ATIVIDADE DO BIOACARICIDA ENZIMÁTICO LIOFILIZADO À BASE DE *Beauveria bassiana*, EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES, SOBRE O ÁCARO VERMELHO DAS PALMEIRAS.

Márcia Breda dos Santos[1], Carolina Guedes Luppi[1], Selena Nascimento de Andrade[1], Ana Beatriz Mamedes Piffer Holtz[2], Ronilda Lana Aguiar[1], Selma Garcia Holtz[1], Anderson Mathias Holtz[1]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Itapina, marciabreda3@gmail.com, carolinaglestudo@gmail.com, selena.nandrade@gmail.com, ronilda.aguiar@ifes.edu.br, selma.holtz@ifes.edu.br, anderson.holtz@ifes.edu.br.
[2]Universidade Federal de Viçosa- Campus Universitário, Viçosa – MG· ana.piffer123@gmail.com

Resumo
O ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica*, constitui importante praga agrícola, com ocorrência no Espírito Santo e potencial de danos às culturas de coco e banana. Objetivou-se avaliar a atividade acaricida do extrato enzimático liofilizado de *Beauveria bassiana* sobre fêmeas adultas de *R. indica*. O experimento foi conduzido em laboratório, utilizando concentrações de 0; 1; 1,52; 2,30; 3,48; 5,28 e 8% m/v, com avaliações de mortalidade em 24, 48 e 72 horas. O extrato apresentou atividade acaricida dependente da concentração e do tempo. A CL_{50} e CL_{90} foram estimadas em 0,91% e 11,69%, respectivamente, evidenciando potencial no manejo da praga.
Palavras-chave: Bioacaricida enzimático. *Raioella indica*. Manejo alternativo.

Área do Conhecimento: Ciências agrárias

Introdução

O ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae), é uma espécie invasiva de ataque severo, sendo considerado uma das principais pragas do coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Devido seu comportamento polífago esse ácaro também ataca outras palmeiras, como ornamentais, bem como bananeiras, sendo atualmente relatado infestando cerca de 100 espécies, principalmente espécies monocotiledôneas da família Arecaceae (Barroso, 2019; Sousa Neto *et al*., 2021). Ao alimentar-se, esse ácaro reduz o potencial fotossintético da planta podendo levar hospedeiros jovens à morte, além de reduzir significativamente a produtividade de plantas adultas (Carrilo *et al*., 2012).
No Brasil o primeiro relato de *R. indica* ocorreu em 2009 no estado de Roraima, se espalhando rapidamente pelo território brasileiro (Barroso, 2019). No Espírito Santo essa praga foi coletada na região litorânea, em 2018, parasitando coqueiros e tamareira pigmeu (*Phoenix roebelenii* O'Brien) (Marsaro Júnior *et al*., 2018). Atualmente a praga é encontrada em todo o território capixaba, inclusive em lavouras de coqueiro. No Espírito Santo, culturas de banana e coco in natura apresentam grande importância econômica e social (INCAPER, 2023). Nesse contexto, *R. indica* é uma ameaça para as lavouras capixabas, visto que são conduzidas em sistema de monocultivo e estão estabelecidas em regiões de clima favorável para o desenvolvimento dessa praga. Em outros países o controle de *R. indica* é feito com produtos químicos de alta toxicidade (Rodrigues, Pena, 2012). Todavia, devido à importância agrícola de *R. indica* e a escassez de produtos registrados para o manejo desse ácaro, métodos alternativos como controle biológico à base de microrganismos entomopatogênicos são promissores, visto que apresentam eficiência no controle de espécies de ácaros pragas (Fernández *et al*., 2016; Coelho *et al*., 2020; Freitas *et al*., 2021).
O uso de bioacaricidas à base de fungos entomopatogênicos é relatada ao longo da história apresentando alta taxa de virulência sobre pragas e baixa ou nenhuma toxicidade aos seres humanos e ao ambiente, apresentando atividade inseticida e acaricida sobre diferentes pragas agrícolas, como a broca da bananeira (Almeida *et al*., 2021), cochonilhas (Borghi *et al*., 2019), ácaro rajado (Moro *et al*., 2020), lepidópteros pragas de algodão e soja (Andrade, Rangel, 2021) entre outras. A virulência dos fungos entomopatogênicos se correlaciona à secreção de enzimas catalisadoras da degradação de estruturas dos hospedeiros durante o processo de penetração e infecção (Junior, Guarus, 2011).

