antropomórficas	Afeição
Moralista	20	Principal preocupação com o tratamento certo e errado dos animais, com forte oposição à exploração e crueldade com os animais	Ética
Científica	1	Interesse primário nos atributos físicos e funcionamento biológico dos animais	Científico
Estético	15	Interesse primordial nas características artísticas e no apelo simbólico dos animais	Estético
Utilitarista	20	Principal preocupação com o valor prático e material dos animais para o benefício das pessoas	Consumista, utilitário
Dominadora	3	Satisfações primárias derivadas do domínio e controle sobre animais, tipicamente em situações esportivas	Esporte
Negativista	2	Orientação primária para evitar animais devido a indiferença, antipatia ou medo	Pouco ou nenhum

No entanto, a vida selvagem pode ocasionar problemas à sociedade humana, e consequentemente ser vista com valores negativos (CONOVER, 2001). Quando isso acontece,

institui-se um cenário conflituoso entre os seres humanos e a vida silvestre. O conflito ocorre porque ambos podem compartilhar do mesmo espaço e recurso. Este conflito tem sido tradicionalmente compreendido como quando as necessidades e o comportamento da vida silvestre interferem negativamente nos interesses humanos ou quando as atividades antrópicas influenciam negativamente nas necessidades da vida silvestre (IUCN World Parks Congress, 2003). A expressão “conflito entre seres humanos e a vida silvestre” pode parecer equivocada (PETERSON et al, 2010), uma vez que a definição da palavra conflito está relacionada de uma forma geral à oposição mútua entre as partes que disputam o mesmo direito. Logo, a expressão “conflito entre seres humanos e a vida silvestre” nos sugere que as partes estão em confronto mútuo. No entanto, o conflito entre seres humanos e a vida silvestre é definido através da perspectiva humana. Então, quando usamos esta expressão, na verdade estamos nos referindo a um conflito de interesses entre seres humanos, entre diferentes atores sociais envolvidos (MADDEN, 2004). O conflito entre seres humanos e vida silvestre envolve uma discordância entre pessoas que têm objetivos, atitudes, valores, sentimentos e necessidades socioeconômicas divergentes (MADDEN, 2004). O conflito também pode derivar de pessoas que têm distintas perspectivas sobre como percebem o mundo em que vivem e de quem deve ter acesso aos recursos ou controlá-los (MADDEN, 2004). Por exemplo, os danos à produção agrícola causados por espécies protegidas como o chimpanzé (*Pan troglodytes*) e elefantes asiáticos (*Elephas maximus*) nos trópicos africanos e asiáticos (SUKUMAR, 1990, NAUGHTON-TREVES, 1998) afetam diretamente os meios de subsistência de agricultores locais, que corrói seu apoio para a conservação da biodiversidade, gerando um conflito entre os agricultores e instituições ambientais (HILL, 2000, 2017).

Esses conflitos podem ocorrer quando a vida silvestre afeta a saúde e segurança humana, e também, quando causa prejuízos econômicos para as atividades humanas, como a redução da produção pecuarista e agrícola. Por exemplo, nos países africanos Moçambique e Namíbia, mais de cem pessoas são mortas anualmente por crocodilos (LAMARQUE et al., 2009), enquanto na Índia os elefantes matam mais de uma pessoa todos os dias (RANGARAJAN et al., 2010). Entre 1980 e 2003, mais de 1.150 pessoas e 370 elefantes morreram como resultado de conflitos entre humanos e elefantes no nordeste da Índia (ANWARUDDIN CHOUDHUR, 2004). Nos Estados Unidos, as colisões de cervos com automóveis atingem em média 29 mil pessoas por ano, causando mais de 1 bilhão de dólares em danos (USDA, 2006). Ainda nos Estados Unidos, nos estados de Idaho, Montana e Wyoming, os lobos mataram 728 animais de criação, principalmente ovinos e

bovinos, durante um período de 1987-2001 (MUSIANI et al., 2003). Cerca de 13% da fruticultura orgânica na Alemanha pode ser afetada por danos causados por roedores, causando perdas monetárias de vários milhões de euros por ano (WALTHER et al., 2008). Na Austrália, os danos causados por coelhos foram registrados em 260 milhões de dólares australianos (GONG et al., 2009). O conflito entre humanos e a vida silvestre também resulta em implicações para a conservação. As atividades humanas nos últimos 200 anos transformaram o planeta e deram início a uma era agora denominada Antropoceno (CRUTZEN, 2002). O aumento e desenvolvimento da população humana reduziram e fragmentaram habitats dramaticamente, resultando em uma maior pressão sobre a biodiversidade (TILMAN et al., 2001; FOLEY et al., 2005). Dessa forma, a conservação no século XXI enfrenta uma importante questão: conciliar as atividades humanas com a conservação da biodiversidade.

2 Efeitos Negativos da Vida Silvestre Sobre a Produção Agrícola

Os sistemas agrícolas fornecem uma fonte de recursos concentrada e altamente previsível, além de habitat para muitas espécies, podendo resultar em aumentos dramáticos no tamanho da sua população. As populações abundantes podem infligir um efeito substancial na produção, resultando em declínios significativos nas quantidades produzidas e nos valores de mercado (de GRAZIO, 1978). As espécies consideradas pragas reduzem a produtividade das culturas de diferentes formas (BOOTE et al., 1983). Estas espécies podem reduzir a atividade fotossintética das plantas (fungos, bactérias, vírus), acelerar a senescência foliar (patógenos), competir por recursos (ervas daninhas) ou consumir os tecidos vegetais (herbívoros e outros animais) (BOOTE et al., 1983). Além disso, as perdas de culturas podem ser quantitativas e /ou qualitativas (OERKE, 2005). As perdas quantitativas resultam da redução da produtividade, levando a um menor rendimento por unidade de área. Em contrapartida, as perdas qualitativas estão relacionadas com a qualidade da cultura. Por exemplo, devido as características estéticas da cultura, como o seu tamanho e pigmentação, diminuindo, assim, o valor de mercado (OERKE, 2005). Uma vasta gama de espécies de vertebrados já foi documentada como praga agrícola em várias regiões do planeta, desde grande mamíferos (RANGARAJAN et al., 2010; ANWARUDDIN CHOUDHUR, 2004) a pequenos roedores (HARDY, 1990) e aves (ANDERSON et al., 2013; de GRAZIO, 1978). Por exemplo, os roedores seja o problema mais comum nos sistemas agrícolas. Em muitos países, os roedores consomem até 15% da produção, antes da colheita (CONOVER, 2002). Também, ratos e camundongos domésticos causam perdas pós-colheita em grãos armazenados, além de serem

reservatório para doenças, como leptospirose, triquinose e salmonela (HARDY, 1990). No sudeste asiático, o arroz é a cultura primária nesta região e os roedores são frequentemente identificados como um grande problema, que limita o rendimento do arroz (CONOVER, 2002). No Reino Unido, poucas fazendas estão isentas de ratos (*Rattus norvegicus* e *Mus domesticus*) e os danos econômicos são difíceis de quantificar (HARDY, 1990). São várias as culturas afetadas por ratos, como cana-de-açúcar (e.x Argentina e Florida), nozes (Hawai), coco (Jamaica), trigo (Bangladesh), arroz (Camboja, Índia, Indonésia, Filipinas) (CONOVER, 2002). O controle de roedores geralmente envolve o uso de substâncias tóxicas e armadilhas para tentar reduzir a população (CONOVER, 2002; DOLBEER; HOLLER; HAWTHORNE, 1994). O coelho-europeu (*Oryctolagus cuniculus*) é a mais importante praga no Reino Unido capaz de causar danos consideráveis a uma grande variedade de culturas, devido sua herbivoria em culturas de cereais, hortícolas e pastagem (HARDY, 1990; CONOVER, 2002; SMITH; PRICKETT; COWAN, 2007). Uma estimativa do tamanho da população de coelho europeu na Grã-Bretanha foi de cerca de 40 milhões, causando aproximadamente 115 milhões em euros de danos à indústria agrícola britânica (SMITH et al., 2006). A perda média está estimada entre 0,33 e 1% de perda de rendimento por hectare para cada coelho (DENDY et al., 2003). Na Austrália, espécies exóticas tornaram-se grandes pragas agrícolas. Nas indústrias de carnes (73%), lã (25%) e grãos (2%), as perdas anuais totalizaram 284,9 milhões de dólares australianos (GONG et al., 2009). As perdas na horticultura, juntamente com os custos de manejo, foram estimadas em 313,1 milhões de dólares por ano, nos setores industriais da uva/vinho (39%), frutas (46%) e nozes (16%) (GONG et al., 2009). As perdas estão atribuídas principalmente as aves, responsáveis por 50% dos danos, seguido dos coelhos (33%), Cães selvagens (8%), ratos, raposas e porcos selvagens (8%) (GONG et al., 2009). Outro grupo importante, que causa significativa perdas na produção das culturas, é o das aves. Na seção subsequente, será discutido, com mais detalhes, acerca das aves e seus efeitos nas culturas em diversas partes do mundo.

3 A Relação das Aves Com a Agricultura

A aves constituem um componente importante dos sistemas agrícolas. Existe uma relação estreita entre populações de aves e paisagens agrícolas (DONALD et al., 2001). Na Europa, até 30% da variação observada nas tendências da população de aves pode ser explicada por flutuações na produção de cereais (DONALD et al., 2001). Como discutido anteriormente, os sistemas agrícolas são uma fonte de recursos concentrados e abundantes, além de fornecer habitat para

muitas espécies. Este recurso geralmente é composto por (i) grãos, sementes e frutos, (ii) vegetação e gramíneas e (iii) insetos, artrópodes e outros animais (DHINDSA; HARJEET, 1994). Portanto, as aves de sistemas agrícolas podem ser granívoras, frugívoras, insetívoras, carnívoras, nectarívoras ou onívoras. Contudo, a comunidade de aves em sistemas agrícolas é caracterizada pela dominância de apenas algumas espécies granívoras e onívoras, enquanto o restante das espécies é representado em números muito pequenos (DHINDSA; HARJEET, 1994).

Apesar de serem menos abundantes, as espécies insetívoras e carnívoras são consideradas úteis para a agricultura, uma vez que proporcionam serviços ecossistêmicos aos sistemas agrícolas. Aves podem atuar como controle biológico de espécies, reduzindo populações que são consideradas prejudiciais aos sistemas agrícolas, como alguns invertebrados, roedores e ervas daninhas (TEO, 2001; MILES et al., 2002; GREEN; ELMBERG, 2014; RODENBURG et al., 2014; PERNOLLET et al., 2015; PEISLEY et al., 2016). Por exemplo, Teo (2001) comprovou em seu estudo a eficácia do uso de patos para controle biológico da espécie exótica *Pomacea canaliculata* - um caramujo nativo da América do Sul, que foi introduzido primeiramente em Taiwan e que, atualmente, tornou-se uma das maiores pragas de arroz na Ásia. Os patos reduziram a densidade do caramujo de 5 caramujos por m⁻² para menos que um caramujo por m⁻² (TEO, 2001). Esse método de controle remete a tempos antigos na China, onde soltavam patos para que estes se alimentassem nos campos de arroz pós-colheita (TAI; TAI, 2001). Esse método tradicional ainda é utilizado na China e foi adotado por dezenas de milhares de agricultores na Ásia e no Oriente Médio (TAI; TAI, 2001). A interação conveniente dos patos com o cultivo de arroz há muito tempo é apreciada, devido aos benefícios econômicos, ambientais ecológicos associados (menor necessidade de insumos químicos) (LONG et al., 2013). Clark e Gage (1996) avaliaram a eficácia do uso de gansos domésticos como agentes de controle de ervas daninhas e insetos-pragas, em um sistema de produção hortícola. Os autores concluíram que os gansos reduziram a abundância de ervas daninhas e aumentaram a proporção de frutos livres de pragas, possivelmente porque a remoção da vegetação pelos gansos reduziu a umidade na superfície do solo, diminuindo, assim, a atividade dos insetos (CLARK; GAGE, 1996). Nos pomares de macieiras no sudeste da Austrália, Peisley et al (2016) constataram que, excluindo o acesso das aves às macieiras resultou em 12,8% a mais de maçãs danificadas por insetos e o dano das aves às maçãs foi de apenas 1,9%. Portanto, ao comparar os benefícios potenciais (controle biológico) com os custos (danos causados às maçãs pelas aves), pode-se inferir que as aves estão proporcionando um benefício líquido para os horticultores,

reduzindo os danos em média 10,9% (PEISLEY et al., 2016). Um experimento conduzido nos campos agrícolas de Kapadvanj na Índia revelou que as aves (principalmente as espécies *Acridotheres tristis*, *Acridotheres ginginianus*, *Corvus splendens*, *Corvus macrorhynchos*, *Dicrurus adsimilis* e *Bubulcus ibis* reduziram de 45 a 65% a população de larvas brancas (*Holotrichia* sp: Scarabidae) – uma praga que danifica o sistema radicular de várias culturas, como amendoim, milho e sorgo (PARASHARYA et al., 1994).

As aves, também, podem surtir efeitos negativos aos sistemas agrícolas. Algumas espécies de aves, principalmente onívoras e granívoras, foram capazes de se adaptar e reproduzirem-se muito eficientemente em habitats agrícolas, levando a grandes concentrações populacionais (DHINDSA; HARJEET, 1994). As populações abundantes, ao se alimentar dos produtos dos sistemas agrícolas, podem infligir danos econômicos significativos às culturas (De GRAZIO, 1978). Devido a isso, em várias partes do mundo as aves vêm sendo consideradas como pragas agrícolas. De Grazio (1978) compilou dados de estimativas de perdas econômicas na agricultura devido ao dano por aves, em quase todos os continentes. O estudo mostrou que, os Estados Unidos tiveram perdas de 15 e 20 milhões de dólares nos anos de 1970 e 1971, respectivamente, devido aos danos causados pela espécie *Agelaius phoeniceus* (red-winged blackbird), aos milharais em fase de maturação (De GRAZIO, 1978). Também, as espécies *Quiscalus quiscula* (common grackles) e *Phasianus colchicus* (ring-necked pheasant) ocasionaram um prejuízo entre 6 a 49 milhões de dólares ao milho em fase emergente, em todo território americano no ano de 1971 (de GRAZIO, 1978). Para o Canadá, os prejuízos na agricultura, especialmente com o trigo, totalizaram 119 milhões de dólares, devido a aves granívoras e aquáticas. As perdas foram mais significativas em Ontário (40 milhões de dólares), Quebec (24 milhões de dólares) e Manitoba (21 milhões de dólares) (De GRAZIO, 1978). Já na Ásia, segundo De Grazio (1978), a rizicultura é a cultura mais danificada pelas aves, sendo que as espécies de munias do gênero *Lonchura*, pardais, *weaverbirds* (Ploceidae), corvos e aves aquáticas são as mais problemáticas (de GRAZIO, 1978). Bandos de aves granívoras forrageadoras causam danos significativos às culturas de girassóis em todas as principais regiões produtoras de girassol do mundo, incluindo Austrália, China, Europa, Índia, América do Norte, Paquistão, Rússia, América do Sul e Ucrânia (LINZ et al., 2011). Entre as principais aves que causam danos aos girassóis estão os periquitos (Psittacidae) e pombas (Columbidae) para a América do Sul (RODRIGUEZ et al., 1995; , BUCHER, 1992), *blackbirds* (Icteridae) para os Estados Unidos (LINZ et al., 2011), as cacatuas (Cacatuidae) e papagaios (Psittacidae) para a

Austrália (BOMFORD, 1992), pardais (Emberizidae, Passeridae), pombas e corvos (Corvidae) causam mais prejuízos na Europa, enquanto que na África, pombas e pardais são em grande parte responsáveis pelos danos aos girassóis (VAN NIEKERK, 2009). Em diferentes ecorregiões (Pampas, Espinhal e Chaquenha) na Argentina, algumas espécies de pombos e papagaios se adaptaram e se beneficiaram com a conversão da habitats em sistemas agrícolas, causando danos em cultivos e gerando conflitos entre os diversos atores sociais envolvidos (DARDANELLI et al., 2016; FILLOY; BELLOCQ, 2006). As espécies de pombos *Patagioenas maculos*, *Patagioenas picazuro*, *Zenaida auriculata* e o papagaio *Myiopsitta monachus* são considerados prejudiciais para cultivos de sorgo, girassol e milho na Argentina e em outros países da América do Sul, como Colômbia, Peru, Bolívia, Paraguai e Uruguai (DARDANELLI et al., 2016; BRUGGERS; RODRIGUEZ; ZACCAGNINI, 1998; BUCHER; ARAMBURU, 2014; BUCHER; RANVAUD, 2006). No Brasil, Jacinto et al (2007) avaliaram o dano de aves granívoras à cultura de sorgo (*Sorghum bicolor*) e concluíram que houve um efeito na produção de sorgo, sendo as espécies *Aratinga leucophthalma*, *Patogienas picazuro*, *Volatina jacarina* e *Gnorimopsar chopi* as principais responsáveis pelo ataque aos cachos de sorgo. No Brasil, estudos sobre danos de aves à agricultura ainda é escasso, apesar dos relatos de produtores sobre a pressão de aves aquáticas em culturas de arroz e de pombos em culturas de soja. Além disso, a população da espécie *Agelaius ruficapillus*, conhecido como pássaro-preto ou anú, aumentou demasiadamente nos últimos anos, sendo considerado como uma praga para a cultura do arroz irrigado pelos produtores rurais do Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2004). Esta ave se alimenta das sementes de arroz, arrancando as plântulas durante a fase de emergência e atacam as panículas durante a fase reprodutiva do arroz, podendo causar uma redução média entre 964 kg/ha a 1249 kg/ha na produtividade das lavouras de arroz (SILVA, 2004).

4 Aves Aquáticas Forrageiras e suas Interações com a Rizicultura

4.1 Panorama mundial e regional da rizicultura¹

O arroz é uma planta da família das gramíneas, do gênero *Oryza*, que possui em torno de vinte espécies, sendo a mais cultivada a *Oryza sativa* (JULIANO, 1993). O arroz é uma gramínea anual,

¹ Nesta revisão, considera-se sinônimo de rizicultura o termo “cultivo de arroz”, quando se refere a prática do cultivo *per se*. Quando se refere ao sistema agrícola de arroz ou a área espacial deste,

classificada no grupo de plantas C-3, adaptada ao ambiente aquático. Esta adaptação é devida à presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, que possibilita a passagem de oxigênio do ar para a camada da rizosfera (EMBRAPA, 2007). O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, representando o alimento básico de mais da metade da população mundial (FAO, 2004). A Ásia é o continente que mais consome e produz arroz no mundo (FAO, 2018). Entre 2013 a 2015, a produção mundial média de arroz foi de 743.2 milhões de toneladas colhidas, sendo 672.1 milhões de toneladas somente no continente asiático (90%) (FAO, 2018).

Entre os países da América do Sul produtores de arroz, o Brasil se destaca com uma produção média de 12.1 milhões de toneladas (57%), para o mesmo período (FAO, 2018). Já a soma da produção média dos demais países produtores de arroz do continente sul americano (Argentina, Colômbia, equador, Peru e Uruguai) ultrapassa pouco mais de 9 milhões de toneladas (43%) (FAO, 2018). A região Sul do Brasil é a principal produtora de arroz no país, com uma produção de 8.503 mil toneladas para o Rio Grande do Sul e 1.098 mil toneladas para Santa Catarina, representando 80 % da produção nacional na safra 2016/17. (CONAB, 2017). O Rio Grande do Sul tornou-se o principal estado produtor, respondendo por 71,1% da produção nacional da safra 2016/17, seguido de Santa Catarina (9,2%), Tocantins (5,6%), Mato Grosso (3,9%) e Maranhão (1,8%) (CONAB, 2017). Na região de Cerrado no Tocantins, o arroz é a cultura mais tradicional, sendo o arroz de sequeiro um precursor da abertura de novas áreas de pastagens (CONAB, 2015). Posteriormente, foi constatado o notável potencial agrícola do estado, favorecido pela disponibilidade de água, condições climáticas adequadas e extensão territorial (CONAB, 2015). Estas características viabilizou o desenvolvimento da cultura do arroz irrigado por inundação por meio da implantação do Projeto Rio Formoso, na década 70 – maior projeto de arroz irrigado do mundo em área contínua, com 25 mil hectares, desenvolvido no âmbito do pró-várzeas e sob o amparo do Governo de Goiás (CONAB, 2015). As áreas de várzeas do Tocantins, especialmente planície sedimentar da Bacia do Araguaia, são promissoras para o cultivo de arroz irrigado em virtude das características dos solos e condições do hidromorfismo dessa bacia (CONAB, 2015). O rio Araguaia é o principal sistema da bacia Tocantins-Araguaia tanto no que se refere a área de drenagem como a vazão (AQUINO; LATRUBESSE; SOUZA FILHO, 2009). Apresenta uma área com cerca de 383.999 km², percorrendo os estados de Goiás, Mato Grosso, Pará e Tocantins,

utiliza-se o termo “áreas de cultivo de arroz”, “arrozais”, “agrossistemas de arroz” ou ainda “lavouras de arroz”.

embora grande parte da bacia situa-se na região Centro-Oeste (AQUINO; LATRUBESSE; SOUZA FILHO, 2009). Na região hidrográfica Tocantins-Araguaia, o principal uso consuntivo de água é a irrigação, com cerca de 84 m³/s, representando 62% da demanda total de água da região (ano-base 2010) (ANA, 2015), sendo os municípios tocantinenses de Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão e Pium, os que apresentam as mais elevadas demandas hídricas para irrigação, principalmente para o cultivo de arroz e da soja (ANA, 2015).

Na produção de arroz no Brasil são considerados dois grandes ecossistemas para a cultura: várzeas e terras altas (EMBRAPA, 2018). No ecossistema de várzeas, também denominado de cultivo irrigado, o solo é mantido submerso, com manutenção da lâmina de água, até a maturação dos grãos (EMBRAPA, 2018). As modalidades de irrigação destes ecossistemas podem ser feita pelos métodos de inundação, subirrigação e aspersão. No Brasil, o método mais usado é o de irrigação por inundação, que consiste basicamente, em colocar uma lâmina de água em compartimentos formados no terreno (tabuleiros ou quadros), que são limitados por pequenos diques ou taipas (EMBRAPA, 2018). A inundação do solo pode ser realizada de forma contínua, durante todo o ciclo do arroz, ou de maneira intermitente, situação em que a lâmina de água é repostada após um intervalo de tempo desde o seu desaparecimento do tabuleiro (EMBRAPA, 2018). Os principais sistemas de cultivo de arroz irrigado são o sistema convencional, plantio direto, pré-germinado e mudas. O ecossistema de várzeas é o responsável pela maior produção de arroz no Brasil, onde o arroz irrigado é responsável por 75% da produção nacional (EMBRAPA, 2018). As principais áreas de cultivo em várzeas, irrigadas sob o sistema de inundação, estão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

No ecossistema de terras altas ou também denominado de sequeiro, o cultivo é caracterizado pelo plantio em áreas não alagadas (CONAB, 2015). Neste ecossistema, o arroz pode ser cultivado com irrigação suplementar por aspersão ou sem irrigação, dependendo, assim, da água proveniente das chuvas, da enchente dos rios ou afloramento natural do lençol freático (EMBRAPA, 2018). O cultivo de arroz neste ecossistema, tem sido feito há muito tempo, principalmente na região do Cerrado, em terrenos mais drenados. O arroz de terras altas é cultivado em áreas de pastagens degradadas, pois tolera bem solos ácidos, sendo usado como meio de recuperação desses solos (EMBRAPA, 2018). A produtividade neste tipo de sistema é inferior ao ecossistema de várzeas, sendo a média de produtividade aproximadamente de 2.700 quilos por hectare, enquanto que no cultivo irrigado é possível atingir a média de 7.000 kg/ha ([CRUSCIOL, 2013](#)). Contudo, nos

últimos anos, a pesquisa brasileira tem inovado e aperfeiçoado técnicas que permitem uma maior produtividade com o arroz de sequeiro, como o melhoramento genético, que produz cultivares tolerantes ao estresse hídrico, e a complementação hídrica mediante a irrigação por aspersão nos períodos de estiagem ([CRUSCIOL](#), 2013a, 2013b).

Quanto ao ciclo de desenvolvimento, este pode ser dividido em três fases principais: plântula, vegetativa e reprodutiva (COUNCE; KEISLING; MITCHELL, 2000). A duração de cada fase depende do cultivar, época de semeadura, região de cultivo e das condições de fertilidade do solo (EMBRAPA, 2007). A duração do ciclo varia entre 100 e 140 dias para a maioria das cultivares cultivadas em sistema inundado, sendo que a maior parte da variação entre cultivares ocorre na fase vegetativa (EMBRAPA, 2017).

4.2 Comunidade de aves aquáticas e a cultura do arroz

Inúmeras espécies de aves foram documentadas ocorrendo em culturas de arroz, muitas vezes em bandos numerosos (ACOSTA et al., 2010). A maior parte do arroz é cultivada em condições de inundação, favorecendo, assim, condições que são semelhantes a habitats naturais de zonas húmidas (MACLEAN et al., 2002). Não surpreendentemente, os grupos mais comuns de ave presentes nas áreas de culturas de arroz são aquelas que estão associadas as áreas úmidas (ELPHICK, 2010), como as denominadas aves aquáticas² (*waterbirds*) refere-se às espécies que dependem ecologicamente de áreas úmidas (WETLANDS INTERNATIONAL, 2012), ou seja, dependem de habitats aquáticos para forrageamento, reprodução ou residência. . As áreas de cultivo de arroz irrigado são sistemas agrícolas aquáticos temporários que, ao serem inundados, favorecem o desenvolvimento de comunidades bióticas de interações complexas (FASOLA; RUIZ, 1996; GONZALEZ-SOLIS; BERNADI; RUIZ, 1996).

A presença de aves aquáticas em culturas de arroz já foi reportada em várias regiões do mundo, como na América do Norte, Central e do Sul (ACOSTA et al., 2010; BRUZUAL; BRUZUAL, 1983; DIAS; BURGER, 2005), Europa (RODRIGUES; FIGUEIREDO; FABIAO, 2002; TORAL et al., 2011), Ásia (WOOD et al., 2010; NAM et al., 2015), África (RODENBURG

² Nesta revisão foi adotada a classificação da Wetlands International (2012), que considera aves aquáticas algumas espécies pertencentes às famílias Ardeidae, Anhimidae, Anatidae, Anhingidae, Aramidae, Balaenicipitidae, Burhinidae, Charadriidae, Ciconiidae, Dromadidae, Gaviidae, Glareolidae, Gruidae, Erypygidae, Ibidorynchidae, Jacanidae, Haematopodidae, Heliornithidae, Laridae, Pedionomidae, Pelecanidae, Phalacrocoracidae, Phoenicopteridae, Podicipedidae, Rallidae, Recurvirostridae, Rostratulidae, Rynchopidae, Scopidae, Scolopacidae, Sternidae, Threskiornithidae e Thinocoridae.

et al., 2014; (MEY; DEMONT; DIAGNE, 2011) e Austrália (TAYLOR; SCHULTZ, 2010). Muitas espécies ameaçadas também utilizam os arrozais, incluindo a espécie *Nipponia nippon* (crested ibis, íbis-do-japão), cegonhas (*Ciconia* spp.) e grouse (Gruidae) (WOOD et al., 2010; FUJIOKA et al., 2010; GOPI, 2009). As áreas de cultivo de arroz fornecem um habitat alternativo às aves e a importância deste habitat para aves aquáticas está bem documentada (FASOLA; RUIZ, 1996; ELPHICK, 2000, 2003; CZECH; PARSONS, 2002; ACOSTA et al., 2005; MUGICA et al., 2006; SÁNCHEZ-GUZMÁN et al., 2006; TORAL; FIGUEROLA, 2010).

