

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

**Iscas tóxicas no controle de *Linepithema micans* (Forel, 1908)
(Hymenoptera: Formicidae) e *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922)
(Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira**

Simone Andzeiewski

Pelotas, 2017

Simone Andzeiewski

**Iscas tóxicas no controle de *Linepithema micans* (Forel, 1908)
(Hymenoptera: Formicidae) e *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922)
(Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fitossanidade (área do conhecimento: Entomologia).

Orientador: Dr. Marcos Botton

Coorientador: Dr. Alci Enimar Loeck

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

A111i Andzeiewski, Simone

Isclas tóxicas no controle de *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) e *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira / Simone Andzeiewski ; Marcos Botton, orientador ; Alci Enimar Loeck, coorientador. — Pelotas, 2017.

75 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Pérola-da-terra. 2. Dispersão. 3. Hidrametilnona. 4. Manejo. I. Botton, Marcos, orient. II. Loeck, Alci Enimar, coorient. III. Título.

CDD : 634.8

Simone Andzeiewski

Iscas tóxicas no controle de *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) e *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira

Data da Defesa:

Banca examinadora:

Pesquisador Dr. Marcos Botton (Orientador)
(Embrapa Uva e Vinho)

Pesquisador Dr. Caio Fábio Stoffel Efrom
(Fundação Estadual de Pesquisa e Agropecuária - FEPAGRO)

Professora Dra. Luiza Rodrigues Redaelli
(Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS)

Professor Dr. Uemerson Silva da Cunha
(Universidade Federal de Pelotas - UFPel)

À minha família pelo apoio, carinho e compreensão.

Ao meu namorado Rogerio Nowak, pelo amor, apoio e carinho
durante esta caminhada.

DEDICO E OFEREÇO

Agradecimentos

À Deus pelo dom da vida e por tudo que tem me proporcionado.

Ao Dr. Marcos Botton, pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Centro Nacional de Pesquisa Uva e Vinho (CNPUV), pela orientação, ensinamentos, conselhos e oportunidades oferecidas.

Ao Prof. Dr. Alci Enimar Loeck, professor do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas pela co-orientação e amizade.

Ao Prof. Dr. Odair Correa Bueno, professor da Universidade Estadual Paulista, Centro de Estudos de Insetos Sociais, Instituto de Biociências, Rio Claro, SP, pelo grande exemplo de profissionalismo e contribuição para a realização deste trabalho.

À Dra. Aline Nondillo, pela grande amizade e confiança depositada em mim desde o início.

Aos colegas do Laboratório de Entomologia da Embrapa Uva e Vinho, especialmente à Aline Guindani, Joel Pasinato e Vania Maria A. Sganzerla.

Aos funcionários da Embrapa Uva e Vinho, especialmente à Gilmar Soligo e Janio Lazzarini.

À toda minha família, em especial aos meus pais Casemiro Andzeiewski e Lucia Bichewicz Andzeiewski pelo carinho e incentivos necessários para o cumprimento de mais esta etapa.

Ao meu namorado Rogerio Nowak, pelo apoio e incentivo nesta caminhada, pelo auxílio emocional e amoroso quando a distância nos separava e por tornar meus dias mais felizes.

À minha segunda família da pousada Embrapa Uva e Vinho, Bruno Santos, Cleber Baronio, Giovana Zandoná, Giseli Crizel, Isadora Rubin de Oliveira, João Gilberto, Julieli Dambros, Julio Garighan, Marcelo Zanelato, Monique Nascimento Bezerra, Patricia Picoloto e Sabrina Lerin.

À Universidade Federal de Pelotas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da FAEM/UFPel, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (CNPUV), por ter permitido a execução do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Resumo

ANDZEIEWSKI, Simone **Isclas tóxicas no controle de *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) e *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira.** 2017. 75f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas.

A pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) é uma cochonilha subterrânea que ataca raízes de plantas cultivadas e silvestres. A espécie é considerada a principal praga da videira no Brasil. No primeiro ínstar, a dispersão da cochonilha é realizada com o auxílio de formigas doceiras principalmente a *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) que se associa à cochonilha na busca de excrementos açucarados. Nesse trabalho, foi avaliado o efeito de isclas tóxicas a base de hidrametilnona no controle de *L. micans*, e consequentemente, na infestação de *E. brasiliensis* em novos plantios de videira. Inicialmente foi realizado um experimento em vasos em casa de vegetação em outubro de 2014 com a finalidade de selecionar formulações de isclas tóxicas à base de hidrametilnona (“grânulo pequeno”, “grânulo grande”, tipo “cereal” e gel) para o controle de *L. micans*. As isclas tóxicas foram oferecidas *ad libitum* em porta-isclas com substituição semanal. As avaliações foram realizadas semanalmente registrando o número de formigas forrageando a cada 10 minutos durante uma hora sobre uma solução aquosa de açúcar invertido 70%. A melhor formulação de iscla tóxica selecionada em casa de vegetação foi avaliada a campo em dois experimentos, realizados em áreas naturalmente infestadas pela pérola-da-terra e por *L. micans*. No primeiro, foram efetuadas aplicações semanais de 450 g/ha da iscla tóxica em Flores da Cunha, RS, e no segundo, foi avaliado uma e três aplicações semanais da mesma dose em Caxias do Sul, RS. Mudanças do porta enxerto Paulsen 1103 foram plantadas em agosto de 2014 para o experimento em Flores da Cunha e em novembro de 2015 no experimento de Caxias do Sul, respectivamente. O monitoramento populacional das formigas foi feito semanalmente através de armadilhas subterrâneas do tipo “pitfall” utilizando mel e sardinha embebidos em algodão. A avaliação dos experimentos foi realizada em maio de 2015 (Flores da Cunha) e 2016 (Caxias do Sul), contando o número de cochonilhas presentes nas raízes. No experimento em casa de vegetação, a iscla tóxica a base de hidrametilnona formulada em “grânulo pequeno” e “grânulo grande” controlaram a população de formigas nas primeiras quatro semanas após o fornecimento da iscla. A iscla tóxica formulada em gel também proporcionou mortalidade de 100% da população de formigas, no entanto seu controle foi mais lento, quando comparado as outras formulações. A iscla “cereal” não proporcionou controle das formigas. A iscla tóxica formulada em “grânulo pequeno” selecionada como a mais eficaz em casa de vegetação, fornecida semanalmente no campo, controlou a população de *L. micans* em 100% reduzindo a infestação da

pérola-da-terra em 99,9%. Quando o número de aplicações da isca foi reduzido para 1 a 3, houve um controle de 100% na população de formigas no tratamento que recebeu três aplicações até a quarta semana após o fornecimento da isca, porém as colônias se restabeleceram ao longo do experimento e os tratamentos (uma e três vezes) não foram eficazes no controle das espécies. Conclui-se que a formulação granulada à base de hidrametilnona “grânulo pequeno” é eficiente no controle de *L. micans* em casa de vegetação e em aplicações semanais no campo. Aplicações de uma e três vezes da isca tóxica não proporcionaram controle satisfatório das espécies sendo necessário ajustar o número de tratamentos para um controle eficaz e econômico de *E. brasiliensis* e *L. micans*.

Palavras-chave: pérola-da-terra, dispersão, hidrametilnona, manejo.

Abstract

ANDZEIEWSKI, Simone. **Toxic baits on the control of *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) and *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) on grapevine.** 2017. 75f. Dissertation (Master's degree) – Plant Protection Graduate Program, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

In Brazil, *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille) (Hemiptera: Margarodidae) is considered to be the main pest of vine plants, attacking the roots of cultivated and wild plants. *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) is the primary agent responsible for spreading the *Eurhizococcus brasiliensis*, which are attracted by the honeydew excreted by the scale insect. In this work, the effect of a hydramethylnon-based granular toxic bait on the control of *L. micans* and *E. brasiliensis* in grapevines was evaluated on young grapevines. An experiment was conducted in a greenhouse in October 2014 and plants in individual pots were used to select different formulations of toxic baits based on hydramethylnon (small granule, large granule, cereal and gel) for the control of *L. micans*. The toxic baits were provided *ad libitum* in bait holders, with baits being replaced weekly. Weekly evaluations were carried out during a period of 10 weeks, with the number of foraging ants being counted every 10 minutes during 1 hour, in an aqueous solution of 70% inverted sugar. The best formulation of toxic bait selected in greenhouse was evaluated in the field in two experiments, carried out in areas naturally infested with the scale and *L. micans*. In the first experiment 450 g/ha/week of the toxic bait were applied in Flores da Cunha, RS, and in the second, one and three weekly applications of the same dose were evaluated in Caxias do Sul, RS. In August 2014, seedlings from the Paulsen 1103 rootstock were planted in Flores da Cunha and in November 2015 in Caxias do Sul. The ants were monitored weekly in-ground pitfall traps using a honey and water solution (70%) and sardine conserved in oil absorbed in cotton wool as food attractants. The evaluation of the experiments was carried out in May of 2015 (Flores da Cunha) and 2016 (Caxias do Sul), counting the number of scale insects present in the roots. The experiment conducted in a greenhouse, the hydramethylnon based toxic bait in the formulation small granule and large granule controlled the ant population in the first 4 weeks of application. The gel formulation of the hydramethylnon toxic bait also provided 100% mortality of the population of ants; however, its control was slower when compared with the other two formulations and the cereal formulation did not differ from the control. The small granule toxic bait, applied weekly, effectively reduced the infestation of *L. micans*, controlling 100% of the population of ants and reducing the infestation of *E. brasiliensis* by 99.9%. When the number of bait applications was reduced to 1 to 3, there was a 100% reduction in the ants in the treatment that received three applications until the fourth week after application of the bait, but the colonies were re-established. The small granule toxic bait, applied weekly, effectively reduced the infestation of *L. micans* in greenhouse and field. The reduction of the number of applications (one and three times) did not provide satisfactory control and it will be

necessary to adjust the number of treatments for an efficient and economical control of the two species.

Key-words: Ground pearl; dispersal; hydramethylnon; management.

Lista de Figuras

Figura 1	Placa de fórmica sobre a terra com operárias de <i>L. micans</i> alimentando-se de uma solução aquosa de açúcar invertido (70%).....	55
Figura 2	Vaso contendo o ninho de <i>L. micans</i> (A); tubo de ensaio com água (B); placa de fórmica contendo alimento <i>Gryllus</i> sp. (C); recipiente com solução de açúcar invertido (25%) (D); detalhe do porta-isca contendo a isca tóxica (E)	55
Figura 3	(A) Porta-isca contendo a isca tóxica na formulação “grânulo pequeno” (GP) (0,2mm de diâmetro); (B) “grânulo grande” (GG) (0,5mm de diâmetro); (C) tipo “cereal” e (D) gel	56
Figura 4	Armadilhas subterrâneas do tipo “pitfall” (A); atrativos alimentares (B) armadilhas dentro do solo (C) e coleta das armadilhas em sacos pré-identificados (D)	57
Figura 5	Arranquio do porta enxerto com uma pá de corte (A); bandeja branca para colocação da muda (B); contagem do número de cistos presentes nas raízes (C)	57
Figura 6	Percentagem de operárias de <i>L. micans</i> forrageamento após o tratamento o inseticida e as iscas tóxicas em casa de vegetação. Curvas para cada tratamento representam a resposta ajustada utilizando o modelo exponencial adaptados para o tratamento (outubro a dezembro/2014)	58
Figura 7	Percentagem de operárias de <i>L. micans</i> por armadilha após tratamento com aplicações semanais de isca tóxica em um vinhedo de Flores da Cunha (novembro a maio/2014-2015)	59
Figura 8	Número médio de cistos de <i>E. brasiliensis</i> por planta em vinhedo localizado em Flores da Cunha (maio/ 2015). Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.....	60

Figura 9	Percentagem de operárias de <i>L. micans</i> por armadilha após tratamento com isca tóxica em um vinhedo em Caxias do Sul (novembro a maio /2015-2016)	61
Figura 10	Número médio de cistos de <i>E. brasiliensis</i> por planta em vinhedo localizado em Caxias do Sul (novembro/ maio 2016). Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.....	62

Lista de Tabelas

Tabela 1	Iscas tóxicas avaliadas no controle <i>L. micans</i> em casa de vegetação.....	54
----------	--	----

Sumário

1	Introdução	15
2	Revisão de Literatura	19
2.1	Declínio e morte de plantas de videira.....	19
2.2	Pérola-da-terra.....	20
2.2.1	Bioecologia.....	20
2.2.2	Hospedeiros.....	21
2.2.3	Métodos de controle.....	22
2.2.4	Dispersão da pérola-da-terra.....	22
2.3	Gênero <i>Linepithema</i> (Hymenoptera: Formicidae)	24
2.3.1	<i>Linepithema micans</i>	25
2.3.1.1	Aspectos bioecológicos de <i>L. micans</i>	25
2.3.1.1.1	Ciclo biológico.....	25
2.3.1.1.2	Ciclo de vida sazonal.....	26
2.3.1.1.3	Atividade de forrageamento.....	27
2.3.1.2	Métodos de controle.....	28
2.3.1.2.1	Uso de iscas tóxicas.....	29
3	Artigo 1. Iscas tóxicas para o controle de <i>Linepithema micans</i> e <i>Eurhizococcus brasiliensis</i> na cultura da videira	32
3.1	Resumo.....	34
3.2	Abstract.....	36
3.3	Introdução.....	38
3.4	Material e métodos.....	40
3.5	Resultados e discussão.....	46
3.6	Conclusões.....	49
3.7	Agradecimentos.....	49
3.8	Referências.....	50
4	Considerações finais	63
5	Referências	64

1 Introdução

Um dos principais fatores limitantes a expansão da viticultura na Região Sul do Brasil está associada ao declínio e morte de plantas de videira (ALMANÇA et al., 2013; CAVALCANTI et al., 2013). Embora muitos agentes possam estar associados ao declínio e morte de plantas de videira, a pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) é um dos principais agentes desencadeadores, principalmente pela dificuldade de controle nas áreas infestadas (HICKEL et al., 2008; BOTTON et al., 2010a) e, em hipótese, devido a sua atuação como “abridora” de porta de entrada para patógenos de solo (ZART, 2012).

Infestações elevadas da cochonilha ocorrem principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e, no Vale do São Francisco (Bahia - Pernambuco), principal polo de produção e exportação de uvas de mesa do Brasil (HAJI et al., 2004).

A cochonilha pode reproduzir-se através de partenogênese telitoca facultativa. O ciclo tem início com a postura de ovos no interior de cistos os quais se rompem para originar as ninfas de primeiro ínstar, fase móvel que apresenta pequena capacidade própria de dispersão (SORIA; GALLOTTI, 1986). Ao encontrarem uma raiz, as cochonilhas se fixam e permanecem se alimentando até o completo desenvolvimento que dura geralmente um ano (FOLDI, 2005). A partir desta fase surgem as fêmeas que permanecem no interior dos cistos até realizar a postura quando morrem (reprodução assexuada). A reprodução da pérola-da-terra também pode ocorrer de forma sexuada (SORIA; DAL CONTE, 2005). Neste caso, o cisto se transforma numa fêmea móvel que, na época do acasalamento, sobe à superfície para copular com o macho alado, retornando posteriormente ao solo para ovipositar (BOTTON et al., 2000; SORIA; DAL CONTE, 2000).

Os altos níveis populacionais encontrados nas áreas infestadas e a sucção contínua da seiva nas raízes da videira provocam o definhamento progressivo das plantas, causando redução na produção e culminando com a sua morte (BOTTON et al., 2000). Em novos plantios, as plantas se desenvolvem normalmente no primeiro

ano, mas, a partir do segundo, reduzem a brotação e morrem a partir do terceiro (BOTTON et al., 2004).

Zart et al. (2014) demonstraram que a pérola-da-terra promove os sintomas na planta de videira de modo sistêmico pelo bloqueio no transporte de fotoassimilados das folhas para os demais tecidos da planta. Entretanto, trabalhos de pesquisa têm demonstrado que mesmo com elevada infestação de pérola-da-terra nas raízes de videira, em solo esterilizado, as plantas não apresentam sintomas de declínio anteriormente mencionados como resultante do ataque do inseto (ZART, 2012). Em trabalhos realizados por Zart et al. (2016), os autores verificaram que plantas infestadas por pérola-da-terra produziram estacas menores, porém não tiveram comprometimento no percentual de brotação e desenvolvimento das mudas, quando comparadas com plantas não infestadas. Estes resultados têm levantado à hipótese de que outros fatores como fungos causadores de podridões de raízes e do tronco atuariam em conjunto com a cochonilha, enfraquecendo a planta e produzindo aberturas para inoculação destes microorganismos, provocando os sintomas foliares relatados nas plantas infestadas. Dentre os principais patógenos relatados nas áreas infestadas destacam-se o *Botryosphaeria* spp., *Cylindrocarpon* spp., *Cylindrocladium* spp., *Fusarium oxysporum* f.sp. *herbemontis*, *Graphium* spp., *Ilyonectria macrodidyma*, *Phaeoacremonium* spp., *Phaeomoniella chlamydospora* e *Verticillium* spp., (GARRIDO et al., 2004, ALMANÇA et al., 2013, SANTOS et al., 2013; CORREIA et al., 2013; FERREIRA et al., 2013).

Devido aos prejuízos ocasionados pela pérola-da-terra de forma direta e indireta à cultura da videira faz-se necessário um programa integrado de manejo. Atualmente, o controle do inseto tem como base principal o emprego de inseticidas neonicotinoides (tiametoxam e imidacloprido) e o fipronil (BOTTON et al., 2013). No entanto, muitas vezes esses inseticidas apresentam restrições de uso com destaque ao efeito secundário a polinizadores e riscos de contaminação ambiental (PINHEIRO; FREITAS, 2010). Por essa razão, a busca por alternativas de controle é uma das prioridades da pesquisa.

Um dos pontos importantes para a sobrevivência da pérola-da-terra é a sua interação com a formiga *Linepithema micans* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae) (SACCHETT et al., 2009; NONDILLO et al., 2013). Essas formigas são atraídas pelas excreções açucaradas expelidas (melato) pela cochonilha e conseqüentemente,

fazem a sua dispersão na área, numa relação mutualística (protocooperação) em que ambos os insetos – formiga e cochonilha – são beneficiados (NONDILLO et al., 2013).

