

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**APARECIDA ALVAREZ MAFFRA**

**MEDIDAS FITOSSANITÁRIAS PARA A MITIGAÇÃO DE  
RISCO DE INTRODUÇÃO, ESTABELECIMENTO E  
DISPERSÃO DE *Dendroctonus frontalis* (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EM PLANTIOS DE *Pinus*  
spp., NO BRASIL**

**CURITIBA  
2013**

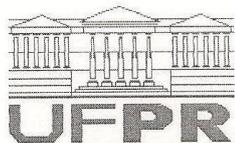
**APARECIDA ALVAREZ MAFFRA**

**MEDIDAS FITOSSANITÁRIAS PARA A MITIGAÇÃO DE  
RISCO DE INTRODUÇÃO, ESTABELECIMENTO E  
DISPERSÃO DE *Dendroctonus frontalis* (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EM PLANTIOS DE *Pinus*  
spp., NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luis Amilton Foerster  
Co-orientador: Dr. Edson Tadeu Iede

**CURITIBA  
2013**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL



## PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pela candidata **APARECIDA ALVAREZ MAFFRA**, sob o título “MEDIDAS FITOSSANITÁRIAS PARA A MITIGAÇÃO DE RISCO DE INTRODUÇÃO, ESTABELECIMENTO E DISPERSÃO DE *Dendroctonus frontalis* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EM PLANTIO DE *Pinus spp.*, BRASIL”, para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.

Curitiba, 20 de Fevereiro de 2013.

Professora Dra. Louise Larissa May De Mio  
Coordenadora do Programa

Dr. Antonio José de Araujo Moreira  
Primeiro Examinador

Dr. Wilson Reis Filho  
Segundo Examinador

Dr. Edson Tadeu Iede  
Terceiro Examinador

Professor Dr. Luis Amilton Foerster  
Presidente da Banca e Orientador

Á Deus, por estar sempre ao meu lado, dando-me forças e guiando os meus passos.

Aos meus pais, Afrânio e Maria de Fátima, ao meu irmão Daniel, por todo o apoio e amor.

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores, professor Dr. Luis Amilton Foerster e Dr. Edson Tadeu Iede pela ajuda e por acreditarem e confiarem no meu trabalho, contribuindo assim para o meu crescimento profissional.

Á amiga e parceira de trabalho Juliana Mendonça Campos, por toda ajuda e companheirismo.

A todos os colegas do Laboratório de Controle Integrado de Insetos (LCII) e em especial a Carla e Flávia.

A todos os membros do Laboratório de Entomologia da Embrapa-Florestas que de algum modo contribuíram para realização deste trabalho, em especial ao Dr. Wilson Reis, a Dr. Susete Chiarello, Milla, Ivan e Namie.

As bibliotecárias e demais funcionários das bibliotecas dos setores de Agronomia, Biologia e Engenharia Florestal da UFPR e da Embrapa-Florestas, por estarem sempre disponíveis a me ajudar.

Ao Dr. Antônio José de Araújo Moreira pelo incentivo no ingresso da pós-graduação, bem como o apoio e a amizade.

Ao Reuni e ao Cnpq pela concessão de bolsas, essencial para a minha manutenção na pós-graduação.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Pragas quarentenárias florestais podem ser translocadas por diferentes commodities florestais, meios de transporte, como aeronaves, navios, etc. e principalmente por materiais de embalagem e suporte de mercadorias fabricados em madeira. O risco de introdução destas pragas em novas áreas tornou-se maior a partir do aumento do comércio e do trânsito internacional de mercadorias. Caso sejam introduzidas em áreas indenes, podem ser gerados sérios prejuízos econômicos, ambientais e sociais. O objetivo desse trabalho foi estabelecer medidas fitossanitárias para reduzir o risco de introdução e disseminação destas pragas. A presente dissertação encontra-se dividida em dois capítulos. O primeiro capítulo de título “Subsídios Técnicos para a elaboração do Plano de Contingência de *Dendroctonus frontalis* Zimmermman, 1968 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) para o Brasil”, descreve a ficha bionômica, as ações recomendadas para o manejo de risco antes e depois da introdução de *D. frontalis* no Brasil, desta que é a praga mais severa das espécies de *Pinus* do sul dos Estados Unidos e que se encontra ausente no país. O segundo capítulo refere-se à utilização de três modelos de armadilhas entomológicas na captura de espécimes de besouros da subfamília Scolytinae em uma Estação Aduaneira do Interior (EADI) em Curitiba, PR.

**Palavras- chave:** madeira; praga quarentenária florestal; armadilhas entomológicas.

## ABSTRACT

Forestry quarantine pests can be translocated by different forest commodities, transportation facilities, such as aircraft, ships, etc.. and mainly by solid wood packaging materials . The risk of insertion of these pests into new areas became more serious as trade and international exchange of goods. If these kind of pests were introduced in areas unaffected, it could generate serious economic, environmental and social losses. The aim of this study was to establish phytosanitary measures to reduce the risk of insertion and spread of these pests. This dissertation is divided into two chapters. The first chapter entitled "Technical Grants to prepare the Contingency Plan *Dendroctonus frontalis* Zimmermman, 1968 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) for Brazil," describes the identification and biology, recommendations for managing risk before and after inserting *D. frontalis* in Brazil, which is the most severe pest of *Pinus* species of the southern United States and which is absent in Brazil. The second chapter covers the use of three types of traps for catching entomological specimens of beetles subfamily Scolytinae in an Interior Costumehouse Station in Curitiba, PR.

**Key-words:** wood; forestry quarantine pest; entomological traps.

## ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número médio, erro e desvio padrão de escolitídeos coletados em diferentes tipos de armadilhas na EADI, Curitiba, PR, de agosto 2011 a abril 2012.....	79
---	----

## ÍNDICE DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1: Pontuação que define a prioridade das áreas de <i>Pinus</i> spp. atacadas por <i>D. frontalis</i> a serem tratadas.....	50
Tabela 2: Fatores necessários para a classificação do risco (em pontos) para definir a prioridade dos tratamentos, conforme apresentado pela Tabela 1.....	50
Tabela 3: Quantidade mínima de sachês a ser adicionada na infestação está relacionada com a média do diâmetro da altura do peito (DAP) das árvores infestadas e com o número de árvores recém-atacadas por <i>Dendroctonus frontalis</i> (estágio 1). Adaptada de Clarke <i>et al.</i> (1999).....	57
Tabela 4: Quantidade mínima de sachês a ser adicionada na infestação está relacionada com a média do diâmetro da altura do peito (DAP) das árvores infestadas e com o número de árvores recém-atacadas por <i>Dendroctonus frontalis</i> (estágio 1).. Adaptada de Clarke <i>et al.</i> (1999).....	57
Tabela 5: Número de sachês com verbenona a ser adicionado por árvore de acordo com o diâmetro na altura do peito da mesma. Adaptada de Clarke <i>et al.</i> (1999).....	58

### CAPÍTULO II

Tabela 1: Comparação múltipla dos valores de p entre os três modelos de armadilhas testados na coletada de escolitídeos no EADI, Curitiba, PR, entre os meses de agosto de 2011 e abril de 2012. Valores de p maiores que 0,05 não são significativos.....	78
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ovo de <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	22
Figura 2: Larva de <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	22
Figura 3: Pupa de <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	23
Figura: 4. Macho e fêmea de <i>Dendroctonus frontalis</i> , à esquerda e à direita, respectivamente.....	24
Figura 5: Visão lateral do adulto de <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	24
Figura 6: Visão frontal do adulto de <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	24
Figura 7: Visão superior do adulto de <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	24
Figura 8: Estágios de vida de <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	25
Figura 9: Sintomas de ataque de <i>Dendroctonus frontalis</i> . Estágio 1: Folhas verdes; Estágio 2: Folhas amarela-avermelhadas; Estágio 3: Folhas vermelhas.....	29
Figura 10: Infestação de <i>Dendroctonus frontalis</i> em <i>Pinus</i> spp. no nordeste da Georgia, Estados Unidos.....	29
Figura 11: Massas de resina frescas de árvores de <i>Pinus</i> spp. atacadas por <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	30
Figura 12: Besouros da família Cleridae.....	30
Figura 13: Coloração da madeira marrom nas galerias de adulto de <i>Dendroctonus frontalis</i> e branca em áreas onde não houve o ataque da praga.....	31
Figura 14: Galerias de adultos de <i>Dendroctonus frontalis</i> , em <i>Pinus</i> spp., em forma de S com a presença de larvas e/ou pupas.....	32
Figura 15: Massas resinosas brancas e duras de resina de <i>Pinus</i> spp. atacadas por <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	32
Figura 16: A madeira apresenta coloração marrom-clara, podendo ter manchas azul ou preta, causadas por fungos relacionados à <i>Dendroctonus frontalis</i> , em <i>Pinus</i> spp.....	32

Figura 17: Orifícios de saída de adultos de <i>Dendroctonus frontalis</i> em reemergência, em árvores de <i>Pinus</i> spp.....	32
Figura 18: Serragem branca produzida por besouros de ambrósia em árvores de <i>Pinus</i> spp, atacadas por <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	33
Figura 19: Larvas de besouros predadores de <i>Dendroctonus frontalis</i> da família Cleridae, em <i>Pinus</i> spp.....	33
Figura 20: Massas resinosas amareladas e rígidas em <i>Pinus</i> spp, causadas pelo ataque de <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	34
Figura 21: Grande quantidade de orifícios de saída do adulto de <i>Dendroctonus frontalis</i> , em <i>Pinus</i> spp.....	34
Figura 22: Armadilha múltipla funnel-trap utilizada para monitoramento de <i>Dendroctonus frontalis</i> nos Estados Unidos.....	48
Figura 23: Esquema para a aplicação da técnica de Corte e Remoção. Adaptada de Ronald F. Billings, Texas Forest Service, Bugwood.org.....	52
Figura 24: Esquema para a aplicação da técnica de Corte e Abandono. Adaptada de Ronald F. Billings, Texas Forest Service, Bugwood.org.....	53
Figura 25: Esquema para a aplicação da técnica de controle com semioquímico, com uso de verbenona e de verbenona mais derrubada de árvore. Adaptada de Clarke <i>et al.</i> (1999).....	56

## CAPÍTULO II

Figura 1: Modelos de armadilhas entomológicas utilizadas na captura de besouros da subfamília Scolytinae no Porto Seco de Curitiba. A: armadilha impacto; B: armadilha múltipla funnel-trap; e C: armadilha luminosa.....	77
Figura 2: Localização dos pontos onde foram instaladas as armadilhas. Vista superior do armazém principal do Porto Seco II, em Curitiba, PR.....	77

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>3 SUBSÍDIOS TÉCNICOS PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE CONTINGÊNCIA DE <i>Dendroctonus frontalis</i> ZIMMERMANN, 1868 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) PARA O BRASIL.....</b>	<b>17</b>
3.1 FICHA BIONÔMICA .....	20
3.1.1 IDENTIDADE .....	20
3.1.2 HOSPEDEIROS.....	20
3.1.3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA.....	21
3.1.4 STATUS QUARENTENÁRIO PARA O BRASIL.....	21
3.1.5 VIA DE INTRODUÇÃO EM UM PAÍS.....	21
3.1.6 MORFOLOGIA .....	21
3.1.6.1 OVO .....	21
3.1.6.2 LARVA .....	22
3.1.6.3 PUPA.....	23
3.1.6.4 ADULTO.....	23
3.1.7 CICLO BIOLÓGICO.....	25
3.1.8 INFESTAÇÃO.....	28
3.1.8.1 ESTÁGIO 1 .....	30
3.1.8.2 ESTÁGIO 2.....	31
3.1.8.3 ESTÁGIO 3 .....	33
3.1.9 ECOLOGIA .....	34
3.1.9.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.....	34

3.1.9.2	INTERAÇÃO COM OUTRAS ESPÉCIES .....	35
3.1.9.2.1	FUNGOS FITOPATOGÊNICOS .....	35
3.1.9.2.2	BACTÉRIAS ENTOMOPATOGÊNICAS .....	38
3.1.9.2.3	NEMATOIDES .....	38
3.1.9.2.4	ÁCAROS .....	38
3.1.9.2.5	COMPETIDORES .....	39
3.1.9.2.6	PREDADORES .....	40
3.1.9.2.7	PARASITOIDES .....	42
3.1.10	DANOS AO HOSPEDEIRO .....	44
3.1.11	ECOLOGIA QUÍMICA .....	44
3.2	AÇÕES RECOMENDADAS PARA O MANEJO DE RISCO DE INTRODUÇÃO DE <i>D. frontalis</i> NO BRASIL .....	47
3.2.1	MEDIDAS DE PRÉ-ENTRADA .....	47
3.2.2	INSPEÇÃO EM PONTOS DE ENTRADA .....	47
3.2.3	VIGILÂNCIA .....	48
3.3	AÇÕES RECOMENDADAS PARA O MANEJO DE RISCO APÓS A INTRODUÇÃO .....	49
3.3.1	CONTROLE .....	49
3.3.1.1	CONTROLE MECÂNICO .....	49
3.3.1.1.1	CORTE E REMOÇÃO (“CUT-AND-REMOVE”) .....	51
3.3.1.1.2	CORTE E ABANDONO (“CUT-AND-LEAVE”) .....	52
3.3.1.1.3	CORTE E QUEIME (“PILE-AND-BURN”) .....	54
3.3.2.2	CONTROLE QUÍMICO .....	54
3.3.1.4	CONTROLE BIOLÓGICO .....	58
3.3.2	MONITORAMENTO .....	59
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	61
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

<b>4 EFICIÊNCIA DE DIFERENTES ARMADILHAS ENTOMOLÓGICAS EM ÁREA PRIMÁRIA DE CARGAS, EM CURITIBA, PR.....</b>	<b>74</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	75
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	76
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
4.4 CONCLUSÕES.....	80
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
<b>5 CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>84</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Os transtornos causados por pragas exóticas introduzidas em novos ambientes tornaram-se mundialmente conhecidos a partir da introdução de um inseto sugador de raízes da cultura da uva conhecido como “phylloxera da videira”, *Daktulosphaira vitifoliae* (Hemiptera: Phylloxiridae), que tornou-se praga quando foi introduzido dos Estados Unidos para a França em 1860 (SKINKIS *et al.*, 2009). Em 1881, criou-se a Convenção Internacional contra a Phylloxera da videira. Em 1929, é criada a Convenção Internacional para a Proteção dos Vegetais (CIPV), e o Brasil torna-se signatário (BRASIL, 1929).

A CIPV é governada pela Comissão de Medidas Fitossanitárias (CMF), e é a CMF quem estabelece e aprova as Normas Internacionais de Medidas Fitossanitárias (NIMFs), além de outras ações com o objetivo de reduzir riscos de dispersão internacional de pragas (IPPC, 2012). Atualmente, trinta e seis NIMFs já foram estabelecidas. Entre estas, destacam-se as NIMFs, nº1, Princípios Fitossanitários para a proteção de plantas e a aplicação de medidas fitossanitárias no comércio internacional; nº2, Fundamentos para a Análise de Risco de Pragas; nº5, Glossário de termos fitossanitários; nº11, Análise de Risco para Pragas Quarentenárias, incluindo Análise de Riscos Ambientais e de Organismos Vivos Modificados; e nº15, Guia para regulamentação de material de embalagem de madeira no comércio internacional.

Com o aumento do comércio internacional e o crescimento econômico de alguns países, principalmente aqueles em desenvolvimento, aumentou-se o trânsito internacional de mercadorias. Como a maior parte dessas mercadorias são acondicionadas em embalagens de madeira, ou ficam sobre suportes de madeira, bem como, a acomodação de cargas nos porões de aeronaves e navios é feita com madeira de estiva, o risco de introdução de pragas florestais aumentou de forma substancial, em função de que esses materiais podem transportar e abrigar pragas de importância quarentenária. Caso haja introdução destas pragas por meio de embalagens e suportes de madeira, graves consequências econômicas, ambientais e sociais podem ser geradas.

A NIMF 15, estabelecida em 2002, tem como objetivo diminuir o risco de introdução e dispersão de pragas quarentenárias associadas aos materiais de embalagem e suporte de mercadorias utilizadas no comércio internacional. No Brasil, a NIMF 15 foi internalizada pela Instrução Normativa Nº 4, de 2004, que estabeleceu os procedimentos de tratamento, de

certificação e de fiscalização de materiais de embalagem e de suporte de madeira de mercadorias no comércio internacional.

Os pontos de ingresso de mercadorias do exterior são os locais onde deveriam ser estabelecidos prioritariamente os programas de Vigilância Quarentenária para a detecção precoce dessas pragas quarentenárias.

Este cenário demonstra a necessidade de se incrementar a Vigilância Quarentenária no Brasil, a fim de se estabelecer requisitos fitossanitários para pragas quarentenárias. Após a detecção da praga, o monitoramento avalia a eficiência dos requisitos, podendo levar a mudança e ajuste dos mesmos. Plano de contingência de pragas é um documento com o objetivo de mitigar o risco de entrada de uma determinada praga em uma região específica. Ele estabelece medidas de mitigação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da possível introdução e estabelecimento de uma praga quarentenária. As informações sobre a praga estão divididas em três etapas: planejamento preliminar, planejamento das ações e operacionalização das ações do plano (mitigação do risco) e são baseadas em justificativas técnicas e administrativas. A Organização Nacional de Proteção Fitossanitária-ONPF de um país é o responsável a aplicar as medidas propostas pelo Plano de Contingência (OLIVEIRA, 2007). A ONPF do Brasil é o Departamento de Sanidade Vegetal (DSV), departamento pertencente à Secretaria de Defesa Agropecuária, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

*Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) é uma praga quarentenária ausente (A1) para o Brasil (BRASIL, 2007). É nativa dos Estados Unidos e ocasionou prejuízo econômico de US\$375 milhões, entre os anos de 1977 e 2004 (PYE *et al.*, 2011). Caso esta praga seja introduzida no Brasil, grandes perdas econômicas podem ocorrer na silvicultura brasileira. No Brasil não se tem ainda nenhum Plano de Contingência para uma praga florestal. Portanto, o objetivo desse trabalho foi analisar a eficiência de diferentes modelos de armadilhas entomológicas na captura de insetos da subfamília Scolytinae e fornecer subsídios para a elaboração de um Plano de Contingência para *Dendroctonus frontalis*, que representa um grande risco ao plantio de *Pinus* no país.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Insetos quarentenários transportados em materiais de embalagens e suportes de mercadorias fabricados em madeira causaram e ainda trazem muitos prejuízos econômicos aos países onde foram introduzidos. Espécies exóticas de insetos introduzidas nos Estados Unidos causam perdas de US\$ 2,1 bilhões anuais em áreas florestais naquele país (PIMENTEL *et al.*, 2000).

A Legislação Fitossanitária Internacional, que tem o intuito de proteger o patrimônio vegetal mundial, tem sido desenvolvida conjuntamente com as necessidades e os avanços que ocorrem no comércio internacional de mercadorias. No ano de 1944, com o objetivo de reconstruir e desenvolver o mundo após a Segunda Guerra Mundial foi instituído o Banco Mundial (BANCO MUNDIAL, 2012). Em 1947 foi criado o Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio, o GATT, com o objetivo de instituir uma nova ordem econômica mundial. O GATT, que era um acordo entre os países signatários, passou por inúmeras revisões em reuniões denominadas rodadas. No total, oito rodadas foram realizadas, e a última, a do Uruguai, foi iniciada em 1986. Como consequência desta rodada foi estabelecida a criação da Organização Mundial do Comércio (OMC), em 1994, em substituição ao GATT (LAMPREIA, 1995). Os países membros da OMC reformularam e estabeleceram acordos já criados pelo GATT, e dentre eles foram estabelecidos o Acordo sobre a Agricultura e o Acordo sobre a Aplicação de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS). O primeiro estabelece medidas de acesso a mercados, medidas de apoio interno e de subsídio às exportações. O segundo estabelece a igualdade, de modo que nenhum país deve ser impedido de aplicar ou adotar medidas sanitárias e fitossanitárias de proteção, desde que não sejam utilizadas como discriminatórias ou injustificáveis em relação ao comércio internacional ou entre membros que apresentem as mesmas condições. O Acordo SPS estabeleceu princípios que têm como maior objetivo a melhoria da saúde humana, animal e vegetal nos países-membros. Alguns dos princípios são: independência, harmonização, equivalência, transparência, avaliação de risco, solução de controvérsias, áreas livres de pragas, controle, assistência técnica, tratamento especial e diferenciado a países de menor desenvolvimento (OMC, 1994).

Apenas no ano de 2011, as florestas plantadas geraram US\$ 7,97 bilhões com exportações ao Brasil, correspondendo a 19,2% do saldo da balança comercial do país (ABRAF, 2012). O risco de introdução, estabelecimento e dispersão de pragas exóticas no

Brasil torna-se iminente, pois aliado ao aumento do comércio internacional de mercadorias, os plantios florestais são monoespecíficos, com alta densidade de plantas, muitas vezes mal manejados e com plantios clonais (IEDE, 2005). Levine e D'antonio (2003) afirmam que o aumento do número de introdução de espécies exóticas é proporcional ao aumento das importações de um país, fato comprovado por um vasto histórico de introdução de pragas florestais nas duas últimas décadas nos Estados Unidos.

De acordo com a FAO (2009a), uma praga exótica é definida como quarentenária quando apresenta importância econômica potencial para uma área em perigo. Define-se como praga quarentenária A1, aquela que se encontra ausente em determinada área em perigo e como A2, aquela que se encontra presente em determinada área, porém controlada por programas oficiais de controle (BRASIL, 1999).

Estima-se que nos Estados Unidos, *Anaplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae), besouro asiático, tem o potencial de infestar 30,3% das árvores urbanas do país, impactando em perdas de US\$ 669 bilhões (NOWAK *et al.*, 2001). Este inseto foi interceptado em árvores infestadas nas ruas de Nova Iorque em 1996. A hipótese mais provável de introdução é que a entrada da praga no país ocorreu através de embalagens e suportes de madeira de mercadorias provenientes da Ásia nas décadas de 1980/1990 (HAACK *et al.*, 1997).

Em Ningbo, na China, no período de janeiro de 2003 e junho de 2005, foi interceptado o nematoide *Bursaphelenicus xylophilus* em uma embalagem de madeira originária do Brasil. Entretanto, *B. xylophilus* é considerado praga quarentenária florestal para o Brasil. O trânsito desta embalagem por países onde ocorreria este nematoide poderia explicar a interceptação (GU *et al.*, 2006). Os vetores do nematoide *B. xylophilus* são coleópteros do gênero *Monochamus*, e atualmente, ambos são definidos pela Instrução Normativa N.º 52, de 2007, como pragas quarentenárias ausentes (A1) no Brasil (BRASIL, 2007).

Programas de detecção precoce de pragas foram estabelecidos em países como Estados Unidos e Nova Zelândia para tentar quantificar e identificar possíveis pragas exóticas, pois algumas espécies de pragas podem sobreviver às condições ambientais de compartimentos de carga de aviões e porões e containers de navio (ZAHID *et al.*, 2008). Nos Estados Unidos, entre os anos de 1985 e 2000, 6825 insetos da subfamília Scolytinae foram coletados em vias de entrada do país e do total de insetos desta família, 73% estavam associados a artigos de madeira, como árvores vivas, troncos, embalagens e suportes (HAACK, 2001). Na Nova Zelândia, 96% dos coleópteros da subfamília Scolytinae e da família Cerambycidae capturados em armadilhas modelo múltipla “funnel-trap” instaladas em

portos de entrada do país entre os anos de 2002 e 2005 eram exóticos, porém já estabelecidos no país (BROCKERHOFF *et al.*, 2006).