As aves aquáticas utilizam os arrozais prioritariamente como sítio de alimentação e descanso (FASOLA; RUIZ, 1996; HOHMAN; STARK; MOORE, 1996; ACOSTA et al., 2005; DIAS; BURGER, 2005) e, em algumas áreas, podem ser de fato o habitat primário de forrageamento disponível para eles (CZECH; PARSONS, 2002). Em muitas regiões, as áreas de cultivo de arroz concentram um grande número de aves aquáticas migratórias (CZECH; PARSONS, 2002). Por exemplo, um estudo nos arrozais de Cuba identificou que, 74% das espécies registradas eram total ou parcialmente migratórias, com as populações migratórias vindas da América do Norte (MUGICA et al., 2006). Os autores constataram ainda que a densidade de aves aquáticas nos arrozais aumentou dramaticamente no inverno, devido à chegada de grandes bandos de patos migratórios e aves costeiras, como as espécies *Ana discors* (marreca-de-asa-azul) e *Dendrocygna bicolor* (marreca-caneleira) para, principalmente, se alimentar, demonstrando a importância dos arrozais como um recurso para aves aquáticas migratórias (MUGICA et al., 2006). Nos Estados Unidos, os arrozais são geralmente inundados após a colheita para fornecer habitat para a migração de aves aquáticas durante a temporada de caça e para auxiliar na decomposição da palha do arroz (DAY; COLWELL, 1998). No extremo sul do Brasil, as espécies migratórias *Pluvialis dominica*, *Limosa haemastica*, *Tringa melanoleuca*, *Tringa flavipes*, *Calidris fuscicollis*, *Calidris melanotos*, *Micropalama himantopus*, *Tryngites subruficollis* utilizam os arrozais como sítio de alimentação e descanso, partindo no final do verão e início do outono em direção a sítios de nidificação na América do Norte (DIAS; BURGER, 2005). Outros estudos demonstraram a importância das áreas de cultivo de arroz como local de sítio de inverno para aves aquáticas, na Califórnia-Estados Unidos (ELPHICK; ORING, 1998), em Portugal e Espanha (LOURENÇO; PIERSMA, 2008; RENDÓN et al., 2008) e no Japão (MAEDA, 2005). Em menor frequência, os arrozais também são utilizados como sítios de reprodução (FASOLA; RUIZ, 1996; CZECH; PARSONS, 2002). Os arrozais podem ser similares as áreas úmidas em vários aspectos, incluindo

a dinâmica de inundação, a ocorrência de vegetação emergente e águas rasas (PIERLUISSI, 2010). Devido a isso, os arrozais podem ser usados como sítios reprodutivos por aves aquáticas, que nidificam em áreas úmidas (PIERLUISSI, 2010). Contudo, a maioria das aves aquáticas são inibidas de nidificar em áreas de cultivo de arroz, devido à perturbação das práticas agrícolas (CZECH; PARSONS, 2002). Segundo Pierluissi (2010), de forma geral, o uso dos arrozais como sítios reprodutivos por aves aquáticas pode ser dividido em cinco categorias: 1) nidificação dentro do arrozal crescido; 2) nidificação em diques dentro ou no perímetro do arrozal; 3) nidificação associada a canais de irrigação ou diques; 4) nidificação em outras áreas úmidas que existem devido ao cultivo de arroz e 5) forrageamento nos arrozais, enquanto nidificam em habitats adjacentes. No noroeste da Itália, pequenas colônias das espécies *Larus ridibundus*, *Limosa limosa*, *Chlidonias niger* e *Chlidonias leucopterus* nidificam ocasionalmente dentro dos arrozais (FASOLA; RUIZ, 1996). Há evidências de nidificação na Espanha em Ebro Delta, onde 56% dos ninhos da espécie *Himantopus himantopus* (Black-winged Stilts, Pernalonga) foram colocados dentro dos arrozais, juntamente com 1% dos ninhos de *Recurvirostra vosetta* (Avocet, Alfaiate) (MARTINEZ-VILALTA, 1989). A espécie *Dendrocygna bicolor* (Fulvous Whistling Ducks, Marreca-caneleira) é altamente associada aos arrozais no sul dos Estados Unidos, tanto que a expansão da distribuição espacial da espécie coincidiu com a expansão das áreas de cultivo de arroz em Louisiana (Estados Unidos), sendo os arrozais os principais sítios de nidificação para espécie (HOHMAN; LEE, 2001). Outros registros de nidificação de aves aquáticas em arrozais incluem as espécies *Anas superciliosa* (Pacific Black Duck) na Austrália e *Anas poecilorhyncha* e *Tadorna tadorna* (Common Shelduck) (Indian Spot-billed Duck) na Coreia e Japão (FUJIOKA et al., 2010; LONGONI, 2010; TAYLOR; SCHULTZ, 2010).

A interação de aves aquáticas com os agrossistemas de arroz pode gerar consequências contrastantes. Aves aquáticas podem contribuir para o melhor desempenho do sistema ou prejudicá-lo, diminuindo sua produção. Com relação a contribuição ao sistema, o pisoteio de aves aquáticas, devido ao seu forrageamento, pode ajudar a reduzir as concentrações de lignina e nitrogênio dos resíduos da pós-colheita do arroz, aumentando a decomposição da palha de arroz e a disponibilidade de nitrogênio no solo (BIRD; PETTYGROVE; EADIE, 2000; VAN GROENIGEN et al., 2003). Patos selvagens também reduzem a biomassa de sementes de ervas daninhas através de forrageamento, proporcionando um benefício recíproco aos agricultores (VAN GROENIGEN et al., 2003; STREET; BOLLIICH, 2003; TENG et al., 2016). Van Groenigen et al.

(2003) constataram que os locais com alta atividade de aves aquáticas nos arrozais do Vale do Sacramento, na Califórnia (Estados Unidos), o declínio na biomassa de ervas daninhas tornou-se mais pronunciado, diminuindo em mais de 50% a biomassa de ervas daninhas. Nas áreas de cultivo de arroz em Calabozo (Venezuela), foi evidenciado o consumo das pragas do arroz *Oryza perennis* (arroz vermelho) e *Cyperus rotundus* (tiririca) pela espécie *Dendrocygna viduata* (White-faced Whistling Duck, Irerê) (BRUZUAL; BRUZUAL, 1983). Na análise da dieta de inverno das espécies *Anas platyrhynchos* (mallard, pato-real) e *Anas crecca* (Teal, Marrequinha), os itens alimentares mais importantes foram sementes de arroz e sementes de *Potamogeton pusillus*, *Scirpus maritimus* e *Echinochloa sp*, sendo estas duas últimas as ervas daninhas de arroz mais comuns nos arrozais de Camargue, sul da França (BROCHET et al., 2012). Aves aquática também podem reduzir a pressão de insetos e caracóis considerados pragas do arroz (TEO, 2001; MEN; OGLE; LINDBERG, 2002).

Contudo, algumas espécies de aves aquáticas, favorecidas pelos agrossistemas de arroz que lhes fornece abrigo e principalmente alimento, podem, conseqüentemente, tornar-se abundantes e prejudiciais para a produção rizicultural. O grão de arroz é um alimento importante para muitas espécies de aves (STAFFORD; KAMINSKI; REINECKE, 2010; MARCO-MÉNDEZ et al., 2015). A maioria das aves se alimentam no período de pós-colheita do arroz, forrageando o arroz residual³ e invertebrados aquáticos (STAFFORD; KAMINSKI; REINECKE, 2010; FUGIOKA, 2010). O forrageio nos arrozais tende a ser menor quando o arroz está crescendo, especialmente quando a sua densidade é alta, sendo uma pequena porcentagem das espécies encontradas nos arrozais durante esse período (ELPHICK, 2010; KROSS et al., 2008). Entretanto, muitas aves aquáticas forrageiam sementes de arroz recém-plantadas, plântulas, assim como o grão de arroz maduro ainda na panícula (inflorescência do arroz) (STAFFORD; KAMINSKI; REINECKE, 2010). Devido a isso, muitas espécies de anatídeos já foram relatadas como pragas nas culturas de arroz, em diferentes regiões (tabela 2). No item subsequente, aspectos da família Anatidae são discutidos.

³ Grãos que caem ou não são colhidos durante a colheita (STAFFORD et al., 2006).

Tabela 2. Espécies de anatídeos que foram classificados como pragas de arroz na literatura. Adaptado de Pernollet (2015).

Espécie/nome comum	Região	País	Referências
<i>Dendrocygna viduata</i> White-faced Whistling Duck Irerê	América do Sul e Central	Argentina	De Grazio and Besser, 1970 em de Grazio, 1978; Zaccagnini, 2002
		Brasil	Sick, 1997
		Colômbia	De Grazio and Besser, 1970 em de Grazio, 1978
		Uruguai	De Grazio and Besser, 1970 em de Grazio, 1978
		Venezuela	De Grazio and Besser, 1970 em de Grazio, 1978
		Nicarágua	de Grazio, 1978
		Suriname	De Grazio and Besser, 1970 em de Grazio, 1978
	África	África do Sul	Petrie and Petrie, 1998 em Kear, 2005
		Tanzânia	Katondo, 1996
		Senegal	Tréca, 1992
		Mali	Tréca, 1992
Camarões		de Grazio, 1978	
<i>Dendrocygna bicolor</i> Fulvous Whistling Duck Merrca-caneleira	América do Sul	Argentina	Ferreira et al., 2009
		Venezuela	Bruzual and Bruzual, 1983; Gomez-Dallmeier and Cringan, 1990 em Kear et al, 2005
	América do Norte	Estados Unidos	Mugica, 1993; Hohman et al., 1996; Flincklinger and King, 1972 em Stafford et al., 2010; Meanley and Meanley, 1959 em Czech and Parsons, 2002
	África	Camarões	de Grazio, 1978
<i>Dendrocygma javanica</i> Lesser Whistling Duck Marreca-de-java	Ásia	Bangladesh Butão Índia Nepal Paquistão Sri Lanka	Ali and Ripley, 1987 em Sundar and Subramanya, 2010
<i>Dendrocygna autumnalis</i> Black-bellied Whistling Duck Marreca cabloca	América do Sul	Brasil Guiana	Sick, 1997 Bourne, 1981
<i>Dendrocygna arcuata</i> Whistling tree duck	Oceania	Nova Guiné	Grist and Lever, 1969 em de Grazio, 1978
<i>Dendrocygna guttata</i> Spotted tree duck	Oceania	Nova Guiné	Grist and Lever, 1969 em de Grazio, 1978

<i>Anas platyrhynchos</i> Mallard, Pato real	América do Norte	Estados Unidos	Phillips, 1923
	Ásia	Japão	Sundar and Subramanya, 2010; Lane, 1998
	Europa	Bulgaria	Grist and Lever, 1969 em de Grazio, 1978
<i>Anas acuta</i> Northern Pintail Marreca arrabio	América do Norte	Estados Unidos	Phillips, 1923
	África	Senegal Mali	Tréca, 1992
	Ásia	Bangladesh Butão India Nepal Paquistão Sri Lanka	Sundar and Subramanya, 2010
<i>Anas querquedula</i> Garganey	África	Senegal Mali	Tréca, 1981 em Tréca, 1992
	Ásia	Bangladesh Butão India Nepal Paquistão Sri Lanka	Sundar and Subramanya, 2010; Hume and Marshall, 1879 em Phillips, 1923
<i>Anas poecilorhyncha</i> Indian Spot-billed Duck	Ásia	Bangladesh Butão Índia Nepal Paquistão	Sundar and Subramanya, 2010
		Japão China Índia Paquistão	Lane, 1998
<i>Anas stepera</i> Gadwall	Ásia	Bangladesh Butão Índia Nepal Paquistão	Sundar and Subramanya, 2010
<i>Anas erythrorhyncha</i>	África	Tanzânia	Katondo, 1996

Red-billed duck Marreco-de-bico-vermelho		Madagascar	Roch and Newton, 1863 in Phillips, 1923
<i>Anas discors</i> Blue-winged Teal Marreca-de-asa-azul	América do Sul	Suriname Guiana	Grist and Lever, 1969 in de Grazio, 1978
	América do Norte	Estados Unidos	Phillips, 1923
<i>Anas georgica</i> Yellow-billed Pintail Marreca-parda	América do Sul	Argentina	De Grazio, 1978 Ferreyra et al., 2009
<i>Anas fulvigula</i> Mottled Duck	América do Norte	Estados Unidos	McAtee, 1918 in Phillips, 1923
<i>Anas superciliosa</i> Pacific Black Duck	Oceania	Austrália	Grist and Lever, 1969 in de Grazio, 1978
<i>Anas gibberifrons</i> Gray Teal	Oceania	Austrália	Grist and Lever, 1969 in de Grazio, 1978
<i>Sarkidiornis melanotos</i> Knob-billed Duck Pato-de-crista	África	Tanzânia Senegal	Katondo, 1996; Tréca, 1992
	Ásia	Bangladesh Butão Índia Nepal Paquistão	Sundar and Subramanya, 2010
<i>Aix sponsa</i> Wood Duck Pato-carolino	América do Norte	Estados Unidos	Stafford et al., 2010
<i>Netta peposaca</i> Rosy-billed Pochards Marrecão	América do Sul	Argentina Brasil	Ferreyra et al., 2009 Sick, 1997
<i>Amazonetta brasiliensis</i> Brazilian Teal Pé-vermelho	América do Sul	Brasil	Ferreyra et al., 2009 Sick, 1997
<i>Chenotta jubata</i> Maned Duck	Oceania	Austrália	Grist and Lever, 1969 in de Grazio, 1978

4.3 Família Anatidae (Leach, 1820)

Esta família inclui as aves aquáticas típicas, como os patos, marrecos, gansos e cisnes (BALDASSARRE & BOLEN, 2006). Segundo a classificação de Livezey (1997), Anatidae está organizado em 5 subfamílias, 13 tribos, 51 gêneros e 171 espécies. No Brasil, ocorrem 23 espécies pertencentes às subfamílias Anserinae (Vigors, 1825), Anatinae (Leach, 1820) e Dendrocygnae (Reichenbach, 1850) (PIACENTINI et al., 2015). Anserinae apresenta 2 gêneros ocorrendo no Brasil, enquanto Anatinae possui 12, sendo o gênero *Anas* o maior em número de espécies. *Dendrocygna* é o único gênero da subfamília Dendrocygnae e é representado por oito espécies (LIVEZEY, 1997). A maioria destas espécies apresenta distribuição em regiões tropicais e subtropicais, sendo *D. viduata*, *D. autumnalis* e *D. bicolor*, ocorrendo amplamente na América do Sul. Muitos anatídeos são migratórios, mas seu movimento é bastante limitado (geralmente menos de 500 km), resultando de mudanças imprevisíveis ao padrão de pluviosidade do ambiente e outras condições ambientais (BALDASSARRE & BOLEN, 2006). O período de reprodução varia conforme a região e espécie. Por exemplo, *D. bicolor* reproduz entre abril e agosto em Cuba e entre maio e agosto na América do Norte (ACOSTA et al., 1989; MEANLEY; MEANLEY, 1959). Geralmente, a fase do ciclo do arroz influencia fortemente o período reprodutivo desta espécie, podendo adiantá-lo ou atrasá-lo, devido a nidificação ocorrer em determinada fase do desenvolvimento do arroz (MEANLEY; MEANLEY, 1959). Nos arrozais, os principais materiais utilizados para construir os ninhos são partes de plantas de arroz (ACOSTA et al., 1989; MEANLEY; MEANLEY, 1959). Quando não está reproduzindo, a espécie é gregária e pode forragear em bandos de até vários milhares de indivíduos (KEAR, 2005). Anatídeos apresentam dieta onívora, predominantemente herbívora, variando conforme a disponibilidade dos recursos e fase do ciclo reprodutivo (HOHMAN; STARK; MOORE, 1996; PETRIE; ROGERS, 2004). A dieta consiste em gramíneas (por exemplo, *Echinochloa* spp.), sementes aquáticas, e tubérculos (especialmente na estação seca) (KEAR, 2005), bem como invertebrados aquáticos, como moluscos, crustáceos e insetos, cujo consumo é maior durante as chuvas (KEAR, 2005). O arroz também se demonstrou o item principal na dieta de espécies de dendrocignas em culturas de arroz (BRUZUAL; BRUZAL, 1983; TURNBULL; JOHNSON; BRAKHAGE, 1989; ACOSTA, 2005). Espécies de anatídeos habitam uma grande variedade de zonas húmidas de água doce, incluindo lagos, deltas de rios, reservatórios e estuários (KEAR, 2005). Esse grupo irradiou-se amplamente em uma variedade de nichos em todos os continentes (exceto Antártida), apresentando uma matriz

externa de características anatômicas e de comportamento que refletem a variada condição ecológica em que se encontram (BALDASSARRE & BOLEN, 2006). As espécies menores apresentam voos velozes, podendo chegar a 118 kmh (SICK, 1997). Os anatídeos são aves sociáveis que podem ocorrer em grandes concentrações (SICK, 1997) e está intimamente associado com a cultura de arroz, que fornece habitat para nidificação e alimentação (TURNBULL; JOHNSON; BRAKHAGE, 1989; HOHMAN; STARK; MOORE, 1996; PETRIE; PETRIE, 1998).

Anatídeos possuem um grande valor cultural em muitas partes do mundo (KEAR, 1990). Esse grupo desperta a afeição das pessoas, de modo a estimular a conservação de muitas espécies, bem como seus habitats (Por exemplo: Ramsar Convention, Wildfowl & Wetlands Trust e Wetlands International) (GREEN; ELMBERG, 2013). A reverência especial com anatídeos é refletida através de sua importância artística e religiosa através da história. De fato, desenhos rupestres de gansos, datados do período Paleolítico, estão presentes em cavernas na França (Ucko; Rosenfeld apud BALDASSARRE; BOLEN, 2006). Hieróglifos egípcios retratam claramente várias espécies de gansos e patos (BALDASSARRE; BOLEN, 2006). Tão profundamente enraizado está o fascínio dos humanos aos patos, gansos e cisnes, que estes foram incorporados como personagens da mitologia de praticamente todas as civilizações conhecidas. Na mitologia Mordoviana (grupo étnico da Rússia), o pato é referenciado como uma menina que assume a aparência de um pato como resultado de uma feitiçaria. Assim, o pato não pode ser caçado e aquele que o faz é amaldiçoado com doenças e perdas nas colheitas (DEVIATKINA, 2011). Por vezes, o pato é considerado a ave da divindade da floresta (DEVIATKINA, 2011). Na mitologia grega, Zeus se transforma em um cisne para seduzir a rainha de Esparta Leda e deste mito surgiu a inspiração para uma das famosas obras de Leonardo Da Vinci: “Leda e o Cisne” (1505-1507). A estima por cisnes é expressa também através da música e da dança, como na peça de ballet clássico “O lago dos cisnes” (Piotr Ilitch Tchaikovsky), além de serem inspiração para diversas pinturas, como por exemplo, na obra “Cisnes Refletindo Elefantes” de Salvador Dali (1937) e “O Cisne Ameaçado” do pintor neerlandês Jan Asselyn (1640-1650).

Além da importância estética e mítica, os anatídeos fornecem recursos alimentício (carne e ovos) e recreação para os seres humanos. A caça aos anatídeos está profundamente arraigada no percurso das sociedades humanas (ALISON, 1978). Algumas das primeiras evidências da caça às aves aquáticas podem ser observadas através de pinturas rupestres na Europa desde a última Era Glacial (cerca de 12.000 anos atrás) (MARINGER, J; BANDI, 1953; UCKO; ROSENFELD,

1967). A literatura do antigo Egito está repleta de referências que descrevem a caça e o aprisionamento de aves aquáticas, sugerindo que essas atividades eram extremamente populares (ALISON, 1978). Na tumba egípcia de Khum-Hotpe (1900 AC), foi pintado um mural, que demonstra um caçador capturando patos em uma armadilha (BALDASSARRE; BOLEN, 2006). Apropriados do conhecimento acerca do comportamento gregário dos patos, nativos norte-americanos construía réplicas de patos para atrair os bandos e, assim, poder caçá-los mais facilmente (BALDASSARRE; BOLEN, 2006). Anatídeos e outras aves aquáticas são caçadas para o consumo humano em todo mundo e, em alguns casos, são uma parte importante da dieta (KRCMAR; VAN KOOTEN; CHAN-MCLEOD, 2010). Além da carne e ovos, a penugem dos patos selvagens era utilizada para enchimento de almofadas e colchões e o óleo das glândulas uropigianas era utilizado para lubrificação, pomadas e também como combustível para lamparinas (MACMILLAN; LEADER-WILLIAMS, 2008). A caça aos anatídeos também pode ser de natureza recreacional. Atualmente, a caça esportiva de anatídeos, principalmente de patos, está regulada nos países da América do Norte, Europa, Ásia, na Austrália e Nova Zelândia. Na América do sul.

No Brasil, até 2005, o Rio Grande do Sul era o único estado onde a caça esportiva era permitida e regulamentada através da Portaria do Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) n° 90 de 14 de agosto de 2001, que determinava a época, locais e espécies liberadas. Entre as espécies de aves permitidas, os anatídeos *Dendrocygna bicolor* e *Dendrocygna viduata* compreendiam a lista. Entretanto, uma ação civil pública ingressada pela organização não-governamental “União Pela Vida” em 2004 contra o órgão do Ibama, requeria a proibição da caça no Rio Grande do Sul. Em 2005, foi determinada a sentença de primeira instância, suspendendo a caça amadorista no Rio Grande do Sul pela Vara Ambiental de Porto Alegre. A Federação Gaúcha de Caça e Tiro e Ibama recorrem da decisão ao Superior Tribunal de Justiça e ao Supremo Tribunal Federal, porém os recursos foram negados, mantendo em vigor a decisão da Justiça Federal da 4ª Região (TRIBUNAL REGIONAL DA 4ª REGIÃO, 2014). Atualmente, a caça é proibida em todo território nacional, exceto para subsistência ou para controle populacional, em caso de espécies nocivas, a exemplo do javali (BRASIL, 1998; IBAMA, 2013).

5 Avaliação do Dano das Aves às Culturas

5.1 Características do dano

A natureza do dano das aves à cultura de arroz é quantitativa, ou seja, causa diminuição da produtividade, levando a um menor rendimento da produção. O dano pode ser direto, quando os grãos são comidos pelas aves, ou indireto (mecânico), quando o pisoteio das aves acaba derrubando o arroz cultivado ou inviabilizando a sua germinação (TRÉCA, 1987; DOLBEER; HOLLER; HAWTHORNE, 1994). O arroz é mais suscetível aos danos causados por aves aquáticas nos estágios iniciais do seu desenvolvimento. Por exemplo, *Dendrocygna bicolor* forrageia as sementes do arroz recém semeados (FLICKINGER; KING, 1972). No Vale do Missisipi (Estados Unidos), a espécie *Aix sponsa* (Wood Ducks, Pato Carolino) forrageia durante o período de crescimento do arroz (STAFFORD; KAMINSKI; REINECKE, 2010). O forrageamento do arroz emergente pela *Dendrocygna viduata* é um problema comum aos países da Argentina, Colômbia, Nicarágua, Suriname, Uruguai e Venezuela (De GRAZIO, 1978). Também, as espécies de anatídeos *Dendrocygna bicolor*, *Netta peposaca* (Rosy-billed Pochards, Marrecão), *Anas georgica* (Yellow-billed Pintails Marreca-parda) e *Amazonetta brasiliensis* (Brazilian Teal, Marreca-caneleira) consomem os grãos e brotos de arroz (ZACCAGNINI, 2002). No Brasil, produtores do Planalto Central, relatam que anatídeos consomem os grãos, principalmente, no início do ciclo do arroz. Eles descrevem que, estas aves consomem o grão ainda submerso no solo, bem como os grãos em emergência. Adicionalmente, os anatídeos podem consumir o arroz na fase final de maturação, diretamente na panícula, causando acamação⁴ do arroz. Na fase de maturação do arroz, estas aves são atraídas por ervas daninhas, que crescem espontaneamente dentro da culturas (MEY; DEMONT, 2013) e, dessa forma, os anatídeos acabam pousando no arroz cultivado, fazendo com que este seja derrubado. No Paraná, os produtores de arroz ressaltam que as marrecas apenas causam danos pelo pisoteio, pousando em bandos nos arrozais em brotação (SICK, 1997). Segundo Sugden e Goerzen (1979), as perdas por pisoteio podem ser pelo menos o dobro das perdas por consumo. A maioria dos danos ocorre durante o entardecer, uma vez que as marrecas são frequentemente crepusculares, favorecidas por um bico altamente sensível, que permite encontrar alimento sem auxílio visual (SICK, 1997).

⁴ Derrubada das hastes ao nível do chão, dificultando a colheita e prejudicando os grãos

5.2 Métodos de controle do dano

O controle do dano da vida selvagem é uma ação de manejo projetada para reduzir os efeitos negativos causados pela população-alvo (SINCLAIR; FRYXELL; CAUGHLEY, 2006). Os métodos de controle podem atingir a população-alvo diretamente, manipulando as taxas de mortalidade e fertilidade, ou indiretamente, através de técnicas que excluem a população-alvo da área de interesse (SINCLAIR; FRYXELL; CAUGHLEY, 2006). O controle tem sido tradicionalmente realizado por técnicas letais ou não letais.

5.2.1 Letais

Técnicas letais afetam diretamente a população-alvo, aumentando a sua mortalidade através do seu abate. O abate é realizado, principalmente, por meio da caça, armadilhas ou de pesticidas. O abatimento por intermédio de armas de fogo é uma forma comum de matar animais de grande e médio porte (CONOVER, 2002). O abate com arma de fogo foi usado com sucesso para reduzir o risco de colisão de aves contra aeronaves (DOLBEER; BELANT; SILLINGS, 1993) e na predação de coiotes sobre rebanhos (CONNOLLY; O'GARA, 1987). A caça é provavelmente a técnica de controle de aves mais universalmente praticada (BOMFORD, 1992; LEFEBVRE et al., 2017; BAXTER; ALLAN, 2008). A caça é empregada principalmente para controlar as populações superabundantes. Por exemplo, a espécie *Anser caerulescens* (Snow Goose), entre os anos de 1900 e 1990, a população aumentou de 3.000 indivíduos para mais de 700.000, na América do Norte. Devido a este crescimento, foram instituídas ações de manejo para estabilizar a população, das quais incluía a liberação da caça (LEFEBVRE et al., 2017). As medidas de manejo, apesar de não serem totalmente bem-sucedidas, estabilizaram a população (LEFEBVRE et al., 2017). A vantagem desse método é que apresenta alta especificidade, direcionado à espécie-alvo (CONOVER, 2002). As armadilhas podem ter a função de capturar a espécie-alvo para depois o animal ser abatido ou podem ser letais. Produtos químicos tóxicos (pesticidas) são usados há muito tempo no controle de todo tipo de espécie considerada praga, como por exemplo, inseticidas, herbicidas, fungicida e raticidas (FENNER; FANTINI, 1999). Para o controle de aves, Na década de 1960 foi desenvolvido o avicida DRC-1339 (cloridrato de 3-cloro-p-toluidina) pelo Serviço de Pesca e Vida Selvagem dos Estados Unidos, em resposta às preocupações dos produtores sobre grandes populações de aves (LINZ et al., 2011). O avicida é altamente tóxico para várias espécies de aves consideradas pragas agrícolas, incluído estorninhos (*Sturnus vulgaris* L., Sturnidae), blackbirds e corvos (LINZ et al., 2011). Outro avicida utilizado é o agente 4-aminopiridina (4-AP,

Avitrol®) para controlar populações de blackbirds (Red-winged, Yellow-headed e Brewer's blackbirds), Quiscalus (Icteridae), cowbirds (Icteridae), pombos e estorninhos, administrado através de grãos tratados (MCLEAN; KHAN, 2013). A 4-aminopiridina é altamente tóxica para mamíferos, peixes e aves e, portanto, é classificado como pesticidas de uso restrito na legislação dos Estados Unidos (MCLEAN; KHAN, 2013). Outro agente letal para controle dos estorninhos durante a estação de inverno é o surfactante PA-14, que destrói as propriedades isolantes das penas para que as aves morram hipotermia (HEISTERBERG, 1987). Embora apresentem restrições severas para evitar a exposição de espécies não-alvo, estes agentes são inespecíficos e podem representar riscos a espécies não-alvos (MCLEAN; KHAN, 2013; EISEMANN; LINZ; JOHNSTON, 2001; GAMBLE et al., 2014).

Contudo, o controle letal ainda é um método pragmático, que pode provocar a rejeição do público em geral (FULTON, 2004) e sua eficácia é controversa (FLEMING et al., 1990; FORD, 1990; MCMANUS et al., 2015, LINZ et al., 2015). Para Brown et al (2000), é pouco provável que a caça seja suficiente como única ferramenta de manejo no controle do viado-de-cauda-branca (*Odocoileus virginianus*). Segundo Bomford (1992), a caça (*shooting*) é provavelmente é o método de controle de aves mais ineficaz usada na Austrália, apresentando um custo-benefício muito limitado, uma vez que as aves aprendem a evitar os caçadores, além de ser uma prática dispendiosa. Muitas vezes, os esforços de remoção dos indivíduos da população são compensados demograficamente pelos efeitos da denso-dependência, cuja magnitude varia de acordo com o tamanho da população (BUCHER; RANVAUD, 2006). Por exemplo, se o controle letal reduzir a população, a competição por recursos diminuirá e as taxas de natalidade aumentarão, levando a uma rápida compensação da mortalidade induzida pelo controle, neutralizando os esforços de controle letal (NEWTON, 1998). Para ser eficaz, o número de indivíduos removidos por unidade de tempo deve exceder a capacidade da população compensar a mortalidade, através da sobrevivência, reprodução ou imigração dos indivíduos renascentes (NEWTON, 1998). Portanto, para populações previamente estáveis declinarem, a mortalidade causada pelo controle deve ser aditiva à mortalidade natural, em vez de compensatória, ou seja, não compensada pela redução subsequente da perda natural (NEWTON, 1998).

