



**COSAVE**

**LINEAMIENTOS PARA UN PLAN DE  
CONTINGENCIA PARA LA DETECCIÓN Y  
CONTROL DE *Bursaphelenchus xylophilus*  
(Steiner & Buhner) Nickel (NEMATODA:  
APHELENCHOIDIDAE) Y SUS VECTORES  
*Monochamus* spp. (COLEOPTERA:  
CERAMBYCIDAE)**

## INDICE

1.	GENERALIDADES	2
2.	OBJETIVOS DEL PLAN DE CONTINGENCIA	2
2.1	Objetivo general	2
2.2	Objetivos específicos	2
3.	DEFINICIONES	2
4.	REQUISITOS	3
4.1	Antecedentes generales	3
4.2	Organización y cooperación	4
4.2.1	Creación del Comité Técnico de Emergencia Fitosanitaria (CTEF)	4
4.2.1.1	Funciones del Comité Técnico de Emergencia Fitosanitaria para el control de <i>B.xylophilus</i> y <i>Monochamus</i> spp.	5
4.2.1.2	Integrantes del Comité Técnico de Emergencia Fitosanitaria	5
4.2.2	Organización ejecutora del Plan de contingencia	5
4.3	Cooperación intrarregional	6
5.	REQUISITOS ESPECIFICOS	6
5.1	Medidas cuarentenarias	6
5.1.1	Delimitación del área bajo cuarentena	7
5.1.2	Delimitación del área en peligro	7
5.1.3	Artículos sujetos a reglamentación	7
5.1.4	Propuestas de acciones a ser ejecutadas	8
5.2	Medidas de vigilancia	8
5.2.1	Encuestas anuales o semestrales	9
5.2.2	Encuestas en árboles sintomáticos y extracción de muestras de <i>B.xylophilus</i>	9
5.2.3	Inspección de materiales de madera	10
5.2.4	Monitoreo de los vectores con trampas con cebos químicos	10
5.2.5	Verificación de denuncias	10
5.3	Medidas de control	11
5.3.1	Medidas de erradicación del brote en el área de cuarentena	11
5.3.2	Medidas de control en maderas aserradas o en trozas	12
5.4	Comunicación, divulgación y capacitación	12
5.4.1	Notificación nacional	12
5.4.2	Notificación internacional	12
5.4.3	Divulgación	13
5.4.4	Capacitación	13
6.	REGISTRO DE INFORMACIÓN	13
7.	FINALIZACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA	14
8.	COSTOS Y FINANCIAMIENTO	14
9.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	16

## 1. GENERALIDADES

El presente documento establece lineamientos para las Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPFs) del COSAVE, los productores forestales y la comunidad nacional, destinados a establecer medidas fitosanitarias para contener, suprimir y erradicar la ocurrencia de un brote del agente causal de la "Enfermedad del Marchitamiento del Pino (EMP)", causada por el nematodo *Bursaphelenchus xylophilus* y de sus vectores del género *Monochamus* en la región de manera rápida y eficiente.

## 2. OBJETIVOS DEL PLAN DE CONTINGENCIA

### 2.1 Objetivo general

- Detectar, contener y controlar mediante la erradicación, la ocurrencia de un brote del nematodo del pino (*B. xylophilus*) y de sus vectores, *Monochamus* spp., en la región del COSAVE.

### 2.2 Objetivos específicos

- Definir un área de cuarentena en el área que corresponda, orientada a la protección del área en peligro.
- Implementar acciones de vigilancia fitosanitaria que permitan la detección oportuna de *B. xylophilus* y de sus vectores, así como la delimitación del área del brote.
- Erradicar las poblaciones de nematodo del pino y de sus vectores en la región del COSAVE, mediante aplicación de medidas fitosanitarias.

## 3. DEFINICIONES

**Área:** Un país determinado, parte de un país, países completos o partes de diversos países, que se han definido oficialmente.

**Área bajo cuarentena:** Un área donde existe una plaga cuarentenaria y que está bajo control oficial.

**Área en peligro:** un área en donde los factores ecológicos favorecen el establecimiento de una plaga cuya presencia dentro del área dará como resultado pérdidas económicamente importantes.

**Brote:** Población de una plaga detectada recientemente, incluida una incursión o aumento súbito importante de una población de una plaga establecida en un área.

**Control (de una plaga):** Supresión, contención o erradicación de una población de plagas.

**Control oficial:** Observancia activa de la reglamentación fitosanitaria y aplicación de los procedimientos fitosanitarios obligatorios, con el propósito de erradicar o contener las plagas cuarentenarias o manejar las plagas no cuarentenarias reglamentadas.

**Denuncia fitosanitaria:** Comunicación oral o escrita de un particular u organización sobre la detección o sospecha de una plaga.

**Detección:** Identificación positiva de una plaga informada a través de un Informe de Laboratorio oficial.

**Dispersión:** Expansión de la distribución geográfica de una plaga dentro de un área.

**Encuesta:** Procedimiento oficial efectuado en un período dado para determinar las características de una población de plagas o para determinar las especies de plagas presentes dentro de un área.

**Incursión:** Población aislada de una plaga detectada recientemente en un área que se desconoce si está establecida y la cual se espera que sobreviva en un futuro inmediato.

**Informe fitosanitario:** Comunicación oral o escrita de un particular u organización sobre la detección o sospecha de incidencia de una plaga.

**Introducción:** Entrada de una plaga que resulta en su establecimiento.

**Medida fitosanitaria:** Cualquier legislación, reglamento o procedimiento oficial que tenga el propósito de prevenir la introducción y/o dispersión de plagas cuarentenarias o de limitar las repercusiones económicas de las plagas no cuarentenarias reglamentadas.

**Oficial:** Establecido, autorizado o ejecutado por una Organización Nacional de Protección Fitosanitaria.

**Plaga:** Cualquier especie, raza, biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales.

**Plaga cuarentenaria:** Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro aun cuando la plaga no esté presente, o si está presente, no está ampliamente distribuida y se encuentra bajo control oficial.

**Plan de contingencia:** Documento a través del cual se detalla un conjunto de acciones de carácter oficial realizadas o dispuestas por la ONPF, destinadas a la supresión, contención o la erradicación de una plaga o un conjunto de plagas.

**Vigilancia:** Un proceso oficial mediante el cual se recoge y registra información sobre la presencia o ausencia de una plaga utilizando encuestas, monitoreo u otros procedimientos.

## 4. REQUISITOS

### 4.1 Antecedentes generales

En la región del COSAVE (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay), existen cerca de 12,3 millones de hectáreas de plantaciones forestales. Este escenario es propicio para la diseminación de plagas exóticas, si ocurren introducciones. Las plagas forestales, además de ser transportadas en materiales de propagación (semillas, plantas, estacas, etc.), en maderas en rollizos y aserradas, son transportadas, principalmente, en maderas de embalaje y de soporte de mercaderías usados en la acomodación de cargas en diferentes medios de transporte (Haack & Cavey, 2000; FAO, 2009; Iede, 2005).

El género *Bursaphelenchus* totaliza 55 especies (Sathyapala, 2004), siendo dos especies de patógenos relevantes: *Bursaphelenchus cocophilus* Cobb, parásito de palmeras y *Bursaphelenchus xylophilus*, parásito de especies de *Pinus* spp. Por este motivo, todas las especies, de este género de nematodos, deben ser tratadas como de importancia cuarentenaria (Kanzaki *et al.*, 2011). El nematodo del pino, *B. xylophilus*, originario de América del Norte, es el agente causal de la "Enfermedad del Marchitamiento del Pino" o "Pine Wilt Disease" (PWN), (Sousa *et al.*, 2013; CABI, 2013a), que ha afectado importantes áreas de plantación de *Pinus* spp. en Japón, desde el inicio del siglo XX (Kobayashi *et al.*, 1984; Bonifácio *et al.*, 2013; CABI, 2013a), China (Xu *et al.*, 2013) y Europa - Portugal (Mota *et al.*, 1999) y España (Robertson *et al.*, 2011). Hubo, también, relatos de *Bursaphelenchus* patogénicos en Grecia en 2000 y asociados a la muerte de *Pinus* spp. y en Australia en 2001 (Sathyapala, 2004).

*Bursaphelenchus xylophilus* y sus vectores, correspondientes a escarabajos cerambícidos del género *Monochamus*, están incluidos en la lista de plagas cuarentenarias del COSAVE. Las especies no europeas, del vector, también están presentes como plagas A1 en la lista de 2010 de la EPPO y *B. xylophilus* consta como plaga A2 (EPPO, 2013).

En principio, especies del género *Monochamus* son consideradas de hábito secundario - pues colonizan coníferas debilitadas, muertas, o cortadas recientemente, no obstante lo cual, por ser vectores del nematodo *B. xylophilus* asumen gran importancia (Akbulut, 2009; Akbulut *et al.*, 2008). Según datos de la ficha de la plaga *B. xylophilus* elaborada por la EPPO/CABI (1997), las especies de *Monochamus* están ampliamente distribuidas; el género está presente en la mayoría de las áreas del hemisferio norte y las especies presentes en otras áreas no atacan coníferas. Un ejemplo es *M. leuconotus*, plaga de cafetales de África (López & Oliveira, 2003).

Las especies del género *Pinus* están entre los hospedantes más susceptibles a la infestación por el nematodo; sin embargo otras especies de coníferas de *Abies*, *Chamaecyparis*, *Cedrus*, *Larix*, *Picea* y *Pseudotsuga* han sido también reportadas como hospedantes (Evans *et al.*, 1996; EPPO, 2013). Debido a los perjuicios que *B. xylophilus* y *Monochamus* spp pueden causar a las plantaciones de *Pinus* spp. en la región del COSAVE, se torna necesaria la elaboración de un Plan de Contingencia, para *B. xylophilus* y sus vectores, a fin de ayudar a las autoridades competentes a evitar la entrada, así como tomar medidas de control y erradicación de las plagas, si se produce su introducción.

## 4.2 Organización y Cooperación

Se estima necesario que a nivel nacional se establezcan mecanismos de articulación, coordinación y cooperación nacional e intrarregional, a fin de facilitar el desarrollo e implementación del Plan de contingencia.

#### **4.2.1 Creación del Comité Técnico de Emergencia Fitosanitaria (CTEF)**

Es la primera actividad a ser desarrollada con el objetivo de coordinar la elaboración y la implementación del Plan de Contingencia.

##### **4.2.1.1 Funciones del Comité Técnico de Emergencia Fitosanitaria para el control de *B.xylophilus* y *Monochamus* spp.**

La función del CTEF es la de coordinar y facilitar el desarrollo e implementación del Plan de contingencia contra *B.xylophilus* y sus vectores a nivel nacional, coordinando y comunicando hacia la comunidad y sus organizaciones, la información que se estime pertinente y supervisando de manera permanente el avance y cumplimiento de éste plan, de sus objetivos y de la estrategia aprobada.

La ONPF es la entidad responsable de la regulación y operativización del Plan de contingencia, por lo que el CTEF es un órgano asesor y de coordinación, correspondiéndole las funciones siguientes:

- Convocar a los miembros permanentes y no permanentes a las sesiones del CTEF.
- Determinar la situación de la plaga en el área.
- Formular y aprobar el Plan de contingencia.
- Realizar los ajustes necesarios del Plan de contingencia, de acuerdo a la situación detectada.
- Evaluar de manera permanente las actividades realizadas y los resultados obtenidos, realizando las modificaciones que fueran necesarias.

##### **4.2.1.2 Integrantes del Comité Técnico de Emergencia Fitosanitaria**

I. Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF), quien lo preside y designa a sus representantes;

II. Otras organizaciones nacionales o regionales, cuyos órganos o unidades técnicas estén involucradas a nivel local o nacional en aspectos fitosanitarios y que puedan prestar apoyo técnico, legal, administrativo o estratégico;

Además de estos representantes, el Comité podrá estar compuesto por integrantes de las siguientes organizaciones:

- I. Especialistas de la ONPF
- II. Especialistas externos a la ONPF
- III. Representantes de los sectores productivos relacionados con la plaga.
- IV. Representantes de otras organizaciones públicas o privadas, relacionadas con desarrollo forestal y centros de investigación.
- V. Representantes de comunidades de interés.

