

Custos de aplicação do inóculo de nematoide, em gelatina e em hidrogel, para o controle da vespa-da-madeira

Susete do Rocio Chiarello Penteadó¹
Joel Ferreira Penteadó Junior²
Caroline de Bastos Buhner³
Rodrigo Gomes Posanski⁴

A área de plantios com pínus no Brasil atingiu, em 2012, aproximadamente 1,5 milhão de ha, sendo que 83% estão localizados na Região Sul do Brasil. Esta concentração se deve às condições edafoclimáticas favoráveis à implantação desta espécie e à localização dos principais centros processadores (ANUÁRIO..., 2013). No entanto, o fornecimento de matéria-prima de boa qualidade para a sustentação deste negócio é colocado em risco, devido aos severos danos provocados pela praga *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), a vespa-da-madeira, que é originária da Europa, Ásia e norte da África e foi registrada no Brasil em 1988 (IEDE et al., 1988).

O inseto é atraído para árvores de pínus estressadas, perfurando o tronco onde deposita seus ovos. Em cada local de postura pode colocar de 300 a 500 ovos. Durante a postura, além dos ovos, a fêmea introduz na árvore uma muco-secreção fitotóxica, juntamente com esporos de um fungo simbiote, *Amylostereum*

areolatum (SPRADBERY, 1973). Este fungo, quando coloniza o interior do tronco do pínus, obstrui os vasos de seiva e a muco-secreção provoca mudanças fisiológicas rápidas no metabolismo da planta. A ação combinada do muco e do fungo leva a planta à morte e cria um "habitat" propício para o crescimento contínuo do fungo, que servirá de alimento para as larvas da vespa-da-madeira (COUTTS, 1969). Durante o processo de alimentação, as larvas constroem galerias no interior da árvore, afetando a qualidade da madeira e também favorecendo a penetração de agentes secundários, o que limita seu uso ou a torna imprópria para o mercado.

Em termos financeiros, os prejuízos são estimados em até U\$ 53 milhões anuais, considerando também os custos da colheita, e de U\$ 25 milhões anuais, quando considerada a madeira em pé (José Mauro M. A. P. Moreira¹). Em contrapartida, o uso de agentes de controle biológico, associado ao manejo

¹Comunicação pessoal do Pesquisador José Mauro M. A. P. Moreira, da Embrapa Florestas, Colombo, PR, para Susete R. C. Penteadó, Pesquisadora da Embrapa Florestas, em 26 ago. 2014.

¹Bióloga, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Florestas, susete.penteadó@embrapa.br

²Economista, Mestre, Analista da Embrapa Florestas, joel.penteadó@embrapa.br

³Farmacêutica Industrial, Analista da Embrapa Florestas, caroline.buhner@embrapa.br

⁴Técnico florestal

florestal adequado, tem permitido a redução dos danos provocados pela praga. Utilizando-se corretamente as medidas de prevenção e controle existentes, é possível reduzir estas perdas em pelo menos 70%, e manter a praga sob controle (PENTEADO et al., 2002).

O principal meio para o combate à praga é o uso do controle biológico, pela utilização do nematoide *Deladenus siricidicola* (= *Beddingia siricidicola*) que age pela esterilização das fêmeas do inseto. A produção massal do nematoide é realizada pela Embrapa Florestas, que distribui, em parceria com o Funcema (Fundo Nacional de Controle de Pragas Florestais), as doses do nematoide aos produtores florestais que possuem plantios atacados pela praga.

Para a inoculação do nematoide nas árvores atacadas, é preparada uma gelatina, na concentração de 10%, onde são adicionadas as doses do nematoide (PENTEADO et al., 2002). Em termos operacionais, a aplicação é realizada pelas empresas florestais, por meio de métodos manuais, com o envolvimento de diversos trabalhadores nas atividades de pré-aplicação. O preparo do inóculo exige treinamento do pessoal, estrutura física e disponibilidade de tempo.