Uma outra forma de controle é através da introdução de inimigos naturais (predadores ou doenças agentes) para reduzir a população-alvo. Contudo, há poucos casos de sucesso no uso do controle biológico para vertebrados (WILKINSON, 2001). Um dos poucos sucessos é o uso do

vírus *Myxoma* contra coelhos, que diminuiu para cerca de 20% a densidade de coelhos na Austrália (SINCLAIR; FRYXELL; CAUGHLEY., 2006). Segundo Sinclair et al (2006), a probabilidade de encontrar um agente biológico para controlar os vertebrados são sempre baixas, em grande parte porque o patógeno deve ser altamente específico do hospedeiro e altamente contagioso.

O controle letal, também, é frequentemente utilizado no manejo de espécies exóticas invasoras, a exemplo de roedores em ecossistemas insulares (TOWNS; ATKINSON; DAUGHERTY, 2006; HOWALD, 2007), raposas, lebres, veados e espécies asselvajadas, incluindo porcos, búfalos, cabras e cães, na Austrália (BENGSEN, 2016) e javalis no Brasil (IBAMA, 2013).

5.2.2 Não letais

O controle não letal abrange técnicas que não lidam diretamente com o abate da população-alvo, como barreiras de exclusão física, substâncias repelentes, controle da fertilidade, métodos de afugentamento e modificação do habitat. A maneira mais óbvia de reduzir os efeitos dos danos é impedir fisicamente o acesso da população-alvo com a área de interesse (SINCLAR; FRYXELL; CAUGHLEY, 2006). Com aves, isso pode ser alcançado com sucesso por meio redes, geralmente de nylon, ou telas (RUGGERS; RUELLE, 1982; CONOVER, 2002). Contudo, dependendo das circunstâncias, a instalação de redes pode não ser economicamente ou logisticamente viável, por esse motivo é utilizado para culturas mais valiosas, como vinhas, ou de extensões menores (CONOVER, 2002; BOMFORD, 1992). Outra técnica é pulverizar uma fibra obstrutiva (ex.: espuma vinílica acetinada) diretamente no fruto, protegendo-o, assim, do ataque de aves (CURTIS et al., 2004).

Repelentes químicos são produtos projetados para dissuadir as espécies consideradas pragas a comer determinado item alimentar, causando-as aversão (STEVENS; CLARK, 1998). Estes são aplicados diretamente nos itens alimentares que precisam de proteção, para que os repelentes sejam ingeridos juntamente com o alimento (CONOVER, 2002). Os repelentes químicos podem ser divididos em repelentes primários e secundários (BISHOP e al., 2003). Os repelentes primários são agentes que causam aversão na primeira exposição porque tem cheiro ou gosto repulsivo ou causam irritação (BISHOP e al., 2003). Já os repelentes secundários aos serem ingeridos provocam reações desagradáveis, como dor e mal-estar, gerando uma experiência aversiva à ingestão do alimento (SHIVIK; TREVES; CALLAHAN, 2003). Repelentes secundários são geralmente considerados a forma mais eficaz de dissuasão (BISHOP e al., 2003).

A eficácia dos repelentes químicos tem sido testada para controlar o dano de aves às culturas de soja, arroz, sorgo, milho e girassol no Uruguai (CALVI et al., 1976), às plantações de arroz e sorgo na Venezuela (AVERY; TILLMAN; LAUKERT, 2001), às culturas de arroz e fruticulturas nos Estados Unidos (AVERY et al., 2005; WERNER et al., 2015), demonstrando resultados bem-sucedidos. Entre os agentes compondo os repelentes químicos estão o antranilato de metila, metiocarbe, antraquinona e cafeína

(CUMMINGS; OTIS; DAVIS, 1992; AVERY; TILLMAN; LAUKERT, 2001; AVERY et al., 2005). Embora repelentes químicos são mais eficazes quando usados em altas concentrações, em áreas pequenas e para problemas com uma curta duração (CONOVER, 2002). Segundo Conover (2002), o maior fator limitante para o uso dos repelentes químicos no controle dos danos é a sua aprovação legal pelos órgãos competentes. Para que a aprovação seja efetivada é necessário a realização de testes para verificar se um repelente atende aos critérios de segurança ao meio ambiente e à saúde humana. Segundo o autor, embora o atendimento aos critérios seja de importância significativa, os testes necessários são tão onerosos que as empresas químicas têm pouco interesse no desenvolvimento de repelentes. Dessa forma, poucos repelentes podem ser usados legalmente em muitos países (CONOVER, 2002).

Em linhas gerais, os métodos de controle de fertilidade da vida selvagem podem ocorrer por intermédio de técnicas mecânicas e cirúrgicas e imun contracepção (CONOVER, 2002; MASSEI; COWAN, 2014). A esterilização cirúrgica é raramente usada no controle da vida silvestre, uma vez que o animal deve ser capturado e transportado para realização da cirurgia, o que torna o método oneroso e impraticável (CONOVER, 2002). Contudo, há experimentos bem-sucedidos, a exemplo da vasectomia de gansos canadenses machos (*Branta canadensis*) e de blackbirds (*Agelaius phoeniceus*) (CONVERSE; KENNELLY, 1994; BRAY; KENNELLY; GUARINO, 1975). A imun contracepção é praticada através da administração de esteroides sintéticos, estrogênios e progestágenos (FAGERSTONE, 2002). Para mamíferos silvestres, a maioria das aplicações utilizam vacinas de imun contracepção de dose única injetável destinadas principalmente a esterilizar fêmeas (MASSEI; COWAN, 2014). Exemplos de mamíferos que foram induzidos a vacina de imun contracepção incluem os esquilos da Califórnia (*Spermophilus beecheyi*), gatos domésticos (*Felis catus*), porcos domésticos e selvagens (*Sus scrofa*) e veados (*Odocoileus virginianus*) (NASH et al., 2004; LEVY et al., 2004; MILLER; RHYAN; KILLIAN, 2003; MILLER; JOHNS; KILLIAN, 2000). Elder (1964) demonstrou que, os contraceptivos orais

Ornitrol®, Arasan® e Provera® provocaram inibição reversível da ovulação em pombos (*Columba livia*). A inibição reprodutiva usando Ornitrol em pombos variou de 87% a 100% nas áreas rurais, mas atingiu apenas cerca de 10% nas cidades (WOFFORD; ELDER, 1967). Mais recentemente, novos contraceptivos foram registrados para controle de fertilidade de aves nos Estados Unidos, como por exemplo, contraceptivos à base de nicarbazina para manejo da fertilidade em gansos canadenses e pombos (FAGERSTONE et al., 2008). Talvez, a maior vantagem do uso do controle de fertilidade é que esta apresenta uma abordagem humana e a aceitação pública é mais provável do que no caso de métodos letais (KIRKPATRICK; TURNER, 1985).

Outra forma de reduzir os danos causados pela vida selvagem é afugentá-los das áreas de risco. O afugentamento é alcançado através da provocação de estímulos que aumentam o medo de um animal em frequentar uma determinada área (CONOVER, 2002). Os estímulos podem ser visuais, auditivos ou olfatórios. Entre os estímulos visuais utilizados para afugentar a vida selvagem estão, o uso de luzes e *lasers*, espantalhos e refletores (BISHOP et al., 2003). Luzes intermitentes, rotativas ou estroboscópicas podem afugentar aves noturnas, embora, em alguns casos, as luzes demonstraram ser atrativas para as aves, em vez de aversivas (HARRIS; DAVIS, 1998; GORENZEL; SALMON, 2008). No entanto, as aves podem rapidamente tornarem-se habitadas (HARRIS; DAVIS, 1998; BISHOP et al., 2003). A energia eletromagnética associada aos lasers pode gerar estresse e desconforto em aves e mamíferos, dispersando-os da área de interesse (LUSTICK, 1972, 1973; HARRIS; DAVIS, 1998). O uso de lasers pode ser um método eficaz para afugentar as aves, embora haja necessidade de equipamento caro e treinamento especializado, aumentando os custos (BISHOP et al., 2003). Espantalhos são um dos dispositivos mais antigos usados para evitar o dano de aves em plantações agrícolas (FRINGS; FRINGS, 1967). Estes imitam a aparência de um predador em potencial, que as aves associam com o perigo, afugentando-as do local (HARRIS; DAVIS, 1998). A maioria dos espantalhos são efígies em forma humana e são mais eficazes quando a espécie-alvo tem uma associação negativa com os humanos, como, por exemplo quando a espécie-alvo é objeto de caça (HEINRICH; CRAVEN, 1990; HARRIS; DAVIS, 1998). Entretanto, alguns modelos são projetados para imitar predadores, como falcões e corujas (CONOVER, 1979). Estes modelos são feitos de balões de hélio e são suspensos nas áreas de risco (CONOVER, 1979). Um experimento para avaliar a eficácia de métodos para reduzir o dano causado às aves às culturas de mirtilos, demonstrou que o modelo de predador falcão diminuiu as perdas em 34,9%, mas não afugentou todas as espécies-alvos (CONOVER, 1982). De forma geral,

espantalhos podem fornecer proteção satisfatória para pequenas lavouras e para quando a população de aves é pequena (MEY; DEMONT, 2013).

Objetos refletores trabalham com o princípio de que flashes de luz brilhantes e repentinos produzem uma resposta de sobressalto e afugentam a ave de uma área (BISHOP et al., 2003). Refletores mais comuns utilizados para afugentar aves são fitas refletoras feita de material prateado revestida de resina sintética colorida, que reflete a luz do sol e produz um ruído quando movida pelo vento (HARRIS; DAVIS, 1998). Objetos reflexivos têm sido relatados como sendo eficazes em deter pombos em cultivos de soja germinada, cobrindo temporariamente o campo semeado com palha de arroz e com fitas reflexivas para reduzir os danos (FIRAKE; BEHERE; CHANDRA, 2016). Já Dolbeer et al. (1986) encontraram que a fita refletora sobre culturas agrícolas dissuadia certas espécies de aves, mas era ineficaz contra outras, incluindo pombos. A utilização de objetos refletores para proteção de cultivos é mais adequada para pequenas áreas e para culturas de alto valor (BISHOP et al., 2003). Além disso, é essencial a realização da manutenção das fitas para evitar que elas fiquem emaranhadas e repor as fitas perdidas (BISHOP et al., 2003).

Afugentamento através de estímulos auditivos geralmente é praticado por meio de dispositivos, que produzem estrondos altos. Entre as formas utilizadas para produzir um estrondo, estão o uso de pirotecnia e canhões de gás (HARRIS; DAVIS, 1998; BISHOP et al., 2003). Dispositivos pirotécnicos incluem uma grande variedade de fogos de artifício, foguetes e sinalizadores, que emitem estrondos e ou flashes de luzes (HARRIS; DAVIS, 1998). Baxter e Robinson (2007) avaliaram a eficácia de pirotecnia para dispersar gaivotas e corvos de aterros sanitários e concluíram que a pirotecnia era eficaz no afugentamento, mas o uso de um grande número de foguetes foi necessário, reduzindo assim o custo-benefício da técnica. Canhões de gás são comumente usados para afugentar as aves em culturas agrícolas (HARRIS; DAVIS, 1998; LINZ et al., 2011). As explosões são altas e um temporizador pode ser usado para que o canhão atire em intervalos pré-selecionados (CONOVER, 2002). Canhões de propano têm sido usados para reduzir danos em culturas de girassóis causados por blackbirds nos Estados Unidos, embora nenhuma avaliação acerca da eficácia deste método tenha sido realizada até o momento (LINZ et al., 2011). Além dessas técnicas, também se faz uso da tecnologia bioacústica, através de dispositivos sonoros que transmitem as vocalizações naturais de uma espécie para influenciar o comportamento da espécie-alvo (GORENZEL; SALMON, 2008). Aves vocalizam chamadas de alarme para avisar sobre perigo iminente, como quando um predador está próximo, e chamadas de socorro, que são

emitidas quando é capturado ou ferido (BISHOP et al., 2003). Dessa forma, a reprodução dessas vocalizações pode fazer com que as aves se dispersem do local (DELWICHE et al., 2005; DELWICHE; HOUK; GORENZEL, 2007). *Playbacks* de chamadas de socorro de corvos tem sido utilizados com sucesso para dispersão de poleiros e proteção de pomares (DELWICHE; HOUK; GORENZEL, 2007). Berge et al. (2007) incorporaram chamadas de socorros e alarmes aos métodos convencionais (fitas reflexivas, canhões de propano, pirotecnia) e reduziram significativamente os danos causados por estorninhos europeus, tordos-americanos (*Turdus migratorius*) e tentilhões (*Carpodacus mexicanus*) aos cultivos de uvas. Estímulos olfativos, como odores, também podem ser usados para afugentar um animal (CONOVER, 2002). Contudo, essa técnica, geralmente, é utilizada com mamíferos que são dissuadidos pelo odor dos seus predadores (CONOVER, 2002). Por exemplo, o odor fecal da raposa reduziu a depredação do grão-de-bico por camundongos domésticos (COULSTON; STODDART; CRUMP, 1993) e odores de martas, lincês, coiotes e cães domésticos têm sido usados para reduzir o forrageio por castores de montanha (EPPLÉ et al. 1995).

Os métodos de afugentamento são, de forma geral, considerados de baixo valor econômico e eficazes, porém as espécies tendem a se habituar rapidamente, diminuindo, dessa forma, a eficácia das estratégias de afugentamento (HARRIS; DAVIS, 1998; CONOVER, 2002; MCKAY; PARROTT, 2002; COOK et al., 2008). A habituação é um processo de aprendizado em que o animal para de responder ao estímulo devido à ausência de punição e ocorre com exposição prolongada aos mesmos métodos (BISHOP et al., 2003). Alguns autores sugerem o uso concomitante de métodos letais (geralmente o abate com arma de fogo) com métodos não letais, para reforçar e aumentar a eficácia dos métodos não-letais (CLEARY; DOLBEER, 2005; LINZ et al., 2011), embora não haja evidências demonstrando a eficácia da associação destes dois métodos.

Além desses métodos, o controle não letal também pode incluir a alteração da disponibilidade dos recursos da população-alvo, reduzindo a qualidade do habitat e, conseqüentemente, a densidade de espécies consideradas pragas para a agricultura (VAN VUREN, 1998). Para que isso ocorra, é necessário identificar os recursos do habitat ou as condições ambientais, que limitam a qualidade do habitat para uma determinada espécie, e então reduzir ou eliminar esses recursos ou condições (VAN VUREN, 1998). Segundo Conover (2002), a alteração na disponibilidade dos recursos pode ser alcançada alterando as práticas culturais agrícolas ou modificando o habitat local, bem como a paisagem circundante da cultura a ser protegida. Exemplo de mudanças nas práticas agrícolas

incluem alteração no calendário de plantio e colheita para minimizar a sobreposição de safras ou o período migratório de certas espécies, rotação de cultivos e utilização de cultivares menos suscetíveis à predação (WILSON et al., 1989; CONOVER, 2002; BUCHER; RANVAUD, 2006; LINZ et al., 2011, LINZ; HANZEL 2015; CANAVELLI et al., 2012). Por exemplo, uma forma de reduzir os danos causados às culturas pelas espécies de aves migratórias é ajustar os cronogramas de plantio para que as culturas atinjam o estágio em que são vulneráveis aos danos, durante o período em que as aves estão ausentes (WILSON et al., 1989). Nos países de Chade e Camarões foi demonstrado que antecipar o plantio do arroz em meados de junho evitou danos de aves, enquanto que o amadurecimento do arroz após junho coincidiu com a chegada de grandes bandos migratórios de *Quelea quelea* (ELLIOTT, 1979). Experiência semelhante ocorreu no norte da Tanzânia, onde as plantações de arroz de ciclo curto plantadas em fevereiro evitaram danos, enquanto que as plantadas depois desse período foram depredadas (DOGGETT, 1982).

A modificação do habitat envolve a remoção e /ou alteração das características do habitat, que favorecem as espécies consideradas pragas (HARRIS; DAVIS, 1998). Ações típicas incluem o manejo da vegetação, remoção dos abrigos, dormitórios e locais de nidificação e áreas de alimentação alternativas (BISHOP et al., 2003). A presença de vegetação nos campos de cultivos, como ervas daninhas, pode atrair aves e, conseqüentemente resultar em perdas nas culturas (RODENBURG et al. 2014). Rodenburg et al (2014) demonstraram que as aves estavam mais presentes em campos de arroz que possuíam ervas daninhas, em comparação com os campos livres destas pragas, resultando em uma perda adicional na produção dos campos com ervas daninhas. Já nos aeroportos, é recomendado manter a vegetação alta para impedir o acesso de algumas espécies de aves à fontes alimentares, como invertebrados do solo, além de dificultar o forrageamento (HARRIS; DAVIS, 1998). Aplicando o conceito do forrageamento ótimo, se a visibilidade nas periferias dos campos de cultivo for alta, as aves vão investir menos em tempo em vigilância e investir mais no forrageamento. Contudo, se a visibilidade for reduzida por obstruções visuais (por exemplo: vegetação densa), as aves vão vigiar mais para compensar um aumento no risco de predação e vão forragear menos (PÖYSÄ, 1987; WHITTINGHAM; EVANS, 2004; GUILLEMAIN et al., 2007; HONDA, 2015). A vegetação densa também pode servir de refúgio para algumas espécies, durante períodos de recursos escassos (CONOVER, 2002). Quando as condições tornam-se propícias, estas espécies podem repovoar a paisagem novamente (CONOVER, 2002).

Também é possível manipular o ambiente, criando áreas de alimentação alternativas para dissuadir o forrageamento das aves nas culturas de interesse. Áreas de alimentação alternativas ou parcelas de isca fornecem uma fonte de alimentação alternativa e geralmente envolve o plantio de uma cultura em uma área afastada da área protegida ou a disponibilização de alimentos atrativos às espécies (CUMMINGS et al., 1987; CONOVER; DOLBEER, 2007). A lógica por de trás dessa técnica é fornecer uma área onde o recurso disponibilizado é de melhor qualidade do que aquele onde o dano está ocorrendo (BISHOP et al., 2003). As áreas de alimentação alternativas foram eficazes em reduzir o dano de blackbirds em culturas de girassóis (CUMMINGS et al., 1987). Estabelecer áreas de alimentação alternativa pode ser eficaz na redução de danos causados às aves nas culturas, contudo pode ser dispendioso, requer tempo considerável e planejamento para implementar (BISHOP et al., 2003). Além disso, pode atrair outras espécies indesejáveis para a área ou aumentar a densidade local da população-alvo, à medida que as aves são atraídas pela abundância de alimentos (BISHOP et al., 2003).

Parece plausível que a estrutura do habitat afete a escolha dos habitats utilizados pelo forrageamento e nidificação de aves em ambientes agrícolas. Canavelli et al. (2014) constataram que as variáveis da paisagem, como a distância da cultura até a vegetação mais próxima, a porcentagem de paisagem com árvores e a disponibilidade de locais de forrageamento ao redor dos campos de cultivo foram as variáveis que mais explicaram o dano de periquitos em cultivos de girassóis e milho. Variáveis locais, como a área de campo, densidade de plantas e porcentagem de borda de campo com árvores, também foram relacionadas aos danos.

Métodos não letais de controle do dano podem oferecer vantagens conservacionistas, éticas e legais sobre o controle letal, além de que uma abordagem não letal também pode se mostrar mais eficiente que o controle letal, uma vez que evita as consequências indesejáveis da denso-dependência que podem resultar no abate.

5.3 Estimando o dano: o controle se justifica?

A extensão dos danos às culturas causados pela vida selvagem podem ser expressas em termos absolutos (kg /ha, perda financeira/ha) (WEATHERHEAD; TINKER; GREENWOOD, 1982) ou em termos relativos (perda em porcentagem) (DOLBEER, 1981). Estimativas de danos são importantes para definir com precisão a magnitude do problema e planejar ações de controle adequadas. Contudo, existem poucas metodologias padronizadas e validadas estatisticamente para avaliar a magnitude dos danos causados por aves nas culturas (BOU et al., 2016). Existem dois

métodos principais usados para obter informações sobre as perdas causadas pela vida selvagem (CONOVER, 2002). O primeiro método estima diretamente o dano através da amostragem de campo, enquanto o segundo recorre a métodos indiretos de estimativa, como aplicação de questionários, entrevistas com os atores envolvidos ou através da elaboração de modelos energéticos (DOLBEER, HOLLER, HAWTHORNE, 1994). Técnicas de estimativa direta envolvem estimativa visual do dano infligido (TRACEY; SAUNDERS, 2010) e contagem e/ou de pesagem de uma amostra representativa do cultivar em questão (BRUGGERS; RUELLE, 1981; KHAN; AHMAD, 1990). Já as técnicas de estimativa indireta podem ser realizadas por meio de entrevistas *face-to-face* (GONZÁLEZ, 2003), por telefone (O'DONNELL E VANDRUFF, 1983) e por e-mail ou formulários eletrônicos (TZILKOWSKI; BRITTINGHAM; LOVALLO, 2002; ELSER et al., 2016). Modelos energéticos usam estimativas dos tamanhos das populações de aves e os determinantes de suas necessidades energéticas para prever a quantidade de danos causados à população de pragas (WEATHERHEAD; TINKER; GREENWOOD, 1982). Para cada abordagem há vantagens e desvantagens. A estimativa direta dos danos é a maneira mais precisa de coletar os dados sobre perdas econômicas, entretanto requer considerável esforço amostral e, por isso, é mais conveniente para problemas localizados ou de pequena escala (CONOVER, 2002). Estimar indiretamente os danos, através de entrevistas e/ou questionários, pode ser menos dispendioso e oneroso do que a abordagem direta, por outro lado, pode gerar dados imprecisos e com vieses (CONOVER, 2002). Um dos problemas com essa abordagem é que os dados são baseados na percepção dos respondentes, portanto podem estar superestimados ou subestimados com relação ao real nível do dano. Quando a espécie, que está causando o dano, é facilmente notada, a tendência é de superestimar os danos, por outro lado se a espécie é inconspícua, a tendência é de subestimar os danos (CONOVER, 2002). Ao contrário da maioria dos mamíferos, que são inconspícuos quando causam danos, as aves geralmente são altamente visíveis e seus danos evidentes (DOLBEER; HOLLER; HAWTHORNE, 1994). Por essa razão, estimativas subjetivas muitas vezes superestimam as perdas em até dez vezes (WEATHERHEAD et al., 1982). No entanto, a estimativa indireta fornece alguma primeira aproximação da ordem de grandeza do dano, de acordo com as percepções dos agricultores, por isso os pesquisadores geralmente recorrem a métodos indiretos de estimativa (MEY; DEMONT; DIAGNE, 2011). Além disso, Tzilkowski et al. (2002), comparou os danos estimados através da amostragem direta com os dados fornecidos por meio de questionários respondidos pelos produtores, e não pode concluir que as estimativas foram

significativamente diferentes. Conover (2002) também confia na capacidade dos produtores de avaliar os danos.

Estimar corretamente a dano causado por espécies problemáticas às práticas humanas é fundamental para determinar as ações de controle apropriadas para cada situação. Segundo Sinclair et al (2006), existem três circunstâncias em que o controle pode ser inadequado: (i) quando o custo econômico do controle excede o seu benefício; (ii) quando a espécie considerada praga não é de fato a causa do problema e (iii) quando o controle tem um efeito inaceitável sobre as espécies não-alvo. O controle de dano gera benefícios, que podem ser examinados em termos monetários (HONE, 2007). Existe um *trade-off* entre o custo do controle e os benefícios que este proporciona. As práticas de controle de danos representam um custo que devem ser compensadas por um benefício à produção (CAUGHLEY; SINCLAIR, 1994). Em outras palavras, a relação custo-benefício deve ser maior que 1. Se os benefícios excederem os custos, então a relação custo-benefício será maior que 1 e o controle será economicamente rentável (HONE, 1994). Entretanto, se os custo do controle se sobresaem aos benefícios que este oferece, então o controle é considerado inapropriado. Por exemplo, Dolbeer (1981) calculou o custo-benefício do uso do avicida Avitrol FC-99 para controle de blackbirds em culturas de milho e concluiu que, para a maioria dos agricultores, o custo de controle excedia os dólares economizados pelos danos reduzidos.

**Conflicts between Anatidae and Rice Production: a study case in rice agrosystem in the
Brazilian Cerrado**

Conflicts between Anatidae and Rice Production: a case study in rice agrosystem in the Brazilian Cerrado⁵

Fernanda Maia Justo^{a,*}, Demétrio Luis Guadagnin^a, Alexandre Afonso Meyer^a

^a*Federal University of Rio Grande do Sul, Institute of Biosciences, Department of Ecology, Ave. Paulo Gama St. 110, 91501970, Porto Alegre, Brazil*

Abstract

Irrigated rice fields are important foraging habitats for waterbirds; however, some species can cause significant economic damage to crops. Therefore, the magnitude of waterbirds damage on irrigated rice production in three irrigated rice schemes in Central Brazil was investigated. First, we conducted a waterbird survey to identify the waterbirds species that utilize rice agrosystem and to understand the relationship among their abundance and rice agrosystem habitats. Second, we tested the efficiency of damage control performed, using exclusion cages experiment. Lastly, we assessed the cost-effectiveness of damage control applying a semi-structured questionnaire to farmers. Our main findings were: *Dendrocygna* spp. were the most frequent and abundance waterbirds in the rice agrosystem habitats, mainly in post-harvest paddies; the damage control actions were efficient and considered cost-effective, representing a less than 1% on crop implementation costs. We concluded that *Dendrocygna* spp. are a problem for irrigated rice production in the study sites; however, it is mitigated by damage control measure done by farmers.

Keywords: Whistling Ducks (*Dendrocygna* sp.), irrigated rice, damage control, waterbirds damage

1. Introduction

The agricultural expansion and intensification is a major driver of changes in the composition and abundance of bird communities around the world (Filloley and Bellocq, 2006; Donald et al., 2006; Wretenberg et al. 2007; Toral and Figuerola, 2010; Sabrina et al., 2017), rising several conservation issues. Rice, for example, one of the most widely cultivated crops, is a major driver of waterbirds and wetland losses (Donald et al., 2006, Foley et al., 2014). Rice is produced in many ways, but most rice is grown under flooded conditions (Maclean et al., 2002). As a result, the paddy rice field mimics some wetland characteristics, including seasonal flooding, the occurrence of emergent vegetation and shallow water, providing habitat for some wetland-dependent bird species (Hohman

⁵ Formatado conforme guidelines da revista “Agriculture, Ecosystems & Environment”

and Lee, 2001; Elphick, 2010, Guadagnin et al., 2005). The paddy rice field also provides a variety of food resources, such as wild plant seeds, invertebrates and cultivated grains (Stafford et al., 2010). As a result, some waterbird species are closely associated with rice cultivation (Turnbull et al., 1989; Hohman et al., 1996; Petrie and Petrie, 1998). Paddy rice fields are used by waterbirds predominantly as feeding and resting habitats, and to a lesser degree as breeding sites (Fasola and Ruiz, 1996; Hohman et al., 1996; Mugica et al., 2006; Dias and Burger, 2005). In some areas, irrigated rice fields may be the primary foraging habitat currently available to them (Czech and Parsons, 2002) and eventually claimed to play a role in biodiversity conservation.

The interaction of waterbirds with agricultural systems can influence rice production in a contrasting way. Due to foraging, waterbirds can provide some benefits to irrigated rice systems such as increased rice straw decomposition (Bird et al., 2000; Groenigen et al., 2003), reduction of weed seed biomass (Groenigen et al., 2003; Street and Bollich, 2003; Teng et al., 2016) and reduction of nuisance invertebrates (Teo, 2001; Men et al., 2002). On the other hand, waterbirds may also reduce rice productivity. The species benefited by abundant resources during and after the crop season may become abundant enough to harm rice crop yields (Bomford and Sinclair, 2002). Waterbirds species feed on rice fields in the post-harvest period (Stafford et al., 2010; Fugioka, 2010), a critical season that does favor survivorship and population increase. Some waterbirds species, mainly waterfowl (Anseriformes order), forage on recently planted seeds, seedlings, and grains maturing in panicles before harvest, also causing losses by trampling (de Grazio, 1978; Zaccagnini, 2002; Stafford et al., 2010). Indeed, some species may inflict significant economic damage on crops (de Grazio, 1978), rising conflicts regarding the best way to reduce the problem (Canavelli et al., 2012).