No cenário brasileiro, pragas foram introduzidas e ocasionaram prejuízos econômicos a toda a cadeia geradora de produtos derivados das florestas plantadas. O histórico de introduções de pragas florestais no país revela que os plantios de *Eucalyptus* spp., que correspondem a 69,6% dos plantios florestais do país (ABRAF, 2012), já foram alvo de diversas pragas exóticas introduzidas, dentre elas: as espécies do gênero *Ctenarytaina* (Hemiptera: Psyllidae) (IEDE, 1997) na década de 1990; *Phoracantha recurva* (Coleoptera: Cerambycidae) em 2001 (WILCKEN *et al.*, 2002); o psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) em 2003 (WILCKEN *et al.*, 2003), e em 2008, foram detectadas as presenças do percevejo bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) (WILCKEN *et al.*, 2010) e da vespa-da-galha *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) (WILCKEN e BERTI FILHO, 2008). Em relação às espécies de *Pinus*, que representam 23,4% do total do plantio florestal brasileiro (ABRAF, 2012), foi introduzida a vespa-da-madeira *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) em 1988 (IEDE *et al.*, 1988), *Cinara pinivora* (IEDE *et al.*, 1998) em 1996; em 1998 foi introduzida *Cinara atlantica* (LAZZARI e ZONTA-DE CARVALHO, 2000) (Hemiptera: Aphididae), em 2000 *Pineus boernerii* (Hemiptera: Adelgidae) (PENTEADO *et al.*, 2004) e o gorgulho do pinus *Pissodeus castaneus* (Coleoptera: Curculionidae) em 2001 (IEDE *et al.*, 2004).

Em 1988, foi constatada a presença de *Sirex noctilio* (vespa-da-madeira) em povoamentos de *Pinus taeda*, no município de Gramado, no RS. Não se sabe ao certo como este inseto foi introduzido e o mais provável é que a introdução tenha ocorrido acidentalmente (IEDE *et al.*, 1988). Como esta praga quarentenária florestal poderia afetar a exploração silvicultural no país, no ano de 1989 foi criado o Fundo Nacional de Controle da Vespa-da-Madeira (FUNCEMA), que é uma parceria sem fins lucrativos entre o setor privado, representado pela associação de empresas de base florestal dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que envolve mais de 120 empresas produtoras florestais e a EMBRAPA-Florestas e demais instituições de pesquisa e desenvolvimento. Na sequência, foi instituído Programa Nacional de Controle da Vespa-da-Madeira (PNCVM), com o objetivo de gerar atividades de pesquisa para o controle e monitoramento da praga. Entre os anos de 1988 a 2005 foram investidos R\$ 5,1 milhões ao PNCVM (RODIGHERI *et al.*, 2006).

No estado de São Paulo, o coleóptero *Sinoxylon anale* (Bostrichiade) foi identificado no início de 2001 após ter sido interceptado em embalagens de madeira originárias da Índia no município de Americana e, no porto de Santos a mesma espécie foi encontrada em

embalagens de madeira provenientes da China (TEIXEIRA *et al.*, 2002). No estado do Mato Grosso, no início de 2001, foi registrada a presença de *Synoxylon conigerum* em madeiras de teca (*Tectona grandis* L.f.), mangueira (*Mangifera indica* L.) e gonçalerio (*Astronium fraxinifolium* Schott) (PERES FILHO *et al.*, 2006). Nessas ocasiões, as espécies de *Synoxylon* não estavam presentes na lista de pragas quarentenárias da Instrução Normativa DAS/MAPA N.º 38, de 1999. Atualmente segundo a Instrução Normativa N.º52/2007, alterada pela Instrução Normativa N.º41/2008, *Synoxylon anale* é considerada praga quarentenária ausente (A1) e *Synoxylon conigerum* é considerada praga quarentenária presente.

No Brasil, ainda não existe Plano de Contingência para praga quarentenária florestal. O único Plano de Contingência de praga elaborado no país é para uma praga agrícola, a Monilíase (*Moniliophthora roreri*) do Cacaueiro, que foi estabelecido através da Instrução Normativa DAS/MAPA N.º13, de 2012 (BRASIL, 2012).

Dentre os fatores que podem influenciar a densidade populacional de insetos podem ser citadas as diferentes estações do ano. Em um programa de monitoramento de pragas através de armadilhas de feromônios, a quantidade de insetos coletados pode indicar fatores como flutuação populacional e possível período de emergência dos indivíduos adultos, uma vez que a praga já esteja estabelecida em uma dada área. Tais informações possuem grande importância para a adoção de medidas de controle populacional (VILELA, 1987). Em pontos de ingresso de um país, como portos e aeroportos, a instalação de armadilhas de monitoramento tem como objetivo indicar se houve a introdução de alguma praga exótica (VILELA, 1987). Este monitoramento em pontos de ingresso visa identificar precocemente introduções de pragas, para que medidas de erradicação tenham maior chance de sucesso. Ademais, as intercepções podem gerar informações sobre possíveis vias de ingresso, e este conhecimento poderá ser utilizado para aprimorar sistemas de mitigação de risco.

O conhecimento da variação da eficiência de captura de insetos pelas armadilhas, causada por fatores ambientais como competição entre fontes de atrativos e níveis populacionais pode resultar no aumento da capacidade de avaliar o risco e direcionar as atividades de contenção de maneira eficaz (MILLER, 2006). O uso de armadilhas entomológicas pode ser uma boa ferramenta de monitoramento de pragas em programas de Vigilância Quarentenária.

## CAPÍTULO I

### **3 SUBSÍDIOS TÉCNICOS PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE CONTINGÊNCIA DE *Dendroctonus frontalis* ZIMMERMANN, 1868 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) PARA O BRASIL**

#### RESUMO

*Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) é um inseto praga que tem como hospedeiras as espécies de coníferas dos gêneros *Pinus* e *Picea*. É nativo de Belize, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, México e Nicarágua, tendo sido interceptado em 1986 em Israel. Entre os anos de 1977 e 2004, estima-se que o prejuízo econômico causado nos Estados Unidos tenha sido de U\$375 milhões. É considerada a praga mais severa de *Pinus* do Sul dos Estados Unidos. A infestação de *D. frontalis* nas árvores hospedeiras está relacionada com a presença de fungos, bactérias, nematoides, ácaros e insetos com os quais o besouro possui associações mutualistas, antagonistas e simbioses. O objetivo deste trabalho foi estabelecer recomendações técnicas para a elaboração de um Plano de Contingência de Praga para *D. frontalis* para o Brasil, reunindo informações sobre a ficha bionômica da praga, medidas de mitigação de risco de introdução e ações para mitigação do risco após a sua introdução. *D. frontalis* é classificado como praga quarentenária ausente (A1) para o Brasil, de acordo com a Instrução Normativa N° 52 de 20/11/2007, alterada pela Instrução Normativa N°41 de 01/07/2008, estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

**Palavras-chave:** mitigação; praga quarentenária; *Pinus*.

**GRANTS FOR TECHNICAL DEVELOPMENT OF CONTINGENCY PLAN FOR  
*Dendroctonus frontalis* ZIMMERMANN, 1868 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE:  
SCOLYTINAE) TO BRAZIL.**

**ABSTRACT**

*Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) is an insect pest that has the host species of conifer *Pinus* and *Picea*. It is native of Belize, El Salvador, United States, Guatemala, Honduras, Mexico, Nicaragua and it has been intercepted in 1986 in Israel. From 1977 to 2004, the economic damage caused in the United States was estimated at \$ 375 million. It is considered the most severe pest of pine in the southern United States. The infestation of *D. frontalis* in host trees is related to the presence of fungi, bacteria, nematodes, mites and insects which the beetle has mutual associations, antagonists and symbionts. The aim of this study was to establish technical recommendations for the preparation of a Contingency Plan for *D. frontalis* in Brazil, gathering information about the identification and biology plug pest, mitigation of risk of insertion and actions for mitigating risks after its insertion. *D. frontalis* is classified as a quarantine pest absent (A1) in Brazil, according to Normative Instruction No. 52 of 11.20.2007, as amended by Instruction No. 41 of 01/07/2008, established by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAP).

**Key-words:** mitigation; quarantine pest; *Pinus*.

## INTRODUÇÃO

*Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae) é uma praga quarentenária ausente (A1) para o Brasil, de acordo com a Instrução Normativa N°52, de 20/11/2007, alterada pela Instrução Normativa N°41 de 01/07/2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e possui alto risco de entrada no Brasil, pois de acordo com Haack (2001), a principal via de entrada de insetos da subfamília Scolytinae, a qual *D. frontalis* pertence, em um país é através de artigos de madeiras como embalagens, suportes de mercadorias, árvores vivas e troncos.

Em 2002, o patrimônio florestal mundial ganhou um novo aliado para tentar diminuir o risco de introdução e dispersão de pragas quarentenárias associadas a embalagens e suportes de madeira utilizados no comércio internacional. Trata-se da Norma Internacional de Medidas Fitossanitárias N°15, estabelecida pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO). As medidas fitossanitárias recomendadas pela NIMF 15 foram internalizadas no Brasil pela Instrução Normativa N°4 de 2004, do MAPA, onde foram estabelecidos os procedimentos de tratamento, certificação e fiscalização de materiais de embalagem e suporte fabricados em madeira de mercadorias no comércio internacional.

As medidas fitossanitárias recomendadas no presente documento, incluindo-se as medidas recomendadas para a mitigação do risco de introdução e medidas de mitigação de risco após a introdução da praga poderão ser adotadas e aplicadas pelos setores governamentais responsáveis e são de caráter preventivo e emergencial, respectivamente. A Organização Nacional de Proteção Fitossanitária (ONPF) do Brasil é representada pelo Departamento de Sanidade Vegetal (DSV) do MAPA. Ou seja, caso seja encontrado foco de *D. frontalis* em algum plantio florestal dentro do território brasileiro ou em fronteiras geográficas com o país, as autoridades responsáveis deverão ser informadas para que sejam tomadas as providências cabíveis.

Com o objetivo de identificar, propor e articular a implementação de ações preventivas de vigilância fitossanitária relacionadas com a possível introdução da praga *D. frontalis* no Brasil, foi realizado esse trabalho para subsidiar a elaboração de um plano de contingência para essa praga, que deverá ser aprovado em última instância pelo Grupo Nacional de Emergência Fitossanitária, representado por titulares e suplentes dos seguintes órgãos:

I - Departamento de Sanidade Vegetal - DSV/SDA/MAPA, cujo titular o coordenará;

II - Superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SFA nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e Amapá;

III - Órgão Estadual de Defesa Sanitária Vegetal - OEDSV nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e Amapá;

IV – Pesquisadores de instituições de pesquisas e universidades federais e estaduais relacionados à ciência florestal;

V - setor produtivo ligado à produção florestal.

### 3.1 FICHA BIONÔMICA

#### 3.1.1 IDENTIDADE

Nome

*Dendroctonus frontalis* Zimmermann

Sinonímia

*Dendroctonus arizonicus* Hopkins

Posição Taxonômica

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Classe: Insecta

Ordem: Coleoptera

Família: Curculionidae

Subfamília: Scolytinae

Nomes comuns

Southern pine beetle (inglês), gorgojo descortezador del pino (espanhol), besouro de casca do pinus.

#### 3.1.2 HOSPEDEIROS

Todas as espécies de *Pinus* que estejam nas regiões onde estão presentes e algumas espécies de *Picea* (HOPKINS, 1909).

As espécies de *Pinus*, atacadas preferencialmente por *D. frontalis* são: *P. taeda* L., *P. echinata* Mill., *P. palustris* Mill., *P. elliotii* Engelm., *P. glabra* Walt., *P. rigida* Mill., *P. virginiana* Mill., *P. pungens* Lamb., *P. strobus* L., *P. densiflora* Sieb. and Zucc., *P. resinosa*

Ait., *P. serotina* Michx., *P. ponderosae* Laws, *P. oocarpa*, *P. caribaea* (BILLINGS e MENDONZA, 2005; HOPKINS, 1909; PAYNE, 1980).

### 3.1.3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

América Central: Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras e Nicarágua (PAYNE, 1980).

América do Norte: Estados Unidos e México (PAYNE, 1980).

Ásia: Interceptação em Israel (MENDEL e ARGAMAN, 1986).

### 3.1.4 STATUS QUARENTENÁRIO PARA O BRASIL

Praga quarentenária ausente (A1) estabelecida pela Instrução Normativa N° 52, de 20/11/2007, alterada pela Instrução Normativa N°41 de 01/07/2008, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

### 3.1.5 VIA DE INTRODUÇÃO EM UM PAÍS

A principal via de introdução de insetos da subfamília Scolytinae em um país é através de artigos de madeira, como embalagens, suportes, árvores vivas e troncos, como comprovado por dados coletados em pontos de entrada de passageiros e cargas nos Estados Unidos, em período de quinze anos de análise (HAACK, 2001).

### 3.1.6 MORFOLOGIA

#### 3.1.6.1 OVO

O ovo possui formato arredondado para ovalado, coloração branca e brilhante. Mede 1,5mm de comprimento e 1,0mm de largura (HOPKINS, 1909; PAYNE, 1980), (figuras 1 e 8).

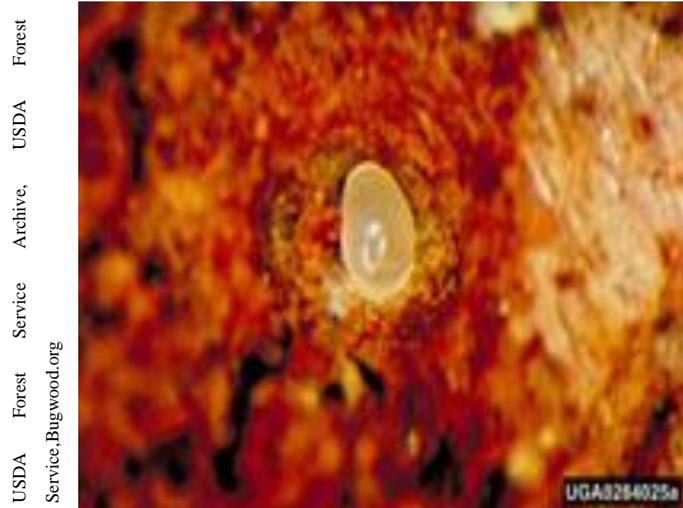


Figura 1: Ovo de *Dendroctonus frontalis*.

### 3.1.6.2 LARVA

A larva apresenta coloração branco-amarelada, é enrugada e o formato é subcilíndrico. Apresenta três segmentos torácicos e dez abdominais e ausência de pernas. Após a eclosão, a cabeça da larva é proeminente, com mandíbulas escuras e bem desenvolvidas, o formato do corpo é cilíndrico e o comprimento é de 2,0 mm. Na maturação larval, o comprimento do corpo é de 5,0 a 7,0 mm (PAYNE, 1980), (figuras 2 e 8).

Erich G. Vallery, USDA Forest Service - SRS-4552, Bugwood.org

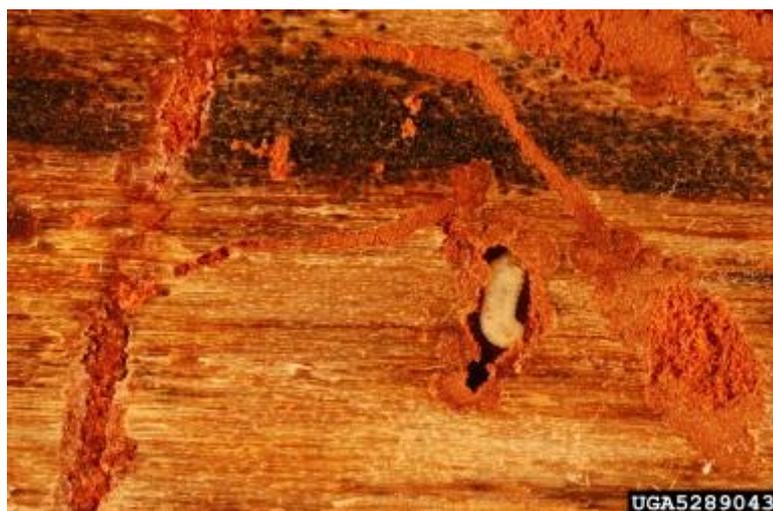


Figura 2: Larva de *Dendroctonus frontalis*.

### 3.1.6.3 PUPA

O formato e o tamanho da pupa são semelhantes ao do adulto, porém a coloração é a mesma da larva. As pernas e almofadas das asas são dobradas para baixo (HOPKINS, 1909; PAYNE, 1980), (figuras 3 e 8).



Figura 3: Pupa de *Dendroctonus frontalis*.

### 3.1.6.4 ADULTO

O adulto de *D. frontalis* possui o corpo cilíndrico e fino, mede de 2,2 a 4,2 mm de comprimento e apresenta coloração que varia de marrom-claro a preto. A cabeça é larga e proeminente. As antenas são geniculadas e possuem cinco artículos. Os olhos são arredondados para ovalados, estão situados na base das antenas e são compostos. O dimorfismo sexual está presente na espécie (figura 4), pois a fêmea apresenta uma faixa transversal elevada no pronoto e o macho possui um sulco frontal e as elevações e os tubérculos são mais distintos (HOPKINS, 1909; PAYNE, 1980). As fêmeas são maiores do que os machos (LANIER *et al.*, 1988), (figura 4). As figuras 5, 6 e 7 apresentam, respectivamente, a visão lateral, frontal e superior do adulto de *D. frontalis*.

O cariótipo dos machos da espécie é  $7AA + Xy_p$  (LANIER *et al.*, 1988).

David T. Almqvist, University of Florida, Bugwood.org



Figura 4: Macho e fêmea de *Dendroctonus frontalis*, à esquerda e à direita, respectivamente.

Pest and Diseases Image Library,  
Bugwood.org

Figura 5: Visão lateral do adulto de *Dendroctonus frontalis*.



Figura 6: Visão frontal do adulto de *Dendroctonus frontalis*.

Pest and Diseases Image Library,  
Bugwood.orgPest and Diseases Image Library,  
Bugwood.org

Figura 7: Visão superior do adulto de *Dendroctonus frontalis*.



Figura 8: Estágios de vida de *Dendroctonus frontalis*.

### 3.1.7 CICLO BIOLÓGICO

O primeiro ataque de *D. frontalis* ocorre quando os besouros adultos são atraídos inicialmente por compostos voláteis emitidos pelos tecidos deteriorados do hospedeiro (HEIKKENEN, 1977). As fêmeas são as primeiras a serem atraídas pelo hospedeiro suscetível (PAYNE, 1980). As características dessas árvores infestadas pelas fêmeas são a presença de massas resinosas que se constituem num mecanismo de defesa da planta hospedeira, contendo pequenos pedaços de casca, madeira e de fezes (VITÉ e PITMAN, 1968). Nas espécies de Scolytinae, o voo tem como função dispersar a população e localizar o hospedeiro para a reprodução (RUDINSKY, 1962).

Após o ataque inicial das fêmeas no hospedeiro os machos são atraídos (PAYNE, 1980). Esta atração secundária ocorre através do sistema olfatório dos besouros que identificam os compostos voláteis pela parte distal das suas antenas (DICKENS e PAYNE, 1977). Essa fase é considerada crítica, pois em curto período de tempo os insetos tem que chegar em número suficiente até o hospedeiro para que consigam sobrepor a resistência natural da árvore (PAYNE, 1980). A resistência da árvore hospedeira é influenciada pelas taxas do fluxo de resina, pela cristalização e pressão de exsudação da mesma (COULSON, 1979).

O sucesso do ataque de *D. frontalis* está relacionado a quatro fatores: a suscetibilidade do hospedeiro ao ataque, o movimento dos atraentes olfativos, a capacidade do inseto em migrar para novas áreas e a capacidade do adulto em sobreviver fora do hospedeiro

(WAGNER *et al.*, 1984b). De acordo com Fargo *et al.* (1978), o processo de estabelecimento do ataque dos adultos é composto por quatro fatores que são: o padrão (configuração), a densidade, a extensão e a duração do ataque.

Os adultos perfuram a casca para iniciar a construção de galerias no floema (HOPKINS, 1909). O pico da construção das galerias para oviposição ocorre no segundo dia após o início do processo de construção (FARGO *et al.*, 1978). As fêmeas colocam os ovos agrupados em intervalos regulares nas galerias, caracterizando uma relação linear entre os ovos depositados e a extensão das galerias (FOLTZ *et al.*, 1976). Após a eclosão, as larvas constroem galerias perpendiculares à galeria construída pelos adultos, no interior da casca do hospedeiro, nas quais permanecem individualmente. Esta galeria, posteriormente, irá conter a câmara pupal, onde a larva irá se desenvolver e se transformar em adulto (HOPKINS, 1909). As galerias larvais possuem de 3 a 6 mm de comprimento, excluindo a câmara pupal. Em situações nas quais as condições ambientais são adversas, como tecidos da casca secos ou altas temperaturas por um período prolongado elas podem alcançar até 7,5 cm ou as larvas podem morrer antes de chegarem a fase pupal (THATCHER e PICKARD, 1964).

A densidade de ovos e a extensão das galerias de crescimento são maiores na parte basal dos troncos infestados, e à medida que a altura dos caules aumenta essas densidades diminuem (FOLTZ *et al.*, 1976). De acordo com Coulson *et al.* (1976) a densidade das duas variáveis anteriores são independentes da concentração de ataque do besouro e a porção média do fuste infestado é onde ocorre a maior concentração de ataque do besouro. Fargo *et al.* (1978) encontraram a maior concentração de ataque do besouro no caule a 3,5 m de altura. As maiores concentrações de larvas e de adultos emergidos no fuste infestado são encontradas logo abaixo e logo acima da parte central do caule infestado, respectivamente (MAYYASI *et al.*, 1976). Um mecanismo indicador de controle negativo parece estar relacionado à densidade do adulto; assim em altas densidades de adultos, a oviposição de cada fêmea é menor, ocorrendo o inverso em baixas densidades de adultos. Isso garante a distribuição uniforme de espaço e comida para cada indivíduo da população (COULSON *et al.*, 1976).

No comportamento de agregação em massa, 54% dos besouros que chegam ao hospedeiro verificam a área, 25% apenas caminham (comportamento aparentemente diferente de pesquisar) e 18% voam para outro hospedeiro e os outros 3% dos besouros não puderam ser avaliados, pois estavam “perdidos” nas fendas da casca da árvore. Ambos os sexos verificam os orifícios de entrada, através da inserção da cabeça e do tórax na entrada dos orifícios com a presença ou não de massas resinosas de seiva. Em alguns casos, os besouros podem ficar aderidos nessa resina e tentar retornar ao orifício de entrada, em outros o besouro

não consegue reconhecer a entrada da galeria abaixo das massas resinosas. Ainda na superfície da casca enquanto analisa, o besouro pode esbarrar em outro besouro, podendo ser uma fêmea iniciando a construção de uma galeria, ou outro (macho ou fêmea) também avaliando, com isso ele pode retornar e retomar a sua verificação ou eles podem lutar entre si. Nesta fase de análise de território, *D. frontalis* pode ainda ser encontrado por algum predador como *Thanasimus dubius* F. (Coleoptera: Cleridae), sendo que o resultado deste encontro pode ser a morte de *D. frontalis* ou o predador pode não mostrar interesse por sua presa. Como as fêmeas e os machos possuem funções diferentes na infestação, os machos demoram 0.55 h para verificar e entrar na galeria iniciada pelas fêmeas, enquanto que estas gastam, em média, 1.41 h para procurar e perfurar o hospedeiro (BUNT *et al.*, 1980). *D. frontalis* pode ter até seis gerações por ano (UNGERER *et al.*, 1999).

