

Simulação da infecção em refúgio hibernar do gorgulho-aquático *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) pelo fungo *Beauveria bassiana*¹

Sergio Francisco Bervanger², Eduardo Rodrigues Hickel³ e César Assis Butignol⁴

Resumo – *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae) é praga-chave da cultura do arroz irrigado na Região Sul do Brasil. Embora o controle biológico da espécie com fungos entomopatogênicos seja promissor, ainda há carência de estudos da ecologia patógeno-hospedeiro para efetivação em campo. O objetivo deste trabalho foi simular a infecção em refúgio hibernar de adultos de *O. oryzae* por *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Na primeira simulação, foi verificada a eficiência do fungo presente em carcaças do inseto com micélios exteriorizados recolhidas há 20 meses (inóculo “velho”), enquanto que na segunda simulação as carcaças infectadas foram obtidas 2 dias antes (inóculo “novo”). A primeira simulação foi montada em caixas gerbox com o fundo forrado com papel toalha umedecido, sendo colocados 10, 50 e 100 insetos vivos com 0, 1, 5 e 10 carcaças infectadas. Na segunda simulação, em caixas acrílicas (9,5 x 4,5 x 3cm), foram colocados 4, 8, 21 e 42 insetos vivos com 0, 2 e 4 carcaças. Em ambos os ensaios, o delineamento foi completamente casualizado com 4 repetições. Foram avaliadas as taxas de mortalidade e de insetos com esporulações exteriorizadas, confirmando a infecção por *B. bassiana*. Carcaças infectadas obtidas há 20 meses não resultaram em aumento de mortalidade para nenhuma das quantidades de inóculo e densidades de insetos. Já com carcaças infectadas há 2 dias, houve mortalidade e exteriorização de micélios nos insetos significativas para a quantidade de carcaças, independente da densidade de insetos nas caixas. Disto resulta que o controle biológico de *O. oryzae* em refúgio hibernar por *B. bassiana* depende de quão longo e infectivo está o inóculo do fungo.

Termos para indexação: Bicheira-da-raiz; Controle biológico; Fungo entomopatogênico; Praga de solo; Arroz irrigado.

Simulation of infection in the overwinter refuge of the South American rice water weevil *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) by the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*

Abstract – *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae) is a key pest of irrigated rice in the southern region of Brazil. Although biological control of the species with entomopathogenic fungi is promising, there is still a lack of studies on pathogen-host ecology for field implementation. The objective of this work was to simulate infection of *O. oryzae* adults by *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in overwinter refuge. In the first simulation, the efficiency of the fungi present in insect carcasses with externalized mycelia collected 20 months ago was verified (“old” inoculum), while in the second simulation, the infected carcasses were obtained 2 days earlier (“new” inoculum). The first simulation was set up in gerboxes with the bottom lined with moistened paper towels, with 10, 50 and 100 live insects placed with 0, 1, 5 and 10 infected carcasses. In the second simulation, 4, 8, 21 and 42 live insects were placed with 0, 2 and 4 carcasses in acrylic boxes (9,5 x 4,5 x 3cm). In both trials, the design was completely randomized with 4 replicates. The mortality rate and the number of insects that had externalized sporulations caused by the fungi were evaluated. Infected carcasses obtained 20 months ago did not result in increased mortality for any of the inoculum amounts and insect densities. With 2-day-old infected carcasses, there was significant mortality and externalization of mycelia in the insects for the number of carcasses, regardless of the density of insects in the boxes. It follows that the biological control of *O. oryzae* in overwinter refuge by *B. bassiana* depends on how long-lived and infective the fungal inoculum is.

Index terms: Root weevil; Biological control; Soil insect pest; Invertebrate pathology; Irrigated rice.

Submetido em 09/10/2024. Aceito para publicação em 07/04/2025.

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1940>

Editor de seção: Paulo Antonio de Souza Gonçalves/ Epagri

¹ Extraído do trabalho de conclusão de curso (TCC) do primeiro autor, apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheiro-Agrônomo.

² Engenheiro-agrônomo, Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Ademar Gonzaga, 1346, Itacorubi, 88040-900, Florianópolis, SC, e-mail: sbervanger@gmail.com.

³ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí, C.P. 277, 88301-970, Itajaí, SC, fone: (47) 3398-6337, e-mail: hickel@epagri.sc.gov.br

⁴ Professor Associado, Dr., UFSC/Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Rod. Ademar Gonzaga, 1346, Itacorubi, 88040-900, Florianópolis, SC, e-mail: cesar.butignol@ufsc.br

Introdução

O estado de Santa Catarina é o segundo produtor nacional de arroz, sendo responsável por 11% da produção. A área média anual destinada ao cultivo do arroz irrigado no Estado é de 146 mil hectares, com a produção de cerca de 1,2 milhão de toneladas do grão. Na safra 2023/2024, a produtividade média obtida foi de 8,5 t/ha (Padrão, 2024).

No sistema de cultivo de arroz pré-germinado, que predomina em Santa Catarina, a presença da lâmina de água desde a semeadura antecipa e intensifica a infestação pelo gorgulho-aquático *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae), um inseto de ocorrência crônica em todas as regiões orizícolas de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul (Martins *et al.*, 2020; Hickel, 2022; Reunião..., 2022). A larva de *O. oryzae* recebe a denominação vulgar de bicheira-da-raiz e é a praga de solo mais importante do arroz. A bicheira-da-raiz se instala no sistema radicular das plantas e facilmente atinge o nível de dano econômico, podendo causar perdas significativas na produção (Rosa *et al.*, 2013; Martins *et al.*, 2020).

O controle químico é o método mais utilizado contra a bicheira-da-raiz, porém seu emprego indiscriminado pode ocasionar problemas de contaminação humana e ambiental (Nakagome; Noldin; Resgala Jr., 2006; Martins; Cunha, 2007). A utilização de fungos entomopatogênicos no controle de adultos de *O. oryzae* é considerada promissora (Martins *et al.*, 1986; Prando; Ferreira, 1994; Costa *et al.*, 2001), porém ainda faltam estudos para a efetivação de uma recomendação de campo (Leite *et al.*, 1992; Irwin, 1996; Martins *et al.*, 2010). O controle biológico com fungos entomopatogênicos apresenta bom potencial para emprego em locais onde há maior concentração de insetos, como nos refúgios de hibernação (Alves, 1998; Vega *et al.*, 2007).

Os adultos de *O. oryzae* passam o período de entressafra do arroz em diapausa, abrigados em refúgios hibernais, distribuindo-se de forma agregada

(Redaelli; Becker; Romanowski, 1997). Os hibernantes se dirigem para locais sombreados, aglomerando-se entre o solo e vegetais em decomposição de capões de mata, macegais, bambuzais, canaviais, ou mesmo na vegetação que reveste os canais de irrigação e drenagem. Uma parcela da população pode, inclusive, hibernar na própria resteva do arroz (Camargo; Asayama; Leite, 1990; Bao; Pérez, 2012). Nesses refúgios normalmente ocorre epizootia de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., podendo atingir aproximadamente 42% da população hibernante (Mielitz; Silva, 1992).

O fungo *B. bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) é cosmopolita e encontrado frequentemente sobre insetos ou em amostras de solo, podendo permanecer por longos períodos em saprogênese. Em campo, ocorre de forma enzoótica e epizootica em coleópteros e hemípteros, entre outras ordens de insetos, causando doença letal. Devido a sua virulência e a seu amplo espectro de hospedeiros, esse fungo tem sido um dos entomopatógenos mais pesquisados e utilizados em programas de controle biológico de pragas (Alves, 1998; Mascarin; Jaronski, 2016).

Um melhor conhecimento da epizootia de *B. bassiana* nos refúgios de hibernação de *O. oryzae* poderá fornecer subsídios para a aplicação do controle biológico nestes locais. Hickel, Milanez e Hinz (2015) propõem que a contaminação dos gorgulhos aquáticos por *B. bassiana* deva ser artificialmente promovida em armadilhas luminosas, antes destes migrarem para os refúgios de hibernação. Assim, a chegada de gorgulhos já contaminados na hibernação incrementaria as epizootias por *B. bassiana*.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi simular a infecção em refúgio hibernar de adultos de *O. oryzae* por *B. bassiana*, para esclarecer aspectos da ecologia patógeno-hospedeiro. Para tanto, adotou-se o modelo ecológico de adultos livre de contaminação, chegando em locais com infectados já presentes.

Material e métodos

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Entomologia da Estação Experimental de Itajaí, sob temperatura de 24±1°C e umidade relativa do ar de 60±4%.

