



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE
MESTRADO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

VALÉRIA MELO COSTA

**ABUNDÂNCIA DE *Rupela albinella* CRAMER 1781 (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)
NA CULTURA DO ARROZ E PARASITISMO de *Telenomus* sp. (HYMENOPTERA:
SCELIONIDAE)**

Balsas
2021

VALÉRIA MELO COSTA

**ABUNDÂNCIA DE *Rupela albinella* CRAMER 1781 (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)
NA CULTURA DO ARROZ E PARASITISMO de *Telenomus* sp. (HYMENOPTERA:
SCELIONIDAE)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA/CESBA/UEMA) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Joseane Rodrigues de Souza.

Balsas
2021

Costa, Valéria Melo

Abundância de *Rupela albinella* Cramer 1781 (Lepidoptera: Crambidae) na cultura do arroz e parasitismo de *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) / Valéria Melo Costa. – Balsas, MA, 2022.

51 f

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, Centro de Estudos Superiores de Balsas, Universidade Estadual do Maranhão, 2022.

Orientadora: Profa. Dra. Joseane Rodrigues de Souza.

1. Biologia molecular. 2. Controle biológico. 3. Manejo integrado de pragas. 4. Noiva-do-arroz. 5. *Oryza sativa*. I. Título.

CDU: 633.18-293.7

VALÉRIA MELO COSTA

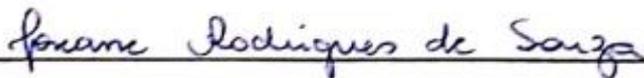
**ABUNDÂNCIA DE *Rupela albinella* CRAMER 1781 (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)
NA CULTURA DO ARROZ E PARASITISMO de *Telenomus* sp. (HYMENOPTERA:
SCELIONIDAE)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA/CESBA/UEMA) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Joseane Rodrigues de Souza.

Aprovado em: 30 /11/2021.

BANCA EXAMINADORA



**Prof^ª. Dr^ª. Joseane Rodrigues de Souza (UEMA)
Orientadora**



**Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus (IFGO)
1º membro**



**Dr. Thiago Pereira Mendes (UEMA)
2º membro**

A minha família por me apoiar em todos os momentos da minha vida profissional e pelo exemplo que sempre tive em minha vida pessoal, DEDICO.

“A luta é diariamente por um destino seguro é plantando a semente que o fruto fica maduro quem cultiva no presente tem colheita no futuro”.

(Guibson Medeiros)

AGRADECIMENTOS

Especialmente a Deus todo poderoso, pela sua magnificente presença em minha vida.

À minha mãe Maria Francinalda da Cunha Melo, mulher guerreira. A todo amor, paciência, cuidado e sabedoria. Ao meu pai Raimundo Nonato de Oliveira Costa, por toda dedicação e aos meus irmãos Jefferson Melo Costa e Felipe Melo Costa por todo amor, incentivo e carinho. O mérito é meu, mas o motivo é vocês.

À Prof^ª. Dr^ª. Joseane Rodrigues de Souza, minha orientadora. Pelo tempo de dedicação ao grupo de pesquisa Entomologia e também pelos desafios que me proporcionou.

À Universidade Estadual do Maranhão e Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação pela contribuição em minha formação profissional e concessão da bolsa de mestrado.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA) da Universidade Estadual do Maranhão, pela contribuição intelectual e exemplo profissional, por estimular seus alunos na busca do saber técnico-científico a fim de que os mesmos se tornem profissionais comprometidos com a sociedade.

Aos colegas do Curso de Agronomia (UEMA, Campus São Luís): Helton da Silva Boaventura, Matheus Henrique Felipe Lima e João Vitor Souza Camara por toda colaboração ao meu projeto.

Aos meus colegas da turma de Mestrado 2019.1, especialmente a Rayane Reis Sousa, Juliana de Paula Alves, Victor Roberto Ribeiro Reis, Maria Karoline de Carvalho Rodrigues de Souza e Raabe Alves Sousa, pois além de amigos, foram minha família em Balsas.

A Ana Paula G. da S. Wengrat do Laboratório de Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil que contribuiu com a caracterização molecular dos parasitoides e a Carolina Reigada Montoya do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP pela análise estatística dos dados da pesquisa.

E a todos que contribuíram direta e indiretamente para a minha formação acadêmica. Muito Obrigada!

RESUMO

A espécie *Rupela albinella* Cramer 1781 (Lepidoptera: Crambidae) é uma mariposa popularmente conhecida como noiva-do-arroz. Trata-se de um importante praga do arroz na região da baixada maranhense, responsável por prejuízos significativos na produtividade da cultura. O objetivo deste estudo foi determinar a importância das variáveis ambientais de temperatura do ar, precipitação pluviométrica e fotoperíodo sobre a abundância de mariposas de *R. albinella* e parasitismo de *Telenomus* sp. Ademais, foi realizada a caracterização molecular de uma nova espécie de parasitoide associado a *R. albinella*. A pesquisa foi conduzida na safra 2019/2020, entre os meses de janeiro a abril em lavoura comercial de arroz irrigado nos diferentes estágios fenológicos (fases de desenvolvimento) no município de Arari, MA. A coleta das mariposas foi realizada com o auxílio de uma armadilha luminosa “Modelo Esalq, 220”, enquanto as massas de ovos foram coletadas manualmente durante os diferentes estágios fenológicos do arroz. Para verificar a abundância de *R. albinella* e *Telenomus* sp. foi realizada uma análise de variância (ANOVA one-way). Foi utilizada análise de regressão linear simples e correlação para verificar os possíveis efeitos das variáveis abióticas (temperatura do ar, precipitação pluviométrica e fotoperíodo) sobre a abundância de *R. albinella* e parasitismo de *Telenomus* sp. Além disso, o código de barras COI foi utilizado para identificar *Telenomus* sp. A abundância de *R. albinella* não se diferenciou entre os estágios fenológicos do arroz e não demonstrou relação com as variáveis. Entretanto, houve diferença no parasitismo realizado por *Telenomus* sp. entre os estágios fenológicos e a relação entre o parasitismo com o fotoperíodo. Os indivíduos de *Telenomus* sp. sequenciados apresentaram a região barcode idêntica, com homologia de aproximadamente 91%. Conclui-se que, existe diferença da abundância dessa nova espécie de *Telenomus* sp. nas massas de ovos de *R. albinella* nos estágios fenológicos e variações do fotoperíodo podem afetar essa abundância. A caracterização molecular da espécie de *Telenomus* sp. indica a necessidade de estudos taxonômicos e sistemáticos com o intuito de atualizar as espécies que atuam como agentes de controle biológico na cultura do arroz tendo em vista o manejo integrado de pragas.

Palavras-chave: Biologia molecular. Controle biológico. Manejo integrado de pragas. Noiva-do-arroz. *Oryza sativa*.

ABSTRACT

The moth *Rupela albinella* Cramer 1781 (Lepidoptera: Crambidae), popularly known as white borer, is a notorious rice pest in the lowlands of the Brazilian state of Maranhão (MA), accounting for significant losses in crop productivity. This study aimed to determine the importance of environmental variables (namely, air temperature, rainfall, and photoperiod) on the abundance of *R. albinella* individuals and *Telenomus* sp. parasitism. Besides, a new parasitoid species associated with *R. albinella* had its molecular characterization done. The research was conducted in Arari (MA), during the 2019/2020 crop, between January and April, in a commercial irrigated rice field at different phenological phases (development stages). A light trap ("Model Esalq, 220) was employed to help collect the moths; whereas masses of *R. albinella* eggs were gathered manually, at different phenological rice stages. The abundance variation in *R. albinella* and *Telenomus* sp. was assessed through analysis of variance (one-way ANOVA). A simple linear regression analysis was applied to check the possible effects of abiotic variables (air temperature, rainfall, and photoperiod) on the abundance of these species. Furthermore, the COI barcode was used to identify *Telenomus* sp. The abundance of *R. albinella* did not differ as for the phenological stages of rice, and it showed no relationship with the abiotic variables. On the other hand, *Telenomus* sp. parasitism was distinct in the phenological rice stages, and a relationship with the photoperiod was noticed. Sequenced *Telenomus* sp. specimens exhibited an identical barcode region, with approximately 91% homology. In conclusion, the abundance of this new *Telenomus* sp. varied significantly in the *R. albinella* egg masses according to the phenological rice stages, and photoperiod alterations affected this parameter. The molecular characterization of *Telenomus* sp. indicated the need for taxonomic and systematic studies to update the of species that act as biological control agents in rice, aiming to establish the integrated pest management in the state.

Keywords: Molecular biology. Biological control. Integrated pest management. White borer. *Oryza sativa*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1** - Adulto de *Rupela albinella* (noiva-do-arroz).....17
- Figura 2** - Ciclo biológico de *Rupela albinella* em arroz.....18

CAPÍTULO 2

- Figura 1**- Croqui da área experimental ilustrando o ponto de instalação da armadilha luminosa “Modelo Esalq, 220” para coleta de adultos de *Rupela albinella* no município de Arari, MA, 2019/2020.33
- Figura 2** - Análise de regressão linear simples demonstrando a relação entre a variável preditora fotoperíodo durante os meses de coleta e a abundância de *Telenomus* sp. (variável resposta) em lavoura comercial de arroz no município de Arari, MA, Brasil. 2019/2020.....37
- Figura 3** - Amplicons observados sob luz ultravioleta, após eletroforese em gel de agarose 1,5% corado com SYBR Safe (Life Technologies).....38
- Figura 4** - Cromatograma do sequenciamento obtido do gene mitocondrial citocromo oxidase I (COI) pelo método Sanger.....38

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Abundância de espécimes de <i>Rupela albinella</i> e da nova espécie de parasitoide <i>Telenomus</i> sp. nos estágios fenológicos do arroz irrigado no município de Arari, MA, Brasil. 2019/2020.....	36
Tabela 2 - Abundância da população do parasitoide <i>Telenomus</i> sp. nos estágios fenológicos do arroz irrigado no município de Arari, MA, Brasil. 2019/2020.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
	REFERÊNCIAS	14
2	CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	A cultura do arroz no Brasil e os insetos-praga associados.....	16
2.2	A cultura do arroz no Maranhão.....	17
2.3	<i>Rupela albinella</i> , noiva-do-arroz.....	18
2.4	Controle biológico.....	19
2.5	Parasitoides e himenópteros parasitoides de ovos.....	20
2.6	Variáveis abióticas na interação parasitoide-hospedeiro.....	22
2.7	Caracterização de espécies baseadas no sequenciamento de DNA.....	23
	REFERÊNCIAS	24
	CAPÍTULO 2 Ocorrência de <i>Rupela albinella</i> Cramer, 1781 (Lepidoptera: Crambidae) e taxa de parasitismo em relação ao ambiente e caracterização molecular de <i>Telenomus</i> sp. (Hymenoptera: Scelionidae) no Maranhão	29
	Introdução	32
	Material e Métodos	33
	Área de Estudo.....	33
	Amostragem de indivíduos adultos e massa de ovos de <i>Rupela albinella</i>	34
	Análises dos dados de abundância e abióticos	35
	Resultados	37
	Discussão	40
	Referências	46
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do arroz (*Oryza sativa L.*) é de grande importância na alimentação humana sendo um dos cereais mais consumidos no mundo (WANDER *et al.*, 2021). No ranking mundial da produção de arroz, o Brasil encontra-se na nona posição e contribui com 20% da produção mundial (TRAVERSA-TEJERO; BORTOLOTTI-CANTARELLI, 2020). A região Sul se destaca como maior produtora de arroz no país, cultivado principalmente em ambiente irrigado, com produção de 9,6 milhões de toneladas na safra 2020/2021, seguida da região Norte, Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste (CONAB, 2021).

No Nordeste, a orizicultura apresenta grande relevância, notadamente nos parâmetros econômicos e sociais, principalmente no estado do Maranhão devido ao seu papel na segurança alimentar e geração de renda (CORRÊA *et al.*, 2018). A área total cultivada de arroz no estado do Maranhão corresponde à 95,2 mil hectares, apresenta produção equivalente a 172,4 mil toneladas e produtividade de $1,81 \text{ kg/ha}^{-1}$, elevando o estado a se destacar como o principal produtor da região Nordeste (CONAB, 2021).

Um dos principais fatores que afetam a atividade arrozeira é a ocorrência de insetos-praga (KRINSKI; FOERSTER, 2017) A mariposa, *Rupella albinella* Cramer (Lepidoptera: Crambidae), é conhecida como noiva-do-arroz (FERREIRA, 2006; MENESES, 2008). Na fase larval, as lagartas alimentam-se das folhas e quando penetram nos colmos das plantas causam os sintomas de “coração morto” e de “panícula branca” na fase vegetativa e reprodutiva do arroz, respectivamente (FERREIRA, 2006; HICKEL *et al.*, 2018).

No Brasil, a maior problemática ocasionada na orizicultura é referente ao ataque de insetos-praga associada a utilização inadequada de inseticidas sintéticos (MARTINS *et al.*, 2009). O uso contínuo de inseticidas sintéticos tem levado a inúmeros problemas, tais como risco à saúde para usuários e consumidores de produtos agrícolas, a seleção de pragas resistentes e a toxicidade de organismos não-alvo (SANI *et al.*, 2020).

No manejo integrado de pragas busca-se o uso de inseticidas que apresentem adequada eficácia contra a espécie praga específica, e simultaneamente segura para espécies não-alvo (MONTEIRO *et al.*, 2019; WILKINSON *et al.*, 1979). Nesse sentido, alternativas ao uso de inseticidas aliada à crescente demanda da sociedade por métodos menos agressivos ao meio ambiente, justifica-se a busca por outros métodos de controle para regular populações de *R. albinella* no arroz e, entre estes destaca-se o controle biológico.