L. micans é fundamental para a dispersão e infestação da pérola-da-terra em plantas de videira, sendo registrado um acréscimo significativo no tamanho populacional de *E. brasiliensis* e *L. micans* quando estão associadas, demonstrando a importância desta espécie de formiga no estabelecimento da cochonilha nas raízes de plantas de videira (NONDILLO et al., 2013). Com base nessa informação, foi estabelecido a hipótese de que é possível reduzir a infestação da cochonilha em vinhedos através do controle da formiga dispersora (NONDILLO et al., 2014a).

Em vinhedos da Califórnia e da África do Sul, a formiga argentina *Linepithema humile* (Mayr) é a principal espécie associada com cochonilhas da família Pseudococcidae (ADDISON, 2002; DAANE et al., 2006) sendo verificada uma redução na infestação do hemíptero quando as formigas foram excluídas das plantas (DAANE et al., 2008). O controle da formiga pode ser realizado com inseticidas aplicados no solo ou no tronco da videira (DAANE et al., 2006) ou através do emprego de iscas tóxicas (NELSON; DAANE, 2007; DAANE et al., 2008; NYAMUKONDIWA, 2008; NYAMUKONDIWA; ADDISON, 2011; BLIGHT et al., 2011; BUCZKOWSKI et al., 2014a).

Os agentes tóxicos mais empregados para o controle de *L. humile* nestes países incluem o ácido bórico, fipronil, hidrametilnona, imidacloprido, sulfluramida e tiametoxam (DAANE et al., 2008; NYAMUKONDIWA 2008; NYAMUKONDIWA; ADDISON, 2011; BLIGHT et al., 2011; BUCZKOWSKI et al., 2014b), sendo usados na forma líquida, sólida, granulada ou em gel (SILVERMAN; BRIGHTWELL, 2008; GREENBERG et al., 2017).

Para *L. micans*, diferentes inseticidas foram avaliados como iscas tóxicas em casa de vegetação (NONDILLO et al., 2014a). Os autores demonstraram que a hidrametilnona (0,5%) incorporada em pasta de sardinha foi promissora no controle da formiga. No entanto, a formulação é altamente perecível, e, portanto, inadequada para o controle de formigas no campo. Posteriormente, Nondillo et al., (2016) avaliaram uma isca tóxica formulada em gel, composta por óleo de sardinha, açúcar mascavo e a hidrametilnona (0,5%), a qual proporcionou redução da infestação de formigas em casa de vegetação e no campo, demonstrando que o controle da formiga resulta numa redução significativa da população de *E. brasiliensis*.

No entanto, a formulação gel apresenta dificuldades de uso prático devido a maior necessidade de manuseio por parte das formigas (HAACK; VINSON, 1990). Silverman e Roulston (2001) observaram que apesar de as formigas terem um maior acesso a uma isca açucarada em gel, em comparação a uma isca líquida, elas necessitaram de um tempo substancialmente maior para remover a isca em gel do que as formigas que visitaram a isca líquida. Nondillo et al. (2016) obtiveram resultados insatisfatórios ao utilizar iscas líquidas para o controle de *L. micans* em casa de vegetação. Os autores relataram que esse tipo de resultado pode ser devido ao comportamento de forrageamento de *L. micans* ser diferente de *L. humile*, pois enquanto a primeira apresenta hábito de forrageamento subterrâneo, *L. humile* forrageia em trilhas aéreas para coletar melato (DAANE et al., 2008). Além disso, Nondillo, (2013) sugere que a falta de controle dessas formigas através de uma isca líquida pode estar relacionada a uma possível repelência causada pela fermentação da solução de açúcar invertido, uma vez que os vasos ficaram expostos. Uma alternativa para emprego das formulações em gel e líquida são as iscas granuladas que apresentam um controle satisfatório para *L. humile* (KRUSHELNYCKY et al., 2011) podendo ser adaptado para *L. micans*. Iscas em forma de grânulos com alto teor de proteínas são facilmente consumidas durante a primavera e o verão, devido as exigências nutricionais da colônia (RUST et al., 2000; KRUSHELNYCKY; 2011). Do mesmo modo, operárias de *L. micans* mostram mudanças na preferência alimentar durante o ano, com uma predominância de proteínas durante o inverno e primavera e de carboidratos durante o outono, sendo assim, o emprego de iscas tóxicas utilizando como atrativo alimentar substâncias proteicas e açúcares conforme a necessidade da espécie ao longo do ano é uma alternativa para o programa de manejo desta formiga (NONDILLO et al., 2014b).

Nesse trabalho, foi avaliado o efeito de formulações de isca tóxica à base de hidrametilnona para o controle de *L. micans* em casa de vegetação. Após a determinação da formulação mais eficaz, foram conduzidos trabalhos a campo para avaliar o efeito das iscas tóxicas aplicadas em diferentes períodos na mortalidade *L. micans* e conseqüentemente de *E. brasiliensis* na cultura da videira.

2 Revisão de Literatura

2.1 Declínio e morte de plantas de videira

Um dos principais fatores limitantes a expansão da viticultura no estado do Rio Grande do Sul está associado ao declínio e morte de plantas de videira (ALMANÇA et al., 2013; CAVALCANTI et al., 2013). Em vinhedos, sintomas de declínio e morte de plantas são muitas vezes indistinguíveis entre os diferentes agentes causais e já foram descritos na maioria das áreas de produção vitivinícola como Califórnia (SCHECK et al., 1998), Itália (SIDOTI et al., 2000), Portugal (REGO et al., 2000), França (LARIGNON; DUBOS, 2000), Argentina (GATICA et al., 2001), Austrália (EDWARDS et al., 2001), Grécia (RUMBOS; RUMBOU, 2001) e África do Sul (HALLEEN et al., 2003).

No Rio Grande do Sul, foi registrado a ocorrência de fungos como *Cylindrocarpon* spp., *Phaeoacremonium* spp., *Verticillium* spp., *Botryosphaeria* spp., *Fusarium oxysporum* f.sp. *herbemontis*, *Graphium* spp. e *Cylindrocladium* spp. em amostras de tronco e de raízes, de cultivares americanas, viníferas e híbridas (GARRIDO et al., 2004). Posteriormente, Almança et al. (2013) verificaram a ocorrência de *Phaeomoniella chlamydospora* nas cultivares Bordô e Niágara (*Vitis labrusca*). Contudo, os autores ressaltaram a importância de mais estudos para a confirmação das espécies presentes na Serra Gaúcha. Recentemente, Santos et al., (2014) relataram a ocorrência de *Ilyonectria macrodidyma*, *I. robusta* e "*Cylindrocarpon*" *pauciseptatum* em videiras que apresentavam sintomas de declínio no Rio Grande do Sul. Os sintomas de declínio geralmente consistem em necrose das folhas, redução do crescimento e da produção e em casos mais graves acarretam na morte das videiras (SURICO, 2009; NEWSOME, 2012).

Desde 1990, vinícolas e viticultores tem registrado perdas na implantação de vinhedos pela morte de plantas e a presença de sintomas de declínio das videiras em plantas jovens. Estudos demonstraram que muitos fatores estão envolvidos no baixo desenvolvimento das videiras, entre eles, a presença de fungos que atacam o tronco

e comprometem o sistema vascular sendo apontado como uma das principais causas do problema (GRAMAJE; ARMENGOL, 2012).

Embora muitos destes agentes possam ser responsáveis pelo declínio e morte de plantas de videira, a pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*) (Wille, 1922) é considerada um dos principais agentes desencadeadores, principalmente pela dificuldade de controle eficiente nas áreas infestadas e, (HICKEL et al., 2008; BOTTON et al., 2010a) em hipótese, devido a sua atuação como “abridora” de porta de entrada para fungos de solo (ZART, 2012).

2.2 Pérola-da-terra

2.2.1 Bioecologia

A pérola-da-terra é uma cochonilha subterrânea pertencente à família Margarodidae (FOLDI, 2005) que ataca as raízes de plantas cultivadas e silvestres (SORIA; GALLOTTI, 1986), sendo prejudicial no primeiro, segundo e terceiro ínstares, visto que os adultos são desprovidos de aparelho bucal (SORIA; GALLOTTI, 1986; FOLDI, 2005).

Na América do Sul, diferentes espécies de pérola-da-terra são consideradas pragas de importância econômica, destacando-se *Margarodes vitis* (Philippi, 1884), no Chile (FOLDI, 2005) e Argentina (GONZALEZ et al., 2016) e *Eurhizococcus colombianus* Jakubski, na Colômbia (KONDO; GÓMEZ, 2008; ARÉVALO-MALDONADO et al., 2012). Na África do Sul foram relatadas as espécies *M. trimeni* (Giard, 1897), *M. capensis* (Giard, 1897), *M. greeni* (Brian, 1915) e *M. prieskaensis* (Jakubski, 1965) e na Califórnia (EUA) *M. meridionalis* (Morrison, 1927) (FOLDI, 2005).

No Brasil, destaca-se a espécie *E. brasiliensis* que teve seu primeiro registro infestando videiras em 1921, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul (GALLOTTI, 1976; BOTTON et al., 2000). A espécie encontra-se distribuída nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e também foi encontrada na região do Vale do São Francisco, um dos maiores polos de produção de uva de mesa do país, (LOURENÇÃO et al., 1989; HICKEL, 1996; HAJI et al., 2002).

A biologia da pérola-da-terra é complexa, principalmente por se tratar de um inseto subterrâneo e apresentar um ciclo de aproximadamente um ano (SORIA;

GALLOTTI, 1986). Sabe-se que sua reprodução pode ser tanto assexuada como sexuada e que nas condições ambientais do Rio Grande do Sul, ocorre principalmente por partenogênese telítoca facultativa, uma forma assexuada em que fêmeas produzem fêmeas (SORIA; GALLOTTI, 1986; SORIA; DAL CONTE, 2005).

O ciclo assexuado tem início entre os meses de outubro a janeiro através da postura de ovos no interior dos cistos maduros de coloração branco-acinzentada, casca frágil e quebradiça, os quais se rompem para liberação de ovos e ninfas de primeiro ínstar. Estas por sua vez têm pernas funcionais, mas pouca mobilidade, o que reduz sua capacidade de dispersão (FOLDI, 2005).

No segundo ínstar, as ninfas se fixam nas raízes, perdem os apêndices (pernas e antenas) e se alimentam da seiva da planta hospedeira. Com o tempo, vão aumentando de tamanho tornando-se ligeiramente circulares e envolvidas por uma cápsula protetora. A partir desta fase, a cochonilha é denominada de cisto, possuindo formato globoso e coloração amarelada, similar a uma pérola (SORIA; DAL CONTE, 2005; FOLDI, 2005). A definição do número de ínstars da cochonilha ainda não está esclarecida devido à dificuldade de estudos em condições controladas. Botton et al., (2000) sugerem três ínstars, entretanto, Hickel et al., (2008) mencionam cinco. Quando a cochonilha atinge seu máximo crescimento, ela pode realizar a postura dos ovos em forma de “cordão de contas” e morrer dentro do próprio cisto completando seu ciclo assexuado ou partenogênese telítoca facultativa.

Na reprodução sexuada ocorre o rompimento da camada protetora para saída de uma fêmea móvel, que na época de acasalamento (verão), escava em direção da superfície do solo para copular com o macho alado retornando posteriormente ao solo para realizar a postura (SORIA; DAL CONTE, 2005).

Quanto aos machos, a partir do segundo ínstar o cisto se transforma em pré-pupa e pupa até originar o adulto alado (SORIA; DAL CONTE, 2005). Esses machos, desprovidos de aparelho bucal, não vivem mais do que dois dias e supõe-se que durante sua breve vida apenas procuram fêmeas na superfície do solo para o acasalamento (HICKEL et al., 2010).

2.2.2 Hospedeiros

Mais de 80 espécies de plantas, entre cultivadas e silvestres, já foram relatadas como hospedeiras de *E. brasiliensis* (GALLOTTI, 1976, SORIA; GALLOTTI, 1986,

BOTTON et al., 2000; BOTTON et al., 2004; EFROM et al., 2012). Entre os hospedeiros, destacam-se as plantas de pequenas frutas como a amoreira-preta, framboeseira e o mirtilheiro, além da videira (EFROM et al., 2012).

2.2.3 Métodos de controle

Dentre os principais métodos de controle da pérola-da-terra destacam-se: a resistência de plantas, buscando porta-enxertos resistentes à praga (BOTTON, et al., 2000); o controle biológico com nematóides entomopatogênicos, porém estes controlam apenas a fêmea móvel (SCHMIDT, 2012; ARISTIZÁBAL et al., 2015); a utilização de predadores como a mosca *Prolepsis lucifer* Wiedemann, 1828 (Diptera: Asylidade), que penetra nos cistos da cochonilha alimentando-se das ninfas de primeiro ínstar (SORIA et al., 2004); a utilização de cobertura vegetal nos vinhedos com plantas não hospedeiras da pérola-da-terra (BOTTON et al., 2010b) e o controle químico (DAL BÓ et al., 2007; BOTTON et al., 2013).

O controle químico tem sido o mais empregado atualmente com os inseticidas imidacloprido, tiametoxam e o fipronil (BOTTON et al., 2013). Os inseticidas são aplicados no solo, durante o mês de novembro, período em que se inicia a dispersão das ninfas de primeiro ínstar nas raízes da videira (BOTTON, et al., 2013).

No entanto, para o controle da cochonilha, a utilização de inseticidas aplicados via solo apresenta restrições, com destaque para o efeito secundário a polinizadores e riscos de contaminação ambiental (NYAMUKONDIWA, 2008; PINHEIRO; FREITAS 2010). Borszowski et al. (2011) avaliaram produtos ecológicos alternativos no controle no campo, e verificaram que o óleo de nim apresentou o melhor resultado diminuindo o número de insetos em relação à testemunha, no entanto não eliminou a cochonilha das plantas de videira. Botton et al. (2013) mencionam que a azadiractina pode ser uma alternativa para supressão populacional da praga em cultivos orgânicos.

2.2.4 Dispersão da pérola-da-terra

A dispersão a longas distâncias da pérola-da-terra pode ocorrer por vários meios, como implementos agrícolas, água de enxurrada, mudas de espécies frutíferas e ornamentais infestadas, devido à grande gama de plantas hospedeiras que podem abrigar o inseto nas raízes (HAJI et al., 2004; HICKEL et al., 2010).

Em curtas e médias distâncias, dentro de um vinhedo, a dispersão da cochonilha pode ser auxiliada por formigas doceiras, as quais, associam-se aos cistos de pérola-da-terra em busca de excrementos açucarados (melato) numa associação mutualística (protocooperação) em que ambos os insetos – formiga e hemíptero – são beneficiados (SACCHETT et al., 2009; NONDILLO et al., 2013).

Essa associação resulta no aumento da densidade de hemípteros e das formigas em determinada área (ABBOTT; GREEN, 2007; DAANE et al., 2007) visto que as formigas protegem e transportam as ninfas móveis recém eclodidas de um local para outro, adotando-as como suas próprias crias (HICKEL, 1994). No entanto, o aumento na população de hemípteros pode prejudicar a planta hospedeira devido a remoção da seiva, dano no tecido ou facilitando a contaminação por patógenos (BUCKLEY, 1987). Embora, essa situação envolva um alto custo para planta, em alguns casos existem benefícios indiretos, através da predação de outros herbívoros oportunistas pela alta quantidade de formigas presentes (STRYSKY; EUBANKAS, 2007).

Na África do Sul e na Califórnia a formiga argentina *Linepithema humile* (Mayr) é a principal espécie associada com cochonilhas da família Pseudococcidae (ADDISON 2002; DAANE et al., 2006) na cultura na videira, sendo verificada uma redução na infestação do hemíptero quando as formigas foram excluídas das plantas (DAANE et al., 2008).

Por muitos anos a formiga argentina *Linepithema humile* (Mayr, 1868) (Hymenoptera: Formicidae) foi relatada como predominante em áreas infestadas por *E. brasiliensis* na região Sul do Brasil, sendo a principal responsável pela dispersão da cochonilha para novos locais do mesmo hospedeiro ou para plantas próximas (SORIA; DAL CONTE, 2000; BOTTON et al., 2004). Entretanto, em trabalhos realizados no estado do Rio Grande do Sul, Martins et al. (2012) registraram através de técnicas moleculares a presença de *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) em associação com a pérola-da-terra. Sacchett et al. (2009) registraram em dois parreirais localizados na Serra Gaúcha diversos gêneros de formigas em áreas infestadas pela cochonilha com destaque para *L. micans* e *Pheidole* sp. Nondillo (2013) verificou em um levantamento de espécies de formigas realizado em parreirais localizados em diferentes cidades no Rio Grande do Sul e

Santa Catarina que *L. micans* foi a espécie mais frequente e abundante nas áreas infestadas com a pérola-da-terra.

2.3 Gênero *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae)

As formigas são incluídas em única família Formicidae pertencente à ordem Hymenoptera (GRIMALDI; AGOSTI, 2000). Em 1900, estavam descritas 11 subfamílias e 297 gêneros de Formicidae (HÖLLDOBLER; WILSON 1990). Em 2017, 15.920 espécies foram classificadas e 21 subfamílias (ANTWEB 2017), entre elas a subfamília Dolichoderinae (SAUX et al., 2004);

Os principais gêneros que formam a subfamília Dolichoderinae na região Neotropical são *Anillidris*, *Azteca*, *Bothriomyrmex*, *Dolichoderus*, *Dorymyrmex*, *Forelius*, *Liometopum*, *Linepithema*, *Tapinoma* e *Technomyrmex* (CUEZZO, 2003). O gênero *Linepithema* Mayr, 1866, pertence a Tribo Dolichoderini e conta com 19 espécies na América Neotropical, com base em dados morfológicos, biogeográficos (WILD, 2007) e moleculares (WILD, 2009).

As formigas do gênero *Linepithema* são nativas da América do Sul, sendo encontradas em uma variedade de florestas, pastagens e habitats montanhosos do Caribe, América Central e América do Sul (WILD, 2007).