A alta densidade de besouros atacando o floema ocasiona a redução da construção de galerias e a diminuição da quantidade de ovos depositados, pois a competição entre os pares de *D. frontalis* é maior. Nos meses mais frios, as infestações nas árvores hospedeiras são encontradas isoladas e a partir do momento no qual as condições de temperatura, densidade e tamanho da fêmea se tornam favoráveis à reprodução, a infestação aumenta em número e em tamanho. Quando a infestação nas árvores hospedeiras isoladas e o número de adultos atingem determinado ponto, as fêmeas ovipositam menos e em menor tempo, pois têm como objetivo aumentar a área total infestada através da infestação de novas árvores hospedeiras (WAGNER *et al.*, 1981). Dixon e Payne (1979a) encontraram a maior quantidade de *D. frontalis* no hospedeiro no terceiro dia após o início do ataque massal e o pico da atividade ocorreu por volta das 17:00 horas.

Entre 10 e 14 dias após o primeiro ataque, os mesmos adultos reemergem para outras partes da árvore ou para outras árvores hospedeiras (THATCHER e PICKARD, 1964). Estima-se que 50-60% dos adultos reemergem e fêmeas virgens têm um poder de atração 4.5 vezes maior que as fêmeas reemergidas (não virgens) (COSTER, 1970). Cerca de 90% dos besouros que reemergem constroem dois orifícios na superfície da casca, sendo um de entrada (prévio) e outro de saída e apenas 9% constroem apenas um. Os casos em quem os besouros não chegam a reemergir ocorrem porque 75% dos besouros morrem antes deste período e 16% não irão reemergir por outros motivos (WAGNER *et al.*, 1981).

*Pinus ponderosa*, no nordeste do estado do Arizona (EUA), apresenta uma resposta primária, que é pré-formada (condutiva) ao ataque de *D. frontalis*. Neste tipo de resposta, a resina pré-formada permanece armazenada em dutos à espera do ataque, sendo considerado o

principal mecanismo de defesa. Essa estratégia de defesa está relacionada ao fato de que a área estudada é alvo de sucessivos ataques (GAYLORD *et al.*, 2011).

### 3.1.8 INFESTAÇÃO

*D. frontalis* é a praga mais severa das espécies de *Pinus* no sul dos Estados Unidos (ST. GEORGE e BEAL, 1929). O ataque do besouro inicia-se em algumas árvores e se as condições estiverem favoráveis pode alcançar grandes proporções (BILLINGS, 2011b).

O prejuízo econômico estimado nos Estados Unidos entre os anos de 1977 e 2004 foi de U\$ 375 milhões, o que é calculado uma perda de U\$13 milhões por ano. Porém, durante este período analisado, ocorreram grandes infestações em que os prejuízos foram superiores ao valor anual calculado de U\$13 milhões, destacam-se as infestações ocorridas nos períodos de 1984-1986, 2000-2002, 1979-1980 quando os prejuízos foram de U\$133 milhões, U\$110 milhões e U\$48 milhões, respectivamente (PYE *et al.*, 2011).

Em baixa densidade populacional, o ataque de *D. frontalis* ocorre em árvores estressadas, porém quando a população atinge grandes proporções, árvores saudáveis também passam a ser alvo da praga (COSTER e JOHNSON, 1979).

O papel ecológico dos ataques de *D. frontalis* nas áreas infestadas é a renovação do dossel, pois as árvores estressadas e menos vigorosas são mais suscetíveis ao ataque, de modo que há a manutenção do vigor e da diversidade das florestas (comunidade) (SCHOWALTER *et al.*, 1981).

Nos Estados Unidos, as novas infestações de *D. frontalis* crescem em maior proporção em número e tamanho durante os meses da primavera (abril, maio e junho) (THATCHER e PICKARD, 1964). No sudeste do estado do Texas (EUA), as temperaturas do inverno não são suficientes para matar o inseto, visto que troncos não atacados em dezembro podem apresentar perdas por infestação da praga da ordem de 50% em fevereiro (THATCHER, 1967).

A infestação de *D. frontalis* é dividida em três estágios de ataque, e os sintomas são descritos abaixo (figuras 9 e 10) (ST. GEORGE e BEAL, 1929; BILLINGS e PASE, 1979).

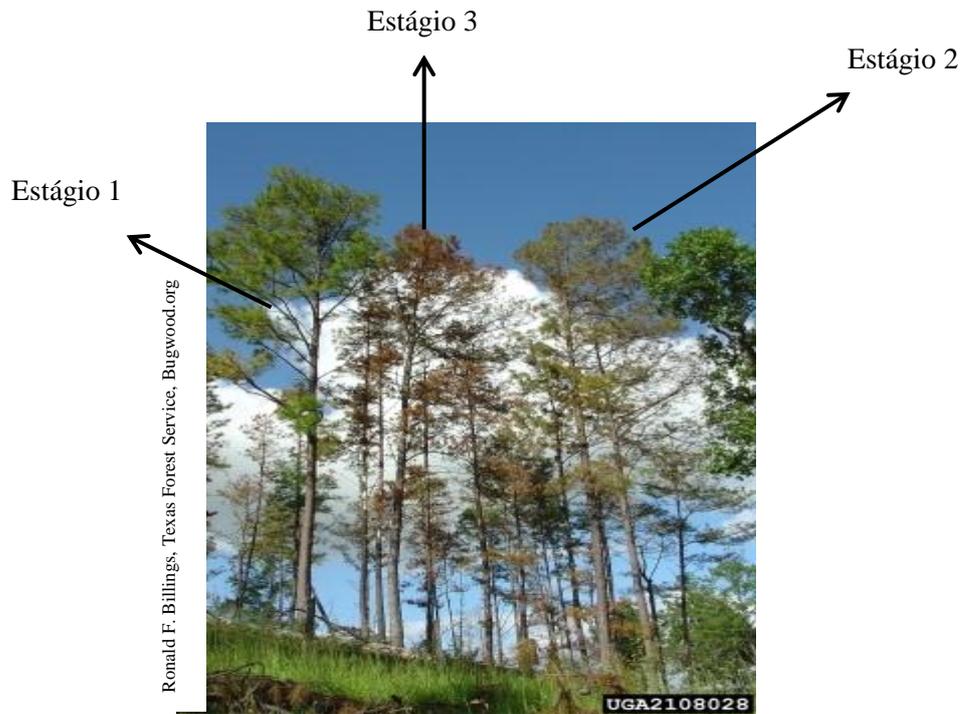


Figura 9: Sintomas de ataque de *Dendroctonus frontalis*. Estágio 1: Folhas verdes; Estágio 2: Folhas amarela-avermelhadas; Estágio 3: Folhas vermelhas.



Figura 10: Infestação de *Dendroctonus frontalis* em *Pinus* spp. no nordeste da Geórgia, Estados Unidos.

### 3.1.8.1 ESTÁGIO 1

A chegada dos insetos adultos às árvores hospedeiras ocorre nesta fase. Com isso, alguns sintomas de ataques podem ser identificados:

- A coloração das folhas permanece verde (figuras 9 e 10).
- A presença de massas de resina que apresentam coloração branca ou ligeiramente rosa, com textura pegajosa. Este sintoma de ataque pode não ocorrer em árvores altamente estressadas. Neste caso, teias de aranha são observadas na base da árvore (figura 11).
- Besouros predadores da família Cleridae são encontrados nos troncos recém-atacados (figura 12).
- Próximo às galerias dos adultos a coloração da madeira é marrom. Em outras partes da madeira a cor é branca, como em árvores que não foram atacadas pela praga (figura 13).



Figura 11: Massas de resina frescas de árvores de *Pinus* spp. atacadas por *Dendroctonus frontalis*.



Figura 12: Besouros da família Cleridae.

Ronald F. Billings, Texas Forest Service,  
Bugwood.org

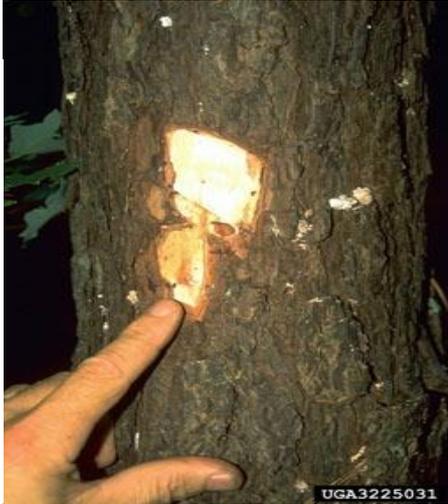


Figura 13: Coloração da madeira marrom nas galerias de adulto de *Dendroctonus frontalis* e branca em áreas onde não houve o ataque da praga .

### 3.1.8.2 ESTÁGIO 2

Nesta fase há a eclosão dos ovos depositados pelos adultos que colonizaram as árvores hospedeiras. O subsequente desenvolvimento do inseto ocorre à medida que ele penetra pelos tecidos mais internos da árvore. Outros sintomas são:

- As folhas apresentam coloração amarela para vermelha antes da emergência da nova geração de insetos. Porém, as folhas podem permanecer verdes quando os insetos estão na fase larval (figuras 9 e 10).
- Galerias de adultos em forma de S, com a presença de larvas e/ou pupas (figura 14).
- Massas resinosas são brancas e duras, assemelhando-se a pipoca. (figura 15).
- A coloração da madeira é marrom-clara, e quando infestada por fungos pode apresentar seções de cor marrom-escuro com azul ou preto (figura 16).
- A casca da árvore é removida com facilidade, pois está solta.
- Orifícios de saída dos besouros em reemergência podem ser encontrados nesta fase (figura 17).
- Serragem em pó produzida por besouros de ambrósia pode ser encontrada na base das árvores atacadas (figura 18).

- Presença de larvas de predadores da família Cleridae que podem ser identificadas por larvas na coloração rosada ou avermelhada, localizadas nas galerias construídas por *D. frontalis* (figura 19).

Tim Tigner, Virginia Department of Forestry, Bugwood.org



Figura 14: Galerias de adultos de *Dendroctonus frontalis*, em *Pinus* spp., em forma de S com a presença de larvas e/ou pupas.



Ronald F. Billings, Texas Forest Service, Bugwood.org

Figura 15: Massas resinosas brancas e duras de resina de *Pinus* spp. atacadas por *Dendroctonus frontalis*.

Ronald F. Billings, Texas Forest Service, Bugwood.org



Figura 16: A madeira apresenta coloração marrom-clara, podendo ter manchas azul ou preta, causadas por fungos relacionados à *Dendroctonus frontalis*, em *Pinus* spp.



Figura 17: Orifícios de saída de adultos de *Dendroctonus frontalis* em reemergência, em árvores de *Pinus* spp.

James R. Meeker, USDA Forest Service, Bugwood.org



Figura 18: Serragem branca produzida por besouros de ambrósia em árvores de *Pinus* spp, atacadas por *Dendroctonus frontalis*.



Figura 19: Larvas de besouros predadores de *Dendroctonus frontalis* da família Cleridae, em *Pinus* spp.

### 3.1.8.3 ESTÁGIO 3

Nesta fase, os adultos emergidos do tronco das árvores voam à procura de outras plantas hospedeiras. Nesta última fase, a árvore atacada pode chegar à morte. As características desta fase são:

- As folhas são vermelhas e podem cair das árvores (figuras 9 e 10).
- Resina pegajosa de coloração amarelada e rígida (figura 20).
- A coloração da madeira é marrom a preta e as galerias de *D. frontalis* podem ser perfuradas por larvas de besouros serradores.
- A remoção da casca ocorre com facilidade.
- Orifícios de saída são encontrados em grande quantidade (figura 21).
- A serragem produzida por coleobrocas apresenta coloração branca ou creme e pode ser encontrada em grande quantidade na base das árvores.
- Presença de larvas ou pupas de besouros predadores da família Cleridae identificados pela cor roxa.

Erich G. Vallery, USDA Forest Service - SRS-4552,  
Bugwood.org



Figura 20: Massas resinosas amareladas e rígidas em *Pinus* spp, causadas pelo ataque de *Dendroctonus frontalis*.



Figura 21: Grande quantidade de orifícios de saída do adulto de *Dendroctonus frontalis*, em *Pinus* spp..

Chuck Barger, University of Georgia, Bugwood.org

### 3.1.9 ECOLOGIA

#### 3.1.9.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

A primeira variável considerada por Coulson (1979) para os surtos de infestação de *D. frontalis* são as condições climáticas favoráveis aliadas à distribuição e quantidade de hospedeiros suscetíveis. As condições climáticas estabelecem a distribuição geográfica do hospedeiro, *Pinus* ssp. e de *D. frontalis* (COULSON e SAARENMAA, 2011).

Wagner *et al.* (1984a) analisaram os estágios de desenvolvimento dos insetos em relação à temperatura e constataram que a incubação dos ovos ocorreu entre 32,3 dias (10°C) a 3,5 dias (30°C) e que não houve eclosão nas temperaturas de 0, 5 e 35°C. Entre 15 e 30°C a mortalidade dos ovos foi inferior a 22% e fora dessa faixa de temperatura este valor aumentou consideravelmente. O desenvolvimento larval ocorreu entre 15 e 25°C no tempo de 44,8 e 17,1 dias, respectivamente. As pupas desenvolveram-se em 19,7 e 4,4 dias e a longevidade dos adultos foi 18,4 e 5,3 dias, sendo o maior período de desenvolvimento a 12,5°C e o menor a 31,1°C.

A temperatura de -16 °C é letal para *D. frontalis*, pois ocasiona a morte de 100% dos insetos (UNGERER *et al.*, 1999). Em contrapartida, a dispersão e sobrevivência do besouro podem ser limitadas por altas temperaturas nos meses do verão (THATCHER e PICKARD, 1964).

A reemergência dos adultos ocorre após a reprodução dos mesmos no hospedeiro e é altamente influenciada pela temperatura. A 12,5°C a reemergência ocorre após 46 dias e a 27°C em 12 dias. Nesta faixa de temperatura, 90% dos adultos reemergem. Machos e fêmeas têm comportamentos diferentes durante a reemergência, pois em temperaturas inferiores a 30°C, os machos reemergem 1 ou 2 dias antes das fêmeas e o inverso ocorre em temperaturas superiores a 30°C (GAGNE *et al.*, 1982). A longevidade das fêmeas é maior do que a dos machos (WAGNER *et al.*, 1984b).

Em relação ao voo, a diferença média de 3 a 5°C de temperatura associada a mudanças de elevação tem influência na coordenação e na distância do voo de *D. frontalis* (WILLIAMS *et al.*, 2008).

No leste do Texas (EUA), a construção de galerias iniciais é maior e mais rápida com besouros que emergem no mês de fevereiro do que os que emergem nos meses de maio e junho, nas mesmas temperaturas de 10 e 15°C (WAGNER *et al.*, 1981).

### 3.1.9.2 INTERAÇÃO COM OUTRAS ESPÉCIES

*D. frontalis* possui associações mutualistas, antagonistas e simbiotes com diversos organismos, como fungos, bactérias, nematoides e ácaros.

Algum tipo de associação ocorre entre o complexo *D. frontalis*-hospedeiro com pelo menos 150 espécies de insetos nos primeiros 30 dias após o ataque inicial do besouro (DIXON e PAYNE, 1979b).

Moore (1971) constatou que a morte de 22.3% de *D. frontalis* durante o período entre 1966 e 1968 em cinco áreas geográficas na Carolina do Norte (EUA) foi causada por patógenos e que os fungos e bactérias foram encontrados em 148 das 172 amostras coletadas.

#### 3.1.9.2.1 FUNGOS FITOPATOGÊNICOS

Fungos de diferentes espécies são carregados e introduzidos nas árvores hospedeiras por *D. frontalis*. Fungos causadores da mancha azul (“bluestain fungi”), a exemplo de *Ophiostoma minus*, em árvores previamente atacadas, matam as hospedeiras em pouco tempo, pois as hifas dos fungos crescem nos traqueídeos, prejudicando a condução e distribuição da água absorvida pelas raízes (NELSON e BEAL, 1929). Paine *et al.* (1997) ressaltam que a morte das árvores não ocorre apenas pela ação isolada dos fungos e sim pela resposta da árvore ao ataque relacionada ao vigor da mesma, aos besouros e ao próprio fungo.

A infecção dos fungos pode acontecer até 24 horas após o ataque inicial dos besouros. A fase mais importante para a infecção ocorre nas duas primeiras semanas após o primeiro ataque, pois a infecção primária se completa e os primeiros sintomas de secamento das árvores já podem ser observados (BRAMBLE e HOLST, 1940).

Os fungos *Entomocorticium* sp. A e *Ophiostoma ranaculosum* são transportados e propagados nas micângias, estruturas especializadas para o transporte de fungos no protórax de adultos de *D. frontalis*, durante a emergência, o voo e a construção de galerias de oviposição (BARRAS e PERRY, 1972). Esses fungos crescem nas paredes das galerias larvais e podem desintoxicar ou concentrar nutrientes do floema próximos às galerias larvais, além de fornecer nutrientes específicos (BRIDGES, 1983). A ausência de fungos micangiais reduz o crescimento das galerias, da produção de ovos, o número total de descendentes de *D. frontalis*, e de descendentes/galeria, e ainda pode atrasar em até 24 dias o período inicial de emergência dos descendentes (BARRAS 1973, GOLDHAMMER *et al.* 1990).

Os besouros introduzem o fungo da mancha azul *O. minus* nas galerias através do seu corpo (exoesqueleto), e o fungo por sua vez é capaz de penetrar rapidamente em grandes profundidades na região do câmbio (BRAMBLE e HOLST, 1940). Porém, *O. minus* é antagonista ao desenvolvimento de *D. frontalis*, porque causa a diminuição do acasalamento, da oviposição, e do número de ovos, as galerias são menores, e a mudança de direção das fêmeas nas galerias de oviposição também ocorre na presença do fungo (em função da mudança não-favorável de substrato), além da atração de espécies de parasitoides de *D. frontalis*. A importância da presença deste fungo para os besouros é que ele prejudica a síntese de compostos emitidos pelas árvores hospedeiras para a defesa das mesmas, na ocasião do ataque em massa, o que deixa as galerias de oviposição e de larvas livres para o desenvolvimento do inseto (BARRAS 1970, GOLDHAMMER *et al.* 1990, SULLIVAN e BERISFORD 2004). *O. minus* reduz as taxas de carboidratos do floema da árvore infestada mais rapidamente do que o fungo *Entomocorticium* sp. A (BARRAS e PERRY, 1972). Esta associação entre *D. frontalis* e *O. minus* foi comprovada através de experimentos por Bridges *et al.* (1985) como não obrigatória, pois foram encontradas diversas infestações de *D. frontalis* sem a presença do fungo. Isso foi atribuído à existência e ao crescimento de outros microrganismos inibidores do fungo, como *Trichoderma* sp., nas árvores que não possuíam *O. minus*.

Hofstetter *et al.* (2006a) estudaram as relações entre *D. frontalis* com os fungos micangiais *Entomocorticium* sp. A e *Ophiostoma ranaculosum*, aos quais o besouro possui associação mutualística, *O. minus* e com ácaros do gênero *Tarsonemus* (Acarina:

Tarsonemidae). Os resultados revelaram que a população dos besouros diminui com o aumento populacional de *O. minus*, em consequência ao crescimento de *Tarsonemus* e que *O. minus* poderia ser utilizado como agente de controle biológico para *D. frontalis*. Variações na população de *O. minus* ocasionam mudanças na população de ácaros do gênero *Tarsonemus*, pois estes se alimentam de *O. minus* (BRIDGES e MOSER, 1986).

A sazonalidade das espécies de fungos e ácaros está relacionada com a estação do ano, dentre outros fatores. *O. ranaculosum* é encontrado em *D. frontalis* em maior quantidade no verão e no outono, enquanto que a maior abundância de *Entomocorticium* sp. A ocorre na primavera. No verão é quando a maior quantidade de esporos de *O. minus* é carregada pelo ácaro *Tarsonemus* (HOFSTETTER *et al.*, 2006b).

As lesões dos tecidos das árvores hospedeiras têm como consequências a redução da disponibilidade de nutrientes, no qual o impacto negativo é maior na interação besouro-fungos micangiais do que em *O. minus*, e o crescimento de *O. minus* é mais rápido do que em fungos micangiais. A competição entre os fungos micangiais e *O. minus* é alterada pelos metabólitos secundários emitidos pela árvore hospedeira, de modo que a redução do crescimento de *O. minus* em áreas colonizadas é mais eficiente com *Entomocorticium* sp. A do que com *O. ranaculosum*. A variação do metabolismo secundário das diferentes espécies de pinus pode revelar a abundância da infestação de cada fungo na área infestada (HOFSTETTER *et al.*, 2005).

O comportamento destes fungos também está relacionado aos períodos de endemia (baixa densidade populacional) e epidemia (alta densidade populacional) de *D. frontalis*. As taxas de sobrevivência de *O. minus* e *Entomocorticium* sp. A em períodos de endemia são maiores do que a de *O. ranaculosum*, pois *D. frontalis* em baixa densidade populacional coloniza árvores que têm a resistência reduzida em função de algum distúrbio, e por isso favorecem o crescimento daquelas espécies de fungos. Já em elevadas densidades populacionais, em que árvores sadias também são colonizadas pelos besouros, *O. ranaculosum* prevalece em relação aos dois outros fungos (HOFSTETTER *et al.*, 2005).

O êxito da associação existente entre *D. frontalis* e *Entomocorticium* sp. A pode estar relacionado ao acréscimo de um terceiro componente nesta relação mutualística, que é uma bactéria actinomiceto, do gênero *Streptomyces*, capaz de sintetizar um antibiótico chamado micangimicina responsável pela inibição do fungo antagonista *O. minus*. Esta bactéria está localizada nas galerias, na micangia (SCOTT *et al.*, 2008) e em maior parte no intestino posterior de *D. frontalis* (HULER *et al.*, 2011). Para Bridges e Perry (1985), a função dos fungos micangiais é limitar a distribuição de *O. minus* nas árvores atacadas por *D. frontalis*,

visto que nos experimentos dos autores, os resultados indicaram que nas galerias que continham os fungos micangiais, 27,8% apresentaram mancha azul e essas manchas estavam localizadas nas galerias de origem. Em galerias que não possuíam fungos micangiais, as manchas azuis ocuparam 91,1% das galerias.

Moore (1971) atribuiu aos fungos do gênero *Aspergillus* e *Fusarium* a causa da morte de adultos saudáveis de *D. frontalis* em cinco áreas geográficas na Carolina do Norte (EUA), entre 1966 e 1968, e fungos supostamente patogênicos ao besouro foram encontrados em 29% das amostras coletadas.

#### 3.1.9.2.2 BACTÉRIAS ENTOMOPATOGÊNICAS

Foram encontradas por Moore (1971) em indivíduos mortos de *D. frontalis*, na Carolina do Norte (EUA) no período de 1966-1968, bactérias das espécies *Serratiamarcescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* e *Flavobacterium* spp.

