

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

***Sirex noctilio* (HYMENOPTERA: SIRICIDAE) E SEUS
INIMIGOS NATURAIS EM *Pinus taeda* E
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE *Deladenus
siricidicola***

Elder Simões de Paula Batista

Biólogo

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

***Sirex noctilio* (HYMENOPTERA: SIRICIDAE) E SEUS
INIMIGOS NATURAIS EM *Pinus taeda* E
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE *Deladenus
siricidicola***

Elder Simões de Paula Batista

Orientador: Prof. Dr. Jaime Maia dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Antonio Polanczyk

Coorientador: Dr. Edson Tadeu Iede

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Entomologia Agrícola)**

2014

Batista, Elder Simões de Paula
B333s *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) e seus inimigos naturais
em *Pinus taeda* e caracterização morfológica de *Deladenus siricidicola*
/ Elder Simões de Paula Batista. -- Jaboticabal, 2014
viii, 83 p. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014

Orientador: Jaime Maia dos Santos

Banca examinadora: Susete do Rocio Chiarello Penteadó, Wilson
Reis Filho, Antonio Carlos Busoli, Jose Carlos Barbosa

Bibliografia

1. Pínus. 2. Vespa-da-madeira. 3. Inimigos naturais. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.7:582.47

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Elder Simões de Paula Batista, Juiz de Fora, Minas Gerais, 23 de junho de 1983. Em agosto de 2003 ingressou no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora (CES/JF), concluindo em julho de 2007. Durante o curso de graduação foi estagiário da Embrapa Gado de Leite, no Laboratório de Parasitologia, perfazendo total de 2 anos de estágio. Em fevereiro de 2008 ingressou no curso de Mestrado em Comportamento e Biologia Animal da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), realizando os experimentos no Laboratório de Entomologia da Embrapa Gado de Leite, sob orientação do Dr. Alexander Machado Auad, concluindo então mais 2 anos como estagiário da Embrapa, dessa vez no laboratório de Entomologia. Concluiu o curso de Mestrado em fevereiro de 2010 e em agosto de 2010 ingressou no curso de Doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola) da Unesp/FCAV, câmpus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Jaime Maia dos Santos no laboratório de Nematologia e coorientação do Dr. Edson Tadeu Iede, da Embrapa Florestas.

Armas químicas e poemas (Humberto Gessinger)

Eu me lembro muito bem
Como se fosse amanhã
O sol nascendo sem saber
O que iria iluminar
Eu abri meu coração
Como se fosse um motor
E na hora de voltar
Sobravam peças pelo chão
Mesmo assim eu fui a luta
Eu quis pagar pra ver
Aonde leva essa loucura?
Qual é a lógica do sistema?
Onde estavam as armas químicas?
O que diziam os poemas?
Afinal de contas
O que nos trouxe até aqui?
Medo ou coragem?
Talvez nenhum dos dois!
Sopra o vento um carro passa pela praça
E já foi... já foi!
Por acaso eu fui a luta
Eu quis pagar pra ver!
O tempo nos faz esquecer
O que nos trouxe até aqui
Mas eu lembro muito bem como se fosse amanhã
Quem prometeu um descanso em paz
Pra depois dos comerciais
Quem ficou pedindo mais
Armas químicas e poemas

DEDICATÓRIA

Dedico à todos aqueles aos quais agradeço
pela participação, de alguma forma, no meu
trabalho

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela serenidade com que me permitiu conduzir dos trabalhos.

Aos meu pais, Vladimir e Leonor por confiarem e incentivarem esta nova empreitada.

À minha irmã Érika, pelo carinho de sempre e ajuda sempre que preciso.

À minha noiva Carolina, pela compreensão, companheirismo, carinho, amor...

Ao Prof. Dr. Jaime Maia dos Santos, pelos ensinamento precisos e preciosos.

Ao Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares, pela ajuda sempre presente.

Ao Prof. Ricardo Antonio Polanczyk pela atenção e orientação.

Ao Dr. Edson Tadeu Iede, por não medir esforços e assumir o desafio de orientar à distância.

À Dra. Susete do Rocio Chiarello Penteado, pela atenção e presteza, também mesmo à distância.

Ao Ivan Jorge, por me passar um pouco da sua experiência em campo.

À Embrapa Florestas e ao FUNCEMA, pelo treinamento oferecido.

À Klabin Florestal, por ceder as áreas, estrutura e pessoal capacitado para o estudo.

À Profa. Dra. Sandy Smith, por me receber na Universidade de Toronto, com a característica educação e gentileza canadense.

Ao Dr. Jeremy Allison, por confiar no meu trabalho e me fazer parte do grupo de pesquisa no *Natural Resources Canada/Canadian Forest Service*.

Aos vários colegas de laboratório, que fazem a rotina ser muito mais agradável.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), por ser minha casa nesses últimos anos.

Aos professores do PPG-EA, pela formação a mim oferecida.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	3
1. Introdução.....	3
2. A cultura de <i>Pinus</i> spp. no Brasil.....	4
3. A vespa-da-madeira, <i>Sirex noctilio</i> Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae).....	6
3.1. Biologia de <i>Sirex noctilio</i>	7
3.2. Danos provocados.....	10
4. Susceptibilidade de <i>Pinus</i> à vespa-da-madeira.....	11
5. Métodos de prevenção e controle da vespa-da- madeira.....	14
5.1. Detecção e monitoramento.....	14
5.2. Práticas silviculturais de prevenção.....	16
5.3. Inimigos naturais.....	17
5.4. Controle com nematoide.....	19
6. Expectativas para o futuro do manejo de <i>Sirex noctilio</i>	22
Referências.....	22
CAPÍTULO 2 - FERRAMENTA PARA DEFINIÇÃO DE NÍVEIS DE RISCO DE OCORRÊNCIA DE VESPA-DA-MADEIRA EM FLORESTAS PLANTADAS DE <i>Pinus taeda</i>.....	32
CAPÍTULO 3 - INIMIGOS NATURAIS DA VESPA-DA-MADEIRA EM POVOAMENTOS DE PÍNUS.....	49
CAPÍTULO 4 - CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO DE <i>Deladenus</i> (=<i>Beddingia</i>) <i>siricidicola</i> (NEOTYLENCHIDAE) PRESENTE NO BRASIL.....	67

Sirex noctilio* (HYMENOPTERA: SIRICIDAE) E SEUS INIMIGOS NATURAIS EM *Pinus taeda* E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE *Deladenus siricidicola

RESUMO – Espécies de pinus são plantadas em vários países e a área plantada no Brasil ocupa atualmente 1.562.782 hectares. O Estado de São Paulo possui 144.802 ha de pinus plantado e junto com os estados da região Sul do país possuem 94% da área brasileira. A principal praga dessa cultura é a vespa-da-madeira *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) e está presente em mais de 1.000.000 ha no país. A utilização de métodos silviculturais e controle biológico auxiliam no controle dessa praga. No Brasil ela é considerada sob controle, com relatos esporádicos de surtos. Sendo assim, é importante prever a dispersão e ocorrência de novos surtos da praga para manter sua população controlada. Os objetivos do presente trabalho foram desenvolver uma ferramenta para definir a susceptibilidade de talhões à ocorrência da praga; verificar o controle proporcionado pelos principais inimigos naturais da vespa-da-madeira; e caracterizar morfológicamente a população de *Deladenus* (= *Beddingia*) *siricidicola* presente no Brasil através de microscopia eletrônica de varredura e microscopia ótica. Verificou-se que a metodologia de atribuição de níveis de risco de ocorrência da vespa-da-madeira poderá ser adotada como ferramenta para auxiliar o gerenciamento dos povoamentos de pinus em relação à ocorrência da praga, já que os níveis de risco atribuídos e o ataque efetivamente observados apresentaram relação direta ($r=0,5127$). A partir dessa metodologia foi desenvolvido uma planilha eletrônica no qual o usuário pode preencher os dados dos talhões de pinus plantado e o nível de risco é calculado automaticamente. Constatou-se que o parasitoide *I. leucospoides* está bem estabelecido na região estudada e proporciona nível de controle em torno de 40% em talhões onde o nematoide não foi aplicado. O nematoide não apresentou alto índice de parasitismo, possivelmente em função da baixa ocorrência da vespa-da-madeira, provocada pelo plano de controle em anos anteriores. Além disso foi apresentada a morfometria da população de *D. siricidicola* presente no Brasil, destacando algumas características de sua morfologia que ainda não haviam sido descritas, como o número de anéis na região labial, que podem auxiliar na taxonomia desse nematoide.

Palavras-chave:

Controle, *Ibalia leucospoides*, monitoramento, pinus, vespa-da-madeira.

***Sirex noctilio* (HYMENOPTERA: SIRICIDAE) AND ITS NATURAL ENEMIES IN
Pinus taeda AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Deladenus
siricidicola***

ABSTRACT – Pine species are planted in various countries and the current area occupied by this crop in Brazil is 1.562.782 hectares. São Paulo State has 144.802 ha of pine stands and in addition to the southern States, they have 94% of the Brazilian area occupied with pine. This crop's main pest is the sirex woodwasp *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) which is present in more than 1,000,000 ha in the country. The employment of silvicultural and biological control methods help in monitoring and controlling such pest and allow to keep it under control, with some outbreaks reported occasionally. This way, the need is to predict the pest's spread and occurrence. Therefore, the objectives in this thesis were develop a tool to define the susceptible of pine stands to the occurrence of the pest; verify the control promoted by the sirex woodwasp's main natural enemies; and morphologically characterize the population of *Deladenus* (= *Beddingia*) *siricidicola* present in Brazil using scanning electron microscopy and optical microscopy. We verified the risk-level prediction methodology can be used as a tool to assist the management of the pine stands in relation to the pest's occurrence, as the risk-levels attributed and the effectively observed attack presented direct relation ($r=0,5127$). From this methodology an electronic sheet was developed, in which the user can fill with pine stands data and the risk-level is automatically calculated. We observed that the parasitoid *I. leucospoides* is well established in the region studied as it promotes a control level around 40% in stands where the nematode was not applied. The nematode didnot presented a high parasitism, possibly due to the low occurrence of the sirex woodwasp, promoted by the control measures in previous years. Beside this, it was presented morphometric data of the population of *D. siricidicola* present in Brazil, highlighting some morphological traits not described before, such as the number of rings in the lip region, which can help in the nematode taxonomy.

Keywords:

Controlling, *Ibalia leucospoides*, monitoring, pine, sirex woodwasp.

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. Introdução

As florestas plantadas de pínus no Brasil são atualmente a segunda cultura florestal do país, atrás apenas do eucalipto, sendo que juntas essas duas culturas correspondem a 92,8% da área nacional ocupada com florestas plantadas.

O principal inseto-praga da cultura de pínus é a vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae). Apesar de estar sob controle no Brasil, essa praga apresenta surtos esporádicos que despertam a atenção e justificam os estudos em torno de seu complexo.

Em função disso, os estudos devem se concentrar no monitoramento e controle, visando manter o *status* atual da praga. Mais especificamente, é desejável a detecção precoce da ocorrência da vespa-da-madeira e, mais ainda, que se possa prever a sua dispersão pelos plantios de pínus.

Além disso, conhecer o atual controle desempenhado pelos principais inimigos naturais pode contribuir para a previsão da ocorrência da praga e principalmente fornecer conhecimentos sobre a capacidade de controle desses agentes e incitar novas alternativas.

Da mesma forma, o conhecimento mais profundo do principal inimigo natural da vespa-da-madeira, o nematoide *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* (Bedding, 1968) (Neotylenchidae), poderá contribuir para que sua manutenção e multiplicação sejam aperfeiçoados. Ademais, o conhecimento da morfologia auxilia na identificação.

Sendo assim, o objetivo geral do presente trabalho foi monitorar a ocorrência de *S. noctilio* e seus principais inimigos naturais, bem como caracterizar o principal agente de controle biológico dessa praga, o nematoide *D. siricidicola*. Os objetivos específicos foram: desenvolver uma ferramenta para definir a susceptibilidade de talhões de pínus a *S. noctilio*, em função das características dos talhões de pínus; avaliar eficiência de controle desempenhada pelos principais inimigos naturais; e caracterizar morfologicamente a população presente no Brasil, do nematoide utilizado para o controle biológico da vespa-da-madeira.

2. A cultura de *Pinus* spp. no Brasil

As florestas de crescimento rápido são componentes essenciais em programas de reflorestamentos, pois suprem as necessidades de madeira serrada, celulose, energia, entre outros produtos. Além disso, aliviam a pressão sobre as florestas naturais, auxiliando na conservação do meio ambiente (PENTEADO; IEDE; REIS FILHO, 2002).

O gênero *Pinus* L. (Pinaceae) engloba mais de 100 espécies. No Brasil, árvores desse gênero vêm sendo plantadas há mais de um século, tendo sido utilizadas para fins ornamentais, inicialmente. Somente a partir da década de 1960 é que se iniciou o plantio em escala comercial, principalmente nas regiões Sul e Sudeste. O estabelecimento e o manejo de florestas plantadas possibilitou o abastecimento de madeira que anteriormente era suprido com a exploração do pinheiro brasileiro. Assim, a cultura se estabeleceu como uma importante aliada dos ecossistemas florestais nativos, pois vem suprindo uma parcela cada vez maior da necessidade atual de madeira e contribuindo, assim, para a diminuição do corte de florestais naturais (AGUIAR; SOUZA; SHIMIZU, 2011).

Espécies de pínus são plantadas em vários países e são valorizadas pela cor clara da madeira, variando de branca a amarelada; pela fibra longa, apropriada para a fabricação de papel para embalagens para imprensa; pela possibilidade de extração de resina em escala comercial; pela rusticidade e tolerância a solos marginais à agricultura; além do valor ornamental para arborização e paisagismo (AGUIAR; SOUZA; SHIMIZU, 2011).

A área plantada com espécies de *Pinus* no Brasil ocupa, atualmente, 1.562.782 hectares, o que representa 23,4% da área nacional ocupada com florestas plantadas. O Estado de São Paulo possui 144.802 ha de pínus plantado e junto com os estados da região Sul do país possuem 94% da área brasileira com espécies de *Pinus* (ABRAF, 2013). Levantamento feito no Estado de São Paulo pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento mostrou que os municípios com as maiores áreas de plantio de pínus são Itapeva, com 75.792 ha, Itapetininga, com 23.200 ha, e Bauru, com 18.485 ha. Filho e Feijó (2009) demonstraram com dados dos Levantamentos Censitários das Unidades de Produção

Agropecuárias do Estado de São Paulo (Projeto LUPA) que em 2007, o Estado de São Paulo possuía 151.860 hectares cobertos com pínus, sendo a segunda cultura florestal do estado, atrás apenas do eucalipto. Demonstrou-se também que desde 1995, os indicadores de mercado como consumo aparente, cotação e valor da produção da madeira plantada no Estado vêm crescendo de forma constante, diferente da flutuação que ocorre com as outras culturas no Estado (FILHO, 2008).

As plantações de *Pinus* spp. representam um importante recurso socioeconômico atual e potencial para o Brasil, devido à sua grande participação na recuperação de áreas degradadas, na cadeia produtiva da madeira, e consequentemente na geração de empregos. As árvores desse gênero são amplamente utilizadas em reflorestamentos, devido principalmente ao seu rápido crescimento. Os principais produtos fornecidos por essa matéria-prima são papel e celulose, painéis de madeira, móveis e fornecimento de energia para siderurgia a carvão vegetal e pellets (ABRAF, 2013). A madeira do pínus também é empregada na implantação de quebra ventos, na construção civil e na produção de embalagens (*pallets*) utilizadas no transporte aéreo e naval de produtos exportados. A espécie *P. elliottii* também é muito utilizada para a extração de resina.

As propriedades medicinais de muitas espécies de pinheiros são conhecidas desde tempos remotos da história. No século XIX, as essências de acículas e óleos já eram utilizadas em tônicos e misturas. Chás já eram feitos com folhas de pinheiros para combater o escorbuto (falta de vitamina C). Nos tempos antigos, acículas de pínus eram utilizadas como enchimento de camas para auxiliar no combate ao reumatismo e artrite, acalmando as dores do corpo. Muitas das propriedades medicinais de pínus relatadas no passado já foram comprovadas (CUI; XIE; WANG, 2005).

As espécies mais cultivadas no sul do Brasil são *P. elliottii*, *P. patula* e *P. taeda*, e as chamadas espécies tropicais na região Sudeste, como *P. oocarpa*, *P. caribaea caribaea*, *P. caribaea bahamensis*, *P. caribaea hondurensis*. Os primeiros plantios comerciais aconteceram em 1936 no Rio Grande do Sul (IEDE; PENTEADO; REIS FILHO, 2012).

Por muitos anos estes plantios permaneceram livres do ataque de pragas e doenças no Brasil. Este fato, aliado muitas vezes a problemas de mercado, contribuiu

para que alguns produtores de pínus abrissem mão do uso do manejo silvicultural adequado. Aliado a isso, a intensificação do comércio internacional como um todo, favoreceu a introdução e o estabelecimento de pragas no país (PENTEADO; IEDE; REIS FILHO, 2002).

3. A vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae)

No Brasil, por um período bastante longo, desde o estabelecimento das primeiras florestas plantadas de pínus, na década de 1930, as árvores dessa cultura estiveram livres de pragas, tanto nativas como exóticas. As formigas cortadeiras, como a saúva-limão, *Atta sexdens rubropilosa* (L., 1758) (Hymenoptera: Formicidae), a saúva-cabeça-de-vidro, *A. laevigata* F. Smith, 1860 (Hymenoptera: Formicidae), os pulgões do gênero *Cinara* Curtis, 1835 (Hemiptera: Aphididae), as micro-coleobrocas que se alimentam de toras cortadas, o besouro *Pissodes castaneus* (De Geer, 1775) (Coleoptera: Curculionidae) e o macaco-prego *Sapajus nigritus* estão entre as principais pragas. Entretanto, a mais importante delas é a vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae), devido aos danos que levam à morte da planta (MAIA, 2000).

Sirex noctilio tem origem na Europa, Ásia e Norte da África, onde é considerada praga secundária de várias espécies de pínus (SPRADBERY; KIRK, 1978) e atrai pouca preocupação econômica ou ecológica, devido à presença do complexo de competidores e inimigos naturais. Durante o século XX, *S. noctilio* se estabeleceu em vários países do Hemisfério Sul, incluindo Nova Zelândia (início do século), Tasmânia (1952), Austrália (1961), Uruguai (1980), Argentina (1985), Brasil (1988), África do Sul (1994) e Chile (2001) (CIESLA, 2003). Nesses países em que foi introduzida, a vespa-da-madeira se tornou a praga principal das espécies de pínus (HURLEY; SLIPPERS; WINGFIELD, 2007). A praga causou grande mortalidade de árvores, especialmente daquelas que sofreram algum tipo de estresse, como seca (NEUMANN; MINKO, 1981). Em 2004, *S. noctilio* teve sua ocorrência relatada pela primeira vez na América do Norte, na região que circunda o Lago Ontário, em Nova Iorque (Estados Unidos) (HOEBEKE; HAUGEN; HAACK, 2005) e no ano seguinte no Canadá, na província de Ontário (de GROOT; NYSTROM; SCARR, 2006). Na América do Norte, o prejuízo

econômico que pode ser provocado por essa praga ainda é desconhecido (RYAN; HURLEY, 2012).

Em território nacional, a vespa-da-madeira teve sua ocorrência relatada pela primeira vez em 1988, no Rio Grande do Sul, colocando em risco o patrimônio florestal da região (IEDE; PENTEADO; BISOL, 1988).

Essa praga possui um grande espectro de hospedeiros, podendo atacar todas as espécies de pinus (SPRADBERY; KIRK, 1978) e é a única espécie do gênero capaz de causar a mortalidade da árvore hospedeira, embora tenha grande tendência de atacar árvores já estressadas (SPRADBERY, 1973).

Estima-se que a praga esteja afetando mais de 1.000.000 ha no Brasil, causando perdas econômicas em torno de US\$ 9 milhões por ano, quando se considera uma perda de 5 árvores/ha/ano, podendo alcançar um prejuízo de US\$ 30 milhões anuais. Visto que 1 ha possui 1667 árvores quando é utilizado o espaçamento recomendado para a cultura (2m x 3m), cinco árvores atacadas por hectare representariam ocorrência de 0,3%, cenário este que não é raro (EMBRAPA FLORESTAS, 2005). Na região Sudeste, seu primeiro registro no Estado de São Paulo foi feito em 2004 nos municípios da região sul do Estado como Jundiá, Capão Bonito, Itapeva e Itapirapuá Paulista (IEDE; ZANETTI, 2007).

No ano de 2008, o Estado de São Paulo considerou a praga oficialmente presente, figurando como praga quarentenária A2, segundo a Instrução Normativa 41, de julho de 2008. Desde então, medidas para detecção, monitoramento e controle da praga tem sido adotadas pela Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado (PARANHOS, 2009). Apesar disso, informações adicionais sobre a praga no Estado são escassas.

3.1. Biologia de *Sirex noctilio*

Os adultos da vespa-da-madeira apresentam dimorfismo sexual muito acentuado. O macho é azul metálico, com asas, fronte, pernas anteriores e medianas e segmentos abdominais (do terceiro ao sétimo), de cor laranja. As pernas posteriores são negras e mais grossas que as demais. A fêmea apresenta coloração azul escuro metálico, com as pernas e asas de coloração âmbar. Estas possuem um ovipositor

em forma de projeção no final do abdômen, protegido por uma bainha. Ambos os sexos apresentam cerco proeminente no último segmento abdominal (IEDE; PENTEADO; BISOL, 1988). As fêmeas ovipositam em média 226 ovos durante toda a vida, variando de 20 a 430 ovos. O período de incubação pode durar de 14 a 28 dias (CARVALHO, 1992).

Durante a postura, *S. noctilio* pode realizar perfurações simples ou múltiplas no alburno das árvores, com profundidade média de 1,2 cm (MADDEN, 1974). Além dos ovos, são introduzidos esporos do fungo simbiote *Amylostereum areolatum* (Chaillet ex Fr.) Boidin, 1958 (Agaricomycetidae) e uma mucosecreção.