A maioria das espécies deste gênero é polidômica e muitas são poligínicas (WILD, 2007). Espécies que possuem essas duas características, normalmente dominam os diversos habitats (KASPARI, 2003) como é o caso da formiga invasora *L. humile*, amplamente distribuída através dos meios de transporte das atividades comerciais e que se espalhou por todo o mundo, sendo considerada atualmente, uma importante praga nos Estados Unidos, Havaí, África do Sul, Europa e parte da Austrália, acarretando diversos danos à fauna e flora (CAMPOS, 2012). A formiga *L. micans* também apresenta comportamento invasor (MARTINS et al., 2012) no entanto, sua distribuição ainda se encontra restrita ao sul do Brasil, Argentina e Paraguai.

Uma das grandes razões do sucesso da família Formicidae ocorre devido ao hábito alimentar diversificado, que permite a exploração da maioria dos habitats terrestres (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). As formigas do gênero *Linepithema* são catadoras generalistas e predadoras de nectários e “honeydew” (WILD, 2007), sendo

este último uma rica fonte de nutrientes constituído de gotículas de um líquido rico em açúcares de pulgões, cochonilhas e cigarrinhas (DELABIE; FERNÁNDEZ, 2003). Quando as formigas detectam uma rica fonte alimentar, recrutam um grande número de indivíduos da colônia, sendo ativas nos períodos diurno e noturno (WILD, 2007).

A trofobiose é uma relação mutualística entre formigas e hemípteros (FISCHER; SHINGLETON, 2001). Nessa relação ambas partes são beneficiadas; as formigas recebem o melato expelido pelo hemíptero (DELABIE, 2001); e em troca, concedem proteção contra predadores e a dispersão das ninfas dos hemípteros (HICKEL, 1994; SORIA; DAL CONTE, 2000).

Quanto à construção de ninhos, de maneira geral, as formigas do gênero *Linepithema*, os fazem superficialmente no solo, em montes de folha, madeira podre ou até mesmo sob pedras (WILD, 2007).

2.3.1 *Linepithema micans*

A formiga *L. micans* pode ser encontrada desde a Argentina Central ao leste do Brasil, sendo registrada em uma grande variedade de ambientes, como pastagens, florestas e matas principalmente sob pedras, madeira podre, e em regiões de solo arenoso (WILD, 2007).

Diferentemente de outros países onde ocorre o cultivo da videira, na região Sul do Brasil, *L. micans* tem sido encontrada em áreas infestadas com a pérola-da-terra (SACCHETT et al., 2009; NONDILLO, 2013).

Segundo à análise faunística conduzida em parreirais infestados pela pérola-da-terra nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Nondillo (2013) constatou que a espécie, *L. micans* foi a mais frequente e abundante em todas áreas amostradas.

2.3.1.1 Aspectos bioecológicos de *L. micans*

2.3.1.1.1 Ciclo biológico

L. micans apresenta metamorfose completa, passando pelos estágios de ovo, larva, pupa e adulto (NONDILLO et al., 2012). Em uma colônia, a rainha tem a responsabilidade de gerar os novos indivíduos, podendo ovipositar fêmeas não

reprodutivas (operárias), fêmeas (rainhas) e machos reprodutivos (GOMEZ; ESPADALER, 2005).

Os machos são insetos alados e de menor porte que as rainhas e tem como responsabilidade fecundar uma nova rainha no voo nupcial. Depois da fecundação, os machos não são mais aceitos nas colônias de origem e geralmente morrem logo após a cópula (GOMEZ; ESPADALER, 2005).

2.3.1.1.2 Ciclo de vida sazonal

Trabalhos realizados por Nondillo et al. (2014b) demonstraram que, ao longo do ano, existem mudanças sazonais na composição das colônias *L. micans* no vinhedo.

Durante o outono e inverno, colônias de *L. micans* são formadas principalmente por fêmeas adultas e muitas larvas. Além disso, a temperatura possui grande influência na postura de rainhas durante esse período e as larvas apresentam lento desenvolvimento (NONDILLO et al., 2014b). O mesmo acontece em colônias de *L. humile* que cessam a oviposição em temperaturas acima de 32 °C e abaixo de 18 °C (ABRIL et al., 2008).

No início da primavera, com o aumento da temperatura, inicia-se a postura e o surgimento das primeiras pupas além de um maior número de colônias dispersas pelos parreirais, entretanto com menor número de operárias (NONDILLO et al., 2014b). Contudo, gines aladas e pupas de alados não são encontradas nessa época, apenas pupas de operárias (NONDILLO et al., 2014b).

Não é possível conhecer à época em que ocorre o acasalamento de *L. micans* devido à dificuldade de encontrar uma gine alada. No entanto, no final do inverno e início da primavera é verificado uma maior quantidade de ovos nas colônias podendo ser um indício do início de um ciclo (NONDILLO et al., 2014b).

O período de maior produção de ovos ocorre após o surgimento dos machos na colônia (NONDILLO et al. 2014b). Como os machos tem função primordial na inseminação das gines, e após a cópula não são mais aceitos pelas colônias e morrem (GOMEZ; ESPADALER, 2005), provavelmente o surgimento deles nas colônias de *L. micans* esteja relacionado ao acasalamento (NONDILLO et al., 2014b).

2.3.1.1.3 Atividade de Forrageamento

Colônias de *L. micans* apresentam atividade de forrageamento ao longo de todo ano (NONDILLO et al., 2014b). As operárias são mais ativas ao anoitecer e apresentam picos de atividade pela manhã, com redução nas horas mais quentes e de menor umidade durante o dia. Para reduzir o tempo de exposição a altas temperaturas, há uma diminuição da intensidade de forrageamento nas primeiras horas da tarde quando as temperaturas são mais elevadas e a umidade relativa do ar mais baixa (NONDILLO et al., 2014b). O forrageamento das formigas em altas temperaturas pode ocasionar a dessecação e representar um alto risco para toda a colônia (CERDÀ et al., 1998). Em *L. humile*, a grande sensibilidade a dessecação se deve pelo tamanho pequeno das formigas (SCHILMAN et al., 2005).

No inverno, a atividade de forrageamento de *L. micans* é maior no período noturno enquanto que nos meses mais quentes a taxa de forrageamento é maior nas primeiras horas do amanhecer se estendendo até o período da manhã, reduzindo significativamente durante a tarde (NONDILLO et al., 2014b).

A atividade de forrageamento sazonal de *L. micans* varia ao longo do ano sendo influenciada pela temperatura. Nos meses de julho e setembro, onde as temperaturas são mais baixas, há uma redução no ritmo de atividade das operárias em busca de alimento, e com o aumento da temperatura seu forrageamento se torna mais ativo (NONDILLO et al., 2014b).

O padrão alimentar das formigas é constituído basicamente por proteínas e carboidratos (HÖLLDOBLER; WILSON 1990). Alimentos ricos em proteínas são essenciais para o desenvolvimento das larvas e para a maior produção de ovos pela rainha (RUST et al., 2000). Em compensação, dietas ricas em carboidratos constituem importante fonte de energia para as operárias (GROVER et al., 2007).

Nos meses de junho a dezembro, operárias de *L. micans* coletam mais alimentos ricos em proteína animal, enquanto que nos meses de fevereiro a maio, a busca é maior em alimentos ricos em carboidratos (NONDILLO et al., 2014b). Essa mudança na atividade de forrageamento se deve aos períodos reprodutivos da colônia. Com o aumento da temperatura, inicia-se o período reprodutivo, época em que a rainha necessita ingerir uma maior quantidade de alimentos proteicos em decorrência do aumento na oviposição (NONDILLO et al., 2014b).

Informações sobre a atividade de forrageamento das formigas são fundamentais para estabelecer estratégias de manejo de *L. micans* em vinhedos utilizando iscas tóxicas, pois dependendo da fase em que a colônia se encontra, pode-se utilizar como atrativo alimentar, substâncias proteicas, nos meses com maior densidade de larvas na colônia (abril a outubro) e substâncias açucaradas, nos meses em que há um predomínio de operárias (novembro a março) (NONDILLO et al., 2014b).

2.3.1.2 Métodos de Controle

Dentro do gênero *Linepithema*, a formiga invasora *L. humile* é a espécie mais estudada. Embora exista diversas estratégias para seu controle como o biológico (ORR; SEIKE, 1998; CHEN; NONACS, 2000) e a barreira física (SHOREY et al., 1996; KLOTZ et al., 2003), os melhores resultados têm sido obtidos através do emprego de inseticidas de contato ou iscas tóxicas (KLOTZ et al., 2002; KLOTZ et al., 2003; SILVERMAN; BRIGHTWELL, 2008).

O uso de barreira química tem sido empregado em vinhedos da África do Sul, utilizando o inseticida clorpirifós em troncos no controle de duas espécies de formigas, incluindo *L. humile*, tendo como objetivo encontrar um método de baixo custo e que fosse aceitável num programa de manejo integrado de pragas (ADDISON, 2002). Phillips e Sherek (1991), em vinhedos da Califórnia, também utilizaram tratamento químico principalmente sobre ninhos de *L. humile* na base das plantas de videira, porém foi observado que o tratamento não eliminou a colônia como um todo, porque após algumas semanas as formigas voltaram a forragear.

Aplicações via solo tem apresentando bons resultados no controle de *L. humile*, no entanto, esse tipo de manejo representa um grande risco para os organismos benéficos devido a contaminação do ambiente (NYAMUKONDIWA, 2008), especialmente polinizadores (PINHEIRO; FREITAS, 2010). Dependendo da cultura e do método de aplicação, o inseticida fipronil e os neonicotinoides tem apresentando relação com à alta mortalidade de *Apis mellifera* (PEREIRA, 2010; CRESSWELL et al., 2012).

A aplicação de inseticidas principalmente bifentrina e clorpirifós para o controle de formigas, muitas vezes não proporciona resultados satisfatórios, porque,

na maioria das vezes, atingem apenas as operárias que estão forrageando e que constituem aproximadamente 5 a 10% dos indivíduos da colônia (BUENO; BUENO, 2007), não apresentando efeito sobre as rainhas ou crias que permanecem no ninho (STYRSKY; EUBANKS, 2007; BUENO; BUENO, 2007) necessitando de uma grande quantidade de inseticida para eliminar a colônia (BUENO; BUENO, 2007). Além disso, o problema pode ser agravado pela fragmentação da colônia, que a médio prazo aumenta o nível de infestação na área ou a dispersão de formigas para outras áreas (BUENO; BUENO, 2007).

2.3.1.2.1 Uso de iscas tóxicas

Atualmente, as iscas tóxicas são consideradas a principal opção para o manejo de formigas do gênero *Linepithema* (NONDILLO et al., 2016). Seu uso geralmente está condicionado em aplicações de pequenas quantidades concentradas de inseticida (RUST et al., 2003) e que podem ser levadas para o ninho via “grooming”, trofalaxia, necrofagia e necroforese, distribuídas para larvas e rainhas (SOEPRONO; RUST, 2004; HOOPER-BUI et al., 2015). Além disso, as iscas tóxicas têm como vantagem serem menos prejudiciais ao meio ambiente e animais e mais seguras ao aplicador, além de apresentarem um menor impacto sobre organismos não-alvo (KLOTZ et al., 2003; RUST et al., 2003; DAANE et al., 2006; COOPER et al., 2008).

Um dos maiores gargalos na utilização de iscas tóxicas é encontrar uma formulação que seja consistentemente aceitável (SILVERMAN; ROULSTON 2001). Segundo Bueno; Bueno (2007), a isca tóxica ideal para o controle de formigas deve apresentar as seguintes características: 1) ser atrativa às formigas, se possível a certa distância do ninho; 2) ser carregada sempre que encontrada; 3) ter ação lenta o suficiente para ser conduzida para longas distâncias; 4) ser distribuída amplamente pela colônia antes que apareçam os primeiros sintomas de intoxicação; 5) apresentar especificidade às espécies alvos; 6) apresentar baixa toxicidade aos mamíferos; 7) permanecer efetiva em condições adversas e; 8) conter um ingrediente ativo de rápida degradação no ambiente. Além disso, estudos consideraram que uma formulação de isca tóxica considerada eficaz é aquela que consegue eliminar a colônia após 10 a 18 dias de aplicação (KLOTZ et al., 2004). Josens et al. (2016) relataram que o controle de espécies invasoras utilizando iscas

tóxicas pode ser melhorado através do aumento do conhecimento científico da biologia das espécies alvo.

Os principais inseticidas utilizados como iscas tóxicas são ácido bórico, fipronil, hidrametilnona, imidacloprido, sulfluramida e tiametoxam (HOOPER-BUI; RUST, 2000; RUST et al., 2004; NELSON; DAANE, 2007; DAANE et al., 2008; NYAMUKONDIWA 2008; NYAMUKONDIWA; ADDISON 2011; BLIGHT et al., 2011; BUCZKOWSKI et al., 2014a; BUCZKOWSKI et al. 2014b; SONG, 2015; WANG et al., 2015; NONDILLO et al., 2016). Segundo Silverman; Brightwell (2008), os ingredientes ativos devem ser incorporados em matrizes líquidas, sólidas, granuladas ou em forma de gel. Recentemente uma nova matriz de iscas utilizando polímeros de poliacrilamida desidratados ("cristais de hidrogel") contra as formigas argentinas tem apresentado excelentes resultados (BOSER et al., 2014; BUCZKOWSKI et al., 2014a; BUCZKOWSKI et al., 2014b; RUST et al., 2015). Para *L. humile*, o "honeydew" excretado por hemípteros e o exsudado extrafloral são os mais importantes recursos alimentares da formiga, então as iscas tóxicas deveriam mimetizar esta composição.

O ácido bórico é um dos principais ingredientes ativos utilizados para controlar *L. humile* em vinhedos na Califórnia e na África do Sul (DAANE et al., 2006, 2007, 2008; NYAMUKONDIWA; ADDISON 2011). No entanto o inseticida não foi eficaz para o controle de *L. micans* (NONDILLO et al., 2014a).

Trabalhos usando o ingrediente ativo tiametoxam (0,0001%) e imidacloprido (0,005%) incorporados em iscas líquidas à base de sacarose apresentaram resultados satisfatórios no controle de *L. humile* em laboratório e vinhedos comerciais (KLOTZ et al., 2003; RUST et al., 2004; DAANE et al., 2008). O mesmo foi verificado em soluções contendo fipronil em 25% de água de sacarose onde se teve uma redução significativa no número de formigas forrageando em torno de estruturas (KLOTZ et al., 2002; VEGA; RUST, 2003; HAYASAKA et al., 2015). Hooper-Bui; Rust (2000) estudaram diferentes concentrações de ingredientes ativos em soluções açucaradas e verificaram que aquelas que continham o ingrediente ativo fipronil e ácido bórico tiveram os melhores resultados.

Em trabalhos a campo, iscas a base de hidrametilnona (0,9%) proporcionaram uma diminuição da atividade de forrageamento das formigas de *L. humile* dentro de 6 semanas em todas as colônias tratadas (FORSCHLER; EVANS, 1994), porém não se

tem apresentado efeito nas rainhas (HOOPER-BUI; RUST, 2001; STANLEY, 2004). De acordo com Knight; Rust (1991); este ingrediente ativo não apresenta ação lenta. Contudo, quando incorporado em iscas sólidas à base de proteínas, o inseticida tem apresentado resultados satisfatórios no controle de *L. humile*, principalmente em condições de campo (FORSCHLER; EVANS, 1994; KLOTZ et al., 2000). Mothapo e Wossler (2016) avaliaram a atratividade e a toxicidade de seis iscas comerciais contendo hidrametilnona, imidacloprido e piriproxifeno em diferentes formulações para o controle da formiga argentina. Os autores verificaram que as iscas granulares contendo hidrametilnona foram as mais eficazes, causando mortalidade de 85-100% das operárias e 63-75% das rainhas no laboratório em 24 h. Hooper-Bui e Rust (2001) observaram que a hidrametilnona age como um estimulante de alimentação em operárias de *L. humile*.

Nondillo et al. (2014a) obtiveram sucesso no controle de *L. micans* ao utilizar hidrametilnona (0,5%) incorporada em isca de sardinha uma semana após a aplicação. No entanto, a formulação é altamente perecível, e, portanto, inadequada para o controle de formigas no campo. A posteriori Nondillo et al. (2016) avaliaram uma isca à base de gel, a qual proporcionou redução da infestação de formigas em casa de vegetação e no campo.

Artigo 1.