Plenty of waterfowl species have already been reported as rice pests in different countries. For instance, farmers in Argentina usually consider White-faced Whistling Duck (*Dendrocygna*

viduata), Fulvous Whistling Duck (*Dendrocygna bicolor*), Rosy-billed Pochards (*Netta peposaca*) and Brazilian Teal (*Amazonetta brasiliensis*) detrimental to rice crops (Zaccagnini, 2002). Similarly, the Northern Pintail (*Anas acuta*), Lesser Whistling Duck (*Dendrocygma javanica*) and Garganey (*Anas querquedula*) are considered an agricultural pest in Indian Subcontinent (Sundar and Subramanya, 2010). In Asia, according to de Grazio (1978), rice is the most damaged crop by birds. Species of munias (*Lonchura sp.*), sparrows, weaverbirds (Ploceidae), crows and waterfowl are the most problematic (de Grazio, 1978). Trampling losses have been estimated to be at least double the consumption losses in Canada. (Sugden and Goerzen, 1979). In Senegal River Valley (Africa), Mey et al. (2011) found that annual bird damage is around 13.2% of the potential rice production during the wet seasons. The damage caused by waterfowl on rice production is also of conservation concern, since producers may decide to control with techniques, which are harmful to the waterfowl and the biodiversity (Mateo-Tomás et al., 2012). It is also possible that the alleged damages to be overestimated due to poor monitoring of the production costs.

Successful wildlife management of human-wildlife conflicts depends on the quantification of damages to accurately define the magnitude of the problem and to plan appropriate and cost-effective damage control measures (Dolbeer, 1981). The evaluation of the efficacy of the damage control measures is also necessary in order to achieve successful management, usually by comparing pre- and post-control damage levels, or by comparing treated and untreated sites (Engeman, 2002). According to Sinclair et al. (2006), one of the circumstances in which damage control may be inadequate is when the economic cost of control exceeds its benefit. There is a trade-off between the cost of control and the economic benefits that it provides. Damage control actions represent a cost that must be offset by a production benefit, which can be examined in monetary terms (Hone, 2007; Caughley and Sinclair, 1994). In other words, the cost of damage control actions must do not exceed the economic value saved by the reduced damages to be

considered cost-effective. For example, Dolbeer (1981) estimated the cost-benefit of using Avitrol FC-99 avian to control blackbird damage in corn crops and concluded that for most farmers, the cost of control exceeded the dollars saved by the reduced damages. A common way to assess the effectiveness of species control projects is to calculate the relative cost-benefit ratio. A control activity is considered economically viable when the ratio of the present value of benefits to the present value of costs exceeds one.

Irrigated rice is a new, quickly expanding crop in Brazilian tropical savannas – the Cerrado Biome (Conab, 2015). Waterfowl, especially *Dendrocygna* sp. (Whistling Ducks) have been claimed as pest species by rice farmers, complaining that they consume grains submerged in the soil at planting, during emergence, and at maturation. Damage occurs from direct consumption of grain and trampling, causing gaps as the ducks move in the rice fields, which are easily identifiable in the paddies. Usually, farmers use rockets to produce a loud noise in order to frighten the birds. There is no official estimate of the losses in rice production caused by waterfowl in the region, although farmers claim the damages are significant.

The objective of this study was to evaluate the magnitude of waterbirds predation on irrigated rice production in Central Brazil, in three irrigation projects during the 2017-2018 harvest. First, (1) we conducted a waterbirds survey in order to identify the waterbirds species that utilize rice agrosystem and to understand the relationship among their abundance and rice agrosystem habitats. Secondly (2), we performed an exclusion experiment to assess the efficacy of damage control measures carried out by farmers to avoid bird damage. Finally, we assessed the cost-effectiveness of the damage control measures through a semi-structured questionnaire.

We hypothesized that (1) waterbirds abundance was not homogeneously distributed across the agricultural matrix, then we expected to find a greater abundance within rice paddies than in alternative natural and man-made habitats; that (2) the damage control measures carried out by

farmers are efficacy and (3) cost-effective to avoid bird damage. Therefore, we expected to find no differences in rice productivity between treatments and to find that the benefits provided by damage control measures exceed the cost of this method.

2. Methods

2.1 Study area

The study was carried out in Luiz Alves (district of São Miguel do Araguaia), Flores de Goiás (Goiás State) and Formoso do Araguaia (Tocantins state) at the Central Brazilian Plateau, during the rice season of 2017-18 (Fig. 1). The Central Plateau lies within the Cerrado ecoregion of the Neotropics, in the biome of tropical savannas and deciduous forests. The average annual temperature is range between 22-26°C and the average annual rainfall between 1,200 and 1,800 mm (Coutinho, 2002; Eiten, 1972). The precipitation concentrates in spring and summer (October to March). From May to September, rainfall is scanty and irregular (Coutinho, 2002). The rice areas are located in the Tocantins-Araguaia Hydrographic Region, which embraces a drainage area of 918,822 km² (11% of Brazil) (ANA, 2015). The main use of water in the region is irrigation, which consumes approximately 84 m³/s, representing 62% of the total demand (ANA, 2015). The main crops are rice and soybean (ANA, 2015). The rice production uses water both from the heavy summer rains as well as pumped from the rivers (ANA, 2015). The irrigation schemes started as State and Federal politics to promote the colonization and economy in the Middle Araguaia region.



Fig.1. Map of the three study sites in Tocantins and Goiás states.

In São Miguel do Araguaia, we included in the study the Luiz Alves Irrigation (PILAA), Stages I and II, of the Cooperativa Mista dos Agricultores de Luiz Alves e Região (COOPERMAF) (Table 1). In Formoso do Araguaia the study used areas of the Rio Formoso Irrigation, Third Phase, of the Cooperativa Rural Lagoa Grande Ltda (COOPERGRAN) (Table 1). In Flores de Goiás we studied the Flores de Goiás Irrigation of the Cooperativa Rural do Agricultores de Flores (COOPERFLORES) (Table 3). The method of rice production was basically the same in all schemes, although with variations between farmers and between crops of the same farmer. The soil is prepared dry, then the soil is soaked with irrigation water before planting to increase soil moisture and favor germination. After the emergence of seedlings, the water is progressively added following rice growth.

Table 3

Summary characteristic of the three irrigated rice schemes in the Brazilian Cerrado.

Study areas	Cultivated área (implanted) (ha)	Main water resource	Dry season crops	Rainy season crop
Luiz Alves	1,844	Araguaia River	Soy, sorghum, watermelon, pumpkin	Rice
Rio Formoso	27,787	Formoso River	Soy, corn, beans, and watermelon	Rice
Flores de Goiás	1,000	Paraná River	Rice	Rice

2.2 Waterbird survey

We surveyed waterbirds in the three study sites in order to verify the bird species using rice agrosystem and to understand the relationship between their abundance and these habitats. The survey was conducted in November 2017, which corresponds to the period of the highest influx of birds according to the farmers. This is also the time of planting of most of the crops, but still including areas in different stages, from plowing to stubble. The rice agrosystem habitats surveyed were classified into two categories: rice paddies and waterbodies. In addition, rice paddies were categorized according to their cultivation stages following Counce et al. (2000): plowed paddies (1), seedling (2), vegetative (3) and reproductive (4) rice growth stages and post-harvest (5) paddies. We counted and recorded all birds present in 77 rice paddies and 8 waterbodies, such as irrigation channels and dams, aided by telescopes and binoculars. Birds were surveyed between 06:00 and 17:00 h by the same observer, always under fair weather conditions. We counted all birds present in each paddy or water channel and birds within the range of the telescope. Employees in charge informed the area of each paddy.

2.3 Waterbird exclusion experiment

To verify the efficacy of damage control measures, we used a set of enclosures, which prevented the consumption of rice. We compared the rice productivity between the enclosures (experimental units) and un-excluded units (control units). We selected for the experiment paddies planted one to two days before, as authorized by landowners. We used enclosures made of a wired grille with a mesh size of 2.5 centimeters covering an area of 2m² and 1 m tall (see Fig. S1 in Supplementary Material). We placed the enclosures in the paddies at random, avoiding borders. Each paddy received six enclosures, totaling eighteen in Luiz Alves, twenty-four in Formoso do Araguaia and twelve in Flores de Goiás. The enclosures were placed perpendicular to the planting lines including as many rows as possible. The control units were of the same size, shape, and orientation as the experimental units, delimited with PVC pipe frames (see Fig. S2 in Supplementary Material). We placed two control units, one at each side of each treatment unit, ten meters apart, to avoid potential effects of dissimilarities in microrelief and watering. At the end of the rice cycle, about 110 days, we manually harvested and threshed the rice in the treatment and the control units. After obtaining the husked rice, it was cleaned in a grain pre-cleaning machine to remove leaves, straw, and other materials. Once cleaned, we weighed the rice and checked the moisture, using a bench grain moisture meter (Gehaka Agri G810 STD). The farmers did not interrupt their usual bird damage control during the experiment.

2.4 The survey instrument – Assessing the cost-effectiveness of the damage control measures

We enrolled 42 farmers from the three rice schemes by telephone (O'Donnell and Vandruff, 1983) to apply a semi-structured questionnaire to assess the cost-effectiveness of the damage control measures. We obtained the farmer's contacts from their cooperatives. We asked farmers about costs of damage control, damage control measures, bird damage, area lost (ha) due to

waterbird attacks and costs of replanting (Appendix B). The survey instrument also included questions about main crop implementation costs of 2107-18 harvest in order to measure the effect of damage control cost on rice yield. Crop implementation costs are the expenses related to the installation of the crop, including seed, inoculants, fertilizers, herbicides, insecticides, and labor. The survey of all variables that make up the production costs and profits would be costly and probably unavailable. For this reason, we focused the crop implementation costs. These items compound the largest expenses in the production cost of irrigated rice in Brazil (Conab, 2018). Precisely due to the expensiveness these items, usually farmers remember and register them. The questions about the crop implementation costs were adapted from the production cost sheets of the National Supply Company, available on its website (Conab, 2018). The interviews were conducted in May to November 2018.

2.5 Data analyses

We first performed a general analysis with all waterbirds recorded to verify the most frequent species and the relationship between waterbirds abundance and the rice agrosystem habitats. We constructed a model to analyze the effect of rice agrosystem habitats (fixed effect with two levels: rice paddies and waterbodies) on the waterbirds abundance (response variable), using Generalized Linear Mixed Models (GLMMs) with a Poisson distribution, where the site studies (municipality) was added as a random effect of the intercept. Then, we repeat the analyze with the most abundant species recorded. Furthermore, we performed a model to assess the relationship among the cultivation stage of rice and the most abundant species as well as their density. We considered rice agrosystem habitats as a fixed effect with five levels: plowed, seeded, growing, ripening and post-harvest paddies. The response variable was transformed (square-root transformation) to stabilize and correct residual heteroscedasticity.

Concerning the waterbirds exclusion experiment, we calculated the rice productivity based on the amount of dry matter. To achieve this, we first calculate the deduction of impurities of the sample, according to the following equation:

$$D_i = P_i \left(\frac{I_c}{100} \right)$$

Where, D_i = deduction of impurities (kg), P_i = initial mass of the sample (kg) and I_c = impurity content of the sample (%). We then subtracted the percentage of moisture of the sample as:

$$D_m = (P_i - D_i) \left(\frac{M_i - M_f}{100 - M_f} \right)$$

Where, D_m = deduction of moisture (kg), M_i = initial moisture content (% wet basis) and M_f = final moisture content (% wet basis). Finally, the dry weight was divided by the experiment area (2m^2) and converted into hectares (0.0002 ha). As a result, we obtained the rice yield in kilograms per hectare (kg/ha). These equations were based on the technical requirements given in Ordinance N°. 8/2006 of the Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply (MAPA) (Brazil, 2006). The final moisture content of 12% was used, according to the maximum recommended humidity for rice storage (Brazil, 2006). We also use GLMMs (Gamma distribution) to compare the rice yield between treatment – exclosures (experimental) and un-excluded (control) plots- where treatment variable was deal as fixed effect and location (plot and municipality) as the random effect of treatment within the replicate. Furthermore, we summarized descriptive statistics using the package "pastecs" in the R. We tested different distribution assumptions for all models using Akaike's Information Criterion (AIC) values to indicate the best model fit. We considered models with AICc scores ≤ 2 to be competitive (Burham and Anderson, 2002).

We assess the cost-effectiveness of the damage control measures, using the equation (Hygnstrom and Craven, 1988):

$$\frac{\text{Benefits}}{\text{cost}} = \frac{(\text{rice productivity}_C - \text{rice productivity}_E)}{\text{Damage control cost}}$$

Where rice productivity_C was the average of rice productivity of farmers (Kg/ha), who stated to have no bird damage on the rice yield, and rice productivity_E of farmers who claimed to have it. The damage control measures are considered economically viable, therefore cost-effective, when the ratio of the present value of benefits (the rice productivity gain avoiding damage bird) to the present value of costs exceeds one (benefits:cost > 1.0) (Smith et al., 1986; Hygnstrom and Craven, 1988; Hone, 1994; Conover, 2002; Bertolino and Viterbi, 2010). We also used mixed-effects model to compare the rice productivity between farmers who suffered losses and who did not, where location (municipality) was deal as the random effect.

The cost of damage control (US\$/ha) was the sum of labor plus rockets costs. Labor cost, in this case, was calculated as a number of personnel multiplied by the number of days employed in this study. We calculated rice productivity dividing the mean of rice planted area (ha) by the mean rice production (kg) in the paddies. Rice productivity (kg/ha) was converted into currency based on the mean price of long grain rice (60 kg bag) to the 2018 year, in Tocantins and Goiás states (14 US\$) (Conab;sisdep.conab.gov.br). We converted Real Brazilian (R\$) currency to the United States dollar (US\$), according to the average exchange rate of the 2017 year (3.19 R\$/US\$) (IPEADATA; <http://www.ipeadata.gov.br/>).

The crop implementation cost was calculated by dividing the sum of the crop inputs (seed, pesticides, and fertilizer) (kg/ha), damage control costs and labor by the planted area (ha). We also calculate the percentage of damage control cost over crop implementation cost, in order to estimate the effect of damage control cost on rice yield.

All statistical analyses were performed in R Software v. 3.0.1 (R Development Core Team 2018) using the R package “lme4” for GLMMs (Bates et al., 2015). We summarized descriptive statistics of data using package “pastecs” in R.

3. Results

3.1 Waterbird survey

We recorded 6,597 waterbirds from 36 species (see Table S1 in Supplementary Material). *Dendrocygna viduata* and *Dendrocygna autumnalis* species corresponded to 68.6% of the recorded birds and were present in 42.3% of the rice agrosystem habitats surveyed. These two species were the most frequent and abundant waterbirds species (see Table S1 in Supplementary Material). Mixed models analysis indicated that the waterbirds abundance was not significantly affected by rice agrosystem habitats ($p = 0.61$) (Table 4). However, when we analyzed the *Dendrocygna* spp., its abundance was affected by rice agrosystem habitats ($p = 0.03$) (Table 4). Regarding the rice cultivation and the rice growth stages, we found that *Dendrocygna* spp. were significantly more abundant in seedling and post-harvest paddies ($p = 0.01$ and $p < 0.05$, respectively) than in the other rice stage (Table 4).

Table 4.

The effects of rice agrosystem habitats and its cultivation stage on waterbirds abundance in Brazilian Cerrado 2016-2017 harvest season. Parameter estimates and p values are taken from GLMM with Municipality as a random effect.

Fixed effects	Abundance			
	Waterbirds		<i>Dendrocygna</i> ssp.	
	Standard Error	Pr (> t)	Standard Error	Pr (> t)
Intercept	0.141	0.000***	0.127	0.005**
Rice habitats (<i>Rice paddies/ Waterbodies</i>)	0.203	0.615	0.364	0.032*
Cultivation stage of rice				
Intercept			1.445	0.000
Seedling			0.723	0.013*
Vegetative			0.403	0.155
Reproductive			0.341	0.327
Post-harvest			0.874	0.004**

*** p < 0.01.

** p < 0.05.

* p < 0.1.

The density of *Dendrocygna* spp. in rice paddies ranged from zero to 100 individuals per hectare (\bar{x} 2.77). Their density was higher in post-harvest paddies (16.1 birds per hectare) and lower in the vegetative stage of rice (1.0). *Dendrocygna* spp. were present in all stages of rice cultivation, but absent in the soil preparation stage. *Dendrocygna* ssp. density was significantly higher in post-harvest paddies (p = 0.03) than in the other rice stage (Fig.2).

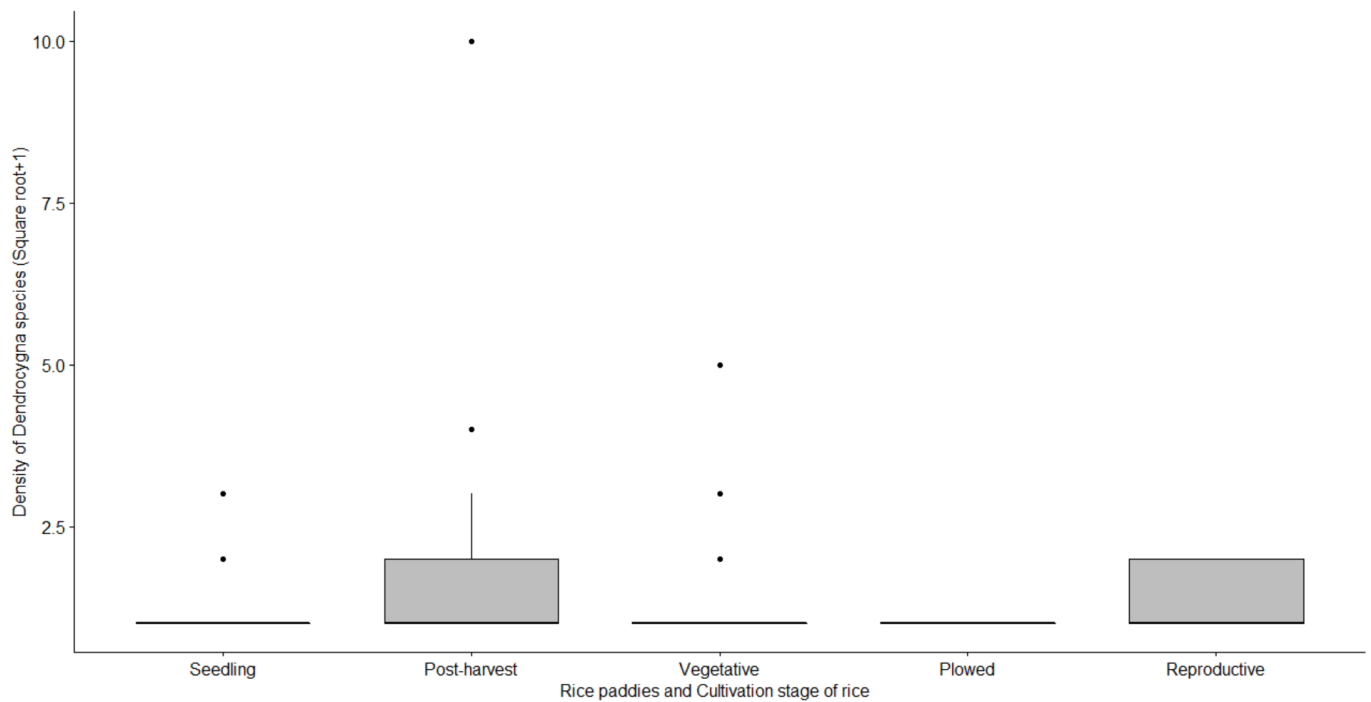


Fig. 2. Boxplot showing the *Dendrocygna* spp. density (Square root +1) through different stages of rice cultivation. Black lines indicate standard deviation.

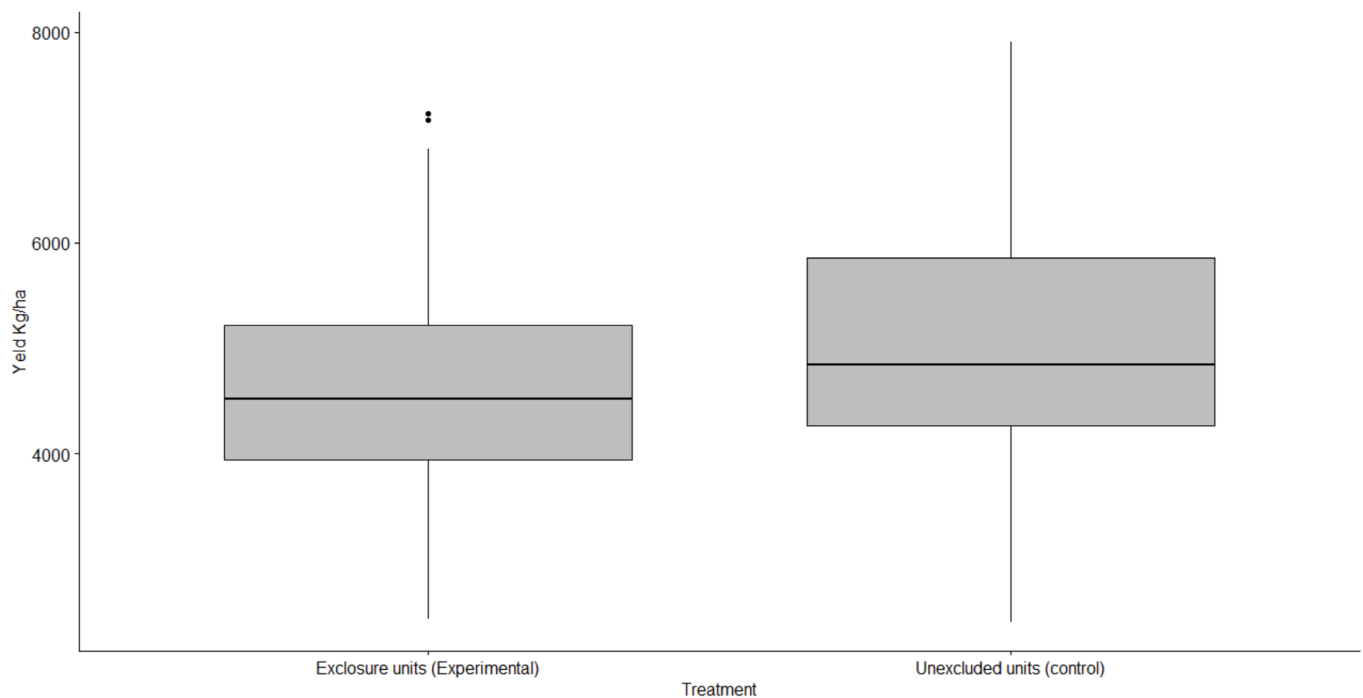
3.2 Waterbird exclusion experiment

We analyzed a total of 34 experimental and 68 control units. All exclosures implanted in Flores de Goiás and 8 exclosures in Formoso do Araguaia were lost because the farmers had to harvest the areas before the data collection. In Luiz Alves, one paddy (6 exclosures) was severely lost by *Dendrocygna* spp. leading to replanting the whole paddy. The mean rice productivity was 4,662 kg/ha in the experimental units and 5,076 kg/ha in the control units (Table 6). There was no significant difference in productivity among treatments ($p = 0.11$) (Fig.3).

Table 6

Overview of rice productivity from Exlosures and Unexcluded units in Brazilian Cerrado 2017-2018 harvest season (mean \pm 95% CI).

Study sites	<i>n</i>		Productivity (Kg/ha) of Exlosures / Unexcluded units					
			Mean (95% CI)		Minimum		Maximum	
Luiz Alves	12	24	4.249 \pm 317	4.691 \pm 208	3.600	3.730	5.055	5.470
For. Araguaia	22	44	4.887 \pm 583	5.285 \pm 462	2.394	2.430	2.430	7.230
All sites	34	68	4.662 \pm 395	5.076 \pm 311	2.430	2.395	7.230	7.910

**Fig. 3.**

Rice productivity (Kg ha⁻¹) by waterbirds exclusion experiment in Brazilian Cerrado ($p = 0.11$).

3.3 The cost-effectiveness of damage control measures

We interviewed 24 farmers, 8 from Luiz Alves, 7 from Flores de Goiás and 9 from Formoso do Araguaia (see Table S2 in Supplementary Material). Sixteen farmers were not available to attend the study and two producers refused to participate. All the farmer enrolled were male and the majority (62%) were tenants (see Table S2 in Supplementary Material). Twenty-one farmers (87%) reported having performed damage control actions to avoid bird damage, fifteen of them (62%)

reported having lost rice production due to bird attack and three of them (20%) had an additional cost of replanting. Three farmers (13%) related that they did not perform damage control actions and none of them reported having lost rice production (Fig. 4). Twenty-one farmers (87%) avoid bird damages using frightening devices (rockets) (80%) and 82% monitor the fields in the early stage of rice (seeded paddies). The rice productivity of farmers who suffered losses due to bird damage was 5.861 kg/ha, and 6.204 kg/ha for farmers who did not have losses (Table 7). The benefit was the average of 324 Kg gain in rice productivity per hectare, corresponding to 80 U\$/ha. The mean of damage control cost was 2,819 US\$, equivalent to 6 US\$/ha, in other words, 0.8% of the mean of total crop implementation cost (Table 8). The benefit:cost ratio was greater than one in rice productivity (13:1), resulting in acceptable benefit: cost ratio (Table 7). Mixed-effect model revealed differences significant between rice productivity of farmers who have lost productivity and who did not ($p = 0.047$) (Fig.5).

Table 7

Overview rice productivity, benefits, damage control cost and the benefit-to-cost ratio of rice yield in Brazilian Cerrado 2017-2018 harvest season (mean 95% CI).

	Rice productivity (kg/ha)			Damage control cost (US\$/ha)	Benefits (Rice productivity gain)		Benefit:cost ratio*
	Losses (n=15)	No losses (n=9)	Total (n=24)		Kg/ha	U\$/ha	
Mean (95%CI)	5.861 ± 530	6.204 ± 316	5,990 ± 353	6 ± 2	342	80	13:1
Min	4.064	5.520	4,046	1			
Max	7.500	7.020	7,500	18			

*Economic threshold = 1

The mean planted area by the farmer was 779 hectares and they lost 4 hectares, on average, due to bird damage (Table 8). Three framers (13%) reported had loss a whole rice paddy due to bird damage, resulting in the replanting of this paddy. The replanting costs were 12.195 U\$ per

farmer, equivalent to 23 US\$ per hectare (Table 8). The mean of crop implementation was 949 US\$/ha per farmer (Table 8).

Table 8

Planted area of irrigated rice in rice crop 2017-18, hectares lost, replanting and crop implementation costs of Luiz Alves, Formoso do Araguaia and Flores de Goiás study sites.

	Planted area (ha)	Hectares lost (ha)	Replanting costs (US\$/ha)	Crop implementation cost (US\$/ha)
Mean (95%CI)	779 ± 475	4 ± 3	23 ± 4	949 ± 180
Min	50	1	2	298
Max	5,600	25	44	2,095

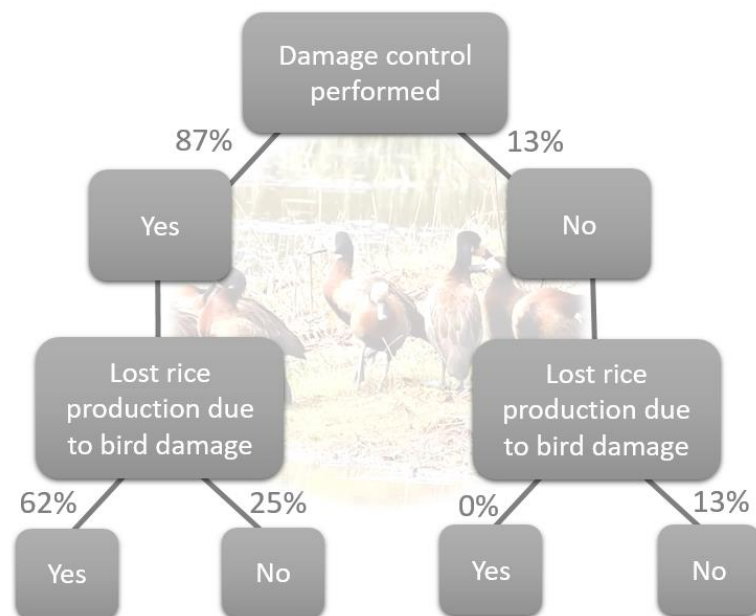


Fig 4.