Da simbiose com *S. noctilio*, esse fungo se beneficia da proteção dentro do corpo da vespa, da dispersão por ela desempenhada e também por ser depositado pela fêmea em um ambiente relativamente livre de competidores, no tronco da árvore, já que no momento da oviposição a vespa avalia a capacidade da árvore de suportar o crescimento do fungo e de sua larva (RYAN; HURLEY, 2012). O muco secretado provoca rápidas mudanças em processos fisiológicos da árvore, o que proporciona o estabelecimento do fungo que, por sua vez, causa o fechamento dos vasos de condução de seiva, durante o processo de propagação no interior da árvore, o que cria condições favoráveis para a alimentação da larva da vespa levando à morte da árvore (COUTTS, 1969a; COUTTS, 1969b; MADDEN, 1977).

O ciclo de vida da vespa-da-madeira é de um ano, podendo chegar a três anos. Contudo pode existir um ciclo curto, no qual as larvas se desenvolvem dentro de três a quatro meses. Essa variação está relacionada com o clima da região e principalmente com a umidade dentro da árvore, sendo que com menos umidade as larvas completam seu desenvolvimento mais cedo, mas são menores e não tem a mesma capacidade reprodutiva daquelas que se desenvolvem no ciclo de duração normal (MORGAN, 1968).

No Brasil, o período de emergência dos adultos vai de outubro a janeiro, com picos populacionais ocorrendo entre novembro e dezembro. Entretanto, variações nas condições climáticas podem fazer com que indivíduos com ciclo de vida curto (2 a 3% da população) comecem a voar entre março e abril, apresentando um segundo período de emergência. Foi observada a existência de ciclos curtos, de três a quatro

meses, em toretes de árvores, ou ponteiros de árvores com diâmetro entre 5 e 15 cm (REIS-FILHO, 1999).

Os machos emergem primeiro e após um breve descanso sobre o tronco se dirigem para o dossel, onde formam grupos e aguardam alguns dias a emergência das fêmeas para acasalar (MADDEN, 1988). Comparada à fase larval, a longevidade é curta, sendo de até 12 dias para os machos e cinco para as fêmeas (NEUMANN; MOREY; McKIMM, 1987). No Brasil foi descrito que as fêmeas vivem cerca de 4 dias, enquanto que os machos vivem 5 dias (CARVALHO, 1992).

A determinação de sexo é feita pela haploidia dos embriões, nos quais os haploides são machos e os diploides são fêmeas (NEUMANN; MOREY; McKIMM, 1987). A razão sexual é de 1,8 machos para uma fêmea, na região onde *S. noctilio* é nativa (SPRADBERY; KIRK, 1978) e varia bastante nos países onde foi introduzida, tendo sido verificado, no Brasil, razões sexuais de 1,5:1 até 32:1 (IEDE; PENTEADO; SCHAITZA, 1998); similar à variação ocorrida na Nova Zelândia (ZONDAG; NUTTALL, 1977), na Tasmânia (TAYLOR, 1981) e na África do Sul (HURLEY et al., 2008). Essa variação ocorre em populações recém-estabelecidas, já que em áreas novas é menor a chance de uma fêmea encontrar um macho para acasalar, o que resulta em uma tendência de oviposição de ovos não fecundados, portanto masculinos. Após algumas gerações essa tendência diminui e são observadas populações com a razão sexual mais equilibrada.

Após o acasalamento, as fêmeas localizam uma árvore para ovipositar explorando o tronco com repetidos toques da antena na casca e realizando uma perfuração de teste com o ovipositor. Nesse momento é avaliada a pressão de seiva dentro do tronco, que se apresenta mais favorável à oviposição em árvores já debilitadas (MADDEN, 1988). Na árvore adequada, a tendência é que a vespa comece ovipositando perto do terço inferior da árvore e siga subindo pela árvore realizando oviposição, preferindo partes onde a casca da árvore é mais fina e a umidade está em torno de 60%, ideal para o desenvolvimento da prole. Em cada ponto de oviposição podem ser feitos de três a cinco túneis, com os dois últimos sendo destinados ao muco e aos esporos do fungo simbiote (CARVALHO, 1993).

As fêmeas da vespa tem grande capacidade de voo, com média de 30,5 km em um único voo, com relatos de velocidade média variando entre 0,37 m/s e 1,16 m/s

(VILLACIDE; CORLEY, 2008; BRUZZONE et al., 2009), o que confere capacidade à praga de dispersar-se naturalmente de 30 a 50 km por ano (TRIBE; CILLIE, 2004). Concomitantemente, o transporte de madeira das áreas atacadas para áreas onde ainda não tenha sido detectada a sua presença aumenta a probabilidade de dispersão. Em função disso, a fiscalização das áreas afetadas e a proibição do transporte de madeira de áreas atacadas para outras são fundamentais para impedir o rápido avanço da praga.

Sobre a morfologia das larvas de *S. noctilio* pode-se destacar a coloração creme, seu formato cilíndrico, vestígios de pernas torácicas, fortes mandíbulas e um espinho supra-anal. Este espinho é utilizado para comprimir o *frass* (mistura de fezes, madeira triturada e excreções do inseto) produzido durante a atividade alimentar. (IEDE; PENTEADO; SCHAITZA, 1998).

A eclosão ocorre após cerca de 15 dias e durante esse período o fungo cresce em volta do ovo para dar condição da larva se alimentar da madeira degradada pelo fungo. A larva começa fazendo o túnel na periferia do tronco e a partir do terceiro ou quarto instar vai mais profundo, sempre acompanhando o crescimento do fungo. A fase larval pode ter de seis a 12 ínstars o que varia de acordo com as condições de aeração e umidade da madeira. A larva então se desloca novamente para a periferia do tronco, onde passa por 30 dias como pré-pupa e outros 30 dias com pupa (TAYLOR, 1981).

As pupas são brancas, exaradas e apresentam tegumento fino e transparente, tornando-se mais escurecidas à medida que se aproximam da emergência dos adultos (IEDE; PENTEADO; SCHAITZA, 1998).

3.2. Danos provocados

Os principais danos provocados pela vespa-da-madeira são perfurações na madeira, realizadas por larvas e adultos; deterioração da madeira, devido à ação do fungo simbiote e ocorrência de partes debilitadas nos locais onde as posturas são realizadas, com o escorrimento de resina, sendo também esta uma porta de entrada de patógenos secundários (IEDE; PENTEADO; SCHAITZA, 1998).

Os sintomas externos mais visíveis são o progressivo amarelecimento da copa até atingir coloração marrom-avermelhada; esmorecimento da folhagem e queda das acículas; respingos de resina na casca (em função das perfurações realizadas para a postura) e orifícios de emergência de adultos. Os sintomas internos são a presença de manchas marrons ao longo do câmbio (logo abaixo da casca), causadas pelo fungo simbiote e galerias feitas pelas larvas. Todos esses fatores comprometem a qualidade da madeira, limitando ou mesmo impedindo o seu uso para o mercado (IEDE; PENTEADO; SCHAITZA, 1998).

Depois de selecionar uma árvore e antes de ovipositar efetivamente, a fêmea da vespa faz uma série de perfurações e usa as sensilas do ovipositor para testar a umidade do tronco e a pressão da resina. Períodos de seca, por exemplo, resultam na redução da pressão da resina deixando a árvore mais apropriada para a oviposição (MADDEN, 1974). Posteriormente, a influência da pressão de resina no comportamento de oviposição de *S. noctilio* foi confirmada por Madden (1988) observando que quando a pressão de resina cai, devido aos ataques de várias vespas, os ataques subsequentes tendem a apresentar menos perfurações de teste e mais oviposições efetivas. Adicionalmente, foi descrito que a pressão de resina é menor em árvores dominadas do que nas dominantes.

4. Susceptibilidade de *Pinus* à vespa-da-madeira

Vários fatores são responsáveis por predispor árvores de pínus ao ataque da vespa-da-madeira. Em sua região de origem, as fêmeas de *S. noctilio* apresentam forte tendência a ovipositar em árvores estressadas por falta de luz (normalmente aquelas no estrato das dominadas), nutrientes, água ou outros recursos. Idade e tamanho da árvore também influenciam. Árvores de tronco mais fino são preferidas para oviposição, apesar de aquelas mais espessas também serem atacadas durante surtos ou em situações de grande populações da praga (MADDEN, 1975).

Árvores fisiologicamente estressadas são mais atrativas e mais vulneráveis às fêmeas da vespa-da-madeira. Foi demonstrado que nessa situação as árvores tem a translocação prejudicada mas tem a respiração e a transpiração aumentadas. Isso aumenta também a permeabilidade dos tecidos vegetais e a liberação de voláteis de

monoterpenos pela casca. Essa condição atrai as fêmeas, facilita a oviposição e o estabelecimento do fungo simbiote. O muco também depositado pela fêmea age reforçando o estresse, o que gera um ciclo contínuo de fatores estressantes que debilitam a árvore e deixam-na susceptível aos ataques de outras fêmeas (MADDEN, 1977).

Dessa forma, o manejo dos povoamentos possui grande influência na susceptibilidade das árvores. O manejo florestal mal conduzido foi um dos principais fatores destacados por Madden (1988) para a ocorrência de surtos da praga na Austrália e Nova Zelândia. A densidade dos povoamentos é uma das principais características que influencia no estresse das árvores, pois povoamentos muito densos possuem uma grande quantidade de árvores dominadas, bifurcadas e por isso fisiologicamente debilitadas. A tendência de maior ataque em povoamentos densos foi confirmada por Hurley et al. (2007) em plantios de *P. patula* na África do Sul. O momento em que tratamentos silviculturais, como poda e desbaste, são realizados, também pode influenciar no aparecimento de árvores estressadas, devendo ser feitos fora do período de voo da vespa, já que essas operações podem causar danos mecânicos nas árvores, tornando-as susceptíveis (NEUMANN; MOREY; McKIMM, 1987).

A idade do plantio é outro fator que favorece a ação das vespas, já que árvores a partir dos sete anos são preferidas pela vespa para oviposição (TAYLOR, 1981). Além disso, macacos-prego *Sapajus nigritus* (Goldfuss, 1809) (Cebidae) se alimentando da seiva causam injúrias que estressam as árvores e atraem as fêmeas da vespa para a oviposição, tendo portanto uma importante influência sobre a susceptibilidade dos povoamentos ao ataque da vespa (MIKICH; LIEBSCH, 2009).

Estresses ambientais, especialmente períodos de estiagem prolongados, podem disparar respostas nas árvores que agem como sinais para o ataque da vespa (MADDEN, 1974). Povoamentos muito densos e mal conduzidos do ponto de vista silvicultural, também podem provocar tais respostas (SPRADBERY; KIRK, 1978). As fêmeas são também atraídas por árvores que sofreram danos por queimadas, vento ou relâmpago. Essa atração é provocada principalmente por compostos monoterpenos liberados pelas árvores submetidas a essas condições (MADDEN, 1968).

Armadilhas para a captura e monitoramento de populações de Siricidae são desenvolvidas considerando esse fenômeno e as iscas artificiais atualmente recomendadas para exercer a atração são misturas dos hidrocarbonetos monoterpenos α e β -pineno (70:30%) (DODDS, 2006). Entretanto, várias evidências demonstram que outros voláteis podem estar envolvidos nessa atração e que o nível de cada um deles pode variar, dependendo de vários fatores, já que em experimentos realizados nas décadas de 1970 e 1980 com árvores-armadilhas (estressadas artificialmente), quase sempre atraíram mais vespas do que as iscas artificiais de misturas de pinenos (MADDEN, 1971; MORGAN; STEWART, 1972; NEUMANN et al., 1982; SIMPSON, 1976; SIMPSON; McQUILKIN, 1976).

Ainda sobre fatores que provocam estresse em árvores de pínus, certamente outras pragas podem torná-las atrativas para a vespa, como lagartas mastigadoras, besouros broqueadores e mesmo ataques anteriores da vespa-da-madeira. Apesar disso, o sinergismo de Siricidae e outras espécies de pragas ainda não foi estudado em detalhes.

Contudo, o que tem sido observado e despertado preocupação no Brasil é a presença do macaco-prego e sua sinergia com a vespa-da-madeira. A espécie *Sapajus nigritus* é endêmica da Floresta Atlântica e ocorre nas regiões Sudeste e Sul do Brasil e no noroeste da Argentina. É um animal onívoro com preferência alimentar para frutos e sementes. Com a fragmentação e redução dos habitats naturais, esse primata passou a se alimentar de plantas cultivadas pelo homem, como frutas em pomares, milho, cana-de-açúcar e pínus (KOEHLER; FIRKOWSKI, 1996).

Em pínus, o macaco-prego se alimenta de seiva elaborada, que consegue após retirar a casca do terço superior da planta e raspar o floema, então exposto, com os dentes. A retirada da casca pode ser em forma de “janela”, na qual apenas uma face do tronco é descascada, ou em forma de “anelamento” quando o macaco descasca todo o entorno do topo do tronco. Nesse último caso a árvore tem seu crescimento prejudicado, seca e pode quebrar pela ação do vento. Nos dois tipos de injúria a árvore fica estressada e se torna atrativa para a oviposição da vespa-da-madeira (MIKICH; LIEBSCH, 2009). A época em que ocorrem a maioria dos danos de macaco-prego é no segundo semestre do ano, período de queda na produção de frutos em remanescentes florestais nativos e, em função disso, os macacos buscam alimentos

nos plantios de pinus. Essa época coincide com o início da temporada de voo da vespa, confirmando assim a sinergia entre essas espécies (LIEBSCH; MIKICH, 2009).

Apesar de todo dano provocado pelo macaco-prego, ele não pode ser tratado como praga, já que se trata de uma espécie da fauna nativa protegida por lei e seu abate é considerado crime inafiançável. Ademais, é um primata dispersor de sementes e predador de insetos, sendo importante ator na manutenção do ecossistema de florestas nativas e plantadas.

O índice de sítio de um talhão também pode influenciar na ocorrência da vespa-da-madeira, já que é uma medida da qualidade do sítio. É definida como a capacidade de produção madeireira de um local para uma espécie ou tipo florestal. Essa medida é tomada, geralmente, a partir de dados dendrométricos, pois a altura das árvores dominantes em uma determinada idade é estreitamente relacionada com o potencial de produção e também por essas serem características de fácil obtenção (SPURR; BARNES, 1980).

5. Métodos de prevenção e controle da vespa-da-madeira

Depois de constatada a presença da praga, o controle pode ser feito por métodos culturais ou biológicos. Os métodos químicos não são utilizados devido à impossibilidade de inseticidas alcançarem as larvas ou adultos e também em função do bom desempenho dos demais métodos de controle.

5.1. Detecção e monitoramento

Em 1989, um ano após o primeiro relato de ocorrência da praga no Brasil, foi criado o Fundo Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (FUNCEMA) para dar suporte financeiro ao Programa Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (PNCVM). Atualmente, a praga é considerada como controlada, mantendo baixos níveis populacionais, embora esporadicamente sejam observados alguns surtos (CIFLORESTAS, 2012). Surtos de insetos-praga são descritos como um rápido e imprevisível aumento na população e terminam com a ação de inimigos naturais, defesa do hospedeiro ou escassez dos recursos (BERRYMAN, 1987; CORLEY;

VILLACIDE, 2012) e podem durar de quatro a dez anos no caso da vespa-da-madeira (MADDEN, 1988). Portanto é necessário que se mantenha tal praga sob controle e que se busque novos métodos de monitoramento e controle.

Para diminuir as perdas, foi desenvolvido pela Embrapa Florestas um programa de manejo integrado de pragas, com ênfase nas atividades de monitoramento para detecção precoce, controle silvicultural para atualização dos desbastes, além da liberação do agente de controle biológico, *D. siricidicola* (BEDDING, 1968), especialmente quando da detecção precoce da praga (PENTEADO; IEDE; REIS FILHO, 2002).

A detecção precoce e monitoramento de *S. noctilio* são realizados pela utilização de árvores-armadilha. Como a fêmea da vespa é atraída preferencialmente por árvores estressadas, a formação de árvores-armadilha através da aplicação de herbicida químico no tronco causa o estressamento da árvore tornando-a atrativa ao inseto (PENTEADO; IEDE; REIS FILHO, 2002). A manutenção de um sistema de instalação anual de árvores-armadilha pode aumentar significativamente a possibilidade de detecção da praga, antes que se torne estabelecida no povoamento.

Para que uma árvore funcione como armadilha, ela deve ser estressada lentamente, tornando-se atrativa à vespa-da-madeira, o que pode ser feito pela aplicação de herbicida. No momento da aplicação deve-se retirar os ramos da parte inferior da árvore, para facilitar a operação, em seguida faz-se um entalhe no tronco, com o auxílio de uma machadinha a uma altura aproximada de um metro do solo, num ângulo de 45° e então injeta-se o herbicida no entalhe com uma seringa. Deverá ser aplicada uma dose de 1 a 2 ml do herbicida, a cada 10 cm de circunferência do tronco e registrar data, local de instalação e diâmetro médio das árvores (PENTEADO; IEDE; REIS FILHO, 2002).

A composição de voláteis de *P. radiata* e *P. sylvestris* está bem descrita e acredita-se que todas as espécies desse gênero sejam ricas em hidrocarbonetos monoterpenos tais como α e β -pineno, δ -3-careno, limoneno, α e β -terpineno, (Z)- β -ocimeno, myrceno, canfeno, sabineno e terpinoleno, com destaque para α e β -pineno (CROOK et al., 2012).

Bashford (2008) relatou a eficiência de armadilhas como uma ferramenta para o monitoramento de insetos broqueadores, especialmente *S. noctilio*. Esse autor

destaca a capacidade de tais armadilhas detectarem a presença do inseto, mesmo em baixas populações em florestas de pinus da Tasmânia. Contudo, alguns pesquisadores relatam que, na América do Norte, as combinações de armadilhas e iscas não são muito eficientes e frequentemente não detectam *S. noctilio*, mesmo em áreas onde sua ocorrência é conhecida (BÖRÖCZKY et al., 2012; COOPERBAND et al., 2012; COYLE et al., 2012; JOHNSON et al., 2013; BARNES et al., 2014).

Depois que a praga está estabelecida, a amostragem sequencial é indicada para o monitoramento, fazendo com que o número de árvores amostradas seja dimensionado pela quantidade de árvores atacadas. Tal amostragem deve ser realizada nos meses de março e abril, procurando por árvores que tenham sintomas externos de ataque pela vespa que são: copas amareladas, queda de acículas, respingos de resina na casca, e orifícios de emergência dos adultos (PENTEADO; IEDE; REIS FILHO, 2008).

5.2. Práticas silviculturais de prevenção

Devido à preferência da praga por árvores debilitadas, algumas práticas silviculturais promovem a manutenção do vigor da floresta e conseqüentemente a resistência à ação da vespa-da-madeira.

Um método para prevenir o ataque é manter os povoamentos sempre com densidade adequada, diminuindo assim a competição entre os indivíduos arbóreos. Quando é utilizado o espaçamento recomendado para a cultura (2m x 3m), um hectare possui 1667 árvores e acima dessa densidade é observado uma maior ocorrência da praga (EMBRAPA FLORESTAS, 2005). Além disso, as árvores preferidas pelas vespas fêmeas para oviposição são as de menor diâmetro à altura do peito (DAP) (PENTEADO; IEDE; REIS FILHO, 2002).

Práticas silviculturais como o desbaste seletivo, no qual indivíduos arbóreos dominados, bifurcados ou doentes são eliminados do povoamento promovem redução das perdas devido a agentes estressores, como a competição entre indivíduos arbóreos, aumentando assim o vigor das árvores remanescentes (DODDS; COOKE; GILMORE, 2007). Para atingir esse objetivo, o desbaste não deve ser feito durante o período de voo da praga (IEDE; PENTEADO; FILHO, 2012).

Outra prática importante é a poda. Porém essas práticas exigem cuidado para evitar danos mecânicos às árvores já que esses poderiam ser fonte de liberação de atrativos para a vespa. Em função disso, a realização da poda também deve também ser feita evitando o período de voo da vespa, tendo sido demonstrado que mesmo em talhões bem manejados, jovens (menos de oito anos), com árvores de bom tamanho (28 cm de DAP), com densidade adequada (650 árvores/ha) e desbaste oportuno, tiveram 8% de árvores mortas quando sofreu poda durante o período de voo (IEDE; PENTEADO; REIS FILHO, 2012).

5.3. Inimigos naturais

Segundo Penteado et al. (2008), as medidas adotadas após a detecção da praga começam pelo mapeamento das áreas atacadas pela vespa, visando conhecer a distribuição, auxiliando na adoção de medidas de controle.

Os métodos culturais descritos anteriormente são utilizados com o intuito de prevenir o ataque da praga. Se a prevenção não for possível, uma medida eficaz é a utilização de agentes de controle biológico como a vespa parasitoide de ovos e larvas, *Ibalia leucospoides* Hochenwarth, 1785 (Hymenoptera, Ibalidae), que proporciona níveis de parasitismo de 4 a 45%, e os ectoparasitoides de larvas em final de desenvolvimento, *Megarhyssa nortoni* Cresson, 1864 e *Rhyssa persuasoria* (L., 1758) (Hymenoptera, Ichneumonidae) (IEDE; ZANETTI, 2007).

Considerando que *S. noctilio* é uma praga exótica, que tem origem na Europa, norte da África e da Ásia, portanto introduzida no Brasil sem o seu complexo de competidores e inimigos naturais, o método de controle biológico mais adequado, em tese, seria o clássico. Neste método, um inimigo natural especializado e de mesma origem da praga é introduzido no ambiente que a praga ameaça, para que este inimigo natural se estabeleça e auxilie no controle (DEBACH, 1964). De acordo com Murphy (1998), existem vários exemplos de introduções bem sucedidas de inimigos naturais contra pragas florestais exóticas ao redor do globo.