Por essa razão, o controle biológico através da utilização de inimigos naturais constitui uma das estratégias chave nos programas de controle, e proporciona uma relação de equilíbrio

com o ecossistema e o homem, dada a capacidade de controlar insetos-praga no arroz irrigado (FRITZ *et al.*, 2008).

Entre os inimigos naturais, tem-se os parasitoides, predadores e entomopatógenos como agentes biológicos de controle (TANZINI, 2002). As vespas pertencentes ao gênero *Telenomus* (Hymenoptera: Scelionidae) são insetos capazes de exercer função primordial como agente de controle biológico de insetos-pragas e desta forma, apresentam bons resultados dentro de programas de controle biológico (YULIARTI *et al.*, 2002).

Espécies de *Telenomus* sp. foram reportadas como parasitoides de ovos de *R. albinella* em cultivo de arroz irrigado no Maranhão (BARROS, 2020; FERREIRA *et al.*, 2001; SILVA, 2018). A presença desse parasitoide em áreas orizícolas do estado é importante para o manejo integrado de *R. albinella*. (BARROS, 2020). No entanto, o potencial de agentes de controle biológico levantados nos estudos de *R. albinella* permanece pouco investigado.

Além disso, o estudo da importância de variáveis ambientais abióticas (temperatura do ar, precipitação pluviométrica e fotoperíodo) é fundamental para entender mudanças na abundância de artrópodes (RICKLEFS, 1987) e que podem interferir sobre a densidade do hospedeiro e do parasitoide no campo (DEQUECH *et al.*, 2013).

Portanto, além de se conhecer as espécies de fitófagos e os inimigos naturais ocorrentes em lavouras orizícolas no Maranhão, as informações acerca de variáveis ambientais abióticas desses artrópodes aliada ao uso de técnica molecular ampliarão o conhecimento acerca das interações parasitoide-hospedeiro em futuros programas de controle biológico aplicado na cultura do arroz.

Neste estudo, foi determinada a importância das variáveis ambientais sobre a abundância de *R. albinella* e parasitismo de *Telenomus* sp. na cultura do arroz com a caracterização molecular do parasitoide.

REFERÊNCIAS

- BARROS, J. Da C. 2020. **Aspectos bioecológicos de *Tibraca limbativentris*, *Oebalus poecilus* (Hemiptera: Pentatomidae) e *Rupela albinella* (Lepidoptera: Crambidae) em lavoura de arroz no Maranhão.** Orientadora: Joseane Rodrigues de Souza, Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) - Universidade Estadual do Maranhão, Balsas, 68f.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** grãos safra 2020/2021 – décimo segundo levantamento, setembro de 2021. Brasília: Conab, v.8, n.12, 2021. 30p. Disponível em: file:///C:/Users/valeria/Downloads/Conaboletimsetembro2021.pdf. Acesso em: 13 out 2021.
- CORRÊA, M. J.; MOREIRA, R. C.; PINHEIRO, J.; DIAS, B. R.; MARINHO, T. R. Fluxo de emergência do banco de sementes de plantas espontâneas na cultura do arroz no Maranhão. **Cadernos de Agroecologia**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018.
- DEQUECH, S.T.B.; CÂMARA, C.; STURZA, V.S.; RIBEIRO, L.D.P.; QUERINO, R. B.; PONCIO, S. Flutuação populacional de ovos de *Spodoptera frugiperda* e parasitismo natural por *Trichogramma* em milho. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 35, n. 3, p. 295-300, 2013. DOI: 10.4025/actasciagron.v35i3.16769
- FERREIRA, E. Fauna prejudicial. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 485-554, 2006.
- FERREIRA, E.; BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. D. M.; BARRIGOSI, J. A. F. **Broca-do-colmo nos agroecossistemas de arroz do Brasil**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 42p.
- FRITZ, L. L.; HEINRICH, E. A.; PANDOLFO, M.; SALLES, S. M., DE OLIVEIRA, J. V.; FIUZA, L. M. Agroecossistemas Orizícolas Irrigados: Insetos-praga, Inimigos Naturais e Manejo Integrado. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 720–732, 2008. DOI: digitalcommons.unl.edu/entomologyfacpub/898
- HICKEL, E. R.; EBERHARDT, D. S.; PRANDO, H. F. Lagartas nas lavouras catarinenses de arroz irrigado: ocorrência, monitoramento e manejo integrado. **Boletim Técnico**, p. 47-47, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330480952_Ficha_Tecnica_-_Noiva-do-arroz. Acesso em: 14 out. 2021
- KRINSKI, D.; FOERSTER, LA Danos por *Tibraca limbativentris* Stål (Pentatomidae) em arroz de terras altas cultivado na região da Floresta Amazônica (Brasil) em diferentes estádios de crescimento. **Entomologia Neotropical**, Londrina, v. 46, n. 1, p. 107-114, 2017. DOI: 10.1007/s13744-016-0435-5
- RICKLEFS, Robert E. Diversidade comunitária: papéis relativos dos processos locais e regionais. **Ciência**, Washington, v. 235, n. 4785, p. 167-171, 1987. DOI: 10.1126/ciencia.235.4785.167
- MARTINS, J. F. S.; BARRIGOSI, J. A. F.; OLIVEIRA, J. V.; CUNHA, U. S. **Situação do manejo integrado de insetos-praga na cultura do arroz no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 40p.

MENESES, R. Manejo integrado de los principales insectos y ácaros plagas del arroz. **Instituto de Investigaciones del Arroz**, Cuba, 2008, 131p.

MONTEIRO, H. R.; PESTANA, J. L.; NOVAIS, S. C.; SOARES, A. M.; LEMOS, M. F. Toxicity of the insecticides spinosad and indoxacarb to the non-target aquatic midge *Chironomus riparius*. **Science of The Total Environment**, Constança, v. 666, p. 1283-1291, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.303

SANI, I.; ISMAIL, S. I.; ABDULLAH, S.; JALINAS, J.; JAMIAN, S.; SAAD, N. A review of the biology and control of whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi. **Insects**, New York, v. 11, n. 9, p. 619, 2020. DOI:10.3390/insects11090619

SILVA, N. N. P. **Utilização de parasitoides de ovos visando o controle de *Diatraea saccharalis* e *Rupela albinella* (Lepidoptera: Crambidae) na cultura do arroz**. Orientadora: Lúcia da Silva Fontes. 2018. 86p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências), Universidade Federal do Piauí, Piauí, 2018.

TANZINI, M. R. **Controle do percevejo-da-renda (*Leptopharsa heveae*) com fungos entomopatogênicos**. 140f. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

TRAVERSA-TEJERO, I. P.; BORTOLOTTI-CANTARELLI, R. Produção orizícola no município de São Gabriel, RS (Brasil). **Journal of the Selva Andina Biosphere**, La Paz, v. 8, n. 2, p. 80-91, 2020. DOI: 10.36610/j.jsab.2020.080200080

YULIARTI, I.; HIDAYAT, P.; BUCHORI, D. Molecular identification of egg parasitoid, *Telenomus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae) from several locations in java using RAPD-PCR. **BIOTROPIA-The Southeast Asian Journal of Tropical Biology**, Napoca, v.9, n. 19, p. 57 – 64. DOI:10.11598/btb.2002.0.19.226

WANDER, A.E.; SILVA, O.F.; FERREIRA, C. M. O arroz e o feijão no Brasil e no mundo. In: FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. (ed.). **Arroz e feijão tradição e segurança alimentar**. 1ª. ed. Brasília, DF: Luiz Roberto Rocha da Silva, 2021. cap. Capítulo 5, p. 81-100.

WILKINSON, J. D.; BIEVER, K. D.; IGNOFFO, C. M. Synthetic pyrethroid and organophosphate insecticides against the parasitoid *Apanteles marginiventris* and the predators *Geocoris punctipes*, *Hippodamia convergens*, and *Podisus maculiventris*. **Journal of Economic Entomology**, Davis, v. 72, n. 4, p. 473-475, 1979. DOI: 10.1093/jee/72.4.473

2 CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do arroz no Brasil e os insetos-praga associados

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos principais alimentos que compõe a dieta básica dos brasileiros (PRADO *et al.*, 2020), garante a segurança alimentar das famílias, gera riquezas na indústria e no campo e integra a cadeia produtiva do país ao resto do mundo (FERREIRA; VILLAR, 2018).

Na América, o Brasil é considerado o país pioneiro no cultivo do arroz, uma vez que os índios cultivavam esse cereal nos alagados próximos ao litoral, antes da chegada dos portugueses em 1.500, sendo conhecido como “milho d’água”. Em 1587, o arroz foi encontrado nas lavouras da Bahia e no Maranhão em 1975 (SANTOS *et al.*, 2013).

Considerando os produtos cultivados em maior escala no cenário brasileiro, o arroz está em destaque (DORIGUEL *et al.*, 2020) e o Brasil se sobressai como o maior produtor e consumidor de arroz fora da Ásia (ZANIN *et al.*, 2019) com participação, em termos de produção corresponde a 11,7 milhões de toneladas, produtividade de 7,0 kg/ha⁻¹ e abrange uma área plantada de aproximadamente 1,70 milhões de hectares (CONAB, 2021).

Apesar da rizicultura brasileira possuir destaque internacional e abrangência territorial, as regiões orízicolas possuem diferenças produtivas significativas (TRAVERSA-TEJERO; BORTOLOTTI-CANTARELLI, 2020). O maior cultivo do arroz no Brasil é realizado em região com clima subtropical, predominantemente na região Sul (SAVI *et al.*, 2018), com 1,11 milhões de hectares plantados e produção de 9,7 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

Na região Sul, é adotado o sistema de cultivo irrigado, nesse sistema de plantio uma parcela de solo fica submersa por uma estreita lâmina de água (KATSURAYAMA *et al.*, 2018). Além disso, a região Sul possui a produção de boa qualidade, fomento governamental e menor custo com carregamento para as demais regiões do Brasil (SATO; REIS, 2020).

A região Norte do Brasil, se destaca como a segunda maior do país em termos de produção equivalente a 1,0 milhão de toneladas e produtividade de 4,5 kg/ha⁻¹, apesar da diminuição de 0,2 % da área de cultivo comparada a área plantada na região na safra 2019/2020. Em contrapartida, no Nordeste houve a expansão das áreas orízicolas, principalmente no Maranhão, Piauí, Ceará e na Paraíba. A região Nordeste também apresentou clima favorável no decorrer do ciclo da cultura e obteve produção de 352,3 mil toneladas de arroz na safra 2020/2021, com aproximadamente 89% do cultivo em ambiente de sequeiro (CONAB, 2021).

No sistema de sequeiro, há modalidades de cultivo: o sistema que depende unicamente da precipitação pluviométrica e o que faz uso de irrigação complementar. Nesse sistema, o

stresse causado pela seca é reduzido e obtêm-se grãos de maior qualidade (KATSURAYAMA *et al.*, 2018).

2.2 A cultura do arroz no Maranhão

A orizicultura constitui uma atividade primordial nos aspectos sociais e econômicos no Maranhão, pois participa diretamente na geração de renda e segurança alimentar dos maranhenses (BUOSI *et al.*, 2013; CORRÊA *et al.*, 2018).

O Maranhão é o maior produtor de arroz do Nordeste e obteve aumento correspondente a 5,9 % de área plantada em comparação com a safra anterior 2019/2020, com plantio em área de 89,9 mil hectares plantados e atualmente, em 95,2 mil hectares apresenta produção equivalente a 172,4 mil toneladas e produtividade de 1,81 kg/ha⁻¹ (CONAB, 2021).

O volume de arroz produzido no maranhão em sua maior parte, concentra-se em lavouras com áreas inferiores à 50 hectares, apresenta pouco investimento de estudos científicos e possui variado nível tecnológico (FORTES *et al.*, 2020).

Os municípios de Arari, Vitória do Mearim, São Mateus, Pindaré Mirim, Monção, Igarapé do Meio, Viana e Araisos são os responsáveis pela maior parte da produção de arroz no estado do Maranhão (SANTOS; SANTIAGO, 2014). A grande maioria dos produtores maranhenses cultivam o arroz no sistema de terras altas, em ambiente de agricultura familiar onde o produtor não dispõe de tecnologias para atingir produtividade satisfatória (SANTIAGO, 2017).

O cultivo do arroz no Maranhão quando produzido em unidades agrícolas familiares é realizado em pequenas áreas em sistema conhecido por “roça no toco” (MÉNDEZ DEL VILLAR *et al.*, 2001). Nesse sistema, a cultura do arroz é cultivada com baixo nível de tecnificação, em consórcio com o milho e o feijão, onde o produtor derruba a mata nativa e faz o plantio após a queima das árvores e arbustos, a colheita realizada manualmente e a secagem dos grãos feita na própria lavoura ou no “terreiro de casa”, o que resulta muitas vezes, em grãos escuros e em processo de fermentação (MÉNDEZ DEL VILLAR *et al.*, 2001).

No Norte maranhense de modo geral, existe um maior número de pequenos orizicultores, suas lavouras são cultivadas com poucas informações e suporte agrônômico assim como poucas tecnologias empregadas (FORTES *et al.*, 2020). Poucos estudos evidenciam o nível tecnológico na agricultura familiar, que trabalha quase em sua totalidade na ausência de tecnologias, principalmente em áreas de assentados, localizados nos municípios de Itapecuru Mirim e Igarapé do Meio, em ambiente de terras altas (Abreu *et al.*, 2017).

2.3 *Rupela albinella*, noiva-do-arroz

O adulto de *R. albinella* é uma mariposa branca conhecida como broca-do-arroz (VAN DINTHER, 1961) e noiva-do-arroz (FERREIRA, 2006; MENESES, 2008). Apresenta uma aparência sedosa, com tufo de pelos brancos próximos à cabeça, similar a uma grinalda de noiva (Figura 1) (HICKEL *et al.*, 2018).