The diagram illustrates the percentage of farmers who reported if had or not performed damage control actions to avoid bird damage and who related having lost rice production or not

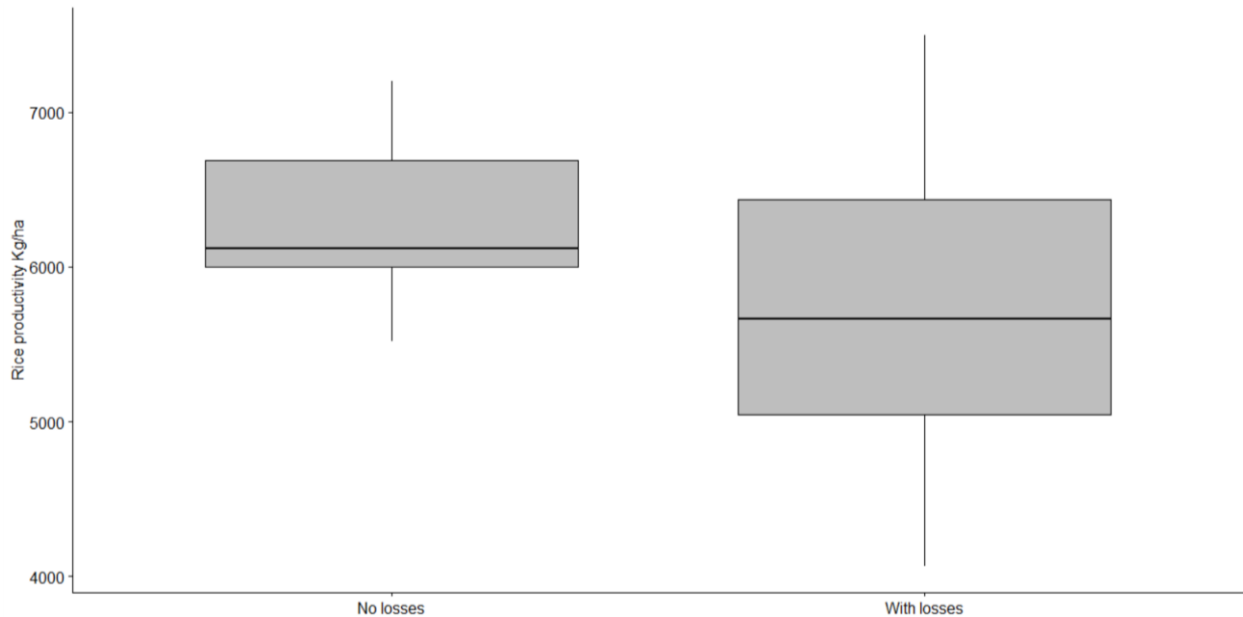


Fig 5. Boxplot showing the rice productivity between farmers who have lost productivity due to bird damage and who did not ($p= 0.47$).

4. Discussion

Our study suggests that waterbirds damaged rice production in Central Brazil, as complained by farmers. *Dendrocygna* spp. (*D. viduata* and *D. autumnalis*) are the most abundant species in rice agrosystem habitats and their abundance is greater in seedling and post-harvest paddies. Furthermore, the bird damage has a minor effect on rice productivity because of the current damage measures adopted by farmers, which are efficacy and cost-effective.

As reported in the literature, waterbirds can cause both positive (Bruzual and Bruzual, 1983; Bird et al., 2000; Men et al., 2002; Van Groenigen et al., 2003; Street and Bollich, 2003; Brochet et al., 2012; Teng et al., 2016; Zhao et al., 2019) and negative (Grazio, 1978; Tréca, 1992; Katondo,

1996; Mugica, 1993; Hohman et al., 1996; Petrie and Petrie, 1998; Zaccagnini, 2002; Stafford et al., 2010; Pernollet, 2015) effects in rice production. *Dendrocygna* spp. are the species frequently claimed as causing damages (Zaccagnini, 2002; Stafford et al., 2010; Pernollet, 2015), and the seeding phase is reported as the most vulnerable to attacks along the rice production. Even though the average effect we recorded is low, some farmers had experienced severe productivity and profit losses. This may be explained by bird damage characteristics, which to be highly concentrated in space and time (Weller, 1969; Dolber, 1981; Subramanya, 1994.).

Waterbirds interact with the agrosystem in complex ways. They may be beneficial or detrimental to rice production, whose predominance is probably related to attributes of the rice landscape and the rice production practices. Here we evaluated only the claims about negative effects. Studies usually consider only one side of these potential effects. For instance, Van Groenigen et al (2003) investigated the effects of waterfowl foraging in winter flooded rice fields on weed stress and residue decomposition. They found that the trampling of waterbirds, due to its foraging, help to reduce lignin and nitrogen concentrations of post-harvest residues of rice, increasing rice straw decomposition and nitrogen availability in the soil (Van Groenigen et al., 2003). Similarly, Bird et al. (2002) investigated the waterfowl foraging on the decomposition of rice straw and found similar results. Zhao et al. (2019) found that the duck trampling movement also causes vibration in the soil that can alter the rice growth and soil CH₄ emissions, beyond increasing the microbial biodiversity. According to Van Groenigen et al (2003), Street and Bollich (2003) and Teng et al (2016), waterbirds also reduce weed seed biomass through foraging, providing a reciprocal benefit to farmers. Van Groenigen et al. (2003) found that sites with high waterbirds activity in the rice fields of the Sacramento Valley, California (USA), the decline in weed biomass became more pronounced, reducing weeds biomass by more than 50%. In the rice fields from Calabozo (Venezuela), the consumption of the *Oryza perennis* (red rice) and *Cyperus*

rotundus, which are weeds species, as evidenced by the species *Dendrocygna viduata* (Bruzual and Bruzual, 1983). In the winter diet analysis of both species *Anas platyrhynchos* and *Anas crecca*, the most important food item was rice seeds and seeds of *Potamogeton pusillus*, *Scirpus maritimus* and *Echinochloa* sp, which are the most common weeds of rice in the Camargue rice fields, southern France (Brochet et al., 2012). Waterbirds may also reduce the pressure of insects and snails considered as rice pests (Teo, 2001; Men et al., 2002). Gorosábel et al (2019) evaluate the impacts and benefits of Sheldgeese (*Chloephaga rubidiceps*, *Chloephaga poliocephala*, and *Chloephaga pict*) on crop yields in the Pampas region of Argentina and concluded that the input of nitrogen and phosphorus, provided by Sheldgeese feces, and the consumption of weeds provide benefits to the agrosystem.

On the other hand, some waterbirds species can become abundant and harmful to rice production, concerned farmers about economic losses. For instance, de Grazio (1978) compiled estimates of economic losses in agriculture due to bird damage in almost all continents. The study showed that the United States had losses of \$ 15 million and \$ 20 million in the 1970s and 1971 respectively, due to the damage caused by the *Agelaius phoeniceus* (red-winged blackbird), to the ripening cornfields. In addition, *Quiscalus quiscula* (common grackles) and *Phasianus colchicus* (ring-necked pheasant) species caused a loss of 6 to 49 million dollars to the corn in emergent phase, throughout American territory in the year of 1971 (de Grazio,1978). In Asia, according to de Grazio (1978), rice culture is the most damaged crop by birds, and species of munches of the genus *Lonchura*, sparrows, weaverbirds (Ploceidae), crows and waterfowl are the most problematic. Bird foraging causes significant damage to sunflower crops in all major sunflower-producing regions of the world, including Australia, China, Europe, India, North America, Pakistan, Russia, South America, and Ukraine (Linz et al. , 2011). Among the principal birds that cause damage to sunflowers are parakeets and doves to South America (Rodriguez et al., 1995;

Bucher, 1992) and blackbirds to the United States (Linz et al., 2011). In Brazil, Jacinto et al. (2007) evaluated the damage of granivorous birds to sorghum and concluded that some species are harmful to sorghum production.

Although it could be argued that the full comprehension of the effects of waterbirds on rice production should consider all potential effects, we suspect that the rice landscape and the rice production practices are the key elements deciding upon a net negative or positive effect. In the studied region, the tropical climate and availability of water from rivers favor along with the seasonal window for cultivation. This combined with the rotation between paddies and alternative crops create an agricultural landscape that includes areas vulnerable to attacks together with areas suitable for resting and feeding for long period potentially increasing exposition of rice field to attacks.

Depending on the rice landscape and production practices, different species will be benefited or harmed. *Dendrocygna* spp., the most abundant species in the rice fields, is usually claimed as causing damages on rice production in South America (de Grazio, 1978; Ferreyra et al., 2009;) and Africa (Tréca, 1992; Katondo, 1996). Most of the birds feed on the post-harvest period, foraging the residual rice and aquatic invertebrates (Stafford et al., 2006; 2010). Bird foraging in rice fields tends to be smaller when rice is growing, especially when its density is high (Krass et al., 2008). However, many waterbirds forage on seeding phase of the rice production cycle, resulting in farmer complains, who consider these birds as an agricultural pest (Zaccagnini, 2002; Stafford et al., 2010, Wood et al., 2010). Rice is more susceptible to damage by waterbirds in the early stages of its development. For example, *Dendrocygna bicolor* forages the newly seeded rice seeds (Flickinger and King, 1972). In the Mississippi Valley (United States), the *Aix sponsa* species (Wood Ducks) forages during the rice-growing season (Stafford et al., 2010). Foraging on emergent rice by *Dendrocygna viduata* is a problem common to the countries of Argentina, Colombia,

Nicaragua, Suriname, Uruguay, and Venezuela (de Grazio, 1978). In addition, *Dendrocygna bicolor*, *Netta peposaca*, *Anas georgica*, and *Amazonetta brasiliensis* species consume sprouts rice grains (Zaccagnini, 2002). Farmers often consider Blackbirds (*Xanthocephalus xanthocephalus* and *Agelaius phoeniceus*), and Wood Ducks (*Aix sponsa*) detrimental to rice yields because they commonly feed on growing rice prior to harvest, particularly in the Mississippi Alluvial Valley (MAV), USA (Stafford et al., 2010).

Post-harvest straw attracts the bird, providing resources in critical seasons (Stafford et al., 2010). Rice farming involves soil disturbance from tillage, harvest, and seasonal flooding, providing a diversity of food resources for wetland-dependent birds. Moreover, the physical infrastructure required for rice production, like irrigation systems, dams, and levees, often facilitates the management of rice fields to make forage available for diverse guilds of birds (Stafford et al., 2010). This may improve the capacity of rice landscapes to conserve biodiversity, as well as favor the increase in abundance of some species to numbers harmful to plantations.

Production practices can be adjusted to benefit biodiversity while avoiding harms by waterfowl on rice production and profit (Conover, 2002). Several agronomical practices can change the vulnerability of crops to damage by birds. For instance, controlling insects and weeds in the agrosystem can reduce bird damage to crops (Woronecki et al., 1981; Luder 1985). Luder (1985) suggests that weeds influence *Quelea quelea* (red-billed quelea) damage to ripening wheat in Tanzania. *Q. quelea* damage is more extensive in weedy portions of fields than in non-weedy areas because they have difficulty standing on wheat plants and find it easier to forage in fields where weeds are entangled with the wheat, providing stable perches (Luder 1985).

Another strategy to reduce bird damage includes changing planting and harvesting schedules to crops reach the stage in which they are vulnerable to bird damage during the period when birds are absent (Clark et al., 1993). For example, in Louisiana rice fields, 98% of the rice

sprouts were eaten by birds in fields planted in March, but less than 15% were lost in fields planted in mid-April (Wilson et al. 1989). Furthermore, as increasing the availability of alternative food sources with spring progresses, blackbirds change their diet, reducing their damage to sprouting rice (Wilson et al. 1989). In addition, *D. bicolor* and *D. viduata* species appears to be closely related to harvest practices and chronology (Clark 1992). Treca (1992) proposed more agronomical and ecological techniques to reduce duck damage in West Africa. These include a flexible sowing date to avoid peak duck migration periods, selecting rice varieties that mature simultaneously and over a relatively short period. In this study, we observe that seedling rice paddies were more vulnerable to bird damage when sown early and mature rice paddies were more vulnerable when sown late. This may be related to the timing of migration of *Dendrocygna* spp., in other words, the movements between breeding and resting places that are still unknown. The island of Bananal, which is located near to Formoso do Araguaia and Luiz Alves may be one of the refuge places when Whistling Ducks are not found in the rice fields. In addition, another probable destination of Whistling Ducks is the Pantanal region near the Paraguay and São Lourenço rivers.

Conflicts between birds and agriculture are commons, frequently leading to the deployment of solutions by the farmers to reduce damages, but other times without clear quantifications of the cost of the damages and control measures. To our knowledge, this is one of the first attempts to evaluate costs and effectiveness in terms of productivity. In this study, *Dendrocygna* ssp. damage had a slight effect on rice productivity because the current damage measures adopted by farmers are effective and cost-effective. The auditory bird deterrents usually are considered of low economic value and effective (Harris; Davis, 1998; Conover, 2002; Mckay; Parrott, 2002; Cook et al., 2008).

The majority of farmers used rockets as auditory bird deterrents. The effectiveness of pyrotechnics as deterrents of waterbirds is controversial. Several studies found them effective

(Aguilera et al. 1991; Harris, Ross, and Davis, 1998; Bishop et al.; 2003), but Fairaizl (1992) and Conomy et al. (1998) found their effectiveness highly variable. Some flocks of Canada Geese (*Branta canadensis*) required continuous harassment and usually returned within hours. The constant frightening was also a common practice in order to avoid predation of Whistling Ducks in the rice schemes studied. Farmers, usually hired workers (pest control operators) to monitor crops from the evening until sunrise. The control operators shoot the rockets in an upward direction, leading to the dispersion of birds. Birds fly away from the crop and landing to another place, but soon after the birds return to the same crop. Mott and Timbrook (1988) suggested that the efficacy of the goose harassment program (the combination of the calls and the racket bombs) in Tennessee (USA), appears to be dependent on alternate sites for the geese to loaf and feed in order to avoid the reinvasion of them. Alternative feeding areas also was cited as an efficient method to dissuade birds of feeding on the crop of interest (Cummings et al., 1987; Bishop et al., 2003). The logic behind this technique is to provide an area where the resource available is of better quality than the one where the damage is occurring (Bishop et al., 2003). Therefore, the combination of rockets and decoy crops methods would reduce the reinvasion of *Dendrocygna* spp., but it is important to assess the cost-effectiveness of this action.

Besides the reinvasion of birds, auditory bird deterrents also are criticized in the literature because birds tend to become habituated to this method if used too frequently and hence of short-term benefit (Harris; Davis, 1998; Conover, 2002; Mckay; Parrott, 2002; Cook et al., 2008). Habituation is a learning process in which the animal becomes accustomed to a deterrent technique due to persistent exposure so that it no longer has a scaring effect (Bishop et al., 2003). However, bird habituation does not appear to occur in the study sites, although farmers have claimed to use rockets for a long time (more than five years). The effectiveness of this method may be explained due to the presence of an active human operative (Bishop et al., 2003; Baxter; Robson, 2007).

Unlike other auditory bird deterrents, such as gas cannons and other automatic devices, rockets were managed by control operators in the study sites. Therefore, this method also introduces a human presence, which increases the scare on birds. Baxter and Robson (2007) also concluded that devices operated by a human were more effective for deterring scavenging birds from landfill sites.

Even though the average damage effect we recorded is low, some farmers had experienced severe productivity losses. Agricultural damages by birds tend to be highly concentrated in space and time (Weller, 1969; Dolber, 1981). Dolber (1981) argue that, even though estimated losses by blackbirds represents less than 1% of corn yield, the damage is not equally distributed. Therefore, due to the highly skewed distribution of bird damage, a few farmers suffering losses of over 10% (Dolbeer 1981).

It is important to highlight that we counted birds in only one season and the regional movements of the waterfowl and the major areas of reproduction are still unknown which precludes a full comprehension of how birds respond to regional patterns and cycles of the rice cultivation. Although, we investigated the time of year that concentrate the damages according to the farmers and when rice paddies in all stages are present in the agricultural landscape, so we are confident that our results are representative of what happens in the most critical season in the region.

There is reasonable concern regarding the reliability of interview data due to possible farmer's bias. However, Tzilkowski et al. (2002), who compared survey and field study estimates of wildlife damage to corn, and could not conclude that the estimates were significantly different. Other wildlife experts have expressed confidence in the farmer's ability to assess damage (Conover, 2001).

5. Conclusions

We conclude that *Dendrocygna* spp. are a problem for irrigated rice production in study sites, however, it is mitigated by the current action of damage control done by farmers. Our findings indicated that *Dendrocygna viduata* and *Dendrocygna autumnalis* are the most abundant species in the rice fields, mainly in post-harvest paddies. The main damage control measure done by farmers to avoid bird damage is through auditory devices (rockets) in the early stage of rice. These control measures are efficacy and cost-effective, representing an insignificant percentage of crop implementation costs.

Acknowledgments

We are grateful for a master's scholarship from CNPq. We would like to thank the farmers and their cooperatives for participation through the contribution of information and allowing access to their farmlands. We want to thank all people that participated in our study or helped with discussions or suggestions to improve the study

Appendix A. Supplementary data



Fig. S1. Exclosure that was set up to avoid bird attack. It was made using a wired grille with dimensions 2x2x1 meters, that covered an area of 2 meters squares.



Fig. S2. PVC pipe frames with dimensions of 2x1meters used as control plots.

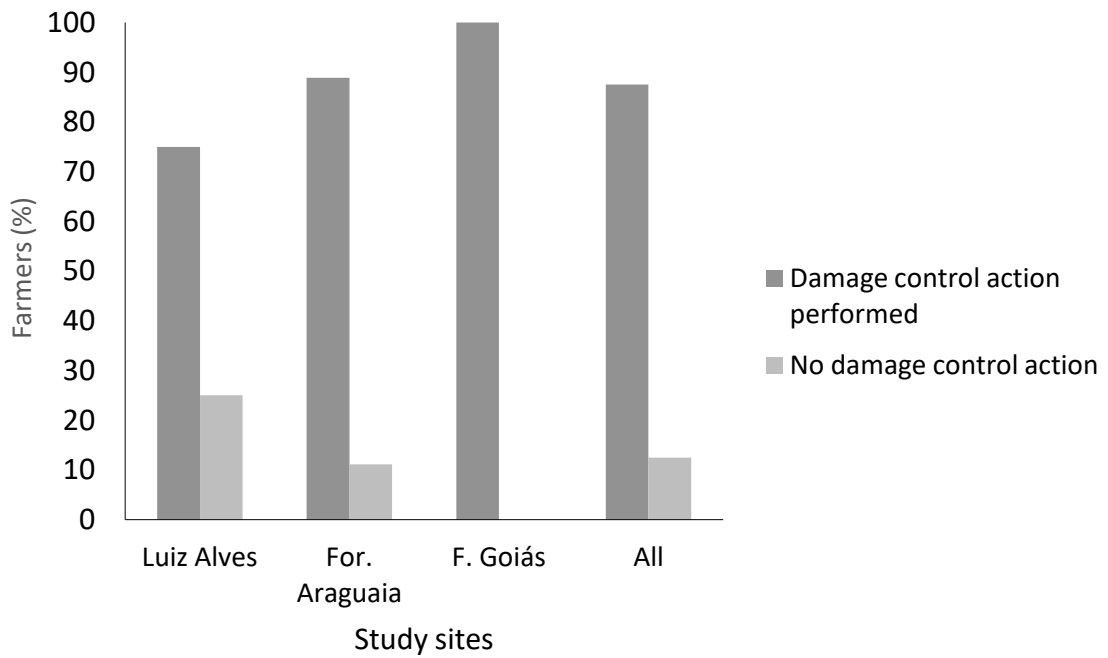


Table S1

Waterbirds registered in 87 rice agrosystem habitats in Luiz Alves, Formoso do Araguaia and Flores de Goiás, during November 2017.

Specie	Frequency (%)	Abundance (%)
PHALACROCORACIDAE		
<i>Phalacrocorax brasiliensis</i>	8,05	0,14
ANHINGIDAE		
<i>Anhinga anhinga</i>	4,60	0,09
ARDEIDAE		
<i>Ardea cocoi</i>	8,05	0,20
<i>Casmerodius albus</i>	49,43	2,94
<i>Bubulcus ibis</i>	3,45	0,89
<i>Butorides striatus</i>	25,29	0,61
<i>Egretta caerulea</i>	1,15	0,02
<i>Egretta thula</i>	36,78	7,75
<i>Nycticorax nycticorax</i>	1,15	0,23
<i>Ixobrychus exilis</i>	1,15	0,02
CICONIIDAE		
<i>Mycteria americana</i>	10,34	0,55
<i>Ciconia maguari</i>	5,75	0,11
<i>Jabiru mycteria</i>	17,24	1,36
THRESKIORNITIDAE		
<i>Theristicus caudatus</i>	3,45	0,08
<i>Phimosus infuscatus</i>	22,99	3,49
<i>Ajaja ajaja</i>	13,79	0,88
ANHIMIDAE		
<i>Anhima cornuta</i>	3,45	0,08
ANATIDAE		
<i>Dendrocygna bicolor</i>	8,05	0,73
<i>Dendrocygna viduata</i>	32,18	28,57
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	29,89	40,06
<i>Neochen jubata</i>	8,05	0,79
<i>Cairina moschata</i>	2,30	0,26
<i>Sarkidiornis melanotos</i>	2,30	0,06
<i>Amazonetta brasiliensis</i>	12,64	0,56
ARAMIDAE		
<i>Aramus guarauna</i>	28,74	2,41
RALLIDAE		
<i>Aramides ypecaha</i>	4,60	0,12
<i>Porphyrio martinicus</i>	5,75	0,14
<i>Gallinula chloropus</i>	5,75	0,41
JACANIDAE		
<i>Jacana jacana</i>	24,14	3,87
RECURVIROSTRIDAE		
<i>Himantopus mexicanus</i>	6,90	0,91

SCOLOPACIDAE		
<i>Tringa flavipes</i>	4,60	1,41
<i>Tringa solitaria</i>	1,15	0,02
RYNCHOPIDAE		
<i>Rynchops niger</i>	2,30	0,23
ALCEDINIDAE		
<i>Martim-p-grande</i>	1,15	0,02
ACCIPITRIDAE		
<i>Gavião-caramujeiro</i>	2,30	0,03
<i>Gavião-do-banhado</i>	1,15	0,02

Table S2

Farmer profiles interviewed from Luiz Alves, Flores de Goiás and Formoso do Araguaia.

Study area	n	Education level (%)				Land situation (%)		
		Primary	Secondary	Technical	Tertiary	Tenant	Owner	Both
All sites	24	13	41	17	29	62	17	21

Appendix B. The survey instrument



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

(A) IDENTIFICAÇÃO

Entrevistador		Data da entrevista: (dd/mm/aaaa)	Nº do questionário:
---------------	--	-------------------------------------	---------------------

(B) APRESENTAÇÃO. LEIA O TEXTO ABAIXO:

Bom (dia / tarde). Meu nome é (FALE SEU NOME), sou pesquisador(a) da UFRGS e estamos realizando um projeto que tem o objetivo de levantar os custos relacionados às aves que causam danos às lavouras de arroz. Estou entrando em contato com o(a) Sr(a) para pedir sua colaboração com algumas informações sobre a safra de arroz de 2017-18. O senhor produziu arroz neste período?

SE A RESPOSTA FOR NÃO, AGRADECER A ATENÇÃO E ENCERRAR A ENTREVISTA. SE A RESPOSTA FOR SIM, PERGUNTAR SE O ENTREVISTADO GOSTARIA DE COLABORAR COM A PESQUISA. CASO A RESPOSTA FOR AFIRMATIVA, LER O TCL ABAIXO.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Esses dados são para estimar os custos operacionais gerais do arroz e também para estimar a perda na produção devido ao ataque das aves aquáticas. Este estudo faz parte do projeto que busca compreender melhor a relação de conflitos entre produtores de arroz e aves aquáticas em área do Centro-Oeste brasileiro. As informações geradas vão auxiliar tanto na avaliação da magnitude dos danos quanto na recomendação de estratégias de redução de danos. O(a) Sr(a) é livre para responder apenas a aquelas questões que desejar. É uma entrevista rápida, que dura aproximadamente 15 minutos. Todas as informações serão sigilosas e nenhuma informação específica da propriedade será divulgada, sob qualquer hipótese.

*Qualquer dúvida, não hesite em nos contatar:
Fernanda Maia Justo ou Professor Demétrio L. Guadagnin
Departamento de Ecologia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Laboratório de Manejo e Conservação da Vida Silvestre, Porto Alegre-RS,
Tel: 51 3308-7877/ 51 98927-2214, e-mail: fernandamaiajusto@gmail.com*

(A) Sr(a) concorda em participar? SIM () NÃO ()

INSTRUÇÕES PARA O ENTREVISTADOR:
- NOS CAMPOS QUE APRESENTAREM CÉLULAS NA RESPOSTA, EX: |_|_|_|_|_|_|_|_|, ESCREVA UM NÚMERO POR CÉLULA, COLOCANDO O ZERO À ESQUERDA QUANDO FOR O CASO.

Versão 1

(C) CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTOR.

LEIA: *Primeiramente, gostaria de lembrá-lo que as respostas das questões a seguir devem se referir EXCLUSIVAMENTE à safra de arroz 2017/2018. Por favor, responda da forma mais precisa possível. Agora vou fazer algumas perguntas para entender o seu perfil de produtor...*

C1. Qual seu sexo ()F ()M

C2. Qual sua escolaridade? LEIA AS ALTERNATIVAS

- () Fundamental Incompleto
- () Fundamental completo
- () Médio completo
- () Técnico
- () Superior incompleto
- () Superior completo

C3. Qual a localidade da sua lavoura? LEIA AS ALTERNATIVAS

- () Luis Alvez (GO)
- () Formos do Araguaia (TO)
- () Flores de Goiás (GO)
- () Outra Qual? _____

C4. Qual a situação com a sua lavoura? LEIA AS ALTERNATIVAS

- () Proprietário
- () Arrendatário → PERGUNTE A QUESTÃO 5.1
- () Ambos → PERGUNTE A QUESTÃO 5.1

C5.1. Qual o valor do seu arrendamento? A RESPOSTA PODE SER DADA EM TOTAL DE SACAS OU SACAS POR HECTERE (HA)

_____|_____|_____|_____| Total de sacas Saca de ____|____| Kg OU

_____|_____|_____|_____| Sacas/ha

LEIA O TEXTO: *Agora vou fazer algumas perguntas relacionadas aos custos da lavoura durante a safra de arroz 2017-18, do plantio até a colheita...*

(D) LEVANTAMENTO DE CUSTOS OPERACIONAIS DURANTE A SAFRA DE ARROZ 2017-18

D1. Área (ha) plantada na última safra de arroz? ha A UNIDADE DEVE SER HECTARE

D2. Qual foi o total colhido na safra? A RESPOSTA PODE SER DADA EM TOTAL DE SACAS OU SACAS POR HECTARE. PERGUNTE QUANTOS KG TEM A SACCA

Total de sacas Saca de Kg OU
 Sacas/ha OU

D3. Qual o(s) cultivar utilizado? _____

LEIA O TEXTO: *Agora vou lhe fazer algumas perguntas com relação aos insumos gastos durante a safra 2017-18*

D4. Qual a quantidade dos insumos abaixo fora utilizada na última safra de arroz? A RESPOSTA PODE SER DADA EM KG, R\$ POR HECTARE OU VALOR TOTAL EM R\$.

a) Sementes:

Kg/ha → PERGUNTE: Qual valor do Kg ou tonelada: R\$
 R\$/ha OU
 Valor total em R\$

b) Adubo base:

Kg/ha → PERGUNTE: Qual valor do Kg ou tonelada: R\$
 R\$/ha OU
 Valor total em R\$

c) Adubo de cobertura (uréia):

Kg/ha OU → PERGUNTE: Qual valor do Kg ou tonelada: R\$
 R\$/ha OU
 Valor total em R\$

d) Herbicida:

Kg/ha OU → PERGUNTE: Qual valor do Kg ou tonelada: R\$
 R\$/ha OU
 Valor total em R\$

e) Inseticida:

Kg/ha OU → PERGUNTE: Qual valor do Kg ou tonelada: R\$
 R\$/ha OU
 Valor total em R\$

f) Fungicida

Kg/ha OU → PERGUNTE: Qual valor do Kg ou tonelada: R\$
 R\$/ha OU

____ Valor total em R\$

g) Qual foi a quantidade de Óleo diesel utilizada do plantio até a colheita?

____ L/ha OU Valor do L: _____ R\$

____ R\$/ha OU

____ Valor total em R\$

D5. O senhor(a) tem pessoas que trabalharam para o senhor durante a safra do arroz?

Sim

Não → PULAR PARA PERGUNTA 6.

5.1 Quantos trabalhadores estavam envolvidos na safra de arroz? _____

5.1.1 Quantos trabalhadores fixos? _____

5.1.2 Quantos trabalhadores diaristas? _____

5.2 Qual foi a média do salário deles?

Fixo: _____ R\$ cada (mensal)

Diaristas: _____ R\$ cada (dia) Dias trabalhados: _____

D6. Seu Maquinário é:

próprio

alugado Valor do aluguel: _____ R\$

uma parte própria e outra alugada Valor do aluguel: _____ R\$

LEIA O TEXTO: *Agora vou fazer algumas perguntas relacionadas aos custos para o controle das marrecas durante a safra de arroz 2017-18, do plantio até a colheita. Por exemplo, usou foguete para espantar as marrecas ou qualquer outra estratégia.*

(E) LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA O CONTROLE DAS MARREAS

E1. O senhor fez algum tipo de controle para evitar o dano causadas pelas marrecas?

Sim

Não PULAR PARA SESSÃO G.