(Versão em português)

Iscas tóxicas para o controle de *Linepithema micans* e *Eurhizococcus brasiliensis* na cultura da videira

Simone Andzeiewski, Aline Nondillo, Alci Enimar Loeck, Flávio Bello Fialho,
Odair Correa Bueno, e Marcos Botton

Andzeiewski et al.: Control of *L. micans*
and *E. brasiliensis*
Journal of Economic Entomology
Ecotoxicology

S. Andzeiewski
Rua Livramento, 515,
Bento Gonçalves
Rio Grande do Sul, Brasil
CEP: 95700-000
Phone: + 55 (54) 3455 8066
Fax: +55 (54) 3455 8127
E-mail:
simoneandzeiewski@yahoo.com.br

**Iscas tóxicas para o controle de *Linepithema micans* e *Eurhizococcus brasiliensis* na
cultura da videira**

Simone Andzeiewski⁽¹⁾, Aline Nondillo⁽²⁾, Alci Enimar Loeck⁽¹⁾, Flávio Bello
Fialho⁽²⁾, Odair Correa Bueno⁽³⁾, and Marcos Botton⁽²⁾

¹ S. Andzeiewski, A. E. Loeck
Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

² A. Nondillo, M. Botton, F. Bello
Laboratório de Entomologia, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, Brasil

³ O.C. Bueno
Centro de Estudos de Insetos Sociais, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista,
Rio Claro, SP, Brasil

3 Iscas tóxicas para o controle de *Linepithema micans* e *Eurhizococcus brasiliensis* na cultura da videira

Resumo

A pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) é uma cochonilha subterrânea que ataca raízes de plantas cultivadas e silvestres. A espécie é considerada a principal praga da videira no Brasil. No primeiro ínstar, a dispersão da cochonilha é realizada com o auxílio de formigas doceiras principalmente a *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) que se associa à cochonilha na busca de excrementos açucarados. Nesse trabalho, foi avaliado o efeito de iscas tóxicas a base de hidrametilnona no controle de *L. micans*, e conseqüentemente, na infestação de *E. brasiliensis* em novos plantios de videira. Inicialmente foi realizado um experimento em vasos em casa de vegetação em outubro de 2014 com a finalidade de selecionar formulações de iscas tóxicas à base de hidrametilnona (“grânulo pequeno”, “grânulo grande”, tipo “cereal” e gel) para o controle de *L. micans*. As iscas tóxicas foram oferecidas *ad libitum* em porta-iscas com substituição semanal. As avaliações foram realizadas semanalmente registrando o número de formigas forrageando a cada 10 minutos durante uma hora sobre uma solução aquosa de açúcar invertido 70%. A melhor formulação de isca tóxica selecionada em casa de vegetação foi avaliada a campo em dois experimentos, realizados em áreas naturalmente infestadas pela pérola-da-terra e por *L. micans*. No primeiro, foram efetuadas aplicações semanais de 450 g/ha da isca tóxica em Flores da Cunha, RS, e no segundo, foi avaliado uma e três aplicações semanais da mesma dose em Caxias do Sul, RS. Mudanças do porta enxerto Paulsen 1103 foram plantadas em agosto de 2014 para o experimento em Flores da Cunha e em novembro de 2015 no experimento de Caxias do Sul, respectivamente. O monitoramento populacional das formigas foi feito

semanalmente através de armadilhas subterrâneas do tipo “pitfall” utilizando mel e sardinha embebidos em algodão. A avaliação dos experimentos foi realizada em maio de 2015 (Flores da Cunha) e 2016 (Caxias do Sul), contando o número de cochonilhas presentes nas raízes. No experimento em casa de vegetação, a isca tóxica a base de hidrametilnona formulada em “grânulo pequeno” e “grânulo grande” controlaram a população de formigas nas primeiras quatro semanas após o fornecimento da isca. A isca tóxica formulada em gel também proporcionou mortalidade de 100% da população de formigas, no entanto seu controle foi mais lento, quando comparado as outras formulações. A isca “cereal” não proporcionou controle das formigas. A isca tóxica formulada em “grânulo pequeno” selecionada como a mais eficaz em casa de vegetação, fornecida semanalmente no campo, controlou a população de *L. micans* em 100% reduzindo a infestação da pérola-da-terra em 99,9%. Quando o número de aplicações da isca foi reduzido para 1 a 3, houve um controle de 100% na população de formigas no tratamento que recebeu três aplicações até a quarta semana após o fornecimento da isca, porém as colônias se restabeleceram ao longo do experimento e os tratamentos (uma e três vezes) não foram eficazes no controle das espécies. Conclui-se que a formulação granulada à base de hidrametilnona “grânulo pequeno” é eficiente no controle de *L. micans* em casa de vegetação e em aplicações semanais no campo. Aplicações de uma e três vezes da isca tóxica não proporcionaram controle satisfatório das espécies sendo necessário ajustar o número de tratamentos para um controle eficaz e econômico de *E. brasiliensis* e *L. micans*.

Palavras-chave: pérola-da-terra; dispersão; hidrametilnona; manejo.

Abstract

In Brazil, *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille) (Hemiptera: Margarodidae) is considered to be the main pest of vine plants, attacking the roots of cultivated and wild plants. *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) is the primary agent responsible for spreading the *Eurhizococcus brasiliensis*, which are attracted by the honeydew excreted by the scale insect. In this work, the effect of a hydramethylnon-based granular toxic bait on the control of *L. micans* and *E. brasiliensis* in grapevines was evaluated on young grapevines. An experiment was conducted in a greenhouse in October 2014 and plants in individual pots were used to select different formulations of toxic baits based on hydramethylnon (small pellet, large pellet, cereal and gel) for the control of *L. micans*. The toxic baits were provided *ad libitum* in bait holders, with baits being replaced weekly. Weekly evaluations were carried out during a period of 10 weeks, with the number of foraging ants being counted every 10 minutes during 1 hour, in an aqueous solution of 70% inverted sugar. The best formulation of toxic bait selected in greenhouse was evaluated in the field in two experiments, carried out in areas naturally infested with the scale and *L. micans*. In the first experiment 450 g/ha/week of the toxic bait were applied in Flores da Cunha, RS, and in the second, one and three weekly applications of the same dose were evaluated in Caxias do Sul, RS. In August 2014, seedlings from the Paulsen 1103 rootstock were planted in Flores da Cunha and in November 2015 in Caxias do Sul. The ants were monitored weekly in-ground pitfall traps using a honey and water solution (70%) and sardine conserved in oil absorbed in cotton wool as food attractants. The evaluation of the experiments was carried out in May of 2015 (Flores da Cunha) and 2016 (Caxias do Sul), counting the number of scale insects present in the roots. The experiment conducted in a greenhouse, the hydramethylnon based toxic bait in the formulation small granule and large granule controlled the ant population in the first 4 weeks of application. The gel formulation of

the hydramethylnon toxic bait also provided 100% mortality of the population of ants; however, its control was slower when compared with the other two formulations and the cereal formulation did not differ from the control. The small granule toxic bait, applied weekly, effectively reduced the infestation of *L. micans*, controlling 100% of the population of ants and reducing the infestation of *E. brasiliensis* by 99.9%. When the number of bait applications was reduced to 1 to 3, there was a 100% reduction in the ants in the treatment that received three applications until the fourth week after application of the bait, but the colonies were re-establishment. The small granule toxic bait, applied weekly, effectively reduced the infestation of *L. micans* in greenhouse and field. The reduction of the number of applications (one and three times) did not provide satisfactory control and it will be necessary to adjust the number of treatments for an efficient and economical control of the two species.

Key-words: Ground pearl; dispersal; hydramethylnon; management.

Introdução

Na região Sul do Brasil, a formiga *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) é a principal responsável pela dispersão da pérola-da-terra, *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) (Sacchett et al., 2009, Nondillo et al., 2013), cochonilha de solo que é uma importante praga associada ao declínio e morte de plantas de videira (Almança et al., 2013; Cavalcanti et al., 2013). As formigas são atraídas pelo melato excretado pela cochonilha atuando como agente dispersor numa associação mutualística (protocooperação) em que ambos os insetos –formiga e hemíptero- são beneficiados (Sacchett et al., 2009; Nondillo et al., 2013). Com base nessa informação, foi estabelecida a hipótese de que é possível reduzir a infestação da cochonilha em vinhedos através do controle da formiga dispersora (Nondillo et al., 2014a).

Na África do Sul e na Califórnia, a formiga argentina *Linepithema humile* (Mayr) é a principal espécie associada com cochonilhas da família Pseudococcidae (Addison, 2002; Daane et al., 2006) na cultura na videira, sendo verificada uma redução na infestação do hemíptero quando as formigas foram excluídas das plantas (Daane et al., 2008). O controle da formiga pode ser realizado com inseticidas aplicados no solo ou no tronco da videira (Daane et al., 2006) ou através do uso de iscas tóxicas (Nyamukondiwa; Addison, 2011; Bligh et al., 2011; Buczkowski et al., 2014a).

Os agentes tóxicos mais empregados para o controle de *L. humile* incluem o ácido bórico, fipronil, hidrametilnona, imidacloprido, sulfluramida e tiametoxam (Nelson; Daane, 2007; Nyamukondiwa 2008; Nyamukondiwa; Addison, 2011; Blight et al., 2011; Buczkowski et al., 2014b), sendo usados na forma líquida, sólida, granulada ou em gel (Silverman; Brightwell, 2008; Greenberg et al., 2017).

Para *L. micans*, diferentes inseticidas foram avaliados como iscas tóxicas em casa de vegetação (Nondillo et al., 2014a). Os autores demonstraram que a hidrametilnona (0,5%) incorporada em pasta de sardinha foi promissora no controle da formiga. No entanto, a formulação é altamente perecível, e, portanto, inadequada para o controle de formigas no campo. A posteriori, Nondillo et al., (2016) avaliaram uma isca tóxica a base de gel contendo o agente letal hidrametilnona (0,5%), a qual proporcionou redução da infestação de formigas em casa de vegetação e no campo demonstrando que o controle da formiga resulta numa redução significativa da população de *E. brasiliensis*.

No entanto, a formulação gel apresenta dificuldades de uso prático devido a maior necessidade de manuseio por parte das formigas (Haack; Vinson, 1990). Silverman e Roulston (2001) observaram que apesar de as formigas terem um maior acesso a uma isca açucarada em gel, em comparação a uma isca líquida, elas necessitaram de um tempo substancialmente maior para remover a isca em gel do que as formigas que visitaram a isca líquida. Contudo, Nondillo et al., (2016) obtiveram resultados insatisfatórios ao utilizar iscas líquidas para o controle de *L. micans* em casa de vegetação. Uma alternativa ao emprego das formulações em gel, são as iscas granuladas que apresentam um controle satisfatório para *L. humile* (Forschler Evans, 1994; Krushelnycky; Reimer, 1998a; Klotz et al., 2000; Krushelnycky et al., 2011) podendo ser adaptado para *L. micans*. Iscas em forma de grânulos com alto teor de proteínas são facilmente consumidas durante a primavera e o verão, devido as exigências nutricionais da colônia (Krushelnycky; Reimer, 1998b).

Do mesmo modo operárias de *L. micans* mostram mudanças na preferência alimentar durante o ano, com uma predominância de alimentos à base de proteínas durante o inverno e primavera e alimentos à base de carboidratos durante o outono, sendo assim, o emprego de iscas tóxicas utilizando como atrativo alimentar substâncias proteicas e substâncias açucaradas é uma alternativa para o programa de manejo desta formiga (Nondillo et al., 2014b).

Mothapo e Wossler (2016) avaliaram a atratividade e a toxicidade de diferentes iscas comerciais contendo hidrametilnona, imidacloprido e piriproxifeno para o controle da formiga argentina e verificaram que as iscas granulares à base de hidrametilnona foram as mais eficazes no controle em laboratório em 24 h. Além disso Hooper-Bui e Rust (2001) observaram que a hidrametilnona age como um estimulante de alimentação em operárias de *L. humile*.

Nesse trabalho, foi avaliado o efeito de diferentes formulações de iscas tóxicas à base de hidrametilnona para o controle de *L. micans* visando a diminuição da infestação de *E. brasiliensis* na cultura da videira.

Material e métodos

Experimento I

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, entre os meses de outubro a dezembro de 2014, utilizando vasos com capacidade de cinco litros. Para a infestação dos vasos foram coletados ninhos de *L. micans* em Flores da Cunha, RS seguindo metodologia de Nondillo et al. (2012). Os ninhos foram retirados juntamente com o solo com o auxílio de uma pá, acondicionados em sacos plásticos fechados para evitar a fuga das formigas e transportados imediatamente ao laboratório. Posteriormente os ninhos, junto com o solo, foram transferidos para bandejas plásticas com suas bordas recobertas por Teflon-30 (Dupont) para evitar a fuga das formigas. Para capturar as formigas, cada bandeja recebeu dois azulejos justapostos pela face abrasiva (10 cm x 10 cm) possuindo entre si palitos de madeira (2 mm de espessura). Os palitos foram colocados para garantir um espaço entre os azulejos, e possibilitar a entrada das formigas. Entre os azulejos, também foi colocado algodão umedecido com uma solução aquosa de açúcar invertido (25%) com o objetivo de estimular a colonização do interior do conjunto pelas formigas (Nondillo et al. (2012). Após o estabelecimento das colônias nos azulejos, estes foram colocados

diretamente sobre a terra, na parte superior do vaso, possibilitando, assim, a transferência da colônia pelas próprias formigas. Cada vaso recebeu quatro azulejos totalizando aproximadamente 10 rainhas e 1500 operárias sendo que todos os ninhos continham ovos, larvas e pupas.

Os vasos foram colocados em bandejas revestidas com Teflon-30 (Dupont®) e talco para evitar a fuga das formigas quantificando a população de formigas presente em cada vaso 15 dias após a infestação. Para isto, as colônias foram mantidas apenas com água por 24 horas e, passado esse período, foi oferecida uma solução aquosa de açúcar invertido (70%) no centro de uma placa de fórmica branca (3x3 cm) e, a cada 10 minutos, registrado o número de operárias forrageando sobre a fonte alimentar em cada vaso através de uma imagem realizada por uma câmera fotográfica digital (Figura 1).

Após a contagem do número de formigas por placa/vaso, estes foram uniformizados de acordo com o número de operárias forrageando conforme metodologia de Nondillo et al. (2016). Na sequência, os vasos foram agrupados nos tratamentos de acordo com o nível de infestação de cada um.

Para alimentação das formigas foi fornecido três vezes por semana, larvas de *Tenebrio molitor*, adultos de *Gryllus* sp. e açúcar invertido (25%). A água foi fornecida *ad libitum* através de um tubo de ensaio com um tufo de algodão na sua extremidade livre (Figura 2).

As iscas tóxicas avaliadas foram na forma de gel, “grânulo grande” (0,5mm de diâmetro) (GG), “grânulo pequeno” (0,2mm de diâmetro) (GP), e tipo “cereal” (Figura 3), contendo como agente letal a hidrametilnona 0,5% (Tabela 1). O inseticida tiametoxam na dose de 125g/ha (volume de calda de 500L/ha) foi utilizado como controle-padrão aplicado em forma de pulverização.

As iscas foram elaboradas pelo Centro de Estudos de Insetos Sociais (CEIS) – UNESP-Rio Claro/SP. As iscas tóxicas foram fornecidas *ad libitum* em porta-iscas com substituição

semanal. O porta-isca consistia de um retângulo com nove centímetros (cm) de comprimento, cinco (cm) de largura, dois cm de altura onde a base era côncava e parte superior (tampa) convexa, encaixando-se na base. Além disso continha pequenas aberturas laterais (4x5 mm/largura x altura) para entrada das formigas (Figura 2).

O inseticida utilizado como padrão foi aplicado sobre os vasos utilizando-se um pulverizador costal motorizado. A aplicação do inseticida foi direcionada a superfície do solo mantido no interior dos vasos, sendo os mesmos dispostos, individualmente em uma linha de 20 m de forma a atingir os dois lados realizando somente uma aplicação.

As avaliações foram realizadas semanalmente durante um período de 10 semanas, através da contagem do número de formigas que forrageavam em cada vaso. Para quantificar o número de formigas, as colônias eram mantidas apenas com água durante 24 h. Após este período foi oferecido uma solução aquosa de açúcar invertido (70%) no centro de uma placa de fórmica branca (3x3 cm) e a cada 10 minutos, foi registrado o número de operárias presentes sobre a fonte alimentar, durante 1 hora. O experimento foi conduzido no delineamento experimental inteiramente casualizado com nove repetições (um vaso por repetição) por tratamento (seis tratamentos), num total de 54 vasos.

Experimento II

O experimento foi realizado em um parreiral com histórico de infestação por *E. brasiliensis* e *L. micans* localizado no município de Flores da Cunha, Rio Grande do Sul, Brasil, entre os meses de agosto de 2014 a maio de 2015 no delineamento experimental em blocos casualizados.

O parreiral foi dividido em duas áreas e cada área representava uma repetição. Em agosto de 2014, foi realizado o plantio de 144 mudas enraizadas do porta-enxerto Paulsen 1103 (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) com um espaçamento de 3 x 2 m em cada área. Além disso,

cada área foi dividida em duas parcelas, distanciadas 30 m entre si, sendo que uma recebeu semanalmente aplicações da isca tóxica hidrametilnona (GP) e a outra foi mantida como testemunha (sem controle).

Dois semanas antes do fornecimento da isca tóxica foram realizados dois monitoramentos para quantificar a população inicial de formigas. Para quantificar o número de formigas foram utilizadas armadilhas subterrâneas do tipo “pitfall” que consistiam em um conjunto de dois tubos de plástico (3,3 cm de diâmetro x 5,0 centímetros de altura), ligados por uma corda de 50 cm, com uma tampa e furos laterais (3 mm) (Morini et al., 2004). Como atrativos alimentares, em um dos tubos foi utilizada uma solução de mel e água (70%) absorvida em lã de algodão e no outro tubo, sardinha conservada em óleo (Figura 4). Em cada parcela foram colocadas 24 armadilhas “pitfall”, que permaneceram por um período de 24 horas. Após esse período, as armadilhas eram recolhidas em sacos plásticos pré-identificados e congelados para posterior contagem (Nondillo et al., 2014a).

As iscas tóxicas foram colocadas em porta-iscas (1 por planta), substituídas semanalmente, e fornecidas a partir de novembro quando tem início a infestação de *E. brasiliensis* (Schmidt et al., 2013). Um grama de isca foi colocado em cada porta-isca, sendo 450 g/ha/semana, totalizando 8,550 kg/ha durante o período de novembro de 2014 a maio 2015, totalizando 19 semanas. O efeito da isca sobre a população de formigas foi avaliado semanalmente durante 19 semanas utilizando armadilhas “pitfall”.

A avaliação final consistiu da contagem do número de cochonilhas presentes em cada planta do porta-enxerto Paulsen 1103, estas foram arrancadas junto com um bloco de solo (25 cm de diâmetro e 40 cm de profundidade), colocadas em uma bandeja branca contando-se o número de cochonilhas presentes (Botton et al., 2013) (Figura 5).

Experimento III

O experimento foi instalado em um parreiral naturalmente infestado com *E. brasiliensis* e *L. micans*, localizado em Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

O parreiral foi dividido em três tratamentos, distanciados 30 m entre si. Cada área tratada recebeu o plantio de 30 mudas enraizadas do porta-enxerto Paulsen 1103 (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*). As mudas enraizadas foram plantadas em novembro de 2015.

O experimento contou com três tratamentos, que consistiram de (1) uma aplicação de isca tóxica “grânulo pequeno” no dia 4 de dezembro de 2015 (2) três aplicações em sequência com 7 dias de intervalo entre elas, sendo a primeira realizada no mesmo dia do tratamento 1 e (3) testemunha (sem controle).

Duas semanas antes do fornecimento das iscas tóxicas, foi realizado um monitoramento a fim de quantificar a população inicial de *L. micans* no parreiral, através de armadilhas “pitfall” (15 por tratamento) assim como descrito no experimento II.

O efeito da isca tóxica sobre a população de formigas foi monitorado semanalmente durante 24 semanas e a avaliação final consistiu da contagem do número de cochonilhas presentes nas raízes dos porta-enxertos plantados (Botton et al., 2013).

Análise estatística

Para o experimento em casa de vegetação o número máximo de formigas forrageando em cada hora foi usada como variável resposta para a análise de dados. Este número foi convertido em percentagem do número máximo de formigas observadas em cada vaso durante todo o experimento conforme Nondillo et al. (2016).