Apesar dos fungos apresentarem uma taxa de infecção alta, a eficiência de métodos de controle com esses organismos depende de microclimas específicos, incluindo alta umidade, temperatura e radiação solar baixas, restringindo as possibilidades desse manejo (Mora; Castilho;Fraga, 2016; Oliveira *et al*., 2016). Diante disso, formulações de enzimas e metabólitos secretados por fungos entomopatogênicos são vantajosos por não dependerem da sobrevivência do fungo no ambiente, atuando diretamente sobre o organismo alvo. Contudo, há poucos estudos sobre a toxicidade dos extratos enzimáticos sobre insetos e ácaros-praga, sendo necessárias pesquisas sobre essa tecnologia.
Propõe-se neste projeto o desenvolvimento de bioacaricida enzimático a partir do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* para manejo de *R. indica* em condições de laboratório.

Metodologia

O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia e Acarologia Agrícola do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Itapina (Ifes-Campus Itapina) situado no município de Colatina – ES.

Criação e manutenção do ácaro vermelho das palmeiras (*R. indica*)
Para infestação inicial, folíolos infestados com *R. indica* foram colocados em contato com as mudas de coco anão (C*ocos nucifera* L. Var. Nana) para que os indivíduos desta praga migrassem para estas mudas. A manutenção da criação consistiu no cuidado com as mudas de coco atentando-se para a irrigação e exposição ao sol regularmente, observando-se as suas condições. Quando as mudas atingiram um grau elevado de infestação ou quando estas não apresentaram boas condições (maior parte da área vegetal necrosada), os indivíduos foram redistribuídos para novas mudas, conforme descrição no início desse tópico.

Montagem das unidades experimentais
As unidades experimentais foram compostas por placa de Petri (10,0 x 1,2 cm), contendo algodão umedecido com água destilada sobreposta com discos de folha de coqueiro com cerca de 4 cm de diâmetro, delimitadas por algodão umedecido para manter a turgescência da folha e evitar a fuga dos ácaros. As arenas, mantidas em câmaras climatizadas do tipo B.O.D., à temperatura de 25 ± 1 ºC, umidade relativa 70 ± 10% e fotofase de 12 horas.
Nos bioensaios, para a obtenção dos ácaros na fase adulta, foram transferidos 40 fêmeas adultas e 2 machos para placas de Petri (14,0 x 1,5 cm) contendo algodão umedecido com água destilada sobreposta com folhas de mudas de coqueiro previamente cortadas com tamanho correspondente a placa de Petri, delimitadas por algodão umedecido para manter a turgescência da folha e evitar a fuga dos ácaros. Os ácaros foram mantidos por 24 horas, nas condições descritas anteriormente, para obtenção de ovos de mesma idade. Após esse período, os adultos foram retirados e os ovos foram mantidos em condições adequadas por aproximadamente 20 – 25 dias, tempo necessário para conclusão da fase imatura da espécie (ovo – adulto), dessa forma foi obtido indivíduos com idade e fase de desenvolvimento padronizada. Após esse período 10 fêmeas adultas de *R. indica* foram transferidas para arena, montada conforme descrito anteriormente. A ocorrência de eventual mortalidade, devido ao processo de transferência, foi verificada durante um período de 2 horas, procedendo-se à reposição dos espécimes mortos antes do início da aplicação dos bioacaricidas

Crescimento dos fungos e produção enzimática
Obtenção de enzimas
Conídios de *Beauveria bassiana* foram obtidos do produto comercial Boveril®. Os conídios foram ressuspendidos em água destilada estéril para preparação da suspensão de esporos. Os frascos erlenmeyers contendo o inóculo fúngico cresceram em shaker com temperatura e pH controlados. Após, os extratos produzidos foram filtrados, centrifugados a 10.000 g e congelados a -18 °C. Em sequência, os extratos obtidos passaram pelo processo de liofilização durante 48 horas, para se obter um produto em pó que foi armazenado em sacos herméticos.