Cada fêmea realiza de duas a três posturas com 80 a 120 ovos (MENESES, 2008). Os ovos são de cor amarela (FERREIRA, 2006) e quando ovipositados são depositados agrupados na face abaxial das folhas da planta hospedeira (VAN DINTHER, 1961). Ademais, esses ovos são revestidos por uma massa esbranquiçada, que lhes conferem a aparência de um floco de algodão (HICKEL *et al.*, 2018).

Figura 1. Adulto de *Rupela albinella* (noiva-do-arroz).



Foto: PEREIRA, F. A. S. (2019).

Após o período embrionário, ocorre a eclosão da larva, em seguida, a larva migra para a axila da folha, perfura a bainha e penetra na parte oca do entrenó e pode também atingir o interior do caule que resulta em galerias (VAN DINTHER, 1961). Os instares larvais possuem cinco ecdises e a pupação acontece dentro do entrenó, com formação de um casulo de seda (VAN DINTHER, 1961).

O ciclo biológico de *R. albinella* varia de 54 a 77 dias (FERREIRA, 2006; HICKEL *et al.*, 2018), o período embrionário tem duração de sete dias, enquanto os instares larvais e

período pupal apresentam tempos de desenvolvimento de 35-40 dias e 7-12 dias, respectivamente e a longevidade dos adultos com variação de cinco a oito dias (Figura 2), (FERREIRA, 2006).

As mariposas medem aproximadamente 40 mm de envergadura (FERREIRA, 2006). As fêmeas possuem o tamanho maior e são mais robustas em relação aos machos, além disso diferenciam-se pela presença de pelos de coloração alaranjada no último segmento do abdome (HICKEL *et al.*, 2018). As lagartas de *R. albinella* são rápidas e regularmente dispersadas pelo vento, seus hábitos ocorrem diretamente na base da planta de arroz (HICKEL *et al.*, 2018).

Geralmente, desenvolve-se uma lagarta em cada colmo da planta e devido seu hábito alimentar na fase vegetativa da planta de arroz, ocorre o sintoma de “coração morto” (FERREIRA, 1998; HICKEL *et al.*, 2018). Na fase reprodutiva provoca o sintoma de “panícula branca” o que tem acarretado perdas na produção da ordem de 10% em função dos sintomas causados na fase vegetativa e de 1% na fase reprodutiva, com total de 2% a 3% de perdas na produção de grãos (FERREIRA, 1998).

Figura 2. Ciclo biológico da *Rupela albinella* em arroz.



Fonte: Adaptação de HICKEL *et al.* (2018)

2.4 Controle biológico

O controle biológico consiste na utilização da população de um determinado ser vivo para a diminuição da densidade populacional de outro organismo e é dividido em quatro tipos de controle: natural; clássico, conservativo e aplicado (aumentativo) (VAN LENTEREN *et al.*, 2018).

O controle biológico natural corresponde a manutenção natural da população de plantas ou animais realizada através de inimigos naturais com ausência de interferência no ecossistema (ZANUNCIO JUNIOR *et al.*, 2018) enquanto o controle biológico clássico, trata-se da introdução intencional de inimigos naturais que são, frequentemente, provenientes da área de origem do hospedeiro, com o intuito de controlar o organismo alvo que se tornou invasivo em uma determinada área (COCK *et al.*, 2010).

O controle biológico conservativo refere-se a manipulação do meio ambiente considerando 3 fatores, a sobrevivência, longevidade e comportamento dos inimigos naturais para aumentar sua eficácia (LANDIS *et al.*, 2000), é uma estratégia que auxilia no incremento da sobrevivência e desempenho dos inimigos naturais (VAN LENTEREN *et al.*, 2018).

E o controle biológico aplicado tem como princípio a fundamentação científica, experimentos em laboratórios, pesquisas sobre a interação dos organismos vivos e seu habitat com o objetivo de aplicá-los em campo como inimigos naturais para o controle de insetos-pragas (ZANUNCIO JUNIOR *et al.*, 2018). Possui efeito similar ao inseticida sintético e por isso, é o método de controle biológico com maior aceitação pelos agricultores (ABREU *et al.*, 2015).

Os organismos utilizados no controle biológico de pragas, doenças e plantas daninhas, são: predadores, patógenos, herbívoros e parasitoides (COCK *et al.*, 2010). A utilização desses organismos como inimigos naturais é uma das estratégias chave nos programas de controle de pragas, considerada uma alternativa economicamente viável, que proporciona uma relação de equilíbrio com o ecossistema e o homem (FRITZ, *et al.*, 2008).

Além disso, o controle biológico pode ser associado a outros métodos de controle, tais como; o cultural, físico, a resistência de plantas a insetos incluindo as plantas transgênicas, o comportamental (feromônios) e o químico com inseticidas sintéticos menos agressivos (PARRA *et al.*, 2002).

2.5 Parasitoides e himenópteros parasitoides de ovos

São designados parasitoides, organismos que possuem o tamanho microscópico, e utilizam como hospedeiro, espécies ou grupo de uma determinada espécie para completar seu ciclo de vida (SIMONATO *et al.*, 2014).

Com suas características comportamentais intermediários entre os predadores e parasitas (NASCIMENTO, 2011) os parasitoides, para completar seu desenvolvimento, passam boa parte do seu ciclo aderidos ao hospedeiro vivo, que muitas vezes é inseto-praga da cultura e em seguida, o parasitoide acarreta a morte do hospedeiro através do parasitismo (ZANUNCIO

JUNIOR *et al.*, 2018). O parasitismo é a relação competitiva entre dois organismos, onde a nutrição de um organismo provém dos nutrientes de outro organismo (KÖLL *et al.*, 2019).

Os parasitoides depositam seus ovos sobre o hospedeiro, ou internamente que pode ser no ovo, larva, pupa ou imago (ABREU; ZAMPIERON, 2009). Os parasitoides de ovos, ocasionam a morte do hospedeiro antes do seu ataque na cultura, em contrapartida, os parasitoides de larvas e de pupas realizam a diminuição da população dos hospedeiros e suas gerações (NASCIMENTO, 2011).

Os himenópteros compreendem um dos grupos mais ricos em espécies na natureza (ABREU; ZAMPIERON, 2009). Estes, compõem de 10 a 20% do total de insetos e são representados por aproximadamente 115.000 espécies que ocupam os mais diversos tipos de ambientes disponíveis (NASCIMENTO, 2011).

Adicionalmente, os himenópteros exercem um papel fundamental no controle de populações de insetos que prejudicam direta ou indiretamente as cadeias tróficas de uma considerável parte dos agroecossistemas (PERIOTO *et al.*, 2004).

Por regular as populações de outros insetos considerados pragas agrícolas, inúmeras espécies de himenópteros parasitoides são utilizadas no controle biológico de pragas com sucesso (PERIOTO *et al.*, 2004). Entre eles, tem-se *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae), vespas escuras com tamanho microscópico capazes de exercer função primordial como agente de controle biológico de insetos-pragas e por isso, apresentam bons resultados dentro de programas de controle biológico (YULIARTI *et al.*, 2002).

No Maranhão, *Telenomus podisi* (Ashmead) juntamente com *Trissolcus urichi* (Crawford) (Hymenoptera: Scelionidae) e *Oencyrtus submetallicus* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) tiveram seus primeiros registros de ocorrência parasitando ovos de *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura do arroz (MACIEL *et al.*, 2007). De acordo com Maciel *et al.* (2007), dos 2.479 ovos coletados de *T. limbativentris*, a taxa de parasitismo observada foi de 23,4% nos municípios de Arari, Miranda do Norte e Matões.

Ferreira *et al.* (2001) coletaram posturas de *R. albinella* no estado do Tocantins com parasitismo da espécie pertencente ao gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Silva (2018) relatou parasitismo de *R. albinella* por quatro espécies, duas pertencentes a família Trichogrammatidae: *Trichogramma pretiosum* Riley 1879 e *Tr. lasallei* Pinto, 1999 e identificou duas novas espécies pertencentes a família Platygasteridae, *Telenomus* sp. nov. 1 e *Telenomus* sp. nov. 2 em posturas de *R. albinella* coletadas nos estados do Goiás, Piauí e Maranhão.

Ainda no Maranhão, Silva (2018) obteve a maior taxa de parasitismo de 18,52% com a espécie *Telenomus* sp. nov. 1 quando comparado com a taxa de parasitismo obtido nos estados de Goiás e Piauí. Barros (2020) reportou *Telenomus* sp. nov. 1 (Hymenoptera: Platygasteridae) como agente de controle biológico natural de *R. albinella* com em lavoura de arroz em Arari, Maranhão com taxa de parasitismo natural de 68,64%.

2.6 Variáveis abióticas na interação parasitoide-hospedeiro

Os insetos podem ser sensíveis a mudanças climáticas ao nível de população em curto período, pois são organismos ectotérmicos com curto tempo de geração e sua fisiologia e habilidades são influenciadas pelo microclima que vivenciam, isso pode ser refletido até mesmo nos estágios iniciais nas características da população dos insetos em função da mudança climática (BOGGS, 2016).

A temperatura afeta os insetos direta e indiretamente (GALLO *et al.*, 2002). Efeitos diretos da temperatura afetam o desenvolvimento e o comportamento, enquanto os indiretos interferem na alimentação dos insetos (SILVEIRA NETO *et al.*, 1976; GALLO *et al.*, 2002). De acordo com Gallo *et al.* (2002), a temperatura ideal para o desenvolvimento dos insetos fica em torno de 25° C, embora existam insetos que conseguem viver desde ao ártico até o equador, nas mais diversas condições.

Em temperaturas abaixo de 15° C os insetos podem entrar em hibernação temporária e quando a temperatura fica abaixo de 0° C, os fluidos internos congelam e o inseto passa para um estado anabiótico irreversível atingindo a morte na temperatura mínima fatal de - 20° C. Entre os 38 e 48° C, os insetos entram em estivação temporária, e acima destas temperaturas entram em estivação permanente, atingindo a morte na temperatura máxima fatal (52° C) (GALLO *et al.*, 2002; RODRIGUES, 2004).

A precipitação pluviométrica tem efeito mecânico sobre os insetos, a maioria tende a se proteger de precipitação pluviométrica intensa, pois para insetos pequenos como os tripés e os pulgões, a precipitação tem efeito devastador (SILVEIRA NETO, 1976).

O fotoperíodo influencia diretamente do desenvolvimento dos insetos, pode interferir na eclosão dos ovos, favorecer diapausa, interferir na biologia, fertilidade e longevidade dos insetos, tais fatores indicam a importância de um determinado intervalo de luz e escuro no desenvolvimento de insetos (RODRIGUES, 2004).

Ozkan (2007) obteve maior atividade diária dos parasitoides submetidos ao aumento de fotoperíodo, essas atividades incluem deslocamentos, busca por hospedeiros e fuga de predadores. Sahin e Ozkan (2007) afirma que a longevidade dos parasitoides está relacionada

as atividades realizadas quando expostos a luz, pois a energia que poderia ser aproveitada na produção de ovos, é utilizada nas atividades habituais do corpo.

O conhecimento sobre o impacto dos fatores abióticos tais como: luz, chuva ou mesmo da umidade do solo ainda são escassos para a maioria das espécies de parasitoides (GRANDE *et al.*, 2021). Além disso, a capacidade de adaptação do parasitoide a variações ambientais reflete na efetividade do parasitoide na captura do seu hospedeiro no campo (GRANDE *et al.*, 2021).

2.7 Caracterização de espécies baseadas no sequenciamento de DNA

O desenvolvimento do código de barras de DNA está relacionado aos avanços obtidos na tecnologia molecular (VALENTINI *et al.*, 2009). O DNA mitocondrial é uma técnica da biologia molecular eficiente na identificação de insetos, especialmente devido à organização simples e padrão do genoma mitocondrial, ao menor número de recombinações e a elevada taxa de substituições de nucleotídeo, uma amplitude de marcadores moleculares estão disponíveis para o DNAm de insetos (THYSSEN, 2008).

A quantidade de marcadores moleculares que poderiam ser aplicados nos insetos era limitada devido a ampla diversidade presente nos insetos e poucos protocolos aplicáveis para organismos distintos, o que torna o DNA mitocondrial mais viável na realização de pesquisas, adicionalmente ao genoma significativamente reduzido, que favorece a elaboração de primers genéricos e aplicáveis a diferentes espécies (STRÖHER, 2018).

O DNA pode ser utilizado para estudar uma população, através da delimitação de uma espécie ou para mapear a evolução adaptativa, além de ser usado para identificação de uma determinada espécie através das sequências de pares de bases, baseados no DNA de barcoding (GULLAN *et al.*, 2007).

As comparações entre indivíduos de mesma e diferentes espécies de populações, pertencentes a diferentes origens geográficas, oferecem importante apoio a genética das populações asseguradas pelo sequenciamento de DNA (THYSSEN, 2008).

Trata-se de uma ferramenta viável para identificação dos insetos e animais e com alta precisão nos resultados (GULLAN *et al.*, 2007). E realiza a diferenciação de complexos de espécies morfologicamente indistinguíveis (SOSA-GÓMEZ, 2012).