Os dados foram avaliados separadamente para cada experimento. Para cada tratamento, uma curva da percentagem de formigas forrageando em função do tempo foi representada graficamente, ajustando uma função exponencial decrescente:

$$Y = A. e^{-B.x.} (x > 0) + C$$

Este modelo representa uma função que é constante antes da aplicação dos tratamentos (quando $x \leq 0$) e segue uma curva exponencial decrescente após a aplicação. A, B e C são parâmetros do modelo, em que C representa a percentagem final de formigas, após o fim do tratamento, o símbolo A representa o decréscimo na percentagem de formigas devido ao tratamento, e B é a taxa de decréscimo no número de formigas.

Os tratamentos foram agrupados hierarquicamente por semelhança, utilizando o teste F de contrastes para comparar os diferentes grupos de tratamento. Todas as análises usaram o programa R (R Development Core Team, 2013).

Os dados para o número de cistos de *E. brasiliensis* na área tratada com isca e a área controle foram comparadas pelo teste t de Student, e Tukey, utilizando o programa R. e os valores da mortalidade foram corrigidos utilizando a fórmula de Abbott (1925).

Resultados e discussão

Experimento I

A isca tóxica à base de hidrametilnona (0,5%) na formulação GP e GG (Figura 1) foram as mais eficientes no controle de *L. micans*, causando mortalidade de 100% das operárias de *L. micans* nas primeiras quatro semanas após o fornecimento da isca não permitindo o reestabelecimento das colônias (Figura 6). Em experimentos de laboratório Mothapo e Wossler, (2016) constataram que a formulação granulada à base de hidrametilnona foi a mais eficiente no controle de *L. humile*, causando mortalidade de 100% das operárias em 24h.

A isca tóxica de hidrametilnona formulada em gel também proporcionou mortalidade de 100% da população de formigas, no entanto seu controle foi mais significativamente distinto, quando comparado com as outras duas formulações (Figura 6). A formulação tipo cereal não diferiu da testemunha (Figura 6). Esse resultado pode estar relacionado com a composição desta isca tóxica, pois enquanto as outras formulações apresentavam fonte de proteína e carboidrato, duas fontes essenciais para o desenvolvimento das formigas (Hölldobler; Wilson, 1990) a isca tóxica tipo “cereal” é composta por farinha de mandioca e óleo, e assim, provavelmente, não foi atrativa para as formigas. Embora os resultados para as formulações GP e GG tenham sido equivalentes, a formulação GP foi selecionada para os experimentos de campo devido a sua maior facilidade de manipulação pela formiga.

Nos vasos tratados com o inseticida tiametoxam ocorreu redução significativa na população de formigas na primeira semana após o tratamento, diferindo significativamente da testemunha (Figura 6). No entanto, as colônias se reestabeleceram no decorrer do experimento sendo observado reinfestação. O tiametoxam apresenta uma solubilidade considerada alta (4,1g L⁻¹), o que favorece a sua mobilidade no solo, pode se deslocar para camadas abaixo de 50 cm de profundidade (Júnior; Rigitano, 2009). Como os ninhos de *L. micans* são subterrâneos, este fator poderia atuar facilitando o controle da formiga. No entanto, muitas vezes a aplicação de

inseticidas, pode matar ou repelir apenas as operárias que saem para forragear apresentando reduzido efeito sobre as rainhas e crias (Bueno; Bueno, 2007). Além disso, o problema pode ser agravado pela fragmentação da colônia que, em médio prazo, promove o aumento do nível de infestação na área ou a dispersão de formigas para outras áreas (Bueno; Bueno, 2007), assim como observado para *L. humile*, que abandona seu ninho em qualquer condição desfavorável (Newell; Barber, 1913).

Experimento II

Foi registrado uma redução de 100% no número de formigas que forrageavam nas duas áreas onde foi feita a aplicação de isca tóxica à base de hidrametilnona na formulação de GP (Figura 7) sem ocorrer o reestabelecimento das colônias durante as 19 semanas em que houve a utilização da isca tóxica. Estes resultados utilizando isca tóxica GP corroboram com os resultados obtidos em casa de vegetação, onde nas primeiras semanas houve uma mortalidade total das operárias de *L. micans* (Figura 6).

Isca tóxica com proteína contendo como agente letal a hidrametilnona tem mostrado um controle satisfatório para *L. humile*, especialmente a campo (Forschler; Evans 1994; Krushelnychy; Reimer, 1998b; Klotz et al., 2000). O mesmo foi verificado no controle de *L. micans* em casa de vegetação (Nondillo et al., 2014a) e a campo (Nondillo et al., 2016).

Quanto ao número de cistos de *E. brasiliensis* presentes nas raízes do porta-enxerto, pode se verificar que na área 1, onde a isca tóxica foi aplicada, o número médio de cistos/planta foi $(0,07 \pm 0,003)$ significativamente inferior ($P < 0,0001$) quando comparado a testemunha $(32,65 \pm 1,46)$ (Figura 8). O mesmo se repetiu na área 2 que apresentou uma média de $0,18 \pm 0,14$ cistos/planta diferindo significativamente da testemunha com $36 \pm 0,91$ cistos/planta (Figura 8).

Estes resultados reforçam os encontrados por Nondillo et al., (2016), que demonstram a importância da formiga *L. micans* no estabelecimento de *E. brasiliensis* em novas plantas de videira e o efeito na redução da população da cochonilha com a utilização de iscas tóxicas.

Experimento III

Foi observado uma redução significativa no número de formigas que forrageavam nas duas parcelas onde foi feita a aplicação da isca tóxica à base de hidrametilnona (uma vez e três vezes) na formulação de “grânulo pequeno” (Figura 9). No entanto, as colônias das duas parcelas tratadas conseguiram se reestabelecer no decorrer da condução do experimento (Figura 9).

Quanto ao número de cistos de *E. brasiliensis* presentes nas raízes do porta-enxerto, pode se verificar que no tratamento que recebeu uma aplicação de isca tóxica apresentou um número médio de $15,36 \pm 3,4$ cistos/planta; no tratamento 2, que recebeu 3 aplicações de isca tóxica foi verificado uma média de $6,7 \pm 2,60$ cistos/planta enquanto a testemunha apresentou média de $25,03 \pm 4,73$ cistos/planta ($P < 0.0001$) (Figura 10). A porcentagem de redução de cistos de pérola-da-terra/planta presentes quando aplicado uma vez a isca foi de 38,63% e quando aplicado três vezes 73,23%, segundo a fórmula de Abbott.

Com base nesses resultados é possível verificar que são necessárias mais de 3 aplicações de isca tóxica à base de hidrametilnona para obter um controle eficiente das duas espécies. Para o emprego prático das iscas tóxicas, ajustes devem ser efetuados visando reduzir o número de aplicações ao longo do ciclo que sejam inferiores as aplicações semanais e superiores a 3 aplicações. Além disso, para uma maior eficiência na utilização dessas iscas é necessário abranger áreas maiores do parreiral. No entanto, um dos fatores fundamentais para o sucesso no emprego de iscas tóxicas é o conhecimento da distribuição do ingrediente ativo pela colônia (Forschler; Evans, 1994). Para que isso ocorra, é necessário conhecer o raio de forrageamento

das operárias (Nyamukondiwa; Addison, 2011; Nondillo et al., 2016), por isso, é fundamental que sejam conduzidos novos estudos para conhecer o comportamento de forrageamento de *L. micans* em vinhedos nas diferentes épocas do ano, permitindo assim, definir o número de estações de iscas necessárias por área.

Conclusões

As formulações granuladas à base de hidrametilnona “grânulo pequeno” e “grânulo grande” são eficientes no controle de *L. micans* em casa de vegetação;

Aplicações semanais de isca tóxica à base de hidrametilnona são eficazes no controle de *L. micans* e *E. brasiliensis* em novos plantios de videira;

Uma e três aplicações de isca tóxica não são eficientes no controle de *L. micans* e *E. brasiliensis* em novos plantios de videira.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro. À FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa.

Referências

- Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-266.
- Addison, P. 2002.** Chemical stem barriers for the control of ants (Hymenoptera:Formicidae) in vineyards. *South African Journal of Enology and Viticulture*, v.23, n.1, p 1-8.
- Almança, M. A. K.; Abreu, C. M.; Scopel, F. B.; Benedetti, M.; Halleen, F.; Cavalcanti, F. R. 2013.** Evidências morfológicas da ocorrência de *Phaeomoniella chlamydospora* em videiras no estado do Rio Grande do Sul. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico).
- Blight, O.; Orgeas, J.; Renucci, M.; Provost, E. 2011.** Imidacloprid Gel Bait Effective in Argentine Ant Control at Nest Scale. *Sociobiology*, v. 58, n. 1, p. 23-30.
- Botton, M.; Bernardi, D.; Efron, C.F.S.; Baronio, C. 2013.** Eficiência de inseticidas no controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira. *Bioassay*, v.8, p.1-5.
- Buczowski, G.; Roper, E.; Chin, D.; Mothapo, N.; T. Wessler, T. 2014a.** Hydrogel baits with low-dose thiamethoxam for sustainable Argentine ant management in commercial orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v.153, p.183-190.
- Buczowski, G.; Roper, E.; Source, D.C. 2014b** Polyacrylamide hydrogels: An effective tool for delivering liquid baits to pest ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, v.107, p.748-757.
- Bueno, O. C.; Bueno, F. C. 2007.** Controle de formigas em áreas urbanas. In: PINTO, A.S.; ROSSI, M.M; SALMERON, O. (Org.). *Manejo de Pragas Urbanas*. São Paulo: CP2, p. 67-77.
- Cavalcanti, F. R.; Almança, M. A.K.; Bueno, J. 2013.** Declínio e morte de plantas de videira. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves. (Documentos).
- Daane, K. M.; Sime, K. R.; Hogg B. N.; Cooper, M. L.; Bianchi, M. L.; Rust, M. K.; Klotz J. H. 2006.** Effects of liquid insecticide baits on Argentine ants in California's coastal vineyards. *Crop Protection*, v. 25, n. 6, p. 592-603.
- Daane, K. M.; Cooper, M. L.; Sime, K. R.; Nelson, E. H.; Battany, M. C.; Rust, M. K. 2008.** Testing baits to control Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae) in vineyards. *Journal of Economic Entomology*, v. 101, n. 3, p. 699-709.
- Forschler, B. T.; Evans, G. M. 1994.** Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) foraging activity response to selected containerized baits. *Journal of Entomological Science*, v. 29, p. 209-214.

- Greenberg, L.; Rust, M.K.; Wright, S.J.; Choe, D. 2017.** Argentine ant control around homes: efficacy of treatments and urban runoff. *International Journal of Pest Management*, p. 1-10.
- Haack, K. D., and S. B. Vinson. 1990.** Foraging of pharaoh ants *Monomorium pharaonis* (L.) in the laboratory, pp. 452-460. In R. K. VANDER MEER, K. JAFFE, AND A. CEDENO [eds.], *Applied myrmecology: a world perspective*. Westview, Oxford.
- Hölldobler, B.; Wilson, E. O. 1990.** *The ants*. Cambridge: MA, Belknap Press of Harvard University Press, 732 p.
- Hooper-Bui, L. M.; Rust, M. K. 2001.** An oral bioassay for the toxicity of hydramethylnon to individual workers and queens of Argentine ants, *Linepithema humile*. *Pest Management Science*, Sussex, v. 57, n. 11, p. 1011-1016.
- Júnior, R. P. S; Rigitano, R.L.O. 2009.** Comportamento Ambiental do Inseticida Thiamethoxam em um Latossolo Vermelho Distroférico de Dourados, MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 22p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).
- Klotz, J.; Greenberg, L.; Venn, G. 2000.** Evaluation of two hydramethylnon granular baits for control of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, Chico, v. 36, n. 1, p.201-7.
- Krushelnycky, P. D.; Reimer, N. J. 1998a.** Efficacy of maxforce bait for control of the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) in Haleakala National Park, Maui, Hawaii. *Environmental Entomology*, v. 27, n. 6, p. 1473-1481.
- Krushelnycky, P.D.; Reimer, N.J. 1998b.** Bait preference by the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) in Haleakala National Park, Hawaii. *Environmental Entomology*, v.27, p.1482-87.
- Krushelnycky, P.D., W. Haines, L. Loope, and E. Van Gelder. 2011.** The Haleakala Argentine ant project: a synthesis of past research and prospects for the future. Pacific Cooperative Studies Unit Technical Report 173. University of Hawai'i at Manoa, Department of Botany, Honolulu, p.127.
- Morini, M. S. C.; Yashima, M.; Zene, F.Y.; Silva, R.R.; Jahyny, B. 2004.** Observations on the *Acanthostichus quadratus* (Hymenoptera: Formicidae: Cerapachyinae) visiting underground bait and fruits of the *Syagrus romanzoffiana*, in an area of the atlantic forest, Brazil. *Sociobiology*, v. 43, n. 3, p. 573-578.
- Mothapo, N.P.; Wossler, T.C. 2016.** The Attractiveness of Toxic Bait is not Always Accompanied by Increased Mortality in Laboratory Colonies of Argentine Ants, *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae). *Entomological Society of Southern Africa*, v.24, n.2, p.352-364.
- Nelson, E. H.; Daane, K. M. 2007.** Improving liquid bait programs for Argentine ant control: bait station density. *Environmental Entomology*, College Park, v. 36, n. 6, p. 1475-1484.

Newel, W.; Barber T. C. 1913. The Argentine ant. Bulletin 122. Washington, DC: U.S. Dep. Agric., Bureau of Entomology.

Nondillo, A.; Bueno O. C.; Botton, M. 2012. Metodologia para infestação da pérola-da-terra em videira utilizando *Linepithema micans*, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves. (Comunicado Técnico 118).

Nondillo, A.; Sganzerla, V. M.; Bueno, O.C.; Botton, M. 2013. Interaction between *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae) and *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) in vineyards. Environmental Entomology, v.42, p.460–466, 2013.

Nondillo, A.; Chaves, C.C.; Fialho, F.B.; Bueno, O.C.; Botton, M. 2014a. Evaluation of Insecticides for the Control of *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Economic Entomology, v.107, p. 215–222.

Nondillo, A.; Ferrari, L.; Lerin, S.; Bueno, O.C.; Botton, M. 2014b. Foraging Activity and Seasonal Food Preference of *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae), a Species Associated with the Spread of *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae). Journal of Economic Entomology, v.107, n.4, p. 1384- 1391.

Nondillo, A.; Andzejewski, S.; Fialho, F.B.; Bueno, O.C.; Botton, M. 2016. Control of *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae) and *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) in Vineyards Using Toxic Baits. Journal of Economic Entomology. p.1-7.

Nyamukondiwa, C. 2008. Assessment of toxic baits for the control of ants (Hymenoptera: Formicidae) in South African vineyards. Thesis, Faculty of AgriSciences, Stellenbosch University, Stellenbosch.

Nyamukondiwa, C.; Addison, P. 2011. Preference of foraging ants (Hymenoptera: Formicidae) for bait toxicants in South African vineyards. Crop Protection, v. 30, p. 1034-1038.

R Development Core Team. 2013. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ([http:// www.R-project.org](http://www.R-project.org)).

Sacchetti, F.; Botton, M.; Diehl, E. 2009. Ants species associated with the dispersal of *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel in Wille) (Hemiptera: Margarodidae) in Vineyards of the Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Brazil. Sociobiology, v. 54, n. 3, p. 943-954.

Schmidt, F.S., L.G. Leite., C.A. Klerk., A. Canesin., R. Marraschi & P. Ballone. 2013. Seasonal occurrence and distribution on grapevine roots of *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille) (Hemiptera: Margarodidae) in Brazil. South African Journal of Enology and Viticulture, v.34, p.1-7.

Silverman, J.; Roulston, T. H. 2001. Acceptance and intake of gel and liquid sucrose compositions by the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Economic Entomology, Lanham, v. 94, n. 2, p. 511-515.

Silverman, J.; Brightwell, R. J. 2008. The Argentine ant: Challenges in managing an invasive unicolonial pest. *Annual Review of Entomology*, v. 53, p. 231-252.

Tabela 1. Iscas tóxicas avaliadas no controle *L. micans* em casa de vegetação

Ingrediente Ativo	Forma	Concentração (%) /kg de isca do i.a	Atrativo Alimentar
Hidrametilnona	Tipo “cereal”	0,5	Farinha de mandioca e óleo
Hidrametilnona	“Grânulo grande” (GG)	0,5	Sardinha, óleo e açúcar mascavo
Hidrametilnona	“Grânulo pequeno” (GP)	0,5	Sardinha, óleo e açúcar mascavo
Hidrametilnona	Gel	0,5	Sardinha, óleo e açúcar mascavo



Figura 1. Placa de fórmica sobre a terra com operárias de *L. micans* alimentando-se de uma solução aquosa de açúcar invertido (70%).

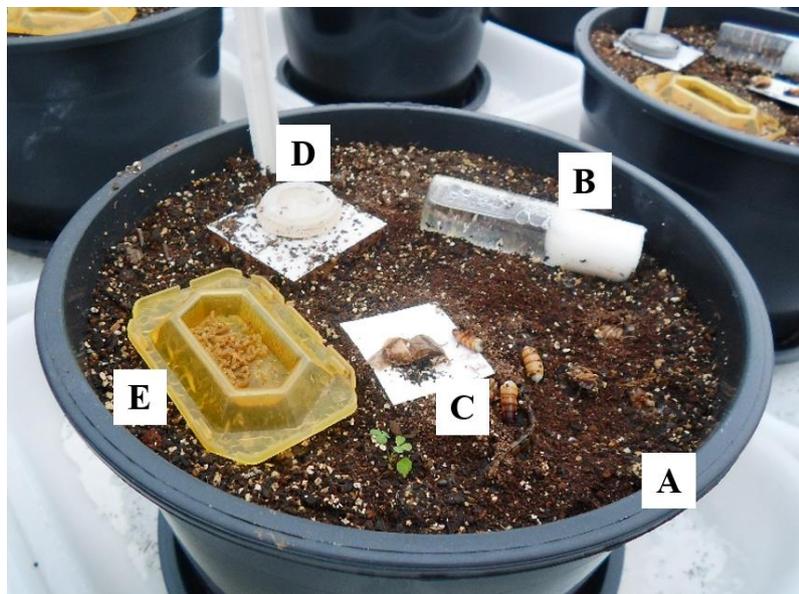


Figura 2. Vaso contendo o ninho de *L. micans* (A); tubo de ensaio com água (B); placa de fórmica contendo alimento *Gryllus* sp. (C); recipiente com solução de açúcar invertido (25%) (D); detalhe do porta-isca contendo a isca tóxica (E).