Os parasitoides *M. nortoni* e *R. persuasoria* foram importados da Tasmânia e introduzidos no Brasil. Tais agentes tiveram eventos de liberação em povoamentos de pinus na região sul do país nos anos de 1996, 1997, 1998 e 2005. Em cada um desses eventos foram liberados alguns indivíduos, sem que tenha sido relatado o seu

estabelecimento no ambiente (IEDE; PENTEADO; REIS FILHO, 2012). Contudo, o não estabelecimento, pode ser atribuído ao pequeno número de indivíduos liberados. Por isso são desejáveis novas introduções dessas espécies e de busca de outras espécies de inimigos naturais para futuras liberações, que auxiliariam na manutenção do controle da vespa-da-madeira.

O histórico de liberações de parasitoides no campo ao redor do globo demonstra claramente que vários destes parasitoides possuem espectro amplo de árvores e insetos hospedeiros, podendo então se adaptar a diversos ambientes (CAMERON, 2012).

O uso de parasitoides introduzidos é uma importante tática a ser usada em um programa de manejo integrado para a vespa-da-madeira. Por si só, seja como uma única espécie ou como um complexo, tais agentes não exercem a pressão necessária para reduzir as populações de *S. noctilio* a um nível aceitável. Contudo, a utilização exclusiva do nematoide também não possui essa capacidade. Sendo assim, os parasitoides proporcionam uma pressão adicional que faz a diferença entre um alto nível populacional inaceitável e um nível aceitável das populações da vespa-da-madeira. Por essa razão eles devem ser entendidos como parte essencial de programas de manejo de *S. noctilio* (CAMERON, 2012).

Em conclusão, ainda segundo Cameron (2012), o manejo integrado de pragas para o controle da vespa-da-madeira pode ser visto como um tripé, composto pelos tratamentos culturais visando a diminuição de indivíduos arbóreos debilitados, o controle biológico pela aplicação do nematoide e o auxílio exercido pelo complexo de parasitoides.

Nas florestas da América do Norte estão presentes várias espécies nativas da família Siricidae, muitas delas associadas às coníferas e espécies de pinus, embora não possuam status de praga (SCHIFF et al., 2006). Desde a década de 1960 as florestas de pinus da América do Norte são consideradas fonte de parasitoides, já que hospedam várias espécies de Siricidae. Nessa década foram enviados alguns indivíduos oriundos de florestas da Califórnia, nos Estados Unidos, e de Nova Brunswick, no Canadá, para a Nova Zelândia, que foi o primeiro país a relatar a presença de *S. noctilio* como praga exótica. Dentre os parasitoides encontrados e enviado estavam representantes dos gêneros *Ibalia*, *Rhyssa*, *Megarhyssa* e

Schlettererius (CAMERON, 2012). Após tal esforço e combinado com tratamentos silviculturais apropriados e aplicações artificiais do nematoide *D. siricidicola*, a vespa-da-madeira é atualmente considerada sob controle no Brasil (IEDE; PENTEADO; REIS FILHO, 2012).

Alguns inimigos naturais de Siricidae, diferentes dos já presentes no Brasil, foram encontrados recentemente no Canadá (RYAN; HURLEY, 2012; LONG; WILLIAMS; HAJEK, 2009), o que torna tal ambiente interessante para a prospecção de inimigos naturais potencialmente úteis para as florestas de *Pinus* spp. brasileiras.

Vários autores relatam que o parasitismo exercido pelos parasitoides da família Rhyssinae tem potencial de superar o de Ibalidae (TAYLOR, 1978; SPRADBERRY; KIRK, 1978; NUTTALL, 1989; HURLEY; SLIPPERS; WINGFIELD, 2007) podendo alcançar 70%. Entretanto esses resultados são inconsistentes e em algumas áreas em que foram introduzidos esses parasitoides ocorreram insucessos, mostrando baixas taxas de parasitismo ou com resultados desconhecidos (NEUMANN; MOREY; McKIMM, 1987). Espécies de ambos grupos de parasitoides já estão associados a árvores atacadas por *S. noctilio* na América do Norte e no Brasil, mas as taxas de parasitismo ainda não são conhecidas no Canadá (LONG; WILLIAMS; HAJEK, 2009; RYAN, 2011).

A importância dos inimigos naturais é grande ao ponto de ser cogitada a presença de *S. noctilio* na América do Norte desde a década de 1970 e, devido ao complexo de competidores e parasitoides já estar presente, não foi possível que causasse grande prejuízo, apesar de novas áreas de ocorrência serem relatadas a cada ano (DODDS; de GROOT, 2012).

5.4. Controle com nematoide

Além dos parasitoides, o inimigo natural da vespa da madeira mais utilizado é o nematoide *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* (Bedding 1968) (Neothylenchidae), que pela sua capacidade de infectar as larvas e esterilizar as fêmeas de *S. noctilio*, chega a atingir níveis próximos a 100% de parasitismo (IEDE; PENTEADO; SCHAITZA, 1998).

O nematoide *D. siricidicola* é o inimigo natural mais efetivo no controle desta praga (HURLEY; SLIPPERS; WINGFIELD, 2007). Esse nematoide tem sido usado como um agente de controle biológico em programas de manejo da praga em todo o hemisfério sul do planeta, onde *S. noctilio* é inseto exótico. Foi descrito primeiramente como *Deladenus siricidicola* mas, em 1986, Blinova e Korenchenko (1986) reposicionaram todas as espécies de nematoides do gênero *Deladenus* para o gênero *Beddingia*, sendo esta nomenclatura adotada por Remillet e Laumond (1991). Depois disso voltou a figurar na literatura como integrante do gênero *Deladenus* (PEAT, 2010). A utilização de *D. siricidicola* como controlador de *S. noctilio* vem acontecendo com sucesso desde a década de 1970, na Austrália, onde a vespa havia sido detectada desde a década anterior (BEDDING; IEDE, 2005).

A biologia peculiar desse nematoide, com dois ciclos possíveis, permite seu uso como uma ferramenta de controle. *Deladenus siricidicola* possui um ciclo micetófago de vida livre e um ciclo parasítico dentro do corpo do inseto. As vespas parasitadas que depositam ovos nos troncos das árvores, ao invés de depositarem ovos com embriões de vespa, põem ovos repletos de juvenis do nematoide, que são depositados normalmente, como se fossem sadios. Junto a esses ovos parasitados a fêmea da vespa deposita esporos do fungo simbiote *A. areolatum*, que ao colonizar a madeira torna esta apropriada à alimentação das larvas da vespa e serve de alimento também para o nematoide. Os nematoides juvenis deixam os ovos da vespa e passam a se nutrir das hifas do fungo, no ciclo de vida livre. Com isso se tornam adultos e se reproduzem, colocando seus ovos em traqueídeos, canais de resina e outras partes internas do caule da planta. O nematoide pode se manter nesse ciclo micófago por várias gerações, disseminando-se pelo interior da árvore e acompanhando o crescimento do fungo (BEDDING; IEDE, 2005).

Como várias fêmeas da vespa ovipositam na mesma árvore, é comum que durante sua dispersão pelo caule os nematoides encontrem larvas vivas da vespa também se alimentando do fungo. Encontrando as larvas das vespas os nematoides recebem estímulo para se tornar parasitários, penetrando ativamente pelo tegumento das larvas hospedeiras, sob a forma de fêmeas infectantes, já fecundadas pelos machos. Uma vez dentro do hospedeiro, as fêmeas do nematoide aguardam a metamorfose da larva em vespas adultas. Nesse momento cada fêmea do nematoide

que invadiu o inseto pode colocar até 10000 ovos gerando juvenis que migram para o sistema reprodutor da vespa, ocupam os ovos em formação e os tornam inférteis, que apesar disso serão ovipositados pela vespa. A partir da oviposição da vespa os nematoides poderão colonizar outra árvore e buscar novos hospedeiros (BEDDING; IEDE, 2005).

No Brasil a espécie *S. noctilio* é a única capaz de servir como hospedeira deste nematoide e *D. siricidicola* é o único nematoide capaz de infectar a vespa. Dessa forma é o próprio inseto o responsável pela dispersão de seu parasito (BEDDING; IEDE, 2005).

Os dois ciclos de vida do nematoide são tão diferentes que, quando de sua descoberta, foram descritos como de duas famílias diferentes, muito em função de suas formas de vida em cada ciclo serem bastante diferentes morfológicamente (PEAT, 2010). O ciclo de vida micetófago foi descrito na família Neotylenchidae e o ciclo parasítico como na família Allantonematidae, mas posteriormente foi desfeito o engano e reconhecida uma única espécie (BEDDING, 1967). Essa capacidade de dois ciclos distintos permite que esse nematoide seja criado em laboratório sem a necessidade do inseto hospedeiro. Contudo, a busca e isolamento de populações no campo, que passaram pelo ciclo parasítico, se tornam necessários, já que a manutenção de inóculo em laboratório pode fazer com que este perca a capacidade de mudar de ciclo e parasitar a vespa (BEDDING; IEDE, 2005).

Assim, como uma das primeiras ações do Programa Nacional de Controle à Vespa-da-madeira, optou-se pelo modelo bem sucedido de controle com o nematoide, adotado desde a década de 1970 na Austrália. No Brasil, já em 1990 começaram as liberações do nematoide utilizando-se populações trazidas da Austrália (IEDE; PENTEADO; REIS-FILHO, 2003). Posteriormente foi implantado na Embrapa Florestas, um sistema de criação em larga escala, com capacidade de produção de até 3000 doses do nematoide por semana. Em 1994, constatou-se a perda de infectividade das primeiras populações australianas, quando foi realizada nova introdução, passando-se de um isolado denominado Kamona. A partir de então, anualmente é realizado o isolamento do fungo e do nematoide provenientes de vespas coletadas no campo, visando garantir a capacidade do nematoide de parasitar (IEDE; PENTEADO; SCHAITZA, 1998).

6. Expectativas para o futuro do manejo de *Sirex noctilio*

Mais de um século após o primeiro relato da ocorrência de *S. noctilio* como praga invasora no Hemisfério Sul e 25 anos após a primeira ocorrência relatada no Brasil, existem algumas questões a serem respondidas e tecnologias a serem desenvolvidas. Além das questões acerca do manejo da praga, oportunidades de pesquisa surgem também quando se considera o sistema ímpar que existe no complexo *Pinus/Sirex/Amylostereum/Deladenus*, que ajuda a explicar a evolução de relações ecológicas e como tal sistema pode ser introduzido, integral e inadvertidamente, em novas áreas. Essas oportunidades estão cada vez mais em voga por causa da expansão de áreas de ocorrência de *S. noctilio* como espécie invasora, sendo o mais recente relato na América do Norte.

Dentre as oportunidades de pesquisa, pode ser mencionada a taxonomia da família Siricidae, que foi revisada duas vezes recentemente por Schiff et al. (2006) e Schiff et al. (2012) e, segundo os próprios revisores, algumas questões ainda estão por serem esclarecidas. Ferramentas como a biologia molecular devem ser utilizadas nesse caso. Apesar de no Brasil ocorrer apenas *S. noctilio*, as demais espécies podem invadir e adicionar mais preocupação ao sistema.

Dessa oportunidade surge a necessidade de reforçar a atenção alfandegária e serviços quarentenários em portos e aeroportos. Isso porque cargas importadas são comumente embaladas com madeira de pínus (*pallets*) e o comportamento das larvas de Siricidae de escavar túneis faz com que sua detecção seja sensivelmente complicada.

Semioquímicos são importantes para atração de *S. noctilio*, mas a quantidade e combinação efetivas de atrativos ainda não foram descobertas (BÖRÖCZKY et al., 2012; COOPERBAND et al., 2012). Por esses motivos, futuras investigações devem se concentrar no desenvolvimento de atrativos para *S. noctilio*, seguidos de testes acerca da combinação ideal entre armadilha e isca (HAAVIK et al., 2014).

Outra questão seria esclarecer os fatores que influenciam no controle biológico aplicado com o nematoide e o porquê das variações apresentadas em diferentes regiões do globo, onde se observa níveis de parasitismo próximos a 100% na Austrália

e abaixo de 10% na África do Sul. Mesmo dentro do território brasileiro, foram observadas variações na eficiência de controle com o nematoide e apenas inferências sobre o motivo podem ser feitas, já que as razões para essa variação não são totalmente claras (IEDE; PENTEADO; SCHAITZA, 1998; FENILI et al., 2000).

Outras potenciais pesquisas e trabalhos que auxiliariam a compreender o complexo e incrementar o controle da vespa-da-madeira são: o sensoriamento remoto de ocorrência da praga, que contribuiria para a precocidade da detecção; a implementação da criação massal e liberação de *Ibalia leucospoides*, bem como a importação e introdução de outros parasitoides; o desenvolvimento de técnica de criopreservação de isolados do nematoide, visando assim evitar que estes percam sua capacidade de infecção quando mantidos por longos períodos de tempo em laboratório; a elucidação das espécies de pínus mais susceptíveis ao ataque da praga; o conhecimento de desenhos de armadilha e iscas naturais e artificiais para a captura e monitoramento da vespa-da-madeira.

Referências

ABRAF 2013: Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2013. 142 p.

AGUIAR, A. V.; SOUZA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Introdução. In: EMBRAPA FLORESTAS (Ed.). **Cultivo de pínus**. Colombo: Embrapa Florestas, Sistemas de produção 5, 2011. p. 1-25.

BARNES, B. F.; MEEKER, J. R.; JOHNSON, W.; ASARO, C.; MILLER, D. R.; GANDHI, K. J. K. Trapping techniques for siricids and their parasitoids (Hymenoptera: Siricidae and Ibalidae) in the southeastern United States. **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, v. 107, p. 119-127, 2014.

BASHFORD, R., MADDEN, J. L. The use of kairomone lures for the detection of *Sirex noctilio* in susceptible *Pinus radiata* plantations in Australia. In: SLIPPERS, B.; de GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. (Ed.). **The sirex woodwasp and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide invasive pest**. 1. ed. Nova lorque: Springer, 2012. cap. 12, p. 159-166.

BEDDING, R. A. Parasitic and free-living cycles in entomogenous nematodes of the genus *Deladenus*. **Nature**, Londres, v. 214, p. 174-175, 1967.

BEDDING, R. A.; IEDE, E.T. Application of *Beddingia siricidicola* for Sirex Woodwasp Control. In: GREWAL, P. S.; EHLERS, R. U.; SHAPIRO-ILAN, D. I. **Nematodes as Biocontrol Agents**. 1. ed. Londres: CABI publishing, 2005. cap. 21, p. 385-400.

BERRYMAN, A. A. The theory and classification of outbreaks. In: BARBOSA, P.; SCHULTZ, J. **Insect outbreaks**. 1. ed. San Diego: Academic press, 1987. cap. 1, p. 3-30.

BLINOVA, S. L.; KORENCHENKO, E. A. *Phaenopsitylenchus lacicis* g.n. and sp.n. (Nematoda: Phaenopsitylenchidae fam. N.) parasite of *Phenops guttulata* and remarks on taxonomy of nematodes of the superfamily Sphaerularioidea. **Akademii Nauk SSSR**, Moscou, v. 34, p. 14–23, 1986.

BÖRÖCZKY, K., ZYLSTRA, K. E., McCARTNEY, N. B., MASTRO, V. C., TUMLINSON, J. H. Volatile profile differences and the associated *Sirex noctilio* activity in two host tree species in the Northeastern United States. **Journal of Chemical Ecology**, Dordrecht, v. 38, p. 213-221, 2012.

BRUZZONE, O. A., VILLACIDE, J., BERNSTEIN, C., CORLEY, J. C. Flight variability in the woodwasp *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae): an analysis of flight data using wavelets. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 212, p. 731-737, 2009.

CAMERON, E. A. Parasitoids in the management of *Sirex noctilio*: looking back and looking ahead. In: SLIPPERS, B.; de GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. (Ed.). **The sirex woodwasp and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide invasive pest**. 1. ed. Nova Iorque: Springer, 2012. cap. 8, p. 103-117, 2012.

CARVALHO, A. G. **Bioecologia de *Sirex noctilio* F., 1793 (Hymenoptera: Siricidae) em povoamentos de *Pinus taeda* L.** 1992. 131 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

CIESLA, W. M. European woodwasp: a potential threat to North America's conifer forests. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 101, p. 18–23, 2003.

CIFlorestas. **Avanço da vespa da madeira preocupa técnicos da defesa sanitária vegetal.** 21 nov. 2012. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?id=8082>>. Acesso em: 05 dez. 2012.

COOPERBAND, M. F.; BÖRÖCZKY, K.; HARTNESS, A.; JONES, T. H.; ZYLSTRA, K. E.; TUMLINSON, J. H.; MASTERS, G. J. Male-produced pheromone in the European woodwasp, *Sirex noctilio*. **Journal of Chemical Ecology**, Dordrecht, v. 38, p. 52-62, 2012.

CORLEY, J. C.; VILLACIDE, J. M. Population dynamics of *Sirex noctilio*: influence of diapause, spatial aggregation and flight potential on outbrakes and spread. In: SLIPPERS, B.; de GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. (Ed.). **The sirex woodwasp and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide invasive pest.** 1. ed. Nova Iorque: Springer, 2012. cap. 4, p. 51-64.

COSTELLO, S. L.; NEGRON, J. F.; JACOBI, W. R. Traps and attractants for wood-boring insects in ponderosa pine stands in the Black Hills, South Dakota. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 101, p. 409-420, 2008.

COUTTS, M. P. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I Effects of the symbiotic fungus *Amylosterum* sp. (Thelophoraceae). **Australian Journal of Biological Science**, Camberra, n. 22, p. 915-924, 1969a.

COUTTS, M. P. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I Effects of *S. noctilio* mucus. **Australian Journal of Biological Science**, Camberra, n. 22, p. 1153-1161, 1969b.

COYLE, D. R.; PFAMMATTER, J. A.; JOURNEY, A. M.; PAHS, T. L.; CERVENKA, V. J.; KOCH, R. L. Community composition and phenology of native Siricidae (Hymenoptera) attracted to semiochemicals in Minnesota. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 41, p. 91-97, 2012.

CROOK, D. J.; BÖRÖCZKY, K.; ZYLSTRA, K. E.; MASTRO, V. C.; TUMLINSON, J. H. The chemical ecology of *Sirex noctilio*. In: SLIPPERS, B.; de GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. (Ed.). **The sirex woodwasp and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide invasive pest.** 1. ed. Nova Iorque: Springer, 2012. cap. 11, p. 149-158.

CUI, Y.; XIE, H.; WANG, J. Potential biomedical properties of *Pinus massoniana* bark extract. **Phytotherapy Research**, Hoboken, v. 19, n. 1, p. 34-38, 2005.

DEBACH, P. **Biological control of insects pests and weeds**. Londres: Chapman and Hall, 1964. p. 151-170.

de GROOT, P.; NYSTROM, K.; SCARR, T. Discovery of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) in Ontario, Canada. **The Great Lakes Entomologist**, Sault Ste. Marie, v. 39, n. 1, p. 49-53, 2006.

DISPERATI, A. A. O uso do sensoriamento remoto no estudo de pragas florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 13-25, 1993.

DISPERATI, A. A.; MENDES, C. J.; BERNARDI, D.; KNAPP, K. A.; MENDES, F. S. Experiência inicial de mapeamento aéreo da vespa-da-madeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos. **Anais...** Santos: INPE, 1998. p. 1443-1454.

DODDS, K. J. ***Sirex noctilio* trapping protocols**. Durham: U.S. Forest Service, 2006. 13 p.

DODDS, K. J.; COOKE, R. R.; GILMORE, D. W. Silvicultural options to reduce pine susceptibility to attack by a newly detected invasive species, *Sirex noctilio*. **Northern Journal Applied Forestry**, Bethesda, v. 24, n. 3, p.165-167, 2007.

DODDS, K. J.; de GROOT, P. *Sirex*, surveys and management: challenges of having *Sirex noctilio* in North America. In: SLIPPERS, B.; de GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. (Ed.). **The sirex woodwasp and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide invasive pest**. 1. ed. Nova Iorque: Springer, 2012. cap. 19, p. 265-286.

EMBRAPA FLORESTAS. **Cultivo de Pinus: guia de orientações básicas sobre o cultivo**. Colombo: Embrapa: CNPF, 2005. 34 p. (Embrapa-CNPF. Sistemas de Produção 5).

FENILI, R.; MENDES, C. J.; MIQUELLUTI, D. J.; MARIANO-DA-SILVA, S.; XAVIER, Y.; RIBAS, H. S.; FURLAN, G. *Deladenus siricidicola*, Bedding (Neotylenchidae) parasitism evaluation in adult *Sirex noctilio*, Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae). **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 60, p. 683-687, 2000.

FILHO, E. P. C. Consumo aparente, cotação e valor da produção de madeira de florestas plantadas no estado de São Paulo: uma visão das últimas décadas. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 3, n. 4, p. 1-6, 2008.

FILHO, E. P. C.; FEIJÓ, L. F. C. A. Cobertura florestal e considerações de política florestal. **Informações econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 7, p. 5-9, 2009.

HAAVIK, L. J.; BATISTA, E.; DODDS, K. J.; JOHNSON, W.; MEEKER, J. R.; SCARR, T. A.; ALLISON, J. D. Type of intercept trap not important for capturing female *Sirex noctilio* and *S. nigricornis* (Hymenoptera: Siricidae) in North America. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 107, n. 3, p. 1295-1298, 2014.

HOEBEKE, R. E.; HAUGEN, D. A.; HAACK, R. A. *Sirex noctilio*: Discovery of a Palearctic siricid woodwasp in New York. **Newsletter of the Michigan Entomological Society**, Detroit, v. 50 n. 1-2, p. 24-25, 2005.

HURLEY, B. P.; SLIPPERS, B.; CROFT, P. K.; HATTING, H. J.; VAN DER LINDE, M., MORRIS, A. R.; DYER, C.; WINGFIELD, M. J. Factors influencing parasitism of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) by the nematode *Deladenus siricidicola* (Nematoda: Neotylenchidae) in summer rainfall areas of South Africa. **Biological Control**, San Diego, v. 45, p. 450-459, 2008.

HURLEY, B. P.; SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M. J. A comparison of control results for the alien invasive woodwasp, *Sirex noctilio*, in the southern hemisphere. **Agricultural and Forest Entomology**, Hoboken, v. 9, p. 159-171, 2007.