REFERÊNCIAS

- ABREU, G. B.; SANTIAGO, C. M.; DE CASTRO, A. P.; TORGA, P. P.; ZONTA, J. B.; PEREIRA, J. A. **Desempenho de cultivares de arroz de terras altas e irrigado no ambiente de sequeiro favorecido no Maranhão**. Embrapa Cocais, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil, 4p. 2017.
- ABREU, J. A. S.; ROVIDA, A. F. D. S.; CONTE, H. Controle biológico por insetos parasitoides em culturas agrícolas no Brasil: Revisão de literatura. **Uningá Review**, Maringá v. 22, n. 2, p.22-25, 2015
- ABREU, C. I. V.; ZAMPIERON, S. L. MODESTO. Perfil da fauna de Hymenoptera parasítica em um fragmento de Cerrado pertencente ao Parque Nacional da Serra da Canastra (MG), a partir de duas armadilhas de captura. **Ciência et Praxis**, Passos, v. 2, n. 03, p. 61-68, 2009.
- BARROS, J. Da C. 2020. **Aspectos bioecológicos de *Tibraca limbativentris*, *Oebalus poecilus* (Hemiptera: Pentatomidae) e *Rupela albinella* (Lepidoptera: Crambidae) em lavoura de arroz no Maranhão**. Orientadora: Joseane Rodrigues de Souza, Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) - Universidade Estadual do Maranhão, Balsas, 68f.
- BOGGS, C. L. The fingerprints of global climate change on insect populations. **Current Opinion in Insect Science**, Amsterdã, v. 17, n. 3, p. 69-73, 2016. DOI: 10.1016/j.cois.2016.07.004
- BUOSI, T.; MUNIZ, L. C.; FERREIRA, C. M. **Caracterização e diagnóstico da cadeia produtiva de arroz no Estado do Maranhão**. Brasília-DF: Embrapa, 35 p. 2013.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2020/2021 – décimo segundo levantamento, setembro de 2021**. Brasília: Conab, v.8, n.12, 2021. 30p. Disponível em: file:///C:/Users/valeria/Downloads/Conaboletimsetembro2021.pdf. Acesso em: 13 out 2021.
- CORRÊA, M. J.; MOREIRA, R. C.; PINHEIRO, J.; DIAS, B. R.; MARINHO, T. R. Fluxo de emergência do banco de sementes de plantas espontâneas na cultura do arroz no Maranhão. **Cadernos de Agroecologia**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018.
- COCK, M. J.; VAN LENTEREN, J. C.; BRODEUR, J.; BARRATT, B. I.; BIGLER, F.; BOLCKMANS, K.; CONSOLI, F. L.; HAAS, F.; MASON, P. G.; PARRA, J. R. P. Do new access and benefit sharing procedures under the convention on biological diversity threaten the future of biological control? **BioControl**, Amsterdã, v. 55, n. 2, p. 199-218, 2010. DOI: 10.1007/s10526-009-9234-9
- DORIGUEL, F.; ESPERANCINI, M. S. T.; TONIN, F. B. Análise econômica do comportamento dos preços históricos da cultura do arroz em um período de 10 Anos. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 14-26, 2020.
- FERREIRA, C. M.; MENDEZ DEL VILLAR, P. Conjuntura socioeconômica da cultura do arroz em Minas Gerais e no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 39, n. 301, p. 7-12, 2018. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/328430543>

FERREIRA, E. Fauna prejudicial. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 485-554, 2006.

FERREIRA, E.; BRESSEGHELLO, F.; CASTRO, E. M.; BARRIGOSI, J.A.F. **Broca-do-colmo nos agroecossistemas de arroz do Brasil**. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil, 42 p. 2001.

FERREIRA, E. **Manual de identificação de pragas do arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, Documentos, p. 110, 1998.

FORTES, F. J. O.; ALMEIDA, E. I. B.; ROBERTO, A.; SIQUEIRA, C.; SOUSA, A. F. F.; AMORIM, D. J.; SILVA SOUSA, W. Caracteres agrônômicos de arroz branco sob diferentes doses de nitrogênio e formas de semeadura. **Agrotrópica**, Ilhéus v.32, n.1, p. 43-50, 2020. DOI: 10.21757/0103-3816.2020v32n1p43-5

FRITZ, L. L.; HEINRICHS, E. A.; PANDOLFO, M.; SALLES, S. M., DE OLIVEIRA, J. V., & FIUZA, L. M. Agroecossistemas Orizícolas Irrigados: Insetos-praga, Imimigos Naturais e Manejo Integrado. 2008. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 720–732, 2008. DOI: digitalcommons.unl.edu/entomologyfacpub/898

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GRANDE, M. L. M.; QUEIROZ, A. P.; GONÇALVES, J.; HAYASHIDA, R.; VENTURA, M. U.; FREITAS BUENO, A. Impact of Environmental Variables on Parasitism and Emergence of *Trichogramma pretiosum*, *Telenomus remus* and *Telenomus podisi*. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 50, n.4. p. 1-10, 2021. DOI: 10.1007/s13744-021-00874-2

GULLAN, P. J., CRANSTON, P. S., MCINNES, K. H., & HOENEN, S. M. **Os insetos: um resumo de entomologia**. 4 ed, São Paulo, 2007.

HICKEL, E. R.; EBERHARDT, D. S.; PRANDO, H. F. Lagartas nas lavouras catarinenses de arroz irrigado: ocorrência, monitoramento e manejo integrado. **Boletim Técnico**, p. 47-47, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330480952_Ficha_Tecnica_-_Noiva-do-arroz. Acesso em: 14 out. 2021

KATSURAYAMA, A. M.; MARTINS, L. M.; IAMANAKA, B. T.; FUNGARO, M. H. P.; SILVA, J. J.; FRISVAD, J. C.; TANIWAKI, M. H. Occurrence of *Aspergillus* section *Flavi* and aflatoxins in Brazilian rice: From field to market. **International Journal of Food Microbiology**, London, v. 266, n.8, p. 213-221, 2018. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.12.008

KÖHL, J.; KOLNAAR, R.; RAVENSBERG, W. J. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. **Frontiers in plant science**, Constança, v. 10, p. 845, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00845

LANDIS, DOUGLAS A.; WRATTEN, STEPHEN D.; GURR, GEOFF M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual review of entomology**, Palo Alto, v. 45, n. 1, p. 175-201, 2000. DOI: 10.1146/annurev.ento.45.1.175

MACIEL, A. A.; DE LEMOS, R. N.; SOUZA, J. R. D.; COSTA, V. A.; BARRIGOSI, J. A.; CHAGAS, E. F. D. Parasitismo de ovos de *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura do arroz no Maranhão. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 616-618, 2007. DOI: 10.1590/S1519-566X2007000400023

MENDEZ DEL VILLAR, P.; DUCOS, A.; FERREIRA, N. L. S.; PEREIRA, J. A.; YOKOYAMA, L. P. **Cadeia produtiva do arroz no Estado do Maranhão**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 2001, 136p.

MENESES, R. Manejo integrado de los principales insectos y ácaros plagas del arroz. **Instituto de Investigaciones del Arroz**, Cuba, 2008, 131p.

NASCIMENTO, J. Fatores que afetam a liberação e a eficiência de parasitoides no controle biológico de insetos-praga. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n. 13, p. 550- 570, 2011.

OZKAN, C. Effect of food, light and host instar on the egg load of the synovigenic endoparasitoid *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Journal of Pest Science**, Tamilnadu, v. 80, n. 2, p. 79-83, 2007. DOI: 10.1007/s10340-006-0155-4

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle biológico: terminologia. **Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: MANOLE EDITORA, 2002. 16p.

PERIOTO, N. W.; LARA, R. I. R.; SELEGATTO, A.; LUCIANO, E. S. Himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) coletados em cultura de café *Coffea arabica* L. (Rubiaceae) em Ribeirão Preto, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, Londrina, v. 71, n. 1, p. 41-44, 2004. DOI: 10.1590/S0085-56262002000200008

PRADO, L. F. S.; COSTA, C. H. M.; OLIVEIRA PAZ, R. B.; MOURA, B. D. F. S.; COSTA, F. L. A. Adubação silicatada foliar associada ao nitrogênio em cobertura na cultura do arroz de terras altas. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 30, n.1, p. 384-390, 2020.

RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos**, v. 1, n. 4, p. 1-4, 2004. Disponível em: www.entomologistasbrasil.cjb.net. Acesso em 04 out. 2020.

SAHIN, A. K.; OZKAN, C. Effect of light on the longevity and fecundity of *Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Pakistan Journal of Zoology**, Punjab v. 39, n. 5, p. 315, 2007. DOI: 10.1.1.1056.3823

SANTIAGO, C. M. Maranhão - o despertar de um gigante. **Planeta Arroz**, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1074714>. Acesso em 03 set. 2021.

SANTOS, A. B.; SANTIAGO, C. M. **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil**. Embrapa arroz e feijão, Santo Antônio de Goiás, 2014. 150p.

SANTOS, E. D.; WOLFF, L.; SOUZA, A. M. Transmissão e a influência do volume dos estoques públicos sobre o preço do arroz no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 559-564, 2013. DOI: 10.1590/S0103-84782013000300030

SATO, L. K.; REIS, J. G. MENDES. Estudo da produção de arroz brasileira e o papel do estado Mato Grosso do Sul. **Agrarian**, Dourados, v. 13, n. 50, p. 548-555, 2020. DOI: 10.30612/agrarian.v13i50.9212

STRÖHER, P. R. Sequenciamento de nova geração e entomologia: Novas perspectivas para antigos questionamentos. **Revista da Biologia**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 6-16, 2018 DOI: 10.7594/revbio.18.01.02

SAVI, G. D.; PIACENTINI, K.C.; ROCHA, L.O.; CARNIELLI-QUEIROZ, L.; FURTADO, B.G.; SCUSSEL, R.; ZANONIA, E. T., MACHADO-DE-ÁVILAD R. A.; CORRÊAB, B.; ANGIOLETTO, E. Incidência de fungos toxigênicos e zearalenona em grãos de arroz do Brasil. **Jornal Internacional de Microbiologia de Alimentos**, São Paulo, v. 270, n.2, p. 5-13, 2018. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.02.004

SILVA, N. N. P. **Utilização de parasitoides de ovos visando o controle de *Diatraea saccharalis* e *Rupela albinella* (Lepidoptera: Crambidae) na cultura do arroz**. Orientadora: Lúcia da Silva Fontes. 2018. 86p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências), Universidade Federal do Piauí, Piauí, 2018

SILVEIRA NETO, S. S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; NOVA, N. V. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo, ed. Agronômica Ceres, 1976. 419p.

SIMONATO, J.; GRIGOLLI, J. F. J.; OLIVEIRA, H. N. de. Controle biológico de insetos-praga na soja. In: LOURENÇÃO, A.L.F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; PITOL, C.; GITTI, D. C.; ROSCOE, R. (ed.). **Tecnologia e produção: soja 2013/2014**. Maracaju - MS: Fundação MS, 2014. Capítulo 8, p. 178-193. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/tecnologia-producao-soja-2013-2014>. Acesso em: 24 out

SOSA-GÓMEZ, D. R.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. **A biotecnologia, o melhoramento e o manejo de pragas da soja**. Brasília, 2012. 725-772p.

THYSSEN, P. J. As aplicações do DNA na entomologia forense e no contexto legal. **Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 2, p. 49-50, 2008.

TRAVERSA-TEJERO, I. P.; BORTOLOTTTO-CANTARELLI, R. Produção orizícola no município de São Gabriel, RS (Brasil). **Journal of the Selva Andina Biosphere**, La Paz, v. 8, n. 2, p. 80-91, 2020. DOI: 10.36610/j.jsab.2020.080200080

VALENTINI, ALICE; POMPANON, FRANÇOIS; TABERLET, PIERRE. DNA barcoding for ecologists. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 2, p. 110-117, 2009. DOI: 10.1016/j.tree.2008.09.011 A

VAN DINTHER, J. B. M. The effect of precipitation on the break of diapause in the white rice borer *Rupela albinella* (CR.) in Surinam (South America). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Roghorst, v. 4, n. 1, p. 35-40, 1961. DOI: 10.1111/j.1570-7458.1961.tb00480.x

VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K., KÖHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, Amsterdã, v.63, n. 1, p. 39-59, 2018. DOI: 10.1007/s10526-017-9801-4

ZANIN, V.; BACCHI, M. R. P.; ALMEIDA, A. T. C. D. A demanda domiciliar por arroz no Brasil: abordagem por meio do sistema Quads em 2008/2009. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 57, n. 2, p. 234-252, 2019. DOI: 10.1590/1806-9479.2019.171853

YULIARTI, I.; HIDAYAT, P.; BUCHORI, D. Molecular identification of egg parasitoid, *Telenomus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae) from several locations in java using RAPD-PCR. **BIOTROPIA-The Southeast Asian Journal of Tropical Biology**, Napoca, v.9, n. 19, p. 57 – 64, 2002. DOI:10.11598/btb.2002.0.19.226

ZANÚNCIO JÚNIOR, J. S.; LAZZARINI, A. E.; OLIVEIRA, A. A.; RODRIGUES, L. A.; SOUZA, I. I. M.; ANDRIKOPOULOS, F. B.; FORNAZIER, M. J.; COSTA, A. F. Manejo agroecológico de pragas: alternativas para uma agricultura sustentável. **Revista Científica Intellecto**, Venda Nova do Imigrante, v. 3, n. 3, p. 18-34, 2018 DOI: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/3582>

Ocorrência de *Rupela albinella* Cramer, 1781 (Lepidoptera: Crambidae) e taxa de parasitismo em relação ao ambiente e caracterização molecular de *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) no Maranhão

CAPÍTULO 2

Ocorrência de *Rupela albinella* Cramer, 1781 (Lepidoptera: Crambidae) taxa de parasitismo em relação ao ambiente e caracterização molecular de *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) no Maranhão

Valéria Melo Costa^{1*}, Joseane Rodrigues de Souza²

¹ Universidade Estadual do Maranhão, Balsas, Maranhão, Brasil. E-mail: valeriam.costaa@gmail.com ORCID: 0000-0001-6563-1370

² Universidade Estadual do Maranhão, Balsas, Maranhão, Brasil. E-mail: joseaneagro@yahoo.com.br, ORCID: 0000-0002-9419-9756