O. oryzae vivos foram capturados entre os dias 30/09 e 01/10/2017, mediante armadilhas luminosas, modelo Luiz de Queiroz, instaladas no campo. Após a triagem da coleta, os indivíduos foram mantidos em caixas gerbox (11 x 11 x 3cm), com fundo forrado com papel toalha umedecido. Folhas de grama-boiadeira (*Luziola peruviana* Juss.), lavadas em água corrente, foram fornecidas *ad libitum* como alimento.

Como fonte de inóculo foram utilizadas carcaças de indivíduos adultos de *O. oryzae* infectados naturalmente por *B. bassiana* em laboratório e envoltas por massa fúngica pulverulenta, caracterizada pela exteriorização de micélios e esporos do entomopatógeno. Inóculo de duas épocas foram utilizados, sendo um de carcaças recolhidas em 20/01/2016 e mantidas em placa de petri no laboratório (inóculo “velho”) e o outro de carcaças recolhidas em 25/10/2017 (inóculo “novo”). A quantidade de esporos nas carcaças foi aferida mediante contagem em câmara de Neubauer. As soluções para contagem de esporos foram preparadas adicionando-se 5 carcaças em 1mL de água destilada com 0,1mL de surfactante Tween 20 e agitadas por 30s.

O ensaio com inóculo “velho” foi instalado em 03/10/2017, utilizando-se caixas gerbox (121cm² de área) previamente desinfetadas com álcool 96GL e fundo forrado com papel toalha umedecido com água destilada. Os tratamentos, em delineamento fatorial, consistiram de três densidades de insetos vivos, sendo 1:12,1cm²; 1:2,42cm² e 1:1,21cm² (10, 50 e 100 indivíduos por caixa) e quatro quantidades de inóculo de *B. bassiana*, equivalentes a 0, 1, 5 e 10 carcaças por caixa.

O ensaio com inóculo “novo” foi instalado em 27/10/2017, utilizando-se caixas acrílicas (9,5 x 4,5 x 3cm) também desinfetadas com álcool 96GL e

fundo forrado com papel toalha ume-decido. Optou-se pelas caixas menores em função da menor disponibilidade de insetos e carcaças infectadas, contudo, procurando-se manter as mesmas densidades do ensaio anterior. Os tratamentos, também em delineamento fatorial, consistiram de quatro densidades de insetos vivos, sendo 1:10,7cm²; 1:5,3cm²; 1:2cm² e 1:1cm² (4, 8, 21 e 42 indivíduos por caixa) e três quantidades de carcaças infectadas por *B. bassiana*, equivalentes a 0, 2 e 4 carcaças por caixa.

As carcaças infectadas (inóculo) foram depositadas no centro das caixas, em câmara de fluxo laminar, sendo logo em seguida colocados os insetos vivos, sem o fornecimento de alimentação. As caixas foram mantidas em sala climatizada e rotacionadas uma vez ao dia, para evitar o acúmulo de insetos na face voltada para a luz natural. Esta aglutinação de indivíduos poderia, em tese, proporcionar uma maior infecção de indivíduos, que não ocorreria em condições de campo.

Para ambos os ensaios, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. As avaliações ocorreram no intervalo de 10 a 15 dias e uma semana após, contando-se o número de insetos mortos e aqueles com esporulação esbranquiçada característica (Figura 1), sendo estes últimos considerados infectados por *B. bassiana*. As taxas de mortalidade foram transformadas para $\text{Arcsen}(\sqrt{(x/100)})$ e submetidas à análise de variância e teste de médias a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R (R Development Core Team, 2013).

Resultados e discussão

Não houve diferenças significativas no ensaio com inóculo “velho”, quer para incidência de infecção fúngica por *B. bassiana* ($F_{17/\text{out}} = 1,02$; $p=0,37$; $F_{25/\text{out}} = 1,37$ $p=0,26$), quer para mortalidade geral ($F_{17/\text{out}} = 1,54$ $p=0,22$; $F_{25/\text{out}} = 0,96$ $p<0,40$) em todas as quantidades de inóculo (carcaças) e densidades (Tabela 1). Isso demonstra que, embora tives-