IEDE, E. T.; PENTEADO, S. R. C.; BISOL, J. C. Primeiro registro de ataque de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda* no Brasil. **Circular Técnica EMBRAPA-CNPQ**, Curitiba, n. 20. 12 p., 1988.

IEDE, E. T.; PENTEADO, S. R. C.; REIS-FILHO, W. Uso do entomopatógeno *Deladenus siricidicola* em Pinus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24., 2003, Petrolina. **Resumos...** Petrolina: SBN, 2003. p. 47-49.

IEDE, E. T.; PENTEADO, R. C. S.; FILHO, W. R. The woodwasp *Sirex noctilio* in Brazil: monitoring and control. In: SLIPPERS, B.; de GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. (Ed.). **The sirex woodwasp and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide invasive pest**. 1. ed. Nova Iorque: Springer, 2012. cap. 16, p.217-228.

IEDE, E. T., PENTEADO, S. R. C, SCHAITZA, E. G. *Sirex noctilio* problem in Brazil: detection, evaluation and control. In: IEDE, E. T.; SCHAITZA, E.; PENTEADO, S.; REARDON, R. C.; MURPHY, S. T. (Org.). **Proceedings of a conference: training in the control of *Sirex noctilio* by the use of natural enemies**. Morgantown: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, p. 45-52, 1998.

IEDE, E. T.; ZANETTI, R. Ocorrência e recomendações para o manejo de *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera, Siricidae) em plantios de *Pinus patula* (Pinaceae) em Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 529-531, 2007.

JOHNSON, C. W.; MEEKER, J. R.; ROSS, W. G.; PETTY, S. D.; BRUCE, B.; STEINER, C. Detection and seasonal abundance of *Sirex nigricornis* and *Eriotremex formosanus* (Hymenoptera: Siricidae) using various lures and trap trees in central Louisiana, U.S. **Journal of Entomological Science**, Tifton, v. 48, p. 173-183, 2013.

KAMIŃSKA, J. Essential oil composition and plant-insect relations in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Scientific Bulletin of the Technical University of Lodz. **Food Chemistry and Biotechnology**, Belgrado, v. 71, p. 71-95, 2007.

KOEHLER, A.; FIRKOWSKI, C. Descascamento de pinus por *Cebus apella*. **Floresta**, Curitiba, v. 24, p. 61-75, 1996.

LIEBSCH, D.; MIKICH, S. B. Fenologia reprodutiva de espécies da Floresta Ombrófila Mista na região centro-sul do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 375-391, 2009.

LONG, S. J.; WILLIAMS, D. W.; HAJEK, A. E. *Sirex* species (Hymenoptera: Siricidae) and their parasitoids in *Pinus sylvestris* in eastern North America. **Canadian Entomologist**, Nova Iorque, v. 141, p. 153-157, 2009.

MADDEN, J. L. Physiological aspects of host tree favourability for the woodwasp, *Sirex noctilio* F. **The Proceedings of the Ecological Society of Australia**, Camberra, v. 3, p. 147-149, 1968.

MADDEN, J. L. Some treatments which render Monterey pine (*Pinus radiata*) attractive to the wood wasp *Sirex noctilio* F. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 60, p. 467-472, 1971.

MADDEN, J. L. Oviposition behavior of the woodwasp *Sirex noctilio* F. **Australian Journal of Zoology**, Victoria, v. 22, p. 341-351, 1974.

MADDEN, J. L. Analysis of an outbreak of woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera, siricidae), in *Pinus radiata*. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 65, p. 491-500, 1975.

MADDEN, J. L. Physiological reactions of *Pinus radiata* to attack by the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 67, p. 405-426, 1977.

MADDEN, J. L. *Sirex* in Australasia. In: BERRYMAN, A. A. (Ed.). **Dynamics of forest insect populations**. Nova Iorque: Plenum Press, 1988. p 407-429.

MAIA, J. L. S. Manejo de pragas nas florestas de *Pinus* da Duratex. In: SIMPÓSIO DO CONE SUL SOBRE MANEJO DE PRAGAS E DOENÇAS DE *PINUS*, 1., 2000, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IPEF, 2000. p. 125-130.

McINTOSH, R. L.; KATINIC, P. J.; ALLISON, J. D.; BORDEN, J. H.; DOWNEY, D. L. Comparative efficacy of five types of trap for woodborers in the Cerambycidae, Buprestidae and Siricidae. **Agricultural and Forest Entomology**, Hoboken, v. 3, p. 113-120, 2001.

MIKICH, S. B.; LIEBSCH, D. O macaco-prego e os plantios de *Pinus* spp. **Comunicado Técnico – Embrapa/CNPF**, Curitiba, 2009, 5 f.

MORGAN, F. D. Bionomics of Siricidae. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 13, p. 239-256, 1968.

MORGAN, F. D.; STEWART, N. C. Developing and testing a lure-trap for the woodwasp *Sirex noctilio* F. **Australian Forestry**, Yarralumla, v. 36, p. 38-46, 1972.

MURPHY, S. T. Biological control of tropical forestry and agroforestry insect pests: a review. In: IEDE, E. T.; SCHAITZA, E.; PENTEADO, S.; REARDON, R. C.; MURPHY, S. T. (Ed.). **Proceedings of a conference: training in the control of *Sirex noctilio* by the use of natural enemies**. Morgantown: U.S. Department of Agriculture Forest Service, 1998. p. 3-13.

NEUMANN, F. G.; MINKO, G. The *Sirex* wood wasp in Australian radiata pine plantations. **Australian Forestry**, Yarralumla, v. 44, p. 46-63, 1981.

NEUMANN, F. G.; HARRIS, J. A.; KASSABY, F. Y.; MINKO, G. An improved technique for early detection and control of the *Sirex* wood wasp in radiata pine plantations. **Australian Forestry**, Yarralumla, v. 45, p. 117-124, 1982.

NEUMANN, F. G.; MOREY, J. L.; McKIMM, R. J. The *sirex* wasp in Victoria. **Bulletin of Department of Conservation Forest and Lands**, Victoria, v. 29. p. 1-41, 1987.

NUTTALL, M. J. *Sirex noctilio* F., *sirex* wood wasp (Hymenoptera: Siricidae). In: CAMERON, P.J.; HILL, R.L.; BAIN, J.; THOMAS, W.P. (Ed.). **A Review of Biological Control of Pests and Weeds in New Zealand 1974-1987**. Wallingford: C.A.B. International & DSIR, 1989. cap. 1. p. 3-30.

PARANHOS, T. Vespa da madeira: SP conclui derrubada das árvores “armadilhas”. **CDA-SP**, Campinas, 06 mai. 2009. Disponível em: <<http://www.cda.sp.gov.br/www/noticias/?action=integra&cod=346>>. Acesso em: 04 dez. 2013.

PEAT, S. M. Utilization of phylogenetic systematics, molecular evolution, and comparative transcriptomics to address aspects of nematode and bacterial evolution. 2010. 237 f. Tese (Doutorado em Biologia) – Faculdade de Biologia, Universidade Brigham Young, Brigham, 2010.

PENTEADO, S. R. C.; IEDE, E. T.; FILHO, W.R. Manual para o controle da vespa-da-madeira em plantio de pinus. Embrapa Florestas. **Documentos 76**. 1. Ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 38 f.

PENTEADO, S. R. C.; IEDE, E. T.; FILHO, W.R. Utilização da amostragem sequencial para avaliar a eficiência do parasitismo de *Deladenus (Beddingia) siricidicola* (Nematoda: Neotyphencidae) em adultos de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 223-231, 2008.

REIS-FILHO, W. **Fatores biológicos e comportamentais de *Ibalia leucospoides* Hochenw (Hymenoptera: Ibaliidae) e de seu hospedeiro *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae), visando a otimização do controle biológico natural**. 1999. 106 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

REMILLET, M.; LAUMOND, C. Sphaerularioid nematodes of importance in agriculture. In: NICKLE, W. R. (Ed.). **Manual of Agricultural Nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 967-1024.

RYAN, K. **Interactions between the woodwasp *Sirex noctilio* and co-habiting phloem- and woodboring beetles, and their fungal associates in southern Ontario**. 2011. 136 f. Tese (Doutorado em Silvicultura) – Faculdade de Silvicultura, Universidade de Toronto, Toronto, 2011.

RYAN, K., HURLEY, B. P. Life history and biology of *Sirex noctilio*. In: SLIPPERS, B.; de GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. (Ed.). **The sirex woodwasp and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide invasive pest**. 1. ed. Nova lorque: Springer, 2012. cap. 2, p.15-30.

SCHIFF, N. M.; GOULET, H.; SMITH, D. R.; BOUDREAULT, C.; WILSON, A. D.; SCHEFFLER, B. E. Siricidae (Hymenoptera: Symphyta: Siricoidea) of the Western Hemisphere. **Canadian Journal of Arthropod Identification**, Quebec, n. 21, p. 1-305, 2012.

SCHIFF, N. M.; VALLEY, S. A.; LABONTE, J. R.; SMITH, D. R. **Guide to the siricid woodwasps of North America**. Morgantown: USDA Forest Service, 2006. p. 1-110.

SIMPSON, R. F. Bioassay of pine oil components as attractants for *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) using electroantennogram techniques. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Hoboken, v. 19, p. 11-18, 1976.

SIMPSON, R. F.; MCQUILKIN, R. M. Terpenes of the bark oil of *Pinus radiata*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 15, p. 328-329, 1976.

SPRADBERY, J. P. A comparative study of the phytotoxic effects of Siricid woodwasps on conifers. **Annals of Applied Biology**, Hoboken, v. 75, p. 309-320, 1973.

SPRADBERY, J. P.; KIRK, A. A. Aspects of the ecology of siricid woodwasps (Hymenoptera: Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 68, p. 341-359, 1978.

SPURR, S.H.; BARNES, B.V. **Forest ecology**. 3. ed. Nova lorque: J. Wiley, 1980. 687p.

TAYLOR, K. L. Evaluation of the insect parasitoids of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) in Tasmania. **Oecologia**, Berlin, v. 32, p. 1-10, 1978.

TAYLOR, K. L. The sirex woodwasp: ecology and control of an introduced forest insect. In: KITCHING, R. L.; JONES, R. E. (Eds.). **The ecology of pests: some Australian case histories**. Melbourne: CSIRO, 1981. cap. 12. p. 231-248.

TRIBE, G.D, CILLIE, J.J. The spread of *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae) in South African pine plantations and the introduction and establishment of its biological control agents. **African Entomology**, Hatfield, v. 12, n. 1, p. 9-17, 2004.

VILLACIDE, J. M.; CORLEY, J. C. Parasitism and dispersal potential of *Sirex noctilio*: implications for biological control. **Agricultural and Forest Entomology**, Hoboken, v. 10, p. 341-345, 2008.

ZONDAG, R.; NUTTALL, M. J. *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae). In: _____. (Ed.). **New Zealand Forest Service: Forest and timber insects in New Zealand**. Rotorua: Forest Research Institute, 1977. p. 1–8.

ZYLSTRA, K. E.; DODDS, K.J.; FRANCESE, J. A.; MASTRO, V. *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) in North America: the effect of stem-injection timing on the attractiveness and suitability of trap trees. **Agricultural and Forest Entomology**, Hoboken, v. 12, p. 243-250, 2010.

CAPÍTULO 2 – Ferramenta para definição de níveis de risco de ocorrência de vespa-da-madeira em florestas plantadas de *Pinus taeda*

Resumo

1 Dentre as pragas de florestas plantadas de pínus, a vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* possui destaque. Sua detecção precoce auxilia em ações e monitoramento e controle.

2 Em função disso foi desenvolvida uma ferramenta de definição de níveis de risco de ocorrência da vespa-da-madeira, baseada nas características do plantio. O risco atribuído foi comparado com a porcentagem de árvores atacadas.

3 Foram atribuídos níveis de risco para 185 talhões de *Pinus taeda*, sendo o mais comum o nível 4 (médio), que apareceu em 62 talhões, totalizando uma área de 1298,3 hectares, que representa 34,02% da área analisada. Foi atribuído risco alto ou muito alto de ocorrência da vespa-da-madeira para 784,6 hectares (20%) da área.

4 Pela comparação do nível de risco atribuído e a porcentagem de árvores atacadas nota-se que estas são variáveis diretamente proporcionais e a correlação entre elas é de $r=0,5127$.

5 A planilha eletrônica desenvolvida recebeu o nome de “SRV” e pode auxiliar o monitoramento e controle dos ataques de vespa-da-madeira em povoamentos de *Pinus* spp., orientando a instalação de árvores armadilha e uso de técnicas de controle silvicultural e biológico.

Palavras-chave: *Sirex noctilio*, pínus, praga florestal, monitoramento, detecção, Siricidae.

Título corrido: Níveis de risco da vespa-da-madeira.

34 Introdução

35

36 As florestas de crescimento rápido são componentes essenciais em
37 programas de reflorestamento, pois suprem as necessidades de madeira
38 serrada, celulose, energia, entre outros produtos. Além disso, aliviam a pressão
39 de exploração sobre as florestas naturais, auxiliando na conservação de
40 florestas nativas (PENTEADO et al., 2002).

41 As plantações de *Pinus* spp. representam um importante recurso
42 socioeconômico atual e potencial para o Brasil devido à sua grande
43 participação na recuperação de áreas degradadas, na cadeia produtiva da
44 madeira e conseqüentemente, na geração de empregos e renda, ocupando
45 atualmente 1.562.782 hectares no país (ABRAF, 2013).

46 A preocupação com a ocorrência de novas pragas em plantios de *Pinus* spp.
47 tem crescido no Brasil, tanto para insetos introduzidos como nativos. Dentre
48 essas pragas a vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera:
49 Siricidae), possui destaque.

50 Durante a postura, a fêmea de *S. noctilio* pode realizar perfurações simples
51 ou múltiplas no albúrnio das árvores de pínus, com profundidade média de 1,2
52 cm (MADDEN, 1974). Além dos ovos, são introduzidos na árvore, esporos do
53 um fungo simbiote *Amylostereum areolatum* (Chaillet ex Fr.) Boidin 1958
54 (Agaricomycetidae) e uma mucosecreção. O fungo age provocando o
55 fechamento dos vasos de condução de seiva, durante o processo de
56 propagação no interior da árvore. O muco secretado por uma glândula
57 localizada na base do ovipositor provoca rápidas mudanças em processos
58 fisiológicos da árvore hospedeira, como respiração, transpiração, fotossíntese e
59 divisão celular; o que favorece o estabelecimento do micélio fúngico e cria
60 condições favoráveis para a alimentação da larva da vespa, levando a árvore à
61 morte (COUTTS, 1969a; COUTTS, 1969b; MADDEN, 1977).

62 Em território nacional a vespa-da-madeira teve sua ocorrência relatada pela
63 primeira vez em 1988, no Rio Grande do Sul (IEDE et al., 1988). Estima-se que
64 a praga esteja afetando mais de 1.000.000 ha, causando perdas econômicas
65 em torno de U\$ 9 milhões por ano, quando se considera uma perda de 5
66 árvores/ha/ano, podendo alcançar um prejuízo de US\$ 30 milhões anuais

67 (IEDE; ZANETTI, 2007). Visto que, de modo geral, os plantios possuem 1667
68 árvores/ha com espaçamento de 2m x 3m, cinco árvores por hectare
69 representariam um ataque de 0,3%, cenário este que não é raro.

70 A vespa-da-madeira não é uma praga primária, pois ataca preferencialmente
71 árvores previamente estressadas. Nessa situação as árvores liberam
72 hidrocarbonetos monoterpênicos através da casca, oriundos da seiva do floema
73 ou câmbio, seguido por mudanças na permeabilidade da casca e essas
74 substâncias são as responsáveis por atrair as fêmeas da vespa para
75 oviposição. Esse fenômeno ocorre em partes estressadas da planta, tendo sido
76 verificado também um declínio na pressão osmótica e a paralisação temporária
77 do crescimento da árvore (NEUMANN, 1987).

78 Vários fatores são responsáveis por predispor árvores de pinus ao
79 ataque da vespa-da-madeira. Em sua região de origem, as fêmeas de *S.*
80 *noctilio* apresentam forte tendência a ovipositar em árvores estressadas por
81 falta de luz (normalmente aquelas no estrato das dominadas), nutrientes, água
82 ou outros recursos. Idade e tamanho da árvore também influenciam. Árvores
83 de tronco mais fino são preferidas para oviposição, apesar de aquelas mais
84 espessas também serem atacadas durante surtos ou em situações de grande
85 populações da praga (MADDEN, 1975).

86 Estresses ambientais, especialmente períodos de estiagem prolongados,
87 podem disparar respostas nas árvores que agem como sinais para o ataque da
88 vespa. Povoamentos muito densos e mal conduzidos do ponto de vista
89 silvicultural, também podem provocar tais respostas (SPRADBERY; KIRK,
90 1978). As fêmeas são também atraídas por árvores que sofreram dano por
91 queimadas, vento ou relâmpago. Essa atração é provocada principalmente por
92 compostos monoterpênicos liberados pelas árvores submetidas a essas
93 condições (MADDEN, 1968).

94 As árvores estressadas surgem em plantios densos e com desbastes
95 atrasados, devido à competição entre as árvores. As árvores preferidas pelas
96 vespas fêmeas para oviposição são as de menor diâmetro e que se encontram
97 no estrato das dominadas, embora as árvores dominantes possam também ser
98 atacadas em situações de altos níveis populacionais da praga ou por outro

99 fator abiótico. Árvores bifurcadas, doentes ou danificadas também são alvos
100 preferidos pela vespa-da-madeira (PENTEADO et al., 2002).

101 A idade do plantio também é um fator que favorece a ação das vespas, já
102 que árvores a partir dos sete anos de plantio são preferidas pela vespa para
103 oviposição (TAYLOR, 1981).

104 Ainda sobre fatores que provocam estresse em árvores de pínus,
105 certamente outras pragas podem torna-lás mais atrativas para a vespa, como
106 lagartas mastigadoras, besouros broqueadores, e mesmo ataques anteriores
107 da vespa-da-madeira. Apesar disso, o sinergismo de Siricidae e outras
108 espécies de pragas ainda não foi estudado em detalhes.

109 Contudo, o que tem sido observado e despertado preocupação no Brasil é a
110 presença de macacos-prego e sua sinergia com a vespa-da-madeira. A
111 espécie *Sapajus nigritus* (Goldfuss, 1809) é endêmica da Floresta Atlântica e
112 ocorre nas regiões sudeste e sul do Brasil e no noroeste da Argentina. É um
113 animal onívoro com preferência alimentar para frutos e sementes. Com a
114 fragmentação e redução dos habitats naturais, esse primata passou a se
115 alimentar de plantas cultivadas pelo homem como frutas em pomares, milho,
116 cana-de-açúcar e pínus (KOEHLER; FIRKOWSKI, 1996).

117 Em pínus o macaco-prego se alimenta de seiva elaborada, que consegue
118 após retirar a casca do terço superior da planta e raspar o floema, então
119 exposto, com os dentes. A retirada da casca pode ser em forma de “janela”, na
120 qual apenas uma das faces do tronco é descascada, ou em forma de
121 “anelamento” quando o macaco descasca todo o entorno do topo do tronco.
122 Nesse último caso a árvore tem seu crescimento prejudicado, seca e pode
123 quebrar pela ação do vento. Nos dois tipos de injúria a árvore fica estressada e
124 se torna atrativa para a oviposição da vespa-da-madeira (MIKICH; LIEBSCH,
125 2009). A época em que ocorrem a maioria dos danos de macaco-prego é no
126 segundo semestre do ano, período de queda na produção de frutos em
127 remanescentes florestais nativos e, em função disso, os macacos buscam
128 alimentos nos plantios de pínus. Essa época coincide com o início da
129 temporada de voo da vespa, confirmando assim a sinergia entre essas
130 espécies (LIEBSCH; MIKICH, 2009).

131 Outro parâmetro do talhão que influencia na susceptibilidade das árvores é o
132 índice de sítio, que é a medida da qualidade do sítio baseada na altura das
133 árvores dominantes no povoamento em uma determinada idade. Sendo uma
134 medida do vigor do talhão, este também é um parâmetro importante que
135 influencia a susceptibilidade das árvores.

136 Para diminuir as perdas, foi desenvolvido pela Embrapa Florestas
137 um programa de manejo integrado de pragas, com ênfase nas atividades de
138 monitoramento para detecção precoce, controle silvicultural para atualização
139 dos desbastes, além da liberação do agente de controle biológico, *Beddingia*
140 *siricidicola* (BEDDING, 1968), especialmente quando da detecção precoce da
141 praga (PENTEADO et al., 2002).

142 Considerando um sistema de desbaste programado, em que idade e
143 densidade dos plantios são parâmetros dependentes entre si, Milani et al.
144 (2002) atribuíram notas de risco em função deles, além de considerarem a
145 distância dos povoamentos em relação aos focos de presença do inseto. A
146 partir dessas notas esses autores sugeriram a utilização desses critérios para
147 diagnosticar plantios com maior necessidade de monitoramento.

148 De fato, a detecção precoce da ocorrência de uma praga é desejável, o que
149 não é diferente para a vespa-da-madeira. Em função da precocidade da
150 detecção ser um dos pontos importantes de manejo desta praga, o objetivo do
151 presente trabalho foi desenvolver e sugerir uma metodologia de previsão de
152 níveis de risco de ocorrência da vespa-da-madeira em florestas plantadas de
153 *Pinus* spp., baseado em dados como idade, densidade, presença de macacos-
154 prego e índice de sítio; relatar um caso em que tal metodologia foi empregada;
155 bem como o desenvolvimento de um sistema de computador (planilha
156 eletrônica) no qual seja possível calcular o nível de risco para cada um dos
157 plantios de interesse.

158

159 **Material e Métodos**

160

161 Os dados utilizados são de florestas plantadas de *Pinus taeda* L.
162 (Pinaceae) de propriedade da Klabin Florestal, no município de Telêmaco

163 Borba, Estado do Paraná. Os plantios estão localizados numa região com
164 altitude em torno de 700m, sob um clima subtropical temperado húmido (Cfb).