Resumo

A noiva-do-arroz, *Rupela albinella* Cramer (Lepidoptera: Crambidae) é um inseto fitófago responsável por elevadas perdas econômicas nas regiões produtoras de arroz no estado do Maranhão, MA, Brasil. O objetivo do estudo foi determinar a ocorrência de *R. albinella* com taxa de parasitismo em relação ao ambiente e caracterização molecular de *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) no Maranhão. O estudo foi realizado em lavoura comercial de arroz irrigado no município de Arari, MA durante os meses de janeiro a abril no ano agrícola 2019/2020. As coletas ocorreram nos diferentes estágios fenológicos do arroz. Adicionalmente, foram obtidos dados diários de variáveis climáticas (temperatura do ar, precipitação pluviométrica e fotoperíodo) ao longo dos estágios fenológicos do arroz para se determinar a abundância de *R. albinella* e o parasitismo realizado por *Telenomus* sp. A captura das mariposas de *R. albinella* foi realizada com armadilha luminosa e a massas de ovos feita manualmente na parte aérea do arroz. A caracterização da nova espécie de *Telenomus* sp. foi realizada com metodologia não destrutiva e para extração de DNA genômico total, foram utilizados um macho e uma fêmea de *Telenomus* sp., oriundos de massas de ovos de *R. albinella*. A hipótese de que haveria diferenças nos estágios fenológicos do arroz e a associação das espécies com as variáveis ambientais foram parcialmente corroboradas. A abundância de *R. albinella* não se diferenciou nos estágios fenológicos do arroz e não demonstrou relação com as variáveis ambientais. Entretanto, houve diferença do parasitismo entre os estágios fenológicos reprodutivos e de maturação do arroz. Não houve relação das variáveis ambientais com a abundância de *R. albinella*. Somente a variável fotoperíodo demonstrou relação com a abundância de *Telenomus* sp. Foram produzidas duas sequências de aproximadamente 570 pb para a região barcoding dos dois indivíduos coletados com a região barcode idêntica, não houve, portanto, diversidade genética. Conclui-se que, existe diferença da abundância dessa nova espécie de *Telenomus* sp. nas massas de ovos de *R. albinella* nos estágios fenológicos do arroz e variações do fotoperíodo podem afetar essa abundância. A caracterização molecular da espécie de *Telenomus* sp. indica a necessidade de estudos taxonômicos e sistemáticos com o intuito de atualizar as espécies que atuam como agentes de controle biológico no arroz tendo em vista o manejo integrado de pragas no Maranhão.

Palavras-chave: Controle biológico; *Oryza sativa*; Taxonomia molecular; Manejo Integrado de Pragas.

Occurrence of *Rupela albinella* Cramer, 1781 (Lepidoptera: Crambidae), parasitism rate by *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) in relation to the environment, and molecular characterization of the new parasite, in the Brazilian state of Maranhão

Abstract

White borer, *Rupela albinella* Cramer (Lepidoptera: Crambidae), is a phytophagous responsible for substantial economic losses in rice-producing regions in the Brazilian state of Maranhão (MA). The objective of this study was to determine the occurrence of *R. albinella* and the parasitism rate in relation to the environment. It also aimed to perform the molecular characterization of *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) from Maranhão. The study was carried out in a commercial irrigated rice field in the municipality of Arari (MA), from January to April, 2019/2020 crop. The moths were collected at the different phenological stages of rice. Additionally, daily data on abiotic variables (air temperature, rainfall, and photoperiod) were registered throughout the rice stages to determine the abundance of *R. albinella* and the parasitism by *Telenomus* sp. Capturing *R. albinella* moths employed a light trap, whereas the egg masses were handpicked from the aerial portion of the rice plant. The characterization of the new *Telenomus* sp. used a non-destructive methodology. One male and one female individuals obtained from *R. albinella* eggs were used for extraction of the total genomic DNA. The hypotheses that differences occur according to the phenological rice stage and the association of both species with environmental variables were partially supported. The abundance of *R. albinella* did not vary as for the phenological rice stages, and it showed no relationship with the environmental variables. However, there was a difference in parasitism between the reproductive and maturation phases of rice. No relation was established between the environmental variables and the abundance of *R. albinella*, whereas only photoperiod could be linked to the abundance of *Telenomus* sp. Two sequences of approximately 570 bp were produced for the barcoding region of the two individuals considering the same barcode region in both. This finding evinces genetic diversity. In conclusion, the abundance of this new *Telenomus* species in *R. albinella* egg masses varied according to the rice phenological stage, and photoperiod variations proved to affect this abundance. The molecular characterization of *Telenomus* sp. indicated the necessity of more taxonomic and systematic studies to update the list of species that act as biological-controlling agents in rice, bearing in mind the integrated pest management in Maranhão state.

Keywords: Biological control; *Oryza sativa*; Molecular taxonomy; Integrated pest management.

Introdução

A noiva-do-arroz, *Rupela albinella* Cramer (Lepidoptera: Crambidae) é responsável por prejuízos significativos na produtividade do arroz, considerada uma praga importante na região da Baixada Maranhense, Maranhão, Brasil. As lagartas recém-eclodidas ao se alimentarem de folhas e, posteriormente, dos colmos das plantas causam o sintoma de “coração morto” na fase vegetativa e de “panícula branca” na fase reprodutiva (Ferreira, 2006; Hickel *et al.*, 2018).

A alta densidade populacional de *R. albinella* na região da Baixada Maranhense se deve ao uso de métodos de controle inadequados, tais como, a não destruição dos restos de cultura após a colheita e uso irracional de inseticidas químicos tendo em vista que não existem defensivos comercial registrados para o seu controle (SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS, 2020).

Os inseticidas químicos utilizados de forma indiscriminada na cultura do arroz causam problemas à saúde aos produtores, consumidores e ao meio ambiente, devido a contaminação dos produtos e animais, contaminando o solo e a água causando a perda de funções ecossistêmicas e de agentes biológicos naturais (Carvalho; Macedo, 2015).

Dessa forma, medidas devem ser adotadas para otimizar a ação e permanência na lavoura de agentes biológicos naturais. Atualmente, o principal método de controle utilizado na região da Baixada Maranhense é o químico, mesmo não existindo inseticidas registrados para *R. albinella* (SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS, 2021).

Nesse sentido, estratégias de controle ecologicamente corretas têm sido buscadas para regular populações de *R. albinella* no arroz (Barros, 2020; Silva, 2018; Zachrisson *et al.*, 2017). Por essa razão, é substancial a busca de modelos mais sustentáveis de produção, sendo o controle biológico através da utilização de inimigos naturais, uma técnica viável de manejo, que auxilia na conservação dos agentes de controle (Santos; Silva, 2018).

Estudos realizados na Colômbia (Meneses *et al.*, 2008) e no Panamá (Zachrisson *et al.*, 2017) apontaram *Telenomus rowani* (Gahan, 1925) (Hymenoptera: Scelionidae) como o principal parasitoide de ovos de *R. albinella*.

Silva (2018) relatou parasitismo em ovos de *R. albinella* por quatro espécies, duas pertencentes a família Trichogrammatidae: *Trichogramma pretiosum* Riley 1879; e *Trichogramma lasallei* Pinto, 1999 e identificou duas novas pertencentes a família Platygastridae: *Telenomus* sp. nov. 1 e *Telenomus* sp. nov. 2 em coletas de *R. albinella* realizadas nos estados do Goiás, Piauí e Maranhão.

Ainda no Maranhão, Silva (2018) obteve a maior taxa de parasitismo de 18,52% com a espécie *Telenomus* sp. nov. 1 quando comparado com a taxas de parasitismo obtidas nos estados de Goiás e Piauí. *Telenomus* sp. nov. 1 também foi relatado como parasitoide de ovos de *R. albinella* com taxa de parasitismo natural de 68,64% (Barros, 2020).

A presença desse parasitoide em áreas orizícolas do estado é importante para o manejo integrado de *R. albinella*. No entanto, o potencial de agentes de controle biológico levantados nos estudos de *R. albinella* permanece pouco investigado.

Dessa forma, o estudo da importância de variáveis abióticas (temperatura do ar, precipitação pluviométrica e fotoperíodo) pode ser um importante condutor de mudanças na abundância de artrópodes (Ricklefs, 1987) e que podem interferir sobre o número de hospedeiro e do parasitoide no campo (Chakraborty *et al.*, 2016; Dequech *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2013).

Ademais, a ocorrência de parasitismo de *Telenomus* sp. em ovos de *R. albinella* na região da Baixada Maranhense relatada por Barros (2020) abre novas perspectivas para que o parasitoide seja estudado. Portanto, o objetivo do estudo foi determinar a ocorrência de *R. albinella* com taxa de parasitismo em relação ao ambiente e caracterização molecular de *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) no Maranhão.

Material e Métodos

Área de Estudo

A pesquisa foi conduzida na safra 2019/2020 entre os meses de janeiro a abril em lavoura comercial de arroz irrigado, localizada no município de Arari, MA (03°27'14"S e 44°46'48"O) nos diferentes estágios fenológicos (fases de desenvolvimento - vegetativa, reprodutiva e de maturação) da cultura. Na área não houve atribuição de tratamentos químicos ou biológicos e a cultivar de arroz plantada na lavoura comercial foi a 357 MA de ciclo de 133 dias, adaptada a Baixada Maranhense (Rangel *et al.*, 2013).

O município de Arari, MA está localizado na região da Baixada Maranhense e caracterizado por apresentar clima subúmido seco com temperatura média de 26°C, precipitação pluviométrica em torno de precipitação de 166,67 mm e umidade relativa do ar de 85% (Proclima, 2019). Os dados diários das variáveis ambientais (temperatura do ar, precipitação pluviométrica e fotoperíodo) nos estágios fenológicos (fases de desenvolvimento) da cultura foram obtidos junto ao Núcleo de Meteorologia da UEMA (NUGEO).

*Amostragem de indivíduos adultos e massa de ovos de *Rupela albinella**

As amostragens foram realizadas com uma armadilha luminosa modelo “Modelo Esalq, 220” (Biocontrole Ltda, São Paulo, Brasil) equipada com lâmpadas fluorescentes de luz negra, instalada no meio da lavoura em estaca de madeira a uma altura de 3,0 m do solo com aproximadamente 500m distante da borda (Figura 1).

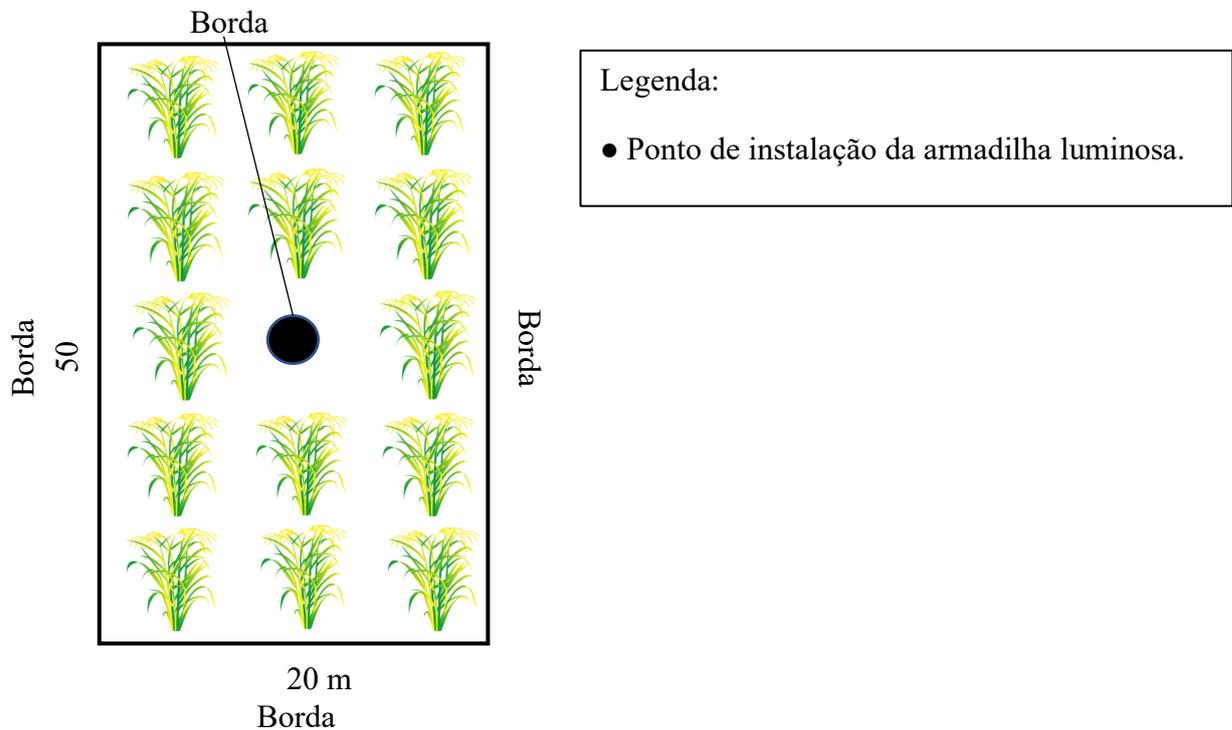


Figura 1. Croqui da área experimental ilustrando o ponto de instalação da armadilha luminosa para coleta de indivíduos adultos de *Rupela albinella* no município de Arari, MA. 2019/2020.

A captura de indivíduos adultos de *R. albinella* ocorreu a partir do mês de fevereiro até o final do ciclo da cultura e teve início a partir dos 35 dias da emergência das plantas de arroz (DAE), momento de observação de *R. albinella* no campo (Ferreira *et al.*, 2001; Zachrisson *et al.*, 2017). A armadilha luminosa era ligada diretamente a uma fonte de energia elétrica localizada nas proximidades da quadra de arroz ao entardecer (18 horas) e desligadas ao amanhecer (6:00 horas) do dia seguinte, aproximadamente 12 horas.

A coleta das mariposas ocorreu durante cinco noites do período de lua nova ($n = 5$ mensais, totalizando 15) até o amanhecer do dia seguinte visando padronizar a amostragem e maximizar o número de indivíduos coletados conforme Teston e Corseuil (2004). Na porção inferior da armadilha luminosa foi fixado um saco coletor em forma de funil de cone plástico, cujo maior diâmetro media 32 cm e o menor 16 cm, sendo acoplado a um funil em forma de cone.

