POTENCIAL ACARICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DA CASCA DA LIMA ÁCIDA TAHITI SOBRE *Tetranychus abacae*

Thayne da Rocha Braz[1], Thiago Nieiro Cuzzuol[1], Ana Beatriz Mamedes Piffer Holtz[2], Taila Ferreira Cardoso[1], Irany Rodrigues Pretti[1], Anderson Mathias Holtz[1].

[1]Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, 29717-000, Colatina-ES, Brasil, thaynerochabraz@gmail.com, thiagonieiroc12@gmail.com, cardoso.tailaf@gmail.com irany.pretti@ifes.edu.br, anderson.holtz@ifes.edu.br.
[2]Universidade Federal do Viçosa – Campus Viçosa, 36570-900, Viçosa-MG, Brasil, ana.piffer123@gmail.com.

Resumo
O ácaro fitófago *Tetranychus abacae* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) é uma importante praga de bananeiras (*Musa* spp.) e helicônias (*Heliconia* spp.) na região Neotropical, causando danos significativos à produção. A ausência de acaricidas registrados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) reforça a necessidade de alternativas sustentáveis de controle. Este estudo avaliou o potencial acaricida do óleo essencial da casca da lima ácida Tahiti (*Citrus latifolia*) sobre adultos de *T. abacae*. O óleo foi obtido por hidrodestilação convencional, e os teores de compostos fenólicos totais e taninos foram determinados por análises espectrofotométricas. Os bioensaios utilizaram concentrações de 0,25 a 1,25% (v/v), com mortalidade avaliada durante 72 horas por análises de Probit e sobrevivência de Cox. O óleo apresentou elevada atividade acaricida, com CL_{50} de 0,32% v/v e CL_{90} de 0,63% v/v, promovendo rápida mortalidade nas maiores concentrações. Os resultados demonstram o potencial do óleo essencial de *C. latifolia* como alternativa sustentável para o manejo integrado de *T. abacae*.

Palavras-chave: *Citrus latifolia*. Ácaro da bananeira. Controle alternativo.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias – Agronomia.

Introdução

A intensificação da agricultura tornou o controle de pragas essencial, mas o manejo tem dependido historicamente de agrotóxicos sintéticos usados de forma contínua e indiscriminada (Belchior *et al*., 2017), gerando desequilíbrio ecológico, contaminação ambiental, riscos à saúde de trabalhadores e eliminação de inimigos naturais (Oaya *et al*., 2019; Silva *et al*., 2022).

Na cultura da banana (Musa spp.), destaca-se como ameaça o ácaro-vermelho-da-bananeira, *Tetranychus abacae* (Flechtmann, 1996; Vasconcelos *et al*., 2004), que coloniza a face inferior das folhas e se alimenta do parênquima foliar (Flechtmann, 1996; Santos *et al*., 2010), causando clorose, bronzeamento e desfolha precoce (Assis *et al*., 2002; Moraes & Flechtmann, 2008). Isso reduz a fotossíntese e compromete o peso e a qualidade dos cachos, principalmente sob seca e calor (Vasconcelos *et al*., 2004).

Não existe produto registrado no MAPA especificamente para essa praga (Naggar *et al*., 2025), o que leva ao uso off-label de acaricidas, acelerando a resistência, agravada pelo ciclo curto e reprodução partenogenética do ácaro (Naggar *et al*., 2025). Esse uso também elimina predadores naturais (*Neoseiulus* spp., *Euseius* spp.), causando ressurgência, enquanto o controle biológico com fungos (*Neozygites floridana*) falha por especificidade limitada ao hospedeiro.