165 Foi realizada amostragem sequencial em 185 talhões de *P. taeda*, (área
166 total de 3816,3 ha) em março de 2013, segundo metodologia descrita por
167 Penteado (1995) e Penteado *et al.* (2002). Com essa metodologia foi possível
168 conhecer a porcentagem de árvores atacadas em cada talhão.

169 Em seguida, foram criados os perfis de cada talhão em relação à possibilidade
170 de ocorrência da vespa-da-madeira, considerando dados sobre a densidade, a
171 idade, a presença de macacos-prego e o índice de sítio calculado para os
172 talhões, no ano de 2013. Assim, foram atribuídas notas de risco de ataque
173 como descrito na Tabela 1. Para o parâmetro presença de macacos-prego foi
174 atribuída a nota 2 pois a presença dessa animal contribui muito para o estresse
175 das árvores.

176 Tais notas foram atribuídas em função das características que se
177 ajustam ao ataque da praga. Portanto, quanto maior a densidade do
178 povoamento, ou seja, a densidade atual considerando os desbastes, maior a
179 nota de risco; relação que se repete para o parâmetro da idade. Além desses
180 dados, considerou-se também os talhões em que foram relatadas a ocorrência
181 de árvores atacadas por macacos-prego e o índice de sítio dos talhões.

182 Após a avaliação de cada um dos parâmetros de forma separada,
183 procedeu-se a combinação destes pelo somatório de suas notas e assim foram
184 feitos os perfis de cada povoamento em relação ao risco de ocorrência da
185 vespa-da-madeira. Para isso foram estabelecidos oito níveis de risco: muito
186 baixo (risco 0), baixo (risco 1 e 2), médio (risco 3 e 4), alto (risco 5 e 6) e muito
187 alto (risco 7 e 8). O risco 0 foi atribuído ao nível muito baixo pois não se pode
188 considerar a existência de risco de ataque nulo.

189 Adicionalmente, foi desenvolvido uma planilha eletrônica em que os
190 dados sobre cada um dos parâmetros (densidade, idade, presença de
191 macacos-prego e índice de sítio) podem ser inseridos e as notas de risco são
192 calculadas automaticamente para cada um dos parâmetros individualmente,
193 bem como o somatório, que fornece o nível de risco total do talhão.

194

195 **Resultados**

196

197 Dentre os talhões analisados a porcentagem de árvores atacadas variou
198 entre 0% até 21,43%, com média de 2%. Para nenhum dos 185 talhões
199 analisados (3816,2 ha) foi atribuído risco 0 ou 1 de ocorrência da praga. Dentre
200 os demais níveis de risco o mais comum foi o risco 4 (médio), que apareceu em
201 62 talhões, totalizando uma área de 1298,3 ha (34,02%) (Tabela 2).

202 Foi feita a comparação do nível de risco atribuído com a porcentagem de
203 árvores atacadas no ano de 2013 (Tabela 3). É possível notar que quanto
204 maior o nível de risco, maior também a porcentagem de árvores atacadas
205 efetivamente (Tabela 3, Figura 1), sendo uma relação direta com as duas
206 variáveis correlacionadas entre si ($r=0,5127$; $F= 8,08$; $p=0,0008$).

207 Utilizando a metodologia de atribuição de níveis de risco proposta foi
208 desenvolvida uma planilha eletrônica para auxiliar o monitoramento e controle
209 da vespa-da-madeira (Figura 2). Na planilha é possível o administrador das
210 florestas inserir os dados do plantio com os parâmetros de densidade, idade,
211 presença do macaco e índice de sítio. Após esse passo o campo de nível de
212 risco é automaticamente completado para cada um dos parâmetros e talhões,
213 mostrando para o operador o nível de risco numérico e um gradiente de cores,
214 em vermelho, que permite visualizar o panorama geral do risco. A planilha
215 eletrônica recebeu o nome de “Sistema Risco Vespa” (SRV) e será divulgado e
216 distribuído aos produtores de plantios de pinus que se interessarem.

217

218 **Discussão**

219

220 O nível de risco atribuído e a porcentagem de árvores atacadas por *S.*
221 *nocitilio* foram comparados. Constatou-se que, de fato, os talhões mais
222 atacados tiveram níveis de risco maiores. Isso confirma a literatura acerca do
223 tema, que descreve os perfis de árvores mais susceptíveis à ocorrência da
224 praga (Neumann *et al.*, 1987; Taylor, 1981; Hurley *et al.*, 2007). Essa
225 confirmação é importante já que os estudos que descrevem a susceptibilidade
226 das árvores são na maioria trabalhos feitos em países que foram os primeiros a
227 relatar a ocorrência de *S. noctilio* como praga exótica, como Austrália e Nova

228 Zelândia, onde o ambiente é sensivelmente diferente das condições brasileiras
229 e de outras áreas de ocorrência da vespa-da-madeira.

230 Contudo, a correlação apresentada entre os níveis de risco atribuídos e
231 a ocorrência observada da praga ($r=0,5127$) não permite afirmar que os
232 parâmetros utilizados (densidade, idade, presença de macaco-prego e índice
233 de sítio) são os únicos fatores na determinação dessa correlação. Destaca-se
234 que parâmetros como a espécie de pínus presente pode influenciar na
235 susceptibilidade do talhão. Entretanto, ainda não existem dados na literatura
236 que permitam apontar quais espécies de pínus são mais susceptíveis. Também
237 o tamanho da população de macacos-prego (não só sua presença) contribui
238 para provocar estresse às árvores e torna-las menos ou mais susceptíveis.

239 Povoamentos de pínus muito densos tendem a ter mais árvores
240 dominadas e por isso estressadas, o que favorece o encontro das árvores e
241 oviposição pela fêmea da vespa, devido aos sinais químicos que tais indivíduos
242 arbóreos fornecem (Carnegie *et al.*, 2005; Collett & Elms, 2009; Dodds, *et al.*,
243 2007; Madden, 1996).

244 A recomendação atual, para povoamentos destinados a produção de
245 celulose – maior objetivo das florestas plantadas brasileiras atualmente – é que
246 o plantio seja feito com espaçamento 3x2 m, o que proporciona densidade de
247 1667 plantas por hectare (ABRAF, 2013). No presente estudo considerou-se
248 densidades acima deste número (1667 pl/ha) como de alto risco para o ataque
249 da vespa. Contudo, nos talhões analisados não havia nenhum com mais de
250 1667 árvores por hectare. Isso ocorre provavelmente em função de os plantios
251 com a densidade recomendada podem ter o primeiro desbaste programado
252 para seis anos de idade (dependendo do índice de sítio e do inventário
253 florestal), o que reduz a densidade do plantio antes dos sete anos, idade em
254 que o risco de ocorrência da praga aumenta. Por outro lado, o que regula a
255 realização dos desbastes é o inventário florestal contínuo, cujo resultado traz
256 informações sobre o ritmo ou estagnação do crescimento do povoamento
257 florestal.

258 Os dados relativos à idade e densidade dos plantios foram tomados no
259 ano de 2013 para esse trabalho. No entanto, através de revisões anuais
260 desses dados, considerando inclusive os desbastes, pode-se ter um cenário

261 atualizado das diferentes situações que poderão ocorrer nos plantios. Para
262 isso, sugere-se a utilização da planilha “Sistema Risco Vespa”, já que esta
263 retorna os níveis de risco em relação a cada parâmetro individualmente e a
264 nota de risco final de cada povoamento, através do somatório de todas as
265 notas (Figura 2). Na planilha o usuário consegue identificar o risco de um
266 determinado povoamento observando a nota que este recebeu ou observando
267 a cor de risco atribuída.

268 Dados em relação à presença de macacos-prego podem ser obtidos
269 junto ao administrador do plantio, que por sua vez pode realizar um
270 levantamento de árvores atacadas por macacos no mesmo momento da
271 realização da amostragem sequencial para monitoramento da ocorrência da
272 vespa. Contudo, esses dados não são aplicáveis em plantios fora do Brasil, já
273 que este primata tem sua ocorrência em plantios de pínus restrita ao território
274 brasileiro e nordeste argentino (Mikich & Liebich, 2009). Apesar de essa
275 espécie de macaco não ocorrer fora do Brasil, os demais parâmetros ainda
276 podem ser utilizados em outros povoamentos e assim ser obtido o nível de
277 risco, com o auxílio do software desenvolvido.

278 Dessa forma é possível diagnosticar áreas com maior necessidade de
279 monitoramento da presença da praga e estabelecer uma lista prioritária para o
280 monitoramento.

281

282 *Conclusões*

283 Foi atribuído risco alto ou muito alto de ocorrência da vespa-da-madeira
284 para 784,6 hectares (20%) da área estudada.

285 Houve correlação entre o nível de risco atribuído e a porcentagem de
286 árvores atacadas pela vespa-da-madeira.

287 A ferramenta desenvolvida pode auxiliar o planejamento das atividades
288 de monitoramento e controle da vespa-da-madeira.

289

290 **Referências**

291

292 ABRAF, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário**
293 **estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013, 142 f.

- 294
295 CARNEGIE, A.J., ELDRIDGE, R.H., WATERSON, D.G. History and
296 management of *Sirex* wood wasp in pine plantations in New South Wales,
297 Australia. **New Zealand Journal of Forestry Science**, 35, 3–24, 2005.
- 298
299 COLLETT, N.G., ELMS, S. The control of *sirex* wood wasp using biological
300 control agents in Victoria, Australia. **Agricultural and Forest Entomology**, 11,
301 283-294, 2009.
- 302
303 COUTTS, M.P. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus*
304 *radiata*. I Effects of the symbiotic fungus *Amylosterum* sp. (Thelophoraceae).
305 **Australian Journal of Biological Science**. 22: 915-924, 1969a.
- 306
307 COUTTS, M.P. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus*
308 *radiata*. I Effects of *S. noctilio* mucus. **Australian Journal of Biological**
309 **Science**. 22:1153-1161, 1969b.
- 310
311 DODDS, K.J., COOKE, R.R., GILMORE, D.W. Silvicultural options to reduce
312 pine susceptibility to attack by a newly detected invasive species, *Sirex noctilio*.
313 **Northern Journal Applied Forestry**, 24(3):165-167, 2007.
- 314
315 EMBRAPA FLORESTAS. **Cultivo de Pinus: guia de orientações básicas**
316 **sobre o cultivo**. Colombo: Embrapa: CNPF, 2005. 34 p. (Embrapa-CNPF.
317 Sistemas de Produção 5).
- 318
319 IEDE, E.T.; PENTEADO, S.R.C.; BISOL, J.C. Primeiro registro de ataque de
320 *Sirex noctilio* em *Pinus taeda* no Brasil. **Circular Técnica EMBRAPA-CNPF**, n.
321 20. 12p, 1988.
- 322
323 IEDE, E.T.; ZANETTI, R. Ocorrência e recomendações para o manejo de *Sirex*
324 *noctilio* Fabricius (Hymenoptera, Siricidae) em plantios de *Pinus patula*
325 (Pinaceae) em Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**,
326 51(4):529-531, 2007.

327

328 MADDEN, J.L. Oviposition behavior of the woodwasp *Sirex noctilio* F.
329 **Australian Journal of Zoology**. 22: 341-351, 1974.

330

331 MADDEN, J.L. Physiological reactions of *Pinus radiata* to attack by the
332 woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). **Bulletin of**
333 **Entomological Research**, 67: 405-426, 1977.

334

335 MADDEN, J.L. Sirex management: silviculture, monitoring, and biological
336 control (an introduction). In: Iede E. T., E. Schaitza, S. Penteado, R. C. Reardon
337 & S. T. Murphy. **Proceedings of a Conference: Training in the control**
338 **of *Sirex noctilio* by the use of natural enemies**, p. 15-17, 1998.

339

340 MIKICH, S.B., LIEBSCH, D. O macaco-prego e os plantios de *Pinus* spp.
341 **Comunicado Técnico – Embrapa/CNPF**, 2009, 5 f.

342

343 MILANI, D.; IEDE, E.T.; BRUN, F.; SANTOS, F. G.; PIMENTEL, A. Mapa de
344 risco para detecção de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) em plantios
345 de *Pinus* spp. **Anais do 19º Congresso Brasileiro de Entomologia**, Manaus,
346 2002.

347

348 NEUMANN, F. G.; MOREY; J.L.; McKIMM, R. J. The sirex wasp in Victoria.
349 **Victoria, Bulletin of Department of Conservation Forest and Lands**, 29. 41
350 p. 1987.

351

352 PENTEADO, S.R.C.; IEDE, E.T.; FILHO, W.R. Manual para o controle da
353 vespa-da-madeira em plantio de pinus. Embrapa Florestas. **Documentos 76**,
354 38p. 2002.

355

356 TAYLOR, K.L. The Sirex woodwasp: ecology and control of an introduced forest
357 insect. In: KITCHING, R.L. & JONES, R.E. **The ecology of pests, some**
358 **Australian case histories**. Melbourne, CSIRO, p.231-248, 1981.

359

360 **Tabela 1** – Notas de risco de ataque de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae)
 361 atribuídas aos plantios de *Pinus taeda* em função da densidade, idade,
 362 presença de macacos-prego e índice de sítio.

Nota	Densidade	Idade (anos)	Macaco	Índice de sítio
	(árvores/ha)		(presença)*	
0	<1000	<7	Não	A
1	1000-1667	7-11	-----	B
2	>1667	>11	Sim	C

363 * Para o parâmetro presença de macacos-prego foi atribuída a nota 2 pois a
 364 presença dessa animal contribui muito para o estresse das árvores.

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387 **Tabela 2** – Tamanho da área e número de talhões sob cada nível de risco
 388 atribuído para a ocorrência da vespa-da-madeira. (Telêmaco Borba-PR, 2013).

Nível de risco atribuído	Área (ha)	Número de talhões	Porcentagem da área	Porcentagem de talhões
0 (muito baixo)	0,0	0	0,00	0,00
1 (baixo)	0,0	0	0,00	0,00
2 (baixo)	552,6	28	14,48	15,14
3 (médio)	1180,8	57	30,94	30,81
4 (médio)	1298,3	62	34,02	33,51
5 (alto)	384,4	20	10,07	10,81
6 (alto)	260,5	12	6,83	6,49
7 (muito alto)	139,7	6	3,66	3,24
8 (muito alto)	0,0	0	0,00	0,00
Total	3816,30	185	100,0	100,0

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407 **Tabela 3** – Porcentagem de árvores atacadas em cada uma
 408 dos níveis de risco atribuídos. (Telêmaco Borba-PR, 2013).

Níveis de risco	Tamanho da área (porcentagem)	Árvores atacadas*
0 (muito baixo)	0,0 (0,0%)	0,00%
1 (baixo)	0,0 (0,0%)	0,00%
2 (baixo)	552,6 (14,48%)	0,67%
3 (médio)	1180,8 (30,94%)	0,91%
4 (médio)	1298,3 (34,02%)	1,25%
5 (alto)	384,4 (10,07%)	4,42%
6 (alto)	260,5 (6,83%)	7,14%
7 (muito alto)	139,7 (3,66%)	8,06%
8 (muito alto)	0,0 (0,0%)	-----

420

421 * Média da porcentagem de árvores atacadas observadas
 422 sob cada um dos níveis de risco atribuídos

423

424

425

426

427

428

429

430

431

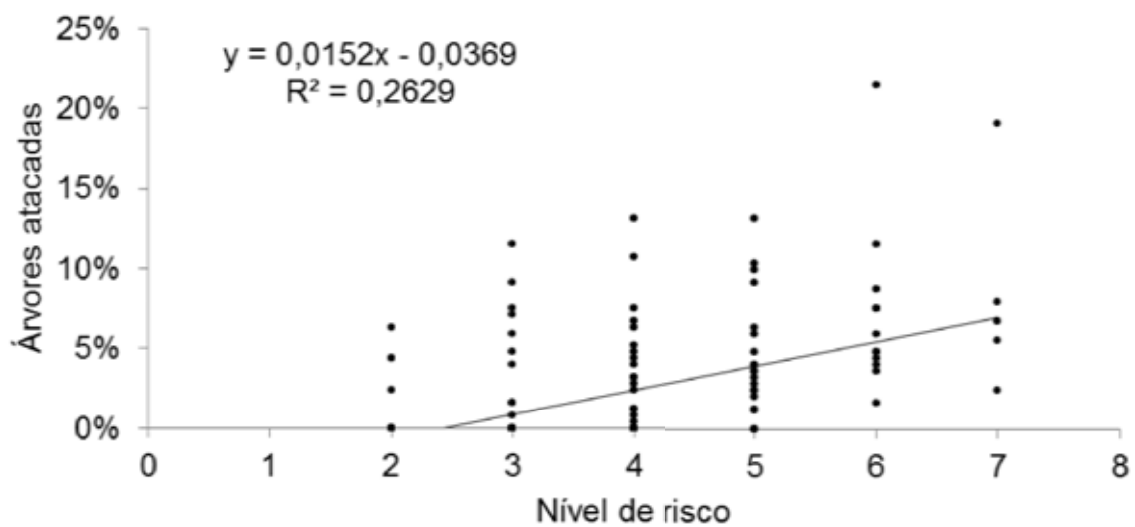
432

433

434

435

436



437 **Figura 1** – Níveis de risco e porcentagem observada de árvores atacadas por
438 *Sirex noctilio*. (Telêmaco Borba-PR, 2013).

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

SISTEMA RISCO VESPA (SRV)										
Talhão	Área (hectares)	Densidade (árvores/ha)	Idade (anos)	Macaco (S ou N)	Ind. Sítio (A, B ou C)	Risco densidade	Risco idade	Risco macaco	Risco Ind. Sítio	Risco do talhão
1						0	0			
2						0	0			
3						0	0			
4						0	0			
5						0	0			
6						0	0			
7						0	0			
8						0	0			
9						0	0			
10						0	0			
11						0	0			
12						0	0			
13						0	0			
14						0	0			
15						0	0			

SISTEMA RISCO VESPA (SRV)										
Talhão	Área (hectares)	Densidade (árvores/ha)	Idade (anos)	Macaco (S ou N)	Ind. Sítio (A, B ou C)	Risco densidade	Risco idade	Risco macaco	Risco Ind. Sítio	Risco do talhão
1	10,9	1600	9	S	B	1	1	2	1	5
2	25,7	1600	9	S	A	1	1	2	0	4
3	20,3	1600	9	S	C	1	1	2	2	6
4	27,1	1667	10	S	B	1	1	2	1	5
5	27,8	1600	11	N	A	1	2	0	0	3
6	0,7	1600	11	N	A	1	2	0	0	3
7	18,3	1600	9	S	B	1	1	2	1	5
8	24,0	1600	9	S	A	1	1	2	0	4
9	47,7	1600	11	S	B	1	2	2	1	6
10	10,7	1600	11	S	B	1	2	2	1	6
11	15,2	1600	11	S	B	1	2	2	1	6
12	22,4	1667	11	S	B	1	2	2	1	6
13	32,4	1600	9	S	B	1	1	2	1	5
14	13,5	1667	11	S	B	1	1	2	1	5
15	10,0	1667	11	S	A	1	2	2	0	5

Figura 2 – Tela inicial da planilha eletrônica, ainda sem o preenchimento dos dados (A) e tela já preenchida, mostrando os campos de nível de risco (B).

CAPÍTULO 3 - Inimigos naturais da vespa-da-madeira em povoamentos de pínus

Resumo - Povoamentos de *Pinus* spp. estão presentes em vários países e no Brasil são um importante recurso socioeconômico. Dentre os insetos-praga dessa cultura pode-se destacar a vespa-da-madeira *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). Estima-se que a praga esteja afetando mais de 1.000.000 hectares e causando perdas econômicas. Para o controle dessa praga são utilizados inimigos naturais, como o nematoide *Deladenus siricidicola* (Neotylenchidae) e o parasitoide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae). Com o objetivo de verificar o desempenho desses inimigos naturais sobre *S. noctilio*, foram coletados toretes de *Pinus taeda* (Pinaceae) em talhões atacados pela vespa-da-madeira, inoculados e não inoculados artificialmente com o nematoide. Sob esses tratamentos foi feita a comparação das populações de *S. noctilio* e *I. leucospoides* e a porcentagem de parasitismo provocada pelo nematoide. Verificou-se que 12,5% de indivíduos de *S. noctilio* foram parasitados pelo nematoide em talhões inoculados e 0,5% em talhões não inoculados. *Ibalia leucospoides* foi capaz de parasitar 14,67% dos indivíduos de *S. noctilio* em talhões inoculados com o nematoide e 40,96% em talhões não inoculados. Possivelmente, o baixo parasitismo pelo nematoide é em função da relação densidade-dependente entre parasito e hospedeiro. A população de *I. leucospoides* está bem estabelecida e foi maior em talhões com baixa presença do nematoide.

Termos para indexação: *Deladenus siricidicola*, *Ibalia leucospoides*, *Pinus taeda*, *Sirex noctilio*.

Sirex woodwasp natural enemies in pine stands

Abstract - Pine stands are found worldwide and are an important socioeconomic resource in Brazil. Among its crop's insect pests is the sirex woodwasp *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). It is believed this pest is affecting more than 450,000 ha and causing economic losses. To its control natural enemies are employed such as the nematode *Deladenus siricidicola* (Neotylenchidae) and the parasitoid *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae). Aiming to verify the performance of such natural enemies over *S. noctilio*, we collected log billets from *Pinus taeda* (Pinaceae) stands attacked by the woodwasp, artificially inoculated and uninoculated with the nematode. Under these treatments we compared *S. noctilio* and *I. leucospoides* populations and the nematode's capacity of infection. We verified 12.5% *S. noctilio* individuals infected by the nematode in inoculated stands and 0.5% in uninoculated stands. *Ibalia leucospoides* were capable to parasitize 14.67% of woodwasp's individuals in inoculated stands and 40.96% in uninoculated stands. So, *D. siricidicola* population could not be considered as established in the studied stands. *Ibalia leucospoides* population is well established and was greater in stands uninoculated.

Index terms: *Deladenus siricidicola*, *Ibalia leucospoides*, *Pinus taeda*, *Sirex noctilio*.