O material coletado em cada noite foi acondicionado em sacos plásticos transparentes (20 x 30 cm), etiquetados com informações da data de coleta e em seguida armazenado em caixa de isopor e em seguida em freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, foi transferido para o Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), campus de São Luís, MA, Curso de Agronomia, Centro de Ciências agrárias (CCA) para a triagem e a contagem dos adultos de *R. albinella*.

Quanto a coleta de massas de ovos de *R. albinella* para observação do parasitismo foram realizadas amostragens mensais ($n=3$) e também a partir dos 35 DAE até o final do ciclo da cultura. As coletas ocorreram ao longo das fileiras de plantio do arroz e quando observadas as massas de ovos de *R. albinella* nas plantas, a parte da folha em que a massa de ovos estava depositada foi coletada manualmente (Dequech *et al.*, 2013). Em seguida, as massas de ovos foram acondicionadas em potes plásticos (10 cm de altura x 13 cm de diâmetro), numerados e conduzidos ao Laboratório de Entomologia da UEMA.

No laboratório, as massas de ovos de *R. albinella* foram mantidas em sala de criação a temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $75 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas até a emergência dos parasitoides (Dequech *et al.*, 2004), sendo examinadas diariamente para verificar a eclosão de lagartas e a emergência dos parasitoides (Dequech *et al.*, 2013; Silva, 2018). Além disso, a abundância de parasitoides foi contabilizada nos diferentes estágios fenológicos (fases de desenvolvimento) do arroz e cada massa de ovos foi considerada uma unidade amostral.

Os parasitoides emergidos foram conservados em álcool a 96% e enviados posteriormente para taxonomista da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, São Paulo, SP, para identificação. A identificação dos espécimes foi realizada a nível de família e gênero de acordo com Johnson (1984) e Masner (1976).

Os espécimes identificados foram depositados na coleção Entomológica Iraci Paiva Coelho da UEMA.

Análises dos dados de abundância e abióticos

Para verificar se ocorreu variação da abundância de *R. albinella* nos diferentes estágios fenológicos (fases de desenvolvimento) do arroz irrigado foi realizada uma análise de variância (ANOVA one-way). Para tentar diminuir qualquer efeito outlier e obter homogeneidade nas variâncias, os dados foram transformados em $\log(\log(x + 1))$. A normalidade dos parâmetros foi inspecionada usando o teste de Levene para homogeneidade de variâncias. Em seguida, após os pressupostos da ANOVA one-way terem sido atendidos, foram realizadas as comparações *post hoc* das médias através do teste de Tukey HSD, para a variável abundância de *R. albinella* e *Telenomus* sp. nos diferentes estágios fenológicos

Os possíveis efeitos das variáveis abióticas temperatura do ar, precipitação pluviométrica e fotoperíodo sobre a abundância de *R. albinella* e *Telenomus* sp. foram observados e quantificados por meio de análise de regressão linear simples (Zar, 1996) e correlação. A abundância dos organismos foi utilizada como variáveis resposta e as variáveis abióticas como explanatórias.

Todas as análises descritas acima foram realizadas através do pacote *vegan* (Oksanen *et al.*, 2018) dentro da rotina do *software* R (versão 4.1, R Development Core Team, 2021).

Caracterização molecular de Telenomus sp.

Para a caracterização molecular da espécie foram enviados indivíduos de *Telenomus* sp. para o Laboratório de Ecologia Molecular de Artrópodes da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP e utilizada a metodologia não destrutiva com base no protocolo modificado por Wengrat *et al.* (2021).

Para extração de DNA genômico total foram utilizados um macho e uma fêmea de *Telenomus* sp. oriundos de massas de ovos de *R. albinella*. Os parasitoides foram submetidos à amplificação por reação em cadeia da polimerase (PCR) utilizando os primers específicos (Wengrat *et al.*, 2021) e sequenciamento do gene COI, a partir de um fragmento do gene mitocondrial Citocromo C Oxidase subunidade I (COI), correspondente a região barcode (Hebert *et al.*, 2003).

As reações de cadeia de polimerase foram realizadas contendo um volume final de 25 µL. As concentrações dos componentes da reação seguiram a metodologia de Garipey *et al.* (2014). As condições de amplificação utilizadas foram a 94 °C por 5 min para desnaturação primária, depois 35 ciclos de 94 °C por 45s, 57°C por 45s, 72 °C por 1min e 30s, com extensão final a 72°C por 15 min. Os amplicons foram visualizados sob luz ultravioleta, após eletroforese em gel de agarose a 1,5% corado com SYBR Safe (Life Technologies).

O processo de purificação subsequente foi realizado usando-se 1 µl (20 U µl⁻¹) de Exonuclease I (Thermo Fisher Scientific TM) e 2 µl (1 U µl⁻¹) de fosfatase alcalina termossensível FastAP TM (Thermo Fisher Scientific TM) para 10 µl do produto final de PCR. As condições do termociclador utilizado para a purificação consistiram em 37°C por 30 min, seguido de 80°C por 15 min. O sequenciamento bidirecional foi realizado pelo método Sanger. Além disso, foi realizada a análise da região barcode com os cromatogramas das sequências de cada indivíduo de *Telenomus* sp.

Os parasitoides *Telenomus* sp. foram verificados, editados e alinhados para produção da sequência no aplicativo Sequencher 4.8 (Gene Codes Corp., Ann Arbor, MI). Posteriormente,

as sequências foram submetidas ao BOLDSystem (www.boldsystems.org/) e NCBI/BLASTn (www.ncbi.nlm.nih.gov).

Os espécimes voucher, analisados das análises moleculares, foram depositados na Coleção de Insetos Entomófagos “Oscar Monte”, do Instituto Biológico, em Campinas, SP, Brasil.

Resultados

7.785 espécimes de *R. albinella* e 8.590 da espécie nova de parasitoide *Telenomus* sp. foram coletados totalizando ao final 16.375 indivíduos na lavoura nos estágios fenológicos do arroz irrigado (Tabela 1).

Tabela 1. Abundância de espécimes de *Rupela albinella* e da nova espécie de parasitoide *Telenomus* sp. nos estágios fenológicos (fases de desenvolvimento) do arroz irrigado no município de Arari, MA, Brasil. 2019/2020.

Espécies	Abundância/Estágios fenológicos do arroz			Total de espécimes
	Vegetativo	Floração	Maturação	
<i>Rupela albinella</i>	3.213	2.384	2.188	7.785
<i>Telenomus</i> sp.	2.604	2.791	1.911	8.590
Total	5.817	5.175	4.099	16.375

O teste de *Levene's* demonstrou haver para homogeneidade de variâncias ($F= 0,053$; $p= 0,948$) da distribuição dos dados de abundância de *R. albinella*, atendendo ao pressuposto para análise de variâncias. Entretanto, não houve diferença da abundância de *R. albinella* nos estágios fenológicos (fases de desenvolvimento) do arroz irrigado (grau de liberdade= 2; $F= 0,280$; $p= 0,760$).

Para a distribuição de dados da abundância de *Telenomus* sp., nova espécie de parasitoide, o teste de *Levene's* demonstrou haver homogeneidade de variâncias ($F= 2,374$; $p= 0,096$) atendendo ao pressuposto de homogeneidade para análise de variância. Assim, a ANOVA one- way demonstrou que houve diferença significativa na abundância de parasitoides nos diferentes estágios fenológicos do arroz irrigado (grau de liberdade= 2; $F= 5,093$; $p= 0,007$). Através do teste *post hoc* de *Tukey* observou-se diferenças nos estágios fenológicos (fases de desenvolvimento) do arroz entre o estágio de floração (média= $\pm 64,907$) e maturação (média= $\pm 42,094$) exibindo uma variância média de abundância de aproximadamente 23 espécies a mais no estágio de floração (Tabela 2).

Tabela 2. Correlação da abundância populacional do parasitoide *Telenomus* sp. nos estágios fenológicos (fases de desenvolvimento) do arroz irrigado no município de Arari, MA, Brasil. 2019/2020.

Estágios fenológicos do arroz	Vegetativo	Floração	Maturação
Vegetativo (Média= 57,500)	-	0,608	0,073
Floração (Média= 64,907)	0,608	-	0,007*
Maturação (Média= 42,094)	0,073	0,007*	-

(*) = diferenças significativas ($p < 0,05$).

Ao verificar o efeito das variáveis abióticas sobre a abundância de *R. albinella* através de uma análise de regressão linear simples, não foi encontrada relação significativa dentro e entre os estágios fenológicos. Também não foi encontrada nenhuma relação significativa de *Telenomus* sp. entre os estágios fenológicos. Entretanto, ao realizar a análise de regressão linear simples com os dados de *Telenomus* sp. dentro de cada estágio fenológico, foi possível identificar a relação significativa da abundância da espécie no estágio fenológico vegetativo com a variável fotoperíodo (Figura 2).

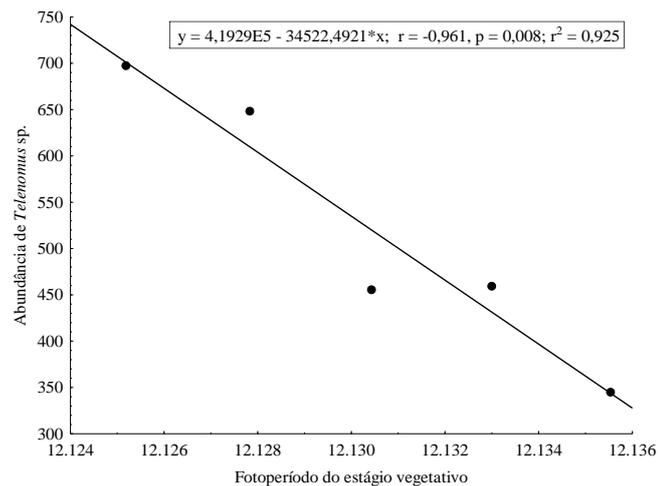


Figura 2. Análise de regressão linear simples demonstrando a relação entre a variável preditora fotoperíodo durante os meses de coleta e a abundância de *Telenomus* sp. (variável resposta) em lavoura comercial de arroz no município de Arari, MA, Brasil. 2019/2020.

A variável fotoperíodo demonstrou exercer um efeito negativo sobre a abundância de *Telenomus* sp. ($r = -0,961$; $p = 0,008$), uma vez que, o aumento do fotoperíodo diminui a abundância dos espécimes na lavoura de arroz.

Caracterização molecular de *Telenomus* sp.

Duas seqüências de aproximadamente 570 pb foram produzidas para a região barcoding dos indivíduos coletados, sendo região barcode idêntica nas duas seqüências, não havendo, portanto, diversidade genética (Figura 3). Quando foi submetida as seqüências ao banco de dados do Bacorde of Life Systems e BLASTn, foi obtida homologia de aproximadamente de 91% com seqüências denominadas *Telenomus* sp. coletados no Canadá (Figura 4).

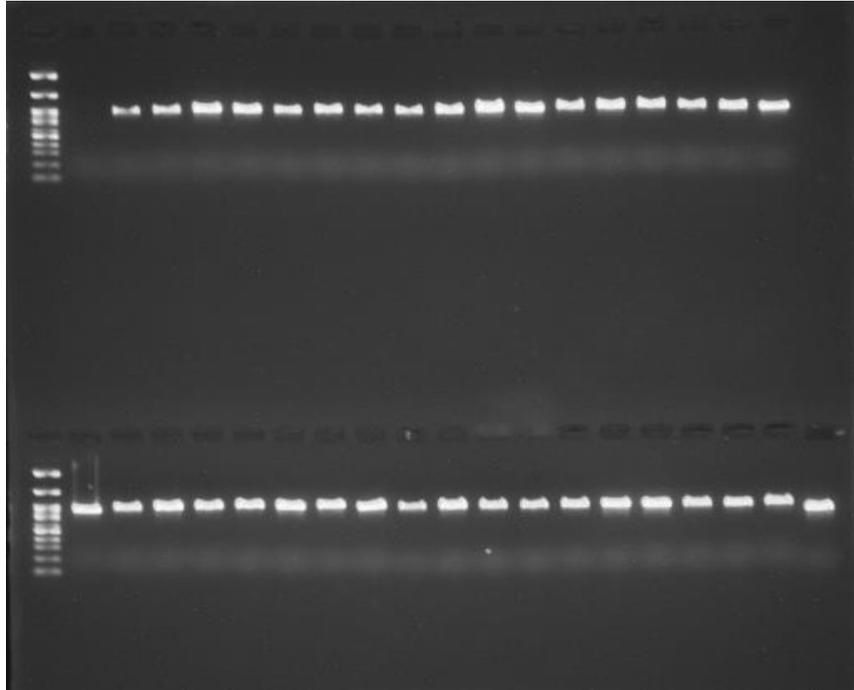


Figura 3. Amplicons observados sob luz ultravioleta, após eletroforese em gel de agarose 1,5% corado com SYBR Safe (Life Technologies).



Figura 4. Cromatograma do sequenciamento obtido do gene mitocondrial citocromo oxidase I (COI) pelo método Sanger.

Discussão

Os resultados obtidos neste estudo para a abundância de *Telenomus* sp. nos estágios fenológicos do arroz irrigado mostraram que houve diferença significativa na fase reprodutiva e de maturação dos grãos, o que pode estar relacionado, a fase fenológica da planta de arroz, que influencia na população do ecossistema visto que, partes físicas da planta, servem para alimentação, crescimento e habitat dos insetos (Thei *et al.*, 2020).