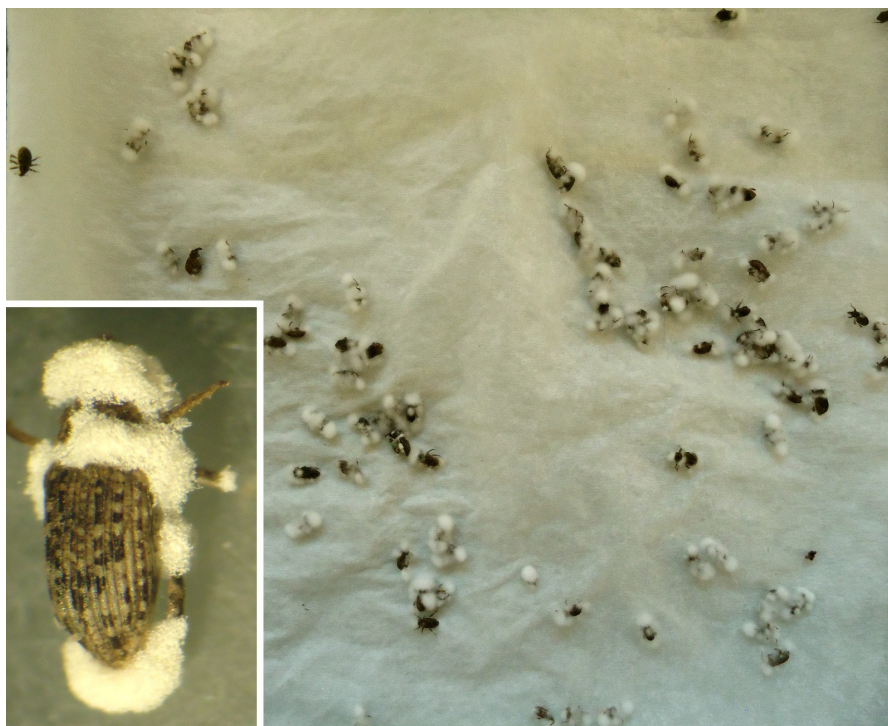


Figura 1. Epizootia de *Beauveria bassiana* em refúgio hibernar simulado. No detalhe, o característico crescimento micelial esbranquiçado na carcaça do inseto

Foto: Eduardo Hickel

Figure 1. Epizootic of *Beauveria bassiana* in simulated overwinter refuge. In detail, the characteristic whitish mycelial growth on the insect carcass

Photo: Eduardo Hickel

sem esporos disponíveis ($7,4 \times 10^5$ esporos/carcaça), estes perderam a viabilidade com o passar do tempo, deixando de infectar os insetos. Esse resultado corrobora com Borges *et al.* (2011) que verificaram que o inóculo de *B. bassiana* persistiu por até 120 dias após a aplicação em área de cultivo de erva-mate (*Ilex paraguayensis* St.-Hil.).

A baixa persistência do inóculo de *B. bassiana* nos agroecossistemas é um problema a ser resolvido na efetivação do controle biológico e é foco de inúmeros estudos no Brasil e no exterior. Busca-se, entre outros, conhecer o efeito de fatores bióticos e abióticos sobre essa persistência (Inglis; Goettel; Johnson, 1993; Kouassi; Coderre; Todorova, 2003; Dolci *et al.*, 2006; Borges *et al.*, 2011), bem como desenvolver formulações e adjuvantes que mantenham por mais tempo a infectividade dos propágulos (Mascarin e Jaronski, 2016).

No ensaio com inóculo “novo” houve efeito significativo da quantidade de inóculo ($1,4 \times 10^6$ esporos/carcaça) so-

bre a mortalidade geral dos indivíduos e, principalmente, para aqueles infectados por *B. bassiana*, sendo que a presença de inóculo (carcaças) resultou em maior mortalidade, independente da densidade no abrigo hibernar simulado (Tabela 2). Esses resultados indicam que a epizootia de *B. bassiana* é dependente da presença de inóculo ativo no ambiente e daquele que vai sendo gerado no abrigo hibernar e que o acúmulo de indivíduos nesse ambiente, proporcionalmente, não contribui para a epizootia.