Introdução

Espécies de pínus são plantadas em vários países e são valorizadas pela cor clara da madeira, variando de branca a amarelada; pela madeira de fibra longa, apropriada para a fabricação de papel de embalagens; pela possibilidade de extração de resina em escala comercial; pela rusticidade e tolerância a solos marginais à agricultura; além do valor

ornamental para arborização e paisagismo (Aguiar et al., 2011). Povoamentos de *Pinus* spp. ocupam atualmente 1.562.782 hectares no Brasil e são um recurso socioeconômico importante para o país já que proporcionam a recuperação de áreas degradadas, o incremento da cadeia produtiva da madeira, e conseqüentemente a geração de empregos e renda (ABRAF, 2013).

A preocupação com a ocorrência de novas pragas em plantios de *Pinus* spp. tem crescido no país, tanto para espécies introduzidas como nativas. Dentre essas pragas a vespa-da-madeira *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae), possui destaque (EMBRAPA FLORESTAS, 2005). Em território nacional a vespa-da-madeira teve sua ocorrência relatada pela primeira vez em 1988, no Rio Grande do Sul; colocando em risco o patrimônio florestal da região (Iede et al., 1988). Estima-se que a praga esteja afetando mais de 450.000 ha, causando perdas econômicas em torno de US\$ 9 milhões por ano, quando se considera uma perda de 5 árvores/ha/ano, podendo alcançar um prejuízo de US\$ 30 milhões anuais (Iede & Zanetti, 2007). Visto que, de modo geral, os plantios possuem 1667 árvores/ha com espaçamento de 2m x 3m, cinco árvores por hectare representariam um ataque de 0,3%, cenário este que não é raro.

Quanto à biologia de *S. noctilio*, destaca-se que durante a postura, a fêmea pode realizar perfurações simples ou múltiplas no alburno das árvores (Madden, 1974). Além dos ovos, são introduzidos na árvore, esporos de um fungo simbiote *Amylostereum areolatum* (Chaillet ex Fr.) Boidin 1958 (Agaricomycetidae) e uma mucosecreção. O fungo age provocando o fechamento dos vasos de condução de seiva, durante o processo de propagação no interior da árvore. O muco secretado por uma glândula localizada na base do ovipositor provoca rápidas mudanças em processos fisiológicos da árvore hospedeira, como respiração, transpiração, fotossíntese e divisão celular; o que favorece o estabelecimento do micélio

fúngico, cria condições favoráveis para a alimentação da larva da vespa e leva a árvore à morte (Coutts, 1969a; Coutts, 1969b; Madden, 1977).

Alguns métodos culturais, como poda e desbaste, são utilizados com o intuito de prevenir o ataque da praga (Iede et al., 2012). Se a prevenção não for possível, uma medida eficaz é a utilização de agentes de controle biológico como *Ibalia leucospoides* Hochenwarth, 1785 (Hymenoptera, Ibalidae), *Megarhyssa nortoni* Cresson, 1864 e *Rhyssa persuasoria* (L., 1758) (Hymenoptera, Ichneumonidae) (Iede & Zanetti, 2007). No Brasil, foram realizadas liberações das três espécies de parasitoide mencionadas, mas apenas *I. leucospoides* se estabeleceu e apresentou eficiência no controle da vespa-da-madeira (Iede et al., 2012). Este inseto parasita ovos ou larvas do primeiro e segundo ínstaes da vespa-da-madeira. Passa por três estágios de desenvolvimento dentro do hospedeiro e um último externamente, momento em que sai causando a morte da larva e proporciona níveis de parasitismo de 4 a 45%. Nesta fase permanece nas galerias construídas pela vespa-da-madeira próximo à casca da árvore, onde irá se tornar pupa e emergir, completando o desenvolvimento em um ano (Carvalho, 1993).

Outro agente de controle da vespa-da-madeira, o nematoide *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* (Bedding, 1968) (Neotylenchidae) é o inimigo natural mais efetivo no controle desta praga ao redor do mundo. Esse nematoide tem sido usado com sucesso desde a década de 1970 na Austrália, onde a vespa havia sido detectada na década anterior, e em programas de manejo da praga em todo o hemisfério sul do planeta, onde *S. noctilio* é inseto exótico (Bedding & Iede, 2005; Hurley et al., 2007). A biologia peculiar desse nematoide (com dois ciclos de vida possíveis) permite seu uso como uma ferramenta de controle. *Deladenus siricidicola* possui um ciclo micetófago de vida livre e um ciclo parasítico dentro do corpo do inseto.

As fêmeas da vespa-da-madeira infectadas pelo nematoide depositam ovos nos troncos das árvores mas, ao invés de possuírem embriões de vespa, esses ovos estão repletos de juvenis do nematoide. Junto a esses ovos infectados a fêmea da vespa deposita esporos do fungo simbiote, que ao colonizar a madeira torna esta apropriada à alimentação das larvas da vespa e serve de alimento também para o nematoide. Os nematoides juvenis saem dos ovos da vespa e passam a se nutrir das hifas do fungo. Assim se tornam adultos e se reproduzem, colocando seus ovos em traqueídeos, canais de resina e outras partes internas do caule da planta. O nematoide pode se manter nesse ciclo micetófago por várias gerações, disseminando-se pelo interior da árvore acompanhando o crescimento do fungo (Bedding, 1967).

Como várias fêmeas da vespa ovipositam na mesma árvore, é comum que durante sua dispersão pelo caule os nematoides encontrem larvas vivas da vespa também se alimentando do fungo. Ao encontrar as larvas da vespa, os nematoides recebem um estímulo (principalmente o gás carbônico da respiração do hospedeiro) para se tornar parasitários, penetrando ativamente pelo tegumento das larvas hospedeiras, sob a forma de fêmeas infectantes, já fecundadas pelos machos. Uma vez dentro do hospedeiro as fêmeas do nematoide aguardam a metamorfose da larva em vespas adultas. Nesse momento cada fêmea do nematoide que invadiu o inseto pode colocar até 10.000 ovos gerando juvenis que migram para o sistema reprodutor da vespa, ocupam os ovos em formação e os tornam inférteis, que ainda assim, serão ovipositados normalmente pela vespa. A partir da oviposição da vespa, os nematoides poderão colonizar outra árvore e buscar novos hospedeiros. No Brasil a espécie *S. noctilio* é a única capaz de servir como hospedeira deste nematoide e *D. siricidicola* é o único nematoide capaz de infectar a vespa. Dessa forma é o próprio inseto o responsável pela dispersão de seu parasito (Bedding, 1967).

A possibilidade de dois ciclos distintos permite que esse nematoide seja criado em laboratório sem a necessidade do inseto hospedeiro. Contudo, a busca e isolamento de populações no campo, que passaram pelo ciclo parasítico, se tornam necessários, já que a manutenção de inóculo em laboratório por muito tempo pode fazer com que este perca a capacidade de mudar de ciclo e infectar as larvas do hospedeiro (Bedding & Iede, 2005).

Assim, como uma das primeiras ações do Programa Nacional de Controle à Vespa-da-madeira, optou-se pelo modelo bem sucedido de controle empregando o nematoide. No Brasil, já em 1989 começaram as liberações do nematoide utilizando-se populações trazidas da Austrália (Iede et al., 2003). Posteriormente foi implantado no Paraná, na Embrapa Florestas, um sistema de criação em larga escala com capacidade de produção de até 3.000 doses do nematoide por semana. Em 1994, foi constatada a perda de infectividade das populações australianas e então foi introduzido novo isolado denominado Kamona. A partir de então, anualmente é realizado o isolamento do fungo e do nematoide provenientes de vespas coletadas no campo, visando garantir a capacidade do nematoide de parasitar (Iede; Pentead; Schaitza, 1998).

Outros fatores que influenciam a eficiência de *D. siricidicola* incluem cuidados de laboratório, como na criação, manipulação e armazenamento; além de cuidados na aplicação, como temperatura de transporte, preparo do inóculo e aplicação na árvore, bem como fatores ambientais do local onde está sendo introduzido (Slippers et al., 2012).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi verificar o parasitismo provocado por *D. siricidicola* e *I. leucospoides* sobre *S. noctilio* e verificar a influência da aplicação artificial do nematoide sobre a população desses três organismos em talhões de *Pinus taeda* L. (Pinaceae).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em florestas plantadas de *P. taeda* de propriedade da Klabin Florestal, que utiliza matéria prima das florestas de pinus para abastecer a produção de papel e celulose, localizada no município de Telêmaco Borba, estado do Paraná. Os plantios estão numa região com altitude em torno de 700m, sob um clima subtropical temperado húmido (Cfb).

No mês de março de 2013 foi realizada a inoculação do nematoide *D. siricidicola*, como descrito por Penteadó et al. (2002) em três talhões de (A, B e C), cujas características estão descritas na Tabela 1. Em seguida, no mês de agosto, procedeu-se a coleta de toretes das árvores inoculadas com o nematoide nos três talhões que receberam a aplicação. Também foram coletados toretes de árvores com sintoma de ataque da vespa-da-madeira em três talhões que não receberam inoculação do nematoide (D, E e F), com características semelhantes daqueles que receberam inoculação (Tabela 1). Assim foram obtidos dois tratamentos (talhões inoculados e não inoculados com o nematoide).

Tabela 1 – Características dos talhões dos quais foram coletados toretes para o experimento.

Talhão	Área (ha)	Idade	Densidade (plantas/ha)	DAP médio	Árvores atacadas	Inoculação de nematoide
A	40,8	12	1667	12	21%	SIM
B	20,1	12	1667	13	12%	SIM
C	25,3	13	1667	12	19%	SIM
D	18,8	12	1667	12	12%	NÃO
E	15,0	7	1667	11	09%	NÃO
F	14,3	13	1667	15	18%	NÃO

Em cada um dos seis talhões foram coletados três toretes (1 m de comprimento) do terço médio de cinco árvores, portanto, 15 toretes por talhão, 45 toretes por tratamento (inoculado ou não inoculado) e um total de 90 toretes. O método de coleta dos toretes e o tamanho das amostras está de acordo com o sugerido por Penteado et al. (2002).

Os toretes da mesma árvore foram armazenados juntos em gaiolas com arestas de madeira e faces teladas, mantidas em recinto com temperatura ambiente, de onde eram coletados diariamente os insetos que emergiam. Os insetos coletados entre outubro de 2013 e fevereiro de 2014 foram identificados e sexados. Para o número de indivíduos coletados e infectados pelo nematoide nos dois tratamentos foi realizada análise de variância e comparação através e do teste de Tukey a 5%.

No caso de *S. noctilio*, o interior do abdômen era checado para verificação de nematoides no sistema reprodutor, procedimento feito com o auxílio de um microscópio estereoscópico. Quando positivo o indivíduo era considerado infectado e a porcentagem foi calculada para os dois tratamentos, como se segue:

$$\text{porcentagem de infecção} = 100 \times \frac{\text{adultos de } S. \textit{noctilio} \text{ infectados}}{\text{total de adultos de } S. \textit{noctilio}}$$

No caso da coleta de *I. leucospoides*, a porcentagem de parasitismo foi calculada em relação ao total de indivíduos de *S. noctilio*, como se segue:

$$\text{porcentagem de parasitismo} = 100 \times \frac{\text{adultos de } I\textit{balia}}{\text{adultos de } S\textit{irex} + \text{adultos de } I\textit{balia}}$$

Resultados

Foram coletados 260 indivíduos de *S. noctilio* e 147 de *I. leucospoides*. Em toretes de talhões que receberam inoculação do nematoide foram coletados 64 indivíduos de *S. noctilio* e 11 de *I. leucospoides*, enquanto que os talhões não inoculados retornaram 196 indivíduos de *S. noctilio* e 136 de *I. leucospoides* (Tabela 2).

De todos os indivíduos de *S. noctilio* que emergiram dos toretes, foram encontrados nove infectados, sendo oito machos e uma fêmea. A fêmea infectada emergiu de torete coletado em um dos talhões que receberam inoculação do nematoide. Dos machos infectados sete são oriundos dos talhões inoculados e um de talhão não inoculado (Tabela 2). A porcentagem de parasitismo provocada pelo nematoide foi de 12,5% nos talhões inoculados e 0,5% nos talhões não inoculados. Já o parasitismo provocado por *I. leucospoides* foi de 14,67% em talhões que receberam inoculação de nematoide e 40,96% em talhões sem inoculação.

A razão sexual de *S. noctilio* em talhões que receberam a inoculação do nematoide foi de 1,91 machos para cada fêmea, semelhante ao observado em talhões sem inoculação (1,92:1). A razão sexual de *I. leucospoides* foi de 0,83:1 em talhões inoculados e 0,60:1 em talhões sem inoculação do (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de adultos de *S. noctilio* e *Ibalia leucospoides* coletados em toretes oriundos de talhões que receberam e não receberam inoculação do nematoide. (Telêmaco Borba, 2013).

	Inoculado	Não inoculado
Machos de <i>Sirex noctilio</i> infectados	7 a	1 a
Machos de <i>Sirex noctilio</i> não infectados	35 a	128 a
Fêmeas de <i>Sirex noctilio</i> infectadas	1 a	0 a
Fêmeas de <i>Sirex noctilio</i> não infectadas	21 a	67 a
Parasitismo por nematoide	12,5%	0,5%
<i>Ibalia leucospoides</i> macho	5 a	51 b
<i>Ibalia leucospoides</i> fêmea	6 a	85 b
Parasitismo por <i>Ibalia leucospoides</i>	14,67%	40,96%

Valores seguidos por letras diferentes na linha diferem segundo o teste de Tukey a 5%.

Discussão

O nematoide *D. siricidicola* possui histórico de sucesso como agente controlador de *S. noctilio* nos países em que a praga foi introduzida (Zondag, 1969, 1971, 1979; Bedding & Akhurst, 1974; Iede et al., 1998 Tribe & Cillié, 2004), com alguns casos de insucesso (Haugen, Underdown, 1993; Becerra et al., 2000; Eskiviski et al., 2003; Hurley et al., 2007).

Mesmo considerando apenas o território brasileiro, já foram encontradas variações na capacidade de infecção desse nematoide. No trabalho de Iede et al. (1998) foi observado mais de 70% de parasitismo em árvores não inoculadas no Rio Grande do Sul, e posteriormente, Fenili et al. (2000) encontraram 18,84% de indivíduos infectados após inoculação.

Segundo Penteado et al. (2002), para se considerar a população do nematoide *D. siricidicola* como estabelecida em um povoamento de *Pinus* sp. e dispensar novas inoculações artificiais, deve ser observado um mínimo de 40% de indivíduos da vespa-da-madeira infectados em árvores não inoculadas. Isso porque a partir desse número, as próprias fêmeas da vespa ovipositando ovos repletos de juvenis do nematoide, irão dispersar seu agente controlador no ambiente e manter a população da vespa sob controle. Nesse ponto é necessário apenas o monitoramento dos níveis de infecção.

Vários fatores influenciam na eficiência de *D. siricidicola*, desde fatores inerentes ao nematoide, como capacidade de infecção, até fatores de manipulação no momento da inoculação, passando por fatores ecológicos, inerentes ao ambiente em que estão sendo introduzidos. No presente trabalho foi verificado baixo desempenho do nematoide, mesmo nos talhões onde foi inoculado (12,5%) e todos os fatores mencionados podem ser enumerados como causas. Apesar disso, a qualidade do inóculo e fatores inerentes ao ambiente não devem ser utilizados para explicar o ocorrido, já que o programa de controle da vespa-da-madeira foi executado com sucesso em anos anteriores na mesma empresa, utilizando o mesmo inóculo, em florestas com características semelhantes. A ocorrência de mais machos que fêmeas infectadas não é justificada pela razão sexual, já que esta foi semelhante em ambos os tratamentos.

Variações nas populações de agentes de controle biológicos são esperadas ao longo das gerações, já que esses agentes são densidade-dependentes. Assim, um acréscimo na população de hospedeiros aumenta os níveis de parasitismo, com o contrário sendo verdadeiro (Kidd & Jervis, 1996). No presente trabalho foi constatado maior parasitismo provocado pelo nematoide nos talhões onde este foi inoculado para o experimento, do que naqueles onde a inoculação havia sido realizada apenas em anos anteriores. Esse último poderia ser diferente,

caso a população do nematoide estivesse estabelecida antes de ser interrompida a aplicação (Slippers et al., 2012).

A relação densidade-dependente entre parasito e hospedeiro pode explicar também o baixo parasitismo por nematoide, ocorrido mesmo nos talhões onde foi aplicado. Isso porque, os talhões já vinham sendo inoculados em anos anteriores e a população da vespa-da-madeira vinha decrescendo em função das aplicações, fazendo com que a população de nematoide também sofresse decréscimo. Sendo assim, o histórico da flutuação populacional da praga e seus inimigos naturais deve ser levado em consideração para o diagnóstico do estabelecimento das populações desses organismos.

Embora a participação de *D. siricidicola* no controle de *S. noctilio* relatada nesse experimento seja baixa, foi observado que o parasitoide *I. leucospoides* está estabelecido na área de estudo, já que foi observado 40,96% de parasitismo nos talhões onde não houve a inoculação do nematoide e 14,67% nos talhões onde o nematoide foi inoculado. Essa variação da população do parasitoide também é explicada pela relação densidade-dependente. Entretanto, a porcentagem de mortalidade provocada por um inimigo natural sobre insetos praga, deve ser tratada com cuidado quanto aos seus efeitos. A utilização de níveis de predação/parasitismo em termos de porcentagem não pode ser simplesmente extrapolada para questões de regulação de populações. Utilizar a porcentagem de parasitismo que um hospedeiro sofre, por exemplo, pode não ser uma boa medida, pois as amostras devem ser tomadas em quantidade e momento adequados para tal, já que a sincronia das populações de parasitoides e hospedeiros afeta a precisão das estimativas tomadas a partir da porcentagem de parasitismo (Kidd & Jervis, 1996).

Os talhões amostrados não eram perfeitamente iguais, mas procurou-se amostrar talhões com características mais próximas possíveis em relação aos fatores que influenciam

na eficiência do nematoide, variando apenas a inoculação artificial. A não padronização das repetições é outro fator que pode influenciar nos resultados de experimentos, o que de fato é difícil de ser conseguido em ambientes florestais, devido principalmente ao tamanho das áreas e a impossibilidade de serem montados talhões, em curto prazo, com características adequadas aos experimentos (Puettmann et al., 2009).

Conclusões

A razão sexual de *S. noctilio* foi semelhante em talhões aplicados e não aplicados.

Talhões que receberam aplicação apresentaram população menor de *Sirex noctilio* e de *I. leucospoides*.

A população de *I. leucospoides* está bem estabelecida e foi maior em talhões com baixa presença do nematoide.

Agradecimentos

À Klabin Florestal, ao FUNCEMA e à Embrapa Florestas pelo apoio técnico e disponibilização de pessoal. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor.

Referências

ABRAF, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013, 142 p.

AGUIAR, A. V.; SOUZA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Introdução. In: EMBRAPA FLORESTAS (Ed.). **Cultivo de pínus**. 2. ed. Colombo: Embrapa Florestas, Sistemas de produção 5, 2011.

BECERRA, C.; BENNESCH, M.; FARALDO, G.; DE COLL, O.; ESKIVISKI, E.; FIGUEREDO, I. Establishment and efficiency of the nematode *Deladenus siricidicola* B. to control *Sirex noctilio* F. in *Pinus taeda* plantations of Misiones and NE of Corrientes. **Proyecto Forestal de Dessarrollo**. Final report PIA 12A/96 . INTA, Argentina, p. 1-10, 2000.

BEDDING, R. A. Parasitic and free-living cycles in entomogenous nematodes of the genus *Deladenus*. **Nature**, n. 214, p. 174-175, 1967.

BEDDING, R. A.; AKHURST, R. J. Use of the nematode *Deladenus siricidicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. **Journal of the Australian Entomological Society**, n. 13, p. 129-135, 1974.

BEDDING, R. A.; IEDE, E. T. Application of *Beddingia siricidicola* for Sirex Woodwasp Control. In: GREWAL, P.S., EHLERS, R.U., SHAPIRO-ILAN, D.I. (Ed.). **Nematodes as Biocontrol Agents**. Cambridge: CABI publishing, 2005. p. 385-400.

CARVALHO, A. G. de. Aspectos bioecológicos de *Ibalia leucospoides* (Hockenwarth), (Hymenoptera:Ibaliidae). In: CONFERÊNCIA REGIONAL DA VESPA DA MADEIRA, *Sirex noctilio*, NA AMERICA DO SUL, 1992, Florianópolis. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas-CNPf, 1993. p. 111-120.

COUTTS, M. P. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I Effects of the symbiotic fungus *Amylosterum* sp. (Thelophoraceae). **Australian Journal of Biological Science**. n. 22, p. 915-924, 1969a.

COUTTS, M. P. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I Effects of *S. noctilio* mucus. **Australian Journal of Biological Science**. n. 22, p. 1153-1161, 1969b.

EMBRAPA FLORESTAS. **Cultivo de Pinus: guia de orientações básicas sobre o cultivo**. Colombo: Embrapa: CNPF, 2005. 34 p. (Embrapa-CNPf. Sistemas de Produção 5).

ESKIVISKI, E.; De COLL, O.; FARALDO, G. S.; BENNESCH, M. A. Efficiency of new isolations of *Deladenus siricidicola* B. in the biological control of *Sirex noctilio*. **Jornadas Tecnicas Forestales y Ambientales** – FCF, UnaM – EEA *Monetecarlo* , INTA , Argentina, 2003.

FENILI, R.; MENDES, C. J.; MIQUELLUTI, D. J.; MARIANO-DA-SILVA, S.; XAVIER, Y.; RIBAS, H. S.; FURLAN, G. *Deladenus siricidicola*, Bedding (Neotylenchidae) parasitism evaluation in adult *Sirex noctilio*, Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae) . **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, p. 683-687, 2000.

HAUGEN, D. A.; UNDERDOWN, M. G. Reduced parasitism of *Sirex noctilio* in radiata pines inoculated with the nematode *Beddingia siricidicola* during 1974 – 89 . **Australian Forestry**, v. 56, p. 45-48, 1993.