## 4.2.2 Organización ejecutora del Plan de contingencia

Se recomienda el establecimiento de una estructura orgánica nacional, altamente operativa, que posibilite enfrentar de manera rápida y ágil la implementación y el seguimiento del Plan de contingencia para *B.xylophilus* y sus vectores, la que considere los siguientes niveles de responsabilidad:

- Director/Jefe de Sanidad Vegetal a nivel nacional: Responsable a nivel nacional de sanidad vegetal, de las comunicaciones oficiales nacionales e internacionales y de aprobar los lineamientos, objetivos, estrategia, estándares técnicos de trabajo, presupuesto, comunicación y plazos del Plan de contingencia.
- Director/Jefe de Vigilancia y control forestal nacional: Responsable de la elaboración de los estándares técnicos de trabajo, coordinación de los comité técnicos *ad hoc*, de la supervisión y coordinación intra e interinstitucional nacional de las actividades, documentación de los avances y resultados del plan y propuesta de actividades de comunicación.
- Director/Jefe de campaña: Responsable de la implementación y seguimiento a campo del Plan de contingencia, selección de los equipos de trabajo de terreno y de supervisión de las actividades.
- Encargado/a de equipos de vigilancia: responsable de la adecuada implementación y seguimiento de la red de monitoreo, prospecciones y denuncia.
- Encargado/a de equipos de control: responsable de la adecuada implementación y seguimiento de los equipos de control.
- Encargado/a de equipos de diagnóstico o laboratorio: responsable de la recepción y diagnóstico fitosanitario de las muestras de *Bursaphelenchus xylophilus* y de sus vectores.
- Encargado/a de comunicaciones: responsable de las actividades de comunicación para la mejor implementación del Plan de contingencia hacia la comunidad.

## 4.3 Cooperación intrarregional

En consideración a la relevancia de la plaga, como asimismo a las consecuencias económicas que pueda involucrar esta para la Región, el COSAVE propiciará la cooperación intrarregional, a través de la creación de un grupo de trabajo específico abocado a facilitar el desarrollo e implementación del Plan de contingencia.

## 5. REQUISITOS ESPECÍFICOS

### 5.1 Medidas cuarentenarias

El Plan de contingencia requiere en primer lugar del establecimiento de una reglamentación de emergencia fitosanitaria, que permita la aplicación rápida de uno o más tipos de medidas fitosanitarias y que estarán orientadas a reducir el riesgo de

dispersión del brote de *B.xylophilus* y de sus vectores, por lo que esta reglamentación deberá ser desarrollada como componente inicial del Plan.

Esto puede comprender una reglamentación de declaración de emergencia fitosanitaria por brote de *B.xylophilus* y de sus vectores, la declaración de plaga bajo control obligatorio, plaga nacional o plaga bajo control oficial, la determinación de áreas bajo cuarentena y en peligro, procedimientos específicos para el establecimiento de controles fitosanitarios en rutas, lugares y sitios de producción, etc. y la inspección y fiscalización al movimiento y comercio de productos reglamentados dentro del país.

Basado en esta reglamentación, se establecerán asimismo acciones fitosanitarias oficiales de vigilancia, destinadas a la detección de nuevos brotes de *B.xylophilus* y de sus vectores dentro o fuera del área bajo cuarentena, acciones de control destinadas a la eliminación del brote de plaga dentro del área bajo cuarentena y acciones de comunicación, con el fin de informar adecuadamente a la comunidad respecto a la naturaleza del problema y del desarrollo del Plan de contingencia.

### **5.1.1 Delimitación del área bajo cuarentena.**

El área bajo cuarentena para *B. xylophilus* corresponderá a aquella localizada dentro de un radio total de 6 kilómetros a partir de árboles muertos y/o con síntomas de la enfermedad del marchitamiento del pino, o de la detección de sus vectores. Ese radio de 6 kilómetros podrá ser modificado de acuerdo a la dispersión de la plaga en el área y de los resultados de la vigilancia.

Los puntos de detección de *B.xylophilus* y sus vectores, que den origen al área de cuarentena, deberán estar adecuadamente respaldados por actividades de vigilancia realizadas o autorizadas por la ONPF y por diagnóstico de laboratorio oficial.

La definición del área bajo cuarentena se realizará a través de una resolución o normativa oficial de carácter nacional, o sub nacional de acuerdo a la estructura administrativa de cada país, según corresponda, en la cual se delimitará y comunicará dicha área.

### **5.1.2 Delimitación del área en peligro**

El área en peligro corresponderá a aquella ubicada en el país de ocurrencia de la detección, fuera del área bajo cuarentena y que presente hospedantes susceptibles de ser infestados por *B.xylophilus* o sus vectores.

### **5.1.3 Artículos sujetos a reglamentación**

Los siguientes artículos podrán ser objeto de reglamentación fitosanitaria, orientada a controlar su movimiento desde el área bajo cuarentena, hacia el área en peligro, de especies hospedantes de *B.xylophilus* y sus vectores:

a.- Plantas, árboles o ramas.

b.- Rollizos con o sin corteza, postes, madera para celulosa, leña, astillas, embalajes de madera, corteza y materiales con corteza.



c.- Artículos artesanales y de decoración hechos en madera.

Podrán asimismo ser objeto de reglamentación los bosques o árboles plantados de dos o más años de edad, sobre los cuales se dispongan medidas de control.

Las especies hospedantes primarias de *B.xylophilus* y sus vectores son *banksiana*, *P. densiflora*, *P. echinata*, *P. elliotii*, *P. lambertiana*, *P. luchuensis*, *P. nigra*, *P. radiata*, *P. resinosa*, *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. taeda*, *P. thunbergii*.

Las especies hospedantes secundarias de *B.xylophilus* y sus vectores son *Abies amabilis*, *A. balsamea*, *A. firma*, *A. grandis*, *A. sachalinensis*, *Cedrus atlantica*, *C. deodara*, *Chamaecyparis nootkatensis*, *Larix decidua*, *L. kaempferi*, *L. laricina*, *L. occidentalis*, *Picea abies*, *P. engelmannii*, *P. glauca*, *P. jezoensis*, *P. mariana*, *P. pungens*, *P. rubens*, *P. sitchensis*, *Pinus ayacahuite*, *P. brutia*, *P. bungeana*, *P. caribaea*, *P. contorta*, *P. halepensis*, *P. hartwegii*, *P. jeffreyi*, *P. koraiensis*, *P. leiophylla*, *P. massoniana*, *P. monticola*, *P. mugo*, *P. oocarpa*, *P. palustris*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. ponderosa*, *P. pungens*, *P. strobiformis*, *P. wallichiana*, *P. yunnanensis*, *Pseudotsuga menziesii*. Además de esas especies, hay registro de ataque de *Monochamus* spp. en *Pinus kesiya* var. *langbianensis*, *P. labulaeformis*, *P. mugo*, *P. virginiana*, *Larix gmelini*, *Abies fどり* y *Cunninghamia lanceolata*.

Esta lista de especies hospederas podrá ser modificada conforme sean generadas informaciones científicas, o técnicas que respalden esa condición.

#### **5.1.4 Propuestas de acciones a ser ejecutadas**

La implementación de las acciones fitosanitarias estará bajo la responsabilidad de la ONPF. Estas acciones estarán orientadas a controlar el movimiento de plantas y partes de plantas hospedantes, así como inspecciones y control a otros materiales susceptibles de transportar *B.xylophilus* y sus vectores, de acuerdo a lo establecido en la resolución o normativa correspondiente.

La estrategia de implementación de las acciones dependerá de la magnitud y riesgo de movimiento de los productos reglamentados por *B.xylophilus* y sus vectores, desde las propiedades o sitios con captura de la plaga hacia el resto del área bajo cuarentena o hacia el área en peligro.

En cada área bajo cuarentena se deberá evaluar, la magnitud y riesgo de movimiento de artículos reglamentados por *B.xylophilus* y sus vectores y sus posibles destinos, tales como:

- Rodales en raleo: Número, ubicación y destino de las maderas.
- Rodales en cosecha: Número, ubicación y destino de las maderas.
- Aserraderos y otros recintos forestales, fijos o móviles: Número, ubicación y destino de las maderas.
- Centros de acopio (canchas de acopio u otros) de maderas: número y ubicación y destino de las maderas.

Deberán mantenerse registros oficiales de esta información

## 5.2 Medidas de Vigilancia

Las acciones de vigilancia fitosanitaria estarán orientadas fundamentalmente a la detección y delimitación del brote de *B.xylophilus* y de sus vectores, a fin de respaldar la situación de la plaga en el área y focalizar las actividades de control. Estas actividades se realizarán a través de actividades de vigilancia específica y de la verificación de denuncia fitosanitaria.

Cuando se detecte la presencia de *B.xylophilus* en a lo menos un árbol que presente síntomas de la EMP o se realice una o más capturas de *Monochamus* spp., deberán ser realizadas actividades de vigilancia específicas destinadas a delimitar el área afectada. Dependiendo de las condiciones en que ocurran estas capturas, las actividades de delimitación pueden continuar en las temporadas subsecuentes.

El sistema de vigilancia específica para *B. xylophilus* y de *Monochamus* spp. deberá considerar las actividades siguientes:

- Encuestas anuales o semestrales.
- Encuestas de árboles sintomáticos y extracción de muestras para análisis nematológico.
- Inspección de materiales de madera.
- Monitoreo de los vectores con trampas con cebos químicos.

### 5.2.1 Encuestas anuales o semestrales

Estas acciones de vigilancia incluyen la realización de encuestas anuales en puntos con potencial de introducción del nematodo o, en el caso de áreas en que *B. xylophilus* ya esté diseminado, se recomiendan dos evaluaciones anuales. Esas encuestas deben ser realizadas en plantaciones o arbolado que presenten los síntomas de la EMP, durante los períodos más fríos del año y en las épocas más cálidas, evaluandose el comportamiento de los vectores y priorizando las siguientes situaciones:

- Árboles debilitados.
- Árboles plantados en parques, jardines, calles, patios y ambientes de almacenamiento de madera.
- Lugares de almacenamiento y comercio de leña.
- Radio de 6 kilómetros a partir de los puntos de entrada de material importado (puertos, aeropuertos, etc.) y/o en lugares de intercepción de la plaga.

### 5.2.2 Encuestas en árboles sintomáticos y extracción de muestras de *B.xylophilus*.

La presencia de una infección por *B.xylophilus*, puede ser realizada a través de la observación de árboles que presenten síntomas sospechosos de EMP o de sus vectores, tales como:

- Amarillamiento o marchitamiento de las acículas.
- Presencia de galerías larvales ovales en la madera.
- Presencia de larvas de cerambícidos bajo la corteza o en la madera.
- Orificios de emergencia de adultos.

- Manchas fúngicas azulada en la madera.
- Falta de flujo de resina en las heridas en el árbol.

En algunos países, la detección inicial de EMP es realizada a través de la remoción de la corteza para evaluar el flujo de oleorresina, en árboles con síntomas de la enfermedad.

La detección del nematodo debe ser realizada a través de la extracción de muestras de madera de los árboles con síntomas de EMP o de maderas sospechosas, tales como rollizos, maderas aserradas, leña y astillas. Estas muestras deben ser procesadas en laboratorio para la extracción de los nematodos mediante el método de "embudo de Baermann" para su diagnóstico.

Debido a la posibilidad de la distribución desigual de *B.xylophilus* dentro del árbol, las muestras pueden ser obtenidas de partes diferentes del fuste, por ejemplo desde el área de la copa, desde el centro del fuste y aproximadamente a 1,5 centímetros del suelo. Para evitar contaminación por nematodos saprófitos, la corteza debe ser eliminada antes de la toma de muestras.

La detección del vector *Monochamus* spp. puede ser realizada a través de la observación de larvas del insecto al interior de galerías de alimentación bajo la corteza o en la madera, o de pupas o adultos al interior de la cámara pupal. Asimismo se puede realizar la extracción del nematodo directamente desde adultos del insecto vector.

### **5.2.3 Inspección de materiales de madera**

La inspección de maderas deberá estar orientada de manera inicial a las detección de estados inmaduros y adultos de *Monochamus* y de signos de daño del insecto, tales como galerías de alimentación bajo la corteza o en la madera, galerías en la madera con presencia de aserrín granular o fibroso o la presencia de manchas azuladas provocadas por hongos de la madera.