#### 3.1.9.2.3 NEMATOIDES

Nematoides da espécie *Contortylenchus brevicomi* (Massey) (Nematoda: Sphaerulariidae) quando infectam fêmeas de *D. frontalis* ocasionam redução na produção de ovos e do comprimento das galerias quando comparadas a fêmeas não infectadas, em 2 ou 3 semanas após o ataque inicial do besouro e esse efeito continua até o final do ciclo reprodutivo da fêmea (MACGUIDWIN *et al.*, 1980).

#### 3.1.9.2.4 ÁCAROS

Moser (1975) estudou a relação entre ácaros e *D. frontalis* e o resultado encontrado foi que os ácaros apresentaram preferência em atacar o besouro no primeiro estágio larval, porém o ataque também ocorreu sobre os ovos, o estágio tardio da larva e na fase pupal. Adultos não foram atacados porque são eles que promovem a dispersão do ácaro. A preferência do ácaro sobre os primeiros estágios larvais e sobre os ovos do besouro está relacionada à posição que estes se encontram na árvore hospedeira, estando localizados mais próximos às galerias das fêmeas de *D. frontalis*; larvas e pupas estão localizadas mais distantes e com isso, o ácaro tem maior dificuldade em encontrá-las. Ao todo, de 51 espécies de ácaros encontradas, 32 eram predadoras, principalmente dos gêneros *Proctolaelaps* e *Dendrolaelaps*.

*Dendrolaelaps neodisetus* (Hurlbutt) (Acarina: Digamasellidae) e *D. frontalis* possuem uma relação mutualística. O benefício do ácaro é o transporte que o besouro proporciona para novos hospedeiros, assegurando a dispersão, o que irá garantir fonte de alimentação, e por outro lado, o besouro, na presença do ácaro, sofre menos parasitismo do nematóide *Contortylenchus brevicomi* (Massey) (Nematoda: Sphaerulariidae) (KINN, 1980).

A maior quantidade de *D. neodisetus* de *Trichouropoda australis* Hirschmann (Acarina: Trematuridae) encontrada por Stephen e Kinn (1980) estava localizada na porção inferior e mediana-inferior das árvores infestadas, respectivamente. Nesses estudos, *Tarsonemus krantzi* Smiley e Moser (Acarina: Tarsonemidae) não apresentou relação com a altura nas árvores infestadas. As espécies de ácaro mais encontradas foram *D. neodisetus*, *T. australis* e *T. krantzi*.

### 3.1.9.2.5 COMPETIDORES

De acordo com Stephen (2011) as maiores espécies competidoras de *D. frontalis* se encontram no gênero *Monochamus* (Coleoptera). A atração e a chegada de *Monochamus titillator* (Coleoptera: Cerambycidae) em árvores infestadas por *D. frontalis* ocorre porque *M. titillator* responde à comunicação química existente entre machos e fêmeas de *D. frontalis* na ocasião do ataque massal das árvores hospedeiras e o pico dessa resposta acontece entre 4 e 10 dias após o início do ataque massal de *D. frontalis* (BILLINGS e CAMERON, 1984). *M. titillator* afeta o desenvolvimento de *D. frontalis*, de modo que a interação entre as duas espécies ocorre por pelo menos 20 dias e diminui com o tempo, pois ainda na fase de pupa, quando *D. frontalis* entra na casca da árvore ele está protegido de *M. titillator* (DODDS e STEPHEN, 2000). No floema das árvores hospedeiras, as larvas de *D. frontalis* são predadas facultativamente por *Monochamus carolinensis* (Coleoptera: Cerambycidae) (DODDS *et al.*, 2001).

Flamm *et al.* (1987) concluíram que a competição entre *D. frontalis* e as espécies da subfamília Scolytinae *Ips avulsus* e *Ips calligraphus* é reduzida em função do padrão de ataque de cada uma delas. *D. frontalis* apresentou maior densidade populacional do meio para a base do caule infestado, enquanto que a distribuição de *I. avulsus* foi uniforme ao longo do caule infestado e a densidade populacional de *I. calligraphus* foi maior do caule para cima.

Na interação entre *D. frontalis* e *Dendroctonus brevicomes* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), a primeira espécie sofre os maiores impactos negativos. O crescimento e a densidade das galerias de oviposição de *D. frontalis* diminuem à medida que

há aumento no crescimento das galerias de *D. brevicomes*. Ou seja, nesta interação, as chances de uma epidemia de *D. frontalis* se tornar uma epidemia são menores (DAVIS e HOFSTETTER, 2009). *D. frontalis* e *D. brevicomes* podem possuir galerias dividindo a mesma área de 1,000 cm<sup>2</sup> na casca de *Pinus ponderosa* (HAYES *et al.*, 2008).

A combinação dos ferômonios liberados por besouros dos gêneros *Dendroctonus* (incluindo *D. frontalis*) e *Ips*, quando habitam a mesma árvore hospedeira, acarreta o aumento nas taxas de predação desses insetos. Nesse tipo de colonização entre espécies diferentes pode haver uma atração ou um atraso na colonização dos besouros, pois estes podem introduzir microorganismos emissores de compostos voláteis responsáveis por este processo (HOFSTETER *et al.*, 2012). Breece *et al.* (2008) revelaram que em florestas do Arizona e Novo México o número de árvores atacadas por mais de uma espécie de besouros de casca, incluindo os gêneros *Dendroctonus* e *Ips*, chegava a 80% do total das árvores analisadas.

#### 3.1.9.2.6 PREDADORES

Dixon e Payne (1979b) encontraram e enumeraram no Texas (EUA) uma lista de famílias de espécies predadoras de *D. frontalis*. Na ordem Coleoptera, as famílias são Cleridae, Colydiidae, Histeridae, Orthoperidae, Staphylinidae, Tenebrionidae e Trogositidae. Na ordem Hemiptera foi encontrada a família Anthocoridae e em Diptera as famílias Dolichopodidae, Lonchaeidae e Stratiomyidae. As espécies predadoras que possuem maior importância, e que ainda de acordo com Dixon e Payne (1979b), são encontradas nas árvores hospedeiras pelo menos até os 15 primeiros dias do ataque inicial de *D. frontalis* são *Thanasimus dubius* (Coleoptera: Cleridae) e *Medetera* spp. (Diptera: Dolichopodidae).

*Thanasimus dubius* (Coleoptera: Cleridae) possui uma estreita relação de sincronização de ciclo de vida com *D. frontalis* (THATCHER e PICKARD, 1966). O adulto de *T. dubius* ataca e se alimenta dos adultos de *D. frontalis* quando estes pousam na casca da árvore hospedeira e em seguida ocorre o acasalamento e oviposição dos predadores (THATCHER e PICKARD, 1966). Essa agregação em massa do predador, logo após o ataque inicial da presa, pode ser explicada pela presença de uma substância liberada por *D. frontalis* para agregação em massa e que também atrai *T. dubius*, funcionando assim como um caimônio (REEVE *et al.*, 1980). Billings e Cameron (1984) concluíram que a associação entre frontalin, o ferômonio de agregação em massa liberado pelas fêmeas de *D. frontalis* e substâncias voláteis exaladas pelas árvores hospedeiras atacadas são os responsáveis pela chegada do predador. Os experimentos destes autores ainda revelaram que substâncias

inibitórias de *D. frontalis* demonstraram os mesmos resultados em *T. dubius*. Este predador é considerado generalista na resposta a diversos feromônios de diferentes espécies de besouros que atacam a casca de pinus e esta resposta ocorre através de sinais percebidos pelo sistema olfatório de *T. dubius* (COSTA e REEVE, 2011).

A maior população de *T. dubius* ocorre no quarto dia após o início do ataque em massa de *D. frontalis* e o seu voo ocorre no período diurno, preferencialmente entre 9 h e 11 h e está estreitamente relacionado à temperatura, com pico de atividade a 26°C (DIXON e PAYNE, 1979a). A 30°C a mortalidade dos ovos de *T. dubius* é de 20%, a 35°C é de 50% e a 37,5°C é de 100% (REEVE, 2000). Após a eclosão, as larvas se movem em direção às larvas da presa, passando de uma galeria larval a outra. A pupação de *D. frontalis* ocorre antes da fase pupal de *T. dubius* e quando o predador empupa, *D. frontalis* já se transformou em adulto e emergiu. Um adulto de *T. dubius* consome, em média, 2,2 adultos de *D. frontalis* por dia. As larvas do predador podem se alimentar em todos os estádios de desenvolvimento da presa, mas preferencialmente de larvas e pupas. Este predador consome a sua presa em aproximadamente 3 minutos (THATCHER e PICKARD, 1966).

Dixon e Payne (1979a) encontraram em uma área de pinus infestada há mais de 10 anos a proporção de 51.4 indivíduos de *D. frontalis* por 1 indivíduo de *T. dubius* por árvore. Em infestações jovens, a alta emergência de *T. dubius* pode ocorrer em períodos de baixa emergência de *D. frontalis*, pois a densidade do predador depende da chegada do mesmo para a árvore hospedeira e pode não haver sincronização entre as fases de emergência do predador e da presa (REEVE *et al.*, 1980). O período considerado mais eficiente é durante a primavera, pois é quando os besouros que estavam “hibernando” anteriormente emergem. Porém, este predador não é considerado eficiente para o controle biológico de *D. frontalis* (THATCHER e PICKARD, 1966). Para que a uma infestação de *D. frontalis* em crescimento seja reduzida Costa e Reeve (2012) sugerem que devam ser adicionados 2300 ovos de *T. dubius* por árvore entre 1 e 5 metros do solo.

*Medetera* spp. (Diptera: Dolichopodidae) são encontradas em maior quantidade nos seis primeiros dias após o ataque inicial e nas partes mais baixas do tronco. Ainda neste período, com estas espécies predadoras, há predominância do sexo feminino sobre o masculino, alcançando a proporção de 1:10.4, respectivamente. Próximo aos 30 primeiros dias após o ataque inicial, essa proporção diminui, chegando a 1:5.4 (DIXON e PAYNE, 1979b).

*Medetera maura* foi a espécie predadora encontrada por Overgaard (1968) em maior quantidade em árvores infestadas por *D. frontalis* nos estados do Texas e Louisiana em 1965, e a maior emergência ocorreu em julho do mesmo ano.

Em *Pinus banksiana* colonizada por *Ips pini* (Coleoptera: Curculionidae Scolytinae) *Medetera bistriata* pode ser encontrada até antes da chegada da presa (AUKEMA *et al.*, 2004). Durante a imobilização de *I. pini*, *M. bistriata* libera uma neurotoxina através das glândulas salivares que cessa imediatamente o movimento da presa. Em baixas densidades de ovos de *I. pini*, o impacto da predação das larvas de *M. bistriata* é maior (AUKEMA e RAFFA, 2004).

### 3.1.9.2.7 PARASITOIDES

As espécies de parasitoides da ordem Hymenoptera apresentam o mesmo padrão de agregação e de distribuição no complexo *D. frontalis*-árvore hospedeira (DIXON e PAYNE, 1979b). A eficiência do parasitismo é diminuída pela competição entre as espécies, quando estão em alta densidade populacional (GARGIULLO e BERISFORD, 1981).

A densidade populacional das espécies de parasitoides aumenta de acordo com alguns fatores como, a diminuição da espessura do caule infestado, pois provavelmente espécies como *Roptrocerus xylophagorum* (Hymenoptera: Torymidae) tem menor dificuldade para penetrar nas galerias de ovos de *D. frontalis* em caules mais finos (GARGIULLO e BERISFORD, 1981). Essa relação com a densidade do besouro fez Gargiullo e Berisford, (1981) considerarem esta espécie de parasitoide a mais importante para *D. frontalis*.

Sullivan e Berisford (2004) concluíram que os parasitoides *R. xylophagorum* e *Spathius pallidus* Ash (Hymenoptera: Braconidae) são atraídos pelos tecidos da árvore hospedeira infectados por fungos do gênero *Ophiostoma*, porque estes fungos aumentam a concentração de monoterpenos oxigenados, que são os responsáveis pela atração dos parasitoides. Monoterpenos oxigenados atraem as fêmeas de *R. xylophagorum* (PETTERSSON *et al.*, 2000). Fêmeas de *R. xylophagorum* emitem feromônio sexual para a atração e copula com os machos da mesma espécie (SULLIVAN, 2002).

No estado americano da Louisiana, os maiores picos populacionais de parasitoides são encontrados entre abril e junho e os menores entre dezembro e março, durante os meses de inverno. O pico de emergência de *D. frontalis*, em abril, ocorre antes que o das espécies parasitoides, nos meses de junho e agosto, pois estas espécies levam em média de 30 a 45 dias para completar o seu ciclo biológico (GOYER e FINGER, 1980). Overgaard (1968) relatou que no ano de 1965 nos estados americanos do Texas, Mississipi e Louisiana o pico da emergência das espécies de Hymenoptera aconteceu nos meses de abril e agosto.

As espécies de parasitoides se localizam em maiores proporções em determinados pontos do caule das árvores. Algumas espécies destes agentes de controle biológico são encontradas em maior quantidade na metade superior da árvore, como é o caso de *Coeloides pissodis* (Ash) (Hymenoptera: Braconidae), *Dendrosoter sulcatus* Mues (Hymenoptera: Braconidae) e *Heydenia unica* (Cook and Davis) (Hymenoptera: Pteromalidae), e outras são encontradas em maior quantidade no meio da árvore infestada, como *S. pallidus* (DIXON e PAYNE, 1979b).

VanLaerhoven e Stephen (2002) concluíram que a espécie da árvore hospedeira, a espécie do besouro parasitada, a época do ano e a própria espécie do parasitoide podem afetar a dinâmica da distribuição das espécies parasitoides ao longo do fuste infestado. E o que vai determinar a preferência das espécies por determinada altura do caule infestado é a espessura do caule, a distribuição do besouro hospedeiro ao longo do caule e o tamanho do ovipositor. Por isso, diversos trabalhos revelaram diferentes resultados na distribuição das espécies parasitoides ao longo do caule infestado (VANLAERHOVEN e STEPHEN, 2002).

Fiske (1908) revelou que espécies parasitoides da família Braconidae (Hymenoptera) foram encontradas nos topos das árvores e que o grau de parasitismo nas larvas de *D. frontalis* chegava a 45% e que na porção basal das árvores estes parasitoides não estavam presentes. Gargiullo e Berisford (1981) verificaram que nas extremidades do caule da árvore infestada a densidade de espécies parasitoides e de *D. frontalis* era menor que a densidade no meio do caule.

Goyer e Finger (1980) avaliaram as principais espécies de parasitoides de *D. frontalis* encontradas em duas áreas de *Pinus echinata* Mill e *Pinus taeda* L. na Louisiana. As proporções das seis principais espécies encontradas foram: *Roptrocerus eccoptogastris* (Ratz) (Hymenoptera: Torymidae)= 65%, *C. pissodis*= 10%, *D. sulcatus*= 8%, *S. pallidus* =7%, *H. unica*= 7%, *D. dendroctoni*= 3%. Dixon e Payne (1979b), já haviam encontrado as mesmas espécies de parasitoides reveladas por Goyer e Finger (1980) além das espécies *Rhopalicus pulchripennis* (Crawford) (Hymenoptera: Pteromalidae), *Eurytoma* spp. (Hymenoptera: Eurytomidae). *R. eccoptogastris* também foi a espécie de parasitoide mais encontrada por Overgaard (1968) no Texas, Louisiana e Mississipi, seguido por *D. sulcatus* e *H. unica*. *R. eccoptogastris* e *D. frontalis* emergem simultaneamente no mesmo período (OVERGAARD, 1968).

### 3.1.10 DANOS AO HOSPEDEIRO

Alguns distúrbios na infestação de *D. frontalis* podem contribuir para a expansão ou diminuição da área atacada.

O besouro descobre e localiza as árvores hospedeiras que sofreram algum tipo de distúrbio. Estas árvores então são infestadas pela praga e por terem o sistema de defesa reduzido, aliado a atrativos liberados pela praga e pelo hospedeiro, ocorre o processo de infestação massal, e tornando-se o centro de atração do besouro nas áreas infestadas por um determinado período, o que pode ocorrer em todas as estações do ano. Porém, em períodos de inatividade ou no inverno, nas árvores que foram enfraquecidas por ação de relâmpagos a infestação demora a ocorrer e o inverso ocorre no outono e na primavera (COULSON *et al.*, 1986).

O ataque da praga traz como consequência a abertura de dossel nas florestas o que contribui para ações de fogo e do vento (SCHOWALTER *et al.*, 1981). O fogo pode contribuir para o aumento da resistência das espécies de pinus, uma vez que o primeiro mecanismo de defesa acionado pelas espécies hospedeiras contra *D. frontalis*, a taxa do fluxo de resina é maior em árvores queimadas do que em árvores que não sofreram este distúrbio (KNEBEL e WENTWORTH, 2007).

Breece *et al.* (2008) revelaram que em áreas de *Pinus ponderosa* as quais foram atingidas por fogo controlado nos estados do Arizona e Novo México, nos Estados Unidos, o ataque de besouros de casca foi 13% maior do que as áreas não incendiadas, e a mortalidade em razão do ataque de besouros de casca foi 9,6% maior em áreas incendiadas do que nas áreas não incendiadas.

Schowalter *et al.* (1981) defendem a ideia que a adição de fogo em florestas em áreas de planaltos e várzeas infestadas pela praga contribui para o aumento da retenção de nutrientes.

### 3.1.11 ECOLOGIA QUÍMICA

A agregação dos insetos da espécie na árvore hospedeira ocorre em função de agentes de regulação e os feromônios são considerados os agentes primários envolvidos neste processo (COSTER e JOHNSON, 1979). O principal feromônio de agregação em massa dos besouros é chamado frontalin (KINZER *et al.*, 1969). A resposta de ambos os sexos de *D. frontalis* é significativamente maior no enantiômero negativo (-) de frontalin do que no positivo (+) (PAYNE *et al.*, 1982). O besouro pode ter sua resposta comportamental e olfativa

diminuída por mínimas modificações que podem ocorrer na estrutura de frontalin (PAYNE *et al.*, 1988). Este feromônio é emitido pelas fêmeas juntamente com outro feromônio, *trans-verbenol*, logo após pousarem na casca. A combinação da liberação pelas fêmeas de frontalin e *trans-verbenol*, e de resina e  $\alpha$ -pineno pela árvore, causam agregação em massa de um grande número de besouros da espécie. Os machos são atraídos em quantidade maior do que as fêmeas, na proporção de 3:1 (RENEWICK e VITÉ, 1969; PAYNE *et al.*, 1978). Como consequência dessa agregação em massa, predominantemente masculina, ocorre a liberação do feromônio verbenona, o qual reduz a resposta dos machos, e depois de um certo nível o mesmo ocorre também com as fêmeas, a produção de resina é cessada pela árvore e as fêmeas não produzem frontalin com êxito (RENEWICK e VITÉ, 1969). A atividade de frontalin é sinergizada pela presença de *trans-verbenol* (RENEWICK e VITÉ, 1969; PAYNE *et al.*, 1978). Na presença de  $\alpha$ -pineno, a função de *trans-verbenol* na ativação de frontalin pode ser diminuída, o que leva a concluir que quando as árvores exsudam resina em baixa quantidade, *trans-verbenol* atua substituindo  $\alpha$ -pineno (RENEWICK e VITÉ, 1969).

Frontalin e *trans-verbenol* são emitidos 4.1 e 1.9 mais vezes, respectivamente, por fêmeas virgens quando comparadas com fêmeas em reemergência (COSTER, 1970). Em armadilha-balde, a mistura de frontalin com  $\alpha$ -pineno captura até 99% de machos de *D. frontalis* (MOSER e BROWNE, 1978). A redução das taxas de frontalin, *trans-verbenol* e  $\alpha$ -pineno resulta na perda da atração do besouro pelos tecidos da árvore hospedeira infestada (PURESWARAN e SULLIVAN, 2012).

O feromônio (+)-*endo-brevicomim* (enantiômero) é liberado pelos machos e atua como sinergista na ação de frontalin e dos terpenos liberados pelo hospedeiro, contribuindo para o êxito do processo de agregação (SULLIVAN *et al.*, 2007). *Endo-brevicomim* tem sido relacionado a funções de dispersão e agregação da praga (SULLIVAN *et al.*, 2011). Nos machos, a síntese deste feromônio é estimulada pelo hormônio juvenil (HJ) (BRIDGES, 1982).

*Exo-brevicomim* é outro feromônio emitido pela praga que apresenta função sinergista à ação de agregação de frontalin (PURESWARAN *et al.*, 2008). A combinação de frontalin, *exo-brevicomim* e  $\alpha$ -pineno se mostrou eficiente na captura do inseto no estado do Arizona (HOFSTETTER *et al.*, 2008).

Pesquisas com armadilhas entomológicas revelaram que machos e fêmeas respondem diferentemente à atração pelos semioquímicos, pois machos em concentração de 5mg/h de

verbenona responderam com inibição a este composto (PAYNE *et al.*, 1978). E o mesmo não ocorreu em relação à presença de *trans*-verbenol (RENEWICK e VITÉ, 1969).

Em regiões infestadas pelo inseto nos Estados Unidos, a resposta de *D. frontalis* aos feromônios é maior em besouros da própria região quando comparado a outras, comprovando assim a existência de uma variação geográfica na resposta aos feromônios para agregação (BERISFORD *et al.*, 1990).

No intestino médio e posterior de *D. frontalis* são encontrados outros feromônios, que são inibidores ao processo de agregação massal, atuando como antagonistas, pois reduzem a atração de um ou dos dois sexos. Dentre eles, estão: álcool fenchilo, *cis*-verbenol, transpinocarveol, acetofenona, *trans*-myrtanol, *cis*-myrtanol, e 2-fenil-etanol (SULLIVAN, 2005).

*Pinus taeda* e *Pinus echinata* Mill reagem ao ataque associado entre *D. frontalis* e o fungo *Ceratocystis minor* através de uma intensa reação de hipersensibilidade, de modo que uma grande quantidade de resina é produzida, aliada a uma casca espessa, conferindo resistência às hospedeiras. Rápidas mudanças na composição de monoterpenos ( $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, mirceno, camfeno, limoneno e  $\beta$ - felandreno), emitidos por estas espécies hospedeiras, resultam na síntese de odores menos atrativos ou até mesmo não atrativos a *D. frontalis* (COOK e HAIN, 1986).

Os besouros do gênero *Ips* (*I. calligraphus*, *I. avulsus* e *I. grandicollis*) e *Dendroctonus* (*D. frontalis* e *D. terebrans*) interagem entre si por meio de sistema hormonal e esta interação é realizada através do sistema olfatório na qual todas as espécies envolvidas são beneficiadas. A importância desta interação é maior em períodos de epidemia de alguma das espécies envolvidas, pois assim a chance de sucesso no vencimento da resistência do hospedeiro é maior (SMITH *et al.*, 1990).

No Texas, a resposta aos atraentes acontece em maior quantidade entre os meses de fevereiro e junho. Machos e fêmeas possuem comportamento diferente em relação a isso, pois as fêmeas respondem preferencialmente no início da manhã e fim da tarde, enquanto que no geral, os machos são mais eficientes na resposta (ROBERTS *et al.*, 1982).