Apesar da eficiência do programa de controle do inseto, a Embrapa Florestas tem desenvolvido novas pesquisas, visando gerar subsídios para aperfeiçoar o controle biológico da vespa-da-madeira. Uma dessas pesquisas teve por finalidade o desenvolvimento de nova tecnologia para a substituição da gelatina por outro espessante, o qual deveria ter como característica o fácil preparo, para otimização do processo de inoculação e que assegurasse a padronização da atividade. Aliado a estas características, o novo espessante deveria proporcionar, também, a redução dos custos do processo e manter a eficácia no controle da praga.

Entre os espessantes testados (alginato de sódio, carboximetilcelulose, carragena e hidrogel), o hidrogel foi a alternativa que apresentou o melhor resultado em laboratório, por apresentar o menor custo,

não afetar a sobrevivência do nematoide e ter maior estabilidade quando armazenado em geladeira (dados não publicados). Na Austrália, Bedding (1993) citou a utilização de um gel a base de poliácridamida, que é simplesmente misturado às doses e utilizado. De acordo com Shakhshiri (2013), este é um polímero sintético de condensação de alto peso molecular, que pode absorver água em quantidade muito superior à sua própria massa.

Do ponto de vista econômico, nem sempre as alternativas tecnicamente desejáveis são as mais viáveis. Por este motivo, o conhecimento dos custos de uma atividade deve ser utilizado para direcionar decisões que viabilizem a avaliação e a escolha da melhor alternativa técnica disponível.

A análise detalhada dos custos, nos diferentes processos, tem um papel importante para o entendimento dos mesmos e para facilitar os estudos com o objetivo de reduzi-los (REZENDE et al., 1997). Atualmente, devido à necessidade de maior rendimento das operações e à escassez da mão-de-obra, a redução dos custos nas atividades florestais é fundamental para qualquer empresa.

Pelo exposto, o objetivo deste estudo foi realizar uma avaliação comparativa de eficiência e dos custos nas operações de preparação e de aplicação do inóculo em gelatina e hidrogel em plantios de pinus atacados pela vespa-da-madeira, visando subsidiar o planejamento e a otimização das atividades de controle.

Características do processo de preparo do inóculo

O nematoide é produzido, anualmente, pela Embrapa Florestas, no período de março a agosto, e enviado aos proprietários de plantios de pinus atacados pela vespa-da-madeira na forma de doses de 20 mL (Figura 1), contendo, cada uma, cerca de um milhão de nematoides. Cada dose é suficiente para a inoculação de 10 árvores, em média, sendo que, em cada árvore são inoculados em torno de 100.000 nematoides.

Foto: Francisco Santana



Figura 1. Dose do nematoide *Deladenus siricidicola*.

As doses são embaladas em caixa de isopor com gelo e enviadas aos produtores, semanalmente, via transportadora. Logo após o recebimento, as doses devem ser mantidas refrigeradas, em temperatura entre 5 °C e 8 °C até sua utilização, que deverá ocorrer num prazo de até dez dias após seu recebimento.

Para a inoculação dos nematoides nas árvores atacadas, é necessário que a dose seja misturada a um espessante, dando origem ao inóculo (espessante + dose de nematoide), que tem por objetivo manter a hidratação dos nematoides até que eles penetrem no interior da árvore. São descritos a seguir os métodos de preparo do inóculo utilizando a gelatina e o hidrogel.

Procedimentos para o preparo do inóculo para uma dose de nematoides, utilizando gelatina em pó como espessante.

- ferver 100 mL de água;
- dissolver 30 g de gelatina em pó, sem sabor, na água fervente e com batedeira, na velocidade média, misturar a gelatina até ficar completamente dissolvida, deixando esfriar por 10 minutos;
- adicionar 200 mL de água gelada (1 °C a 2 °C) à gelatina dissolvida e misturar a solução até atingir consistência cremosa (Figura 2);
- reduzir a velocidade da batedeira e adicionar uma dose de nematoide. Continuar batendo por mais um minuto;

- despejar a mistura em um saco plástico resistente, procurando retirar o máximo possível do material das paredes da tigela e das hastas da batedeira;
- transferir o inóculo para uma caixa de isopor com gelo no fundo, para seu transporte ao campo, separando com algumas folhas de jornal o gelo do inóculo.