Com o desenvolvimento da planta, a mudança estrutural e adição dos recursos florais, folhas e brotos, pode ser um contribuinte para o aumento de insetos filófagos e conseqüentemente, dos seus inimigos naturais, além disso, a maior diversidade de recursos estruturais da planta, disponibilizam aos inimigos naturais, não só alimento, como também local de oviposição e sítios de sobrevivência (Lawnton, 1983), que são recursos essenciais para abundância e permanência dos parasitoides na cultura (Landis *et al.*, 2000; Barbosa *et al.*, 2011).

A estrutura da planta, nos diferentes estágios fenológicos exercem influência na frequência de encontros com o hospedeiro e conseqüentemente, na oviposição dos parasitoides (Gingras *et al.*, 2002). Além disso, a arquitetura da planta pode causar estímulos na atração dos insetos através de suas características morfológicas como: largura e comprimento das folhas, bem como número de ramos que podem, adicionalmente alterar o microclima presente na planta e a sobrevivência dos insetos presentes (Cavalcanti *et al.*, 2000).

As flores, possuem recursos vitais para os parasitoides e a presença das mesmas no estágio de florescimento da cultura, pode influenciar na eficiência do uso de parasitoides dentro do controle biológico (Landis *et al.*, 2000; Barbosa *et al.*, 2011). Tal fato, pode ilustrar o resultado encontrado nesta pesquisa, na qual a maior abundância de *Telenomus* sp, foi obtida na fase de florescimento do arroz.

Dados corroboram aos encontrados por Silva *et al.* (2013), na qual obteve maior abundância de himenópteros no final da fase vegetativa da cultura do arroz, com pico de abundância na fase reprodutiva, assim como, a maior abundância das espécies de *Telenomus* sp. e *Trichogramma* sp. foram coletados por Chakraborty *et al.* (2016) no estágio final da panícula do arroz.

Simões-Pires *et al.* (2016) explica que, a influência do estágio fenológico do arroz na abundância dos parasitoides pode estar relacionada a arquitetura da planta nos diferentes estádios fenológicos da cultura. Em contrapartida, Kizito *et al.* (2017) associou o aumento da abundância dos artrópodes, a elevada umidade relativa presente na copa das folhas de arroz.

Rahat *et al.*, (2005) associa o aumento da longevidade dos parasitoides em campo a presença de água e néctar das plantas.

A maior disponibilidade de recursos alternativos para a manutenção da população dos parasitoides como, abrigo, néctar, hospedeiro e microclima favorável podem estimular a atividade dos inimigos naturais, assim como a utilização do ciclo da cultura para aprimorar a atividade dos parasitoides como inimigos naturais, deve ser considerado (Landis *et al.*, 2000).

O encontro do parasitoide com o hospedeiro, após sua liberação em campo, nem sempre ocorre simultaneamente devido, baixo número de hospedeiros disponíveis, parasitismo prévio, sanidade e idade inadequada (Silva-Torres *et al.*, 2009). Por isso, em culturas anuais o aumento da sobrevivência e estabelecimento dos inimigos naturais pode ser uma técnica fundamental no manejo biológico de pragas (Landis *et al.*, 2000).

Embora a pesquisa não contemple uma maior área de estudo, estes resultados podem ser indicadores da relação do hospedeiro, *R. albinella* e de *Telenomus* sp., o parasitoide com as variáveis abióticas e pode ser utilizado como estudo base para futuras pesquisas sobre pragas e controle biológico em cultivos de arroz. O entendimento sobre o impacto dos fatores abióticos tais como: luz, chuva ou mesmo da umidade do solo ainda são escassos para a maioria das espécies de parasitoides (Grande *et al.*, 2021).

A variável fotoperíodo demonstrou influenciar na abundância de *Telenomus* sp. no estágio fenológico vegetativo do arroz irrigado. A relação negativa da nova espécie de parasitoide com o aumento do fotoperíodo em Arari, MA pode estar relacionada com maior exposição das massas de ovos de *R. albinella* a outros agentes de controle biológico na lavoura.

Ozkan (2007) observou que, com o aumento do fotoperíodo, as atividades diárias dos parasitoides como deslocamentos, busca por hospedeiros e fuga de predadores, são mais intensas do que quando são submetidos em ambiente com diminuição do fotoperíodo.

O fotoperíodo pode atuar como estímulo para intensas atividades de rastreamento de Hymenopteros quando expostos a um período de no mínimo 3h de luz, assim como podem influenciar na atividade de parasitismo, como foi obtido por Silva-Torres *et al.* (2009) em *Plutella xylostella* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Plutellidae) que obteve parasitismo 2,6 vezes maior do que em escotofase.

Sahin e Ozkan (2007) mostram que o fotoperíodo proporciona maior longevidade de parasitoides em condição de plena escotofase do que em densidade de luz, os autores explicam que, em escotofase, os parasitoides utilizam sua energia de maneira mais eficaz do que em fotofase, desta forma, garantem mais longevidade e podem auxiliar no aprimoramento das aplicações de agentes de controle biológico.

A longevidade e fecundidade de alguns parasitoides podem ser reduzidas com o aumento do fotoperíodo (Košťál, 2011). Os parasitoides *Venturia canescens* Gravenhorst (Hymenoptera: Ichneumonidae) apresentam maior longevidade em condição de plena escotofase do que em densidade de luz (Sahin; Ozkan, 2007) e apresentaram respostas similares aos resultados encontrados nesta pesquisa em relação ao fotoperíodo.

Os parasitoides apresentam-se sensíveis aos sinais fotoperiódicos que os possibilitam adaptação do seu ciclo de vida as variações ambientais (Košťál, 2011). Além disso, os parasitoides utilizam diversos recursos ambientais para ajustar seu desenvolvimento ou reprodução e adaptar-se (Pezzini *et al.*, 2019).

Conhecer a condição ideal para o fotoperíodo é fundamental, principalmente em criações de parasitoides, para que sua capacidade reprodutiva seja apresentada ao máximo, no entanto para que essas condições sejam próximas ao natural, e as horas de luz e escuro estejam em equilíbrio (Pezzini *et al.*, 2019). É válido considerar que os fatores abióticos interagem entre si e suas implicações podem ser amenizadas ou potencializadas de acordo com a circunstância (Grande *et al.*, 2021).

Os resultados obtidos, indicam que a técnica molecular do DNA Barcode mostrou-se eficiente na identificação da espécie *Telenomus* sp. e confirma a presença de nova espécie de *Telenomus* sp. no Maranhão, Brasil. O parasitoide coletado nas massas de ovos de *R. albinella* no arroz em Arari, MA possui homologia a espécie de *Telenomus* sp. identificado no Canadá e as duas sequências de *Telenomus* sp. obtidas nesse estudo, não fornecem apenas dados moleculares, mas também serve como ferramenta útil para análise da distinção de outras espécies do gênero *Telenomus* no Brasil e no Maranhão, uma vez que, poucas espécies de *Telenomus* sp. foram identificadas no Brasil.

Na região neotropical espécies do gênero *Telenomus* apresentam complexidade na caracterização em função do pequeno número de espécies analisadas (Aljnab *et al.*, 1998). No Panamá (Zachrisson *et al.*, 2017) e na Colômbia *Telenomus* controla naturalmente ovos de *R. albinella*, além de espécies pertencentes ao gênero *Trichogramma* sp. (Meneses *et al.*, 2008) no entanto, trabalhos que relatem a identificação baseada na análise molecular são pouco conhecidos.

No Brasil, existem relatos sobre a ocorrência de parasitoides de ovos do gênero *Te. rowani* em *R. albinella* no arroz no estado do Tocantins (Ferreira *et al.*, 2001) e também com parasitismo com o gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e outras espécies de *Telenomus* sp. nos estados do Goiás, Piauí e Maranhão Silva (2018). No estudo, Silva (2018) relatou que *R. albinella* apresentou parasitismo de ovos por quatro espécies, duas pertencentes

a família Trichogrammatidae com as espécies, *Tr. pretiosum*; *Tr. lasallei* e duas novas espécies pertencentes a família Platygastridae pertencentes ao gênero *Telenomus* sp. nov. 1 e *Telenomus* sp. nov. 2. A espécie *Telenomus* sp. nov. 1 relatada por Silva (2018) também foi identificada por Barros (2020) como parasitoide de ovos de *R. albinella* em lavoura de arroz no município de Arari, Maranhão.

A população de *T. remus* coletada no Brasil resultaram em uma baixa distância genética quando comparados com a população de *T. remus* obtidos nos laboratórios da Venezuela e dos demais código de DNA de *T. remus* obtidos em bancos de dados online (Wegrant *et al.*, 2021). Além disso, esta pesquisa demonstrou a eficiência da técnica molecular do DNA Barcode como ferramenta para identificação de *Telenomus* sp. (Wegrant *et al.*, 2021).

Camargo (2014) obteve a caracterização morfológica e molecular de *Campoletis* Foerster, 1869 (Hymenoptera, Ichneumonidae, Campopleginae), parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil, na análise morfológica os 451 espécimes estudados se aproximaram das características de *Campoletis flavicincta* Ashmead, 1890, (Hymenoptera: Ichneumonidae) e apresentaram baixa diferenças morfológicas entre si, com essas diferenças foi obtido sete morfogrupos.

Em contrapartida, o resultado da análise molecular das sequências utilizando, mostrou que dos 717 pares de bases, apenas 9 variou entre si o equivalente a apenas 1, 25% de variação genética entre os morfogrupos, para obter certeza das espécies identificadas foi utilizado as sequências em BOLD e obteve distância genética obtida ainda menor equivalente a 0,035 para o grupo identificado como *Campoletis sonorensis* Cameron, 1886 (Hymenoptera, Ichneumonidae, Campopleginae), 0,096 para *C. flavicincta* e 0,103 para outro grupo (Camargo, 2014).

Vieira (2011) em estudos sobre a caracterização das espécies de *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em parasitoides de ovos de *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera: Spingidae) em cultura da mandioca, no Brasil realizou caracterização com estudos, biológico, morfológicos, morfométricos e molecular, os dados obtidos a análise molecular corroboraram aos obtidos nas demais análises, porém com a análise molecular foi confirmado a variação intraespecífica em *Tr. marandobai*, e essa espécie está associada juntamente a *Tr. manicobai* e *Tr. pretiosum* a de *E. ello* em Janaúba, MG. Vieira (2011) ainda mostrou que *Tr. demoroesi* Nagajara 1983 pertence a *Tr. marandobai* é registrada em ovos em ambiente florestal e não parasita ovos de *E. ello*.

O primeiro relato do parasitoide de ovos de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) presente em campo aberto da África foi realizado por Kenis *et al.*

(2019) na qual, obteve das treze sequências (Benin- 2, Costa do Marfim -1, Kenia- 1, Níger- 3, África do Sul -6) de código de barras resultante desse estudo 100% de homologia entre si, com identificação realizada através da comparação dos dados disponibilizados em BOLD, ou seja, mais de 99% dos pares estudados mostraram-se correspondentes a uma série de 31 espécimes disponível em BOLD e caracterizadas como *T. remus*.

A distância genética presentes nas espécimes da África e as inúmeras espécimes de *Te. remus* asiáticos e americanos disponibilizados nos conjuntos de código de barras apresenta-se significativamente pequeno (<1%), dados representativos para a conclusão de que, a espécie identificada por Kenis *et al.* (2019) trata-se da mesma espécie distribuída anteriormente no Sul da Ásia e nas Américas.

Borba *et al.* (2005) em análise da dissimilaridade genética de cinco linhagens de *Trichogramma*: três da espécie *Tr. pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), uma da espécie *Tr. atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e uma *Tr. bruni* Nagaraja, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) através de marcadores moleculares obteve variação de 19% a 96% de similaridade genética entre as espécies. Desta forma, os resultados indicaram que, há variação significativa inter e intra-específica e que o uso de marcadores moleculares é uma alternativa viável para identificação de espécies de *Trichogramma*.

A utilização de taxonomia integrada é um método mais eficiente e acessível para realização de extração e sequenciamento de DNA que se tornou uma alternativa viável para identificar formalmente as espécies (Polaszek *et al.*, 2021). Trata-se de uma metodologia bastante indicada para a elaboração de códigos de barras de DNA, tendo em vista que, esses insetos podem ser base para pesquisas futuras (Wegrant *et al.*, 2021).

Desta forma, a utilização de técnicas moleculares pode fornecer a identidade das espécies de difícil identificação, além disso a caracterização molecular fornece recurso valioso e fundamental para testar conceitos de “parentescos” que fundamentam-se em dados morfológicos limitados (Borba *et al.*, 2005).

A identificação exata de agentes de controle biológico, além do conhecimento da diversidade genética em populações de insetos, é importante para o sucesso das técnicas no controle biológico (Duman *et al.*, 2015). Nesse sentido, os marcadores moleculares são ferramentas que disponibilizam resultados precisos em curto período para identificação de microhimenópteros (Chen *et al.*, 2021) e pode apoiar pesquisas futuras no uso de parasitoides como agente de controle biológico. Gariepy *et al.* (2014) afirmaram que a identificação precisa de inimigos naturais é um passo fundamental no controle biológico.

As técnicas moleculares de espécies são bastante recomendáveis pois, reduzem custo, economiza tempo, espaço e pode permitir uma estimativa mais completa do índice de parasitismo, ainda permite a identificação de hospedeiros parasitados simultaneamente por dois parasitoides distintos, entretanto não indica qual irá sobreviver e emergir do hospedeiro (Agustí *et al.* 2005).

O parasitismo natural de *Telenomus* sp. em *R. albinella* da ordem de 68,64% em lavoura de arroz no Maranhão (Barros, 2020) indica a importância como agente de controle biológico e regulador da noiva-do-arroz. Além disso, a capacidade adaptativa ao agroecossistema orizícola, abre perspectivas da sua utilização em programas de controle biológico aplicado e/ou conservativo, bem como integrar essa alternativa de controle ao Manejo Integrado de Pragas.