Bioensaios
Ação enzimática sobre *R. indica*
O extrato enzimático de *Beauveria bassiana* liofilizado foi testado sobre adultos de *R. indica* entre diferentes concentrações, sendo 0; 1; 1,52; 2,30; 3,48; 5,28 e 8%. Cada tratamento foi composto por 10 repetições, com 10 indivíduos de *R. indica* por repetição. As unidades experimentais foram

compostas por uma placa de Petri (10,0 x 1,2 cm), contendo algodão umedecido com água destilada sobreposta com discos de folha de coqueiro com cerca de 4 cm de diâmetro, delimitadas por algodão umedecido para manter a turgescência da folha e evitar a fuga dos ácaros. As arenas foram mantidas em câmaras climatizadas do tipo B.O.D., à temperatura de 25 ± 1 ºC, umidade relativa 70 ± 10% e fotofase de 12 horas. A pulverização foi realizada utilizando um aerógrafo modelo Alfa 2, conectado a um compressor calibrado com pressão constante de 1.3 bar e 1 mL de solução de cada concentração para cada repetição. As unidades experimentais foram mantidas em câmaras climatizadas à temperatura de 25 ± 1º C, umidade relativa 70 % ± 10 e fotofase de 12 h. O efeito bioacaricida do extrato foi avaliado 24, 48 e 72 horas após as pulverizações. Os dados de mortalidade foram analisados por meio de duas abordagens complementares. Primeiramente, foi realizada análise de regressão Probit utilizando a mortalidade cumulativa registrada 72 h após a aplicação como desfecho final, a fim de estimar as concentrações letais necessárias para causar 50% e 90% de mortalidade na população (CL_{50} e CL_{90}, respectivamente). As concentrações foram expressas em % m/v e inseridas no modelo em sua escala original de concentração. Em seguida, foi realizada análise de sobrevivência para avaliar a dinâmica temporal da mortalidade entre os tratamentos ao longo do período de avaliação. Os registros de mortalidade obtidos às 24, 48 e 72 h após a pulverização foram utilizados para construir o objeto de sobrevivência. As curvas de sobrevivência foram comparadas entre os tratamentos por meio do teste de log-rank. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R, versão 4.3.2.

Resultados

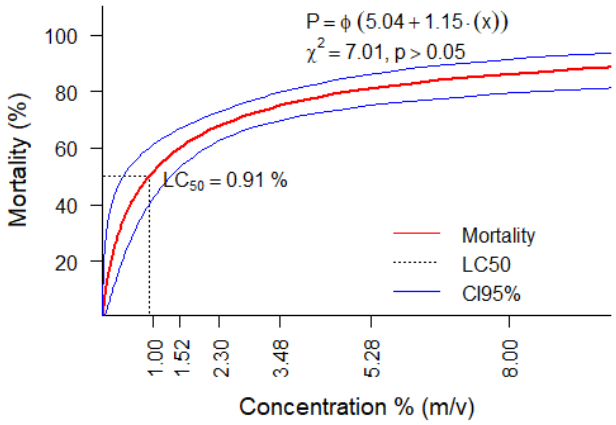
O extrato enzimático liofilizado à base de *B. bassiana* apresentou atividade acaricida dependente da concentração contra fêmeas adultas de *R. indica.* Com base na mortalidade cumulativa registrada 72 h após a aplicação, a análise Probit estimou valores de CL_{50} e CL_{90} de 0,91% m/v e 11,69% m/v, respectivamente, com ajuste adequado do modelo (Tabela 1; Fig. 1).

Tabela 1 - Análise Probit da mortalidade cumulativa às 72 h após o tratamento, incluindo CL_{50}, CL_{90}, inclinação e intervalos de confiança de 95% para o extrato enzimático liofilizado à base de *Beauveria bassiana* contra *Raioella indica*.

N	Inclinação (±EP)	CL50 (IC95) m/v	CL90 (IC95) m/v	χ^2	GL	p-valor
700	1.15 (0.21)	0.91 (0.41; 1.34)	11.69 (7.07 - 35.64)	7.01	5	>0.05