La inspección de las maderas en búsqueda de *Monochamus* puede ser realizada a simple vista, dado que los escarabajos poseen dimensiones entre 1,9-3,0 cm de largo o por la detección larvas, pupas o adultos inmaduros del insecto en el interior de la madera. Se recomienda que las larvas y pupas destinadas a diagnóstico de laboratorio sean previamente sumergidas en agua a 100°C durante 10 segundos, a fin de evitar su oscurecimiento y luego remitirlas en alcohol etílico al 70%.

La inspección de maderas que no posea vectores, sino solamente sospechas de presencia de *B. xylophilus* , deben pasar por proceso de extracción de nematodos mediante Embudo de Baermann y la identificación posterior de los nematodos obtenidos en laboratorio.

### **5.2.4 Monitoreo de los vectores con trampas con cebos químicos**

Aunque no se disponga aún de un sistema demostrado de monitoreo con trampas y cebos específicos para la detección de especies de *Monochamus* la utilización de atrayentes químicos podría ser útil para detectar la presencia de vectores en un área.

Como el ciclo de vida del nematodo está íntimamente ligado al del vector, en países y/o regiones donde no hay registros del nematodo, o donde los síntomas de la enfermedad del marchitamiento del pino son poco evidentes, la vigilancia debe ser hecha a través de la evaluación de la presencia de los vectores y de los lugares adecuados para postura y alimentación de los mismos. Para auxiliar en este proceso, pueden ser utilizadas trampas tipo embudo ("Funnel Trap") utilizándose como atractivos feromonas (metil butenol, Ipsenol, Ipsdienol, cis-verbenol, Galloprotect 2 D (SEDQ), Ferad IS D TM, kairomonas (alfa pineno, trementina, o etanol absoluto), con vistas a la captura de los escarabajos del género *Monochamus*.

### **5.2.5 Verificación de denuncias.**

Se atenderán todas las denuncias de sospecha de la presencia de *B.xylophilus* o *Monochamus* spp., para lo cual esta actividad se deberá reforzar a través de un programa de divulgación dirigido a la ciudadanía sobre el reconocimiento de la plaga y sus daños.

## **5.3 Medidas de control**

Una vez confirmada oficialmente por la ONPF la presencia de un brote de *B. xylophilus* o sus vectores, deberán ser tomadas las siguientes medidas con la finalidad de evitar la dispersión de la plaga y efectuar la erradicación:

- Analizar las características cualitativas del medio ambiente natural o modificado, que favorezcan o no, la dispersión natural de las plagas.
- Evaluar el potencial de diseminación local de la plaga, a través de productos básicos o medios de transporte.
- Determinar, a través de las acciones de vigilancia, la extensión y fuente de origen del brote para evaluar el riesgo de dispersión.
- Demarcar de zonas afectadas de acuerdo con áreas de zonificación y/o radios.
- Implementar medidas de erradicación.
- Determinar e implementar de métodos de aplicación de productos fitosanitarios en el área bajo cuarentena, con vistas al control del vector.

### **5.3.1 Medidas de erradicación del brote en el área de cuarentena**

Como el principal responsable por la diseminación de *B.xylophilus* son los vectores del género *Monochamus*, las medidas de control deben ser direccionadas hacia el control de ese organismo.

Para el control de la plaga, se recomienda la remoción y destrucción *in situ* de los árboles muertos o moribundos, de residuos con más de dos centímetros de diámetro y

de tocones que estén ubicados dentro del área bajo cuarentena y puedan servir de hospedantes a los vectores, evitando nuevas fuentes de infestación.

Teniendo en cuenta el hecho de que adultos de *Monochamus* tienden a volar cortas distancias en plantaciones densas y distancias mayores en ambientes más abiertos con pocos árboles, debe considerarse de manera adicional las acciones siguientes:

- Para una infestación pequeña y localizada, se debe establecer un área de tala rasa y destrucción de 500 metros de radio, incluidos árboles debilitados, muertos o recientemente talados, la destrucción de residuos como ramas y de tocones que permanecen después del volteo de árboles. El volteo de los hospedantes debe comenzar a partir de la región más externa, en dirección al centro y deberá ser realizado fuera del período de vuelo del vector.
- Para una infestación mayor y más diseminada, se debe establecer un área de tala rasa de 500 metros a 3 kilómetros de radio, incluidos árboles debilitados, muertos o recientemente talados, además de residuos como ramas y tocones que permanecen después del volteo de árboles. Los especialistas deberán determinar el tamaño del radio del área de tala rasa, en base en la densidad y condición sanitaria de árboles hospedantes, estado de desarrollo de los insectos y la presencia de lugares adecuados para postura de huevos.
- El volteo de árboles hospedantes debe comenzar a partir de la región más externa, en dirección al centro y deberá ser realizado fuera del período de vuelo del vector.
- Se debe considerar y evaluar el tratamiento químico para la eliminación de los vectores.
- En todos los casos señalados precedentemente deben ser tomadas muestras de madera para determinar la presencia y extensión del brote de *B.xylophilus*, como asimismo de estados inmaduros o adultos de *Monochamus*, lo cual deberá ser utilizado para redefinir el área de cuarentena.

### **5.3.2 Medidas de control en maderas aserradas o en trozas**

Frente a la presencia de maderas aserradas o en trozas con presencia de *B.xylophilus* o de *Monochamus* spp., se podrá disponer las medidas siguientes:

- Destrucción de las maderas.
- Tratamiento térmico HT de 56°C al interior de la madera por un mínimo de 30 minutos.
- Fumigación con Bromuro de metilo en dosis y tiempo de exposición adecuados para el control de insectos de la madera.
- Astillado y pulpaje de las maderas.

En este caso deberá ser evaluado el estado de desarrollo de los insectos, a fin de disponer la aplicación de medidas adicionales de resguardo fitosanitario, definir tiempo máximo de inicio del tratamiento y la aplicación de insecticidas de contacto previo al tratamiento señalado.

## **5.4 Comunicación, divulgación y capacitación**

### **5.4.1 Notificación nacional**

La unidad técnica correspondiente de la ONPF realizará la notificación de las capturas de *B.xylophilus* y de *Monochamus* spp. a los representantes de las organizaciones públicas o privadas del sector forestal a nivel nacional.

Esta ONPF informará mediante resolución respecto a la condición de emergencia de la plaga, estatus de la plaga en el área, de acuerdo a lo señalado en la NIMF 8: Determinación de la situación de una plaga en un área.

### **5.4.2 Notificación internacional**

La detección de un brote de *B.xylophilus* o de *Monochamus* spp., deberá ser comunicada por la ONPF respectiva a la Secretaría técnica de COSAVE y a las restantes ONPFs de los países miembros, de acuerdo a los lineamientos señalado en la NIMF N° 17 (2002): Notificación de plagas.

### **5.4.3 Divulgación**

Esta actividad se basa en la necesidad de entregar información a la población ya sea para la detección de la plaga, así como para informar sobre las medidas de control que se aplicarán en el territorio, pudiendo corresponder a información impresa, radial u otra forma, de modo que la población pueda colaborar en las diferentes etapas del Plan de contingencia.

### **5.4.4 Capacitación**

La ONPF será la responsable de realizar y/o promover la capacitación que se estime necesaria a los equipos de trabajo que laboren en las actividades de vigilancia y de control de *B.xylophilus* y de *Monochamus* spp. en sus países, como asimismo de mantener un adecuado registro de estas actividades.

## **6. REGISTRO DE INFORMACIÓN**

Cada ONPF es la responsable de recoger, comprobar y compilar la información apropiada de cada brote detectado, bajo control o controlado de *B.xylophilus* o de *Monochamus* spp., por lo que deberá mantener un registro documentado de la información de cada uno de los brotes, la cual estará almacenada en su sistema de vigilancia fitosanitaria nacional.

Cada ONPF deberá mantener de manera actualizada y permanente los registros de información, de acuerdo a la estructura del sistema de información nacional oficial de vigilancia y control de plagas, para las actividades de vigilancia, control y divulgación.

Estos registros de información deberán contener al menos la información siguiente:

<b>Variable</b>	<b>Trampeo</b>	<b>Prospección</b>	<b>Control</b>
Ficha/formulario de terreno con N° registro individual de la actividad	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Región/Estado/Provincia/Departamento	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Comuna/Municipio/Localidad	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Nombre de la unidad ejecutora de la ONPF	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Nombre propietario	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Nombre/código del lugar	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Coordenadas geográficas UTM	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Nombre Prospector/Inspector/Equipo	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Nombre hospedero vegetal	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Fecha de instalación de trampa	<b>X</b>		
Fecha de revisión/servicio de trampa	<b>X</b>		
Código de la trampa	<b>X</b>		
Código envío muestra a laboratorio	<b>X</b>	<b>X</b>	
Fecha envío muestra a laboratorio	<b>X</b>	<b>X</b>	
Fecha de prospección		<b>X</b>	
Tipo de prospección		<b>X</b>	
Fecha de actividad de control			<b>X</b>
Tipo de actividad de control			<b>X</b>
Observaciones	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>

## **7. FINALIZACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA**

La finalización de un Plan de contingencia para *B.xylophilus* y *Monochamus* spp. depende del cumplimiento de los objetivos fijados (erradicación).

Para finalizar las acciones, el CTEF elaborará el informe final del Plan de contingencia para *B.xylophilus* y *Monochamus* spp. y remitirá el mismo a la jefatura correspondiente de la ONPF; una vez evaluado como conveniente la finalización del Plan de contingencia, la ONPF deberá ajustar las reglamentaciones correspondientes, levantar las medidas aplicadas e indicar el área controlada, lo que deberá comunicarse a la comunidad nacional y las restantes ONPFs del COSAVE.

## **8. COSTOS Y FINANCIAMIENTO**

La estructura de costos para enfrentar la vigilancia y el control de un brote de *B.xylophilus* y *Monochamus* spp. a través de un Plan de contingencia es variable, local y dependiente de variables nacionales y propias de éste, tales como:

- Extensión del brote.
- Distribución y características de las especies hospedantes.
- Costos nacionales de los insumos físicos.
- Costos nacionales de los recursos humanos.
- Costos nacionales de administración y coordinación.

- Costos nacionales de actividades de diagnóstico.
- Tiempo estimado de duración del Plan de contingencia hasta su control.
- Costos asociados a labores de publicación y de divulgación.
- Otros

Por lo señalado, se recomienda que cada ONPF realice inicialmente un estudio de costos directos asociados a la implementación de un Plan de contingencia, de acuerdo a las variables siguientes, lo cual será base para posteriormente gestionar su financiamiento:

Gastos de personal:

- Salarios
- Viáticos

Gastos de bienes y servicios:

- Textiles, vestuario y calzado.
- Combustibles y lubricantes
- Materiales de uso o consumo técnico
- Telefonía
- Acceso a Internet
- Mantenimientos de equipos y maquinarias
- Publicidad, publicaciones y difusión
- Pasajes
- Arriendo de vehículos
- Servicios informáticos

Activos no financieros

- Mobiliarios y otros
- Máquinas y equipos
- Equipos informáticos

Estos costos deberán ser desglosados en las actividades de vigilancia, control y divulgación.

El financiamiento de las actividades enmarcadas en el Plan de contingencia para la detección y control *B.xylophilus* y *Monochamus* spp., corresponderá en primer término a la ONPF en cuyo territorio se presente el brote o detección de la plaga, la cual deberá procurar proveer de los recursos emergenciales necesarios de manera rápida y expedita, para enfrentar la vigilancia y el control del brote de la plaga.

De manera complementaria, y de acuerdo a la ubicación geográfica del brote y de riesgo de infestación hacia países vecinos, las ONPFs podrán establecer acuerdos binacionales o entre tres o más ONPFs, orientadas a fortalecer de manera coordinada los esfuerzos de financiamiento para la vigilancia y control del brote.

Se podrá considerar la creación de un fondo nacional para la vigilancia y control de *B.xylophilus* y *Monochamus* spp., a través de aportes de recursos económicos por parte de las ONPFs y del sector privado.