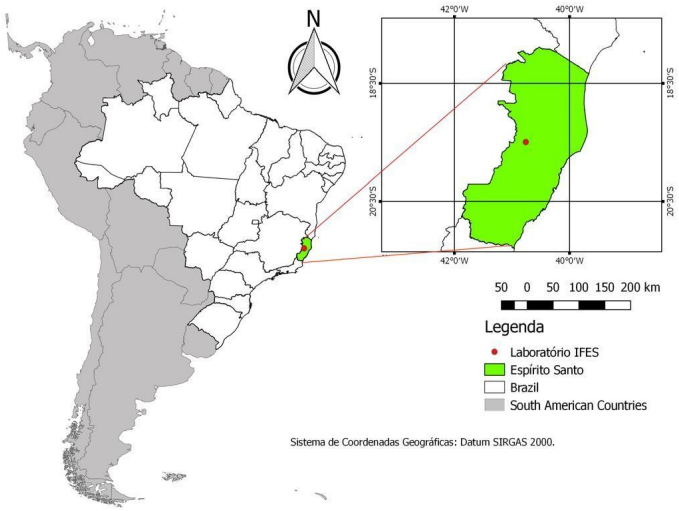
Nesse contexto, óleos essenciais surgem como alternativa sustentável, atuando em múltiplos alvos e dificultando resistência (França *et al*., 2025; Ribeiro *et al*., 2019). A lima ácida tahiti (*Citrus latifolia*) gera como resíduo industrial a casca, rica em D-limoneno, gama-terpineno e beta-pineno, compostos com atividade acaricida já comprovada em *Tetranychus urticae* e *Oligonychus ilicis* (Ribeiro *et al*., 2019; Frazão *et al*., 2024), reaproveitando um subproduto conforme os princípios da economia circular (Frazão *et al*., 2024).

Apesar do conhecido potencial acaricida das espécies de *Citrus*, o perfil de suscetibilidade letal e a dinâmica de sobrevivência de *T. abacae* sob exposição ao óleo essencial bruto de *C. latifolia* permanecem completamente inexplorados na literatura científica. Desse modo, a justificativa deste trabalho reside em preencher essa lacuna, fornecendo parâmetros toxicológicos quantitativos essenciais para embasar a inserção deste subproduto vegetal nos programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) da bananicultura. O objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial acaricida letal agudo e os efeitos temporo-dependentes do óleo essencial da casca da lima ácida tahiti (*C. latifolia*) contra fêmeas adultas de *T. abacae* sob condições controladas de laboratório, por meio de modelagem de Probit e análise de sobrevivência de riscos proporcionais de Cox.

Metodologia

O estudo foi realizado no laboratório de Entomologia e Acarologia Agrícola do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Itapina (Figura 1).

Figura 1 - Mapa geográfico da posição do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Itapina (IFES Campus Itapina).



Fonte: Adaptado de Marchiori *et al*. (2023).

As quantificações químicas foram realizadas no Complexo Laboratorial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Campus Itapina, em Colatina, Espírito Santo. Espécimes de *Tetranychus abacae* foram coletados em áreas de cultivo de bananeira do IFES Campus Itapina, sem aplicação de agrotóxicos, selecionando-se plantas com sintomas característicos de infestação. As folhas infestadas foram transportadas ao laboratório para estabelecimento da criação de manutenção, com transferência dos indivíduos para folhas sadias de bananeira mantidas sob condições controladas, visando à multiplicação dos ácaros para os bioensaios.

As cascas de lima ácida Tahiti (*Citrus latifolia*) foram coletadas na Área Experimental do IFES Campus Itapina e adquiridas em supermercados de Colatina-ES. Após seleção de cascas sadias, livres de injúrias mecânicas ou fitopatógenos, realizou-se a extração do óleo essencial por hidrodestilação em aparelho Clevenger modificado (Sartor, 2009; Silveira *et al*., 2012; Ferraz, 2020), utilizando-se 100 g de flavedo fresco, fragmentado em aproximadamente 2 cm², e 600 mL de água destilada. O material foi mantido em fervura constante por 8 horas em manta aquecedora. O óleo foi separado por diferença de densidade e imiscibilidade, desidratado com sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4), centrifugado por 5 min a 3.000 rpm e armazenado em frascos de vidro âmbar, hermeticamente fechados, sob refrigeração a 5 °C até as análises fitoquímicas e os bioensaios.