HURLEY, B. P.; SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M. J. A comparison of control results for the alien invasive woodwasp, *Sirex noctilio*, in the southern hemisphere. **Agricultural and Forest Entomology**, n.9, p.159-171, 2007.

IEDE, E. T.; PENTEADO, S. R. C.; BISOL, J. C. Primeiro registro de ataque de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda* no Brasil. **Circular Técnica EMBRAPA-CNPQ**, n. 20. 12p, 1988.

IEDE, E. T.; PENTEADO, R. C. S.; FILHO, W. R. The woodwasp *Sirex noctilio* in Brazil: monitoring and control. In: SLIPPERS, B.; DE GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. (Ed.). **The sirex woodwasp and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide invasive pest**. Nova Iorque: Springer, 2012. p.217-228.

IEDE, E.T.; PENTEADO, S. R. C.; REIS FILHO, W. Uso do entomopatógeno *Deladenus siricidicola* em Pinus. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 2003, Petrolina. **Resumos...** 2003. p. 47-49.

IEDE, E. T.; PENTEADO, S. R. C.; SCHAITZA, E. G. *Sirex noctilio* problem in Brazil – detection, evaluation and control. In: Iede E.; Shaitza, E.; Penteado, S.; Reardon, R.; Murphy,

T. (Ed.). **Proceedings of a Conference:** Training in the Control of *Sirex noctilio* by Use of Natural Enemies, Morgantown: USDA Forest Service, 1998. p. 45-52.

IEDE, E. T.; ZANETTI, R. Ocorrência e recomendações para o manejo de *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera, Siricidae) em plantios de *Pinus patula* (Pinaceae) em Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, n. 51, p. 529-531, 2007.

KIDD, N. A. C.; JERVIS, M. A. Population dynamics. In: JERVIS, M. A.; KIDD, N. A. C. (Ed.). **Insect Natural Enemies:** practical approaches to their study and evaluation. Londres: Chapman & Hall, 1996. p. 293-374.

MADDEN, J. L. Oviposition behavior of the woodwasp *Sirex noctilio* F. **Australian Journal of Zoology**. n. 22, p. 341-351, 1974.

MADDEN, J. L. Physiological reactions of *Pinus radiata* to attack by the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). **Bulletin of Entomological Research**. n. 67, p. 405-426, 1977.

PENTEADO, S. R. C.; IEDE, E. T.; FILHO, W.R. Manual para o controle da vespa-da-madeira em plantio de pinus. Embrapa Florestas. **Documentos 76**, 38p. 2002.

PUETTMANN, K. J.; COATES, K. D.; MESSIER, C. **A critique of silviculture:** managing for complexity. Washington: Ed. Island Press, 2009. 189p.

SLIPPERS, B.; HURLEY, B. P.; MLONYENI, X. O.; De GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. Factors affecting the efficacy of *Deladenus siricidicola* in biological control systems. In: SLIPPERS, B.; De GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. **The sirex woodwasp and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide invasive pest.** Nova Iorque: Springer, p.119-134, 2012.

TRIBE, G. D.; CILLIÉ, J. J. The spread of *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae) in South African pine plantations and the introduction and establishment of its biological control agents. **African Entomology**, n. 12, 9-17, 2004.

ZONDAG, R. A nematode infection of *Sirex noctilio* (F.) in New Zealand. **New Zealand Journal of Science**, n. 12, p. 732-747, 1969.

ZONDAG, R. Control of *Sirex noctilio* (F.) with *Deladenus siricidicola* Bedding. Part I – 1967 Field trial. **New Zealand Journal of Forestry Science**, n. 1, p. 5-14, 1971.

ZONDAG, R. Control of *Sirex noctilio* (F.) with *Deladenus siricidicola* Bedding. Part II. Introductions and establishments in the South Island 1968 – 75. **New Zealand Journal of Forestry Science**, n. 9, p. 68-76, 1979.

1 **CAPÍTULO 4 - Caracterização da população de *Deladenus (=Beddingia)***
2 ***siricidicola* (Neotylenchidae) presente no Brasil**

3

4 **RESUMO**

5 O nematoide *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* (Neotylenchidae) é o principal
6 inimigo natural utilizado para o controle da vespa-da-madeira, inseto-praga de
7 florestas plantadas de pínus. Possui um ciclo de vida micetófago e um parasítico,
8 sendo essa característica a que permite que seja multiplicado em laboratório e
9 aplicado artificialmente para o controle da praga. As informações sobre a morfologia
10 deste nematoide são baseadas apenas na literatura internacional e a população
11 presente no Brasil nunca foi descrita. Assim o objetivo foi utilizar a microscopia ótica
12 e a microscopia eletrônica de varredura para identificar, medir e descrever
13 características gerais e aquelas ainda não descritas, sobre este nematoide. São
14 apresentados dados morfométricos de fêmeas e machos micetófagos e fêmeas
15 parasíticas, bem como características que podem auxiliar na taxonomia.

16 *Palavras-chave:* microscopia eletrônica de varredura, microscopia ótica, nematoide,
17 vespa-da-madeira.

18

19 **ABSTRACT**

20 The nematode *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* (Neotylenchidae) is the main
21 natural enemy used to control the European woodwasp, insect-pest in planted pine
22 stands in several southern hemisphere countries. This nematode has a
23 micetophagous and a parasitic life cycle and, such trait allows its multiplication in
24 laboratory and artificial application to control the pest. The information on its
25 morphology are based only on the international literature and the population present

1 in Brazil was never described. Therefore, the objective was to use the optic
2 microscopy and the scanning electronic microscopy to identify, measure and
3 describe morphological traits not described before. Morphometric data of
4 micetophagous females and males and parasitic females, as some traits that can
5 help in the taxonomy, are presented.

6 *Keywords:* European woodwasp, nematode, optic microscopy, scanning electronic
7 microscopy.

8

9 **INTRODUÇÃO**

10

11 A vespa-da-madeira *Sirex noctilio* Fabricius 1793 (Hymenoptera: Siricidae) é a
12 principal praga de florestas plantadas de pínus em vários países do hemisfério sul
13 que utilizam essa cultura como fonte de matéria-prima (CIESLA, 2003).

14 Considerando que *S. noctilio* é uma praga exótica que tem origem na Europa, norte
15 da África e da Ásia, portanto introduzida no Brasil sem o seu complexo de
16 competidores e inimigos naturais, o método de controle biológico mais adequado,
17 em tese, é o clássico. Neste método, um inimigo natural de mesma origem da praga
18 e especializado é introduzido no ambiente que a praga ameaça, para que se
19 estabeleça e auxilie no controle da praga (DEBACH, 1964). De acordo com Murphy
20 (1998), existem vários exemplos de introduções bem sucedidas de inimigos naturais
21 contra pragas florestais exóticas ao redor do globo.

22 Além dos parasitoides *Ibalia leucospoides* Hochenwarth, 1785 (Hymenoptera,
23 Ibalidae), *Megarhyssa nortoni* Cresson, 1864 e *Rhyssa persuasoria* (L., 1758)
24 (Hymenoptera, Ichneumonidae), o inimigo natural da vespa da madeira mais

1 utilizado para seu controle é o nematoide *Deladenus (=Beddingia) siricidicola*
2 (Bedding 1968) (Neotylenchidae), que pela sua capacidade de infectar as larvas e
3 esterilizar as fêmeas de *S. noctilio*, chega a atingir níveis próximos a 100% de
4 parasitismo (IEDE et al., 1998; IEDE, ZANETTI, 2007).

5 Este nematoide é o inimigo natural mais efetivo no controle desta praga
6 (HURLEY et al., 2007). Tem sido usado como um agente de controle biológico em
7 programas de manejo da praga em todo o hemisfério sul do planeta, onde *S. noctilio*
8 é praga exótica em florestas plantadas de pínus. Foi descrito primeiramente como
9 *Deladenus siricidicola* mas em 1986, Blinova e Korenchenko (1986) reposicionaram
10 todas as espécies de nematoides do gênero *Deladenus* para o gênero *Beddingia*,
11 sendo esta nomenclatura adotada por Remillet e Laumond (1991). Depois disso
12 voltou a figurar na literatura como integrante do gênero *Deladenus* (PEAT, 2010,
13 SLIPPERS, et al., 2012). A utilização de *D. siricidicola* como controlador de *S.*
14 *noctilio* vem acontecendo com sucesso desde a década de 1970, na Austrália, onde
15 a vespa havia sido detectada na década anterior (BEDDING; IEDE, 2005).

16 A biologia peculiar desse nematoide, com dois ciclos possíveis, permite seu
17 uso como uma ferramenta de controle. *Deladenus siricidicola* possui um ciclo
18 micetófago de vida livre e um ciclo parasítico dentro do corpo do inseto. As vespas
19 parasitadas que depositam ovos nos troncos das árvores, ao invés de depositarem
20 ovos com embriões de vespa, põem ovos repletos de juvenis do nematoide, que são
21 depositados normalmente como se fossem sadios. Junto a esses ovos parasitados a
22 fêmea da vespa deposita esporos do fungo simbiote *A. areolatum*, que ao colonizar
23 a madeira torna esta apropriada à alimentação das larvas da vespa e serve de
24 alimento também para o nematoide. Os nematoides juvenis deixam os ovos da

1 vespa e passam a se nutrir das hifas do fungo, no ciclo de vida livre. Com isso se
2 tornam adultos e se reproduzem, colocando seus ovos em traqueídeos, canais de
3 resina e outras partes internas do caule da planta. O nematoide pode se manter
4 nesse ciclo micófago por várias gerações, disseminando-se pelo interior da árvore
5 acompanhando o crescimento do fungo (BEDDING; IEDE, 2005).

6 Como várias fêmeas da vespa ovipositam na mesma árvore, é comum que
7 durante sua dispersão pelo caule os nematoides encontrem larvas vivas da vespa
8 também se alimentando do fungo. Encontrando as larvas das vespas os nematoides
9 recebem estímulo para se tornar parasitários, penetrando ativamente pelo
10 tegumento das larvas hospedeiras, sob a forma de fêmeas parasíticas, já
11 fecundadas pelos machos. Uma vez dentro do hospedeiro as fêmeas do nematoide
12 aguardam a metamorfose da larva em vespas adultas. Nesse momento cada fêmea
13 do nematoide que invadiu o inseto pode colocar até 10000 ovos gerando juvenis que
14 migram para o sistema reprodutor da vespa, ocupam os ovos em formação e os
15 tornam inférteis, que apesar disso serão ovipositados normalmente pela vespa. A
16 partir da oviposição da vespa os nematoides poderão colonizar outra árvore e
17 buscar novos hospedeiros (BEDDING; IEDE, 2005).

18 No Brasil a espécie *S. noctilio* é a única capaz de servir como hospedeira
19 deste nematoide e *D. siricidicola* é o único nematoide capaz de infectar a vespa.
20 Dessa forma, é o próprio inseto o responsável pela dispersão de seu parasito no
21 ambiente (BEDDING; IEDE, 2005).

22 Os dois ciclos de vida do nematoide são tão diferentes que, quando de sua
23 descoberta, foram descritos como de duas famílias diferentes, muito em função de
24 suas formas de vida em cada ciclo serem bastante diferentes morfológicamente

1 (PEAT, 2010). O ciclo de vida micetófago foi descrito na família Neotylenchidae e o
2 ciclo parasítico na família Allantonematidae, mas posteriormente foi desfeito o
3 engano e reconhecida uma única espécie (BEDDING, 1967). Essa capacidade de
4 dois ciclos distintos permite que esse nematoide seja criado em laboratório sem a
5 necessidade do inseto hospedeiro. Contudo, a busca e isolamento de populações no
6 campo, que passaram pelo ciclo parasítico, se tornam necessários, já que a
7 manutenção de inóculo em laboratório pode fazer com que este perca a capacidade
8 de mudar de ciclo e parasitar as larvas da vespa-da-madeira (BEDDING; IEDE,
9 2005).

10 A cepa brasileira foi originalmente trazida do programa australiano de controle
11 à vespa-da-madeira. Tal cepa tinha origem em Sopron, na Hungria. Essa cepa
12 trazida da Austrália, posteriormente perdeu sua capacidade de infectar as larvas da
13 vespa-da-madeira e portanto foi necessário realizar novo isolamento, quando foi
14 introduzida a cepa "Kamona". A partir de então, anualmente é realizado o isolamento
15 do fungo e do nematoide provenientes de vespas coletadas no campo, visando
16 garantir a capacidade do nematoide de parasitar (BEDDING; IEDE, 2005).

17 Estudos a respeito da morfologia desse nematoide restringem-se ao trabalho
18 de sua descrição, em que Bedding (1968) apresenta, com desenhos, caracteres
19 taxonômicos da espécie e a morfometria de machos e fêmeas do ciclo micetófago e
20 fêmeas do ciclo parasítico. Além desse trabalho, recentemente Peat (2010)
21 apresentou eletromicrografias de varredura de diversas fases do ciclo de vida desse
22 nematoide. Contudo o objetivo do trabalho não era identificar a espécie, mas sim
23 utilizá-la como modelo de estudos sobre evolução, devido à peculiaridade de dois
24 ciclos de vida em uma mesma espécie.

1 Em função da carência de informações acerca da morfometria desse
2 nematoide no Brasil e ao fato de que a população foi novamente isolada do campo,
3 o objetivo desse estudo foi caracterizar morfologicamente a população do nematoide
4 presente no Brasil.

5

6 **MATERIAL E MÉTODOS**

7

8 Os espécimes utilizados neste estudo foram obtidos junto à Embrapa
9 Florestas, que realiza a criação massal do nematoide para ser distribuído e aplicado
10 em florestas plantadas de pinus com ocorrência da vespa-da-madeira.

11 Foram analisados fêmeas e machos do ciclo micetófago, bem como fêmeas
12 do ciclo parasítico. Tais espécimes foram triados com o auxílio de microscópio
13 estereoscópico, a partir de placas de criação onde são mantidos se alimentando do
14 fungo *Amylostereum areolatum* (Chaillet ex Fr.) Boidin, 1958 (Agaricomycetidae).

15 Para a obtenção de imagens ao microscópio eletrônico de varredura, os
16 espécimes foram pré-fixados na placa de Petri onde são mantidos sobre meio BDA,
17 empregando solução de glutaraldeído a 3%, em tampão de fosfato de potássio a
18 0,1M e pH 7,2-7,4, seguida da pós-fixação em tetróxido de ósmio a 1% no mesmo
19 tampão. A amostra resultante foi desidratada em gradiente de álcool (30, 50, 70, 80,
20 90, 95, 100, 100 e 100%), submetida a limpeza em aparelho de ultrassom Thornton®
21 por 30 segundos com 100 ciclos por segundo e secada ao ponto crítico. Em seguida
22 30 espécimes foram submetidos a banho de ouro para em seguida serem levados
23 ao microscópio eletrônico de varredura modelo Jeol® JSM-6610 LV.

1 Para obter imagens de microscopia ótica, os espécimes fixados em
2 glutaraldeído a 3% foram observados com auxílio de câmera digital Olympus® DP
3 72, acoplada a um microscópio fotônico Olympus® BX 50 e ligada a um computador.
4 As imagens são obtidas e processadas com auxílio do software Image Pro-Plus 6.3®.
5 No estudo morfométrico foram consideradas algumas das variáveis propostas por
6 Wilmott et al. (1985), usualmente empregadas nas descrições de nematoides e
7 estão entre aquelas propostas por Bedding (1968).

8

9 **RESULTADOS**

10

11 O nematoide *D. siricidicola* pertence à ordem Tylenchida. As Figuras 1A e 2A
12 permitem observar a presença da abertura da glândula dorsal esofagiana no
13 procorpo do esôfago, o que caracteriza os tilenquídeos.

14 A placa labial da fêmea micetófaga de *D. siricidicola* é indivisa, exhibe seis
15 lábios característicos e tem a forma aproximadamente quadrada, apresentando
16 constrições nas faces dorsal e ventral e as aberturas anfidiais, em forma de poro,
17 sobre os lábios laterais (Figura 3A, B). O disco labial é distinto e retangular com
18 maior eixo posicionado dorso-ventralmente, onde são observadas seis sensilas
19 labiais, sendo três de cada um dos lados de maior comprimento do disco (Figura
20 3A). A região labial do nematoide exhibe quatro estrias transversais que delimitam
21 cinco anéis e não exhibe estrias longitudinais (Figura 3A). Próximo à extremidade
22 anterior foi observada a presença de anastomose de uma das estrias transversais
23 (Figura 3B).

1 Sobre os machos micetófagos foi observado que o comprimento do corpo tem
2 em média 1,61 mm. O estilete tem em média 9,3 μm . A bursa é presente e envolve
3 toda a cauda (Figura 3). Outros dados são apresentados na Tabela 1.

4 As fêmeas micetófagas tem comprimento médio do corpo de 1,86 mm e estilete
5 de 9,1 μm (Tabela 1). Tais indivíduos puderam ser distinguidos das fêmeas
6 parasíticas pelo estilete mais fino e curto e, principalmente, pela presença
7 característica da vulva dilatada (Figura 1B).

8 As fêmeas parasíticas apresentaram comprimento médio do corpo de 1,15
9 mm. Conquanto não tenha sido observada a presença da vulva dilatada (Figura 2B),
10 a distinção da fêmea parasítica foi possível, principalmente, pela observação do
11 estilete mais robusto (comprimento médio de 20,1 μm) (Figura 2A) em relação ao da
12 fêmea micetófaga. Demais variáveis morfométricas e proporções estão
13 apresentadas na Tabela 1. Ao MEV foram observadas oito linhas do campo lateral
14 de fêmeas micetófagas (Figura 6).

15

16 **DISCUSSÃO**

17

18 Os dados obtidos com auxílio da microscopia eletrônica de varredura foram
19 úteis na caracterização da população de *D. (=B.) siricidicola* presente no Brasil.
20 Contribuem não somente para confirmar a identidade do nematoide, mas também
21 para revelar detalhes da morfologia, que ainda não haviam sido registrados. O único
22 trabalho, até então, que havia utilizado microscopia eletrônica de varredura, foi feito
23 nos Estados Unidos por Peat (2010), no qual não constavam algumas informações
24 apresentadas no presente estudo.

1 Algumas das características apresentadas neste trabalho foram relatadas
2 pela primeira vez, tais como a placa labial indivisa, o disco labial de forma
3 retangular, a presença de quatro estrias delimitando cinco anéis na região labial e a
4 presença de anastomose de estrias próximas à extremidade anterior. A existência
5 de cinco anéis na região labial da fêmea micetófaga é útil para a caracterização
6 desta espécie e é relevante para caracterizar espécies de nematoide de modo geral
7 (HUNT et al., 2005).

8 A cepa brasileira do nematoide tem origem em Sopron, na Hungria, e
9 Kamona, na Austrália (BEDDING; IEDE, 2005). A cepa norte-americana tem origem
10 provavelmente também europeia, de onde tanto *S.noctilio* quanto *A. areolatum* e *D.*
11 *siricidicola* são nativos (WILLIAMS et al., 2012). Mesmo assim, existia a
12 possibilidade de diferenças morfológicas entre a população presente no Brasil e a
13 norte-americana, já que depois das duas introduções no Brasil, em 1989 e 1994, não
14 houve mais importações do nematoide e a população atualmente mantida e utilizada
15 para aplicação foi novamente isolada do campo (IEDE et al., 2012). Apesar de ter
16 ocorrido variação nos dados morfométricos em relação aos apresentados no
17 trabalho de descrição da espécie (BEDDING, 1968), esta foi sutil suficiente para
18 confirmar que se trata da mesma espécie. Tal variabilidade é frequente entre as
19 populações de nematoides, especialmente naquelas que são mantidas em meios
20 artificiais, comparado com outras que são recuperadas do ambiente natural (HUNT
21 et al., 2005).

22 Ao microscópio eletrônico de varredura foram observadas oito linhas no
23 campo lateral de fêmeas micetófagas. Entretanto, Bedding (1968) relatou que

1 podem ocorrer variação de 4 a 15 linhas ao longo do comprimento do corpo do
2 nematoide.

3 As ilustrações (Figura 3A, B) do nematoide obtidas ao MEV, no presente
4 estudo, indicam que a técnica de preparação empregada é adequada para o estudo
5 de *D. (=B.) siricidicola* usando esse recurso.

6

7 **CONCLUSÕES**

8

9 Os espécimes da população de *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* descritos
10 neste trabalho não diferem morfológicamente das outras populações desta espécie
11 já caracterizadas na literatura.

12 Destaca-se o formato retangular do disco labial.

13 Destaca-se a primeira menção ao foto de a região labial não exibir estrias
14 longitudinais, mas exibir quatro estrias transversais que delimitam cinco anéis.

15

16 **AGRADECIMENTOS**

17

18 À Embrapa Florestas por fornecer as amostras do nematoide. Ao Conselho
19 Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico por conceder a bolsa de
20 doutorado ao primeiro autor.