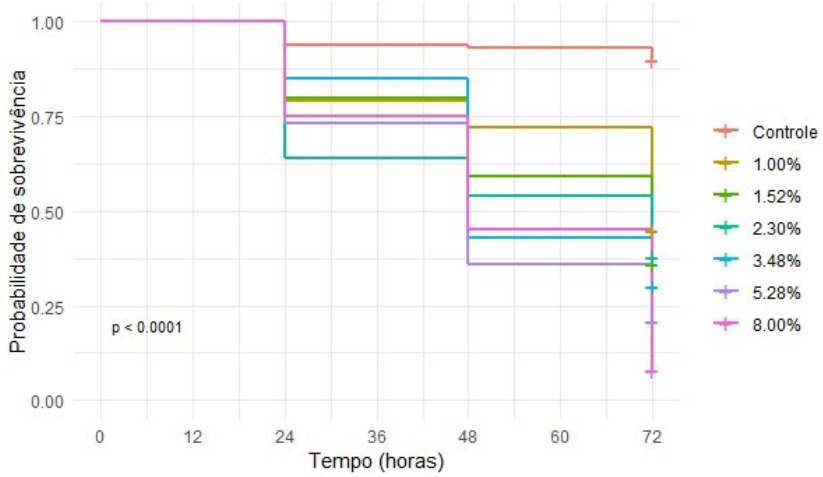
Fonte: Piffer ABM, 2026

Figura 1 - Curva Probit de concentração-mortalidade para o extrato enzimático liofilizado à base de *Beauveria bassiana* contra *Raioella indica*,com base na mortalidade cumulativa registrada 72 h após o tratamento. A figura apresenta os valores estimados de CL_{50}e CL_{90}e seus respectivos intervalos de confiança de 95%.



Fonte: Piffer ABM, 2026

Figura 1 - Dinâmica da mortalidade de *Raoiella indica* sob diferentes concentrações de extrato enzimático liofilizado de *Beauveria bassiana* ao longo de 24, 48 e 72 h.



Fonte: Piffer ABM, 2026

Visto que a mortalidade ocorreu de forma crescente em relação a concentração do extrato, pode-se perceber que um pequeno aumento da quantidade utilizada, ocasionou a respectiva morte dos indivíduos de *R. indica*. Em referência às concentrações utilizadas nesse bioensaio, evidencia-se a concentração de 8%, onde pode-se observar através do gráfico (Figura 2) que a probabilidade de sobrevivência se aproximou de 0. Ademais, através do gráfico de sobrevivência (Figura 2) foi possível analisar também que a medida em que se aumentava o tempo, a probabilidade de sobrevivência diminuía.

Em referência às concentrações utilizadas neste bioensaio (0; 1; 1,52; 2,30; 3,48; 5,28 e 8% m/v), observou-se que o valor estimado de CL_{50} situou-se abaixo da menor concentração efetivamente testada, enquanto a CL_{90} ultrapassou a maior concentração avaliada. Essa condição, embora não comprometa a validade do ajuste do modelo Probit, resulta em estimativas obtidas parcialmente por extrapolação, o que se reflete na amplitude dos intervalos de confiança, sobretudo para a CL_{90}.

Discussão

Resultados semelhantes de dependência da concentração foram relatados por Silva Junior (2025), que avaliou isolados comerciais de *B. bassiana* e *Metarhizium anisopliae* sobre fêmeas adultas de *R. indica* e estimou, para o isolado mais virulento (BEAU CNV), CL_{50} de 2,8 × 10^4 conídios/mL e CL_{90} de 1,73 × 10^6 conídios/mL, com ajuste de modelo altamente significativo (χ^2 = 127,71; p < 0,0001). Embora as unidades de concentração não sejam diretamente comparáveis, uma vez que o presente estudo utilizou extrato enzimático liofilizado, expresso em % m/v, enquanto o autor trabalhou com suspensões de conídios viáveis, ambos os estudos reforçam o potencial de *B. bassiana* como agente de controle de *R. indica*, além de evidenciar que a via enzimática representa uma alternativa que pode superar limitações associadas à sobrevivência e germinação do fungo no ambiente, conforme já discutido por Mora, Castilho & Fraga (2016) e Oliveira *et al*. (2016).

Resultados de mortalidade dependente da concentração também foram observados por Martins *et al*. (2016), que avaliaram isolados de *Beauveria* spp. sobre o ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari : Tarsonemidae) e obtiveram mortalidade total de até 82% com o isolado mais virulento (Unioeste 53) em laboratório. Os autores destacam que a variação de virulência entre isolados está relacionada à capacidade de produção de enzimas degradadoras da cutícula, à adesão dos conídios e à velocidade de colonização do hospedeiro fatores que corroboram a relevância da via enzimática direta explorada no presente estudo, que dispensa essas etapas do ciclo infeccioso.

A variabilidade na resposta de diferentes ácaros e insetos-praga a formulações de *B. bassiana* também foi evidenciada por Almeida *et al*. (2009), que, ao selecionarem isolados desse fungo para o controle de *Cosmopolites sordidus*, observaram mortalidades confirmadas entre 16% e 66% conforme o isolado utilizado, atribuindo essas diferenças à variabilidade genética da espécie e à especificidade e tolerância do hospedeiro ao entomopatógeno. Tais achados reforçam a importância da caracterização de diferentes formulações, sejam suspensões de conídios ou extratos enzimáticos na seleção de estratégias eficazes de manejo biológico.