## 3.2 AÇÕES RECOMENDADAS PARA O MANEJO DE RISCO DE INTRODUÇÃO DE *D. frontalis* NO BRASIL

### 3.2.1 MEDIDAS DE PRÉ-ENTRADA

As embalagens e suportes de mercadorias fabricadas em madeiras, bem como artigos em madeira e mudas de *Pinus* spp. e *Picea* spp. deverão ser tratadas de acordo com a NIMF 15, ou outros tratamentos aprovados e inspecionadas nos pontos de entrada do país de destino com o objetivo de interceptar possíveis exemplares de *D. frontalis*.

### 3.2.2 INSPEÇÃO EM PONTOS DE ENTRADA

A inspeção deve ser realizada em embalagens e suportes de mercadorias fabricadas em madeira na procura de *D. frontalis* em todos os seus estágios de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adulto), bem como a presença de sinais e sintomas de ataque, dentre eles: presença de galerias de adultos em forma de “S”, orifícios, manchas azuis, presença de predadores da família Cleridae e serragem em pó produzida por coleobrocas.

Objetos e artigos fabricados em madeira, bem como plantas vivas, mudas e troncos trazidos ao país por passageiros em suas bagagens devem ser inspecionados com o objetivo de encontrar possíveis exemplares da espécie e/ou sinais e sintomas de ataque descritos no parágrafo anterior.

Como *D. frontalis* é um inseto de pequeno tamanho, é necessário que o trabalho de inspeção a embalagens e suportes de mercadorias e objetos de madeira, e em plantas vivas nos portos e aeroportos sejam auxiliados por lupas (30X) e por materiais impressos e digitais, com fotografias e informações sobre a praga que tornem mais fácil a sua identificação.

As embalagens e suportes fabricados em madeiras originárias ou que transitaram pelos países onde existe a presença de *D. frontalis* deverão ter atenção especial, em função do alto risco da presença da praga, e são eles: Belize, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, México e Nicarágua.

### 3.2.3 VIGILÂNCIA

De acordo com (2011a), do Serviço Florestal do Texas, nos Estados Unidos, nos estados onde existe a presença de *D. frontalis* naquele país, são utilizadas armadilhas do modelo múltipla “funnel-trap” (LINDGREN, 1983) para monitoramento da praga, conforme a figura 22. Nas armadilhas múltipla “funnel-trap” são inseridos sachês de polietileno com os compostos voláteis  $\alpha$ -pineno e  $\beta$ -pineno, nas proporções de 70% e 30%, respectivamente. Um outro sachê com o feromônio sintetizado frontalin também é inserido na armadilha. Ainda de acordo com o autor, foram encontrados resultados positivos com o uso deste tipo de monitoramento.

Para a vigilância nos pontos de entrada do Brasil, como em portos, aeroportos e fronteiras secas, são recomendadas as armadilhas do modelo múltipla “funnel-trap” juntamente com os atrativos sintéticos frontalin,  $\alpha$ -pineno (70%) e  $\beta$ -pineno (30%), como utilizadas nos Estados Unidos nos programas de monitoramento.

Ron Billings, Texas Forest Service.



Figura 22: Armadilha múltipla funnel-trap utilizada para monitoramento de *Dendroctonus frontalis* nos Estados Unidos.

### 3.3 AÇÕES RECOMENDADAS PARA O MANEJO DE RISCO APÓS A INTRODUÇÃO

Para que seja feita a aplicação do controle em uma área infestada, é preciso saber quais são os focos inativos, não expandidos e qual é a direção dos focos ativos (BILLINGS, 2011b). Outro ponto importante a ser destacado é que todos os tipos de controle devem ser aplicados na presença do inseto na árvore hospedeira, que pode ser identificado pela cor das folhas e por outros sintomas que indicam o 1º e 2º estágios da infestação (ST. GEORGE e BEAL, 1929).

#### 3.3.1 CONTROLE

##### 3.3.1.1 CONTROLE MECÂNICO

Em uma área florestal comercial infestada, o controle direto (mecânico) é a primeira tática de controle a ser realizada, pois o controle químico torna-se inviável em função do alto custo e do tempo necessário para esse tipo de controle (BILLINGS, 2011b).

Swain e Remion (1981) classificaram a prioridade do controle do foco em alta, média e baixa. Ainda de acordo com os autores, o controle deve ser realizado primeiramente nos focos com alta prioridade de tratamento, porém se um foco de média prioridade for encontrado próximo a um foco de alta prioridade, o controle deverá ser realizado ao mesmo tempo nos dois tipos de focos. No foco de alta prioridade o controle deverá ocorrer até no máximo quatro semanas entre a marcação da área e o tratamento durante os meses do verão. Focos de baixa prioridade de tratamento geralmente morrem no verão seguinte e caso isso não ocorra, deverá ser dada prioridade neste tipo de foco.

A identificação das áreas atacadas por *D. frontalis* é feita através de inspeção aérea nos meses do verão, o que possibilita identificar árvores com copas amarelas ou vermelhas, e sem folhas, que são alguns dos sintomas dos três estágios de ataque (SWAIN e REMION, 1981).

A classificação da prioridade dos tratamentos é realizada de acordo com uma pontuação em que são considerados alguns fatores, como número de árvores recém-atacadas e com concentração das posturas de *D. frontalis*, diâmetro basal da árvore atacada, dentre outros (SWAIN e REMION, 1981), vide tabelas 1 e 2.

<b>Prioridade de tratamento</b>	<b>Pontuação</b>
<b>Baixa</b>	<b>0-30</b>
<b>Média</b>	<b>40-60</b>
<b>Alta</b>	<b>70-100</b>

Tabela 1: Pontuação que define a prioridade das áreas de *Pinus* spp. atacadas por *Dendroctonus frontalis* a serem tratadas.

Fonte: Swain e Remion (1981).

<b>Chave para o Crescimento da infestação</b>	<b>Classificação da área</b>	<b>Classificação do risco (pontos)</b>
<b>Ataque recente</b>	<b>Ausente</b>	<b>0</b>
	<b>Presente</b>	<b>30</b>
<b>Número de árvores recém-atacadas e com insetos</b>	<b>1-10</b>	<b>0</b>
	<b>11-20</b>	<b>10</b>
	<b>21-50</b>	<b>20</b>
	<b>Acima de 50</b>	<b>40</b>
<b>Área basal de <i>Pinus</i> (ou densidade de suporte) no ponto inicial do foco (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>Menor que 18,18 (baixa densidade)</b>	<b>0</b>
	<b>18,18-27,29(densidade média)</b>	<b>10</b>
	<b>Maior que 27,29 (alta densidade)</b>	<b>20</b>
<b>Classe do diâmetro da madeira (em centímetros)</b>	<b>Madeira para trituração (menor ou igual a 23 centímetros)</b>	<b>0</b>
	<b>Madeira serrada (maior que 23 centímetros)</b>	<b>10</b>

Tabela 2: Fatores necessários para a classificação do risco (em pontos) para definirem a prioridade dos tratamentos, conforme apresentado pela Tabela 1.

Fonte: Swain e Remion (1981).

Alguns métodos são empregados com o objetivo de tentar conter o aumento da infestação, Swain e Remion (1981) recomendam os seguintes métodos:

#### 3.3.1.1.1 CORTE E REMOÇÃO (“CUT-AND-REMOVE”)

Nesta técnica, as árvores infestadas no estágio 1 de ataque por *D. frontalis* e as não infestadas que estão próximas a elas são derrubadas e removidas com o objetivo de evitar a expansão da infestação. As árvores removidas são comercializadas para que os prejuízos econômicos sejam minimizados. A aplicação deste método deverá ocorrer em tempo hábil para o êxito da técnica.

Os procedimentos para a realização da técnica são:

- I. Identificação das árvores recém-atacadas por *D. frontalis*, a área considerada como ponto inicial da expansão do foco. Os sintomas para identificação dessas árvores são os descritos para o estágio 1 de ataque: folhas verdes, massas resinosas frescas, e/ou poeira nas fendas da casca.
- II. Marcação de todas as árvores infestadas por *D. frontalis*, ou se houver muitas árvores infestadas, a bordadura também deverá ser marcada.
- III. Marcação de uma faixa-tampão de árvores verdes sadias no formato de ferradura ao redor do ponto inicial da infestação. As árvores recém-atacadas deverão ser cercadas pela faixa-tampão, a qual deverá ter largura de 12 a 21 m para focos mais ativos e 30 m para focos de rápida expansão e com grande mancha na área. Em pequenas infestações, a largura da faixa tampão não deverá ultrapassar a altura média das árvores do local. Caso tenham menos de 10 árvores infestadas no estágio 3 de ataque, estas não deverão ser cortadas e removidas.
- IV. O corte e remoção das árvores infestadas que serão comercializadas deverão ocorrer assim que houver a marcação e identificação das mesmas. Se não houver uso comercial, as árvores no estágio 3 de ataque poderão ser deixadas na área, pois não há presença do inseto.
- V. De acordo com a época do ano diferentes prioridades deverão ser tomadas:

Meses de verão e outono: O corte e remoção deverão ser realizados primeiramente nas árvores da faixa tampão (não infestadas) e nas árvores com sintomas de ataque do estágio 1. Na sequência, o tratamento deverá ser realizado nas árvores com sintomas de ataque do estágio 2, seguidas por árvores com sintomas de ataques no estágio 3.

-Meses de inverno e primavera: As árvores com sintomas de ataque do estágio 2 deverão ter prioridade no tratamento pois assim, os insetos que hibernam no inverno serão eliminados.

- VI. Deverão ser tomados cuidados com a disposição das árvores infestadas, mas ainda com madeira verde, pois os besouros poderão emergir e infestar a madeira sadia.
- VII. Locais de reinfestação, ou seja, de fuga dos insetos emergidos, deverão ser avaliados através da inspeção aérea seguinte.

A figura 23 ilustra o procedimento indicado para a realização da técnica de corte e remoção.

### Corte e Remoção

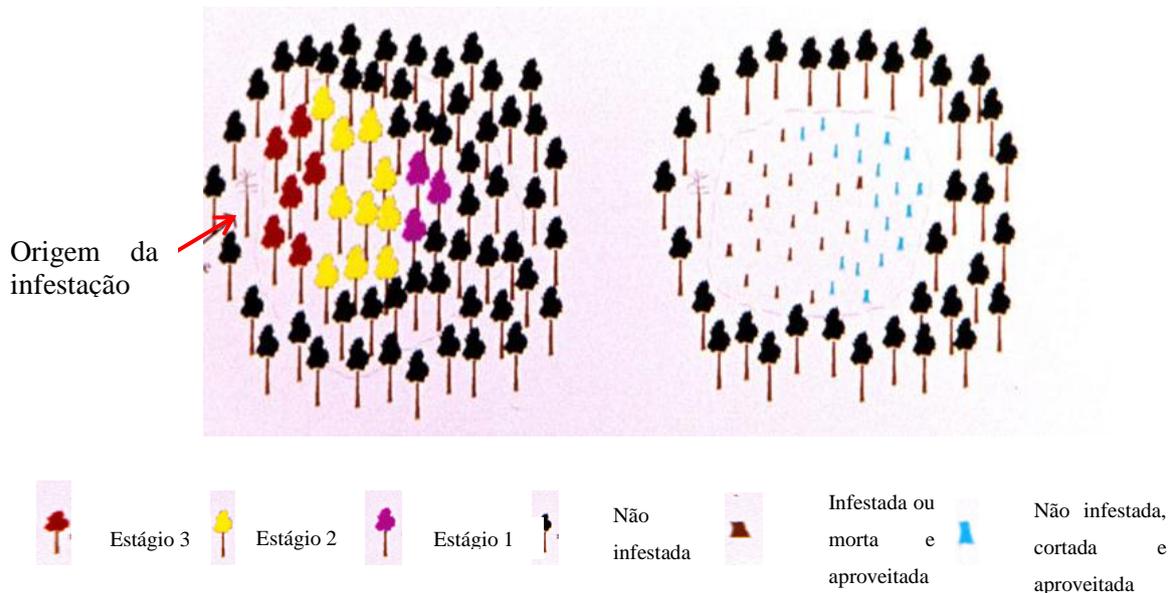


Figura 23: Esquema para a aplicação da técnica de Corte e Remoção. Adaptada de Ronald F. Billings, Texas Forest Service, Bugwood.org

#### 3.3.1.1.2 CORTE E ABANDONO (“CUT-AND-LEAVE”)

Swain e Remion, (1981) recomendam que quando as árvores infestadas e sadias não forem comercializadas, ou utilizadas para outros fins, utiliza-se cortar e deixar. De acordo com as recomendações dos autores, a técnica “corte e abandono” pode ser aplicada em infestações pequenas (até 50 árvores infestadas) e o período de aplicação deverá ser entre maio e outubro, pois são os meses de aumento da infestação do foco. Esta técnica assemelha-se a cortar e remover, porém as árvores atacadas e as árvores sadias da faixa-tampão são derrubadas e deixadas na área (SWAIN e REMION, 1981). Para infestações com mais de 100

árvores atacadas, é recomendada a utilização de cortar e remover, pois a possibilidade de reinfestações ocorrerem é maior (BILLINGS, 1980).

De acordo com St. George e Beal (1929), quando esta técnica é utilizada, os insetos que estão nas galerias da casca da árvore quando expostos ao sol, nos meses de verão, podem morrer em até 3 dias após o início da exposição solar.

Para a aplicação da técnica, os seguintes passos devem ser tomados (ilustrados pela figura 24):

- I. Identificação de manchas de 10 a 50 árvores atacadas por *D. frontalis* em uma floresta.
- II. Identificação das árvores atacadas por *D. frontalis* nos estágios 1 e 2 de ataque e a derrubada das árvores tem de ser realizada em direção ao centro da área infestada.
- III. Uma faixa-tampão em formato de ferradura deverá ser feita com árvores não infestadas as quais também deverão ser derrubadas cercando as árvores recém-atacadas (com sintomas de ataque do estágio 1) em direção ao centro da infestação. A faixa-tampão não deverá ter largura superior à altura média das árvores do foco.
- IV. As árvores com sintomas do estágio 3 de ataque não deverão ser derrubadas, pois servem de abrigo para que os inimigos naturais do besouro completem seu ciclo e emerjam.
- V. Locais de reinfestação, ou seja, de fuga dos insetos emergidos deverão ser avaliados através da inspeção aérea seguinte.

### Corte e Abandono

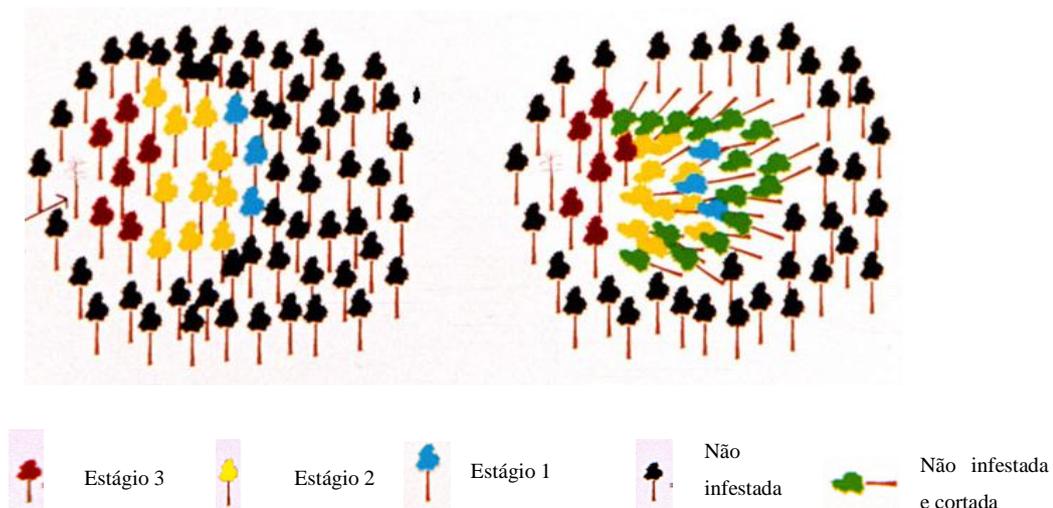


Figura 24: Esquema para a aplicação da técnica de Corte e Abandono. Adaptada de Ronald F. Billings, Texas Forest Service, Bugwood.org

### 3.3.1.1.3 CORTE E QUEIME (“PILE-AND-BURN”)

Nesta técnica, as árvores infestadas são cortadas, empilhadas e incendiadas. Nas árvores já abandonadas pelo besouro (estágio 3 de ataque) não é preciso adotar este controle. Como o emprego desta técnica pode causar incêndios nas florestas, ela só pode ser recomendada para períodos nos quais o risco de incêndio seja baixo. A técnica é considerada uma das mais antigas para o controle direto de *D. frontalis*, porém por razões ambientais sofre várias restrições dos governos estaduais e federal dos Estados Unidos (SWAIN e REMION, 1981).

Os procedimentos a serem adotados para a aplicação desta técnica são:

- I. As árvores infestadas por *D. frontalis* devem ser identificadas e marcadas.
- II. As árvores infestadas deverão ser derrubadas e colocadas em pilhas no centro da área infestada para serem incendiadas. As cascas devem ser incendiadas até a total combustão.
- III. Alguns cuidados devem ser tomados para que o controle tenha êxito, tais como: o ateamento do fogo deverá ser realizado com segurança e o risco de erosão deve ser nulo; as árvores infestadas que ainda possuem as folhas verdes (estágio 1 de ataque) não podem ser esquecidas do controle.

### 3.3.2.2 CONTROLE QUÍMICO

Nos Estados Unidos, o controle químico só é realizado para a prevenção ao ataque de *D. frontalis* em espécies de *Pinus* não infestadas pela praga usadas como árvores ornamentais em áreas urbanas (BILLINGS, 2011c).

Bifentrina e permetrina são os únicos ingredientes ativos permitidos e registrados pelo governo dos Estados Unidos para o controle da praga. Os produtos que contêm estes ingredientes ativos possuem os nomes comerciais de Onyx<sup>®</sup> (bifentrina); e Astro<sup>®</sup>, Dagnet<sup>®</sup>, Permetrina Pro<sup>®</sup> e Permetrina Plus C<sup>®</sup>(Masterline<sup>®</sup>) têm permetrina como ingrediente ativo (BILLINGS, 2011c).

O inseticida Onyx<sup>®</sup> (contendo 23.4% de bifentrina) deve ser aplicado no período da primavera, o mais alto e próximo possível da copa da árvore e reaplicado de 3 a 6 meses, caso haja necessidade ou se houver altas taxas de infestação. A dosagem deve ser de: 29,84-59,68 gramas de ingrediente ativo/100 litros de água, ou seja, 0,263-0,526 litros do inseticida devem ser adicionados a 100 litros de água (BILLINGS, 2011c).

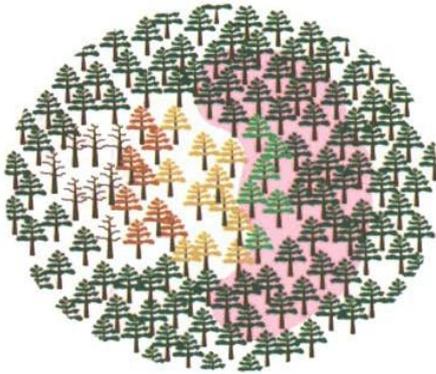
### 3.3.1.3 CONTROLE POR SEMIOQUÍMICO

Nos Estados Unidos, não existe produto semioquímico registrado pelo governo americano e eficiente para o controle de *D. frontalis* (STROM e CLARKE, 2011).

Clarke *et al.* (1999) desenvolveram duas técnicas de supressão de infestação na qual a verbenona é utilizada. As técnicas são: apenas o uso de verbenona e a outra é uso de verbenona mais derrubada da árvore (“verbenone plus felling”). De acordo com os autores, estas duas técnicas alcançaram resultados de supressão da infestação de até 69 e 86%, respectivamente. Porém, Strom e Clarke (2011) defendem que essas técnicas são promissoras, porém não são utilizadas por diversos fatores operacionais.

Como é feito na técnica Corte e Remoção (“cut-and-remove”), a verbenona é utilizada em árvores recém-atacadas (estágio 1) por *D. frontalis* e em uma faixa ao redor desta área, pois é a direção de crescimento da infestação (figura 25). Recomenda-se o uso de 5 ml do feromônio sintetizado na mistura correspondente a R-(+) 34%: 66 de S-(-) que é colocado em uma esponja de celulose de 4.5 x 7 cm ao qual está inserida em um sachê de polietileno com dimensões de 6.5 x 10 cm. Estes sachês têm capacidade de liberar o feromônio por 40-50 dias e são colocados nas árvores a 4 metros de altura com o auxílio de um martelo modelo “Hundle”. A quantidade mínima de sachês a ser adicionada na infestação está relacionada com a média do diâmetro da altura do peito (DAP) das árvores infestadas e com o número de árvores recém-atacadas (estágio 1) (tabelas 3 e 4), de acordo com Clarke *et al.* (1999):

## Apenas verbenona



Origem da infestação



Estágio 3



Estágio 2



Estágios 1 e 2 são derrubados



Estágio 1 tratadas com verbenona



Não infestadas tratadas com verbenona

Figura 25: Esquema para a aplicação da técnica de controle com semioquímico, com uso de verbenona e de verbenona mais derrubada de árvore. Adaptada de Clarke *et al.* (1999).

### Apenas verbenona

Média DAP (cm)	Números de Árvores Recém-Atacadas (estágio 1)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>15,24</b>	50	50	50	63	79	95	110	126	142	157	173	189
<b>20,32</b>	50	56	84	112	140	168	196	224	252	280	308	335
<b>25,4</b>	50	88	131	175	218	262	306	349	393	437		
<b>30,48</b>	63	126	189	252	315	377	440	503				
<b>35,56</b>	86	171	257	342	428	513	599	684				

Tabela 3: Quantidade mínima de sachês a ser adicionada na infestação está relacionada com a média do diâmetro da altura do peito (DAP) das árvores infestadas e com o número de árvores recém-atacadas por *Dendroctonus frontalis* (estágio 1). Adaptada de Clarke *et al.* (1999).

### Verbenona mais derrubada

Média DAP (cm)	Números de Árvores Recém-Atacadas (Estágio 1)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>15,24</b>	50	50	50	50	50	60	70	80	90	100	109	118
<b>20,32</b>	50	50	54	70	88	105	122	140	158	175	192	210
<b>25,4</b>	50	55	82	109	137	164	191	218	246	274	300	328
<b>30,48</b>	50	80	120	160	200	240	280	320	360	400	432	472
<b>35,56</b>	54	107	161	214	267	322	374	428	481	534	588	642
<b>40,64</b>	70	140	210	280	349	419	489	558	628	698	768	

Tabela 4: Quantidade mínima de sachês a ser adicionada na infestação está relacionada com a média do diâmetro da altura do peito (DAP) das árvores infestadas e com o número de árvores recém-atacadas por *Dendroctonus frontalis* (estágio 1).- Adaptada de Clarke *et al.* (1999).

O número de sachês com verbenona a ser adicionado por árvore está relacionado com o diâmetro na altura do peito (DAP) da mesma. Vide tabela 5, abaixo:

### Adição de verbenona

DAP (cm)	Sachês por árvore
≤ 10,16	1
12,7 - 20,32	2
22,86 – 35,56	3
38,1 – 43,18	5
45,72 – 48,26	7
≥ 50,8	9

Tabela 5: Número de sachês com verbenona a ser adicionado por árvore de acordo com o diâmetro na altura do peito da mesma. Adaptada de Clarke *et al.* (1999).