21

22 **REFERÊNCIAS**

23

- 1 BEDDING, R. *Deladenus wilsoni* n. sp. and *D. siricidicola* n. sp. (Neotylenchidae),
2 entomophagous-mycetophagous nematodes parasitic in siricid woodwasps.
3 **Nematologica**, Leiden, v. 14, p. 515-525, 1968.
4
- 5 BEDDING, R. A. Parasitic and free-living cycles in entomogenous nematodes of the
6 genus *Deladenus*. **Nature**, Londres, v. 214, p. 174-175, 1967.
7
- 8 BEDDING, R. A.; IEDE, E.T. Application of *Beddingia siricidicola* for Sirex Woodwasp
9 Control. In: GREWAL, P. S.; EHLERS, R. U.; SHAPIRO-ILAN, D. I. **Nematodes as**
10 **Biocontrol Agents**. 1. ed. Londres: CABI publishing, 2005. cap. 21, p. 385-400.
11
- 12 BLINOVA, S. L.; KORENCHENKO, E. A. *Phaenopsitylenchus lacicis* g.n. and sp.n.
13 (Nematoda: Phaenopsitylenchidae fam. N.) parasite of *Phenops guttulata* and
14 remarks on taxonomy of nematodes of the superfamily Sphaerularioidea. **Akademii**
15 **Nauk SSSR**, Moscou, v. 34, p. 14–23, 1986.
16
- 17 CIESLA, W. M. European woodwasp: a potential threat to North America's conifer
18 forests. **Journal of Forestry**, Bathesda, v. 101, p. 18–23, 2003.
19
- 20 DEBACH, P. **Biological control of insects pests and weeds**. Londres: Chapman
21 and Hall, 1964. p. 151-170.
22
- 23 HUNT, D. J.; LUC, M.; MANZANILLA-LÓPEZ, R. H. Identification, morphology, and
24 biology, of plant parasitic nematodes. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. Plant

- 1 parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2. Ed. Cap. 2.
2 Wallingford:CABI Publishing, 2005. P. 11-52.
3
- 4 HURLEY, B. P.; SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M. J. A comparison of control results for
5 the alien invasive woodwasp, *Sirex noctilio*, in the southern hemisphere. **Agricultural**
6 **and Forest Entomology**, Hoboken, v. 9, p. 159-171, 2007.
7
- 8 IEDE, E. T.; PENTEADO, R. C. S.; FILHO, W. R. The woodwasp *Sirex noctilio* in
9 Brazil: monitoring and control. In: SLIPPERS, B.; DE GROOT, P.; WINGFIELD, M. J.
10 (Ed.). **The sirex woodwasp and its fungal symbiont: Research and management**
11 of a worldwide invasive pest. Nova Iorque: Springer, 2012. p.217-228.
12
- 13 IEDE, E. T., PENTEADO, S. R. C, SCHAITZA, E. G. *Sirex noctilio* problem in Brazil:
14 detection, evaluation and control. In: IEDE, E. T.; SCHAITZA, E.; PENTEADO, S.;
15 REARDON, R. C.; MURPHY, S. T. (Org.). **Proceedings of a conference: training in**
16 **the control of *Sirex noctilio* by the use of natural enemies**. Morgantown: U.S.
17 Department of Agriculture, Forest Service, p. 45-52, 1998.
18
- 19 IEDE, E. T.; ZANETTI, R. Ocorrência e recomendações para o manejo de *Sirex noctilio*
20 Fabricius (Hymenoptera, Siricidae) em plantios de *Pinus patula* (Pinaceae) em Minas
21 Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 529-531,
22 2007.
23

- 1 PEAT, S. M. Utilization of phylogenetic systematics, molecular evolution, and
2 comparative transcriptomics to address aspects of nematode and bacterial evolution.
3 2010. 237 f. Tese (Doutorado em Biologia) – Faculdade de Biologia, Universidade
4 Brigham Young, Brigham, 2010.
5
- 6 REMILLET, M.; LAUMOND, C. Sphaerularioid nematodes of importance in
7 agriculture. In: NICKLE, W. R. (Ed.). **Manual of Agricultural Nematology**. New
8 York: Marcel Dekker, 1991. p. 967-1024.
9
- 10 SLIPPERS, B., HURLEY, B.P., MLONYENI, X.O., de GROOT, P., WINGFIELD, M.J.
11 Factors affecting the efficacy of *Deladenus siricidicola* in biological control systems.
12 In: SLIPPERS, B.; DE GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. (Ed.). **The sirex woodwasp
13 and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide invasive pest**.
14 Nova Iorque: Springer, 2012. p.119-133.
15
- 16 WILLIAMS, D.W.; ZYLSTRA, K.E.; MASTRO, V.C. Ecological considerations in using
17 *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* for the biological control of *Sirex noctilio* in North
18 America. In: SLIPPERS, B.; DE GROOT, P.; WINGFIELD, M. J. (Ed.). **The sirex
19 woodwasp and its fungal symbiont: Research and management of a worldwide
20 invasive pest**. Nova Iorque: Springer, 2012. p.135-149.
21
- 22 WILMOTT, S.; GOOCH, P.S., SIDDIQI, M.R., FRANKLIN, M. CIH descriptions of
23 plant-parasitic nematodes. St. Albans:CAB, 1985.

1 Tabela 1. Morfometria de machos e fêmeas micetófagos e fêmeas parasíticas de *Deladenus (=Beddingia) siricidicola*, ao
 2 fotomicroscópio.

Medida	Macho			Fêmea			Fêmea		
	micetófago (n=20)			micetófaga (n=20)			parasítica (n=20)		
	Média	Erro padrão	Amplitude	Média	Erro padrão	Amplitude	Média	Erro padrão	Amplitude
L (mm)	1,61	0,07	1,2 - 2,2	1,86	0,03	1,6 - 2,1	1,15	0,02	1,0 - 1,3
a (µm)	75,1	2,30	63,1 - 102,3	86,3	1,82	73,7 - 99,3	69,5	1,21	60,3 - 83,5
c (µm)	34,0	1,65	24,7 - 53,4	40,0	0,60	36,5 - 44,2	33,7	0,58	28,4 - 38,4
V (%)	-----	-----	-----	93,0	0,28	90,8 - 95,3	92,6	1,27	85,0 - 103,1
Estilete (µm)	9,3	0,12	8,1 - 9,9	9,1	0,10	8,2 - 10,0	20,1	0,16	19,1 - 21,4
DGO (µm)	-----	-----	-----	5,7	0,14	4,5 - 6,52	12,7	0,19	10,4 - 13,9
Cauda (µm)	47,8	1,35	37,3 - 67,8	46,6	1,07	37,0 - 51,0	36,4	0,8	35,1 - 39,2

3

4

5

6

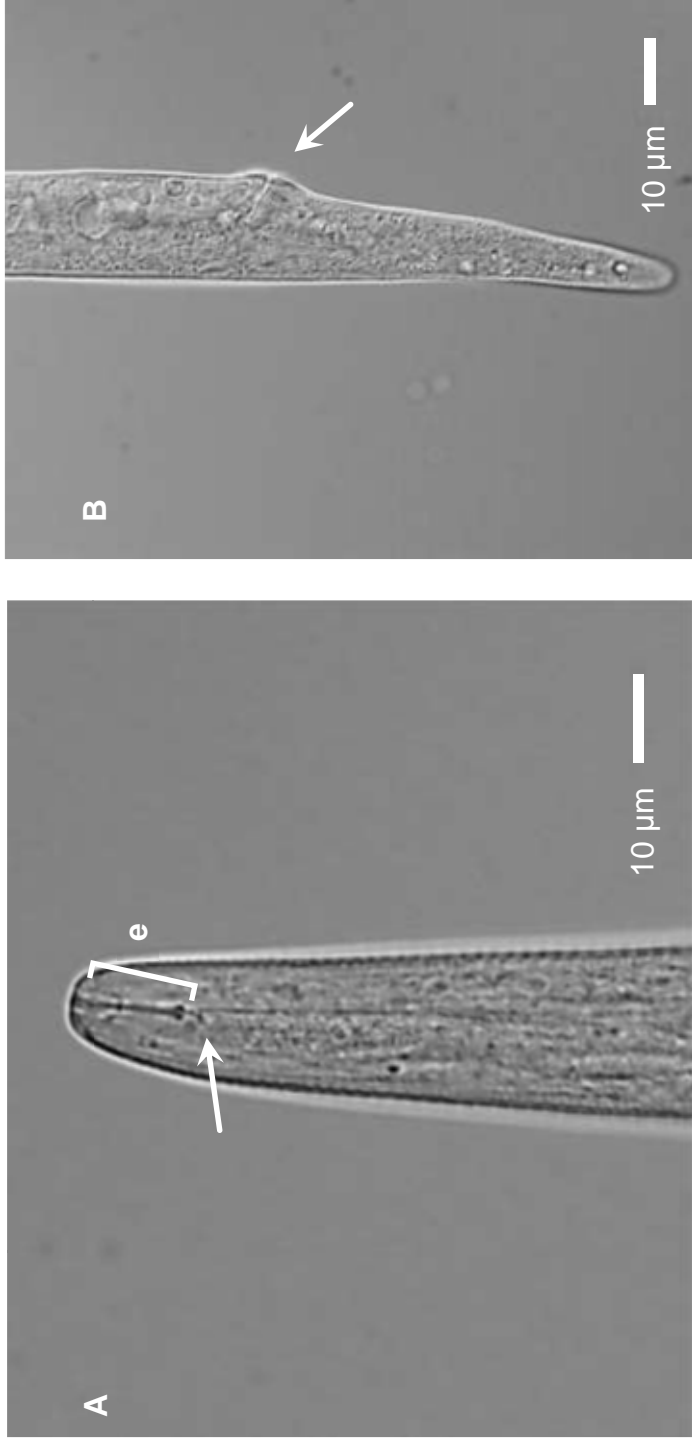


Figura 1. Fêmea micetófaga de *Deladenus* (= *Beddingia*) *siricidicola*. A) Fotomicrografia da região anterior mostrando a abertura da glândula dorsal esofágica (DGO) (seta) e o estilete (e). B) Fotomicrografia ilustrando a vulva dilatada (seta).

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

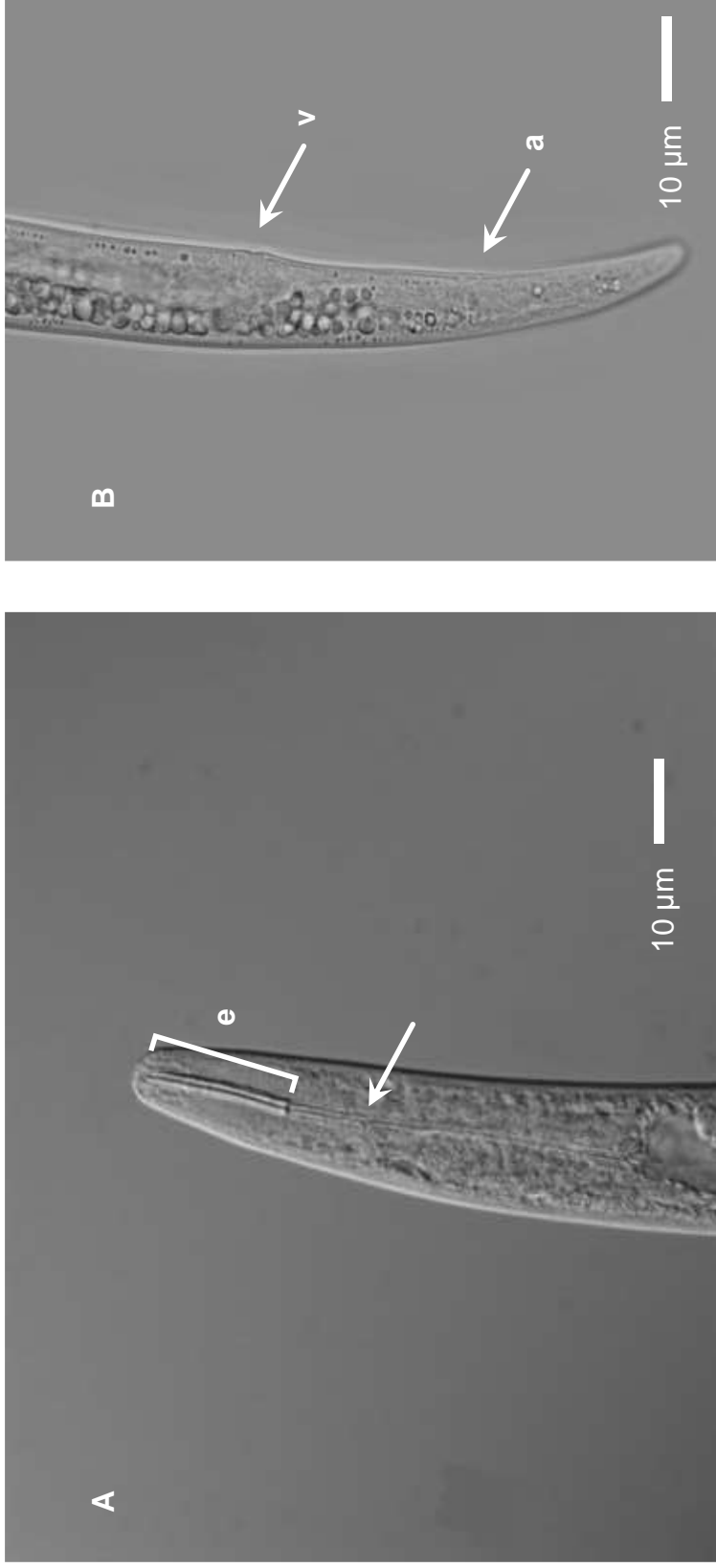
12

13

14

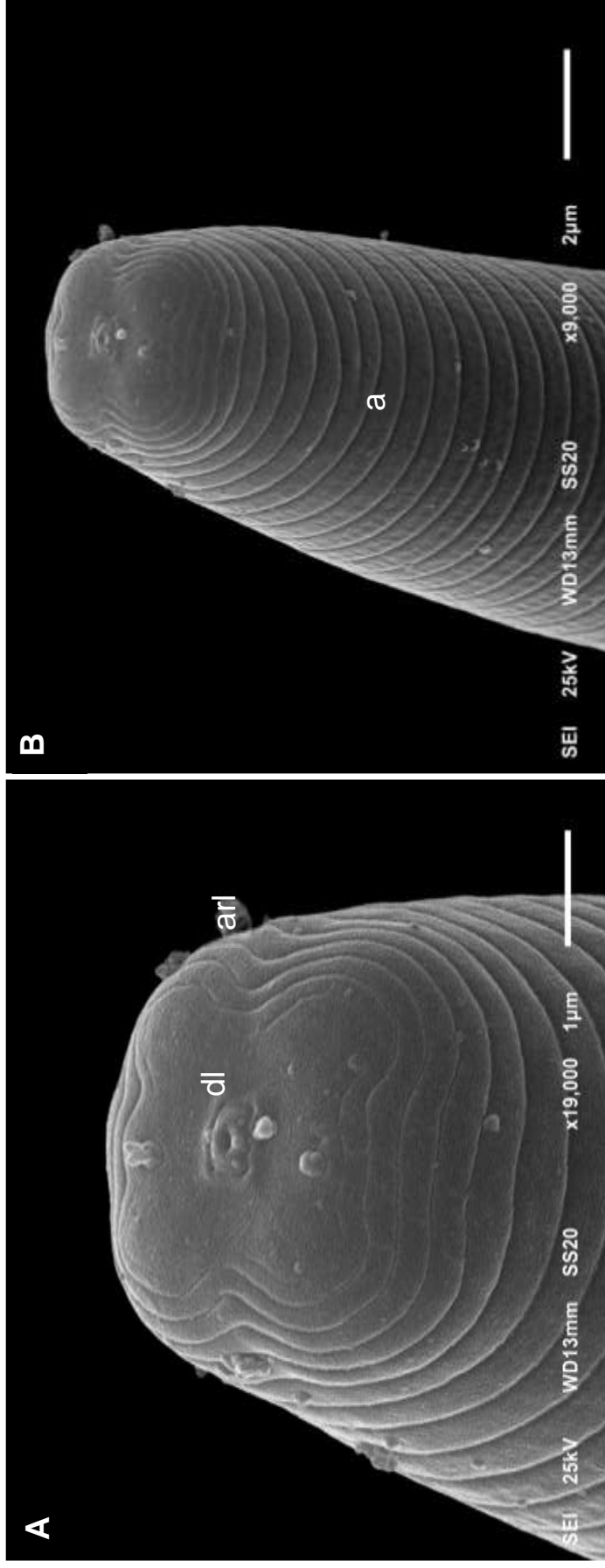
15

16



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

12 Figura 2. Fêmea parasítica de *Deladenus* (=Beddingia) *siricidicola*. A) Fotomicrografia da região anterior mostrando
13 a abertura da glândula dorsal esofagiana (DGO) (seta) e o estilete robusto (e). B) Fotomicrografia mostrando a vulva
14 não dilatada (v) o ânus (a).



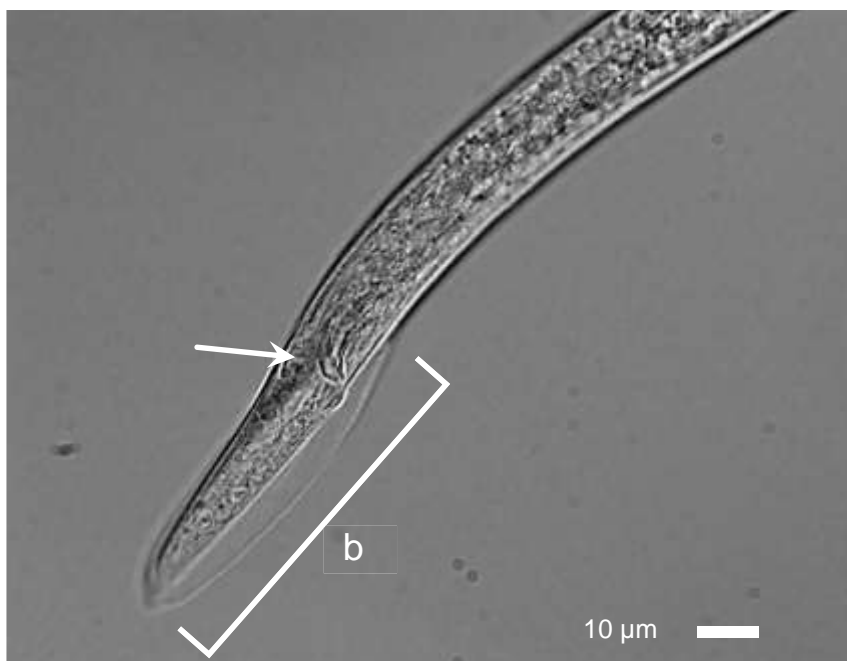
1 Figura 3. Eletromicrografia de varredura da região anterior da fêmea micetófaga de *Deladenus* (= *Beddingia*) *siricidicola*. A)

- 2 Detalhe da região anterior da fêmea micetófaga mostrando o disco labial (dl) e os quatro anéis da região labial (arl). B) Região
- 3 anterior da fêmea micetófaga mostrando anastomose de uma estria transversal (a).

4

5

6



1 Figura 4. Fotomicrografia da cauda do macho de
2 *Deladenus* (=Beddingia) *siricidicola* mostrando a bursa (b)
3 envolvendo toda a cauda e os espículos (seta).

4

5

6

7

8

9

10

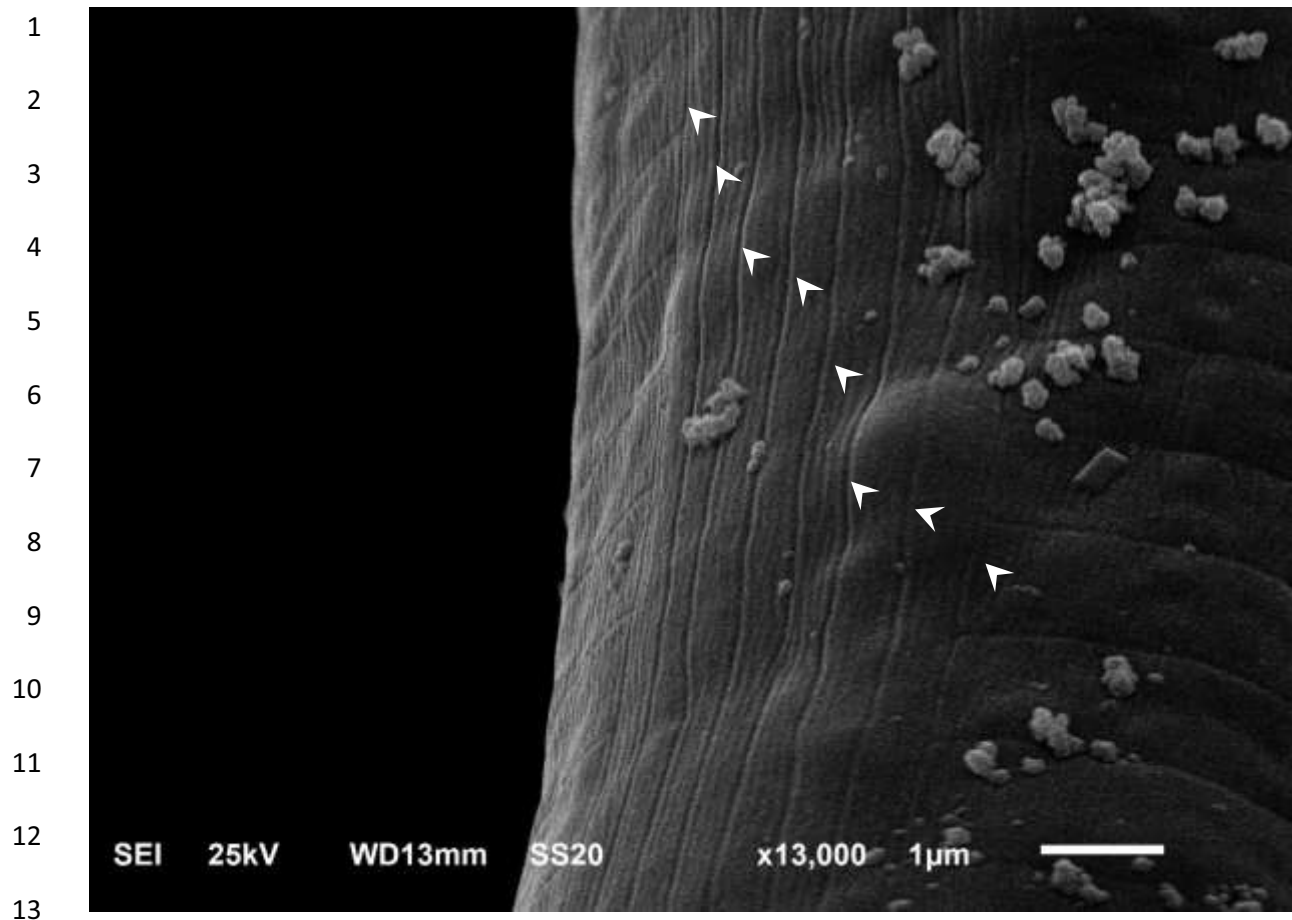
11

12

13

14

15



14 Figura 6. Eletromicrografia de varredura da região X do corpo da fêmea micetófaga
15 de *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* exibindo oito linhas no campo lateral (setas).