Embora a mortalidade geral na testemunha (sem inóculo) tenha sido relativamente alta (acima de 70%) (Tabela 2), a quantidade de indivíduos efetivamente mortos por infecção fúngica foi baixa (até 22%). Essa mortalidade geral alta resultou da captura de insetos no início de outubro, quando ocorre a saída do período de diapausa, cujos indivíduos, mesmo alimentados, têm baixa longevidade (Martins *et al.*, 2020). Por sua vez, a infecção fúngica por *B. bas-*

Tabela 1. Mortalidade geral e devido à infecção por *Beauveria bassiana* em adultos de *Oryzophagus oryzae* expostos a diferentes quantidades de inóculo “velho” (carcaças infectadas há 20 meses) em refúgio hibernal simulado
 Table 1. Overall mortality and mortality due to *Beauveria bassiana* infection in *Oryzophagus oryzae* adults exposed to different amounts of “old” inoculum (20-month-old infected carcasses) in a simulated overwinter refuge

Inóculo “velho” (carcaças)	Avaliação em 06/11/2017			Avaliação em 13/11/2017		
	Adultos de <i>O. oryzae</i>			Adultos de <i>O. oryzae</i>		
	10	50	100	10	50	100
----- Mortalidade (%) ¹ -----						
0	27,5 ± 15,0	33,0 ± 26,8	35,5 ± 26,8	42,5 ± 22,2	50,5 ± 21,1	57,7 ± 21,1
1	22,5 ± 12,6	57,5 ± 10,0	29,2 ± 25,3	37,5 ± 19,0	71,0 ± 2,6	55,2 ± 19,8
5	27,5 ± 22,2	39,0 ± 6,6	24,0 ± 8,4	32,5 ± 15,0	58,0 ± 9,9	49,2 ± 10,2
10	57,5 ± 17,1	31,5 ± 22,0	43,0 ± 6,4	57,5 ± 17,1	44,0 ± 20,2	63,2 ± 4,6
CV (%) ²	31,34			18,88		
----- Infectados (%) ¹ -----						
0	0,0 ± 0,0	0,5 ± 1,0	1,2 ± 1,9	0,0 ± 0,0	1,5 ± 1,0	2,6 ± 3,4
1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	4,5 ± 5,3	0,0 ± 0,0
5	5,0 ± 10,0	1,0 ± 1,5	0,2 ± 0,5	10,0 ± 20,0	4,0 ± 8,0	0,2 ± 0,5
10	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	4,7 ± 9,5
CV (%)	295,14			219,10		

^{1/} Não foram detectadas diferenças estatísticas pelo teste F da análise de variância.
^{2/} Coeficiente de variação em porcentagem
^{1/} No statistical differences were detected by the F test of the analysis of variance.
^{2/} Coefficient of variation in percentage

Tabela 2. Mortalidade geral e devido à infecção por *Beauveria bassiana* em adultos de *Oryzophagus oryzae* expostos a diferentes quantidades de inóculo “novo” (carcaças infectadas há 2 dias) em refúgio hibernal simulado
 Table 2. Overall mortality and mortality due to *Beauveria bassiana* infection in *Oryzophagus oryzae* adults exposed to different amounts of “new” inoculum (2-day-old infected carcasses) in a simulated overwinter refuge

Inóculo (carcaças)	Avaliação em 06/11/2017 ¹		Avaliação em 13/11/2017 ¹	
	Mortalidade (%)	Infectados (%)	Mortalidade (%)	Infectados (%)
0	73,4 ± 18,8 b	10,3 ± 13,5 b	86,8 ± 15,8 b	21,7 ± 2,4 b
2	97,3 ± 5,3 a	28,9 ± 26,9 ab	99,3 ± 1,4 a	73,2 ± 13,4 a
4	99,7 ± 1,2 a	55,8 ± 23,8 a	100 ± 0,0 a	73,8 ± 12,0 a
CV (%) ²	3,89	53,30	4,27	23,24

^{1/} Não foram detectadas diferenças estatísticas pelo teste F da análise de variância.
^{2/} Coeficiente de variação em porcentagem
^{1/} No statistical differences were detected by the F test of the analysis of variance.
^{2/} Coefficient of variation in percentage

siana no tratamento testemunha pode ocorrer tanto pela captura de insetos previamente contaminados com esporos no campo, como pela contaminação por manipulação laboratorial, apesar de serem tomados todos os cuidados para evitá-la (Hickel; Milanez; Hinz, 2015). Não obstante, a taxa de infectados na testemunha ficou bem aquém daquelas observadas nos tratamentos com a presença de inóculo (Tabela 2).