## 9. CRONOGRAMA

Actividad	MESES DEL AÑO- AÑO 1												MESES DEL AÑO 2		
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Definición del área bajo cuarentena/área en peligro															
Promulgación de norma de cuarentena															
Implementación de acciones de cuarentena															
Implementación de vigilancia con trampas															
Implementación de Prospecciones específicas															
Verificación de denuncias															
Definición de las áreas de control															
Eliminación de árboles atacados/Aplicación de insecticidas															
Monitoreo con trampas															
Seguimiento intensivo															
Acciones de divulgación															

## INFORMACIÓN DE LAS PLAGAS

### 1. FICHA BIONÓMICA

- *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner, 1934) Nickle, 1970

Sinonímias

*Aphelenchoides xylophilus* Steiner & Buhner, 1934

*Bursaphelenchus lignicolus* Mamiya & Kiyohara, 1972

Posição Taxonômica

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Ordem: Aphelenchoididae

Família: Parasitaphelenchidae

Gênero: *Bursaphelenchus*

Espécie: *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner, 1934) Nickle, 1970

Nomes populares

Inglês

Pine wilt nematode, pine wood nematode.

Francês

Nématode des pins, nématode du bois de pin.

Português

Nematódo da Madeira do Pinheiro, Nematóide do pínus.

Código Bayer (EPPO code)

BURSXY

- *Monochamus* spp.

Reino: Animalia

Filo: Artropoda

Classe: Insecta

Ordem: Cerambycidae

Gênero: *Monochamus* (Dejean, 1821)

Espécies: *M. scutellatus*, *M. carolinensis*, *M. nitens*, *M. obtusus*, *M. notatus*, *M. mutator*, *M. marmorator*, *M. alternatus*, *M. titillator*, *M. sutor*, *M. saltuarius*, *M. galloprovincialis*, *M. impluviatus*, *M. sartor*, *M. rosenmuelleri*, *M. clamator*, *M. bimaculatus*, *M. leuconotus*.

Principais espécies de importância fitossanitária para o setor florestal: *M. galloprovincialis* (Olivier, 1795), *M. alternatus* (Hope, 1843), *M. scutellatus* (Say, 1824), *M. titillator* (Fabricius), *M. carolinensis* Olivier, *M. mutator* (LeConte), *M. saltuarius* (Gebler) (Koutroumpa *et al.*, 2008), pois tratam-se dos principais vetores de *B. xylophilus*.

### 2. HOSPEDEIROS

- *Bursaphelenchus xylophilus*

*Bursaphelenchus xylophilus* foi registrado em várias espécies arbóreas. Os hospedeiros primários são *Pinus banksiana*, *P. densiflora*, *P. echinata*, *P. elliotii*, *P. lambertiana*, *P. luchuensis*, *P. nigra*, *P. radiata*, *P. resinosa*, *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. taeda*, *P. thunbergii*. Os hospedeiros secundários são *Abies amabilis*, *A. balsamea*, *A. firma*, *A. grandis*, *A. sachalinensis*, *Cedrus atlantica*, *C. deodara*, *Chamaecyparis nootkatensis*, *Larix decidua*, *L. kaempferi*, *L. laricina*, *L. occidentalis*, *Picea abies*, *P. engelmannii*, *P. glauca*, *P. jezoensis*, *P. mariana*, *P. pungens*, *P. rubens*, *P. sitchensis*, *Pinus ayacahuite*, *P. brutia*, *P. bungeana*, *P. caribaea*, *P. contorta*, *P. halepensis*, *P. hartwegii*, *P. jeffreyi*, *P. koraiensis*, *P. leiophylla*, *P. massoniana*, *P. monticola*, *P. mugo*, *P. oocarpa*, *P. palustris*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. ponderosa*, *P. pungens*, *P. strobiformis*, *P. wallichiana*, *P. yunnanensis*, *Pseudotsuga menziesii* (CABI, 2013a).

- *Monochamus* sp.

Os besouros deste gênero se alimentam principalmente de *Pinus spp.*, mas alguns podem utilizar *Picea spp.* e *Abies spp.* como hospedeiros (Akbulut & Stamps, 2011). *M. carolinensis* parece possuir uma estreita faixa de hospedeiros, atacando, somente, árvores do gênero *Pinus* (Schoeller, 2011). Dentre as espécies atacadas, encontram-se: *P. banksiana*, *P. echinata*, *P. mugo*, *P. nigra*, *P. resinosa*, *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. taeda* e *P. virginiana* (CABI, 2013a).

*Monochamus scutellatus* prefere *P. strobus*, mas as fêmeas podem ovipositar e as larvas se alimentam, também, de *P. banksiana*, *P. resinosa*, *Abies balsamea*, *Picea glauca*, *Picea mariana* e *Picea rubens* (Saint-Germain et al., 2004; Cobb et al., 2010). Na China, a espécie preferida de *M. alternatus* é *P. massoniana* (Wang et al., 2009; Fan & Sun, 2006), além desta espécie, na província de Jiangxi há relatos de ataques à *P. thunbergii*, *P. elliotii*, *P. densiflora*, *P. labulaeformis*, *P. kesiya* var. *langbianensis*, *P. yunanensis*, além de *Cedrus deodara*, *Larix gmelini*, *Abies fiori* e *Cunninghamia lanceolata* (Peng et al., 2010). Já no Japão, esta espécie ataca *P. thunbergii* e *P. densiflora*, podendo atacar, também, algumas espécies de *Abies* e *Picea* locais (Togashi et al., 2008).

*Monochamus galloprovincialis* ataca mais comumente, na Turquia, *P. sylvestris* e *P. nigra* (Akbulut & Stamps, 2011). Estas espécies também são atacadas em outros países da Europa e, em Portugal, *P. sylvestris* aparentou ser a espécie preferida deste inseto, sob condições de laboratório e diante de outras espécies de pínus (*P. pinea*, *P. pinaster*, *P. halepensis* e *P. radiata*), também atacadas (Naves et al, 2006b).

### 3. DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

- *Bursaphelenchus xylophilus*

O nematoide do pínus foi registrado nos seguintes países:

ÁSIA: China (Xu et al., 2013), Japão (Aikawa & Kikuchi, 2007; Kobayashi et al., 1984), Coréia do Sul (Cao et al., 2005), Taiwan (EPPO/CABI, 1997; CABI, 2013a; Bonifácio et al, 2013)

ÁFRICA: Nigéria e África do Sul (CABI, 2013a)

AMÉRICA DO NORTE: nativa, presente no Canadá e USA, não confirmado no México (EPPO/CABI, 1997; CABI, 2013a; Bonifácio et al., 2013; EPPO, 2013).

AMÉRICA CENTRAL: ausente (CABI, 2013a).

AMÉRICA DO SUL: ausente (CABI, 2013a).

EUROPA: Estônia, Finlândia, França, Itália, Letônia, Lituânia, Holanda, Noruega, Eslováquia, Eslovênia, Suécia – registros de interceptação (CABI, 2013a). Introduzido em Portugal (Mota *et al.*, 1999; Ribeiro, 2012; CABI, 2013a; Xu *et al.*, 2013; Bonifácio *et al.*, 2013) e Espanha (Abelleira *et al.*, 2011; Ribeiro, 2012; CABI 2013a; Bonifácio *et al.*, 2013).

OCEANIA: Austrália (Melbourne) (Sathyapala, 2004).

- *Monochamus* spp.

As espécies que atacam coníferas, que são conhecidas como vetores de *B. xylophilus* e aquelas que têm potencial para se tornar transmissoras, encontram-se distribuídas geograficamente da seguinte forma:

*M. carolinensis* - EUA (metade oriental), Canadá (New Brunswick, Ontario, Quebec) e México (CABI, 2013c).

*M. clamator* - EUA (Minnesota) e Canadá (New Brunswick, Territórios do Noroeste, Ontario, Quebec, Saskatchewan) (CABI, 2013d).

*M. marmorator* - EUA e Canadá (grande número de estados) (CABI, 2013f).

*M. mutator* - EUA e Canadá (CABI, 2013g)

*M. notatus* - EUA e Canadá (grande número de estados) (CABI, 2013i)

*M. obtusus* - EUA (Califórnia, Idaho, Oregon, Washington) e Canadá (British Columbia) (CABI, 2013j).

*M. rubigeneus* - EUA (região sul), México, Guatemala, Honduras (EPPO/CABI, 1997).

*M. scutellatus scutellatus* e *M. scutellatus oregonensis*- EUA (incluindo o Alaska), Canadá e México (CABI, 2013m).

*M. titillator* - EUA (região central, leste e sul), Canadá (Ontario) (EPPO). Também é nativo de Cuba e há registros na Colômbia (CABI, 2013o).

*M. alternatus* - China, Japão, Taiwan, Laos, Vietnã, Coreia do Sul (CABI, 2013b).

*M. nitens* - Japão (Hokkaido, Honshu, Kyushu, Shikoku), Coreia do Norte, Coreia do Sul, Rússia (extremo oriente) (CABI, 2013h).

*M. saltuarius* - Japão (Honshu, Kyushu, Shikoku), China (Hebei, Heilongjiang, Jilin, Shandong), Coreia do Sul, Mongólia, Áustria, Croácia, República Tcheca, Alemanha, Itália, Lituânia, Polônia, Romênia, Rússia, Eslováquia, Suíça e Ucrânia (CABI, 2013k).

*M. urussovii* - China (Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Nei menggu), Japão, Finlândia, Dinamarca, Noruega, Polônia, Suécia e Rússia (incluindo a região siberiana) (CABI, 2013p; EPPO/CABI, 1997)

*M. galloprovincialis* - Praticamente em todo o continente europeu, norte da África (Argélia, Marrocos e Tunísia), Armênia, Azerbaijão, China (Jilin), Geórgia, Cazaquistão, Mongólia, Turquia (CABI, 2013e).

*M. sartor* - Europa central (leste da França a oeste da Ucrânia) (EPPO/CABI, 1997). Interceptado na Dinamarca (CABI, 2013l).

*M. sutor* - China, Geórgia, Irã, Japão, Cazaquistão, Coreia do Norte, Coreia do Sul, Mongólia e em praticamente todo o continente europeu (CABI, 2013n).

#### 4. BIOECOLOGIA

- *Bursaphelenchus xylophilus*

O nematóide *B. xylophilus* possui duas diferentes formas de desenvolvimento em seu ciclo de vida, uma dispersiva e uma reprodutiva (Borges, 2010), também chamadas de ciclo micetófago e fitófago, respectivamente. No micetófago, como o próprio nome diz, se alimenta de fungos que se desenvolvem em árvores dominadas, mortas ou recém-cortadas. Já no fitófago, se alimenta de células do xilema e do alburno, interrompendo o fluxo de seiva, causando a murcha e, conseqüentemente, morte de árvores sadias (Cheng *et al.*, 2010). A transmissão dos nematóides de um hospedeiro para outro, em ambos os ciclos, é por meio de besouros do gênero *Monochamus* (EPPO/CABI, 1997; EPPO, 2013; CABI, 2013a).

Os dois primeiros ínstares larvais são comuns às duas vias e são denominados de J<sub>1</sub> e J<sub>2</sub>. Se o desenvolvimento se dá em árvore sadia, situação propícia ao desenvolvimento do ciclo fitófago ou via reprodutiva, o nematóide prossegue seu desenvolvimento e se transforma em J<sub>3</sub> e J<sub>4</sub>, alcançando o estágio adulto e se reproduzindo (Borges, 2010).

Caso a infecção ocorra em árvore morta ou moribunda, ou em condições desfavoráveis como o período de inverno ou escassez de recurso alimentar (nesse caso, fungo), o nematóide pode optar pela via dispersiva, ou ciclo micetófago, em que os terceiro e quarto íntares juvenis são chamados de J<sub>III</sub> e J<sub>IV</sub> e são mais resistentes. Quando em J<sub>III</sub>, os nematóides percorrem a madeira à procura da câmara pupal do besouro vetor e, próximo da época de emergência do mesmo, se agrupam e passam para um quarto estágio larval, J<sub>IV</sub>, denominado "larva dauer", onde não se alimentam (Borges, 2010). O fungo, também transmitido pelo vetor e que normalmente é *Ceratocystis* spp., coloniza o exterior da câmara pupal, formando peritécios alongados para dentro da câmara e os nematóides ficam próximos a eles. Quando o besouro emerge, passa pelos peritécios rompendo-os, fazendo com que esporos e nematóides sejam carregados abaixo dos élitros, em particular na traqueia, reiniciando a dispersão (EPPO/CABI, 1997; CABI, 2013a).