Os compostos fenólicos totais e os taninos condensados foram quantificados em triplicata por métodos espectrofotométricos. Os fenólicos foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu, adaptado de Singleton e Rossi (1965), utilizando-se 0,5 mL de extrato, 0,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu, 1,0 mL de Na_2CO_3 a 7,5% e 8,0 mL de água destilada. Após 1 hora, sob temperatura ambiente e ao abrigo da luz, a absorbância foi determinada a 750 nm. Foi utilizada curva de calibração com ácido gálico (500; 250; 125; 62,5; 31,25; 15,625 e 7,8125 µg/mL), com $R^2 > 0,99$, e os resultados foram expressos em µg EAG/mg de extrato seco. Os taninos foram quantificados pelo método de Folin-Denis, adaptado de Pansera *et al*. (2003), utilizando-se 0,5 mL de extrato e 0,5 mL de reagente Folin-Denis, seguido de homogeneização por 3 min, adição de 0,5 mL de Na_2CO_3 a 7,5%, repouso de 1 hora no escuro e centrifugação a 2.000 rpm por 5 min. A absorbância foi lida a 720 nm, utilizando-se ácido gálico como padrão, com resultados expressos em µg EAG/mg de extrato seco.

Os bioensaios avaliaram os efeitos agudos e temporais do óleo essencial de *C. latifolia* sobre fêmeas adultas de *T. abacae*. Cada unidade experimental consistiu em uma placa de Petri (10,0 × 1,2 cm) contendo disco foliar de bananeira de 4,0 cm de diâmetro, com a face abaxial voltada para cima sobre algodão hidrófilo umedecido com água destilada. Dez fêmeas adultas sadias e ativas foram transferidas para cada disco. Foram testadas as concentrações de 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 1,25% (v/v) do óleo essencial, preparadas em água destilada com Tween-80 (0,1% v/v). O controle recebeu apenas solução de Tween-80 (0,1% v/v). Cada disco recebeu 1,0 mL de calda, aplicado uniformemente com aerógrafo Alfa 2 conectado a compressor calibrado a 1,3 psi. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento, totalizando 100 ácaros por concentração e 600 indivíduos. As placas foram mantidas em câmaras B.O.D. a 25 ± 1 °C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas. A mortalidade foi avaliada às 12, 24, 36, 48, 60 e 72 horas após a pulverização. Foram considerados mortos os indivíduos que não apresentaram locomoção de, pelo menos, uma vez o comprimento do próprio corpo após toque suave com pincel de náilon nº 00.

A mortalidade acumulada foi corrigida pela fórmula de Abbott (1925). As estimativas de CL_{50} e CL_{90} em 72 horas foram obtidas por análise de Probit pelo método de máxima verossimilhança, utilizando-se o teste de qui-quadrado de Pearson (X^2) para avaliar o ajuste do modelo. Os efeitos das concentrações ao longo do tempo e a velocidade de ação letal foram avaliados por análise de sobrevivência com modelo de riscos proporcionais de Cox. As análises foram realizadas nos pacotes *survival* e *drc*, utilizando o software R versão 4.3.2 (R Core Team, 2023).

Resultados

Tabela 1 - Análise química do óleo essencial da casca de lima ácida Tahiti.