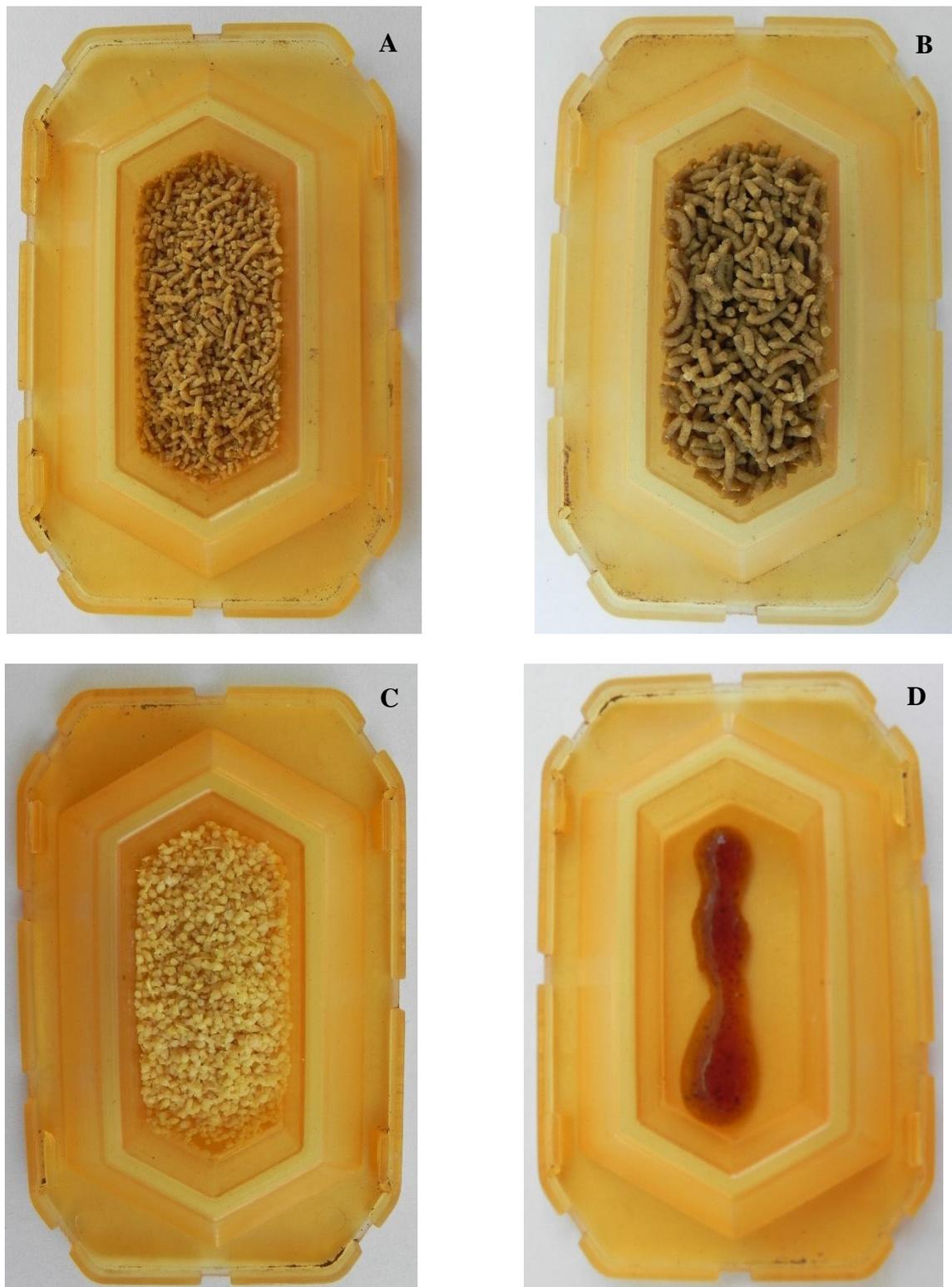


Figura 3. (A) Porta-isca contendo a isca tóxica na formulação “grânulo pequeno” (GP) (0,2mm de diâmetro); (B) “grânulo grande” (GG) (0,5mm de diâmetro); (C) tipo “cereal e (D) gel.

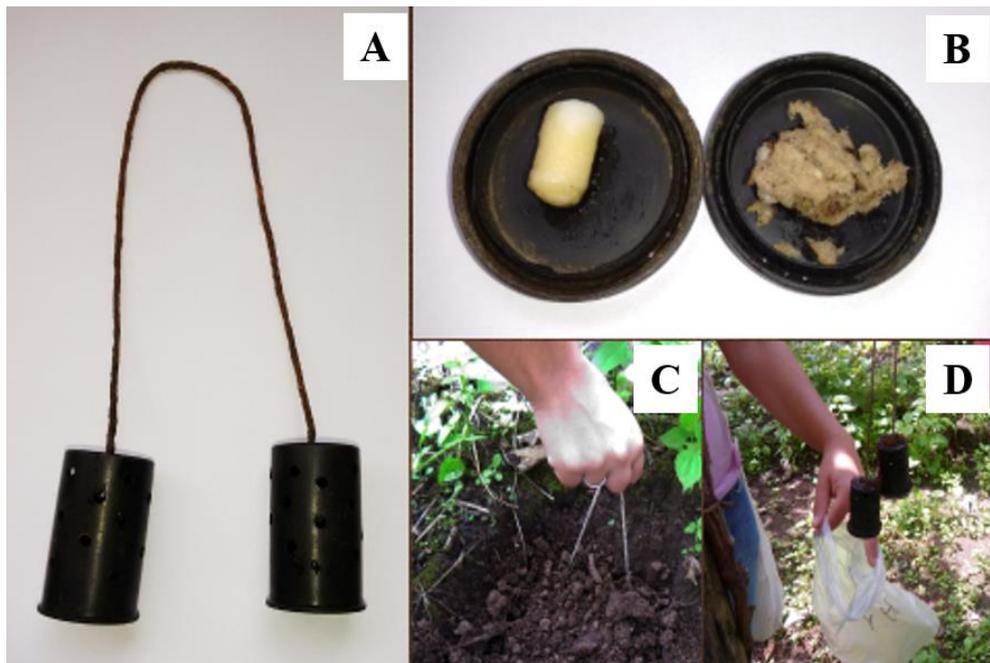


Figura 4. Armadilhas subterrâneas do tipo “pitfall” (A); atrativos alimentares (B) armadilhas dentro do solo (C) e coleta das armadilhas em sacos pré-identificados (D).



Figura 5. Arranquio do porta enxerto com uma pá de corte (A); bandeja branca para colocação da muda (B); contagem do número de cistos presentes nas raízes (C).

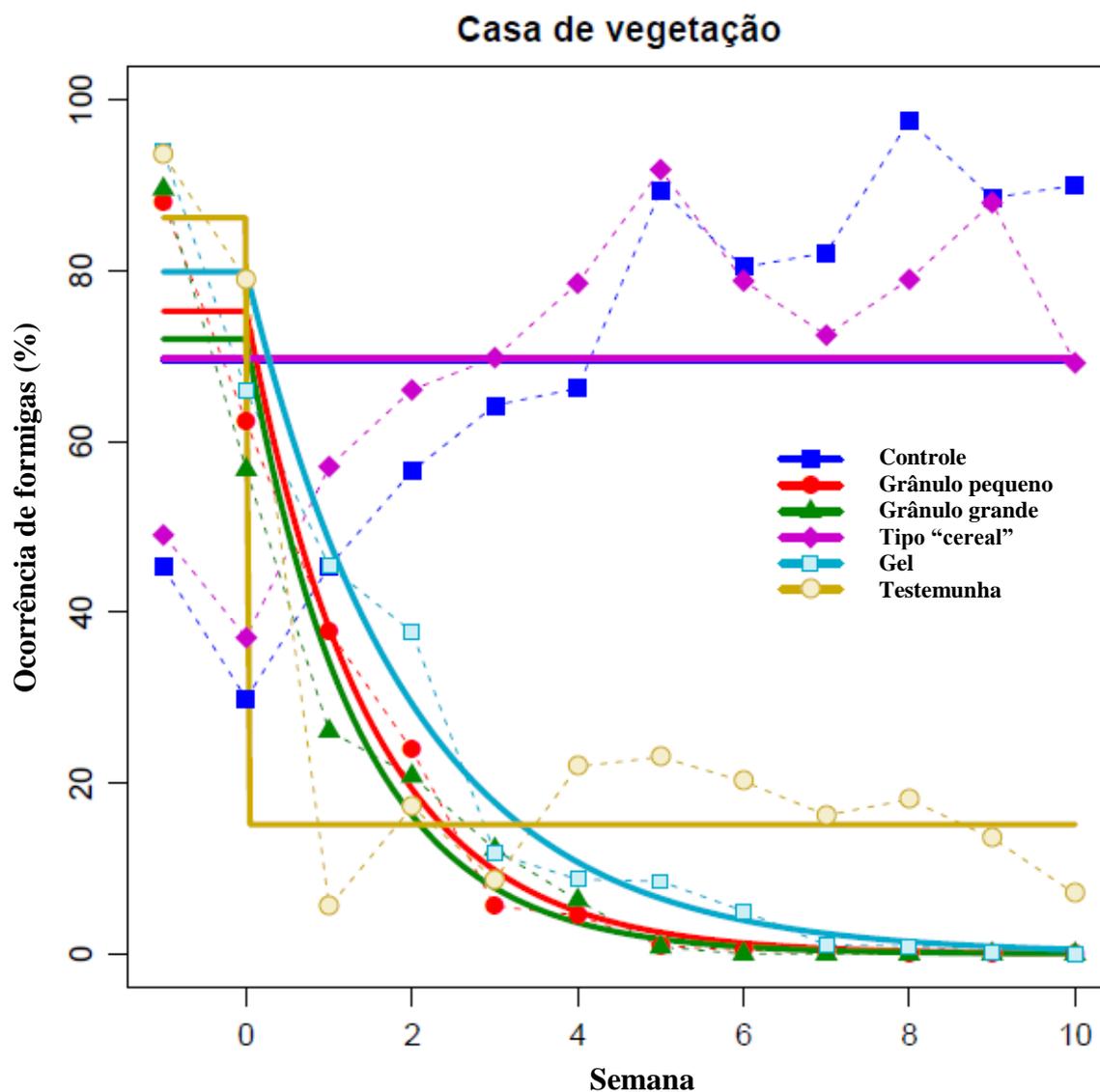


Figura 6. Percentagem de operárias de *L. micans* forrageamento após o tratamento o inseticida e as iscas tóxicas em casa de vegetação. Curvas para cada tratamento representam a resposta ajustada utilizando o modelo exponencial adaptados para o tratamento (outubro a dezembro/2014).

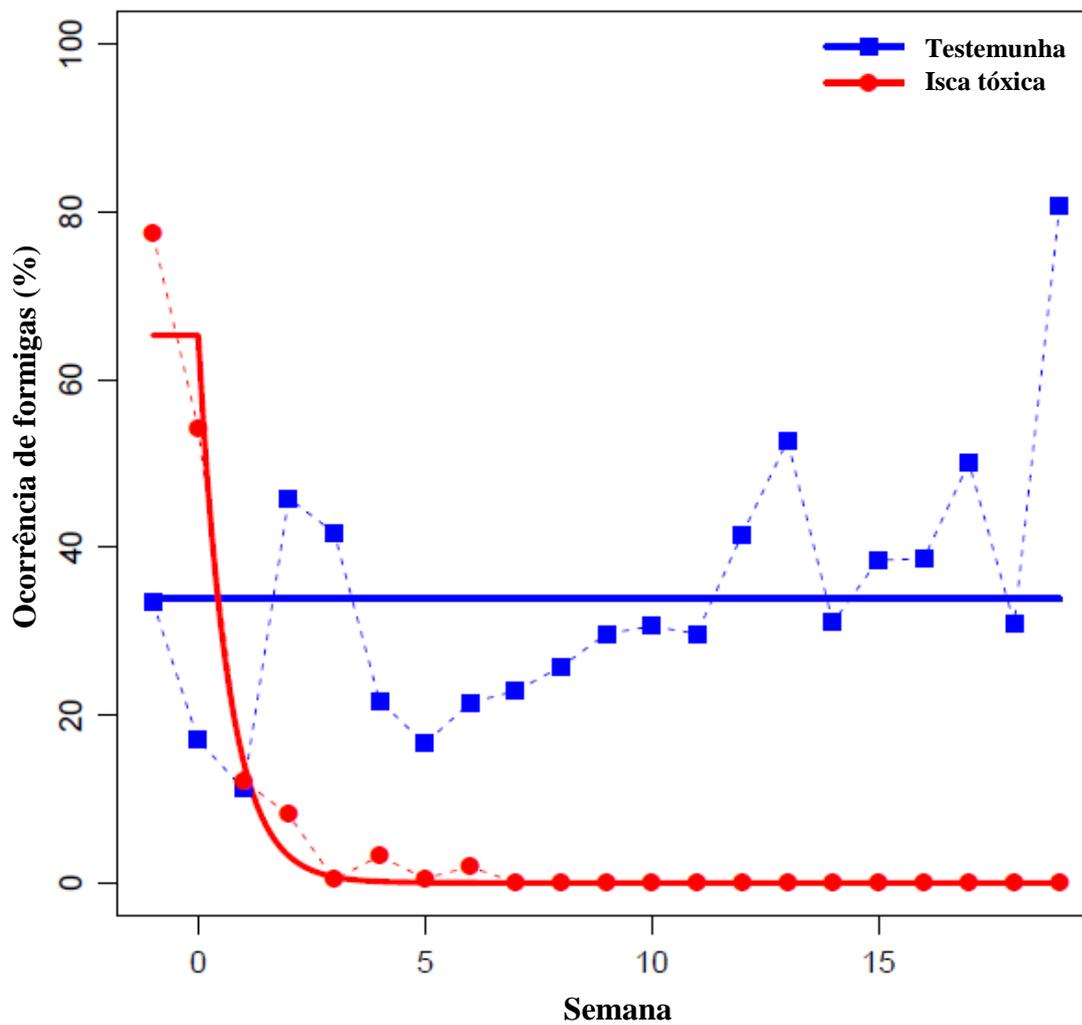


Figura 7. Percentagem de operárias de *L. micans* por armadilha após tratamento com aplicações semanais de isca tóxica em um vinhedo de Flores da Cunha (novembro a maio/ 2014-2015).

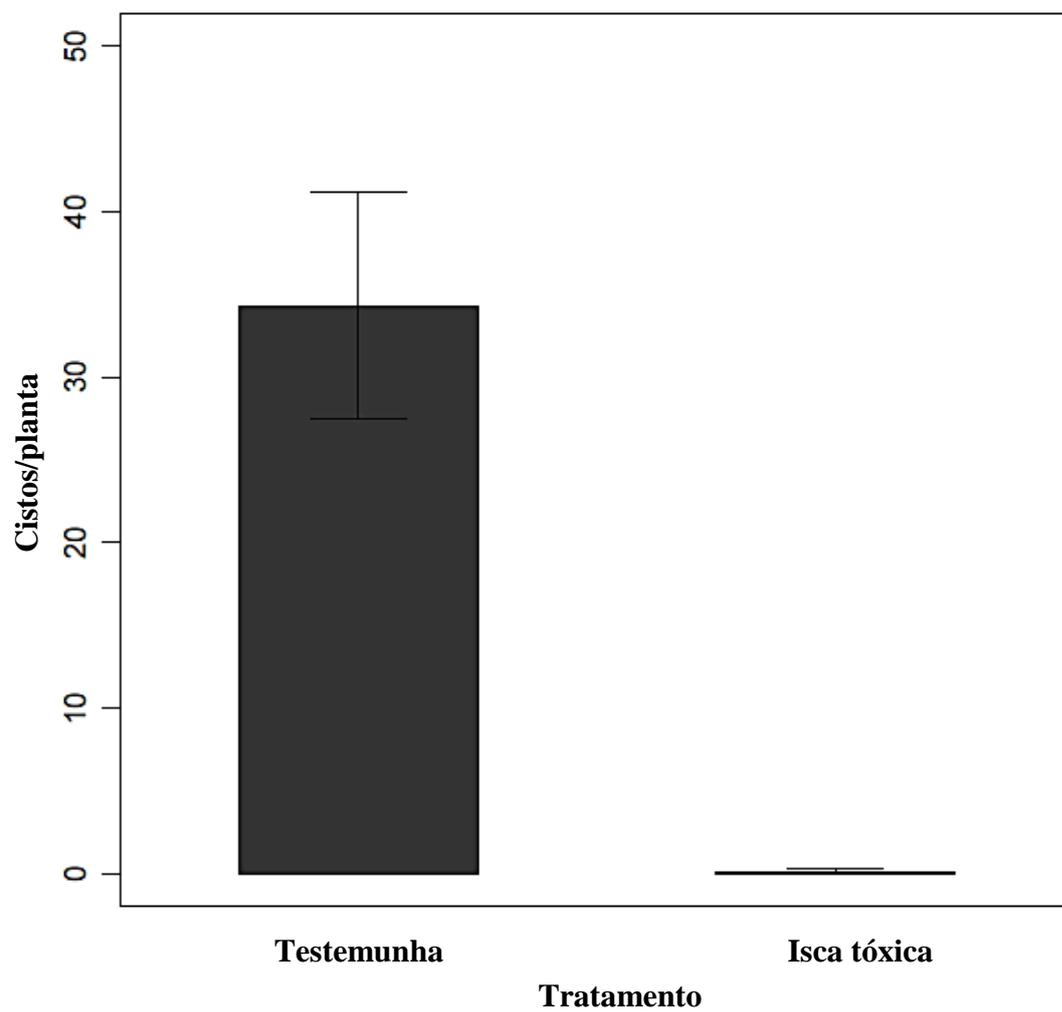


Figura 8. Número médio de cistos de *E. brasiliensis* por planta em vinhedo localizado em Flores da Cunha (maio/ 2015). Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