Conclusão

O extrato enzimático liofilizado de *B.bassiana*, em diferentes concentrações, apresentou efeito acaricida sobre o ácaro vermelho das palmeiras *R. indica*, em condições controladas de laboratório.

Referências

ALMEIDA, A. M. B. de; BATISTA FILHO, A.; TAVARES, F. M.; LEITE, L. G. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* para o controle de Cosmopolites sordidus (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 3, p. 489-493, jul./set. 2009.

ALMEIDA, A. M. B. *et al*. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* para o controle de *Cosmopolite ssordidus* (Germar, 1824)(Coleoptera: Curculionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, p. 489-493, 2021.

ANDRADE, E. P; RANGEL, D. E. N. Desenvolvimento do fungo entomopatogênico *Metarhizium rileyi* como agente microbiano para o manejo das principais espécies de lepidópteros nas culturas de soja e algodão: uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 49283-49288, 2021.

BARROSO, G. *et al*. What is the Southern limit of the distribution of red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), in agricultural lands in Brazil? **Florida Entomologist**, v. 02, n. 03, p. 581– 585, 2019.

BARROSO, G. S. P. **Bioecologia e manejo do ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), no centro-sul do Brasil**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2019.

BORGHI, E. J. A. *et al*. Utilização de fungos entomopatogênicos no controle da cochonilha-da-roseta em cultivos de café conilon. **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2019

CARRILLO, D., AMALIN, D., HOSEIN, F. *et al*. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. **Exp Appl Acarol**, v. 57, p. 271–289, 2012.

COELHO, Caroline R. *et al*. Eficiencia de três especies de ácaros depredadores (Acari: Phytoseiidae) para el control de *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Revista de ProtecciónVegetal**, v. 35, n. 1, 2020.

FERNÁNDEZ, O.; SANDOVAL, M. F.; SANABRIA, M. E.; VÁSQUEZ C. Efectividad in vitro delextractoetanólico de *Cymbopogoncitratus* (DL) Stapf y hexythiazox sobre *Raoiella indica* Hirst. **Idesia (Arica)**, v. 34, n. 2, p. 77-84, 2016.

FREITAS, G. S. *et al*. O potencial de *Beauveria bassiana* no controle de *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) e sua compatibilidade com ácaros predadores. **Proteção de Cultivos**, v. 149, p. 105776, 2021.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (Incaper). **Polos de fruticultura-banana**.

JUNIOR, M. E.; GUARUS, I. F. F. Controle biológico de insetos pragas. **I SEMINÁRIO MOSAICO: OLHARES SOBRE O AMBIENTE**. 2011.

MARSARO JÚNIOR, A. L. *et al*. First report of the Red Palm mite, *Raoiella indica*Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Espírito Santo State, Brazil Cientific Notes. **Revista Científica Intelletto**, v.3, n.2, p.21-25, 2018.

MARTINS, C. C.; ALVES, L. F. A.; MAMPRIM, A. P.; SOUZA, L. P. A. Selection and characterization of *Beauveria* spp. isolates to control the broad mite *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari: Tarsonemidae). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 76, n. 3, p. 629-637, set. 2016.

MORA, M. A. E.; CASTILHO, A. M. C.; FRAGA, M. E. Fungos entomopatogênicos: enzimas, toxinas e fatores que afetam a diversidade. **RevBrasProdAgroind**, v. 18, p. 335-49, 2016.

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

RODRIGUES, J.C.V., PEÑA, J.E. Chemical control of thered palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coco nut. **ExpApplAcarol**, v. 57, p. 317–329, 2012.
SILVA JUNIOR, Miguel Ferreira da. Potencial de fungos entomopatogênicos no controle de *Raoiella indica* (HIRST, 1924) (acari: tenuipalpidae). 2025. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2026.
SOUSA NETO, E.P; SOUZA, I.V; GUZZO, E.C; MELO, J.W.S. Carnaúba [*Copernicia prunifera* (Miller) HE Moore, Arecaceae], uma nova hospedeira de *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae). **Comunicações Entomológicas**, v. 3, p. ec03045, 8 de dezembro de 2021.

Agradecimentos

Ao IFES, FAPES E CNPq