Fenólicos totais (µg EAG/mg)	Taninos (µg EAG/mg)
2,2949 ± 0,3176	2,6184 ± 0,1539

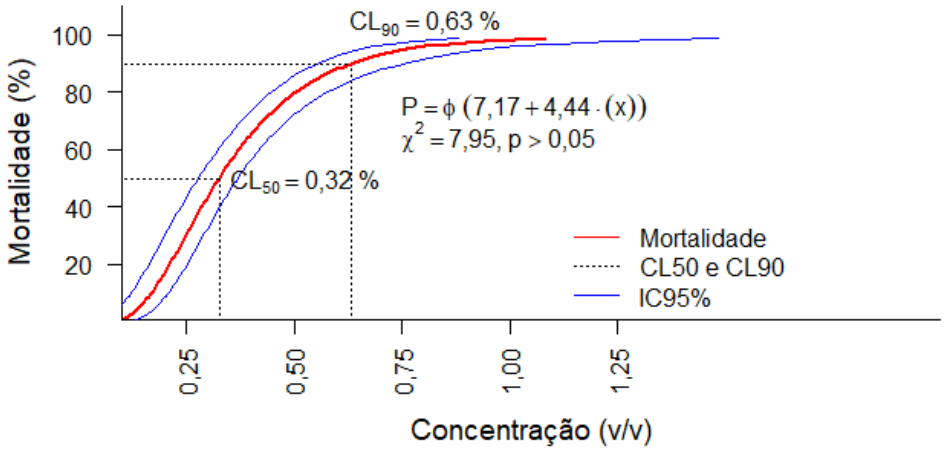
*Todos os valores são expressos como média ± desvio padrão (n = 3); EQ: equivalente em ácido gálico.
Fonte: Autores (2026).

Tabela 2 - Análise de Probit da mortalidade acumulada em 72 h após o tratamento, incluindo CL_{50}, CL_{90}, inclinação e intervalos de confiança de 95% do óleo essencial da casca de lima ácida tahiti contra *Tetranychus abacae*.

N	Inclinação (±EP)	CL50 (IC95) v/v	CL90 (IC95) v/v	χ^2	GL	p-valor
600	7,17 ± 0,22	0,32 (0,27; 0,36)	0,63 (0,55; 0,75)	7,95	4	>0.05

Fonte: Autores (2026).

Figura 1 - Curva Probit de concentração-mortalidade do óleo essencial da casca de lima ácida tahiti contra *Tetranychus abacae*, com base na mortalidade acumulada registrada 72 h após o tratamento. A figura mostra os valores estimados de CL_{50} e CL_{90} e seus respectivos intervalos de confiança de 95%.

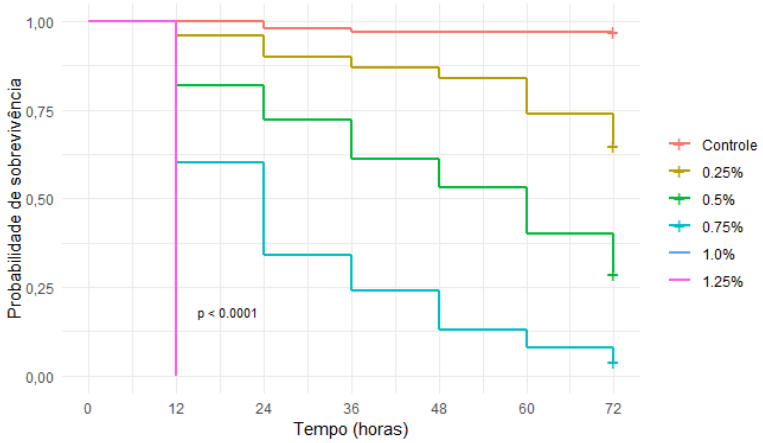


Fonte: Autores (2026).

O bioensaio com o óleo essencial da casca de *C. latifolia* demonstrou toxicidade aguda sobre fêmeas adultas de *T. abacae*, com a mortalidade apresentando comportamento estritamente dependente da concentração testada. Ao final das 72 horas pós-pulverização, as concentrações de 1,00% e 1,25%v/v promoveram controle total 100% de mortalidade dos indivíduos nos discos foliares.

A modelagem matemática de Probit ajustou a curva de dose-resposta de mortalidade acumulada às 72 horas (Figura 1). A Concentração Letal Média CL50 estimada para a população N = 600 foi de 0,32% v/v, enquanto a CL90 foi estimada em 0,63% v/v (Tabela 2).