As técnicas tornam-se mais efetivas quando a temperatura atinge no mínimo 27°C e as mesmas não são utilizadas se o número de árvores infestadas ultrapassar o número máximo da tabela e se a média do diâmetro da árvore exceder 41 cm (CLARKE *et al.*, 1999).

#### 3.3.1.4 CONTROLE BIOLÓGICO

De acordo com as referências estudadas, os organismos (competidores, parasitoides e predadores) que possuem potencial para controle biológico não apresentam alta eficiência para o controle da população de *D. frontalis* na região de origem. É de suma importância que pesquisas sejam realizadas para a descoberta de outros inimigos naturais, bem como a comprovação do seu papel e importância na população de *D. frontalis*. Os inimigos naturais identificados até o momento e que poderiam ser testados no controle da praga são:

Predadores:

*Thanasimus dubius* (Coleoptera: Cleridae)

*Medetera* spp. (Diptera: Dolichopodidae)

Parasitoides:

*Roptrocerus xylogphagorum* (Hymenoptera: Torymidae)

*Roptrocerus eccoptogastri* (Ratz) (Hymenoptera: Torymidae)

*Spathius pallidus* Ash (Hymenoptera: Braconidae)

*Coeloides pissodis* Ash (Hymenoptera: Braconidae)

*Dendrosoter sulcatus* Mues (Hymenoptera: Braconidae)

*Heydenia unica* (Cook and Davis) (Hymenoptera: Pteromalidae)

*Rhopalicus pulchripennis* (Crawford) (Hymenoptera: Pteromalidae)

*Eurytoma* spp. (Hymenoptera: Eurytomidae)

### 3.3.2 MONITORAMENTO

As ações para o monitoramento de *D. frontalis* após a sua entrada no país deverão ser empregadas em áreas com e sem a presença da praga, com o objetivo de identificar o possível tamanho da população da espécie e se está ocorrendo a expansão da infestação para novas áreas ainda não infestadas, respectivamente.

Uma das recomendações é a utilização do mesmo modelo de armadilha recomendado para as ações de vigilância antes da entrada da praga, bem como a utilização dos atrativos recomendados anteriormente descrito na seção 3.2.1.2.

Recomenda-se a inspeção aérea com a utilização de aviões de pequeno porte e técnicas e equipamentos de sensoriamento remoto em plantios de *Pinus*, para averiguar a mudança de cores nas folhas das árvores, em função dos estágios de ataque de *D. frontalis*, como descrito na seção 3.1.8. Em áreas infestadas pela praga, os objetivos são determinar o tamanho da infestação, bem como o sentido da sua expansão e mapear a área e os focos da infestação. Em plantios de *Pinus* onde não foram constatadas a presença da praga, o objetivo principal é certificar que esta afirmativa é verdadeira.

### 3.3.3 PRINCIPAIS PESQUISADORES E CENTRO DE PESQUISAS QUE TRABALHAM COM *D. frontalis*

Dr. C.Wayne Berisford

Professor, Departamento de Entomologia, Georgia University, Estados Unidos.

Telefone: (706) 542-7888

E-mail: beris@uga.edu

Dr. Fred Hain

Professor, Departamento de Entomologia Florestal, North Carolina State University, Estados Unidos.

Telefone: (919) 515-3804

E-mail: fred\_hain@ncsu.edu

Dr. Kier D. Klepzig

Assistente de diretor de pesquisa, USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) Serviço Florestal, Estação de Pesquisa do Sul, Estados Unidos.

Telefone: (828) 257-4307

E-mail: kklepzig@agcenter.lsu.edu

Dr. Robert N. Coulson

Professor, Departamento de Entomologia, Texas A&M University, Estados Unidos.

Telefone: (979) 845-9725

E-mail: r-coulson@tamu.edu

Página: <http://kelab.tamu.edu/coulson/Default.aspx>

Dr. Ronald F. Billings

Gerente, Manejo de Pragas Florestais, Serviço Florestal do Texas, Estados Unidos.

Telefone: (979) 458-6650

E-mail: rbillings@tfs.tamu.edu

Página: <http://www.spbinfodirect.ento.vt.edu/Workshop/billings.html>

Dr. Thomas L. Payne

Vice-chanceler, Faculdade de Agricultura, Alimentação e Recursos Naturais, Universidade de Missouri, Columbia, Estados Unidos.

Telefone: (573) 882-3846

E-mail: [cafnr@missouri.edu](mailto:cafnr@missouri.edu)

Página: <http://cafnr.missouri.edu/about/dean.php>

### **3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As condições climáticas favoráveis e a abundância de hospedeiros aumentam as chances de adaptação, estabelecimento e disseminação de *D. frontalis* no Brasil, caso ocorra a introdução da espécie no país. A ausência de métodos de controle eficientes torna esta situação mais agravante, pois a infestação pode alcançar grandes proporções em um curto período de tempo.

A inspeção e fiscalização de embalagens e suportes de madeiras que acondicionam mercadorias provenientes de outros países indicadas pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), através da Norma Internacional de Medidas Fitossanitárias (NIMF) N°15, em barreiras fitossanitárias instaladas nos postos de fiscalização em vias de entrada do país, como portos e aeroportos e programas de vigilância, podem reduzir o risco de introdução da praga no país.

Caso ocorra a introdução de *D. frontalis* no Brasil, as medidas de controle sugeridas neste trabalho deverão ser utilizadas para que os prejuízos causados pela praga sejam os menores possíveis.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUKEMA, B.H.; RAFFA, K.F. Behavior of adult and larval *Platysoma cylindrica* (Coleoptera: Histeridae) and larval *Medetera bistriata* (Diptera: Dolichopodidae) during subcortical predation of *Ips pini* (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Insect Behavior**, New York, v.17, n.1, p.115-128, 2004.

AUKEMA, B.H.; RICHARDS, G.R.; KRAUTH, S.J.; RAFFA, K.F. Species assemblage arriving at and emerging from trees colonized by *Ips pini* in the Great Lakes Region: Partitioning by time since colonization, season, and host species. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v.97, n.1, p.117-129, 2004.

BARRAS, S.J. Antagonism between *Dendroctonus frontalis* and the fungus *Ceratocystis minor*. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v.63, n.4, p.1187-1190, 1970.

BARRAS, S.J.; PERRY, T. Fungal symbionts in the prothoracic mycangium of *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). **Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, Berlin, v.71, p.95-106, 1972.

BARRAS, S.J. Reduction of the progenie and development in the southern pine beetle following removal of symbiotic fungi. **The Canadian Entomologist**, Toronto v.105, n.10, p.1295-1299, 1973.

BERISFORD, C.W.; PAYNE, T.L.; BERISFORD, Y.C. Geographical variation in response of the southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) to aggregation pheromones in laboratory bioassays. **Environmental Entomology**, College Park, v.19, n.6, p.1671-1674, 1990.

BILLINGS, R.F. Aerial detection, ground evaluation, and monitoring of the southern pine beetle: state perspectives. In: COULSON, R.N.; KLEPZIG, K.D. **Southern pine beetle II. Southern Research Station General Technical Report**, n.140, 2011a, p.245-261.

BILLINGS, R.F.; CAMERON, R.S. Kairomonal responses of Coleoptera, *Monochamus titillator* (Cerambycidae), *Thanasimus dubius* (Cleridae), and *Temnochila virescens* (Trogositidae), to behavioral chemicals of southern pine beetle (Coleoptera, Scolytidae). **Environmental Entomology**, College Park, v.13, n.6, p.1542-1548, 1984.

BILLINGS, R.F. Direct control. In: THATCHER, R.C.; SEARCY, J.L.; COSTER, J.E., HERTEL, G.D. **The southern pine beetle. United States Department Agriculture Technical Bulletins**, n.1631, 1980. p. 179-192.

BILLINGS, R.F. Mechanical control of the southern pine beetle infestations. In: COULSON, R.N.; KLEPZIG, K.D. **Southern pine beetle II. Southern Research Station General Technical Report**, n.140, 2011b, p.399-413.

BILLINGS, R.F.; MENDONZA, J.V.E. The southern pine beetle (*Dendroctonus frontalis*) in Central America: How to recognize, prevent and control outbreaks. **United States Department of Agriculture, Texas Forest Service**, n.0605/15000, 2005. Disponível em: <http://www.barkbeetles.org/centralamerica/0605e.html#sus>. Acesso em: 10out. 2012.

BILLINGS, R.F.; PASE, H.A. A field guide for ground checking southern pine beetle spots. **United States Department of Agriculture, Combined Forest Pest Research and Development Program**, Agriculture Handbook, n.558, 1979, 20p.

BILLINGS, R.F. Use of chemical for prevention and control of the southern pine beetle infestations. . In: COULSON, R.N.; KLEPZIG, K.D. **Southern pine beetle II. Southern Research Station General Technical Report**, n.140, 2011c, p.367-379.

BRAMBLE, W.C.; HOLST, E.C. Fungi associated with *Dendroctonus frontalis* in Killing shortleaf pines and their effect on conduction. **Phytopathology**, Saint Paul, v.30, p.881-899, 1940.

BRASIL. Instrução Normativa N°52/2007, de 21 de novembro de 2007. Estabelecer a lista de pragas quarentenárias ausentes (A1) e de pragas quarentenárias presentes (A2) para o Brasil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 nov. 2007, Seção 1.

BREECE, C.R.; KOLB, T.E.; DICKSON, B.G.; MCMILLIN, J.D.; CLANCY, K.M. Prescribed fire effects on bark beetle activity and tree mortality in southwestern ponderosa pine forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.225, n.1, p.119-128, 2008.

BRIDGES, J.R. Effects of juvenile hormone on pheromone synthesis in *Dendroctonus frontalis*. **Environmental Entomology**, College Park, v.11, n.2, p. 417-420, 1982.

BRIDGES, J.R.; MOSER, J.C. Relationship of phoretic mites (Acari: Tarsonemidae) to the bluestaining fungus, *Ceratocystis minor*, in trees infested by southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae). **Environmental Entomology**, College Park, v.15, n.4, p.951-953, 1986.

BRIDGES, J.R. Mycangial fungi of *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae) and their relationship to beetle population trends. **Environmental Entomology**, College Park, v.12, n.3, p.858-861, 1983.

BRIDGES, J.R.; NETTLETON, W.A.; CONNOR, M.D. Southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) infestations without the bluestain fungus, *Ceratocystis minor*. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.78, n.2, p.325-327, 1985.

BRIDGES, J.R.; PERRY, T.J. Effects of mycangial fungi on gallery construction and distribution of bluestain in southern-pine beetle-infested pine bolts. **Journal of Entomological Science**, Tifton, v.20, n.2, p.271-275, 1985.

BUNT, W.D.; COSTER, J.E.; JOHNSON, P.C. Behavior of the southern pine beetle on the bark of host trees during mass attack. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v.73, n.6, p.647-652, 1980.

CLARKE, S.R.; SALOM, S.M.; BILLINGS, R.F.; BERISFORD, C.W.; UPTON, W.W.; MCCLELLAN, Q.C.; DALUSKY, M.J. A scentsible approach to controlling southern pine beetles two: new tactics using verbenone. **Journal of Forestry**, Washington, v. 97, n.7, p.26-31, 1999.

COOK, S.P.; HAIN, F.P. Defensive mechanisms of loblolly and shortleaf pine against attack by southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* Zimmermann, and its fungal associate, *Ceratocystis minor* (Hedgecock) Hunt. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.12, n.6, p.1397-1406, 1986.

COSTA, A.; REEVE, J.D. Olfactory experience modifies semiochemical responses in a bark beetle predator. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.37, n.11, p.1166-1176, 2011.

COSTA, A.; REEVE, J.D. The effect of larval predators *Thanasimus dubius* (Coleoptera: Cleridae), produced by an improved system of rearing, against southern pine beetle

*Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae). **Biological Control**, Orlando, v.60, n.1, p.1-6, 2012.

COSTER, J.E.; JOHNSON, P.C. Characterizing flight aggregation of the southern pine beetle. **Environmental Entomology**, College Park, v.8, n.3, p.381-387, 1979.

COSTER, J.E. Production of aggregating pheromones in re-emerged parent females of the southern pine beetle. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 63, n.4, p.1186-1187, 1970.

COULSON, R.N.; FLAMM, R.O.; PULLEY, P.E.; PAYNE, T.L.; RYKIEL, E.J.; WAGNER, T.L. Response of the southern pine bark beetle guild (Coleoptera: Scolytidae) to host disturbance. **Environmental Entomology**, College Park, v.15, n.4, p.850-858, 1986.

COULSON, R.N.; MAYYASI, A.M.; FOLTZ, J.L.; HAIN, F.P.; MARTIN, W.C. Resource utilization by the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). **The Canadian Entomologist**, Toronto, v.108, n.4, p.353-362, 1976.

COULSON, R.N. Population dynamics of bark beetle. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.24, p.417-447, 1979.

COULSON, R.N.; SAARENMAA, H. Integrated pest management of the southern pine beetle. In: COULSON, R.N.; KLEPZIG, K.D. **Southern pine beetle II. Southern Research Station General Technical Report**, n.140, 2011, p.431-446.

DAVIS, T.S.; HOFSTETTER, R.W. Effects of Gallery Density and Species Ratio on the Fitness and Fecundity of Two Sympatric Bark Beetles (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, College Park, v.38, n.3, p.639-650, 2009.

DICKENS, J.C., PAYNE, T.L. Bark beetle olfaction: Pheromone receptor system in *Dendroctonus frontalis*. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v.23, p.481-489, 1977.

DIXON, W.N.; PAYNE, T.L. Aggregation of *Thanasimus dubius* on trees under mass attack by the southern pine beetle. **Environmental Entomology**, College Park, v.8, n.1, p. 178-181, 1979a.

DIXON, W.N.; PAYNE, T.L. Sequence of arrival and spatial distribution of entomophagous and associate insects on southern pine beetle-infested trees. **College Station, Texas: Texas Agricultural Experiment Station Publication**, n.1432, 1979b, 28p.

DODDS, K.J.; GRABER, C.; STEPHEN, F.M. Facultative intraguild predation by larval cerambycidae (Coleoptera) on bark beetle larvae (Coleoptera: Scolytidae). **Environmental Entomology**, College Park, v.30, n.1, p.17-22, 2001.

DODDS, K.J.; STEPHEN, F.M. Partial age-specific life tables for *Monochamus titillator* in *Dendroctonus frontalis* infested loblolly pines. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.97, n.3, p.331-338, 2000.

FAO- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias. **Revisão da NIMF N.º 15. Regulamentação do Material de Embalagem de Madeira no Comércio Internacional**, 2009. 15 p. Disponível em:<[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/SANIDADE\\_VEGETAL/NORMAS\\_INTERNACIONAIS/NIMF\\_15\\_2009\\_PTFINAL\\_0.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/SANIDADE_VEGETAL/NORMAS_INTERNACIONAIS/NIMF_15_2009_PTFINAL_0.PDF)>

Acesso em: 15out. 2012

FARGO, W.S.; COULSON, R.N.; PULLEY, P.E.; POPE, D.N.; KELLEY, C.L. Spatial and temporal patterns of within-tree colonization by *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). **The Canadian Entomologist**, Toronto, v.110, n.11, p.1213-1232, 1978.

FISKE, W.F. Notes on insect enemies of wood-boring Coleoptera. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, Washington, v.9, p.23-27, 1908.

FLAMM, R.O.; WAGNER, T.L.; COOK, S.P.; PULLEY, P.E.; COULSON, R.N.; MCARDLE, T.M. Host colonization by cohabiting *Dendroctonus frontalis*, *Ips avulsus*, and *I. calligraphus* (Coleoptera: Scolytidae). **Environmental Entomology**, College Park, v.16, n.2, p.390-399, 1987.

FOLTZ, J.L.; MAYYASI, A.M.; HAIN, F.P.; COULSON, R.N.; MARTIN, W.C. Egg-Gallery length relationship and within-tree analyses for the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). **The Canadian Entomologist**, Toronto, v.108, n.4, p.341-352, 1976.

GAGNE, J.A.; WAGNER, T.L.; SHARPE, P.J.H.; COULSON, R.N.; FARGO, W.S. Reemergence of *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae) at constant temperatures. **Environmental Entomology**, College Park, v.11, n.6, p.1216-1222, 1982.

GARGIULLO, P.M.; BERISFORD, C.W. Effects of host density and bark thickness on the densities of parasites of the southern pine beetle. **Environmental Entomology**, College Park, v.10, n.3, p.392-399, 1981.

GAYLORD, M.L.; HOFSTETTER, R.W.; KOLB, T.E.; WAGNER, M.R. Limited response of ponderosa pine bole defenses to wounding and fungi. **Tree Physiology**, Oxford, v.31, n.4, p.428-437, 2011.

GOLDHAMMER, D.S.; STEPHEN, F.M.; PAINE, T.D. The effect of the fungi *Ceratocystis minor* (Hedgecock) Hunt var. *barrasii* Taylor, and SJB 122 on reproduction of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Scolytidae). **The Canadian Entomologist**, Toronto, v.122, n.5, p.407-418, 1990.

GOYER, R.A.; FINGER, C.K. Relative abundance and seasonal distribution of the major hymenopterous parasites of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* Zimmermann, on loblolly pine. **Environmental Entomology**, College Park, v.9, n.1, p.97-100, 1980.

HAACK, R.A. Intercepted Scolytidae (Coleoptera) at U.S. ports-of-entry: 1985-2000. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 6, p.253-282, 2001.

HAYES, C.J.; DEGOMEZ, T.E.; CLANCY, K.M.; WILLIAMS, K.K.; MCMILLIN, J.D.; ANHOLD, J.A. Evaluation of funnel traps for characterizing the bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) communities in ponderosa pine forests of North-Central Arizona. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.101, n.4, p.1253-1265, 2008.

HEIKKENEN, H.J. Southern pine beetle: A hypothesis regarding its primary attractant. **Journal of Forestry**, Washington, v.75, p.412-413, 1977.

HOFSTETTER, R.W.; CHEN, Z.; GAYLORD, M.L.; MCMILLIN, J.D.; WAGNER, M.R. Synergistic effects of  $\alpha$ -pinene and *exo*-brevicommin on pine bark beetles and associated insects in Arizona. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.132, n.5, p.387-397, 2008.

HOFSTETTER, R.W.; CRONIN, J.T.; KLEPZIG, K.D.; MOSER, J.C.; AYRES, M.P. Antagonisms, mutualisms and commensalisms affect outbreak dynamics of the southern pine beetle. **Oecologia**, Berlin, v.147, p.679-691, 2006a.

HOFSTETTER, R.W.; GAYLORD, M.L.; MARTISON, S.; WAGNER, M.R. Attraction to monoterpenes and beetle-produced compounds by syntopic *Ips* and *Dendroctonus* bark beetles and their predators. **Agricultural and Forest Entomology**, St. Albans, v.14, n.2, p.207-215, 2012.

HOFSTETTER, R.W.; MAHFOUZ, J.B.; KLEPZIG, K.D.; AYRES, M.P. Effects of tree phytochemistry on the interactions among endophloedic fungi associated with the southern pine beetle. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.31, n.3, p.539-560, 2005.

HOFSTETTER, R.W.; KLEPZIG, K.D.; MOSER, J.C.; AYRES, M.P. Seasonal dynamics of mites and fungi and their interaction with southern pine beetle. **Environmental Entomology**, College Park, v.35, n.1, p.22-30, 2006b.

HULER, J.; ADAMS, A.S.; RAFFA, K.; HOFSTETTER, R.W.; KLEPZIG, K.D.; CURRIE, C.R. Presence and diversity of *Streptomyces* of *Dendroctonus* in sympatric and bark beetle galleries across North America. **Microbial Ecology**, New York, v.61, n.4, p.759-768, 2011.

HOPKINS, A. **Practical information on the scolytid beetles on North American Forests: part I – bark beetles of the genus Dendroctonus**. USDA Bureau of Entomology, Bulletin no. 83, Part I, Washington D.C.1909, 169 p.

KNEBEL, L.; WENTWORTH, T.R. Influence of fire and southern pine beetle on pine-dominated forests in the Linville Gorge Wilderness, North Carolina. **Castanea**, Morgantown, v.72, n.4, p.214-225, 2007.

KINN, D.N. Mutualism between *Dendrolaelaps neodisetus* and *Dendroctonus frontalis*. **Environmental Entomology**, College Park, v.9, n.6, p.756-758, 1980.

KINZER, G.W.; FENTIMAN, A.W.; PAGE, T.F.; FOLTZ, R.L. Bark beetle attractants: Identification, synthesis and field bioassay of a new compound isolated from *Dendroctonus*. **Nature**, London, v.221, p.477-478, 1969.

LANIER, G.N.; HENDRICHS, J.P.; FLORES, J.E. Biosystematics of the *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae) complex. . **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v.81, n.3, p.403-418, 1988.

LINDGREN, B.S. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). **The Canadian Entomologist**, Toronto, v.115, n.3, p.299-302, 1983.

MACGUIDWIN, A.E.; JR SMART; G.C.; WILKINSON, R.C.; ALLEN, G.E. Effect of the nematode *Contortylenchus brevicomi* on gallery construction and fecundity of the southern pine beetle. **Journal of Nematology**, College Park, v.12, n.4, p.278-282, 1980.

MAYYASI, A.M.; COULSON, R.N.; FOLTZ, J.L.; HAIN, F.P.; MARTIN, W.C. Functional description of within-tree larval and progeny adult populations of *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). **The Canadian Entomologist**, Toronto, v.108, n.4, p.363-372, 1976.

MENDEL, Z., ARGAMAN, Q. Discovery of the southern beetle pine, *Dendroctonus frontalis*, in Israel. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v.14, n.4, p.319-320, 1986.

MOORE, G.E. Mortality factors caused by pathogenic bacteria and fungi of the southern pine beetle in North Carolina. **Journal of Invertebrate Pathology**, San Diego, v.17, p.28-37, 1971.

MOSER, J.C.; BROWNE, L.E. A nondestructive trap for *Dendroctonus frontalis* Zimmerman (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.4, n.1, p.1-7, 1978.

MOSER, J.C. Mite predators of the southern pine beetle. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v.68, n.6, p.1113-1116, 1975.

NELSON, R.M.; BEAL, J.A. Experiments with bluestain fungi in southern pines. **Phytopathology**, Saint Paul, v.19, p.1101-1106, 1929.

OVERGAARD, N.A. Insects associated with the southern pine beetle in Texas, Louisiana, and Mississippi. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.61, n.5, p.1197-1201, 1968.

PAINE, T.D.; RAFFA, K.F.; HARRINGTON, T.C. Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.42, p.179-206, 1997.

PAYNE, T.L.; ANDRYSZAK, N.A.; WIESER, H.; DIXON, E.A.; IBRAHIM, N.; COERS, J. Antennal olfactory and behavioral response of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis*, to analogs of its aggregation pheromone frontalin. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.14, n.4, p.1217-1225, 1988.

PAYNE, T.L.; COSTER, J.E.; RICHERSON, J.V.; EDSON, L.J.; HART, E.R. Field Response of the southern pine beetle to behavioral chemicals. **Environmental Entomology**, College Park, v.7, n.4, p.578-582, 1978.

PAYNE, T.L. Life History and Habits. In: THATCHER, R.C.; SEARCY, J.L.; COSTER, J.E., HERTEL, G.D. **The southern pine beetle. United States Department Agriculture Technical Bulletins**, n.1631, 1980. p. 7-28.