Cabe destacar que a detecção da mortalidade por infecção fúngica evoluiu com o passar do tempo e a presença de insetos com exteriorização de micélios ultrapassou 70% dos indivíduos mortos na segunda avaliação (Tabela

2). Isso se deve a dois motivos, primeiro pelo tempo decorrido no processo de ença, que culmina com a esporulação do fungo fora da carcaça do inseto (Alves, 1998; Mascarin; Jaronski, 2016) e segundo, pelo incremento da fonte de inóculo, à medida que mais carcaças passam a produzir e liberar esporos. Nos experimentos conduzidos por Hickel, Milanez e Hinz (2015) e por Tomasoni, Heiber e Hickel (2018), utilizando a armadilha luminosa como aparato de contaminação fúngica por *B. bassiana*, as taxas de mortalidade de *O. oryzae* ficaram na ordem de 73 a 98%.

Vários estudos corroboram a eficiência de *B. bassiana* no controle de cole-

ópteros, inclusive da família Curculionidae. Resultados obtidos por Coutinho e Cavalcanti (1988), no controle biológico do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, mostraram se tratar de uma alternativa viável, de baixo custo e não poluente. O controle biológico do moleque-da-bananeira, *Cosmopolites sordidus* (Germar), tem sido eficaz com a contaminação dos insetos em armadilhas atrativas, confeccionadas com o pseudocaule da bananeira impregnado com *B. bassiana* (Prando, 2006). Também no estudo realizado por Borges (2007), houve redução significativa do ataque de *Hedypathes betulinus* (Klug) (Coleoptera: Cerambycidae) em

erveiras (*I. paraguayensis*), em razão da aplicação do formulado de *B. bassiana*.

Extrapolando os resultados do presente trabalho, tendo em vista a ecologia da epizootia de *B. bassiana* nos abrigos hibernais, é possível inferir que o inóculo que fica de um ano para o outro nos abrigos, representado pelas carcasas dos indivíduos infectados, perde muito da sua virulência e pouco contribui para desencadear novas contaminações. Isso faz com que a epizootia de *B. bassiana* demore a ocorrer, sendo evidenciada somente no final do período de diapausa de *O. oryzae* (Mielitz; Silva, 1992). Essa suposição é plausível pois, do contrário, não era de se esperar que *O. oryzae* se tornasse praga em arroz irrigado, uma vez que, a cada ciclo, as populações estariam sob intenso controle biológico natural por *B. bassiana* nos abrigos de hibernação.

Sob o ponto de vista do manejo integrado de pragas, especificamente na aplicação do controle biológico de *O. oryzae* com *B. bassiana*, os resultados sugerem que, anteriormente a cada entressafra, deve-se contaminar com inóculo ativo os indivíduos que deixam a lavoura rumo à hibernação, ou de alguma forma, propiciar que esporos viáveis adentrem os abrigos de hibernação. Neste aspecto, Hickel, Milanez e Hinz (2015) propuseram o uso de armadilhas luminosas como local para contaminação artificial de adultos de *O. oryzae* com esporos viáveis de *B. bassiana*, justamente para garantir que cheguem mais indivíduos contaminados aos locais de hibernação.

O fato de a densidade de insetos vivos no abrigo hibernar simulado não ter contribuído para uma maior infecção fúngica dos indivíduos sugere que mais estudos devam ser conduzidos, talvez com uma melhor simulação das condições naturais desses abrigos. Era esperado que nas densidades menores, a probabilidade dos indivíduos contatarem a fonte de inóculo fosse menor e assim, a mortalidade por infecção fúngica menor também. É possível que o volume vazio encerrado nas caixas usadas como compartimento para reter os indivíduos tenha permitido a ampla disper-

são de esporos no ambiente, facilitando a contaminação e infecção fúngicas.

Conclusões

- O controle biológico de *O. oryzae* em refúgio hibernar por *B. bassiana* depende de quão longo e infectivo está o inóculo do fungo.

- A presença de inóculo viável de *B. bassiana* nos abrigos hibernais de *O. oryzae* garante a epizootia do fungo.

Contribuição dos autores

Sergio Francisco Bervanger: Escrita - primeira redação, Validação, Metodologia, Investigação, Análise formal, Curadoria de dados, Conceituação. **Eduardo Rodrigues Hickel** - Escrita - revisão e edição, Validação, Metodologia, Investigação, Análise formal, Curadoria de dados, Recursos, Conceituação. **César Assis Butignol** - Escrita - revisão e edição, Análise formal, Conceituação.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses neste trabalho.

Dados de pesquisa

Dados serão disponibilizados pelo autor por solicitação.