Figura 2 - Dinâmica de mortalidade de *T. abacae* sob diferentes concentrações de óleo essencial de casca de lima ácida tahiti ao longo de 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h.



Fonte: Autores (2026).

A avaliação da mortalidade acumulada nos intervalos de 12, 24, 36, 48, 60 e 72 horas evidenciou que a longevidade e a taxa de sobrevivência dos ácaros diminuíram proporcionalmente ao aumento da concentração e do tempo de exposição (Figura 2). Nas concentrações de 1,25% e 1,00% v/v, observou-se forte efeito, reduzindo acentuadamente a sobrevivência de *T. abacae* já nas primeiras 12 horas e atingindo a mortalidade total dos indivíduos ao longo das avaliações posteriores. A análise de sobrevivência pelo modelo de riscos proporcionais de Cox confirmou diferença estatisticamente significativa entre as concentrações ($p < 0,001$), demonstrando que o incremento da dosagem acelera significativamente o risco instantâneo de mortalidade da praga ao longo do tempo.

Discussão

Os teores de compostos fenólicos totais (2,2949 ± 0,3177 µg EAG/mg) e taninos (2,6185 ± 0,1539 µg EAG/mg) determinados no extrato da casca de *C. latifolia* indicam a presença de compostos associados à defesa química vegetal (Tabela 1). Esses metabólitos não voláteis podem atuar sobre fitófagos por alterações de palatabilidade, lesões histológicas ou inativação de enzimas digestivas (Carriço *et al*., 2026).

As baixas concentrações letais obtidas (CL_{50} = 0,32% v/v e CL_{90} = 0,63% v/v) demonstram elevada atividade acaricida do óleo sobre *T. abacae*. A elevada inclinação da curva de dose-resposta (7,17 ± 0,22) indica que pequenas variações na concentração resultaram em aumentos expressivos da mortalidade, sugerindo resposta populacional concentrada em uma faixa estreita de doses (Carriço *et al*., 2026).

As maiores concentrações (1,00% e 1,25% v/v) promoveram rápida mortalidade nas primeiras horas, caracterizando efeito de choque dependente da concentração. Esse comportamento é semelhante ao observado para outros óleos essenciais com ação de contato sobre ácaros.

A atividade acaricida pode estar relacionada à ação dos monoterpenos presentes no óleo. O D-limoneno, principal constituinte, apresenta afinidade com a camada lipídica cuticular e pode favorecer a perda da integridade dessa barreira, contribuindo para a dessecação dos ácaros (Frazão *et al*., 2024; Fidelis de Santana *et al*., 2021). Além disso, monoterpenos de citros podem atuar sobre o sistema nervoso dos ácaros, incluindo a inibição da acetilcolinesterase (Ribeiro *et al*., 2019).

Apesar do potencial observado, a elevada volatilidade e susceptibilidade à fotodegradação dos monoterpenos podem limitar a persistência do óleo em condições de campo. Assim, estudos futuros envolvendo estratégias de formulação e avaliação de seletividade sobre inimigos naturais são importantes para determinar sua aplicabilidade no Manejo Integrado de Pragas.

Conclusão

O óleo essencial da casca da lima ácida Tahiti (*Citrus latifolia*) apresentou potencial acaricida contra adultos de *T. abacae*, com CL_{50} de 0,32% v/v e CL_{90} de 0,63% v/v. O efeito foi rápido e dependente da concentração, indicando potencial para o manejo integrado da praga.

Referências

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925. DOI: https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a. Acesso em: 09 set. 2026.

ASSIS, J. S. *et al*. Ocorrência e flutuação populacional de ácaros em bananeira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 620-624, 2002. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000300011. Acesso em: 09 set. 2026.

BELCHIOR, D. C. V. *et al*. Impacto do uso de agrotóxicos na saúde humana e no ambiente. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 9, n. 2, p. 1120-1128, 2017.