PAYNE, T.L.; RICHERSON, J.V.; DICKENS, J.C.; WEST, J.R.; MORI, K.; BERISFORD, C.W., HEDDEN, R.L.; VITÉ, J.P.; BLUM, M.S. SOUTHERN PINE BEETLE: Olfactory receptor and behavior discrimination of enantiomers of the attractant pheromone frontalin. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.8, n.5, p.873-881, 1982.

PETTERSSON, E.M.; SULLIVAN, B.T.; ANDERSON, P.; BERISFORD, C.W.; BIRGERSSON, G. Odor perception in the bark beetle parasitoid *Roptrocercus xylophagorum* exposed to host associated volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.26, n.11, p.2507-2525, 2000.

PURESWARAN, D.P.; HOFSTETTER, R.W.; SULLIVAN, B.T. Attraction of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis*, to pheromone components of the western pinebeetle, *Dendroctonus brevicomis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), in an allopatric zone. **Environmental Entomology**, College Park, v.37, n.1, p.70-78, 2008.

PURESWARAN, D.P.; SULLIVAN, B.T. Semiochemical emission from individual galleries of the southern pine beetle, (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), attacking standing tree. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.105, n.1, p.10-148, 2012.

PYE, J.M.; HOLMES, T.P.; PRESTEMON, J.P.; WEAR, D.N. Economic impacts of the southern pine beetle.. In: COULSON, R.N.; KLEPZIG, K.D. **Southern pine beetle II. Southern Research Station General Technical Report**, n.140, 2011, p.213-222.

REEVE, J.R. Complex emergence patterns in a bark beetles predator. **Agricultural and Forest Entomology**, St. Albans, v.2, n.4, p.233-240, 2000.

REEVE, J.R.; COSTER, J.E.; JOHNSON, P.C. Spatial distribution of flying southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) and the predator *Thanasimus dubius* (Coleoptera: Cleridae). **Environmental Entomology**, College Park, v.9, n.1, p.113-118, 1980.

RENWICK, J.A.A.; VITÉ, J.P. Bark Beetle Attractants: Mechanism of colonization by *Dendroctonus frontalis*. **Nature**, London, v.224, p.1222-1223, 1969.

ROBERTS, E.A.; BILLINGS, P.M.; PAYNE, T.L.; RICHERSON, J.V.; BERISFORD, C.W.; HEDDEN, R.L.; EDSON, L.J. Seasonal variation in laboratory response to behavioral chemicals of the southern pine beetle. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.8, n.3, p.641-652, 1982.

RUDINSKY, J.A. Ecology of Scolytidae. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.7, p.327-348, 1962.

SCHOWALTER, T.D.; COULSON, R.N.; CROSSLEY JR, D.A. Role of the southern pine beetle and fire in maintenance of structure and function of the southeastern coniferous forest. **Environmental Entomology**, College Park, v.10, n.6, p.821-825, 1981.

SCOTT, J.J.; OH, DONG-CHAN; YUCEER, M.C.; KLEPZIG, K.D.; CLARDY, J.; CURRIE, C.R. Bacterial protection of beetle-fungus mutualism. **Science**, New York, v.322, p.3, 2008.

SMITH, M.T.; PAYNE, T.L.; BIRCH, M.C. Olfactory-based behavioral interactions among five species in the southern pine bark beetle group. . **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.16, n.12, p.3317-3331, 1990.

STEPHEN, F.M.; KINN, D.N. Spatial distribution of mite associates of within-tree populations of *Dendroctonus frontalis* Zimm. **Environmental Entomology**, College Park, v.9, n.5, p.713-715, 1980.

STEPHEN, F.M. Southern pine beetle competitors. In: COULSON, R.N.; KLEPZIG, K.D. **Southern pine beetle II. Southern Research Station General Technical Report**, n.140, 2011, p.183-198.

ST. GEORGE, R.A.; BEAL, J.A. The southern pine beetle: a serious enemy of pines in the South. **United States Department of Agriculture**, Farmers Bulletin, n.1586, 1929, 18p.

STROM, B.L.; CLARKE, S.R. Use of semiochemicals for southern pine beetle infestation management and resource protection. In: COULSON, R.N.; KLEPZIG, K.D. **Southern pine beetle II. Southern Research Station General Technical Report**, n.140, 2011, p.381-397.

SULLIVAN, B.T.; BERISFORD, C.W. Semiochemicals from fungal associates of bark beetles may mediate host location behavior of parasitoids. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.30, n.4, p.703-717, 2004.

SULLIVAN, B.T. Electrophysiological and behavioral responses of *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae) to volatiles isolated from conspecifics. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.98, n.6, p.2067-2078, 2005.

SULLIVAN, B.T. Evidence for a sex pheromone in bark beetle parasitoid *Roptrocercus xylophagorum*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.28, n.5, p.1045-1063, 2002.

SULLIVAN, B.T.; DALUSKY, M.J.; MORI, K.; BROWNIE, C. Variable responses by southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* Zimmermann, to the pheromone component endo-Brevicomin: Influence of enantiomeric composition, release rate, and proximity to infestations. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.37, n.4, p.403-411, 2011.

SULLIVAN, B.T.; SHEPHERD, W.P.; PURESWARAN, D.P.; TASHIRO, T.; MORI, K. Evidence that(+)-endo-brevicomin is a male-produced component of the southern pine beetle aggregation pheromone. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.33, n.8, p.1510-1527, 2007.

SWAIN, K.M.; REMION, M.C. Direct control methods for the southern pine beetle. United States Department of Agriculture, **Combined Forest Pest Research and Development Program**, Southern Pine Beetle Handbook, Agriculture Handbook, n.575, 1981.

Disponível em: <<http://www.barkbeetles.org/spb/dcm4spb.htm>>. Acesso em: 10 out. 2012

THATCHER, R.C.; PICKARD, L.S. Seasonal variations in activity of the southern pine beetle in East Texas. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.57, n. 6, p.840-842, 1964.

THATCHER, R.C.; PICKARD, L.S. The Clerid Beetle, *Thanasimus dubius*, as a predator of the Southern pine beetle. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.59, n.04, p.955-957, 1966.

THATCHER, R.C. Winter brood development of the southern pine beetle in southeast Texas. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.60, n.2, p.599-600, 1967.

UNGERER, M.J.; AYRES, M.P.; LOMBARDERO, M.J. Climate and the Northern Distribution Limits of *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Biogeography**, Oxford, v.26, n.06, p.1133-1145, 1999.

VANLAERHOVEN, S.L.; STEPHEN, F.M. Height distribution of adult parasitoids of the southern pine beetle complex. **Environmental Entomology**, College Park, v.31, n.6., p.982-987, 2002.

VITÉ, J.P.; PITMAN, G.B. Bark Beetles Aggregation: Effects of feeding on the release of pheromones in *Dendroctonus* and *Ips*. **Nature**, London, v.218, p.169-170, 1968.

WAGNER, T.L.; FELDMAN, R.M.; GAGNE, J.A.; COVER, J.D.; COULSON, R.N.; SCHOOLFIELD, R.M. Factors affecting gallery construction, oviposition, and reemergence of *Dendroctonus frontalis* in the laboratory. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v.74, n.3, p.255-273, 1981.

WAGNER, T.L.; GAGNE, J.A.; SHARPE, P.J.H.; AND COULSON, R.N. A biophysical model of southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* Zimmerman (Coleoptera: Scolytidae), development. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.21, p.125-147, 1984a.

WAGNER, T.L.; GAGNE, J.A.; SHARPE, P.J.H.; AND COULSON, R.N. Effects of constant temperature on longevity of adult southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae). **Environmental Entomology**, College Park, v.13, n.4. p.1125-1130, 1984b.

WILLIAMS, K.K.; MCMILLIN, J.D.; DE GOMEZ, T.E.; CLANCY, K.M.; MILLER, A. Elevation effects on pine bark beetle communities. **Environmental Entomology**, College Park, v.37, n.1, p.94-109, 2008.

## CAPÍTULO II

**4 EFICIÊNCIA DE DIFERENTES ARMADILHAS ENTOMOLÓGICAS EM ÁREA PRIMÁRIA DE CARGAS, EM CURITIBA, PR.****EFFICIENCY OF DIFFERENT ENTOMOLOGICAL TRAPS IN PRIMARY CARGO AREA IN CURITIBA, PR.**

## RESUMO

No ano de 2011, 19,2% do saldo da balança comercial brasileira foi resultante das arrecadações geradas por atividades do setor florestal. Este setor pode estar seriamente comprometido caso ocorra a introdução de pragas exóticas no país. O crescimento da economia global e conseqüentemente no trânsito de mercadorias resultou no aumento do risco de introdução de pragas quarentenárias, pois estas podem ser transportadas em embalagens e suportes de madeira de mercadoria. O Brasil apresenta um vasto histórico de pragas florestais exóticas que foram introduzidas e trouxeram muitos prejuízos aos plantios de espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*. A aplicação das medidas fitossanitárias estabelecidas pela Norma Internacional de Medidas Fitossanitárias Nº15-NIMF 15, aliada a programas de monitoramento de pragas florestais em vias de entrada de mercadorias no país, como a utilização de armadilhas entomológicas, pode resultar na redução da entrada destas pragas exóticas. Com este objetivo, três modelos de armadilhas entomológicas foram instaladas na Estação Aduaneira do Interior-EADI, Porto Seco II de Curitiba, Brasil, para testar a eficiência dos modelos na captura de insetos da subfamília Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae). Os modelos de armadilhas avaliados foram luminosa, múltipla funnel-trap e de impacto. A primeira atraía os insetos através de uma luz negra e as outras duas através da mistura de etanol e metanol. O experimento foi realizado entre os meses de agosto de 2011 e abril de 2012 e as coletas ocorriam semanalmente. Os resultados revelaram que a armadilha luminosa mostrou-se eficiente e superior às demais na coleta de escolitídeos. Os modelos múltipla funnel-trap e impacto não diferiram estatisticamente na coleta dos insetos da subfamília Scolytinae. A armadilha luminosa é indicada para o monitoramento de espécies da subfamília Scolytinae em vias de entrada de mercadorias. Novos estudos terão de ser realizados para avaliar a eficiência das armadilhas múltipla funnel-trap e de impacto quando utilizados etanol junto com outros semioquímicos, como o monoterpeno  $\alpha$ -pineno.

Palavras-chave: Quarentenária; praga florestal; monitoramento.

## ABSTRACT

In 2011, 19.2% of the profit in the Brazilian trade balance was generated by activities of the forestry sector. This sector can be seriously compromised if there is the introduction of exotic pests in the country. The growth of the global economy and consequently in the transit of goods resulted in increased risk of introduction of quarantine pests, because they can be transported in containers and wooden supports of merchandise. Brazil has a long history of exotic forest pests that have been introduced and brought a lot of damage to plantations of *Eucalyptus* and *Pinus* species. The application of phytosanitary measures established by the International Standard for Phytosanitary Measures No. 15-ISPM 15, coupled with monitoring programs of forest pests in the process of entry of goods into the country, such as the use of entomological traps, may result in reducing the entrance of these exotic pests into the country. With this purpose, three models of entomological traps were installed in the Customs Station of Interior-EADI, Porto Seco II of Curitiba, Brazil, to test the efficiency of the models in capturing insects of the subfamily Scolytinae (Coleoptera). The models

were evaluated were light trap, multiple funnel trap and impact trap. Light traps attracted insects through a black light and the other two through the mixture of ethanol and methanol. The experiment was conducted between August 2011 and April 2012; the traps were inspected and the insect collected weekly. The results revealed that the light trap was effective and superior to the other traps in the collection of bark beetles. The funnel-trap multiple models and impact did not differ statistically in the collection of insects of the subfamily Scolytinae. The light trap is indicated for monitoring of species in the subfamily Scolytinae at routes of entry of goods. Further studies are needed to evaluate the efficiency of multiple funnel traps and impact traps when ethanol is used along with other semiochemicals like monoterpene  $\alpha$ -pinene.

Key-words: Quarantine; forest pest; monitoring.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

O setor de florestas plantadas tem se destacado na economia brasileira. A comprovação disto é que no ano de 2011, as arrecadações com exportações de produtos derivados das florestas plantadas corresponderam a 3,1% do total arrecadado e o setor foi responsável por 19,2% do saldo da balança comercial do país (ABRAF, 2012). Porém, os plantios florestais podem estar seriamente ameaçados caso haja a entrada de pragas exóticas no país.

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) define uma praga exótica como quarentenária quando ela apresenta importância econômica potencial para a área em perigo (FAO, 2009a).

Ciesla (1992) afirma que o homem é o responsável direto pela introdução de insetos exóticos, principalmente através do comércio internacional de mercadorias e de material de propagação de plantas.

Pragas quarentenárias podem ser disseminadas de um país para o outro através de meios de transporte (aeronaves e navios), pois são transportadas em embalagens e suportes de madeira que acondicionam e/ou suportam mercadorias. O crescimento econômico de alguns países, principalmente aqueles em desenvolvimento e o aumento no comércio internacional, resultaram no aumento do trânsito internacional de mercadorias, aumentando ainda mais o risco de introdução de pragas exóticas. A introdução das mesmas pode gerar não só prejuízos econômicos como também, ambientais e sociais (FAO, 2009b).

Levine e D'Antonio (2003) comprovaram, em análise de duas décadas de um histórico de introdução de pragas florestais, que o aumento do número de introduções de espécies exóticas é proporcional ao aumento do número de importações de um país. Nos Estados Unidos, a previsão é que, em média, 1,7 espécies florestais sejam introduzidas por ano, entre o período de 2011 e 2020 (KOCH *et al.*, 2011). Anualmente, US\$ 2,1 bilhões são perdidos em áreas florestais nos Estados Unidos em função de prejuízos causados pela introdução de espécies florestais exóticas (PIMENTEL *et al.*, 2000).

No Brasil, muitas espécies de insetos exóticos já foram introduzidos e ainda causam sérios prejuízos aos plantios florestais. No gênero *Eucalyptus*, destaca-se a introdução de espécies do gênero *Ctenarytaina* (Hemiptera: Psyllidae) na década de 1990 (IEDE, 1997), em 2001 foi detectada a presença de *Phoracantha recurva* (Coleoptera: Cerambycidae) (WILCKEN *et al.*, 2002). O psílideo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) foi detectado em 2003 (WILCKEN *et al.*, 2003), e em 2008, foram detectadas as presenças do percevejo bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) (WILCKEN *et al.*, 2010) e da vespa-da-galha *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) (WILCKEN e BERTI FILHO, 2008). As espécies de *Pinus* foram alvo das seguintes pragas introduzidas no Brasil: *Sirex noctilio*, a vespa-da-madeira (Hymenoptera: Siricidae) em 1988, (IEDE *et al.*, 1988), em 1996 *Cinara pinivora* (IEDE *et al.*, 1998) e em 1998 *Cinara atlantica* (LAZZARI e ZONTA-DE CARVALHO, 2000) (ambas Hemiptera: Aphididae), e nos anos de 2000 e 2001 foram constatadas as presenças na região Sul do país de *Pineus boernerii* (Hemiptera: Adelgidae) (PENTEADO *et al.*, 2004) e do gorgulho do pinus *Pissodeus castaneus* (Coleoptera: Curculionidae) (IEDE *et al.*, 2004), respectivamente.

Os plantios florestais brasileiros são monocultivos de *Eucalyptus* (69,6%) ou *Pinus* (23,4%) e isto resulta na ausência de inimigos naturais, pois em função do tipo de manejo adotado, os plantios possuem baixa resistência ambiental, aliada à possibilidade de não existirem inimigos naturais porque as pragas não sendo nativas aumentam ainda mais as condições de sucesso do seu estabelecimento e dispersão no país (ABRAF, 2012; IEDE, 2005).

Com o objetivo de diminuir o risco de introdução e dispersão de pragas quarentenárias associadas aos materiais de embalagem e suporte de mercadorias utilizados no comércio internacional, a FAO estabeleceu em 2002, a Norma Internacional de Medidas Fitossanitárias n.º15 (NIMF 15). No Brasil, a NIMF 15 foi internalizada pela Instrução Normativa N° 4, de 2004, que estabeleceu os procedimentos de tratamento, de certificação e de fiscalização de materiais de embalagem e de suporte de madeira de mercadorias no comércio internacional.

De acordo com a Lista de Pragas Quarentenárias estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o Brasil, através da Instrução Normativa n° 52 de 21/11/2007, a subfamília Scolytinae ( Coleoptera) possui inúmeros representantes nesta lista. Incluem-se os gêneros *Dendroctonus* e *Ips*, além da espécie *Tomicus piniperda* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) (MAPA, 2007). Um exemplo da severidade e ameaça aos plantios florestais brasileiros é *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), que é considerada a praga mais severa dos plantios de *Pinus* no sul dos Estados Unidos (PRICE *et al.*, 1997; ST. GEORGE e BEAL, 1929) e entre os anos de 1977 a 2004, causou ao país um prejuízo estimado em US\$375 milhões (PYE *et al.*, 2011). Nos Estados Unidos, em estudo realizado durante quinze anos, constatou-se que 73% dos escolítídeos foram introduzidos no país através de artigos de madeira, incluindo embalagens e suportes de mercadorias (HAACK, 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de três modelos de armadilhas entomológicas na captura de espécimes de insetos da subfamília Scolytinae em uma área aduaneira de recebimento de mercadorias em Curitiba, Paraná.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Aduaneira do Interior (EADI)-Porto Seco II, no bairro Cidade Industrial (CIC), em Curitiba, Paraná, entre os meses de agosto de 2011 e abril de 2012. A escolha do local ocorreu por ser posto de recebimento e armazenamento de mercadorias originárias de outros países.

Os modelos de armadilhas entomológicas utilizadas foram: impacto, múltipla funnel-trap e luminosa (figura 1). As duas primeiras possuíam como atrativo de insetos, a combinação etanol e metanol, e 20 ml do atraente eram adicionados semanalmente em sachês de polietileno inseridos junto a cada armadilha. A armadilha luminosa atraía os insetos através de uma lâmpada fluorescente na cor preta de 25 watts de potência, a qual estava acionada 24 horas durante todos os dias da semana à rede elétrica local.



A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa computacional Statistica 8.0 (STATSOFT). A comparação de médias dos tratamentos foi feita pelo teste de Kruskal-Wallis.

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, foram coletados 62 espécimes da subfamília Scolytinae. A armadilha luminosa coletou 52 espécimes, a armadilha múltipla funnel-trap 10 e a armadilha modelo impacto não coletou nenhum exemplar de escolitídeo.

A normalidade dos dados coletados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk e o resultado revelou que o valor de p foi igual a 0,00. Com isso, constatou-se que não houve normalidade na coleta dos espécimes. Para a análise de significância de cada armadilha foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Os resultados revelaram que não houve diferença significativa na coleta dos insetos da subfamília Scolytinae entre a armadilha de impacto e múltipla funnel-trap, mesmo que a primeira não tenha coletado nenhum espécime, pois o valor de p foi superior a 0,05, portanto, aceitando a hipótese  $H_0$  de igualdade dos modelos de armadilhas testados. A comparação estatística entre a armadilha luminosa e as demais revelou que houve diferença significativa entre a primeira e os modelos de impacto e a múltipla funnel-trap, pois o valor de p foi inferior a 0,05, rejeitando a  $H_0$ , conforme apresenta a tabela 1.

Comparação múltipla dos valores de p			
Armadilha	Luminosa	Múltipla funnel-trap	Impacto
Luminosa		0,018566	0,000036
Múltipla funnel-trap	0,018566		0,304341
Impacto	0,000036	0,304341	

Tabela 1: Comparação múltipla dos valores de p entre os três modelos de armadilhas testados na coleta de escolitídeos no EADI, Curitiba, PR, entre os meses de agosto de 2011 e abril de 2012. Valores de p maiores que 0,05 não são significativos.

Table 1: Comparison of multiple p values between the three models tested in traps collected from bark beetles in EADI, Curitiba, PR, between the months of august 2011 and april 2012. Values of p greater than 0.05 are not significant.

A média, o erro padrão e o desvio padrão do número de escolitídeos coletados para cada armadilha é mostrado através do gráfico 1.

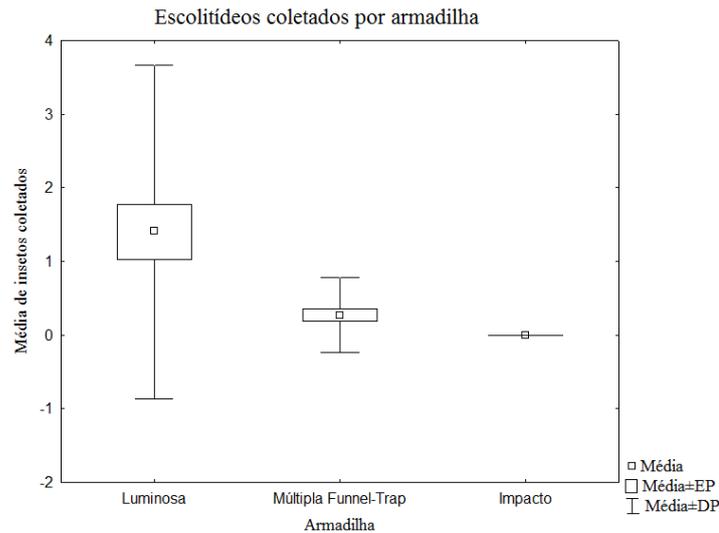


Gráfico 1: Número médio, erro e desvio padrão de escolitídeos coletados em diferentes tipos de armadilhas na EADI, Curitiba, PR, de agosto 2011 a abril 2012.

Graph 1: average number, error and standard deviation of bark beetles collected in different types of traps in the EADI, Curitiba, PR, august 2011 to april 2012.

A armadilha luminosa coletou 83,9% do total dos escolitídeos e os resultados concordam com a afirmação de Ostmark (1968) de que armadilhas luminosas com lâmpadas ultravioletas apresentam grande importância na avaliação da sazonalidade de besouros de casca e de ambrósia. Bernardi *et al.* (2010), em plantio de *Eucalyptus* no Rio Grande do Sul, revelaram que armadilhas luminosas de lâmpada de cor negra com 12V de potência e armadilhas com atrativos etanólicos foram responsáveis pela coleta de 807 exemplares de escolitídeos, correspondendo a 13,08% do total de coleópteros coletados, e no presente trabalho a porcentagem de escolitídeos capturados foi de 1,41% do total de coleópteros coletados.

Insetos da subfamília Scolytinae localizam as infestações através do etanol que é produzido nos primeiros estágios de desenvolvimento dos microorganismos existentes nos tecidos das árvores infestadas (MONTGOMERY e WARGO, 1983). Etanol é o principal atraente do besouro de ambrósia *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) (MOECK, 1970).