O ciclo micetófago de *B. xylophilus* é considerado normal e o mais comum na América do Norte. Na Ásia, e mesmo em partes da América do Norte, o ciclo fitófago predomina e torna-se epidêmico em espécies exóticas e suscetíveis de pínus. *B. xylophilus* multiplica-se nos canais resiníferos e ataca as células epiteliais dos ponteiros jovens. Cerca de três meses depois, a árvore apresenta os primeiros sintomas de secamento e a redução da exsudação de óleo-resina (EPPO/CABI, 1997; CABI, 2013a). Os nematóides movem-se livremente através da árvore morta, que atrai besouros adultos. Neste estágio, a murcha e amarelecimento da copa se intensificam e podem ser notadas. A árvore morre cerca de 30 a 40 dias após a infecção e pode conter milhões de nematóides em seu interior (CABI, 2013a).

Outros gêneros de Cerambycidae (*Acalolepta*, *Acanthocinus*, *Amniscus*, *Arhopalus*, *Asemum*, *Corymbia*, *Neacanthocinus*, *Rhagium*, *Spondylis*, *Uraecha*, *Xylotrechus*) e de outras famílias de Coleoptera (*Hylobius*, *Chrysobothris*, *Pissodes*), também podem carregar *B. xylophilus*, mas não há evidências de que se tornem vetores do nematóide na natureza (EPPO/CABI, 1997; CABI, 2013a).

A tentativa de controle da "murcha do pínus", em Portugal, se dá através de medidas sanitárias (queima e abate) contra árvores sintomáticas ou murchas, durante o inverno e, durante o verão, os vetores são capturados com o auxílio de armadilhas com atrativos químicos, uma vez que ainda não há nenhum produto químico

registrado para o nematoide e seu vetor, para o setor florestal deste país (Sousa *et al.*, 2013).

- *Monochamus spp.*

O gênero *Monochamus* contém cerca de 150 espécies distribuídas pela América do Norte, Ásia, Europa e, principalmente, África (Naves *et al.*, 2008). Nas regiões Paleártica e Neártica podem ser pragas de coníferas, devido às condições das plantações extensivas (Cesari *et al.*, 2005). São broqueadores de madeira e se reproduzem em coníferas estressadas, enfraquecidas ou mortas recentemente (Ibeas *et al.*, 2007; Pajares *et al.*, 2010), que emitem etanol e monoterpenos, substâncias atrativas para *Monochamus spp.* (Akbulut, 2009).

As fêmeas evitam depositar seus ovos em árvores com muitas cicatrizes, principalmente se estas foram originadas por outros cerambicídeos (Anbutsu & Togashi, 1997). Desses ovos saíam larvas ápodas, alongadas e cilíndricas e que possuem fortes mandíbulas (Day, 2009; Evans *et al.*, 1996). Todos os tergitos abdominais são simples, sem espinhos ou placas esclerificadas e são em número de dez (Evans *et al.*, 1996). O primeiro ínstar larval se alimenta de floema e tecido cambial, a partir do terceiro ínstar, a larva começa a cavar o cerne onde forma galerias horizontais, em forma de S ou U. Os estádios larvais posteriores completam a galeria formando uma câmara pupal. O último ínstar larval fecha a entrada da galeria, com serragem produzida pelo próprio inseto, e inicia o estágio pupal, que dura, aproximadamente, 19 dias (Evans *et al.*, 1996).

Esse gênero é importante, pois consegue transmitir o nematóide do pínus *B. xylophilus*, às coníferas (Evans *et al.*, 1996). A transmissão do nematóide para o inseto se dá durante a fase de pupa. O nematóide, então em seu quarto estágio larval que é infectivo - também chamado de "dauer larva" (Sousa *et al.*, 2010), penetra no sistema traqueal do inseto estimulado pelo CO<sub>2</sub> (Aikawa & Togashi, 1998). Após a esclerotização do integumento o besouro começa a carregar os nematóides e, assim que emerge, começa a transmiti-lo para árvores saudáveis, através da alimentação dos adultos, chamada transmissão primária, ou às árvores recém-abatidas, também chamada de transmissão secundária, que se dá pela oviposição (Aikawa & Togashi, 1998; Cesari *et al.*, 2005; Sousa *et al.*, 2010). Um único besouro pode disseminar até 100.000 nematóides jovens, sendo a média abaixo de 10.000 (Zhang *et al.*, 1995). As espécies *M. carolinensis* e *M. alternatus* são consideradas os vetores com maior potencial de disseminação do nematóide, pois podem carregar, em média, 19.000 e 15.000 nematóides por inseto, respectivamente (Akbulut & Stamps, 2011).

A seguir serão listadas algumas características de cada uma das quatro espécies mais importantes para o setor florestal:

- *Monochamus galloprovincialis*:

Na Europa a espécie que apresenta maior risco, por ser vetor de *B. xylophilus*, é *M. galloprovincialis*. Esta espécie era considerada de hábito secundário, antes da introdução do nematoide (Naves *et al.*, 2007a; Naves *et al.*, 2008), sem importância para o setor florestal até 1999, quando foi detectada a presença do nematóide do pínus em Portugal (Naves *et al.*, 2007a). Com isso, sua importância tem aumentado e pouco se sabe sua biologia e ecologia (CABI, 2013e).

Ao emergirem na primavera, em maio, os adultos voam até árvores saudáveis para se alimentar dos ramos jovens. Após um período de maturação sexual (2-3 semanas), são atraídos para árvores debilitadas, onde acasalam e as fêmeas iniciam a postura. O período de postura acompanha o de voo, se estendendo de maio a outubro, sendo realizada da 7ª a 9ª semana de vida do inseto adulto, uma vez que essa fase pode durar de 8 a 11 semanas (Sousa *et al.*, 2011).

As fêmeas depositam seus ovos em fendas, escavadas com suas mandíbulas, nas cascas de hospedeiros, sendo *Pinus spp.*, os mais adequados (Naves *et al.*, 2008). Tanto na Itália, quanto em Portugal, esta espécie possui um ciclo anual podendo se estender para dois anos, caso aconteça um período de diapausa devido às baixas temperaturas. A diapausa também ocorre com as espécies asiáticas *M. saltuarius* e *M. alternatus*, mas não ocorre em *M. carolinensis*, espécie norte americana (Naves *et al.*, 2007b), que possui diapausa facultativa (Akbulut & Stamps, 2011).

As fendas escavadas pelas fêmeas são cônicas e são depositados até três ovos, por orifício. Durante toda a sua vida, uma fêmea pode depositar de 90 a 100 ovos. As larvas eclodem de seis a nove dias (Sousa *et al.*, 2011), e se alimentam, inicialmente, no floema até atingir o xilema, cavando uma galeria linear que termina numa câmara pupal (Naves *et al.*, 2008; Naves *et al.*, 2006a), essa galeria é escavada a partir da 8ª semana de vida da larva (final do verão/outono/ início do inverno) (Sousa *et al.*, 2011). A diapausa pode ocorrer tanto na fase adulta quanto na fase larval devido às baixas temperaturas (CABI, 2013e), mas não se sabe ao certo em que instar ela acontece, pois o número de instares larvais, para essa espécie, não é conhecido (Naves *et al.*, 2008).

A fase de pupa dura de 14 a 19 semanas, de onde os adultos emergem após seis a oito dias escavando para sair. Para *M. galloprovincialis*, a expectativa de vida da fêmea é de, aproximadamente, 84 dias e do macho é, cerca de, 74 dias (CABI, 2013e).

- *Monochamus scutellatus*:

Esta espécie é dividida em duas subespécies: *M. scutellatus* var. *scutellatus* e *M. scutellatus* var. *oregonensis* (CABI, 2013m; Evans *et al.*, 1996), sendo indefinidas as razões pelas quais foram classificadas desta forma (se há diferenças genéticas relevantes ou se, apenas, ocorrem em áreas diferentes) (Evans *et al.*, 1996).

Em *M. scutellatus*, a duração do período de postura é de 7 a 10 semanas, mas 90% dos ovos são postos da 4ª a 6ª semana. Esse período ocorre de junho até o final de julho (Rose, 1957). O macho, desta espécie, chega primeiro ao local de reprodução, onde fica esperando a fêmea para cópulas repetidas, chegando a interromper a oviposição (Peddle *et al.*, 2002). O acasalamento ocorre durante a tarde, em dias quentes e sem nuvens, e a oviposição se realiza em seguida ocorrendo em porções parcialmente sombreadas de troncos expostos diretamente à luz (Rose, 1957). Em cada orifício, feito pela fêmea, é depositado, apenas, um ovo (CABI, 2013m). O período da postura, durante a tarde, é semelhante ao de *M. notatus*, mas difere de *M. marmorator*, que oviposita durante a noite (Rose, 1957).

O estágio de ovo, para *M. scutellatus*, dura de 9 a 14 dias, sendo a média de 12 (Rose, 1957; Peddle *et al.*, 2002; Cobb *et al.*, 2010). Possui cerca de três milímetros de comprimento, é cilíndrico, alongado e levemente achatado (Peddle, 2000). Do ovo até o estágio adulto, demora, aproximadamente, 23 meses (Rose, 1957). Após a eclosão da larva, ela se alimenta do floema e, eventualmente, escava até o xilema, onde se torna pupa após um ou dois anos (Peddle *et al.*, 2002), o túnel escavado pela larva pode ser em linha reta - onde a câmara pupal se localizará do lado oposto à entrada, ou em forma de U, mais comum para esta espécie (CABI, 2013m).

O primeiro ínstar larval pode durar de duas a três semanas sendo que, até a metade de agosto, a maioria das larvas encontra-se no segundo ínstar. Em setembro, a maioria das larvas está no terceiro ínstar e até seu final, a maioria já estará no quarto ínstar, prontas para empupar (Rose, 1957). A pupa possui cerca de 2,5 cm de comprimento e é encontrada a 5 mm da casca (Peddle, 2000). Após este estágio, os adultos emergem.

O período de emergência pode durar de seis a nove semanas, sendo iniciado em maio e se estendendo até junho (Rose, 1957). Os adultos possuem de 1,9 a 2,5 cm de comprimento e 0,5 a 0,75 cm de largura. Ambos os sexos possuem coloração preta com uma pequena mancha branca no escutelo, entre os élitros, e apresentam dimorfismo sexual - as antenas do macho têm o dobro do tamanho do corpo, enquanto as das fêmeas são do mesmo tamanho (Peddle, 2000).

- *Monochamus carolinensis*:

Espécie nativa da América do Norte é considerada a principal vetora de *B. xylophilus*, nos Estados Unidos. Foi identificada como tal a partir de 1979, em Columbia, Missouri (USA), quando pinus exóticos, plantados naquela região, começaram a morrer pela doença da murcha do pinus (PWD) (Akbulut & Stamps, 2011), assim como *M. carolinensis*, *Bursaphelenchus xylophilus* também é nativo da América do Norte (Zhao *et al.*, 2007). O ciclo de vida de *M. carolinensis* é complexo e sincronizado com o do nematóide (CABI, 2013c; Akbulut & Stamps 2011), esse comportamento assegura o transporte entre as árvores hospedeiras.

O adulto de *Monochamus spp.* emerge, durante a noite, da árvore morta em que se desenvolveu (Kobayashi *et al.*, 1984). Após a emergência, os adultos procuram plantas saudáveis para se alimentar. Essa fase de alimentação, que também ajudará na maturação reprodutiva, dura cerca de 10 a 14 dias (Akbulut & Stamps, 2011). Uma vez maduros reprodutivamente, os besouros são atraídos às árvores hospedeiras (plantas estressadas ou recém-abatidas que liberam etanol e monoterpenos), onde acasalam e ovipositam durante a noite. A média de tempo de vida de uma fêmea adulta de *M. carolinensis* é de 62 dias, durante os quais ela pode ovipositar até 200 ovos (Evans *et al.*, 1996).

Durante a oviposição, a fêmea deposita o ovo abaixo da casca (CABI, 2013c; Akbulut & Stamps, 2011). O orifício de oviposição pode ser uma fenda ou um buraco, onde são depositados, na maioria das vezes, apenas um ovo, podendo ser múltiplos (Akbulut & Stamps, 2011). Os ovos demoram de 4 a 12 dias para eclodir, dependendo da temperatura (Evans *et al.*, 1996).



Após a eclosão, as larvas se alimentam da casca, do alburno ou do tecido cambial. *M. carolinensis* possui de três a oito instares larvais, antes da fase de pupa (Akbulut & Stamps, 2011; CABI, 2013c; EPPO/CABI, 1997). O período de hibernação, facultativo, é mais comum na fase larval, mas pode ocorrer durante o estágio pupal e adulto também (CABI, 2013c).