O inóculo deve ser armazenado e transportado em caixas de isopor com gelo, à temperatura entre 5 °C e 15 °C, não devendo nunca ser congelado.

Foto: Francisco Santana



Figura 2. Inóculo preparado com a gelatina.

Procedimentos para o preparo do inóculo para uma dose de nematoides, utilizando hidrogel como espessante (Figura 3).

- em um saco plástico resistente, colocar 400 mL de água;
- adicionar uma dose de nematoides (20 mL);
- homogeneizar a solução;
- adicionar 4g de hidrogel;
- homogeneizar a mistura por aproximadamente 2 minutos;
- acondicionar em caixa de isopor, com gelo, para transporte ao campo.

Foto: Wilson Reis Filho



Figura 3. Inóculo preparado com o hidrogel.

Eficiência do inóculo com gelatina e hidrogel no parasitismo de adultos da vespa-da-madeira pelo nematoide

Toretos de pínus atacados pela vespa-da-madeira foram coletados em um plantio localizado no Município de Cambará do Sul, RS, e transferidos ao Laboratório de Entomologia Florestal da Embrapa Florestas. Para a instalação do experimento, foram utilizadas 16 repetições (toretos de *Pinus taeda*) por tratamento, que consistiu em: (T1) gelatina 10% (p/v), (T2) hidrogel 1% (p/v) e (T3) tratamento controle (toretos de pínus sem inoculação). Em cada torete, medindo 70 cm, foram realizadas três perfurações, a uma distância, entre orifícios, de 30 cm, com o auxílio do martelo de aplicação (Figura 4). Com o auxílio de uma bisnaga, o inóculo, referente aos tratamentos 1 e 2, foi introduzido nos orifícios (Figura 5). Os toretes foram transferidos individualmente para gaiolas. A eficiência foi baseada na avaliação do parasitismo dos insetos que emergiram dos toretes no período de outubro a janeiro. Os dados foram analisados com base nos modelos lineares generalizados, através da análise deviance ($p < 0,01$) e as comparações entre os tratamentos foram observadas por contrastes ortogonais ($p < 0,05$).

Foto: Edson Tadeu Iede



Figura 4. Martelo utilizado para inoculação do nematoide.

Foto: Francisco Santana



Figura 5. Inoculação do nematoide.

Apropriação de custos das atividades de aplicação do inóculo em árvores atacadas pela vespa-da-madeira

A apropriação dos custos nas operações de preparo do inóculo em gelatina e em hidrogel e na posterior inoculação das árvores atacadas pela vespa-da-madeira foi realizada em povoamentos de pínus atacados pela praga na região de Campos de Cima da Serra, RS.

A tomada de tempo das práticas de inoculação foi realizada em 107 ciclos cronometrados, com o objetivo de definir o tempo médio das seguintes atividades: a) preparo do inóculo com gelatina e com hidrogel; b) deslocamento dentro do talhão, com o objetivo de selecionar as árvores com sintomas de ataque; c) operação de derrubada e desgalhamento das árvores; d) perfuração da árvore, utilizando o martelo de aplicação; e) aplicação do nematoide; f) suspensão das toras inoculadas.

Inicialmente, foi realizado um estudo de tempos e movimentos por meio da cronometragem de

tempo contínuo referente ao início e ao fim de cada etapa. Esse método caracteriza-se pela medição do tempo sem detenção do cronômetro até o final de cada etapa. Metodologicamente, as etapas das práticas são subdivididas, conforme Barnes (1977), em atividades parciais (AP) e gerais (AG). No presente estudo, as práticas são compostas por atividades gerais (AG), que são definidas como as que ocorrem repetidamente em todas as etapas.