CARRIÇO, E. *et al*. Dose-response and chemical characterization of an aqueous extract of *Bidens pilosa* against *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 56, e85419, p. 1-10, 2026. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-40632026v5685419. Acesso em: 09 set. 2026.

FERRAZ, A. B. F. **Métodos de extração de óleos essenciais e suas aplicações biológicas**. Porto Alegre: UFRGS, 2020.

FIDELIS DE SANTANA, M. *et al*. Bioactivity of essential oils for the management of *Tetranychus urticae* Koch and selectivity on its natural enemy *Neoseiulus californicus* (McGregor): A promising combination for agroecological systems. **Acarologia**, v. 61, n. 3, p. 564-576, 2021. DOI: https://doi.org/10.24349/acarologia/20214451. Acesso em: 09 set. 2026.

FLECHTMANN, C. H. W. Rediscovery of *Tetranychus abacae* Baker & Pritchard, additional description and notes on South American spider mites (Acari, Prostigmata, Tetranychidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 13, n. 3, p. 569-578, 1996. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-81751996000300005. Acesso em: 09 set. 2026.

FRANÇA, L. P. *et al*. Óleo essencial de *Piper capitarianum* como alternativa sustentável no controle de artrópodes-praga prejudiciais à saúde pública e à agricultura. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 12., 2025, Manaus. **Anais [...]**. Manaus: Infobibos, 2025. p. 45-48. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1184108. Acesso em: 23 jun. 2026.
FRAZÃO, L. K. R. *et al*. Effect of applying lime essential oil (*Citrus latifolia*) on the physicochemical and microbiological characteristics of beef meat sausage. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 25, e20240010, p. 1-12, 2024. DOI: https://doi.org/10.1590/S1519-566X2024000200004. Acesso em: 09 set. 2026.
MARCHIORI, J. J. P. *et al*. Mapeamento e caracterização do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Itapina. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 10, p. 15883-15900, 2023. DOI: https://doi.org/10.55905/oelv21n10-075. Acesso em: 09 set. 2026.
MORAES, G. J. de; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de Acarologia**: Acarologia básica, ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2008. 288 p.
NAGGAR, Y. A. *et al*. Regulatory limitations and off-label pesticide usage in tropical fruit crops: environmental and toxicological implications. **Crop Protection**, v. 182, e106925, p. 1-8, 2025.
OAYA, C. S. *et al*. Toxicological and environmental implications of chemical pesticide usage in tropical agriculture. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 14, p. 13800-13812, 2019.
PANSERA, M. R. *et al*. Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, n. 1, p. 17-22, 2003. DOI: https://doi.org/10.1590/S0102-695X2003000100007. Acesso em: 09 set. 2026.
R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: https://www.R-project.org/. Acesso em: 09 set. 2026.
RIBEIRO, N. C. *et al*. Acaricidal properties of essential oils from agro-industrial waste products from citric fruit against *Tetranychus urticae*. **Journal of Applied Entomology**, v. 143, n. 7, p. 731-743, 2019. DOI: https://doi.org/10.1111/jen.12642. Acesso em: 09 set. 2026.
SANTOS, M. A. *et al*. Ácaros fitófagos e predadores associados à cultura da bananeira em diferentes sistemas de produção no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 2, p. 290-295, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000200015. Acesso em: 09 set. 2026.
SARTOR, R. B. **Extração e caracterização fitoquímica de óleos essenciais por hidrodestilação**. Santa Maria: UFSM, 2009.
SILVEIRA, E. C. *et al*. Metodologias de extração de óleos essenciais e suas aplicações no controle de pragas agrícolas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 45-52, 2012.
SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.
VASCONCELOS, G. J. N. de *et al*. Effects of different temperatures on the development and reproduction of *Tetranychus abacae* Baker and Pritchard (Acari: Tetranychidae) on *Musa* sp. cv. Prata. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 2, p. 149-154, 2004. DOI: https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000200004. Acesso em: 09 set. 2026.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina (IFES), pelo apoio financeiro e pela assistência institucional na realização deste estudo.