Dessa forma, além de se conhecer as espécies que ocorrem naturalmente no campo as informações acerca da abundância do hospedeiro e do parasitoide nos estágios fenológicos do arroz frente a variáveis abióticas e bióticas, bem como a identificação baseada no sequenciamento de DNA são fundamentais e irá permitir ampliar o conhecimento sobre as espécies tendo em vista futuros programas de controle biológico que fomentem a liberação desses agentes em cultivos de arroz.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, pela concessão do auxílio financeiro para a realização da pesquisa (EDITAL FAPEMA UNIVERSAL Nº 40/2015 - Processo n. 01587/16). Ao Laboratório de Ecologia Molecular de Artrópodes do Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil que contribuiu com a caracterização molecular dos parasitoides e a Carolina Reigada Montoya do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP pelo auxílio na análise estatística dos dados da pesquisa.

Referências

- Agusti, N., Bourguet, D., Spataro, T., Delos, M., Eychenne, N., Folcher, L., Arditi, R., 2005. Detection, identification and geographical distribution of European corn borer larval parasitoids using molecular markers. *Mol Ecol.*14(10): 3267-3274. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02650.x>
- Aljanabi, S.M., Loiácono, M.S., Lourenço, R.T., Borges, M., Tigano, M.S., 1998. RAPD Analysis revealing polymorphism in egg parasitoids of soybean stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae). *An Soc Entomol Brasil.* 27 (3): 413-420.
- Barbosa, F. S., Aguiar-Menezes, E. L., Arruda, L. N., Santos, C. L. R. D., Pereira, M. B., 2011. Potencial das flores na otimização do controle biológico de pragas para uma agricultura sustentável. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 6 (2): 101-110.
- Barros, J.C., 2020. Aspectos bioecológicos de *Tibraca limbativentris*, *Oebalus poecilus* (Hemiptera: Pentatomidae) e *Rupela albinella* (Lepidoptera: Crambidae) em lavoura de arroz no Maranhão. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente), Universidade Estadual do Maranhão, Balsas.
- Borba, R. D. S., Garcia, M. S., Kovalski, A., Oliveira, A. C., Zimmer, P. D., Castelo Branco, J. S., & Malone, G., 2005. Dissimilaridade genética de linhagens de *Trichogramma Westwood* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) através de marcadores moleculares ISSR. *Neotrop. Entomol.* 3 (4) :565-569.
- Camargo, L.F., 2014. Caracterização morfológica e molecular de *Campolestis* Foerster, 1869 (Hymenoptera, Ichneumonidae, Campopleginae), parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae). Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Cavalcanti, M. D. G., Vilela, E. F., Eiras, Á. E., Zanuncio, J. C., Picanço, M. C., 2000. Interação tritrófica entre *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), *Eucalyptus* e lagartas de *Thyrintina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae): I visitação. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29 (4): 697-703. <https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000400009>
- Carvalho, R.S., Macedo, L.R., 2015. Guia para reconhecimento dos principais insetos e ácaros praga e inimigos naturais em citros. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 52.
- Chakraborty, K., Moitra, M. N., Sanyal, A. K., & Rath, P. C., 2016. Important natural enemies of paddy insect pests in the upper gangetic plains of West Bengal, India.
- Chen, M.N., Santander, R.D., Talamas, E.J., Jentsch, P.J., Bon, M.C., Aćimović, S.G., 2021. Molecular Identification of *Trissolcus japonicus*, Parasitoid of the Brown Marmorated Stink Bug, by Species-Specific PCR. *Insects.* 12 (5): 467. <https://doi.org/10.3390/insects12050467>
- Dequech, S. T. B., Camera, C., Sturza, V. S., Ribeiro, L. D. P., Querino, R. B., & Poncio, S. (2013). Population fluctuation of *Spodoptera frugiperda* eggs and natural parasitism by

Trichogramma in maize. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 35 (3): 295-300. Doi: 10.4025/actasciagron.v35i3.1676

- Dequech, S.T.B., Silva, R.F.P.D., Fiuza, L.M., 2004. Ocorrência de parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lep., Noctuidae) em sabores de milho em Cachoeirinha, RS. *Ciência Rural*, 34 (4): 1235-1237.
- Duman, M., Guz, N., & Sertkaya, E. 2015. DNA barcoding of sunn pest adult parasitoids using *cytochrome c oxidase subunit I* (COI). *Biochemical Systematics and Ecology*. 59: 70-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2015.01.003>
- Ferreira, E., 2006. Fauna prejudicial. In: Santos, A.B., Stone, L.F., Vieira, N.R.A. (Eds.), *A cultura do arroz no Brasil*. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, pp. 485-554
- Ferreira, E., Breseghello, F., Castro, E.D.M., Barrigossi, J.A.F. 2001. Broca-do-colmo nos agroecossistemas de arroz do Brasil. Embrapa Arroz e Feijão-Documents. Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil, 42 p.
- Gariepy, T.D., Haye, T., Zhang, J. 2014. A molecular diagnostic tool for the preliminary assessment of host-parasitoid associations in biological control programmes for a new invasive pest'. *Molecular ecology*. 23 (15): 3912-3924.
- Gingras, D., Dutilleul, P., Boivin, G., 2002. Modelagem do impacto da estrutura da planta no comportamento de busca de hospedeiros de parasitóides. *Oecologia*, 130 (3): 396-402. [10.1007/s00442-001-0819-y](https://doi.org/10.1007/s00442-001-0819-y)
- Grande, M. L. M., de Queiroz, A. P., Gonçalves, J., Hayashida, R., Ventura, M. U., Freitas Bueno., 2021. Impact of Environmental Variables on Parasitism and Emergence of *Trichogramma pretiosum*, *Telenomus remus* and *Telenomus podisi*. *Neotropical Entomology*. 50: 605. <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00874-2>
- Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S.L., Dewaard, J.R., 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. R. Soc. Lond.* 270 (1512): 313-321.
- Hickel, E.R.; Prando, H.F.; Eberhardt, D.S. (2018). Lagartas nas lavouras catarinenses de arroz irrigado: ocorrência, monitoramento e manejo integrado. Florianópolis: Epagri 48p.
- Johnson, N. F. 1984. Sistemática de *Telenomus Neártico*: classificação e revisões dos grupos de espécies *podisi* e *phymatae* (Hymenoptera: Scelionidae). *Sistemática de Telenomus Neártico: classificação e revisões dos grupos de espécies podisi e phymatae* (Hymenoptera: Scelionidae). 6 (3):113 <https://doi.org/19850529768>
- Kenis, M., Du Plessis, H., Van den Berg, J., Ba, M. N., Goergen, G., Kwadjo, K. E., Polaszek, A., 2019. *Telenomus remus*, a candidate parasitoid for the biological control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already present on the continent. *Insects*, 10 (4): 92. <https://doi.org/10.3390/insects10040092>
- Kizito, E.B., Masika, F.B., Masanza, M., Aluana, G., Barrigossi, J. A. F., 2017. Abundance, distribution and effects of temperature and humidity on arthropod fauna in different rice

- ecosystems in Uganda. *J Entomol Zool Stud.* 5 (5): 964-973. <https://hdl.handle.net/20.500.11951/88>
- Koštál, V. (2011). Calendário fotoperiódico de insetos e relógio circadiano: independência, cooperação ou unidade?. *Journal of insect Physiology*, 57 (5): 538-556. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.10.006>
- Ozkan, C., 2007. Efeito da alimentação, luz e ínstar do hospedeiro na carga de ovos do endoparasitóide sinovigênico *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of Pest Science*, 80 (2):79-83. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-006-0155-4>
- Landis, D.A., Wratten, S.D., Gurr, G.M., 2000. Manejo de habitat para conservar inimigos naturais de artrópodes-praga na agricultura. *Revisão anual de entomologia*, 45 (1): 175-201. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.175>
- Lawton, J.H., 1983. Arquitetura vegetal e a diversidade de insetos fitófagos. *Revisão anual de entomologia*, 28 (1): 23-39. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.28.010183.000323>
- Masner, L., 1976. Notas de revisão e chaves para gêneros mundiais de Scelionidae (Hymenoptera: Proctotrupoidea). *As Memórias da Sociedade Entomológica do Canadá*, 108 (97):1-87. <https://doi.org/10.4039/entm10897fv>
- Meneses, R., Calvert, L., Gutierrez, A., Gomez, J., Hernandez, J., 2008. Manejo integrado de los principales insectos y ácaros plagas del arroz. Instituto de Investigaciones del arroz (Arroz). Instituto de investigaciones del arroz. Bauta, Artemisa, República de Cuba, 130 p.
- Ozkan, C., 2007. Efeito da alimentação, luz e ínstar do hospedeiro na carga de ovos do endoparasitóide sinovigênico *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of Pest Science*, 80 (2):79-83. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-006-0155-4>
- Oksanen, J., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., 2018. *Vegan: community ecology package*. University of Oulu. 2-5.
- Pezzini, C., Jahnke, S. M., Köhler, A., 2019. Capacidade de paralisação, parasitismo e viabilidade de *Habrobracon hebetor* sob o efeito do fotoperíodo. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 62 (1):1-8. <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2019.3029>
- Polaszek, A., AL-Riyami, A., Lahey, Z., Al-Khatri, S.A., Al-Shidi, R.H., Hardy, I.C.W. 2021. *Telenomus nizwaensis* (Hymenoptera: Scelionidae), an important egg parasitoid of the pomegranate butterfly *Deudorix livia* Klug (Lepidoptera: Lycaenidae) in Oman. *PloS one*. 16 (5): e0250464. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250464>
- Proclima (Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste). URL <http://proclima.cptec.inpe.br/index.shtml>.

- Rangel, P., Pereira, J., Santos, R., Ferreira, M., Morais, O. P. 2013. BRS MA 357: cultivar de arroz de ciclo longo para a Baixada Maranhense. Embrapa Meio-Norte-Comunicado Técnico.
- Ricklefs, R.E., 1987. Community Diversity: Relative Roles of Local and Regional Processes. *Science New Series*, 235 (4785): 167-171. <https://doi.org/10.1126/science.235.4785.167>
- Rahat, S., Gurr, GM, Wratten, S.D, Mo, J., Neeson, R., 2005. Efeito de néctares de plantas na longevidade adulta do parasitóide percevejo, *Trissolcus basalus*. *International Journal of Pest Management*, 51 (4): 321-324. DOI: 10.1080/09670870500312778
- Sahin, A.K., Ozkan, Cem. 2007. Effect of light on the longevity and fecundity of *Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Pak J Zool.* 39 (5): 315, 2007. <https://doi.org/10.1.1.1056.3823>
- Santos, R.N., Silva, G.V., 2018. Monitoramento de insetos-pragas para a tomada de decisão de controle na cultura da soja. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa.* 34: 294-309.
- Silva, N.N.P. 2018. Utilização de parasitoides de ovos visando o controle de *Diatraea saccharalis* e *Rupela albinella* (Lepidoptera: Crambidae) na cultura do arroz. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Piauí, Brasil. 86p.
- Silva, P., Barros, R.P., Barrigossi, J.A. 2013. Ocorrência de pragas e inimigos naturais em arroz irrigado em Igreja Nova-Alagoas. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, Santa Maria. Avaliando cenários para a produção sustentável de arroz: anais. Santa Maria: UFSM, Porto Alegre.
- Silva-Torres, C.S.A., Barros, R., Torres, J.B., 2009. Efeito da idade, fotoperíodo e disponibilidade de hospedeiro no comportamento de parasitismo de *Oomyzus sokolowskii* Kurdjumov (Hymenoptera: Eulophidae). *Neotrop Entomol.* 38: 512-519. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000400013>
- Simões-Pires, P.R., Jahnke, S.M., Redaelli, L.R., 2016. Influence of the vegetation management of the levees in irrigated rice organic in diversity of Hymenoptera parasitoids. *Braz J Biol.* 76: 774-781. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.06215>
- Sistema De Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit) – Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento (Mapa). 2021. Consulta de praga\doença. https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons/ (Acesso 15 de Maio de 2021).
- Sistema de agrotóxicos fitossanitários. 2020. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso: 15/Abr/2020
- Teston, J.A., Corseuil, E., 2004. Diversidade de Arctiinae (Lepidoptera: Arctiidae) capturados com armadilha luminosa, em seis comunidades no Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev Bras Entomol.* 48: 77-90. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262004000100014>

- Thei, R.S.P., Abadi, A.L., Mudjiono, G., Suprayogo, D., 2020. The dynamics of Arthropod diversity and abundance in rice field ecosystem in Central Lombok, Indonesia. *Biodiv J Biol Diversity*. 21 (12): 5850-5857. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211249>
- Vieira, J.M. 2011. Caracterização de espécies de *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoides de ovos de *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera: Spingidae). Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Wengrat, A.P., Junior, A.C., Parra, J.R., Takahashi, T.A., Foerster, L.A., Corrêa, A.S., Zucchi, R.A., 2021. Integrative taxonomy and phylogeography of *Telenomus remus* (Scelionidae), with the first record of natural parasitism of *Spodoptera* spp. in Brazil. *Sci Rep*. 11 (1): 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93510-3>
- Zachrisson, B.; Polanco, P.; Osorio, P. 2017. Natural control of insect-pests in the rice agroecosystem, in Panama and the complex of egg parasitoids. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*. 2 (5):1-19.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 662 pp

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O levantamento de espécies de parasitoides de ovos *Telenomus* sp. na cultura do arroz no Maranhão devem ser realizadas, com o objetivo de fornecer novas informações e aprimorar os programas de controle biológico de *R. albinella* no Maranhão;
- Existe diferença da abundância da nova espécie de *Telenomus* sp. sobre massas de ovos de *R. albinella* nos estágios fenológicos de arroz irrigado no Maranhão e variações do fotoperíodo podem afetar essa abundância.
- A utilização de tecnologias moleculares pode contribuir na identificação correta das espécies de parasitoides, especialmente as espécies de difícil identificação como os microhimenópteros que compõe a fauna brasileira.