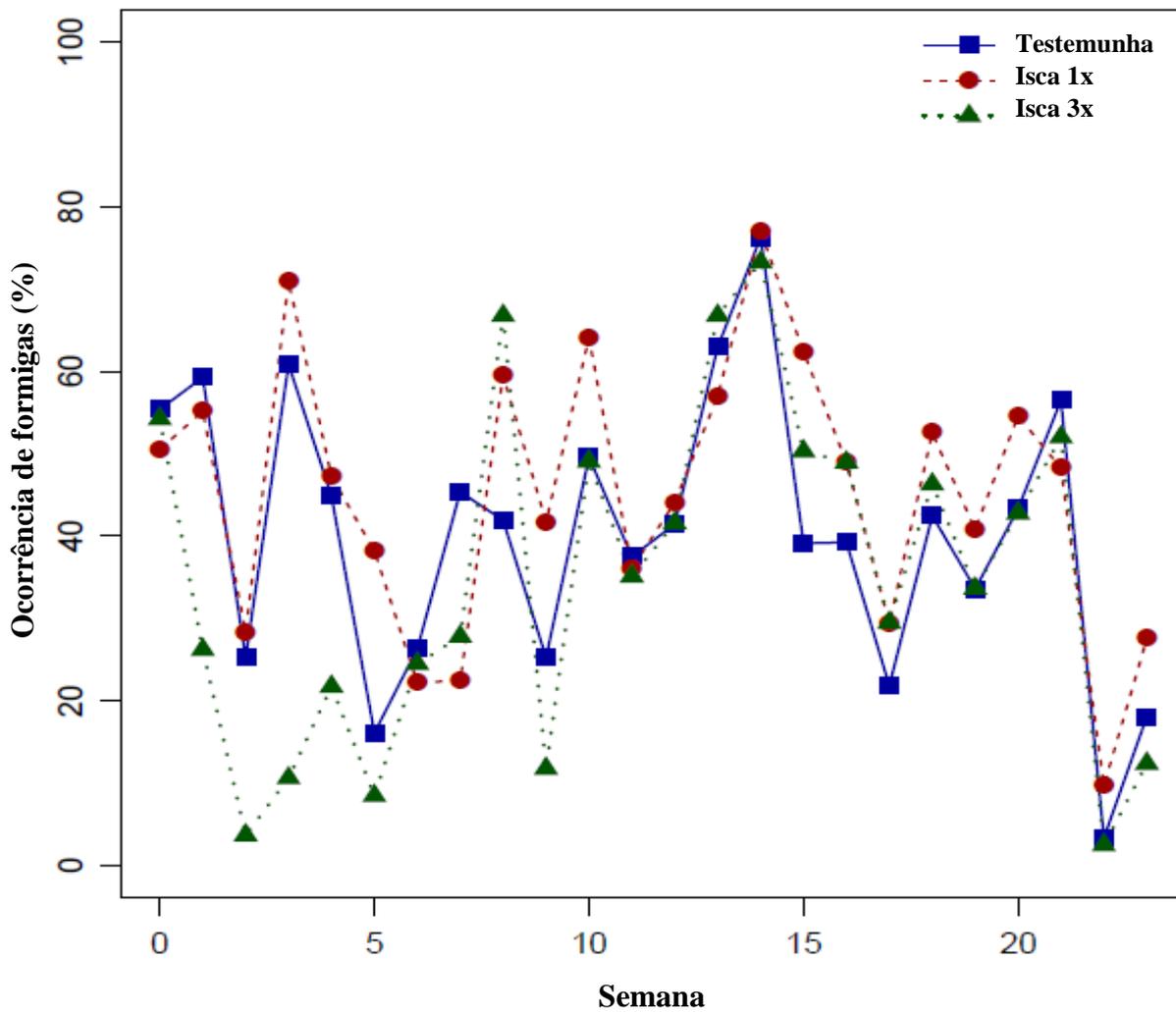


Figura. 9. Percentagem de operárias de *L. micans* por armadilha após tratamento com isca tóxica em um vinhedo em Caxias do Sul (novembro a maio /2015-2016).

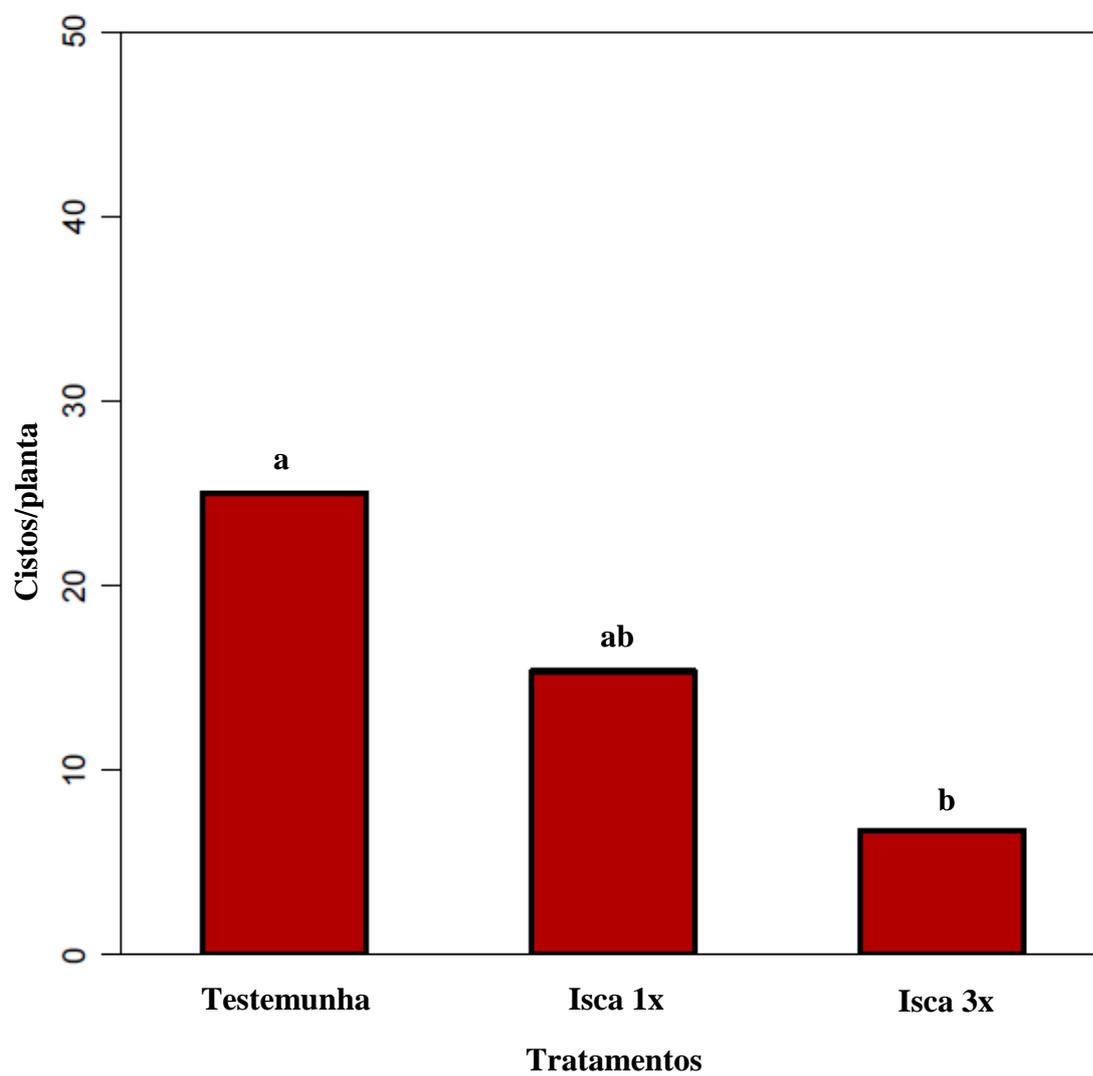


Figura. 10. Número médio de cistos de *E. brasiliensis* por planta em vinhedo localizado em Caxias do Sul (novembro/ maio 2016). Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4 Considerações Finais

Os resultados obtidos neste trabalho reforçam a importância da formiga *L. micans* no estabelecimento de *E. brasiliensis* em novas plantas de videira e o efeito na redução da população da cochonilha com o controle da formiga empregando iscas tóxicas.

É conhecido que dependendo da fase em que a colônia de *L. micans* se encontra, pode-se utilizar como atrativo alimentar, substâncias proteicas, nos meses com maior densidade de larvas e substâncias açucaradas, nos meses em que há um predomínio de operárias na colônia. Esse conhecimento pode auxiliar na definição da fonte de alimento a ser empregada na formulação de iscas tóxicas para serem aplicadas dependendo da época do ano para o controle *L. micans*.

Dentre as diversas formulações de iscas tóxicas para o controle dessas formigas, as formulações granuladas à base de hidrametilnona são ferramentas com grande potencial no controle de *L. micans*. Contudo, para o emprego prático das iscas tóxicas, ajustes devem ser efetuados visando reduzir o número de aplicações ao longo do ciclo que sejam inferiores as aplicações semanais e superiores a 3 aplicações. Por isso, novos estudos devem ser conduzidos visando conhecer o comportamento de forrageamento de *L. micans* em vinhedos nas diferentes épocas do ano, permitindo assim, determinar a quantidade de estações de iscas necessárias por área e por estação do ano.

5 Referências

ABBOTT, K. L.; GREEN, P. T. Collapse of an ant-scale mutualism in a rainforest on Christmas Island. **Oikos**, Buenos Aires, v. 116, n. 17, p. 1238-1246, 2007.

ABRIL, S.; OLIVERAS, J.; GÓMEZ, C. Effect of temperature on the oviposition rate of Argentine ant queens (*Linepithema humile* Mayr) under monogynous and polygynous experimental conditions. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 54, n. 1, p. 265–272, 2008.

ADDISON, Pia. Chemical stem barriers for the control of ants (Hymenoptera:Formicidae) in vineyards. **South African Journal of Enology and Viticulture**, Stellenbosch v.23, n.1, p. 1-8, 2002.

ALMANÇA, M.A.K.; ABREU, C.M.de.; SCOPEL, F.B.; BENEDETTI, M.; HALLEEN, F.; CAVALCANTI, F.R. Evidências Morfológicas da Ocorrência de *Phaeomoniella chlamydospora* em Videiras no Estado do Rio Grande do Sul. Embrapa Uva e Vinho, **Comunicado Técnico** 134, p 1-5, 2013.

ANTWEB. Disponível em: <https://www.antweb.org/> Acesso em 25 de janeiro de 2017.

ARÉVALO-MALDONADO, H.; LONDOÑO-ZULUAGA, M.E.; TOBÓN R., W.A. Tabla de vida de *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (Hemiptera: Margarodidae) en cuatro estructuras vegetales. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v.15 p.125-133, 2012.

ARISTIZÁBAL, L.F., ORTIZ, A.L., QUINTERO, J.C., LÓPEZ-NUÑEZ, J.C., ARTHURS, S.P. Effect of Colombian stains of *Steinernema colombiense* (Rhabditida: Steinernematidae) and *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) against *Eurhizococcus colombianus* (Hemiptera: Margarodidae) and *Aeneomia* (Hemiptera: Cercopidae). **Florida Entomologist**, v.98, p. 981-983, 2015.

BLIGHT, O.; ORGEAS, J.; RENUCCI, M.; PROVOST, E. Imidacloprid Gel Bait Effective in Argentine Ant Control at Nest Scale. **Sociobiology**, v. 58, n. 1, p. 23-30, 2011.

BORSZOWSKI, P.R.; MALGARIM, M.B.; EULEUTERIO, M.D. Produtos ecológicos alternativos no controle de pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*) na cultura da videira cv. Bordô. **Revista Technoeng**. Paraná, p. 80 -87, 2011.

BOSER, C. L., C. HANNA, K. R. FAULKNER, C. CORY, J. M. RANDALL AND S. A. MORRISON. **Argentine ant management in conservation areas: results of a pilot study**. Monographs of the Western North American Naturalist, v. 7, p. 518–530, 2014.

BOTTON, M.; SCHUCK, E.; HICKEL, E. R.; SORIA, S. J. **Bioecologia e controle da pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho,. Circular Técnica, 27, 23p, 2000.

BOTTON, M.; HICKEL, E. R.; SORIA, S. J.; SCHUCK, E. Pérola-da-terra. In: SALVADORI, J.R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Eds.) **Pragas de solo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo/Fundacep, 2004. p. 457-476.

BOTTON, M.; TEIXEIRA, I.; BAVARESCO, A.; PASTORI, P. L. Use of soil insecticides to control the Brazilian ground pearl in vineyards. **Revista Colombiana de Entomología**, Santafe de Bogota, v. 36, n. 1, p. 20-24, 2010a.

BOTTON, M. MELO, G. W. B. de; OLIVEIRA, O. L. P. de; ONZI, I. Efeito da cobertura vegetal sobre a pérola-da-terra (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n.4, p. 681-684, 2010b.

BOTTON, M.; BERNARDI, D.; EFRON, C.F.S.; BARONIO, C. Eficiência de inseticidas no controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira. **Bioassay**, v.8, p.1–5, 2013.

BUCKLEY, R. C. Interactions involving plants, Homoptera, and ants. **Annual Review Ecology Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 111-135, 1987.

BUCZKOWSKI, G.; ROPER, E.; CHIN, D.; MOTHAPO, N.; T. WESSLER, T. Hydrogel baits with low-dose thiamethoxam for sustainable Argentine ant management in commercial orchards. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.153, p.183–190, 2014a.

BUCZKOWSKI, G.; ROPER, E.; SOURCE, D.C. Polyacrylamide hydrogels: An effective tool for delivering liquid baits to pest ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v.107, p.748-757, 2014b.

BUENO, O. C.; BUENO, F. C. Controle de formigas em áreas urbanas. In: PINTO, A.S.; ROSSI, M.M; SALMERON, O. (Org.). **Manejo de Pragas Urbanas**. São Paulo: CP2, p. 67-77, 2007.

CAMPOS, T. **Análise da distribuição dos subtipos de *Linepithema micans* (Formicidae: Dolichoderinae) na região Sul do Brasil através da ferramenta molecular Barcode**. 2012. 51f. Monografia (TCC em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

CAVALCANTI, F. R.; ALMANÇA, M. A.K.; BUENO, J. Declínio e morte de plantas de videira. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves. (**Documentos**), 2013.

CERDÁ, X.; RETANA, J.; CROS, S. Critical thermal limits in Mediterranean ant species: trade-off between mortality risk and foraging performance. **Functional Ecology**, Oxford, v. 12, n. 1, p. 45-55, 1998.

CHEN J.S.C.; NONACS P. Nestmate recognition and intraspecific aggression based on environmental cues in Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Entomological Society of America**, v.93, n.6, p.1333-1337, 2000.

COOPER, M.; DAANE, K. M.; NELSON, E. H.; VARELA, L. G.; BATTANY, M. C.; TSUTSUI, D. N.; RUST, M. K. Liquid baits control Argentine ants sustainably in coastal vineyards. **California Agriculture**, Berkeley, v. 62, n. 4, p 177-183, 2008.

CORREIA, K. C.; CÂMARA, M. P. S.; BARBOSA, M. A. G.; SALES JUNIOR, R.; AGUSTÍ-BRISACH, C.; GRAMAJE, D.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; ABAD-CAMPOS, P.; ARMENGOL, J.; MICHEREFF, S. J. Fungal species associated with trunk diseases of table grapes in Northeastern Brazil. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 52, n. 2, p.380-387. 2013.

CRESSWELL, J.E; DESNEUX, N; VANENGELSDORP, D. Dietary traces of neonicotinoid pesticides as a cause of population declines in honey bees: an evaluation by Hill's epidemiological criteria. **Pest Management Science**, v. 68, p. 819-827, 2012.

CUEZZO, F. Subfamilia Dolichoderinae. In: FERNANDÉZ, F. (Ed.). **Introducción a las Hormigas de la región Neotropical**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt: Bogotá, Colombia, 2003. p. 291-297.

DAANE, K. M.; SIME, K. R.; HOGG B. N.; COOPER, M. L.; BIANCHI, M. L.; RUST, M. K.; KLOTZ J. H. Effects of liquid insecticide baits on Argentine ants in California's coastal vineyards. **Crop Protection**, v. 25, n. 6, p. 592-603, 2006.

DAANE, K. M.; SIME K. R.; FALLON J.; COOPER, M. L. Impacts of Argentine ants on mealybugs and their natural enemies in California's coastal vineyards. **Ecological Entomology**, London, v. 32, n. 6, p. 583-596, 2007.

DAANE, K. M.; COOPER, M. L.; SIME, K. R.; NELSON, E. H.; BATTANY, M. C.; RUST, M. K. Testing baits to control Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae) in vineyards. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 3, p. 699-709, 2008.

DAL BÓ, M. A.; PERUZZO, E. L.; SCHUCK, E. Alternativas de manejo para o controle de declínio da videira. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 58-61, 2007.

DELABIE, J. H. C. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 501-516, 2001.

DELABIE, J. H. C.; FERNÁNDEZ, F. Relaciones entre hormigas y "homópteros" (Hemiptera: Sternorrhyncha y Auchenorrhyncha). In: Fernández, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colômbia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, p.181-197, 2003.

EDWARDS, J., MARCHI, G., PASCOE, I. G. Young esca in Australia. **Phytopathologia Mediterranea**. v. 40, p.303–310, 2001.

EFROM, C. F. S; BOTTON, M.; MEYER, G. A. Brazilian ground pearl damaging blackberry, raspberry and blueberry in Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1545 -1548, 2012.

FERREIRA, A. B. M.; MIGOTTO, B. C.; LEITE, L. G.; FIRMINO, A. C.; FURTADO, E. L.; PADOVANI, C. R.; BUENO, C. J. Levantamento de fungos de tronco em Niágara rosada jovem no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 39, 2013. Suplemento. 1 CD-ROM.

FISCHER MK, SHINGLETON AW. Host plant and ants influence the honeydew sugar composition of aphids. **Functional Ecology**, v.15, p.544-550, 2001.

FOLDI, I. Ground pearls: a generic revision of the Margarodidae sensu stricto (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). **Annales de la Société entomologique de France**, Paris, v.41, n.1, p.81-125, 2005.