Lindgren (1983) demonstrou a eficiência da armadilha múltipla funnel trap na captura de escolitídeos, porém no presente experimento, os resultados de coleta de escolitídeos nas armadilhas múltipla funnel-trap e impacto, que tinham como atrativos a combinação etanol e metanol, vão de encontro aos resultados encontrados por Silva *et al.*(2006), pois estes autores concluíram que existiu um sinergismo na mistura de etanol com metanol, o que teria proporcionado uma atração de pelo menos 2.7 vezes maior do que quando era usado apenas um dos componentes na captura da broca do café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). A quantidade da mistura dos alcoóis etanol e metanol adicionada semanalmente, 20 ml, pode ter sido uma das razões da baixa quantidade de escolitídeos capturados, pois Flechtmann *et al.*(2001) encontraram grande número de escolitídeos capturados através da armadilha múltipla funnel trap no estado da Bahia com a adição semanal de 32 ml de etanol a 95%. Os resultados encontrados no presente experimento discordam dos resultados encontrados por Montgomery e Wargo (1983) e Klimetzek *et al.*(1986), pois de acordo com os autores a liberação de etanol em baixa concentração é mais eficiente na captura de escolitídeos do que altas taxas de liberação de etanol. Em relação ao metanol, Moeck (1970) concluiu que este álcool em baixa concentração não apresenta efeito atrativo a *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae).No presente experimento, a ausência de algum semioquímico específico

para determinadas espécies de escolitídeos, adicionado ao etanol, pode ser uma das razões dos baixos resultados revelados pelas armadilhas múltipla funnel-trap e de impacto na coleta das espécimes, a exemplo dos resultados encontrados por Ross e Daterman (1995) que ressaltam o efeito do etanol quando adicionado ao semioquímico frontalín no aumento da atração de *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). A utilização do etanol juntamente com o monoterpeno  $\alpha$ -pineno resulta no aumento da atratividade de determinadas espécies de Scolytinae (BYERS, 1992; SHORE e LINDGREN, 1996; MILLER e RABAGLIA, 2009). Futuras pesquisas sobre a eficiência de armadilhas devem evitar a mistura de metanol e etanol, diante do fraco resultado alcançado no presente estudo.

#### 4.4 CONCLUSÕES

A armadilha luminosa com lâmpada de potência 25 W na cor negra pode ser indicada para monitoramento de insetos da subfamília Scolytinae em vias de entrada de mercadorias em um país. Porém, este tipo de armadilha exige a sua instalação em locais onde exista corrente elétrica disponível. Caso não haja corrente elétrica nas áreas de estudos, por exemplo em áreas de mata, existe a opção de adaptar as armadilhas luminosas, através da instalação de baterias recarregáveis para a transmissão de energias.

No Brasil, são necessárias mais pesquisas com as armadilhas múltipla funnel-trap e de impacto com a mistura dos atrativos etanol e  $\alpha$ -pineno para saber se os resultados condizem com a realidade dos pontos de entrada do país e com isso sejam utilizados em programas de monitoramento, visto a praticidade do seu manejo.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Cnpq e ao Reuni pela concessão de bolsa à primeira autora, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Produção Vegetal e ao Centro Nacional de Pesquisas Florestais da Embrapa em Colombo, PR.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF: Ano Base 2011**, 2012. 150 p.

Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2012

BERNARDI, O.; GARCIA, M.S.; ELY E SILVA, E.J.; ZAZYCKI, L.C.F.; BERNARDI, D.; MIORELLI, D.; RAMIRO, G.A.; FINKENAUER, E. **Coleópteros coletados com armadilhas luminosas e etanólicas em plantio de *Eucalyptus* spp. no sul do Rio Grande do Sul. Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 579-588, 2010.

BRASIL. Instrução Normativa N°04/2004, de 06 de janeiro de 2004. Estabelece em caráter emergencial, os procedimentos de inspeção e fiscalização de embalagens e suportes de madeira utilizados no transporte de mercadorias no comércio internacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 jan. 2004.

BRASIL. Instrução Normativa N°52/2007, de 21 de novembro de 2007. Estabelecer a lista de pragas quarentenárias ausentes (A1) e de pragas quarentenárias presentes (A2) para o Brasil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 nov. 2007, Seção 1.

BYERS, J.A. Attraction of bark beetles, *Tomicus piniperda*, *Hylurgops palliatus*, and *Trypodendron domesticum* and other insects to short-chain alcohols and monoterpenes. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.18, n.12, p.2385-2402, 1992.

CIESLA, W. M. Recent introductions of forest insects and their effects: a worldwide overview. In: CONFERÊNCIA REGIONAL DA VESPA-DA-MADEIRA, *Sirex noctilio*, NA AMÉRICA DO SUL, 1992, Florianópolis. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPf, 1993a.p. 9-21.

FAO-ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA- Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias. **NIMF N.º05. Glossário de Termos Fitossanitários**, 2009a. 27 p.

FAO- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias. **Revisão da NIMF N.º 15. Regulamentação do Material de Embalagem de Madeira no Comércio Internacional**, 2009b. 15 p. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/SANIDADE\\_VEGETAL/NORMAS\\_INTERNACIONAIS/NIMF\\_15\\_2009\\_PTFINAL\\_0.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/SANIDADE_VEGETAL/NORMAS_INTERNACIONAIS/NIMF_15_2009_PTFINAL_0.PDF)> Acesso em: 15out. 2012

FLECHTMANN, C.A.H.; OTTATI, A.L.T.; BERISFORD, C.W. Ambrosia and bark beetles (Scolytidae: Coleoptera) in pine and eucalypt stands in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.142, n.1-3, p.183-191, 2001.

HAACK, R.A. Interceptd Scolytidae (Coleoptera) at U.S. ports-of-entry: 1985-2000. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 6, p.253-282, 2001.

IEDE, E. T.; LAZZARI, S.M.N.; PENTEADO, S.R.C.; ZONTA-DE-CARVALHO, R.C.; RODRIGUES TRENTINI, R.F. Ocorrência de *Cinara pinivora* (Homoptera: Aphididae, Lachninae) em reflorestamento de *Pinus* spp. no sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Zoologia, 22., 1998, Recife. **Resumos**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1998. p.141.

IEDE, E. T.; LEITE, M. S. P.; PENTEADO, S. do R. C.; MAIA, F. *Ctenarytaina* sp.(Homoptera: Psyllidae) associada a plantios de *Eucalyptus* sp. em Arapoti,PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16.; ENCONTRONACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 7., 1997, Salvador. **Resumos**. [S.l.]:Sociedade Entomológica do Brasil; Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPf, 1997.p. 253.

IEDE, E.T. Importância das Pragas Quarentenárias Florestais no Comércio Internacional -Estratégias e Alternativas para o Brasil. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Colombo, EMBRAPA-CNPf, n.22, 2005. 35 p.

IEDE, E.T.; PENTEADO, S.R.C.; BISOL, J.C. Primeiro registro de ataque de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda* no Brasil. **Circular Técnica**. Curitiba, EMBRAPA – CNPF, n.20, 1988.12p.

IEDE, E.T.; REIS FILHO, W.; PENTEADO, S.R.C. Ocorrência de *Pissodes castaneus* (De Geer) (Coleoptera: Curculionidae) em *Pinus* na Região Sul do Brasil. **Comunicado Técnico**. Colombo,EMBRAPA-CNPf, n.114, 2004. 6 p..

KOCH, F.H.; YEMSHANOV, D.; COLUNGA-GARCIA, M.; MAGAREY, R.D.; SMITH, W.D. Potential establishment of alien-invasive forest insect species in the United States: where and howmany? **Biological Invasions**, Tennessee, v.13, p.969-985, 2011.

KLIMETZEK, D.; KOHLER, J.; VITÉ, J.P.; KOHNLE, U. Dosage response to ethanol mediates host selection by “secondary” bark beetles. *Naturwissenschaften*, v.73, p.270-271, 1986.

LAZZARI, S.M.N.; ZONTA-DE-CARVALHO, R.C. Aphids (Homoptera: Aphididae: Lachninae: Cinarini) on *Pinus* spp. and *Cupressus* sp. in Southern Brazil. In: International Congress of Entomology, 21., 2000, Foz do Iguaçu. **Abstracts**... Londrina: Embrapa Soja, 2000. v.1, p.493.

LEVINE, J.M.; D'ANTONIO, C.M. Forecasting Biological invasions with increasing international trade. *Conservation Biology*, Washington, v.17, n.1, p.322-326, 2003.

LINDGREN, B.S. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). *The Canadian Entomologist*, Toronto, v.115, n.3, p.299-302, 1983.

MILLER, D.R.; RABAGLIA, R.J. Ethanol and (-)- $\alpha$ -Pinene: Attractant Kairomones for Bark and Ambrosia Beetles in the Southeastern US. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v.35, n.4, p.435-448, 2009.

MOECK, H.A. Ethanol as the primary attractant for the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae). *The Canadian Entomologist*, Toronto, v.102, n.8, p.985-995, 1970.

MONTGOMERY, M. E.; WARGO, P.M. Ethanol and other host-derived volatiles as attractants to beetles that bore into hardwood. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v.9, n.2, p.181-190, 1983.

OSTMARK, H.G. Bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae) attracted to an ultraviolet light trap. *The Florida Entomologist*, Lutz, v.51, n.3, p.155-157, 1968.

PENTEADO, S. do R. C.; LEITE, M. S. P.; LAZZARI, S. M. N.; ZONTA-DE-CARVALHO, R. C.; REIS FILHO, W.; IEDE, E. T. Primeiro registro de *Pineus boernerii* Annand (Hemiptera : Adelgidae) em *Pinus* spp. (Pinaceae) no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004, Gramado. **Programa e resumos**. [S.l]: Sociedade Entomológica do Brasil, 2004. p. 448.

PIMENTEL, D.; LACH, L.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bio Science*, Washington, v.50, n.1, p.53-65, 2000.

PRICE, T.S., DOGGET, H.C., PYE, J.M. & SMITH, B. (1997) **A history of southern pine beetle outbreaks in the southeastern United States**. Macon: Georgia Forestry Commission, 1997, 72 p.

PYE, J.M.; HOLMES, T.P.; PRESTEMON, J.P.; WEAR, D.N. Economic impacts of the southern pine beetle. . In: COULSON, R.N.; KLEPZIG, K.D. **Southern pine beetle II. Southern Research Station General Technical Report**, n.140, 2011, p.213-222.

SHORE, T.L.; LINDGREN, B.S. Effect of ethanol and  $\alpha$ -pinene on response of ambrosia beetle, *Trypodendron lineatum*, to lineatin-baited funnel and drainpipe traps. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.22, n.12, p.2187-2196, 1996.

ROSS, D.W.; DATERMAN, G.E. Response of *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Scolytidae) and *Thanasimus undatulus* (Coleoptera: Cleridae) to traps with different semiochemicals. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.88, n.1, p.106-111, 1995.

SILVA, F.C.; VENTURA, M.U.; MORALES, L. Captura da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), em resposta a características de armadilhas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.6, p.567-571, 2006.

ST. GEORGE, R.A.; BEAL, J.A. The southern pine beetle: a serious enemy of pines in the South. **United States Department of Agriculture**, Farmers Bulletin, n.1586, 1929, 18p.

STATSOFT (2008) Inc. Statistica (data analysis software system), version 8. (Software Estatístico).

WILCKEN, C. F.; COUTO, E. B.; ORLATO, C.; FERREIRA FILHO., P. J.; FIRMINO, D. C. Ocorrência do psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) em florestas de eucalipto no Brasil. Circular Técnica. Piracicaba, **IPEF**, n. 201, 2003, 11 p.

WILCKEN, C. F.; BERTI FILHO, E.; OTTATI, A. L. T.; FIRMINO, D. C.; COUTO, E. B. Ocorrência de *Phoracantha recurva* (Coleoptera: Cerambycidae) em eucalipto no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 19.,2002, Manaus. **A entomologia no século 21 e o manejo da biodiversidade**: resumos. [S.l.]: Sociedade Entomológica do Brasil; [Manaus]: INPA: Fundação Universidade do Amazonas, 2002. p. 153.

WILCKEN, C.F.; BERTI FILHO, E. Vespa-da-galha do eucalipto (*Leptocybe invasa*) (Hymenoptera: Eulophidae): nova praga de florestas de eucalipto no Brasil. **Alerta PROTEF**, Botucatu, 2008, 11p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/protecao/alerta-leptocybe.invasa.pdf>>Acesso: 22 out .2012

WILCKEN, C.F.; SOLIMAN, E.P.; DE SÁ, L.A.N.; BARBOSA, L.R.; DIAS, T.K.R.; FILHO, P.J.F.; OLIVEIRA, R.J.R. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distributions. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v.50, n.2, p.201-205, 2010.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

*Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae) é uma séria ameaça às plantações de *Pinus* spp. no Brasil. Por isso, as ações recomendadas no capítulo I devem ser aplicadas e implementadas pelos órgãos responsáveis com o objetivo de impedir a entrada da praga no país, evitando assim todos os prejuízos causados por ela.

A armadilha luminosa com lâmpada de potência 25 W na cor negra pode ser indicada para monitoramento de insetos da subfamília Scolytinae em vias de entrada de mercadorias no país, como comprovado no capítulo II. No Brasil, é necessário que ocorram pesquisas com as armadilhas dos modelos múltipla funnel-trap e de impacto com a uso dos atrativos etanol e  $\alpha$ -pineno, para saber se poderão ser utilizadas em programas de monitoramento em portos e aeroportos do país.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF: Ano Base 2011**, 2012. 150 p.

Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>.

Acesso em: 15 out. 2012

BANCO MUNDIAL. **Archives**. Disponível em: <<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTABOUTUS/EXTARCHIVES/0,,contentMDK:20053333~menuPK:63762~pagePK:36726~piPK:36092~theSitePK:29506,00.html>>. Acesso em: 05 nov.2012

BRASIL. Decreto 22.094, de 16 de abril de 1929. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/decret/1920-1929/decreto-22094-16-abril-1929-548078-publicacaooriginal-63038-pe.html>>. Acesso em: 19 out. 2012

BRASIL. Instrução Normativa Nº13/2002, de 17 de maio de 2012. Estabelece o Plano de Contingência de Monilíase (*Moniliophthora roreri*) do Cacaueiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mai. 2012.

BRASIL. Instrução Normativa Nº04/2004, de 06 de janeiro de 2004. Estabelece em caráter emergencial, os procedimentos de inspeção e fiscalização de embalagens e suportes de madeira utilizados no transporte de mercadorias no comércio internacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 jan. 2004.

BRASIL. Instrução Normativa Nº38/1999, de 14 de outubro de 1999. Estabelece a lista de pragas quarentenárias ausentes (A1) e de pragas quarentenárias presentes (A2) para o Brasil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 out. 1999.

BRASIL. Instrução Normativa Nº52/2007, de 21 de novembro de 2007. Estabelece a lista de pragas quarentenárias ausentes (A1) e de pragas quarentenárias presentes (A2) para o Brasil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 nov. 2007, Seção 1.

BROCKERHOFF, E.G.; JONES, D.C.; KIMBERLEY, M.O.; SUCKLING, D.M.; DONALDSON, T. Nationwide survey for invasive wood-boring and bark beetles (Coleoptera) using traps baited with pheromones and kairomones. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.228, p.234-240, 2006.

FAO-ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA-Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias. **NIMF N.º02. Estrutura para Análise de Risco de Pragas**, 2007. 16 p.

FAO-ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA-Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias. **NIMF N.º05. Glossário de Termos Fitossanitários**, 2009a. 27 p.

FAO- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias. **Revisão da NIMF N.º 15. Regulamentação do Material de Embalagem de Madeira no Comércio Internacional**, 2009b. 15 p. Disponível em:<[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/SANIDADE\\_VEGETAL/NORMAS\\_INTERNACIONAIS/NIMF\\_15\\_2009\\_PTFINAL\\_0.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/SANIDADE_VEGETAL/NORMAS_INTERNACIONAIS/NIMF_15_2009_PTFINAL_0.PDF)> Acesso em: 15out. 2012

GU, J.; BRAASCH, H.; BURGERMEISTER, W.; ZHANG, J. Records of *Bursaphelenus* spp. intercepted in imported packaging wood at Ningbo, China. **Forest Pathology**, Aberdeen, v.36, n.5, p.323-333, 2006.

HAACK, R.A. Interceptd Scolytidae (Coleoptera) at U.S. ports-of-entry: 1985-2000. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 6, p.253-282, 2001.

HAACK, R.A. LAW, K.R.; MASTRO, V.C.; OSSENBRUGGEN, H.S.; RAIMO, B.J. New York's battle with the Asian long-horned beetle. **Journal of Forestry**, Washington, v.95, n.12, p.11-15, 1997.

IEDE, E.T. Importância das Pragas Quarentenárias Florestais no Comércio Internacional - Estratégias e Alternativas para o Brasil. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Colombo, EMBRAPA-CNPQ, n.22, 2005. 35 p.

IEDE, E. T.; LAZZARI, S.M.N.; PENTEADO, S.R.C.; ZONTA-DE-CARVALHO, R.C.; RODRIGUES TRENTINI, R.F. Ocorrência de *Cinara pinivora* (Homoptera: Aphididae, Lachninae) em reflorestamento de *Pinus* spp. no sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Zoologia, 22., 1998, Recife. **Resumos**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1998. p.141.

IEDE, E. T.; LEITE, M. S. P.; PENTEADO, S. do R. C.; MAIA, F. *Ctenarytaina* sp.(Homoptera: Psyllidae) associada a plantios de *Eucalyptus* sp. em Arapoti,PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16.; ENCONTRONACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 7., 1997, Salvador. **Resumos**. [S.l.]:Sociedade Entomológica do Brasil; Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPQ, 1997.p. 253.

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

IEDE, E.T.; REIS FILHO, W.; PENTEADO, S.R.C. Ocorrência de *Pissodes castaneus* (De Geer) (Coleoptera: Curculionidae) em *Pinus* na Região Sul do Brasil. **Comunicado Técnico**. Colombo, EMBRAPA-CNPq, n.114, 2004. 6 p..

INTERNATIONAL PLANT PROTECTION CONVENTION. **International Standards for Phytosanitary Measures**, 2012. Disponível em: <<https://www.ippc.int/index.php?id=ispms>>. Acesso em: 03 set. 2012

LAMPREIA, L.F.P. Resultados da Rodada do Uruguai: uma tentativa de síntese. **Estudos avançados**, São Paulo, v.9, n.23, p.247-260, 1995.

LAZZARI, S.M.N.; ZONTA-DE-CARVALHO, R.C. Aphids (Homoptera: Aphididae: Lachninae: Cinarini) on *Pinus* spp. and *Cupressus* sp. in Southern Brazil. In: International Congress of Entomology, 21., 2000, Foz do Iguaçu. **Abstracts**... Londrina: Embrapa Soja, 2000. v.1, p.493.

LEVINE, J.M.; D'ANTONIO, C.M. Forecasting Biological invasions with increasing international trade. **Conservation Biology**, Washington, v.17, n.1, p.322-326, 2003.

MILLER, D.R. Ethanol and (-)- $\alpha$ -Pinene: Attractant Kairomones for Some Large Wood-Boring Beetles in Southeastern USA. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.32, p.779-794, 2006.

NOWAK, D.J.; PASEK, J.E.; SEQUEIRA, R.A.; CRANE, D.E.; MASTRO, V.C. Potential Effect of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) on Urban Trees in the United States. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.94, n.1, p.116-122, 2001.

OLIVEIRA, M. R. V. Subsídios gerais para a elaboração de planos de contingência para praga(s) quarentenária(s) que podem afetar plantas em áreas de produção e áreas naturais circunvizinhas. – **Documentos**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, n.209, 2007. 34 p.

OMC-ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO. **Acordo Constitutivo da Organização Mundial do Comércio**, 1994. Disponível em: <[www.itamaraty.gov.br/omnisterio/conheca-o-ministerio/tecnologicos/cgc/solucao-de-controversias/mais-informacoes/texto-dos-acordos-da-omc-portugues/](http://www.itamaraty.gov.br/omnisterio/conheca-o-ministerio/tecnologicos/cgc/solucao-de-controversias/mais-informacoes/texto-dos-acordos-da-omc-portugues/)> Acesso em: 04/out. 2012

PENTEADO, S. do R. C.; LEITE, M. S. P.; LAZZARI, S. M. N.; ZONTA-DE-CARVALHO, R. C.; REIS FILHO, W.; IEDE, E. T. Primeiro registro de *Pineus boernerii* Annand (Hemiptera : Adelgidae) em *Pinus* spp. (Pinaceae) no Brasil. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004, Gramado. **Programa e resumos**. [S.l]: Sociedade Entomológica do Brasil, 2004. p. 448.

PERES FILHO, O.; TEIXEIRA, E.P.; BEZERRA, M.L.M.; DORVAL, A.; BERTI FILHO, E.. First record of *Sinoxylon conigerum* Gerstäcker (Coleoptera: Bostrichidae) in Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 5, p.712-713, 2006..

PIMENTEL, D.; LACH, L.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. **BioScience**, Washington, v.50, n.1, p.53-65, 2000.

PYE, J.M.; HOLMES, T.P.; PRESTEMON, J.P.; WEAR, D.N. Economic impacts of the southern pine beetle. . In: COULSON, R.N.; KLEPZIG, K.D. **Southern pine beetle II. Southern Research Station General Technical Report**, n.140, 2011, p.213-222

RODIGHERI, H.R.; IEDE, E.T.; PENTEADO, S.R.C.; FILHO, WILSON, R.F. Avaliação dos Impactos do Programa de Manejo Integrado de Pragas para o Controle da Vespa-da-Madeira em Plantios de Pinus no Sul do Brasil. **Comunicado Técnico**. Colombo, EMBRAPA-CNPQ, n.158, 2006. 5 p.

SKINKIS, P.; WALTON, V.; KAISER, C. GRAPE. Phylloxera Biology and Management in the Pacific Northwest. **Catalog**. Oregon State University, 2009, 23p.  
Disponível em: <http://extension.oregonstate.edu/catalog/df/ec/ec1463-e.pdf>. Acesso em: 05 out. 2012

TEIXEIRA, ÉDSON P.; NOVO, JOSÉ P.S.; BERTI FILHO, EVONEO. First Record of *Sinoxylon anale* Lesne and *Sinoxylon senegalensis* (Karsch) (Coleoptera: Bostrichidae) in Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 4, p.651-652, 2002 .

VILELA, E.F.; LUCIA, T.M.C.D. **Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego de pragas**. Minas Gerais: Imprensas Universitárias da UFV, 1987. 206 p.

WILCKEN, C. F.; COUTO, E. B.; ORLATO, C.; FERREIRA FILHO., P. J.; FIRMINO, D. C. Ocorrência do psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) em florestas de eucalipto no Brasil. Circular Técnica. Piracicaba, **IPEF**, n. 201, 2003, 11 p.

WILCKEN, C. F.; BERTI FILHO, E.; OTTATI, A. L. T.; FIRMINO, D. C.; COUTO, E. B. Ocorrência de *Phoracantha recurva* (Coleoptera: Cerambycidae) em eucalipto no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 19.,2002, Manaus. **A entomologia no século 21 e o manejo da biodiversidade**: resumos. [S.l.]: Sociedade Entomológica do Brasil; [Manaus]: INPA: Fundação Universidade do Amazonas, 2002. p. 153.

WILCKEN, C.F.; BERTI FILHO, E. Vespa-da-galha do eucalipto (*Leptocybe invasa*) (Hymenoptera: Eulophidae): nova praga de florestas de eucalipto no Brasil. **Alerta PROTEF**, Botucatu, 2008, 11p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/protecao/alerta-leptocybe.invasa.pdf>>Acesso: 22 out .2012

WILCKEN, C.F.; SOLIMAN, E.P.; DE SÁ, L.A.N.; BARBOSA, L.R.; DIAS, T.K.R.; FILHO, P.J.F.; OLIVEIRA, R.J.R. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distributions. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v.50, n.2, p.201-205, 2010.

ZAHID, M.I.; GRGURINOVIC, C.A.; WALSH, D.J. Quarantine risks associated with solid wood packaging materials receiving ISPM 15 treatments. **Australian Forestry**, Queen Victoria, v.71, n.4, p.287-293, 2008.