Agradecimentos

Aos acadêmicos Miguel Busarello Lauterjung pelo auxílio nas análises estatísticas; Samantha Filippin e Moisés Pollak Júnior pela discussão crítica do manuscrito.

Referências

ALVES, S.B. **Controle microbiano de insetos**. 2.ed. Piracicaba: Fealq, 1998. 1163p.

BAO, L.; PÉREZ, O. **El gorgojo acuático del arroz**. Montevideo: INIA, 2012. 34p.

BORGES, L.R. **Eficiência de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycota) para o controle de *Hedypathes betuli-***

nus (Klug) (Coleoptera: Cerambycidae) em erva-mate, *Ilex paraguariensis* ST. Hil. (Aquifoliaceae). 102f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

BORGES, L.R.; LAZZARI, S.M.N.; PIMENTEL, I.C.; CAMARGO, L.C.B.; KALINOSKI, L.M. Persistência no solo de inóculo de *Beauveria bassiana* empregado para o controle de *Hedypathes betulinus* em plantio de *Ilex paraguariensis*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 1, p. 135-144, 2011. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328063413.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2018.

CAMARGO, L.M.P.C.A.; ASAYAMA, T.; LEITE, N. Locais de hibernação preferidos pelos adultos dos gorgulhos aquáticos do arroz irrigado, no município de Pindamonhangaba, estado de São Paulo. **Revista de Agricultura, [S.l.]**, v.65, n.1, p.75-79. 1990.

COSTA, E.L.N.; CRUZ, F.Z.; DIAS, R.B.O.; SILVA, R.F.P.; OLIVEIRA, J.V.; FIUZA, L.M. Controle de adultos de *Oryzophagus oryzae* (Col.: Curculionidae) com formulações comerciais de fungos entomopatogênicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2., 2001, Porto Alegre. **Anais[...]**. Porto Alegre, 2001. p. 357-359.

COUTINHO, J.L.B.; CAVALCANTI, V.A.L.B. Utilização do fungo *Beauveria bassiana*, no controle biológico do bicudo do algodoeiro em Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.5, p. 455-461, 1988. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/13888/7875>. Acesso em: 05 mar. 2018.

DOLCI, P.; GUGLIELMO, F.; SECCHI, F.; OZINO, O.I. Persistence and efficacy of *Beauveria brongniartii* strains applied as biocontrol agents against *Melolontha melolontha* in the Valley of Aosta (northwest Italy). **Journal of Applied Microbiology, [S.l.]**, v.100, n.5, p.1063–1072, 2006. DOI:10.1111/j.1365-2672.2006.02808.x.

HICKEL, E.R. Manejo de pragas. In: VALE, M.L.C.; HICKEL, E.R. (orgs.). **Recomen-**

dações para a produção sustentável de arroz irrigado em Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2022. p.81-99. (Sistema de Produção, 56).

HICKEL, E.R.; MILANEZ, J.M.; HINZ, R.H. Infecção artificial de adultos da bicheira-da-raiz com *Beauveria bassiana* em armadilha luminosa. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.28, n.1, p.74-77, 2015. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/182>. Acesso em 05 mar. 2018.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado:** recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Farroupilha, RS: SOSBAI, n. 33, 2022. p.126-142.

INGLIS, G.D.; GOETTEL, M.S.; JOHNSON, D.L. Persistence of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*, on phylloplanes of crested wheatgrass and alfalfa. **Biological Control**, [S.l.], v.3, n.4, p.258-270, 1993. DOI: 10.1006/bcon.1993.1035.

IRWIN, M. Fighting the rice water weevil. **Rice Journal**, [S.l.], v.98, n.4, p.12-16, 1996.

KOUASSI, M.; CODERRE, D.; TODOROVA, S.I. Effect of plant type on the persistence of *Beauveria bassiana*. **Biocontrol Science and Technology**, [S.l.], v.13, n.4, p.415-427, 2003. DOI: 10.1080/0598315031000104532.

LEITE, L.G.; CAMARGO, L.P.C.A.; BATISTA FILHO, .A.; URASHIMA, A.S.; ASAYAMA, T.; LEITE, N.; PRADA, W.L.A. Controle de adultos do gorgulho do arroz pela aplicação do fungo *Beauveria bassiana* com óleo de soja, em campos irrigados. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, [S.l.], v.21, n.1, p.83-94, 1992. Disponível em: <https://anais.seb.org.br/index.php/aseb/article/download/743/739>. Acesso em: 05 mar. 2018.