- *Monochamus alternatus*:

Assim como as demais espécies do gênero, fêmeas de *M. alternatus* abrem fendas nas cascas das árvores, onde depositam seus ovos - mas nem todas as fendas são preenchidas por algum ovo. O período de emergência dura de 1,5 a 2 meses, o adulto pode viver até um mês e meio e as fêmeas emergem depois dos machos (Togashi & Magira, 1981). Esse período começa em junho podendo se estender até início de agosto e os adultos passam por uma maturação alimentar que dura de 5 a 30 dias após a emergência, se alimentando de galhos de hospedeiros sadios (Togashi & Shigesada, 2006).

O ciclo de vida é de um ano, podendo se estender a dois caso os ovos sejam postos ao final do período de voo. Em áreas de plantação atacadas pelo nematóide do pínus (*B. xylophilus*), as fêmeas utilizam as árvores doentes como local para a oviposição e a média de ovos postos, durante um verão seco, está entre 76 e 86, e durante um verão chuvoso ou de temperatura mais amena é de 41 ovos (Togashi & Shigesada, 2006). O período de incubação dos ovos, no Japão, é de 6 a 9 dias em campo, e de 10 a 12 dias sob 20°C, de 5 a 7 dias a 25°C e 4 a 5 dias para 30°C, em laboratório (Kobayashi *et al.*, 1984).

O estágio de larva pode acontecer do início de junho e se estender até dezembro ou início do mês de janeiro do outro ano (Xiong *et al.*, 2010). *M. alternatus* possui quatro íntares larvais, sendo que, para o ciclo de vida de um ano, as larvas de 3º e 4º íntar podem hibernar, enquanto, para o ciclo de dois anos, as larvas de 1º e 2º íntar é que hibernam. Essa diapausa é induzida por baixas temperaturas, sendo interrompida em temperaturas próximas a 15°C (Togashi, 1991).

O desenvolvimento larval parece estar ligado à necessidade de baixas temperaturas, porém, em condições de laboratório sob 30°C de temperatura constante e com dieta artificial, as larvas de *M. alternatus* conseguiram completar seu desenvolvimento e produzir gerações inteiras indicando uma incerteza com relação ao papel da baixa temperatura no ciclo de vida deste inseto. Após a produção da câmara pupal, pelo último íntar larval, a larva fecha a entrada da câmara com a serragem produzida por ela e se torna pupa. Este período demora de 17 a 19 dias, sendo que o adulto demora de 6 a 8 dias para sair (Kobayashi *et al.*, 1984). Os adultos emergem no final da primavera, carregando nematóides em sua traqueia, quando infectados, reiniciando o ciclo com a alimentação e, posteriormente, oviposição (Ykeda *et al.*, 1980).

São insetos de hábito noturno, porém a alimentação ocorre durante o dia e o acasalamento e oviposição ocorrem durante a noite. Os machos podem acasalar e fertilizar as fêmeas, com sucesso, a partir do 5º dia após a emergência (Fauziah *et al.*, 1987). Esta espécie ocorre amplamente nas florestas da China, Coréias, Japão, Vietnã e Laos, mas foi apenas a partir de 1982, com a introdução do nematóide do pínus no Japão, que começou a causar sérios impactos às florestas asiáticas (Fu *et al.*, 2010).

Em geral, as espécies de *Monochamus* possuem grande similaridade em relação às suas biológicas. A maior diferença está relacionada à duração do ciclo de vida de cada espécie, que pode durar de um a três anos para espécies europeias e asiáticas ou menos de um ano, caso de *M. carolinensis* que é capaz de completar várias gerações, no período de até um ano, devido à sua diapausa facultativa e caso a temperatura ambiente seja alta o suficiente (Akbulut & Stamps, 2011).

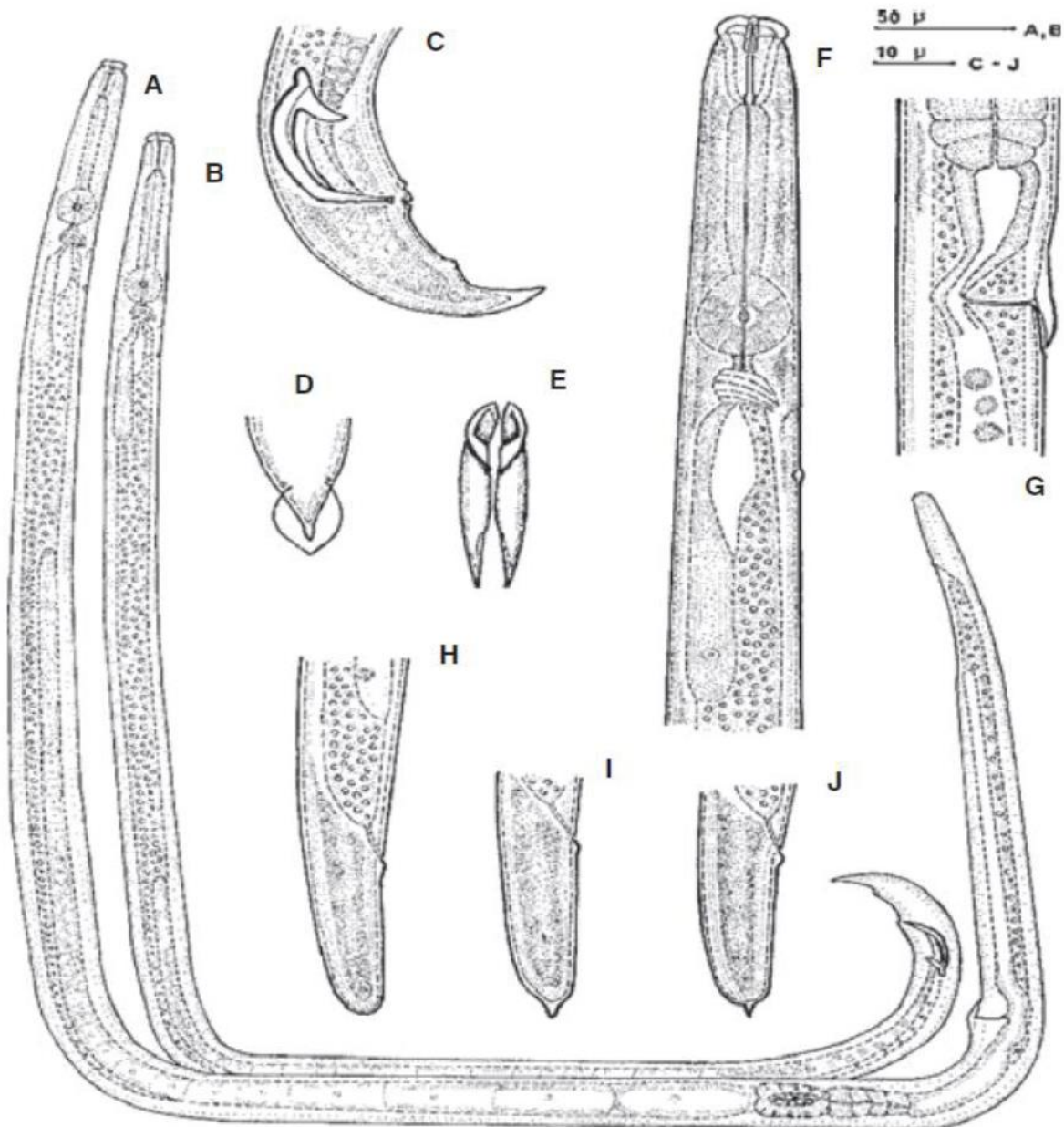
O controle de *Monochamus sp.*, com a finalidade de evitar a transmissão de *B. xylophilus*, pode se dar através da morte dos adultos, durante o período de maturação alimentar em árvores saudáveis, ou com a morte das larvas, em árvores enfraquecidas, recém abatidas ou danificadas (Maehara *et al.*, 2007). Com relação ao controle biológico, há registros de eficácia na ação entomopatogênica de *Beauveria bassiana* contra *M. galloprovincialis*, que atingiu larvas recém-eclodidas numa proporção de 11% das avaliadas por Naves *et al.* (2008), além de ser eficaz contra *M. alternatus*, em laboratório, onde as larvas foram as mais afetadas (Shimazu *et al.*, 1995), indicando que os adultos precisam de um longo período para serem mortos, possibilitando, ainda, a oviposição e alimentação e, conseqüentemente, a transmissão do nematóide (Maehara *et al.*, 2007).

Além do fungo *Beauveria bassiana*, foram citados como inimigos naturais os fungos: *Beauveria brongniartii*, *Metarhizium anisoplae* e *Paecilomyces farinosus* para *M. alternatus* (CABI, 2013b); os himenópteros: *Rhyssa persuasoria* e *R. lineolata* para *M. scutellatus* (CABI, 2013b), *Atanicolus initiator*, *Ontsira palliatus*, *Sclerodermus guani* (CABI, 2013b), e *Bracomorpha ninghais* para *M. alternatus* (Wang *et al.*, 2009), *Coeloides sodidator* e *Iphiaulax impostor* para *M. galloprovincialis* (CABI, 2013e); os nematóides: *Contortylenchus genitalicola* e *Steinernema carpocapsae* para *M. alternatus* (CABI, 2013b); os dípteros: *Eutheresia monohammi* e *E. trivittata* para *M. scutellatus* (CABI, 2013m); além de predadores, como pica-paus, que se alimentam de larvas dos últimos instares de *M. galloprovincialis* e *M. scutellatus* (CABI, 2013m).

## 5. MORFOLOGIA E ANATOMIA

- *Bursaphelenchus xylophilus*

Para uma identificação efetiva, são necessárias avaliações morfológicas de ambos os sexos (Fig. 1), através da preparação de lâminas de boa qualidade, para microscópio e este deve ser de alta potência, além de considerável experiência em taxonomia de nematoides (EPPO, 2013).



**Fig. 1-** Desenho esquemático de *Bursaphelenchus xylophilus*. (A) Fêmea. (B) Macho. (C) Cauda do macho. (D) Vista ventral da cauda, ponta com presença de bursa. (E) Vista ventral das espículas. (F) Porção anterior da fêmea. (G) Vulva. (H-J) Cauda da fêmea. **Fonte:** Mamiya & Kiyohara (1972).

Segundo NICKLE *et al.* (1981) os dados morfométricos de *B. xylophilus* são descritos abaixo:

Fêmeas - lectotipos (n = 5): L = 0,52 (0,45-0,61) mm; a = 42,6 (37-48); b=9,6 (8,3-10,5); c = 27,2 (23-31); V = 74,7 (73-78) %; estilete = 12,8 (12,6-13,0) μm.

Machos - lectotipos (n = 5): L = 0,56 (0,52-0,6) mm; a = 40,8 (35-45); b = 9,4 (8,4-10,5); c = 24,4 (21-29); estilete = 13,3 (12,6-13,8) μm; espícula = 21,2 (18,8-23,0) μm.

Por outro lado, MAMIYA & KIYOHARA (1972) encontraram os seguintes dados morfométricos:

Fêmeas (n = 40): L = 0,81 (0,71-1,01) mm; a = 40 (33-46); b = 10,3 (9,4-12,8); c = 26 (23-32); V = 72,7 (67-78) %; estilete = 15,9 (14-18)  $\mu$ m.

Machos (n = 30): L = 0,73 (0,59-0,82) mm; a = 42,3 (36-47); b = 9,4 (7,6-11,3); c = 26,4 (21-31); estilete = 14,9 (14-17)  $\mu$ m; espícula = 27,0 (25-30)  $\mu$ m.

Sendo L= comprimento, a= comprimento do corpo dividido pela maior largura, que normalmente é o meio do corpo, b= comprimento do corpo dividido pelo comprimento da faringe, medida dos lábios à válvula faringo-intestinal, c= comprimento do corpo dividido pelo comprimento da cauda.

#### Morfologia:

Dentro do gênero *Bursaphelenchus*, vários grupos de espécies podem ser facilmente distinguidas. O grupo "xylophilus" possui como características a presença de quatro linhas laterais, de uma aba vulval (fêmeas) (Fig. 2) e machos com grandes espículas fortemente arqueadas. *B. xylophilus* mostra características gerais do gênero *Bursaphelenchus*: nematoides finos, pequenos a longos, com região cefálica alongada, delimitada por uma constrição, com seis lábios e estilete bem desenvolvido, geralmente com pequenos espessamentos basais. Metacorpo bem desenvolvido (EPPO, 2013).