E2. O que o senhor(a) utiliza para o controle das marrecas? LEIA AS ALTERNATIVAS. PODE MARCAR MAIS DE UMA ALTERNATIVA

fogos, foguete (pirotecnia)

luzes (giroflex)

Outros _____

2.1 Qual foi o valor médio desembolsado com a compra dos artefatos utilizados no controle? Artefatos podem ser fogos, foquetes, lampadas, giroflex.

Fogos, foguete (pirotecnia): _____ R\$

Luzes (giroflex): _____ R\$

Outros: _____ R\$

E3. O senhor(a) precisou contratar mão-de-obra extra só para fazer o controle das marrecas?

Sim

Não

3.1 Quantos trabalhadores o senhor precisou contratar? _____

3.2 Por quanto tempo? _____ dias

3.3 Qual foi a média salarial deles por mês ou por dia?

_____ R\$ por dia OU

_____ R\$ por mês

E4. Qual a fase do ciclo do arroz que você precisa usar o controle? LEIA AS ALTERNATIVAS

Fase Inicial. Durante estabelecimento da lavoura (até 30 dias pós plantio)

Fase final. Período pré colheita (a partir de 30 dias pré colheita)

LEIA O TEXTO: *Muito bem, estamos quase no fim! Agora vou perguntar sobre as perdas causadas pelas marrecas...*

(F) LEVANTAMENTO DE CUSTOS DE PERDA POR DANO CAUSADO POR MARREAS

F1. O senhor(a) considera que sua produção de arroz sofreu perda significativa devido as marrecas?

- Sim
 Não → PULAR PARA QUESTÃO 6
 Não sei responder → PULAR PARA QUESTÃO 6

F1.1 Qual a importância desta perda para sua produção de arroz? LEIA AS ALTERNATIVAS

- Sem importância Pouco importante Importante Muito importante
 Extremamente importante

F2 Quanto em % o senhor(a) acha que isso representa no total da sua produção de arroz?

- _____%
 Não sei responder

F3. Quantos hectares o senhor(a) perdeu? _____ha Não sei responder

F4. Caso não houvesse o ataque por marrecas, quanto a mais o senhor(a) esperaria colher?

- _____| Sacas OU
 _____ Sacas/ha OU
 Não sei responder

F5. O senhor(a) precisou replantar o que perdeu?

- Sim
 Não → PULAR PARA QUESTÃO 6

F5.1 Qual foi a área de replantio? _____ha

F5.2 Qual foi o tempo despendido para o replantio? _____dias

F5.3 O senhor(a) precisou contratar mão-de-obra extra para fazer o replantio?

- Sim
 Não → PULAR PARA A QUESTÃO

F3.1 Quantos trabalhadores o senhor precisou contratar? _____

F3.2 Por quanto tempo? _____ dias

F3.3 Qual foi a média salarial deles por mês ou por dia?

- _____ R\$ por dia OU
 _____ R\$ por mês

F6. Para finalizar nossa entrevista, existe alguma outra espécie que causa danos ao arroz? Quais?

Resposta: _____

(H) AGRADECIMENTO E ENCERRAMENTO

Muito obrigada pela sua colaboração. Gostaria de acrescentar algo a sua entrevista?

<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <hr/> <hr/>
------------------------------	---

References

- ANA (Agência Nacional de Águas - National Water Agency), 2015. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras –Edição Especial. Brasília.
- Acosta et al., 2005. Rice culture in Cuba as an important wintering site for migrant waterbirds from North America. 172-176.
- Aguilera, E., Knight, R.L.; Cummings, J.L., 1991. An evaluation of 2 hazing methods for urban Canada Geese. *Wildl. Soc. Bull.* 19(1):32-35.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *J. Stat. Softw.* 67, 1–48. DOI [10.18637/jss.v067.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01)
- Baxter, A. T., 2001. Bird control on landfill sites—is there still a hazard to your aircraft? Pages 48–54 in *Proceedings of the 3rd Joint Annual Meeting of the Birdstrike Committee USA/Canada Conference, 27–30 August 2001, Calgary, Alberta, Canada*
- Baxter, D.T., Robinson, A.P., 2007. A comparison of scavenging bird deterrence techniques at UK landfill sites, *International Journal of Pest Management*, 53:4, 347-356.
<http://dx.doi.org/10.1080/09670870701421444>
- Bertolino, S., Viterbi, R., 2010. Long-term cost-effectiveness of coypu (*Myocastor coypus*) control in Piedmont (Italy). *Biological invasions*, 12(8), 2549-2558.
<https://doi.org/10.1007/s10530-009-9664-4>
- Bird, J.A., Pettygrove, G.S., Eadie, J.M., 2000. The impact of waterfowl foraging on the decomposition of rice straw : mutual benefits for rice growers and waterfowl. *Journal Of Applied Ecology*. 5, 728-741. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2000.00539.x>.
- Bishop, J et al. 2003. Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London
- Bomford, M., Sinclair, R. 2002. Australian research on bird pests: impact, management and future directions. *Emu*, 102, 29–45. <https://doi.org/10.1071/MU01028>
- Bourne, G. R. 1982. Food habits of Black-bellied Whistling Ducks occupying rice culture habitats. *Wilson Bulletin* 93: 551-554.
- Bourne, G. R., Osborne, D. R. 1978. Black-bellied Whistling Duck utilization of a rice culture habitat. *Interciencia* 3: 152-159.
- Brazil, Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA). Ordinance N°. 8 of 26th October 2006.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R., 2002. *Model Selection and Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. 2nd Edition, Springer-Verlag, New York.
<http://dx.doi.org/10.1007/b97636>

- Bruzual, J., Bruzual, I., 1983. Feeding habits of whistling ducks in the Calabozo Ricefields, Venezuela, during the non-reproductive period. *Wildfowl*, v. 34, n. 34, p. 20-26.
- Brochet, Anne-laure et al., 2012. Diet and Feeding Habitats of Camargue Dabbling Ducks: What Has Changed Since the 1960s?. *Waterbirds*, [s.l.], v. 35, n. 4, p.555-576, dez. 2012. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.035.0406>.
- Bucher, E. H., 1992. Neotropical parrots as agricultural pests. Pages 201–219 in Bissinger SR, Snyder NRF, eds. *New World Parrots in Crisis: Solutions from Conservation Biology*. Smithsonian Institution Press.
- Canavelli, S. B., Aramburú, R., Zaccagnini, M. E., 2012. Aspectos a considerar para disminuir los conflictos originados por los daños de la Cotorra (*Myiopsitta monachus*) en cultivos agrícolas. *El Hornero* 27, pp. 089-101.
http://hdl.handle.net/20.500.12110/hornero_v027_n01_p089
- Caughley, G; Sinclair., 1994. *Wildlife Ecology and Management*. Blackwell Science, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Cook, Aonghais et al., 2008. An Evaluation of Techniques to Control Problem Bird Species on Landfill Sites. *Environmental Management*, [s.l.], v. 41, n. 6, p.834-843, 7 fev. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-008-9077-7>.
- Coleman, J.M., Huh, O.K., Jr, D.B., Beach, W.P., Coleman, J.M., Huh, O.K., Jr, D.B., 2008. Wetland Loss in World Deltas *Wetland Loss in World Deltas* 24, 1–14.
<https://doi.org/10.2112/05-0607.1>
- Conomy, J. T., J. A. Collazo, J. A. Dubovsky, and W. J. Fleming., 1998. Dabbling duck behavior and aircraft activity in coastal North Carolina. *J. Wildl. Manage.* 62:1127-1134.
- Conab (Companhia Nacional de Abastecimento: National Supply Company). *Compêndio de Estudos Conab - Evolução dos custos de produção de arroz no Brasil*. 2016. Brasília: Conab.orgанизador Aroldo Antônio de Oliveira Neto. – Brasília: Conab, 180 p.
- Conab (Companhia Nacional de Abastecimento: National Supply Company). 2015. *A cultura do arroz*. organizador Aroldo Antônio de Oliveira Neto. – Brasília: Conab
- Conab (Companhia Nacional de Abastecimento: National Supply Company). *Projeções do Agronegócio. Brasil 2016/17 a 2026/27. Projeções de Longo Prazo*. Brasília: DF. 8ª edição. Ano 2017. Coordenação Editorial: SPA/Mapa. Disponível também em: <www.conab.gov.br>. Acesso em 04 de julho de 2018. ISBN: 978-85-62223-06-8
- Conab (Companhia Nacional de Abastecimento: National Supply Company). 2018. *Acomp. safra bras. grãos, v. 8 Safra 2017/18 - Oitavo levantamento*, Brasília, p. 1-145 .ISSN 2318-6852

- Conover, M. R., 2002. Resolving human–wildlife conflicts: the science of wildlife damage management. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA.
- Conover, M.R; Dolbeer, R.A., 2007. Use of decoy traps to protect blueberries from juvenile European starlings. *Human-Wildlife Conflicts* 1: 265–270
- Coutinho, L.G., 2002. O bioma do cerrado, in: Warming, E., Klein, A. L. (Eds.), *Eugen Warming e o cerrado Brasileiro: um século depois*. Editora UNESP., São Paulo, pp. 77-91
- Counce, P. A., Keisling, T. C. and Mitchell, A. J., 2000. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science* 40:436–443
- Cummings, John L. et al., 1987. Decoy plantings for reducing blackbird damage to nearby commercial sunflower fields. *Crop Protection*, [s.l.], v. 6, n. 1, p.56-60, fev. 1987. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0261-2194\(87\)90029-9](http://dx.doi.org/10.1016/0261-2194(87)90029-9).
- Clark, R.G. 1992. Bird pests in Uruguay and Argentina: biological control - habitat management. Unpubl. Report to United Nations (Project TCP/RLA/8965), Food & Agriculture Organization, Rome.
- Clark, R. G., Boyd, H., Poston, B., 1993. Crop damage, autumn waterfowl populations and cereal grain harvests in the prairie provinces of western Canada. *Wildfowl*, 44(44), 121-132.
- Cleary, E. C., Dolbeer, R.A, 2005. *Wildlife hazard management at airports: A manual for airport personnel*. Second edition. Washington: Federal Aviation Administration, Office of Safety and Standards.
- Czech, H., Parsons, K., 2002. Agricultural Wetlands and Waterbirds: A Review. *Waterbirds*, 25, 56-65
- de Grazio, J.W. D., 1978. World bird damage problems *Proceedings of the 8th Vertebrate Pest Conference* (1978). 13, pp. 8–24.
- Dias, R.A., Burger, I., 2005. A assembleia de aves de áreas úmidas em dois sistemas de cultivo de arroz irrigado no extremo sul do Brasil. *Ararajuba* 13, 63–80.
- Dolbeer, R. A., 1981. Cost-benefit determination of blackbird damage control for cornfields. *Wildlife Society Bulletin*, 9, pp. 44-51.
- Donald, P.F., Sanderson, F.J., Burfield, I.J., Bommel, F.P.J. Van, 2006. Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds , 1990 – 2000 116, 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.02.007>
- Eiten, G., 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review*, 38, pp. 201-341.

- Elphick, C.S., 2010. Why Study Birds in Rice Fields? **Waterbirds**, [s.l.], v. 33, n. 1, 1-7. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s101>.
- Elphick, C.S., 2000. Functional Equivalency between Rice Fields and Seminal Wetland Habitats. *Conservation Biology*, [s.l.], v. 14, n. 1, p.181-191. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98314.x>.
- Elphick, C. S.; Oring, L.W., 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter waterbird communities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [s.l.], v. 94, n. 1, p.17-29. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809\(02\)00022-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809(02)00022-1).
- Elphick, C.S., Oring, L.W., 1998. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *Journal Of Applied Ecology*, [s.l.], v. 35, n. 1, p.95-108, fev. 1998. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.00274.x>.
- Engeman, Richard M., 2000. Economic Considerations of Damage Assessment .Human Conflicts with Wildlife: Economic Considerations. 4. <http://digitalcommons.unl.edu/nwrhumanconflicts/4>
- Fairaizl, S. D., 1992. An integrated approach to the management of urban Canada geese depredations. *Verteb. Pest. Conf.* 15:105-109.
- Fasola, M., Ruiz, X., 1996. The Value of Rice Fields as Substitutes for Natural Wetlands for Waterbirds in the Mediterranean Region. *Waterbirds* 19, 122–128.
- Foley, J.A., Foley, J.A., Defries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K., 2014. Global Consequences of Land Use 570. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT homepage [on-line] (2017). <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC/visualize> (accessed 14 April 2017).
- Filloy, J., Bellocq, M.I., 2006. Spatial variations in the abundance of *Sporophila* seedeaters in the southern Neotropics : contrasting the effects of agricultural development and geographical position 3329–3340. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-1341-z>
- Fujioka, Masahiro et al. Bird use of Rice Fields in Korea and Japan. *Waterbirds*, [s.l.], v. 33, n. 1, p.8-29, dez. 2010. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s102>.
- Gopi, K. S., 2009. Are Rice Paddies Suboptimal Breeding Habitat for *Sarus Cranes* in Uttar Pradesh, India? *The Condor*, [s.l.], v. 111, n. 4, p.611-623. Cooper Ornithological Society. <http://dx.doi.org/10.1525/cond.2009.080032>

- Guadagnin, D. A., L., Peter, Â.S., Perello, F.C., Maltchik, L., 2005. Spatial and Temporal Patterns of Waterbird Assemblages in Fragmented Wetlands of Southern Brazil *Journal of the Waterbird Society in Fragmented Wetlands of Southern Brazil* 28, 261–272.
[https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2005\)028\[0261:SATPOW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2005)028[0261:SATPOW]2.0.CO;2)
- Guadagnin, D. L., Perello, L. F., Menegheti, O.C., 2007. A situação atual da caça de lazer e manejo de áreas úmidas no Rio Grande do Sul (Current situation of leisure hunting and wetland management in Rio Grande do Sul State, South Brazil). *Neotropical Biology and Conservation* 2: 63-70.
- Groenigen, J.W. Van, Burns, E.G., Eadie, J.M., Horwath, W.R., Kessel, C. Van, 2003. Effects of foraging waterfowl in winter flooded rice fields on weed stress and residue decomposition 95, 289–296. DOI: [10.1016/S0167-8809\(02\)00097-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00097-X)
- Gorosábel, J. A., Pedrana, L., Bernad, V.J., Caballero, S.D. Muñoz, N.O., Maceira, 2019. Evaluating the impacts and benefits of sheldgeese on crop yields in the Pampas region of Argentina: A contribution for mitigating the conflicts with agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 279. 33-42. 10.1016/j.agee.2019.04.002.
- Harris, R. E.; Davis, R. A., 1998. Evaluation of the efficacy of products and techniques for airport bird control. LGL Limited for Aerodrome Safety Branch, Transport Canada
- Hobaugh, W. C., Stutzenbaker, C.D., Flickinger, E.L., 1989. The rice prairies. Pages 367-384 in *Habitat Management for Migrating and Wintering Waterfowl in North America* (L. M. Smith, R. L. Pederson and R. M. Kaminski, Eds.). Texas Tech University Press, Lubbock, Texas.
- Hohman, W. L., Lee, S. A., 2001. Fulvous Whistling-Duck (*Dendrocygna bicolor*). In: Poole, A., Gill, F. (Eds), *The Birds of North America*, No. 562. The Birds of North America, Inc., Philadelphia, Pennsylvania.
- Hohmann, W.L., Stark, T.M., Moore, J.L., 1996. Food availability and feeding preferences of breeding Fulvous Whistling-ducks in Louisiana ricefields. *Wilson Bull.* 108, 137–150.
- Hone, Jim. *Wildlife Damage Control*. CSIRO Publishing, Australia. 2007
- Hone, Jim. *Analysis of vertebrate pest control*. Cambridge University Press. 1994
- Hygnstrom, S. E., Craven, S. R., 1988. Electric fences and commercial repellents for reducing deer damage in cornfields. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 16(3), 291-296.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Brazilian Institute of Geography and Statistics). 2004. *Indicadores agropecuários 1996-2003*. Coordenação de Agropecuária.- Rio de Janeiro : IBGE, 2004. 68 p. ISSN 1679-480X; n. 3.
- Jackson, D. L., Jackson, L.L., 2002. *The Farm as Natural Habitat: Reconnecting Food Systems with Ecosystems*. Island Press, Washington, D.C

- Jacinto, J. C. et al., 2007. Dano em um cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor*) causado por aves. VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Sociedade de Ecologia do Brasil, 23-28 de Setembro, 2007, Caxambu, Minas Gerais, Brasil.
- Katondo, J., 1996. Ecology of Anatidae and their damage to rice crops at Lower Moshi irrigation scheme, northern Tanzania. *Gibier Faune Sauvage* 13, 737–750.
- Kross, J.P., Kaminski, R.M., Reinecke, K.J., Pearse, A.T., 2008. Conserving Waste Rice for Wintering Waterfowl in the Mississippi Alluvial Valley 72, 1383–1387.
<https://doi.org/10.2193/2007-226>
- Linz, George M. et al., 2011. Assessment of Bird-management Strategies to Protect Sunflowers. *Bioscience*, [s.l.], v. 61, n. 12, p.960-970, dez. Oxford University Press (OUP).
<http://dx.doi.org/10.1525/bio.2011.61.12.6>.
- Luder, R., 1985. Weeds influence red-billed quelea damage to ripening wheat in Tanzania. *J. Wildl. Manage.*, 49, 646–647.
- Maclean, J. L., D. C. Dawe, B. Hardy and G. P. Hettel. 2002. Rice Almanac: Source Book for the Most Important Economic Activity of Earth. CABI Publishing, Wallingford, UK
- Mateo-Tomás, P., Olea, P.P., Sanchez-Barbudo, I.S., Mateo, R., 2012. Alleviating human – wildlife conflicts : identifying the causes and mapping the risk of illegal poisoning of wild fauna 376–385. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02119.x>
- Men, B.X., Ogle, R.B., Lindberg, J.E., Ogle, R.B., Lindberg, J.E., 2016. Studies on Integrated Duck-Rice Systems in the Mekong Delta of Vietnam Studies on Integrated Duck-Rice Systems in the Mekong Delta of Vietnam 0046. <https://doi.org/10.1300/J064v20n01>
- Mey, Y. de., Demont, M., Diagne, M., 2011 Estimating Bird Damage to Rice in Africa: Evidence from the Senegal River Valley. **Journal of Agricultural Economics**, 63, pp.175-200.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1477-9552.2011.00323.x>.
- Mey, Y. de; Demont, M., 2013. Bird damage to rice in Africa: evidence and control. Realizing Africa's Rice Promise, [s.l.], p.241-249. CABI.
<http://dx.doi.org/10.1079/9781845938123.0241>
- Mott, D.F., Timbrook, S. K., 1988. Alleviating Nuisance Canada Goose Problems With Acoustical Stimuli. Proceedings of the Thirteenth Vertebrate Pest Conference (1988). 61. <http://digitalcommons.unl.edu/vpcthirteen/61>
- Mugica, L. et al. 2006. Rice culture in Cuba as an important wintering site for migrant waterbirds from North America. *Waterbirds around the world*. Eds. G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud. The Stationery Office, Edinburgh, UK. pp. 172-176

- McNamara, K., O’Kiely, P., Whelan, J., Forristal, P. D., Lenehan, J. J., & Hanrahan, J. P., 2004. An investigation into the pattern of bird damage to the plastic stretch film on baled silage in Ireland. *Biology and Environment*. Royal Irish Academy.
<https://doi.org/10.3318/BIOE.2004.104.2.95>
- McKay H.V., Parrott, D., 2002. Mute swan grazing on winter crops: Evaluation of three grazing deterrents on oilseed rape, *International Journal of Pest Management*, 48:3, 189-194, DOI: 10.1080/09670870110102585
- Mwima, P. M., Nachuha, S., Ejotre, I., 2014. Is the fulvous whistling-duck a threat to the rice crop at Kibimba scheme, Eastern Uganda?. *Bird Populations*, 13, 10-16.
- O'Donnell, M. A., VanDruff, L.W., 1983. Wildlife conflicts in an urban area: occurrence of problems and attitudes toward wildlife. *Proc. East. Wildl. Damage Control Conf.* 1, pp. 315-323
- Petrie, S.A., Petrie, V., 1998. Activity budget of white-faced whistling-ducks during winter and spring in northern Kwazulu-Natal, South Africa. *The Journal of wildlife management*, 62, pp. 1119-1126. DOI: 10.2307/3802566
- Pernollet et al., 2015. Rice and duck, a good combination? Identifying the incentives and triggers for joint rice farming and wild duck conservation.. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 214 (2015): 118-132.
- Rodriguez, Ethel et al., 1995. Integrated Strategy to Decrease Eared Dove Damage in Sunflower Crops. 1995. National Wildlife Research Center Repellents Conference 1995. Paper 33.
<http://digitalcommons.unl.edu/nwcrepellants/33>
- RStudio Team, 2018. RStudio: Integrated Development for R.
- Sabrina, J., Dauber, J., Strohbach, M.W., Mecke, S., Mitschke, A., Ludwig, J., Klimek, S., 2017. Agriculture, Ecosystems and Environment Impact of recent changes in agricultural land use on farmland bird trends. "Agriculture, Ecosyst. Environ. 239, 334–341.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.041>
- Sánchez-Guzmán, J. M. et al. 2006. Identifying new buffer areas for conserving waterbirds in the Mediterranean basin: the importance of the rice fields in Extremadura, Spain. *Biodiversity And Conservation*, [s.l.], v. 16, n. 12, p.3333-3344, 21. Springer Nature.
<https://dx.doi.org/10.1007/s10531-006-9018-9>.
- Sinclair, A., Fryxell, R.E., Caughley, J.M., 2006. Graeme. *Wildlife Ecology, Conservation, and Management*. Second Edition. BLACKWELL PUBLISHING, Victoria.

- Smith, R. H., Neff, D. J., Woolsey, N. G., 1986. Pronghorn response to coyote control: a benefit: cost analysis. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 14(3), 226-231.
- Subramanya, S., 1994. Non-random foraging in certain bird pests of field crops. *Journal of Biosciences* 19, 369–380.
- Sundar, K.S.G., Subramanya, S., 2010. Bird use of Rice Fields in the Indian Subcontinent 33, 44–70. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s104>
- Sugden, L. G., Goerzen, D. W., 1979. Preliminary measurements of grain wasted by field-feeding mallards. *Can. Wildl. Serv. Prog. Notes No. 104*, pp. 1-5. <http://publications.gc.ca/pub?id=9.849652&sl=0>
- Stafford, J.D., Kaminski, R.M., Reinecke, K.J., 2010. Avian Foods, Foraging and Habitat Conservation in World Rice Fields. *Waterbird Society*. 33, 133–150. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s110>.
- Stafford, J. D., Kaminski, R. M., Reinecke, K. J., & Manley, S. W., 2006. Waste rice for waterfowl in the Mississippi Alluvial Valley. *The Journal of wildlife management*, 70(1), 61-69.
- Street, J. E., Bollich, P. K., 2003. Rice production, in Smith C. W., Dilday, R.H. (Eds), *Rice: Origin, History, Technology, and Production*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, pp. 271-296. ISBN: 978-0-471-34516-9
- Teng, Q., Hu, X., Cheng, C., Luo, Z., Luo, F., Xue, Y., 2016. Ecological effects of rice-duck integrated farming on soil fertility and weed and pest control. *Journal Of Soils And Sediments*, 10, pp. 2395-2407. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1455-9>
- Teo, S.S., 2001. Evaluation of different duck varieties for the control of the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in transplanted and direct seeded rice. *Crop Protection*, 20, pp. 599-604. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00029-1](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00029-1)
- Toral, G.M., Figuerola, J., 2010. Unraveling the importance of rice fields for waterbird populations in Europe 3459–3469. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9907-9>
- Turnbull, R. E., Johnson, F. A., Brakhage, D.H., 1989. Status, Distribution, and Foods of Fulvous Whistling-Ducks in South Florida. *The Journal of Wildlife Management*, 53, pp. <https://www.jstor.org/stable/38096071046-1051>. DOI: 10.2307/3809607
- Tréca, B., 1992. Water Birds and Rice Cultivation in West Africa. *Proceeding VII, Pan African Ornithological Congress*, pp. 297–301
- Van Groenigen, J.w et al., 2003. Effects of foraging waterfowl in winter flooded rice fields on weed stress and residue decomposition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [s.l.], v. 95, n. 1, p.289-296. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809\(02\)00097-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809(02)00097-x)

- Weller, M.W. 1969. Comments on waterfowl habitat and management problems in Argentina. *Wildfowl* 20:126-1.30.
- Wilson E. A., LeBoeuf, E.A., Weaver, K.M., LeBlanc.D.J., 1989. Delayed seeding for reducing blackbird damage to sprouting rice in southwestern Louisiana. *Wildl. Soc. Bull.*, 17, 165–171, 1989
- Wood, C. et al. 2010. Implications of Rice Agriculture for Wild Birds in China. *Waterbirds*, [s.l.], v. 33, n. 1, p.30-43. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s103>
- Woronecki, P. P., Dolbeer, R. A. Stehn, R.A., 1981. Response of blackbirds to Mesurol and Sevin applications on sweet corn. *J. Wildl. Manage.*, 45, 693–701
- Wretenberg, J., Lindström, Å.K.E., Svensson, S., Pärt, T., 2007. Linking agricultural policies to population trends of Swedish farmland birds in different agricultural regions 933–941. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01349.x>
- Zaccagnini, M. E., 2002. Los patos en las arroceras del noreste de Argentina: ¿plagas o recursos para caza deportiva y turismo sostenible?, In Blanco D.E, Beltran, J, Balze, V de la (Eds.), *Primer Taller sobre la Caza de Aves Acuaticas. Hacia una estrategia para el uso sustentable de los recursos de los humedales*, Wetlands International, Buenos Aires, Argentina, 152: pp.
- Zhao, B., T. Wen, J. Zhang, W. Tang and M. Wang, 2019. Duck trampling in rice–duck farming alters rice growth and soil CH₄ emissions. *Intl. J. Agric. Biol.*, 21: 345–350. DOI: 10.17957/IJAB/15.0900

Considerações finais

No primeiro capítulo, com a revisão da literatura, se demonstrou que o conflito entre seres humanos e vida silvestre ocorre quando as necessidades dessa interferem negativamente nos interesses humanos ou quando as atividades antrópicas influenciam negativamente nas necessidades da vida silvestre. Por exemplo, quando a vida silvestre causa prejuízos econômicos para as atividades humanas, como a redução da produção agrícola. Algumas espécies de aves consomem o produto agrícola e, por isso, são consideradas pragas para as culturas. Aves podem gerar efeitos positivos e negativos na produção agrícola. Os positivos incluem o controle biológico de espécies daninhas à produção e aumento da decomposição da palha do arroz e os negativos a diminuição na produção agrícola devido ao forrageamento. O arroz irrigado apresenta condições que são semelhantes a habitats naturais de zonas húmidas, por isso muitas aves aquáticas utilizam esses habitats. As aves aquáticas utilizam os arrozais prioritariamente como sítio de alimentação e descanso, contudo algumas espécies de aves aquáticas, favorecidas pelos agrossistemas de arroz podem tornar-se abundantes e prejudiciais para rizicultura. Devido a isso, muitas espécies de aves são consideradas pragas nas culturas de arroz, principalmente espécies de anatídeos.

Recentemente, têm sido relatado por produtores de riziculturas da região centro-oeste do Brasil, o aumento de danos provocados por aves aquáticas, especialmente pelas espécies *Dendrocygna viduata* (irerê, paturi) e *Dendrocygna autumnalis* (marreca-cabocla). Não há uma estimativa oficial das perdas na produção de arroz causadas por estas espécies, embora os produtores relatarem danos significativos, exigindo a ressemeadura do arroz. A decisão sobre como manejar os danos envolve a sua quantificação, a escolha da estratégia de controle e a ponderação dos custos do controle. Estimativas objetivas de danos causados por aves à produção são importantes para definir com precisão a magnitude do problema e planejar ações de controle apropriadas, em relação ao custo-benefício.). A avaliação do custo do controle e sua efetividade devem ser considerados em qualquer estratégia de redução de danos, uma vez que estas práticas representam uma despesa para o produtor, que devem ser compensadas por um benefício à produção. Devido a demanda dos produtores de arroz na região central do Brasil, foi realizado um estudo com o intuito de avaliar a magnitude do dano das aves aquáticas na produção de arroz irrigado durante a safra 2017-2018.

Dessa forma, no segundo capítulo foi demonstrado através desse estudo aplicado, que *Dendrocygna* spp. são um problema para a produção de arroz irrigado no Brasil Central, porém

está mitigado pela ação atual de controle de danos feito pelos produtores. A principal ação de controle de danos para evitar os danos das aves na produção de arroz é realizada através de dispositivos auditivos (foguetes) no estágio inicial do arroz. Essas medidas de controle são eficazes e custo-efetivas, representando uma pequena porcentagem nos custos de implementação da cultura. *Dendrocygna viduata* e *Dendrocygna autumnalis* são as espécies mais abundantes nos arrozais amostrados, principalmente nos campos pós-colheita, também chamados de campos de resteva.