FORSCHLER, B. T.; EVANS, G. M. Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) foraging activity response to selected containerized baits. **Journal of Entomological Science**, v. 29, p. 209–14, 1994.

GALLOTTI, B. J. **Contribuição para o estudo da biologia e para o controle químico do *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel, 1922)**. 1976. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1976.

GARRIDO, L.R., SÔNEGO, O.R., GOMES, V.N. Fungos associados com o declínio e morte de videiras no Estado do Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 322-324, 2004.

GATICA, M., CESARI, C., MAGNIN, S., DUPONT, J. *Phaeoacremonium* species and *Phaeomoniella chlamydospora* in vines showing hoja de malvon and young vine decline symptoms in argentina. **Phytopathologia mediterranea**. v. 40, p. 317–324, 2001.

GÓMEZ, K.; ESPADALER, X. **La hormiga argentina (*Linepithema humile*) en las Islas Baleares: documentos técnicos de conservación**. [S.l.]: Consellería de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears, 2005. 68 p.

GONZALEZ, M.F.; CASCIANI, J.C.; PAREJA, M.; PEINADO, H.H.; PRIOR, C. Estudios preliminares de la perla de la vid *Margarodes vitis* (hemiptera: margarodidae) en viñedos de La Consulta, Mendoza, Argentina. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**. v.42, p. 161-167, 2016.

GRAMAJE, D.; ARMENGOL, J. Effects of hot-water treatment, post-hot-water treatment colling and cold storage on the viability of dormant grafted grapevines under field conditions. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.18, p.158-163, 2012.

GREENBERG, L.; RUST, M.K.; WRIGHT, S.J.; CHOE, D. Argentine ant control around homes: efficacy of treatments and urban runoff. **International Journal of Pest Management**, p. 1-10, 2017.

GRIMALDI, D. Y D. AGOSTI. A formicine in New Jersey Cretaceous amber (Hymenoptera: Formicidae) and early evolution of the ants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, n.25, p.13678-13683, 2000.

GROVER, C. D.; KAY, A. D.; MONSON, J. A.; MARSH, T. C.; HOLWAY, D. A. Linking nutrition and behavioral dominance: carbohydrate scarcity limits aggression and activity in Argentine ants. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, Londres, v. 274, n. 1628, p. 2951-2957, 2007.

HAACK, K. D.; VINSON, S.B. Foraging of pharaoh ants *Monomorium pharaonis* (L.) in the laboratory, pp. 452-460. In R. K. VANDER MEER, K. JAFFE, AND A. CEDENO [eds.], **Applied myrmecology: a world perspective**. Westview, Oxford, 1990.

HAJI, F.N.P.; ALENCAR, J.A.; BARBOSA, F.R. Pragas. In: LIMA, M.T.; MOREIRA, W.A. **Uva de mesa. Fitossanidade**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.53-68, 2002.

HAJI, F.N.P.; LIMA, M.P.L.; ALENCAR, J.A. de.; BARBOSA, F.R.; FERREIRA, R.C.F; MATTOS, M.A. de A. Cochonilha-Pérola-da-Terra: praga emergente na cultura da uva, no Submédio do Vale São Francisco. Petrolina, EMBRAPA-CPATSA, 2004. 5p. (EMBRAPACPATSA, **Circular Técnica**, 78).

HALLEEN, F., CROUS, P.W., PETRINI, O. Fungi associated with healthy grapevine cuttings in nurseries, with special reference to pathogens involved in the decline of young vines. **Australasian Plant Pathology**, v.32, p.47-52, 2003.

HAYASAKA; D.; KUWAYAMA, N.; TAKEO, A.; ISHIDA, T.; MANO, H.; N. INOUE, M.N.; NAGAI, T.; SA´NCHEZ-BAYO, F. S.; GOKA, K.; • SAWAHATA, T. Different acute toxicity of fipronil baits on invasive *Linepithema humile* supercolonies and some non-target ground arthropods. **Ecotoxicology**, v.24, p.1221-1228, 2015.

HICKEL, E. R. Reconhecimento, coleta, transporte e depósito de ninfas da pérola-da-terra, *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel), pela formiga argentina *Linepithema humile* (Mayr). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 285-290, 1994.

HICKEL, E. R. **Pragas da videira e seu controle no estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1996. 52p.

HICKEL, E. R.; PERUZZO, E. L.; SCHUCK, E. Pirâmide etária e distribuição espacial da pérola-da-terra no Meio-Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 61-68, 2008.

HICKEL, E.R., M. BOTTON & E. SCHUCK. **Pragas da videira e seu controle no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, p.137, 2010.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge: MA, Belknap Press of Harvard University Press, 732 p, 1990.

HOOPER-BUI, L. M.; RUST, M. K. Oral toxicity of abamectin, boric acid, fipronil, and hydramethylnon to laboratory colonies of Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 3, p. 858-864, 2000.

HOOPER-BUI, L. M.; RUST, M. K. An oral bioassay for the toxicity of hydramethylnon to individual workers and queens of Argentine ants, *Linepithema humile*. **Pest Management Science**, Sussex, v. 57, n. 11, p. 1011-1016, 2001.

HOOPER-BUI, L.M.; KWOK, E.S.C.; BUCHHOLZ, B.A.; RUST, M.K.; EASTMOND, D.A.; VOGEL, J.S. Insecticide transfer efficiency and lethal load in Argentine ants. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research**, p.665-669, 2015.

JOSENS, R.; SOLA, F.; LOIS-MILEVICICH, J.; MACKAY, W. Urban ants of the city of Buenos Aires, Argentina: species survey and practical control. **International Journal Of Pest Management**, p.1-12, 2016.

KASPARI, M. Introducción a la ecología de las hormigas. In: FERNÁNDEZ, F. (Org.) **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá-COL: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2003. p. 97-112.

KLOTZ, J.; GREENBERG, L.; VENN, G. Evaluation of two hydramethylnon granular baits for control of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, Chico, v. 36, n. 1, p.201-207, 2000.

KLOTZ, J. H., RUST, M. K.; COSTA, H. S.; REIERSON, D. A.; KIDO K. Strategies for controlling Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae) with sprays and baits. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, Clemson, v.19, n.2, p. 85-94, 2002.

KLOTZ, J. H.; RUST, M. K.; GONZALEZ, D.; GREENBERG, L.; COSTA, H.; PHILLIPS, P.; GISPERT, C.; REIERSON, D.A.; KIDO, K. Directed sprays and liquid baits to manage ants in vineyards and citrus groves. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, Clemson, v. 20, n. 1, p. 31-40, 2003

KLOTZ, J.; RUST, M. PHILLIPS, P. Liquid bait delivery systems for controlling Argentine ants in citrus groves (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, Chico, v. 43, n. 3, p. 419-427, 2004.

KNIGHT, R. L.; RUST, M. K. Efficacy of formulated baits for control of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 84, n. 2, p. 510-514, 1991.

KONDO, D.T.; GÓMEZ, C.E. La Perla de tierra, *Eurhizococcus colombianus* Jakubski. Una nueva plaga de la Vid, *Vitis labrusca* L. en el Valle del Cauca, Colombia. **Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria**, v.9, n.10, p.34-40, 2008.

KRUSHELNYCKY, P.D., W. HAINES, L. LOOPE, AND E. VAN GELDER. The Haleakala Argentine ant project: a synthesis of past research and prospects for the future. **Pacific Cooperative Studies Unit Technical Report 173**. University of Hawai'i at Manoa, Department of Botany, Honolulu, HI. 127 p, 2011.

LARIGNON, P., DUBOS, B. Preliminary studies on the biology of *Phaeoacremonium*. **Phytopathologia Mediterranea** v. 39, p. 184–189, 2000.

LOURENÇÃO, A. L.; MARTINS, F. P.; ALARCON, L. C. M. Ocorrência de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Homoptera: Margarodidae) em videira no município de Louveira, estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 205-208, 1989.

MARTINS, C.; NONDILLO, A.; MARTINS, V. G.; BOTTON, M.; BUENO, O. C. Occurrence of three haplotypes of *Linepithema micans* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae) in Southern Brazil. . **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 41, n. 1, p. 57-61, 2012.

MOTHAPO, N.P.; WOSSLER, T.C. The Attractiveness of Toxic Bait is not Always Accompanied by Increased Mortality in Laboratory Colonies of Argentine Ants, *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae). **Entomological Society of Southern Africa**, v.24, n.2, p.352-364, 2016.

NELSON, E. H.; DAANE, K. M. Improving liquid bait programs for Argentine ant control: bait station density. **Environmental Entomology**, College Park, v. 36, n. 6, p. 1475-1484, 2007.

NEWSOME, J. Grapevine Trunk Disease: A review. 21 p., 2012.

NONDILLO, A.; BUENO O. C.; BOTTON, M. Metodologia para coleta e manutenção de colônias de *Linepithema micans* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae) em laboratório. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves. (**Comunicado Técnico** 118), 2012.

NONDILLO, A. **Bioecologia, monitoramento e alternativas de controle de espécies de formigas associadas a pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) em vinhedos da região sul do Brasil.** 2013. Tese. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

NONDILLO, A.; SGANZERLA, V. M.; BUENO, O.C.; BOTTON, M. Interaction between *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae) and *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) in vineyards. **Environmental Entomology**, v.42, p.460-466, 2013.

NONDILLO, A.; CHAVES, C.C.; FIALHO, F.B.; BUENO, O.C.; BOTTON, M. Evaluation of Insecticides for the Control of *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v.107, p. 215-222, 2014a.

NONDILLO, A.; FERRARI, L.; LERIN, S.; BUENO, O.C.; BOTTON, M. Foraging Activity and Seasonal Food Preference of *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae), a Species Associated with the Spread of *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae). **Journal of Economic Entomology**, v.107, n.4, p. 1384-1391, 2014b.

NONDILLO, A.; ANDZEIEWSKI, S.; FIALHO, F.B.; BUENO, O.C.; BOTTON, M. Control of *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae) and *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) in Vineyards Using Toxic Baits. **Journal of Economic Entomology**, p.1-7, 2016.

NYAMUKONDIWA, C. **Assessment of toxic baits for the control of ants (Hymenoptera: Formicidae) in South African vineyards.** Thesis, Faculty of AgriSciences, Stellenbosch University, Stellenbosch, 2008.

NYAMUKONDIWA, C.; ADDISON, P. Preference of foraging ants (Hymenoptera: Formicidae) for bait toxicants in South African vineyards. **Crop Protection**, v. 30, p. 1034-1038, 2011.

ORR, M. R., AND S. H. SEIKE. Parasitoids deter foraging by Argentine ants (*Linepithema humile*) in their native habitat in Brazil. **Oecologia**, v.117, p.420-425, 1998.

PEREIRA, A. M. **Efeitos de inseticidas na sobrevivência e no comportamento de abelhas.** 2010. 125f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, Zoologia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Rio Claro, 2010.

PHILLIPS, P.; SHERK C. To control mealybugs, stop honeydew-seeking ants. **California Agriculture**, Berkeley, v. 45, n. 2, p. 26–8, 1991.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

REGO, C., OLIVEIRA, H., CARVALHO, A., PHILIPS, A. Involvement of *Phaeoacremonium* spp. and *Cylindrocarpon destructans* with grapevine decline in Portugal. **Phytopathologia Mediterranea** v. 39, p. 76–79, 2000.

RUMBOS, I., RUMBOU, A. Fungi associated with esca and young grapevine decline in Greece. **Phytopathologia Mediterranea**, v.40, p.330-335, 2001.

RUST, M. K.; REIERSON, D. A.; PAINE, E.; BLUM, L. J. Seasonal activity and bait preferences of the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, Clemson, v. 17, n. 4, p. 201-212, 2000.

RUST, M. K.; REIERSON, D. A.; KLOTZ, J. H. Pest management of Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Entomological Science**, Tifton, v. 38, p. 159-169, 2003.

RUST, M. K.; REIERSON, D. A.; KLOTZ, J. H. Delayed toxicity as a critical factor in the efficacy of aqueous baits for controlling Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n.3, p.1017–24, 2004.

RUST, M.K.; SOEPRONO, A.; LES GREENBERG, S.W; CHOE, D.H.; L. BOSER, C.L.; CORY, C.; HANNA, C. Laboratory and Field Evaluations of Polyacrylamide Hydrogel Baits Against Argentine Ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.108, n.3, p. 1228-1236, 2015.

SACCHETT, F.; BOTTON, M.; DIEHL, E. Ants species associated with the dispersal of *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel in Wille) (Hemiptera: Margarodidae) in Vineyards of the Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Brazil. **Sociobiology**, v. 54, n. 3, p. 943-954, 2009.

SANTOS, R. F. dos; BLUME, E.; MUNIZ, M. F. B.; HECKLER, L.; FINGER, G.; MACIEL, C. G.; HARAKAWA, R.; GARRIDO, L. R. First report of *Ilyonectria macrodidyma* associated with black foot disease of grapevine in Brazil. **Plant Disease**, v.98, n.1, p.156, 2013.

SANTOS, R.F.; BLUME, E.; MUNIZ, M.F.B.; HARAKAWA, R.; GARRIDO, L.R.; REGO, C. Characterization of *Campylocarpon pseudofasciculare* associated with black foot of grapevine in Southern Brazil. **Phytopathologia Mediterranea**, v.53, n.3, p.406–415, 2014.

SAUX, C.; FISCHER, B. L.; SPICER, G. S. Dracula ant phylogeny as inferred by nuclear 28S rDNA sequences and implications for ant systematics (Hymenoptera, Formicidae, Amblyoponinae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 33, p. 457-468, 2004.

SCHECK, H.J.; VASQUEZ, S.J.; FOGLE, D.; GUBLER, W.D. Grape growers report losses to black foot and grapevine decline. **California Agriculture**, v. 52, p. 19-23, 1998.

SCHILMAN, P. E.; LIGHTON, J. R. B.; HOLWAY, D. A. Respiratory and cuticular water loss in insects with continuous gas exchange: Comparison across five ant species. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 51, n. 12, p. 1295-1305, 2005.

SCHMIDT, F.S., ***Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae) em videira no estado de São Paulo: flutuação populacional, distribuição no sistema radicular e avaliação do nematoide *Heterorhabditis indica* (rhabditida: heterorhabditidae) e de inseticidas para seu controle.** Dissertação, Instituto Biológico, São Paulo, 2012.

SHOREY, H. H., L. K. GASTON, R. G. GERBER, C. B. SISK, AND P. A. PHILLIPS. Formulating farnesol and other ant-repellent semiochemicals for exclusion of Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae) from citrus trees. **Environmental Entomology**, v.25, p.114–119, 1996.

SIDOTI, A., BUONOCUORE, E., SERGES, T., MUGNAI, L. Decline of young grapevines associated with *Phaeoacremonium chlamydosporum* in Sicily (Italy). **Phytopathologia Mediterranea**, v. 39, p. 87–91, 2000.

SILVERMAN, J.; ROULSTON, T. H. Acceptance and intake of gel and liquid sucrose compositions by the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 2, p. 511-515, 2001.

SILVERMAN, J.; BRIGHTWELL, R. J. The Argentine ant: Challenges in managing an invasive unicolonial pest. **Annual Review of Entomology**, v. 53, p. 231-252, 2008.

SOEPRONO, A. M.; RUST, M. K. Effect of horizontal transfer of barrier insecticides to control Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n. 5, p. 1675-1681, 2004.

SONG, J. **Evaluation of foraging patterns of *Linepithema humile* (mayr), the argentine ant, to improve bait placement in natural park habitats" (2015). all dissertations.** The Graduate School of Clemson University. 90P.

SORIA, S. J. V.; GALLOTTI, B. J. **O margarodes da videira *Eurhizococcus brasiliensis* (Homoptera:Margarodidae): biologia, ecologia e controle no sul do Brasil.** Bento Gonçalves: EMBRAPA/CNPUV, 1986. 22p.

SORIA, S.de J.; DAL CONTE, A. F. Bioecologia e controle das pragas da videira no Brasil. **Entomologia y Vectores**, Salta, v. 7, n. 4, p. 73-102, 2000.

SORIA, S. J.; DAL CONTE, A. F. Bioecologia e controle das pragas da videira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 20 p. (Embrapa Uva e Vinho. **Circular Técnica** 63)

SORIA, S. DE J. & MELLO, R.P.DE & OLIVEIRA, A.M. de Novos registros de *Proleptis lucifer* (Wiedemann, 1928) (Diptera, Asilidae) como predador de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel in Wille, 1922) (Hemiptera, Margarodidae) em diferentes regioes viticultoras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Entomologia-y-Vectores**, v.11, n.2, p.323-331, 2004.

STANLEY, M.C. **Review of the Efficacy of Baits Used for Ant Control and Eradication**. Auckland: Landcare Research, 2004. 74p.

STYRSKY, J. D.; EUBANKS, M. D. Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, Londres, v. 274, n. 1607, p. 151-164, 2007.

SURICO, G. Towards a redefinition of the diseases within the esca complex of grapevine. **Phytopathologia Mediterranea**, Bologna, v.48, p.05-10, 2009.

VEGA, S. Y.; RUST, M. K. Determining the foraging range and origin of resurgence after treatment of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) in urban areas. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 96, n. 3, p. 844-849, 2003.

WANG, L.; ZENG, L.; CHEN, J. Sublethal Effect of Imidacloprid on *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) Feeding, Digging, and Foraging Behavior. **Environmental Entomology**, p.1-9, 2015.

WILD, A. L. **Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae)**. Los Angeles: University of California Press, 2007. 151p.

WILD, A. L. Evolution of the Neotropical ant genus *Linepithema*. **Systematic Entomology**, Oxford, v. 34, n. 1, p. 49-62, 2009.

ZART, M. **Caracterização morfológica, fisiológica e bioquímica do ataque da pérola-da-terra, *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae), em videiras**. 2012. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 117p. 2012.

ZART, M.; CESARO, A.D.; SANTOS, H.P. dos; SANTOS, P.V.D. de. Caracterização morfo-fisiológica de plantas de videira atacadas por pérola-da-terra. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1187-1200, 2014.

ZART, M.; SANTOS, H.P. DOS; SOUZA, P.V.D.DE; SOUZA. D.A.; DENARDI, D. Starch, growth, and development in cuttings of rootstock 'Paulsen 1103' from plants infested with ground pearl. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.10, p.1707-1713, 2016.