Fig. 2 – Aba vulval da fêmea de *B. xylophilus*. Fonte: Forestry images.

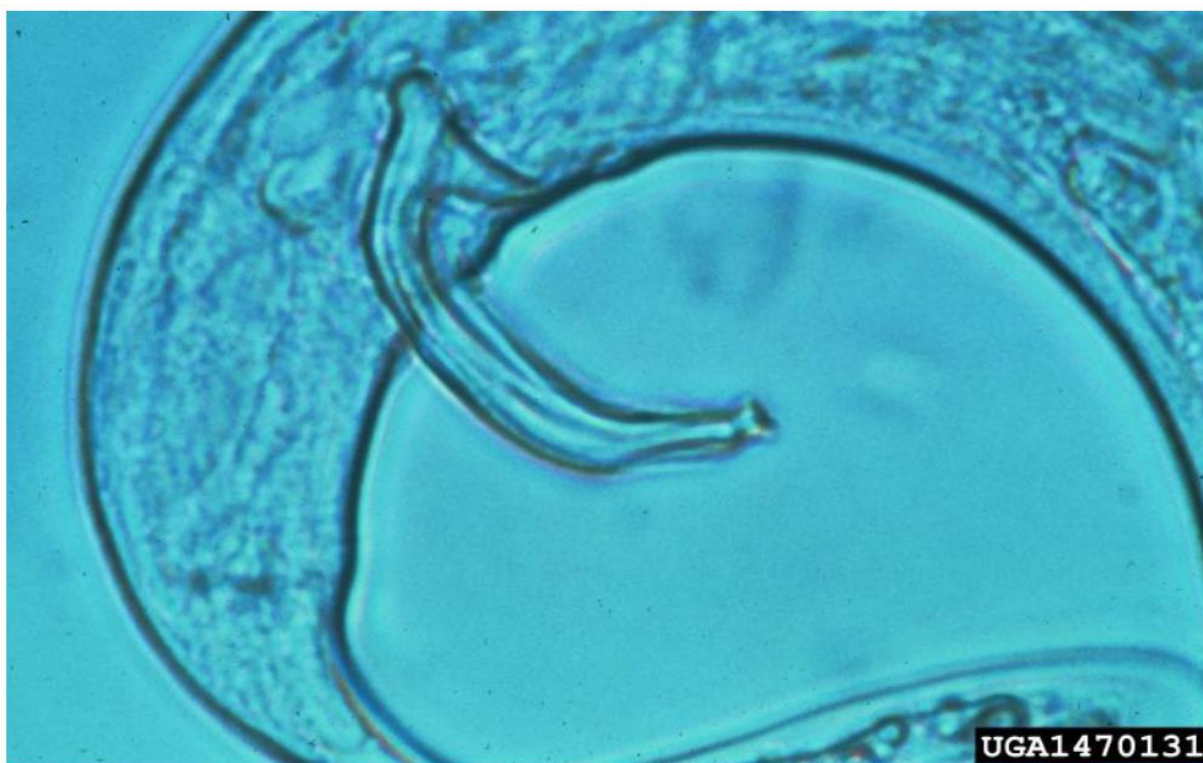


Fig. 3- Espícula do macho de *B. xylophilus*. Fonte: Forestry images.

Fêmea: Glândula esofagiana com lobo delgado, medindo cerca de 3 a 4 vezes a largura do corpo. Poro excretor ao nível da junção esôfago-intestino, ocasionalmente no mesmo nível do anel nervoso. Hemizonídio com cerca de 0,67 da largura do corpo, atrás do bulbo mediano. Vulva posterior, localizada no último quarto corporal, com lábio anterior pendurado formando uma aba (aba vulval). Trato genital monoprodélfico, alongado. Oócitos desenvolvidos em fila simples, ou única, em sua maioria. Saco pós-uterino bem desenvolvido. Cauda sub-cilindróide com uma ponta bem arredondada (Fig. 4). Mucro normalmente ausente, mas algumas populações podem ter um mucro bem curto, medindo 1 a 2  $\mu\text{m}$  (CABI, 2013a).

Macho: similar à fêmea nos aspectos gerais. Espículas grandes, fortemente arcadas (Fig. 3) de modo que a barra transversal proeminente fique quase paralela ao corpo, quando as espículas são retraídas. O ápice é arredondado, sem corte, com rostro proeminente e agudo. A ponta distal de cada espícula é expandida com um disco denominado de "cuculus". A cauda é arcada com uma ponta originando uma pequena bursa ou aba caudal (Fig. 5). Sete papilas caudais estão presentes; um par adanal, uma papila pré-anal ventral-mediana e dois pares pós-anais próximos à cauda, logo antes do início da bursa (CABI, 2013a).

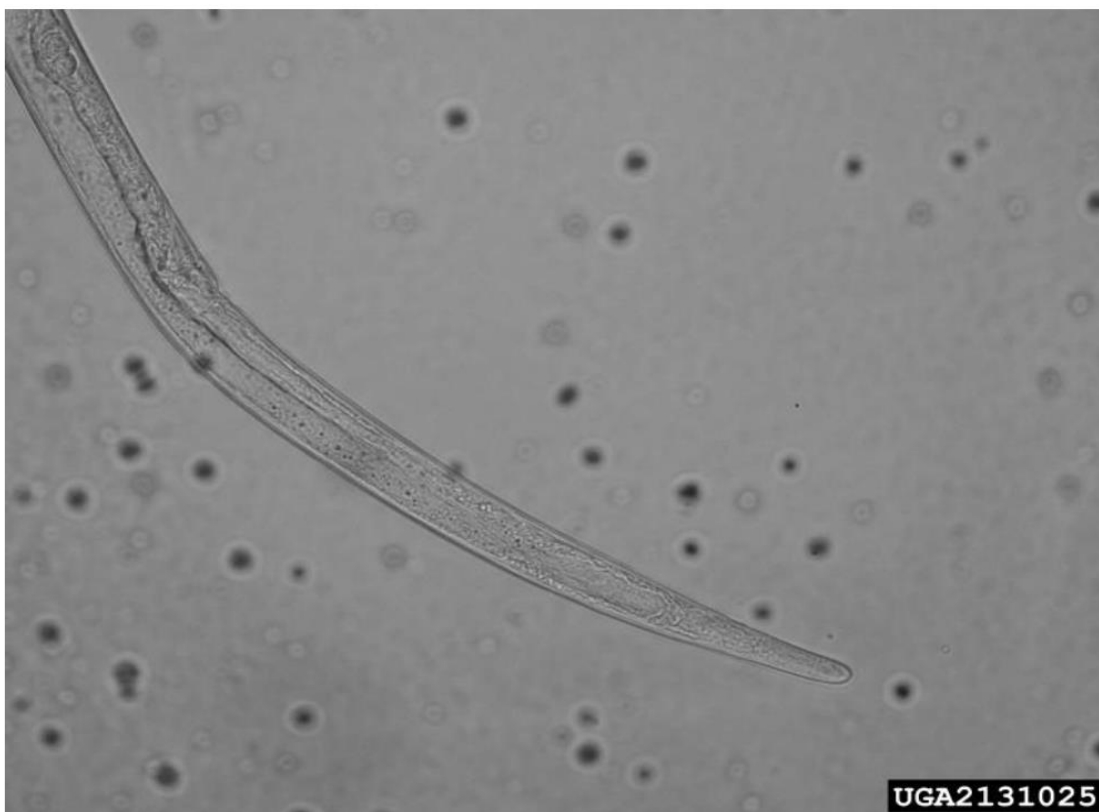


Fig. 4- Cauda sub-cilindróide da fêmea de *B. xylophilus*. Fonte: Forestry images.

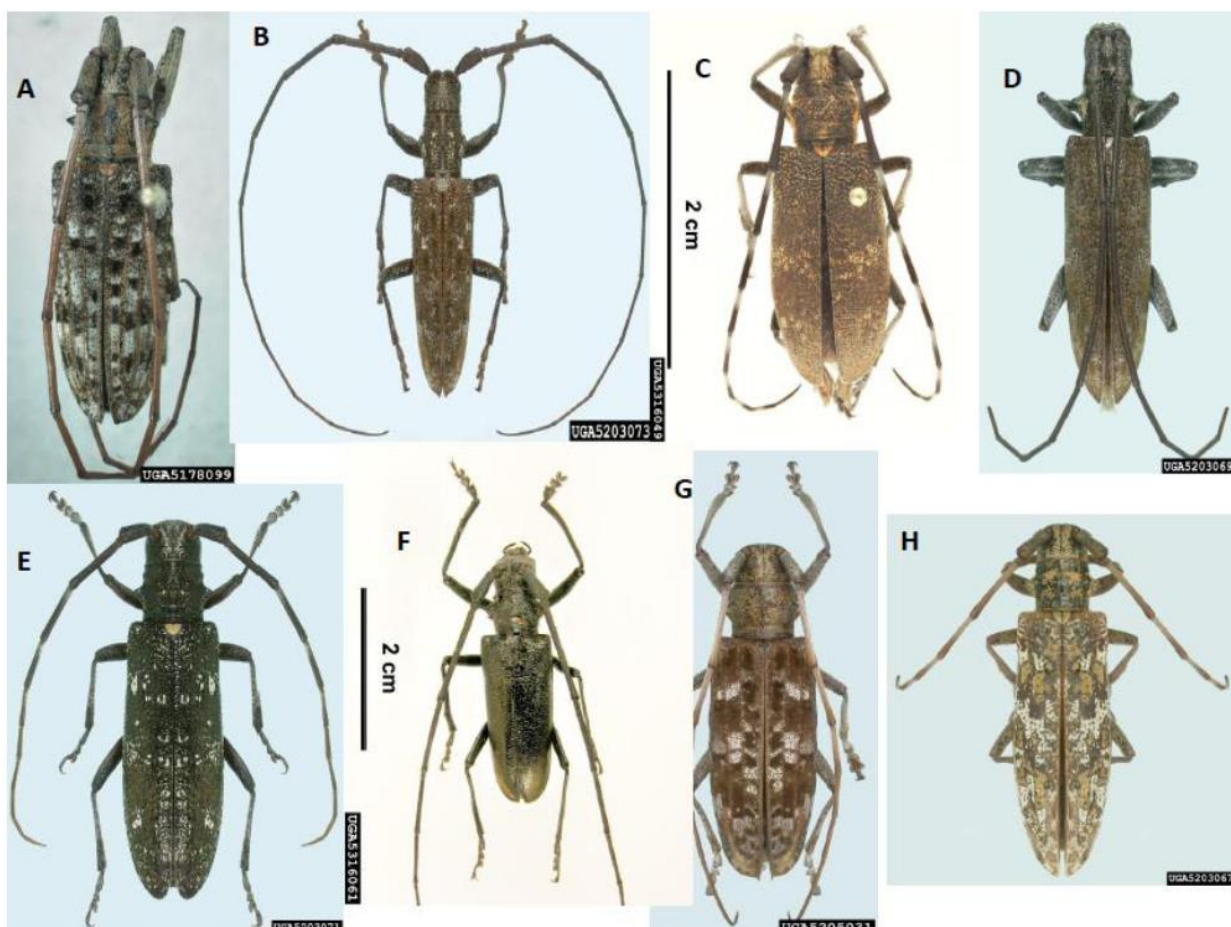


Fig. 5- Cauda do macho de *B. xylophilus*. Fonte: Forestry images.

- *Monochamus* sp.

Morfologia:

Em geral, exemplares do gênero *Monochamus* tem entre 15 e 30 mm de comprimento, antenas inseridas nos tubérculos frontais separadas por um sulco. São filiformes, mais longas que o corpo nos machos, e do mesmo tamanho ou pouca coisa maior que o corpo das fêmeas. O pronoto é levemente convexo, com uma margem ampla e outra marcada por um sulco, há duas grandes protuberâncias cônicas, uma de cada lado, na região submediana lateral. As coxas anteriores possuem cavidades com aberturas posteriores. Protuberâncias do esterno arredondadas, menores que as coxas, processo mesoesternal estreito. Élitros mais largos que a base do pronoto, com ápices truncados. Pernas finas e alongadas, principalmente nos machos, em que a tibia anterior é arqueada e os tarsos são bordados por pelos (Evans *et al.*, 1996). Os adultos são cilíndricos e possuem coloração que varia do castanho ao preto (Fig. 6) (Day, 2009).