Referência bibliográfica

1. ACOSTA, Martín et al. Birds of Rice Fields in the Americas. **Waterbirds**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.105-122, dez. 2010. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s108>.
2. ACOSTA et al. Rice culture in Cuba as an important wintering site for migrant waterbirds from North America. 172-176. 2005
3. ACOSTA, Martín Cruz; MUGICA, Valdes, L. Ciclo reproductivo de *Dendrocygna bicolor* (Aves:Anatidae). *Cien.Biol.* 21-22: 104-114. 1989
4. ALISON, R.M. The earliest records of waterfowl hunting. *Wildlife Society Bulletin* 6 (4): 196-199.1978
5. ANA (Agência Nacional de Águas). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras –Edição Especial. Brasília: ANA, 2015.163 p.: il.ISBN: 978-85-8210-027-1
6. ANDERSON, A. et al. Bird damage to select fruit crops: The cost of damage and the benefits of control in five states. **Crop Protection**, [s.l.], v. 52, p.103-109, out. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2013.05.019>.
7. ANWARUDDIN CHOUDHURY (2004) Human–Elephant Conflicts in Northeast India, *Human Dimensions of Wildlife: An International Journal*, 9:4, 261-270
8. AQUINO, Samia; LATRUBESSE, Edgardo Manuel; SOUZA FILHO, Edvard Elias de. Caracterização hidrológica e geomorfológica dos afluentes da Bacia do Rio Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.43-54, 26 nov. 2009. Revista Brasileira de Geomorfologia. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v10i1.116>
9. AVERY, Michael L. et al. Caffeine for reducing bird damage to newly seeded rice. *Crop Protection*, [s.l.], v. 24, n. 7, p.651-657, jul. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2004.11.009>.
10. AVERY, M.I.; TILLMAN, E.a.; LAUKERT, C.c.. Evaluation of chemical repellents for reducing crop damage by Dickcissels in Venezuela. *International Journal Of Pest Management*, [s.l.], v. 47, n. 4, p.311-314, jan. 2001. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09670870110065235>.
11. BALDASSARRE, G.A.; BOLEN, E.G.2006. *Waterfowl Ecology and Management*. Second Edition.Krieger, Malabar, Florida, USA.
12. BARRACLOUGH, S. L., AND K. B. GHIMIRE. 2000. *Agricultural Expansion and Tropical Deforestation: Poverty, International Trade and Land Use*. London: Earthscan.
13. BAXTER, Andrew T.; ALLAN, John R. Use of Lethal Control to Reduce Habituation to Blank Rounds by Scavenging Birds. *Journal of Wildlife Management*. 72 (7), 1653-1657. 2008. <https://doi.org/10.2193/2007-458>

14. BAXTER, Andrew T.; ROBINSON, Andrew P.. A comparison of scavenging bird deterrence techniques at UK landfill sites*. *International Journal Of Pest Management*, [s.l.], v. 53, n. 4, p.347-356, out. 2007. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.1080/09670870701421444>.
15. BLACKWELL, Bradley F.; DOLBEER, Richard A.. Decline of the Red-Winged Blackbird Population in Ohio Correlated to Changes in Agriculture (1965-1996). *The Journal Of Wildlife Management*, [s.l.], v. 65, n. 4, p.661-667, out. 2001. JSTOR.
<http://dx.doi.org/10.2307/3803017>.
16. BENNETT, Elena M.; CARPENTER, Stephen R.; CARACO, Nina F.. Human Impact on Erodable Phosphorus and Eutrophication: A Global Perspective. *Bioscience*, [s.l.], v. 51, n. 3, p.227-234, 2001. Oxford University Press (OUP). [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0227:hioepa\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0227:hioepa]2.0.co;2).
17. BENGSEN, Andrew. A systematic review of ground-based shooting for pest animal control. Pest Smart Toolkit publication, Invasive Animals Cooperative Research Centre, Canberra, Australia. 2016
18. BERGE, Andrew et al. Bird control in vineyards using alarm and distress calls. *American journal of enology and viticulture*, v. 58, n. 1, p. 135-143, 2007.
19. BIRD, J.a.; PETTYGROVE, G.s.; EADIE, J.m.. The impact of waterfowl foraging on the decomposition of rice straw: mutual benefits for rice growers and waterfowl. *Journal Of Applied Ecology*, [s.l.], v. 37, n. 5, p.728-741, out. 2000. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2000.00539.x>.
20. BIRDLIFE INTERNATIONAL (2018) Country profile: Brazil. Available from <http://www.birdlife.org/datazone/country/brazil>. Checked: 2018-06-18
21. BISHOP, J et al. Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London.2003
22. BOMFORD, Mary. Review of research on control of bird pests in Australia. Pages 93–96 in Borrecco JE, Marsh RE, eds. *Proceedings of the Fifteenth Vertebrate Pest Conference*. University of California Press.1992
23. BOU, Nadia et al. Desarrollo de un método para evaluar el daño ocasionado por aves en cultivos comerciales de soja recién emergida. *Idesia (arica)*, [s.l.], n. , p.67-74, 2016. SciELO Comision Nacional de Investigacion Cientifica Y Tecnologica (CONICYT).
<http://dx.doi.org/10.4067/s0718-34292016005000036>.

24. BOURNE, G.R., 1981. Food habits of black-bellied whistling ducks occupying rice culture habitats. *Wilson Bull.* 93, 551–554
25. BUCHER, E. H. 1992. Neotropical parrots as agricultural pests. Pages 201–219 in Bissinger SR, Snyder NRF, eds. *New World Parrots in Crisis: Solutions from Conservation Biology*. Smithsonian Institution Press.
26. BUCHER, Enrique; RANVAUD, Ronald. Eared dove outbreaks in South America: pattern and characteristics. *Dong wu xue bao. [Acta zoologica Sinica]*. 52 (Supplement). 564-567.2006
27. BUCHER, Enrique H.; ARAMBURŏ, Rosana M.. Land-use changes and monk parakeet expansion in the Pampas grasslands of Argentina. *Journal Of Biogeography*, [s.l.], v. 41, n. 6, p.1160-1170, 5 fev. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jbi.12282>.
28. BRASIL. [Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998](#). Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. DOU de 13.2.1998 e [retificado em 17.2.1998](#)
29. BRAY, Olin E.; KENNELLY, James J.; GUARINO, Joseph L. Fertility of eggs produced on territories of vasectomized red-winged blackbirds. **The Wilson Bulletin**, p. 187-195, 1975.
30. BROCHET, Anne-laure et al. Diet and Feeding Habitats of Camargue Dabbling Ducks: What Has Changed Since the 1960s?. *Waterbirds*, [s.l.], v. 35, n. 4, p.555-576, dez. 2012. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.035.0406>.
31. BROWN, L. R. 1995. Nature's limit (Chapter 1) from the state of the world 1995. World watch Institute, Washington, DC.
32. BROWN, T. L et al. The future of hunting as a mechanism to control white-tailed deer populations. In: *Wildlife Society Bulletin*; Vol. 28, No. 4. pp. 797-807. 2000
33. BRUGGERS, Richard L.; RUELLE, Philippe. Economic impact of pest birds on ripening cereals in Senegal. *Protection Ecology*, Vol. 3, pp. 7–16. 1981
34. BRUGGERS, Richard L.; RUELLE, Philippe. Efficacy of nets and fibres for protecting crops from grain-eating birds in Africa. *Crop Protection*, [s.l.], v. 1, n. 1, p.55-65, mar. 1982. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0261-2194\(82\)90056-4](http://dx.doi.org/10.1016/0261-2194(82)90056-4).
35. BRUGGERS, Richard L; RODRIGUEZ, Ethel; ZACCAGNINI, Maria Elena. Planning for bird pest problem resolution: a case study. *International Biodeterioration & Biodegradation*, [s.l.], v. 42, n. 2-3, p.173-184, ago. 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0964-8305\(98\)00046-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0964-8305(98)00046-8).

36. BRUZUAL, Jose; BRUZUAL, Iris. Feeding habits of whistling ducks in the Calabozo Ricefields, Venezuela, during the non-reproductive period. **Wildfowl**, v. 34, n. 34, p. 20-26, 1983.
37. CARVALHO, F. P. 2006. Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environ. Sci. Policy* 9:685–692.
38. CALVI, Carlos et al. Protecting Uruguayan crops from bird damage with methiocarb and 4-aminopyridine. (1976). *Bird Control Seminars Proceedings*. 81. 1976
39. <http://digitalcommons.unl.edu/icwdmbirdcontrol/81>
40. CAUGHLEY, G; SINCLAIR. *Wildlife Ecology and Management*. Blackwell Science, Cambridge, Massachusetts, USA. 1994
41. CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). A cultura do arroz. organizador Aroldo Antônio de Oliveira Neto. – Brasília: Conab, 2015. 180 p. Disponível também em: <www.conab.gov.br>. Acesso em 04 de julho de 2018. ISBN: 978-85-62223-06-8
42. CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Projeções do Agronegócio. Brasil 2016/17 a 2026/27. Projeções de Longo Prazo. Brasília: DF. 8ª edição. Ano 2017. Coordenação Editorial: SPA/Mapa. Disponível também em: <www.conab.gov.br>. Acesso em 04 de julho de 2018. ISBN: 978-85-62223-06-8
43. CONOVER, M. R. Response of birds to raptor models. *Proc. Bird Control Semin.* 8:16-24.1979
44. CONOVER, M. R. 2002. Resolving human–wildlife conflicts: the science of wildlife damage management. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA.
45. CONOVER, Michael R. Behavioral techniques to reduce bird damage to blueberries: methiocarb and a hawk-kite predator model. *Wildlife Society Bulletin*, p. 211-216, 1982.
46. CONOVER, MR; DOLBEER, RA. Use of decoy traps to protect blueberries from juvenile European starlings. *Human-Wildlife Conflicts* 1: 265–270. 2007
47. CONNOLLY, Guy; O'GARA, Bart W. Aerial hunting takes sheep-killing coyotes in western Montana. In: **Great Plains Wildlife Damage Control Workshop Proceedings**. 1987. p. 56.
48. CONVERSE, K. A.; KENNELLY, J. J. Evaluation of Canada goose sterilization for population control. *Wildl. Soc. Bull.*, 22, 265–269, 1994.
49. COOK, Aonghais et al. An Evaluation of Techniques to Control Problem Bird Species on Landfill Sites. *Environmental Management*, [s.l.], v. 41, n. 6, p.834-843, 7 fev. 2008. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-008-9077-7>.

50. COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, 40:436-443. 2000.
51. COULSTON, S.; STODDART, D. M.; CRUMP, D. R. Use of predator odors to protect chick-peas from predation by laboratory and wild mice. *J. Chem. Ecol.*, 19, 607–612, 1993.
52. CUMMINGS, John L.; OTIS, David L.; DAVIS, James E.. Dimethyl and Methyl Anthranilate and Methiocarb Deter Feeding in Captive Canada Geese and Mallards. *The Journal Of Wildlife Management*, [s.l.], v. 56, n. 2, p.349-355, abr. 1992. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/3808834>.
53. CUMMINGS, John L. et al. Decoy plantings for reducing blackbird damage to nearby commercial sunflower fields. *Crop Protection*, [s.l.], v. 6, n. 1, p.56-60, fev. 1987. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0261-2194\(87\)90029-9](http://dx.doi.org/10.1016/0261-2194(87)90029-9).
54. CURTIS, Paul D et al. Obstructive non-woven fiber barriers for reducing red-winged blackbird damage to sweet corn. *Crop Protection*, [s.l.], v. 23, n. 9, p.819-823, set. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2003.12.009>.
55. CLARK, M. Sean; GAGE, Stuart H.. Effects of free-range chickens and geese on insect pests and weeds in an agroecosystem. **American Journal Of Alternative Agriculture**, [s.l.], v. 11, n. 01, p.39-47, mar. 1996. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0889189300006718>.
56. CLEARY, E. C.; DOLBEER, R.A *Wildlife hazard management at airports: A manual for airport personnel*. Second edition. Washington: Federal Aviation Administration, Office of Safety and Standards. 2005
57. CRUSCIOL, C. A. C. et al. Root Distribution, Nutrient Uptake, and Yield of Two Upland Rice Cultivars under Two Water Regimes. *Agron. J.* 105:237-247.2013. doi:10.2134/agronj2012.0298
58. [CRUSCIOL](#), Carlos Alexandre Costa. Como produzir arroz com baixo consumo de água. São Paulo: 2013.Agência FAPESP online. Disponível em: <agencia.fapesp.br>; Acesso em 06 julho de 2018. Entrevista concedida a José Tadeu Arantes
59. CZECH H.; PARSONS K. Agricultural Wetlands and Waterbirds: A Review. *Waterbirds*, 56-65. 2002
60. DAILY, G., 1997. *Nature's Services*. Island Press, Washington, DC.
61. DALE, Virginia H.; POLASKY, Stephen. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. **Ecological Economics**, [s.l.], v. 64, n. 2, p.286-296, dez. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.05.009>.

62. DARDANELLI, Sebastián et al. ¿Eligen las palomas y cotorras los lotes de soja (*Glycine max*) en emergencia? Un caso de estudio en agroecosistemas de Entre Ríos, Argentina. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, [s.l.], v. 87, n. 4, p.1308-1314, dez. 2016. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.09.006>.
63. DAY, John H.; COLWELL, Mark A.. Waterbird Communities in Rice Fields Subjected to Different Post-Harvest Treatments. **Colonial Waterbirds**, [s.l.], v. 21, n. 2, p.185-197, 1998. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/1521905>.
64. De GRAZIO, John World bird damage problems. Proceedings of the 8th Vertebrate Pest Conference (1978). 13.1978. <http://digitalcommons.unl.edu/vpc8/13>
65. DENDY J, MCKILLOP G, FOX S, WESTERN G, LANGTON S. Quantifying the costs of crop damage by rabbits. In: Tattersall FH, Manly WJ, editors. Conservation and conflict: mammals and farming in Britain. Otley: Smith Settle. pp 211–219.2003
66. DEFRIES, R.; ROSENZWEIG, C.. Toward a whole-landscape approach for sustainable land use in the tropics. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 107, n. 46, p.19627-19632, 16 nov. 2010. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1011163107>
67. DELWICHE, M et al. Electronic broadcast call unit for bird control in orchards. *Applied Engineering in Agriculture* 21:721-727.2005
68. DELWICHE, M. J.; HOUK, A.; GORENZEL, W. P.. Control of Crows in Almonds by Broadcast Distress Calls. Transactions Of The Asabe, [s.l.], v. 50, n. 2, p.675-682, 2007. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE). <http://dx.doi.org/10.13031/2013.22656>.
69. DEVIATKINA, Tatiana. Images of Birds in Mordvinian Mythology. Folklore: Electronic Journal of Folklore, [s.l.], v. 48, p.143-152, 2011. Estonian Literary Museum of Scholarly Press. <http://dx.doi.org/10.7592/fej2011.48.deviatkina>.
70. DIAS, Rafael; BURGER, Maria Inês. A assembleia de aves de áreas úmidas em dois sistemas de cultivo de arroz irrigado no extremo sul do Brasil. *Ararajuba* 13(1):63-80. 2005
71. Diaz, R. J. & Rosenberg, R. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 321, 926–929 (2008).
72. DICKMAN, Amy J. "Complexities of conflict: the importance of considering social factors for effectively resolving human–wildlife conflict." *Animal conservation* 13, no. 5 (2010): 458-466.

73. DOGGETT, H. Factors reducing sorghum yields: Striga and birds. In: Mertin, J. (ed.), *Sorghum in the Eighties: Proc. Int. Symp. ICRISAT, Pantancheru, A.P., India*, pp.313-316.1982
74. DONALD, Paul F. et al. Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990–2000. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 116, n. 3-4, p.189-196, set. 2006. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2006.02.007>.
75. DONALD PF, GREEN RE, HEATH MF (2001) Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc R Soc Lond B* 268:25–29
76. DOLBEER, Richard A.; HOLLER, Nicholas R.; HAWTHORNE, Donald W. Identification and assessment of wildlife damage: an overview. *The Handbook: Prevention and Control of Wildlife Damage*. 1994
77. DOLBEER, Richard A.; BELANT, Jerrold L.; SILLINGS, Janet L. Shooting gulls reduces strikes with aircraft at John F. Kennedy International Airport. *Wildlife Society Bulletin* (1973-2006), v. 21, n. 4, p. 442-450, 1993
78. DOLBEER, Richard A. Cost-benefit determination of blackbird damage control for cornfields. *Wildlife Society Bulletin*, 9, 44-51. 1981
79. DOLBEER et al. **Field trials of sunflower resistant to bird depredation**. *North Dakota Farm Research*, 43 (1986), pp. 21-28. 1986
80. DUNCAN, P et al. Longterm changes in agricultural practices and wildfowling in an internationally important wetland, and their effects on the guild of wintering ducks. *J Appl Ecol* 36:11–23. 1999
81. DHINDSA, Manjit S.; HARJEET K. Saini. Agricultural ornithology: an Indian perspective. *Journal of biosciences* 19, no. 4 (1994): 391.
82. EISEMANN, John D.; LINZ, George M.; JOHNSTON, John J. Non-target hazard assessment of using DRC-1339 avicide to manage blackbirds in sunflower. 2001.
83. EDWARDS, C., 2004. *Earthworm Ecology*. CRC Press, Boca Raton, FL.441 pp.
84. ELDER, William H.. Chemical Inhibitors of Ovulation in the Pigeon. *The Journal Of Wildlife Management*, [s.l.], v. 28, n. 3, p.556-575, jul. 1964. JSTOR.
<http://dx.doi.org/10.2307/3798209>.
85. ELLIOTT, C. C. H. The harvest time method as a means of avoiding quelea damage to irrigated rice in Chad/Cameroun. **Journal of Applied Ecology**, p. 23-35, 1979.
86. ELPHICK, Chris S.. Why Study Birds in Rice Fields? **Waterbirds**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.1-7, dez. 2010. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s101>.

87. ELPHICK, Chris S. Functional Equivalency between Rice Fields and Seminal Wetland Habitats. *Conservation Biology*, [s.l.], v. 14, n. 1, p.181-191, fev. 2000. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98314.x>.
88. ELPHICK, Chris S; ORING, Lewis W. Conservation implications of flooding rice fields on winter waterbird communities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [s.l.], v. 94, n. 1, p.17-29, jan. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809\(02\)00022-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809(02)00022-1).
89. ELPHICK, Chris S.; ORING, Lewis W.. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *Journal Of Applied Ecology*, [s.l.], v. 35, n. 1, p.95-108, fev. 1998. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.00274.x>.
90. ELSER, J.I. et al. Economic impacts of bird damage and management in U.S. sweet cherry production. *Crop Protection*, [s.l.], v. 83, p.9-14, maio 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.01.014>.
91. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Manejo do pássaro-preto. Júlio José Centeno da Silva. 2004. Disponível em:<
92. www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 03 julho de 2018
93. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Sistema de cultivo. Alberto Baêta dos Santos. . Disponível em:<www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 03 julho de 2018
94. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil /Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado; V Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, XXVII Reunião da Cultura do Arroz Irrigado. – Pelotas: SOSBAI, 2007.161 p., il.
95. EPPLE, G. et al. Feeding responses to predator-based repellents in the mountain beaver. *Ecol. Appl.*, 5, 1163–1170, 1995.
96. FAOSTAT, 1999. Available online at: <http://faostat.fao.org/?alias=faostat1999>.
97. FAO. 2003 World agriculture: towards 2015/2030. Interim Report. Rome, Italy: FAO.
98. FAO (Food and Agriculture Organization). International year of rice. 2004. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 04 julho de 2018
99. FAO (Food and Agriculture Organization). Rice Market Monitor. VOLUME XXI ISSUE No. 1. April 2018. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 04 julho de 2018
100. FAGERSTONE, Kathleen A. et al. Registration of wildlife contraceptives in the United States of America, with OvoControl and GonaCon immunocontraceptive vaccines as

- examples. *Wildlife Research*, [s.l.], v. 35, n. 6, p.586-592, 2008. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/wr07166>.
101. FASOLA, M.; RUIZ, X. The value of rice fields as substitutes for natural wetlands for waterbirds in the Mediterranean region. *Colon. Waterbirds* 19: 122–128. 1996
102. FEENER, Frank; FANTINI, Bernadino. Biological control of vertebrate pests: the history of myxomatosis ; an experiment in evolution. CABI Publishing. Ney York-USA,
103. Bernardino Fantini.
104. FILLOY, Julieta; BELLOCQ, M. Isabel. Spatial Variations in the Abundance of Sporophila Seed eaters in the Southern Neotropics: Contrasting the Effects of Agricultural Development and Geographical Position. **Biodiversity And Conservation**, [s.l.], v. 15, n. 10, p.3329-3340, 3 jun. 2006. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-005-1341-z>.
105. FIRAKE, D.m.; BEHERE, G.t.; CHANDRA, S.. An environmentally benign and cost-effective technique for reducing bird damage to sprouting soybean seeds. *Field Crops Research*, [s.l.], v. 188, p.74-81, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.008>.
106. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> (accessed, March 2011).
107. FOLEY, Jonathan A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, [s.l.], v. 478, n. 7369, p.337-342, out. 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nature10452>.
108. FOLEY, Jonathan A. “Can We Feed the World and Sustain the Planet?” *Scientific American*, November, 60–65. 2011
109. FOLEY, Jonathan A. et al. Global Consequences of Land Use. **Science**, [s.l.], v. 309, n. 5734, p.570-574, 22 jul. 2005. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1111772>.
110. Foley, Jonathan A. et al. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Front. Ecol. Environ.* 5, 25–32 (2007).
111. FOSTER, M.S. & James, S.R. 2002. Dogs, deer, or guanacos: zoomorphic figurines from Pueblo Grande, central Arizona. *Journal of Field Archaeology* 29(1): 165–176.
112. FORD, H. Research on birds of crops in northern NSW. Proceedings National Bird Pest Workshop, Armidale 809 February. NSW Agriculture and Fisheries, pp. 17-22. 1990
113. FUJIOKA, Masahiro et al. Bird use of Rice Fields in Korea and Japan. *Waterbirds*, [s.l.], v. 33, n. 1, p.8-29, dez. 2010. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s102>.

114. FULTON, D. C et al. Beliefs and attitudes toward lethal management of deer in Cuyahoga Valley National Park. *Wildl. Soc. Bull.* 32: 1166–1176, 2004
115. FLEMING, P. Some other bird control techniques. Pages 143–145 in P. Fleming, I. D. Temby, and J. Thompson, editors. *National Bird Pest Workshop Proceedings*. Armidale 8–9 February 1990, New South Wales Agriculture and Fisheries, Glen Innis, Australia.
116. FLICKINGER, Edward L.; KING, Kirke A.. Some Effects of Aldrin-Treated Rice on Gulf Coast Wildlife. *The Journal Of Wildlife Management*, [s.l.], v. 36, n. 3, p.706-727, jul. 1972. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/3799422>.
117. FRIEDLINGSTEIN, P. et al. Update on CO2 emissions. *Nature Geosci.* 3, 811–812 (2010).
118. FRINGS, H.;FRINGS, M. Behavioral manipulation (visual, mechanical, and acoustical). Pages 387-454 in W.W. Kilgor and R.L. Doutt (eds), *Pest Control: biological, physical and selected chemical methods*. Academic Press, New York, NY. 1967
119. GARDI, S. JEFFERY, A. SALTELLI. An estimate of potential threats levels to soil biodiversity in EU *Glob. Chang. Biol.*, 19 pp. 1538-1548.2013
120. GALFORD, G. L. et al. Greenhouse gas emissions from alternative futures of deforestation and agricultural management in the southern Amazon. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 107, n. 46, p.19649-19654, 22 jul. 2010. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1000780107>.
121. GAMBLE, Lawrence R. The migratory bird treaty act and concerns for nontarget birds relative to spring Baiting with drc-1339. *Migratory Bird Treaty Act And Nontarget Concerns*. 2014
122. GIBBS, H. et al. Tropical forests were the primary sources of newagricultural land in the 1980s and 1990s. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 107, 16732–16737 (2010).
123. GONG, W. et al. The economic impacts of vertebrate pests in Australia. *Invasive Animals Cooperative Research Centre*, Canberra, Australia (2009).
124. GONZÁLEZ, José Antonio. Análisis preliminar de los daños causados por las aves silvestres a la agricultura en la Amazonía oriental del Perú. In: **Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica. Selección de trabajos V Congreso Internacional de Manejo de Fauna en la Amazonia y América Latina. Fundación Natura, Bogotá, Colombia.[Links]**. 2003. p. 370-380.
125. GONZALEZ-SOLIS, Jacob; BERNADI, Xavier; RUIZ, Xavier. Seasonal Variation of Waterbird Prey in the Ebro Delta Rice Fields. *Colonial Waterbirds*, [s.l.], v. 19, p.135-142, 1996. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/1521957>

126. GORENZEL, W. P.; SALMON, T. P. *Bird hazing manual; techniques and strategies for dispersing birds from spill sites*. Publication 21638. University of California Agriculture and Natural Resources Communication Services, Oakland, CA. 2008
127. GREEN, Andy J.; ELMBERG, Johan. Ecosystem services provided by waterbirds. **Biological Reviews**, [s.l.], v. 89, n. 1, p.105-122, 21 jun. 2013. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1111/brv.12045>
128. GUILLEMAIN, Matthieu et al. Predation risk constrains the plasticity of foraging behaviour in teals, *Anas crecca*: a flyway-level circumannual approach. **Animal Behaviour**, v. 73, n. 5, p. 845-854, 2007.
129. GUO, Z., XIAO, X., LI, D., 2000. An assessment of ecosystem services: water flow regulation and hydroelectric power production. *Ecological Applications* 10, 925–936.
130. GOPI, Sundar K. S.. Are Rice Paddies Suboptimal Breeding Habitat for Sarus Cranes in Uttar Pradesh, India? *The Condor*, [s.l.], v. 111, n. 4, p.611-623, nov. 2009. Cooper Ornithological Society. <http://dx.doi.org/10.1525/cond.2009.080032>
131. GORDON, L. J. et al. Human modification of global water vapor flows from the land surface. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 102, 7612–7617 (2005)
132. CRUTZEN, P.J. Geology of mankind. *Nature* 415, 23. 2002
133. Hardy, A. R., Vertebrate pests of U.K. agriculture: present problems and future solutions. In *Proc. Vert. Pest Conf.*, 14, 181–185, 1990
134. HARRIS, Ross E.; DAVIS, Rolph A. Evaluation of the efficacy of products and techniques for airport bird control. LGL Limited for Aerodrome Safety Branch, Transport Canada, 1998.
135. HEINRICH, J. W; CRAVEN, S. R., Evaluation of three damage abatement techniques for Canada geese. *Wildl. Soc. Bull.*, 18, 405–410, 1990.
136. HEISTERBERG, J. F. et al. Controlling blackbirds and starlings at winter roosts using PA-14. 1987.
137. HILL, Catherine M. Perspectives of “conflict” at the wildlife–agriculture boundary: 10 years on. *Human Dimensions of Wildlife* 20, no. 4: 296-301. 2015
138. HOHMAN, W. L.; STARK, T. M.; MOORE, J. L. Food availability and feeding preferences of breeding Fulvous Whistling-ducks in Louisiana ricefields. *Wilson Bulletin* 108: 137-150. 1996
139. HOHMAN, W. L.; LEE, S. A. Fulvous Whistling-Duck (*Dendrocygna bicolor*). In *The Birds of North America*, No. 562. (A. Poole and F. Gill, Eds.). The Birds of North America, Inc., Philadelphia, Pennsylvania. 2001

140. HONDA, Takeshi. Exploiting Scanning Behavior for Predators Can Reduce Rice Damage Caused by Birds. *International Journal Of Zoology*, [s.l.], v. 2015, p.1-3, 2015. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/568494>.
141. HONE, Jim. *Analysis of vertebrate pest control*. Cambridge University Press. 1994
142. HONE, Jim. *Wildlife Damage Control*. CSIRO Publishing, Australia. 2007
143. HOULAHAN, J.; FINDLAY, C.S. Estimating the “critical” distance at which adjacent land-use degrades wetland water and sediment quality. *Landscape Ecology* 19, 677– 690. 2004
144. HOWALD, Gregg et al. Invasive Rodent Eradication on Islands. **Conservation Biology**, [s.l.], v. 21, n. 5, p.1258-1268, out. 2007. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00755.x>.
145. IBAMA. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 03/2013, de 31 de janeiro de 2013. Decreta a nocividade do Javali e dispõe sobre o seu manejo e Controle. Publicado no D.O.U. de 1 de fevereiro de 2013, seção I, pág. 88-89
146. IUCN. *World parks congress press release*. Retrieved September 17, 2003, from the IUCN website: <www.iucn.org>.2003
147. JACINTO, J. C. et al. Dano em um cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor*) causado por aves. VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Sociedade de Ecologia do Brasil, 23-28 de Setembro, 2007, Caxambu, Minas Gerais, Brasil.
148. JOHNSGARD, PA. 2010. *Ducks, geese and swans of the World*. University of Nebraska Press, Lincoln and London. Revised Edition
149. JULIANO, B. O. Rice in human nutrition. Rome. FAO, 1993. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em 04 julho. 2018.
150. KALTENBORN, T.; Bjerke, B.T. & Nyahongo, J. 2006. Living with problem animals – self-reported fear of potentially dangerous species in the Serengeti region, Tanzania. *Human Dimensions of Wildlife* 11: 397–409.
151. KATONDO, J. Ecology of Anatidae and their damage to rice crops at Lower Moshi irrigation scheme, northern Tanzania. *Gibier Faune Sauvage* 13, 737–750.1996
152. KEAR, J. *Bird Families of the World: Ducks, Geese and Swans*. Oxford University Press, Oxford, UK. 2005
153. KELLERT, Stephen R. Attitudes, knowledge, and behavior toward wildlife among the industrial superpowers: United States, Japan, and Germany. *Journal of social issues* 49, no. 1: 53-69. 1993
154. KELLERT, Stephen R. Public attitudes toward critical wildlife and natural habitat issues (V S Fish and Wildlife Report No. PB-80-138332). Washington. DC: U.S. Government Printing Office. 1979

155. KELLERT, Stephen R. American attitudes toward and knowledge of animals: An update. *International Journal for the Study of Animal Problems*, *1*, 87-119. 1980
156. KELIEN, S. R. & BERRY, J. K. *Knowledge, affection and basic attitudes toward animals in American society* (U.S. Fish and Wildlife Service Report No. PB-81-173106). Washington, DC: U.S. Government Printing Office. 1980
157. KIRKPATRICK, Jay F.; TURNER JR, John W. Chemical fertility control and wildlife management. *Bioscience*, v. 35, n. 8, p. 485-491, 1985.
158. KHAN, A.A.; AHMAD, E. Damage pattern of pest birds and assessment methods. In *A Training Manual on Vertebrate Pest Management*. National Agricultural Research Centre. Brooks, J.E., Ahmad, E., Hussain, I., Munir, S. and Khan, A.A. (eds). Pakistan Agricultural Research Council, Islamabad: pp. 181–186. 1990
159. KLEIN, Alexandra Maria et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London. B, Biological Sciences* 274 (1608), 303–313.2007
160. KRISHNA, Vijesh V; BYJU, N.G., TAMIZHENIYAN, S. In: Radcliff, E.B., Hutchison, W.D. (Eds.), *Integrated Pest Management in Indian Agriculture: a Developing Economic Perspective*. IPM World Textbook, St. Paul, MN.2003
161. KRCMAR, E.; VAN KOOTEN, G. C.;CHAN-MCLEOD, A. *Waterfowl Harvest Benefits in Northern Aboriginal Communities and Potential Climate Change Impacts*. Resource Economics & Policy Analysis Research Group, Department of Economics, University of Victoria, Victoria BC.2010
162. KROSS, Jennifer P. et al. Conserving Waste Rice for Wintering Waterfowl in the Mississippi Alluvial Valley. *Journal Of Wildlife Management*, [s.l.], v. 72, n. 6, p.1383-1387, ago. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.2193/2007-226>.
163. LAMARQUE, F. et al. *Human–Wildlife Conflict in Africa: Causes, Consequences and Management Strategies*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 112. 2009
164. LANE, Simon J.; AZUMA, A.; HIGUCHI, H.. Wildfowl damage to agriculture in Japan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [s.l.], v. 70, n. 1, p.69-77, ago. 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809\(98\)00114-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809(98)00114-5).
165. LAURANCE, W.F. et al. (2014) Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends Ecol. Evol.* 29, 107–116
166. LEFEBVRE, Josée et al. The greater snow goose *Anser caerulescens atlanticus*: Managing an overabundant population. *Ambio*, [s.l.], v. 46, n. 2, p.262-274, 18 fev. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-016-0887-1>.