As medições do tempo utilizado para a realização das atividades foram feitas com cronômetros digitais, que possuem graduação até a escala de milésimos. Porém, ponderou-se até a escala de segundos, em razão da maior praticidade para a leitura e o registro dos dados em formulários específicos.

A equipe responsável pelo monitoramento e controle da vespa-da-madeira na área onde foi realizado o experimento foi composta por quatro funcionários, sendo um operador de motosserra, um responsável pela perfuração da árvore e dois responsáveis pela aplicação do nematoide.

A primeira atividade mensurada foi o tempo utilizado para preparar o inóculo; posteriormente foi cronometrado o deslocamento da equipe dentro do talhão. A contagem de tempo foi iniciada quando da chegada ao povoamento, onde os funcionários iniciaram a seleção das árvores com sintomas do ataque da vespa e, ao encontrá-las, a cronometragem do tempo desta atividade era encerrada.

A árvore selecionada foi derrubada e desgalhada por um operador utilizando a motosserra, sendo que, os tempos de corte e desgalhamento também eram cronometrados.

Após o preparo da árvore, um funcionário fazia perfurações ao longo do tronco, utilizando o martelo de inoculação, sendo a operação seguinte a aplicação do inóculo nos orifícios, com um frasco aplicador, tipo bisnaga.

Na última operação, o tronco foi suspenso alguns centímetros do solo, apoiado em um torete colocado abaixo do mesmo, para evitar

o contato direto com o solo (Figura 6). Esse procedimento é necessário para não prejudicar a ação do nematoide.

Foto: Francisco Santana



Figura 6. Aspecto do tronco suspenso.

Quanto à valoração monetária, os custos apropriados advêm das despesas com pessoal. Como referência, foi utilizado o valor dos salários pagos aos colaboradores envolvidos diretamente no trabalho, mais os respectivos encargos sociais, como: décimo-terceiro salário, férias, FGTS, INSS, seguro e plano de saúde. Estas despesas foram divididas proporcionalmente ao tempo necessário para a realização de cada atividade.

Após os cálculos da valoração monetária de cada atividade, proporcional ao tempo despendido para a realização de cada uma, foi possível estimar os custos operacionais de produção e de aplicação do inóculo em cada árvore.

Os valores monetários atribuídos às atividades se referem ao dispêndio com o salário mensal, mais os encargos sociais, que em média, perfazem U\$ 1.097,09, por colaborador. Tendo este valor como referência de pagamento por 30 dias trabalhados, o valor da hora é de U\$ 5,03, que foram distribuídos proporcionalmente entre as atividades.

Comparação da eficiência do inoculo com gelatina e hidrogel no parasitismo de adultos da vespa-da-madeira pelo nematoide

A análise de deviance mostrou diferença entre as variáveis para machos parasitados e fêmeas parasitadas (Tabela 1). As comparações

entre tratamentos mostraram diferenças significativas para as fêmeas parasitadas, ao comparar hidrogel e gelatina, e para os machos parasitados, ao comparar hidrogel e tratamento controle. Os resultados obtidos demonstraram que o hidrogel apresentou resultados satisfatórios, o que o torna viável para o uso na simplificação do método de inoculação do nematoide.

Tabela 1. Contrastes ortogonais entre médias de machos e fêmeas parasitadas por *Deladenus siricidicola* para comparação entre os tratamentos gelatina e hidrogel, em 2014.