MARTINS, J.F.S.; CUNHA, S.C. **Situação do sistema de controle químico do gorgulho-aquático *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae) na cultura do arroz no Rio Grande do Sul.** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2007. 25p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/745943/1_documento215.pdf. Acesso em: 05 mar. 2018.

www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/745943/1_documento215.pdf. Acesso em: 05 mar. 2018.

MARTINS, J.F.S.; ROSA, A.P.S.A.; OLIVEIRA, J.V.; LIMA, C.A.B. **Situação do controle biológico de insetos-praga da cultura do arroz na Região Sul do Brasil.** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2010. 33p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51927/1_documento-309.pdf. Acesso em: 05 mar.2018.

MARTINS, J.F.S.; MAGALHÃES, B.P.; LORD, J.C.; FERREIRA, E. **Efeito dos fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* sobre *Lissorhoptus tibialis*, gorgulho aquático do arroz.** Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1986. 7p..

MARTINS, J.F.S.; PRANDO, H.F.; HICKEL, E.R.; PAZINI, J.B. Bicheira-da-raiz do arroz. In: SALVADORI, J.R.; ÁVILA, C.J.; SILVA, M.T.B. da. (org.). **Pragas de solo no Brasil.** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2020, p.331-261.

MASCARIN, G.M.; JARONSKI, S.T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [S.l.], v. 32, p. 1-26, 2016. DOI: 10.1007/s11274-016-2131-3.

MIELITZ L.R.; SILVA, L. Ocorrência de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. em adultos de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Col., Curculionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, [S.l.], v.21, n.1, p.263-265, 1992. Disponível em: <https://www.anais.seb.org.br/index.php/aseb/article/download/762/758>. Acesso em: 05 mar. 2018.

NAKAGOME, F.K.; NOLDIN, J.A.; RESGALA JR., C. Toxicidade aguda e análise de risco de herbicidas e inseticidas utilizados na lavoura do arroz irrigado sobre o cladóceros *Daphnia magna*. **Pesticidas: Receituário Ecotoxicológico e Meio Ambiente**, [S.l.], v.16, p.93-100, 2006.

PADRÃO, G. Arroz. In: EPAGRI. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina.** 2022-2023. Florianópolis: Epagri, 2024. p.24-31.

PRANDO, H.F. Controle da broca-do-ri-zoma (*Cosmopolites sordidus*) da banana com *Beauveria bassiana* em Santa Catarina. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS PESQUISAS SOBRE BANANA NO CARIBE E NA AMÉRICA TROPICAL, 17., 2006, Joinville, 2006. **Anais [...]**. Itajaí, 2006. p. 794-797.

PRANDO, H.F.; FERREIRA, R.A. Mortalidade de adultos de *Oryzophagus oryzae* com *Metarhizium anisopliae* (PI43) e *Beauveria bassiana* (BbCs). In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 4., 1994, Gramado, RS. **Anais [...]**. Pelotas, 1994. p.29.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013.

REDAELLI, L.R.; BECKER, M.; ROMANOWSKI, H.P. Diapausa do gorgulho aquático do arroz – *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae). In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 6., 1997, Santa Maria. **Anais e Ata [...]**. Santa Maria, 1997. p.79-82.

ROSA, A.P.A.; MARTINS, J.F.S.; NAVA, D.E.; BOTTON, M.; GARCIA, M.S.; FREITAS, T.F.S. Diagnóstico da situação das pragas de solo no estado do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 13., 2013, Rondonópolis. **Anais Eletrônicos [...]**. Rondonópolis, 2013.

TOMASONI, C.M.; HEIBER, D.; HICKEL, E.R. Controle biológico do gorgulho aquático *Oryzophagus oryzae* utilizando armadilhas luminosas com *Beauveria bassiana* em lavoura de arroz irrigado. **Vértices**, [S.l.], v.20, n.2, p.180-184, 2018. DOI: 10.19180/1809-2667.v20n22018p180-184.

VEGA, F.E.; DOWD, P.F.; LACEY, L.A.; PELL, J.K.; JACKSON, D.M.; KLEIN, M.G. Dissemination of beneficial microbial agents by insects. In: LACEY, L.A.; KAYA, H.K. (eds.). **Field manual of techniques in invertebrate pathology.** Dordrecht: Springer, 2007. Cap.III-3, p.127-146.