167. LIVEZEY, BC.1997. A phylogenetic classification of waterfowl (Aves:Anseriformes), including selected fossil species. *Annals of the Carnegie Museum* 66:457-496
168. LINZ, George M.; HANZEL, James J. Sunflower Bird Pests. *USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications*. 1778. 2015.
https://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/1778
169. LINZ, George M. et al. Assessment of Bird-management Strategies to Protect Sunflowers. **Bioscience**, [s.l.], v. 61, n. 12, p.960-970, dez. 2011. Oxford University Press (OUP).
<http://dx.doi.org/10.1525/bio.2011.61.12.6>.
170. LINZ, George M. et al. Limitations of population suppression for protecting crops from bird depredation: A review. *Crop Protection*, [s.l.], v. 76, p.46-52, out. 2015. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2015.06.005>.
171. LOSEY, John E; VAUGHAN, Mace. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience* 56 (4), 331–323.
172. LONG, Pan et al. Mechanism and capacities of reducing ecological cost through rice-duck cultivation. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [s.l.], v. 93, n. 12, p.2881-2891, 27 jun. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.6223>.
173. LONGONI, Violetta. Rice Fields and Waterbirds in the Mediterranean Region and the Middle East. *Waterbirds*, [s.l.], v. 33, n. 1, p.83-96, dez. 2010. Waterbird Society.
<http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s106>.
174. LOURENÇO, Pedro M.; PIERSMA, Theunis. Stopover ecology of Black-tailed Godwits *Limosa limosa limosain* Portuguese rice fields: a guide on where to feed in winter. *Bird Study*, [s.l.], v. 55, n. 2, p.194-202, jul. 2008. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.1080/00063650809461522>.
175. LUSTICK, S.I. Physical techniques for controlling birds to reduce aircraft strike hazards (effects of laser light on bird behavior and physiology). Air Force Weapons Laboratory, Kirtland Air Force Base. New Mexico. Tech. Rep. No. AFWL-TR-72-159. 46 p.1972
176. LUSTICK, S.I. The effect of intense light on bird behavior and physiology. *Proc. Bird Control Seminar* 6:171-186.1973
177. MACLEAN, J. L et al. *Rice Almanac: Source Book for the Most Important Economic Activity of Earth*. CABI Publishing, Wallingford, UK.2002
178. MACMILLAN, Douglas C.; LEADER-WILLIAMS, Nigel. When successful conservation breeds conflict: an economic perspective on wild goose management. *Bird Conservation International*, [s.l.], v. 18, n. 1, p.200-210, 7 ago. 2008. Cambridge University Press (CUP).
<http://dx.doi.org/10.1017/s0959270908000282>.

179. MCMANUS, J. S. et al. Dead or alive? Comparing costs and benefits of lethal and non-lethal human–wildlife conflict mitigation on livestock farms. *Oryx*, v. 49, n. 4, p. 687-695, 2015.
180. MCLEAN, Mary Kay; KHAN, Safdar. A Review of 29 Incidents Involving 4-Aminopyridine in Non-target Species Reported to the ASPCA Animal Poison Control Center. *Journal Of Medical Toxicology*, [s.l.], v. 9, n. 4, p.418-421, 16 out. 2013. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s13181-013-0334-7>.
181. MCKAY, H.V; PARROTT, D. 2002. Mute swan grazing on winter crops: Evaluation of three grazing deterrents on oilseed rape, *International Journal of Pest Management*, 48:3, 189-194, DOI: 10.1080/09670870110102585
182. MAEDA, Taku. Bird use of rice field strips of varying width in the Kanto Plain of central Japan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [s.l.], v. 105, n. 1-2, p.347-351, jan. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2004.02.007>.
183. MADDEN, Francine. 2004. Creating coexistence between humans and wildlife: global perspectives on local efforts to address human–wildlife conflict. *Human Dimensions Wildl.* 9, 247–257.
184. MARINGER, J; BANDI, H-G. *Art in the Ice Age*. Frederick A. Praeger, New York. 1953
185. MARCO-MÉNDEZ, Candela et al. Rice Fields Used as Feeding Habitats for Waterfowl throughout the Growing Season. *Waterbirds*, [s.l.], v. 38, n. 3, p.238-251, set. 2015. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.038.0304>.
186. MASSEI, Giovanna; COWAN, Dave. Fertility control to mitigate human–wildlife conflicts: a review. *Wildlife Research*, [s.l.], v. 41, n. 1, p.1-21, 2014. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/wr13141>.
187. MATSON, P.A. et al. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277, 504–509
188. MARTINEZ-VILALTA, A. Cens de limicoles colonials del delta de l'Ebre. *Butlletí Parc Natural Delta de l'Ebre* 4:37-40.1989
189. MEALEY, B; MEALEY, A.G. Observations on the fulvous tree ducks in Louisiana. *Wilson Bull.*71:33-45.1959
190. MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P.G. The expansion of Brazilian agriculture: Soil erosion scenarios. *International Soil and Water Conservation Research*, 1(3), 37–48. 2013
191. MESSMER, Terry A. Human–wildlife conflicts: emerging challenges and opportunities. *Human-Wildlife Conflicts* 3, no. 1 (2009): 10-17.

192. MEY, Yann de; DEMONT, M.. Bird damage to rice in Africa: evidence and control.. Realizing Africa's Rice Promise, [s.l.], p.241-249, 2013. CABI. <http://dx.doi.org/10.1079/9781845938123.0241>.
193. MEY, Yann de; DEMONT, Matty; DIAGNE, Mandiaye. Estimating Bird Damage to Rice in Africa: Evidence from the Senegal River Valley. **Journal Of Agricultural Economics**, [s.l.], v. 63, n. 1, p.175-200, 28 nov. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1477-9552.2011.00323.x>.
194. MONTGOMERY, David R. "Soil erosion and agricultural sustainability." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104.33 (2007): 13268-13272.
195. Millennium Ecosystem Assessment (MA), 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC
196. MILES, AK. et al 2002. Effects of mosquito larvicide on mallard ducklings and prey. *Wildlife Society Bulletin* **30**, 675–682.
197. MILLER, L; RHYAN, J; KILLIAN, G. Evaluation of GnRH contraceptive vaccine using domestic swine as a model for feral hogs. Wildlife Damage Management Conference 10, 120–7. 2003
198. MILLER, Lowell; JOHNS, Brad e; KILLIAN, Gary J. Immunocontraception of white-tailed deer using native and recombinant zona pellucida vaccines. *Animal Reproduction Science*, [s.l.], v. 63, n. 3-4, p.187-195, nov. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-4320\(00\)00177-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00177-9).
199. MUGICA, L. et al. Rice culture in Cuba as an important wintering site for migrant waterbirds from North America. *Waterbirds around the world*. Eds. G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud. The Stationery Office, Edinburgh, UK. pp. 172-176.2006
200. MUSIANI, M. et al. Wolf depredation trends and the use of fladry barriers to protect livestock in western North America. *Conservation Biology*, 17(6): 1538–1547. 2003
201. NAM, Hyung-kyu et al. Distribution of Waterbirds in Rice Fields and Their Use of Foraging Habitats. *Waterbirds*, [s.l.], v. 38, n. 2, p.173-183, jun. 2015. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.038.0206>.
202. NAYLOR, Rosamond L.; EHRLICH, Paul R. Natural pest control services and agriculture. In: Daily, G. (Ed.), *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, pp. 151–174. Washington DC. 1997
203. NASH, Paul B et al. Fertility control of California ground squirrels using GnRH immunocontraception. *Vertebrate Pest Conference* 21, 274–8.2004

204. NAUGHTON-TREVES, L. Predicting Patterns of Crop Damage by Wildlife Predicting Patterns of Crop Damage by Wildlife around Kibale National Park , Uganda. [s. l.], v. 12, n. February 1998, p. 156–168, 2016.
- NEWTON, I. Population Limitation in Birds. Elsevier Academic Press, London, United Kingdom. 2003
205. OERKE, E. Crop losses to pests. The Journal Of Agricultural Science, [s.l.], v. 144, n. 01, p.31-157, 9 dez. 2005. Cambridge University Press (CUP).
<http://dx.doi.org/10.1017/s0021859605005708>.
206. O'DONNELL, MA; VANDRUFF, LW. Wildlife conflicts in an urban area: occurrence of problems and attitudes toward wildlife. Proc. East. Wildl. Damage Control Conf. 1:315-323.1983
207. PARASHARYA, B.M et al. Natural regulation of white grub (*Holotrichia* sp: Scarabidae) by birds in agroecosystem. *Biosci.*, Vol. 19, Number 4, October 1994, pp 381-389 (1994) 19: 381. <https://doi.org/10.1007/BF02703175>
208. PEISLEY, Rebecca K.; SAUNDERS, Manu E.; LUCK, Gary W.. Cost-benefit trade-offs of bird activity in apple orchards. **Peerj**, [s.l.], v. 4, p.2179-20, 30 jun. 2016. PeerJ.
<http://dx.doi.org/10.7717/peerj.2179>.
209. PERNOLLET et al. Rice and duck, a good combination? Identifying the incentives and triggers for joint rice farming and wild duck conservation.. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 214 (2015): 118-132.
210. PETRIE, Scott A.; PETRIE, Valerie. Activity budget of white-faced whistling-ducks during winter and spring in northern Kwazulu-Natal, South Africa. **The Journal of wildlife management**, p. 1119-1126, 1998.
211. PETRIE, Scott A.; ROGERS, Kevin H. Nutrient-reserve dynamics of semiarid-breeding White-faced Whistling Ducks: a north-temperate contrast. **Canadian Journal of Zoology**, v. 82, n. 7, p. 1082-1090, 2004.
212. PIERLUISSI, Sergio. Breeding Waterbirds in Rice Fields: A Global Review. *Waterbirds*, [s.l.], v. 33, n. 1, p.123-132, dez. 2010. Waterbird Society.
<http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s109>.
213. PIMM, Stuart L.; PETER, Raven. Biodiversity: extinction by numbers. *Nature* 403.6772 (2000): 843.
214. PIACENTINI, Vitor de Q et al. 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, June 2015

215. POSTEL, S. L., Daily, G. C. & Ehrlich, P. R. Human appropriation of renewable fresh water. *Science* 271, 785–788 (1996).
216. PÖYSÄ, Hannu. Feeding-vigilance trade-off in the teal (*Anas crecca*): effects of feeding method and predation risk. **Behaviour**, v. 103, n. 1, p. 108-122, 1987.
217. POWLSON, David S., et al. "Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services." *Food policy* 36 (2011): S72-S87.
218. PHALAN, B. et al. Reconciling Food Production and Biodiversity Conservation: Land Sharing and Land Sparing Compared. **Science**, [s.l.], v. 333, n. 6047, p.1289-1291, 1 set. 2011. American Association for the Advancement of Science (AAAS).
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1208742>.
219. PHILLIPS, John Charles. 1923. A natural history of the ducks. The Genus *Anas*, vol. II. Houghton Mifflin Co., Boston, USA. Pierluissi, S., 2010. Breeding waterbirds
220. RAMANKUTTY, Navin et al. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Glob. Biogeochem. Cycles* 22, GB1003. 2008.
221. RAMANKUTTY, N.; Foley, J. A. Estimating historical changes in global land cover: croplands from 1700 to 1992. *Glob. Biogeochem. Cycles* 13, 997–1027 (1999).
222. RANGARAJAN, M. et al. 2010. Gajah: Securing the Future for Elephants in India. Ministry of Environment and Forests, Government of India, New Delhi.
223. RENDÓN, M.a. et al. Status, distribution and long-term changes in the waterbird community wintering in Doñana, south–west Spain. *Biological Conservation*, [s.l.], v. 141, n. 5, p.1371-1388, maio 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.03.006>.
224. ROCKSTRÖM, Johan, et al. A safe operating space for humanity. *Nature* 461.7263 (2009): 472.
225. RODENBURG et al. 2014. Bird, weed and interaction effects on yield of irrigated lowland rice. *Crop Protection* 66: 46-52.
226. RODRIGUES, D.; FIGUEIREDO, M.; FABIAO, A. Mallard (*Anas platyrhynchos*) summer diet in central Portugal rice-fields. *Game & Wildlife Science*, 19(1), 55–62.2002
227. RODRIGUEZ, Ethel et al. Integrated Strategy to Decrease Eared Dove Damage in Sunflower Crops. 1995. *National Wildlife Research Center Repellents Conference 1995*. Paper 33 <http://digitalcommons.unl.edu/nwrcrepellants/33>
228. RUSSELL, James C. et al. Importance of lethal control of invasive predators for island conservation. **Conservation Biology**, v. 30, n. 3, p. 670-672, 2016.

229. SANDIFER, Paul A. et al. Connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services* 12 (2015): 1-15.
230. SÁNCHEZ-GUZMÁN, J. M. et al. Identifying new buffer areas for conserving waterbirds in the Mediterranean basin: the importance of the rice fields in Extremadura, Spain. *Biodiversity And Conservation*, [s.l.], v. 16, n. 12, p.3333-3344, 21 nov. 2006. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-006-9018-9>.
231. SAUVET, Georges et al. 2009. "Thinking with Animals in Upper Palaeolithic Rock Art". *Cambridge Archaeological Journal* 19 (3): 319-336
232. SICK, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro
233. SILVA, J. J. C. O pássaro-preto e a cultura do arroz. In: Gomes, A. S. & Magalhães Jr, A. M. eds. *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, p. 677-725. 2004
234. SILVIUS, K.M.; Bodmer, R.E. & Fragoso, J.M.V. 2004. *People in Nature: wildlife conservation in South and Central America*. Columbia University Press, New York.
235. SINCLAIR, Anthony RE; FRYXELL, John M.; CAUGHLEY, Graeme. *Wildlife Ecology, Conservation, and Management*. Second Edition. BLACKWELL PUBLISHING, Victoria. 2006
236. SUGDEN, L. G.; GOERZEN, D. W. Preliminary measurements of grain wasted by field-feeding mallards. *Can. Wildl. Serv. Prog. Notes No. 104*. 5pp.1979
237. SUNDAR, K. S. Gopi; SUBRAMANYA, S.. Bird use of Rice Fields in the Indian Subcontinent. *Waterbirds*, [s.l.], v. 33, n. 1, p.44-70, dez. 2010. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s104>.
238. SUKUMAR, R. Ecology of the Asian elephant in southern India. II. Feeding habits and crop raiding patterns. **Journal of Tropical Ecology**, v. 6, n. 1, p. 33-53, 1990.
239. SMITH GC, GARTHWAITE DG, PRICKETT AJ. 2006. Rabbit control in Great Britain. In: Feare CJ, Cowan DP, editors. *Advances in vertebrate pest management IV*, Vol. IV. Furth, Germany: Filander Verlag. pp 165–174.
240. SHAPIRO, Julie; BÁLDI, András. Accurate accounting: How to balance ecosystem services and disservices. **Ecosystem Services**, [s.l.], v. 7, p.201-202, mar. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.01.002>.
241. SHIVIK, John A.; TREVES, Adrian; CALLAHAN, Peggy. Nonlethal techniques for managing predation: primary and secondary repellents. **Conservation Biology**, v. 17, n. 6, p. 1531-1537, 2003.

242. STAFFORD, Joshua D. et al. Waste Rice for Waterfowl in the Mississippi Alluvial Valley. *Journal Of Wildlife Management*, [s.l.], v. 70, n. 1, p.61-69, jan. 2006. Wiley.
[http://dx.doi.org/10.2193/0022-541x\(2006\)70\[61:wrfwit\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.2193/0022-541x(2006)70[61:wrfwit]2.0.co;2).
243. STAFFORD, Joshua D.; KAMINSKI, Richard M.; REINECKE, Kenneth J.. Avian Foods, Foraging and Habitat Conservation in World Rice Fields. *Waterbirds*, [s.l.], v. 33, n. 1, p.133-150, dez. 2010. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s110>.
244. STEVENS, Gwen R; CLARK, Larry. Bird repellents development of avian-specific tear gases for resolution of human-wildlife conflicts. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 42(1998) 153-160.1998
245. STREET, J.; BOLLICH, P. Rice Production. Rice: Origin, History, Technology, and Production. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.2003
246. SWINTON, Scott M. et al. Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecological Economics*, [s.l.], v. 64, n. 2, p.245-252, dez. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.020>.
247. TAI, Chein; TAI, Jui-jane Liu. Future Prospects of Duck Production in Asia. **The Journal Of Poultry Science**, [s.l.], v. 38, n. 1, p.99-112, 2001. Japan Poultry Science Association. <http://dx.doi.org/10.2141/jpsa.38.99>.
248. TAYLOR, Iain R.; SCHULTZ, Mike C.. Waterbird use of Rice Fields in Australia. *Waterbirds*, [s.l.], v. 33, n. 1, p.71-82, dez. 2010. Waterbird Society. <http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s105>.
249. TENG, Qing et al. Ecological effects of rice-duck integrated farming on soil fertility and weed and pest control. *Journal Of Soils And Sediments*, [s.l.], v. 16, n. 10, p.2395-2407, 23 maio 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-016-1455-9>.
250. TEO, Su Sin. Evaluation of different duck varieties for the control of the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in transplanted and direct seeded rice. **Crop Protection**, [s.l.], v. 20, n. 7, p.599-604, ago. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0261-2194\(01\)00029-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0261-2194(01)00029-1)
251. TILMAN, D. et al. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. **Science**, [s.l.], v. 292, n. 5515, p.281-284, 13 abr. 2001. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1057544>.
252. TSIAFOULI, Maria A. et al. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, [s.l.], v. 21, n. 2, p.973-985, 17 nov. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12752>
253. TORAL, Gregorio M. et al. Using Landsat images to map habitat availability for waterbirds in rice fields. *Ibis*, [s.l.], v. 153, n. 4, p.684-694, 5 jul. 2011. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1474-919x.2011.01147.x>.

254. TORAL, Gregorio M.; FIGUEROLA, Jordi. Unraveling the importance of rice fields for waterbird populations in Europe. *Biodiversity And Conservation*, [s.l.], v. 19, n. 12, p.3459-3469, 24 ago. 2010. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-010-9907-9>.
255. TOWNS, DR.; ATKINSON, IAE.; DAUGHERTY, CH. Have the harmful effects of introduced rats on islands been exaggerated? *Biological Invasions* **8**:863–891.2006
256. TURNBULL, Richard E.; JOHNSON, Fred A.; BRAKHAGE, David H. Status, Distribution, and Foods of Fulvous Whistling-Ducks in South Florida. *The Journal of Wildlife Management*, Vol. 53, No. 4 (Oct., 1989), pp. 1046-1051. Published by: Wiley on behalf of the Wildlife Society
257. TRACEY, J.p.; SAUNDERS, G.r.. A technique to estimate bird damage in wine grapes. *Crop Protection*, [s.l.], v. 29, n. 5, p.435-439, maio 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2009.10.008>.
258. TRÉCA, B. Water Birds and Rice Cultivation in West Africa. *Proceeding VII, Pan African Ornithological Congress*, pp. 297–301.1992
259. TRÉCA, B. Les dégâts d’oiseaux d’eau sur les rizières aménagées du delta central du Niger au Mali. *Journal d’agriculture traditionnelle et de botanique appliquée* 34, 153–170.1987
260. **TRIBUNAL REGIONAL DA 4ª REGIÃO. TRF4 25 Anos – Decisões históricas: tribunal proíbe caça amadora no estado do Rio Grande do Sul. 2014. Disponível em:**<www2.trf4.jus.br>. Acesso em 25 de julho 2018
261. TSCHARNTKE, Teja et al. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity ecosystem service management. *Ecology Letters*, [s.l.], v. 8, n. 8, p.857-874, ago. 2005. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>.
262. TZILKOWSKI, Walter M.; BRITTINGHAM, Margaret C.; LOVALLO, Matthew J.. Wildlife Damage to Corn in Pennsylvania: Farmer and On-the-Ground Estimates. *The Journal Of Wildlife Management*, [s.l.], v. 66, n. 3, p.678-682, jul. 2002. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/3803134>.
263. UCKO, P.J; ROSENFELD, A. *Paleolithic cave art*. McGraw-Hill, New York.1967
264. USDA. 2006. *The facts about Wildlife Services – wildlife damage management*. Washington, DC, USA, United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service.
265. VAN GROENIGEN, J.w et al. Effects of foraging waterfowl in winter flooded rice fields on weed stress and residue decomposition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [s.l.], v. 95, n. 1, p.289-296, abr. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809\(02\)00097-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809(02)00097-x).

266. VAN NIEKERK, JH. Loss of sunflower seeds to columbids in South Africa: Economic implications and control measures. *Ostrich* 80: 47–52. 2009
267. VAN VUREN, Dirk. Manipulating habitat quality to manage vertebrate pests. Proceedings of the Eighteenth Vertebrate Pest Conference (1998). 77.
<http://digitalcommons.unl.edu/vpc18/77>
268. VAN WAY, V. Approaches to coot management in California. Proceedings of the Vertebrate Pest Conference 12: 292-294.1986
269. VERGÉ, X.p.c.; KIMPE, C. de; DESJARDINS, R.I.. Agricultural production, greenhouse gas emissions and mitigation potential. **Agricultural And Forest Meteorology**, [s.l.], v. 142, n. 2-4, p.255-269, fev. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.06.011>.
270. VERHULST, Jort; BÁLDI, András; KLEIJN, David. Relationship between land-use intensity and species richness and abundance of birds in Hungary. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 104, n. 3, p.465-473, dez. 2004. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.043>.
271. Vitousek, P.M., Cassman, K., Cleveland, C., Crews, T., Field, C.B., Grimm, N.B., Howarth, R.W., Marino, R., Martinelli, L., Rastetter, E.B., Sprent, J.I., 2002. Towards an ecological understanding of biological nitrogen fixation. *Biogeochemistry* 57/58 (1), 1– 45.
272. WALTHER B, FÜLLING O, MALEVEZ J AND PELZ H-J, How expensive is vole damage? Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau. eV, D-Weinsberg, pp. 330–334 (2008).
273. WEATHERHEAD, Patrick J.; TINKER, Stephen; GREENWOOD, Hamilton. Indirect assessment of avian damage to agriculture. **Journal of Applied Ecology**, p. 773-782, 1982.
274. WETLANDS INTERNATIONAL. 2012. *Waterbird Population Estimates*. 5th ed. Wetlands International. Report. Wageningen, The Netherlands
275. WERNER, Scott J. et al. Anthraquinone-based repellent for horned larks, great-tailed grackles, American crows and the protection of California's specialty crops. *Crop Protection*, [s.l.], v. 72, p.158-162, jun. 2015. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2015.03.020>.
276. WILLIAMS, K., I. PARER, B. COMAN, J. BURLEY, AND M. BRAYSHER, *Managing Vertebrate Pests: Rabbits*. Bureau of Resource Sciences/CSIRO Division of Wildlife and Ecology, Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia, 1995.
277. WILKINSON, Lise. Fenner Frank and Fantini Bernardino, Biological control of vertebrate pests: the history of myxomatosis, an experiment in evolution, Wallingford, CABI Publishing, 1999, pp. xii, 339, illus.,£ 60.00 (0-85199-323-0). **Medical history**, v. 45, n. 1, p. 139-140, 2001.

278. WILSON, E. Allen et al. Delayed seeding for reducing blackbird damage to sprouting rice in southwestern Louisiana. **Wildlife Society Bulletin (1973-2006)**, v. 17, n. 2, p. 165-171, 1989.
279. WOFFORD, J. E.; ELDER, W. H. Field trials of the chemosterilant, SC-12937, in feral pigeon control. *J. Wildl. Manage.*, 31, 507–515, 1967.
280. WOOD, Stephen A. et al. Functional traits in agriculture: agrobiodiversity and ecosystem services." *Trends in ecology & evolution* 30, no. 9 (2015): 531-539.
281. WOOD, Chris et al. Implications of Rice Agriculture for Wild Birds in China. **Waterbirds**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.30-43, dez. 2010. Waterbird Society.
<http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s103>.
282. WOOD, K. SEBASTIAN, S. J. SCHERR, Pilot Analysis of Global Ecosystems: Agroecosystems (International Food Policy Research Institute and World Resources Institute, Washington, DC, 2000).
283. WHITTINGHAM, Mark J.; EVANS, Karl L. The effects of habitat structure on predation risk of birds in agricultural landscapes. **Ibis**, v. 146, p. 210-220, 2004.
284. ZACCAGNINI, M. E. Los patos en las arroceras del noreste de Argentina: ¿plagas o recursos para caza deportiva y turismo sostenible? In Primer Taller sobre la Caza de Aves Acuáticas. Hacia una estrategia para el uso sustentable de los recursos de los humedales, D. E. Blanco, J. Beltrán and V. de la Balze (eds.). Wetlands International, Buenos Aires, Argentina, 152: pp. 35–57.2002
285. ZHANG, Wei et al. Ecosystem services and dis-services to agriculture. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 64, n. 2, p. 253–260, 2007.