Constrastes	Machos parasitados	Fêmeas parasitadas
Hidrogel x Gelatina	0,090	0,004*
Hidrogel x Tratamento controle	0,001*	0,190

*significativos - $p < 0,05$

Apropriação de custos das atividades de aplicação do inóculo em árvores atacadas pela vespa-da-madeira

Os custos operacionais apresentados na Tabela 2 demonstram que, para a maioria das atividades, não houve diferença entre

os tempos e, conseqüentemente, os custos para realizá-las. Entretanto, para a atividade de preparação do inóculo, verificou-se que, para a utilização da gelatina, o tempo foi de 30 minutos, e para o hidrogel, de 10 minutos, com redução de tempo e custos da atividade de 66,7% e 46,5%, respectivamente. Além destes dois importantes fatores, há ainda que se considerar a questão da infraestrutura necessária para o preparo do inóculo com a gelatina, que requer o uso de bate-deira elétrica, água gelada e água fervente, o que, para o uso do hidrogel, são dispensáveis.

Conclusões

Toda inovação tecnológica deve promover melhorias nos processos, que permitam reduções de custos e criação de valor. Foi possível constatar a inovação técnica de substituição da gelatina pelo hidrogel na preparação do inóculo para controle da vespa-da-madeira, que além de ser eficaz tecnicamente, apresentou-se viável economicamente, devido à significativa redução de custos da atividade e simplificação do método.

Tabela 2. Duração e custos das atividades de preparo e aplicação do inóculo com gelatina e hidrogel para controle da vespa-da-madeira em plantios de pinus.

Atividades	Gelatina			Hidrogel		
	Tempo (min)	Mão-de-obra (nº pessoas)	Valor (U\$)	Tempo (min)	Mão-de-obra (nº pessoas)	Valor (U\$)
Preparo inóculo	30:00	1	2,29	10:00	1	0,77
Deslocamento dentro do talhão	02:15	4	0,61	02:15	4	0,61
Derrubada/desgalhamento das árvores	01:39	1	0,08	01:39	1	0,08
Perfuração com o martelo	00:55	1	0,08	00:55	1	0,08
Aplicação do nematoide	01:09	2	0,16	01:09	2	0,16
Suspensão do tronco da árvore	00:16	1	0,08	00:16	1	0,08
Total por árvore	36:14	-	3,28	16:14	-	1,75

Referências

ANUÁRIO estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012. Brasília, DF, 2013. 142 p.

BARNES, R. M. **Projeto e medida do trabalho.** São Paulo: Blücher. 1977. 635 p.

BEDDING, R. A. Biological control of *Sirex noctilio* using the nematode *Deladenus siricidicola*. In: BEDDING, R.; AKHURST, R.; KAYA, H. (Ed.). **Nematodes and the biological control of insect pests.** CSIRO Australia, 1993. p. 11-20.

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

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

PENTEADO, S. R. C.; IEDE E. T.; REIS FILHO W. **Manual para o controle da vespa-da-madeira em plantios de pínus**, Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 38 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 76).

REZENDE, J. L.; FIEDLER, N. C.; MELLO, J. M.; SOUZA, A. P. Análise técnica e de custos de métodos de colheita e transporte florestal. **Boletim Agropecuário**, Lavras, v. 22, 50 p., 1997.

SHAKHASHIRI, B. Z. **Chemical of the week: polymers**. Disponível em: <<http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/polymers/polymers.html>>. Acesso em: 16 dez. 2013.

SPRADBERRY, J. P. A comparative study of the phytotoxic effects of siricid woodwasps on conifers. **Annual Applied Biology**, Camberra, v. 75, p. 309-320, 1973.

Comunicado Técnico, 341

Embrapa Florestas
Endereço: Estrada da Ribeira Km 111, CP 319
Colombo, PR, CEP 83411-000
Fone / Fax: (0**) 41 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

1ª edição
Versão eletrônica (2014)

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Secretária-Executiva: *Elisabete Marques Oaida*
Membros: *Alvaro Figueredo dos Santos, Claudia Maria Branco de Freitas Maia, Elenice Fritzsos, Guilherme Schnell e Schuhli, Jorge Ribaski, Luis Claudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski, Susete do Rocio Chiarello Penteado*

Expediente

Supervisão editorial: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Revisão de texto: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Normalização bibliográfica: *Francisca Rasche*
Editoração eletrônica: *Rafaele Crisostomo Pereira*