**Fig. 6-** Morfologia de *Monochamus* sp. (A) *M. alternatus*. (B) *M. carolinensis*. (C) *M. galloprovincialis*. (D) *M. mutator*. (E) *M. scutellatus*. (F) *M. urossoovii*. (G) *M. titillator*. (H) *M. marmorator*. **Fonte:** Forestry images.

## 6. SINTOMAS E DANOS

- *Bursaphelenchus xylophilus*

O nematoide se espalha pelos canais resiníferos da árvore, causando danos que levam à interrupção da circulação de resina e impedimento da transpiração. A destruição das células dos canais resiníferos faz com que a resina se acumule nos traqueóides, interrompendo a circulação de água e resina (Borges, 2010; Sousa *et al.*, 2013), que

se evidencia pela diminuição da transpiração das folhas (CABI, 2013a). Esses acontecimentos sequenciais podem provocar a morte da planta uma vez que, durante o verão, problemas vasculares podem se intensificar devido à alta temperatura (Wang *et al.*, 2011).

Os primeiros sintomas visíveis são o amarelecimento e a murcha das acículas. Isso pode acontecer em um único ramo ("Flag" = Bandeira), localizado no terço inferior ou no meio da copa, se alastrando, posteriormente, por toda a árvore levando ao declínio e morte (Fig. 7) (Borges, 2010; CABI, 2013a). Outros sintomas são: evidência de ataque do inseto vetor (presença de larva Lamiinae, característica de *Monochamus*, ou de sua galeria oval logo abaixo da casca, ou, ainda, orifícios redondos, indicando a saída de adultos), presença de manchas azuladas de fungo, e a falta de exsudação de resina nos ferimentos (EPPO, 2009). Como estes sintomas não são exclusivos de ataques de *B. xylophilus*, análises laboratoriais são a única forma segura de confirmar a causa da morte das árvores (Borges, 2010).

Na China, até 2007, a transmissão de *B. xylophilus* por *M. alternatus* foi responsável pela morte de 6,7 milhões de árvores de *P. massoniana* (Li *et al.*, 2007). No Japão, a PWD chegou a um alcance máximo de 2.430.000 m<sup>3</sup>, em 1979 e, entre 2000-2005, sofreu uma diminuição na sua área de ocorrência, porém é a doença mais devastadora de coníferas no leste da Ásia (Togashi & Shigesada, 2006). Assim como seus vetores, *B. xylophilus* tem seu desenvolvimento influenciado pela temperatura, que quanto maior, junto com um alto déficit hídrico, mais favorece a intensidade e a disseminação da doença, aumentando os danos (España, 2008)

- *Monochamus* sp.

Os danos causados pelas espécies de *Monochamus*, se dão pela degradação da madeira (Pajares *et al.*, 2010), causada pelas larvas desta espécie que formam túneis no xilema, reduzindo o valor de coníferas utilizadas na produção de madeira e celulose (Togashi *et al.*, 2005; Togashi *et al.*, 2008; Day, 2009). Além dos danos físicos, por ser broca de madeira, o maior dano causado por espécies do gênero *Monochamus* está relacionado à transmissão do nematóide *B. xylophilus* a pínus (Allison *et al.*, 2003; Cesari *et al.*, 2004). As espécies de *Monochamus* podem transmitir, também, fungos patogênicos de madeira morta, como *Ophiostoma* sp. e *Trichoderma* spp., através do contato com madeiras contaminadas (López & Oliveira, 2003).





Fig. 7- Danos causados em *P. nigra*. Fonte: Forestry images.

## 7. IMPACTOS

- *Bursaphelenchus xylophilus*

A Doença da Murcha do Pínus, causada pelo nematoide *B. xylophilus*, originária da América do Norte, é responsável por uma grande diminuição das exportações das indústrias florestais dos Estados Unidos (Miller & Asaro, 2005).

Foi notificada, pela primeira vez, no Japão na região de Nagasaki, em 1913, porém, seu agente etiológico só foi identificado como sendo o nematóide *B. xylophilus* em 1972 (Kobayashi *et al.*, 1984; EPPO/CABI, 1997; CABI, 2013a). Os sintomas foram, primeiramente, atribuídos a insetos broqueadores, que são encontrados

abundantemente nas árvores infectadas, mas descobriu-se que os sintomas se desenvolviam antes do aparecimento dos insetos (EPPO/CABI, 1997; CABI, 2013a). A infestação começou pelo norte, espalhando-se rapidamente por todo o país. Mais de um milhão de m<sup>3</sup> de madeira foram perdidos, por ano, até o final da década de 1940, havendo uma redução nas perdas, até a década de 1970 quando, pela falta de mão de obra para o setor florestal e a substituição da madeira por óleo (como fonte de energia industrial), as árvores passaram a ser reservatórios permanentes dos nematoides e levaram ao aumento nas perdas que atingem perto de dois milhões de metros cúbicos (EPPO/CABI, 1997).

Na Coreia, o primeiro registro de ocorrência de *B. xylophilus* foi em 1988, na cidade de Busan, se espalhando ao sul. A ameaça tem sido crescente, desde então, pois as espécies predominantes nas florestas coreanas (*Pinus densiflora* e *P. thunbergii*) são extremamente susceptíveis ao desenvolvimento do nematoide (Choi *et al.*, 2007).

Em Portugal a introdução foi detectada em 1999, em *Pinus pinaster* (Mota *et al.*, 1999). Segundo o Inventário Florestal realizado pelo Ministério da Agricultura deste país em 2005/2006, esta espécie de pínus corresponde a 22,65% das áreas de floresta, assumindo elevado valor econômico, sendo a principal fonte de resina e madeira tanto para consumo interno, quanto para exportação. Devido à ausência de medidas fitossanitárias efetivas contra o nematoide, o mesmo se espalhou pelo país trazendo perdas substanciais em produção de madeira e em exportação, através de restrições (Reva *et al.*, 2012).

- *Monochamus*

*Monochamus alternatus* é um importante broqueador de pínus na província de Jiangxi, na China onde seus danos podem atingir, as vezes, entre 60-90% das plantas de uma área (Peng *et al.*, 2010). *Monochamus galloprovincialis* também causa perdas econômicas, embora não significativas, para a indústria madeireira uma vez que as larvas formam orifícios e câmaras pupais, na madeira, levando ao aproveitamento, apenas, para lenha (CABI, 2013e). Estima-se que as perdas ocasionadas por *Monochamus spp.* podem chegar a 30% da produção de *Pinus contorta* (Costello *et al.*, 2011).

Na China, até 2007, a transmissão de *B. xylophilus* por *M. alternatus* foi responsável pela morte de 6,7 milhões de árvores de *P. massoniana* (Li *et al.*, 2009). No Japão, a PWN provocou perdas de até 2.430.000 m<sup>3</sup>, em 1979, e ocorrendo uma diminuição na sua área de ocorrência, entre 2000-2005, porém é a doença mais devastadora de coníferas no leste da Ásia (Togashi & Shigesada, 2006).

## 8. RISCO FITOSSANITÁRIO

- *Bursaphelenchus xylophilus*

O nematóide e seus vetores são considerados pragas quarentenárias A1, de acordo com o Anexo I da Instrução Normativa nº 52 (Brasil, 2007), constando também na lista de pragas quarentenárias do COSAVE. Devido à dificuldade de identificação morfológica e à transmissão pelos mesmos vetores, em alguns países *B. mucronatus* também é considerado quarentenário.

A madeira infestada é o meio mais provável de transporte internacional da praga. Nematóides foram interceptados em vários países em madeira serrada, troncos e em cavacos procedentes do Canadá e dos EUA (CABI, 2013a). A entrada de madeira infestada em algum país por si só não seria problema, desde que não ocorram vetores (nativos ou introduzidos). O meio mais rápido de disseminação da doença é quando ocorre a importação de nematóide e besouro vetor, juntos. Peças maiores de madeira favorecem a sobrevivência dos insetos no seu interior e, desse modo, representam maior risco que as peças menores ou os cavacos (CABI, 2013a). No Brasil, o nematóide e seus vetores devem ser considerados de alto risco devido às espécies *P. elliotii* var. *elliotii*, *P. taeda*, *P. oocarpa* e *P. caribaea* serem hospedeiras potenciais e importantes para a silvicultura do pínus.

- *Monochamus* sp.

O gênero *Monochamus* está distribuído em áreas tropicais e subtropicais, sendo a maioria encontrada na região etiópica (59,3%), seguida pela oriental (26%), neártica (8%) e paleártica (6,7%) (López & Oliveira, 2003). Essa larga distribuição e a grande similaridade na biologia, das mais variadas espécies deste gênero, indicam uma notável capacidade de transportar *B. xylophilus*, caso este seja introduzido acidentalmente em seus habitats (Akbulut & Stamps, 2011).

A princípio, a região de ocorrência das espécies de importância florestal se resume às áreas de clima temperado, o que controla, em partes, sua reprodução. Como enunciado por Gallo *et al.* (2002), a temperatura tem efeitos diretos e indiretos sob os insetos, afeta-os de maneira direta quando interfere em seu desenvolvimento e comportamento e de maneira indireta quando atua sob a alimentação.

A atuação da temperatura em *Monochamus* sp. é direta, visto que a duração seu ciclo de vida é dependente deste fator (Evans *et al.*, 1996). Diante de temperaturas mais elevadas, *M. carolinensis* poderia aumentar o número de gerações, dado sua diapausa facultativa. Para insetos de diapausa obrigatória, caso das espécies européias e asiáticas, temperaturas mais elevadas poderiam adiantar o período de emergência dos adultos e prolongar sua atividade, levando a danos ainda maiores e ao aumento da transmissão do nematóide do pínus (Akbulut & Stamps, 2011). Essa situação poderia acontecer no Brasil, por exemplo, visto que as médias anuais encontram-se entre 19°C e 35°C (INMET), e, segundo Gallo *et al.* (2002), está entre 15°C e 38°C a faixa ótima de desenvolvimento e atividade dos insetos. Como não há temperaturas negativas suficientes para conter o desenvolvimento e induzir uma diapausa prolongada, esta praga poderia ter seu ciclo de vida acelerado.

Outro agravante é a situação dos plantios de pínus na região, uma vez que essas áreas são extensas e contínuas, além de, em muitos locais, serem monoespecíficas e oferecerem pouca ou nenhuma variedade de inimigos naturais, pela falta de abrigo e/ou alimento para estes (Iede, 2005).

A concentração das áreas de plantio na região do COSAVE, principalmente na região sul e sudeste do Brasil, Norte da Argentina, Sul do Chile e no Uruguai, favoreceria, também, a migração destes insetos. A migração é a forma natural de disseminação de *Monochamus* sp., ocorrendo, geralmente, em distâncias menores de 5 km dentro dos talhões florestais, mas há evidências de migração entre talhões diferentes, indicando

que este fenômeno pode ocorrer à grandes distâncias, para insetos adultos (Evans *et al.*, 1996).

*Monochamus clamator* é um besouro que voa à grandes distâncias (100 km, a partir de um ponto de introdução), e isto pode ser extrapolado para as demais espécies do gênero visto que há grandes semelhanças biológicas entre elas (CABI, 2013d). Entretanto observações de campo feitas por Togashi (1990) (apud Akbulut & Stamps, 2011) revelaram uma distância média de voo, para *M. alternatus*, de 10 a 20 m por semana, sendo a distância de dispersão (total) de 50 a 260 m, considerando-se a vida útil do inseto de sete semanas.

Insetos deste gênero têm sido encontrados em paletes e materiais de estiva, em navios japoneses ancorados nos portos da Baía de São Francisco (San Francisco Bay-USA), também foram encontrados em embalagens de algumas commodities, como granito e mármore, oriundos da China, Espanha e Itália. Também foram registrados na Nova Zelândia e Inglaterra (Dwinell, 1997). Segundo Evans *et al.* (1996), insetos deste gênero foram encontrados regularmente, nos territórios de países da União Européia, em madeiras importadas da América do Norte e de países vizinhos.

Suspeita-se que embalagens ou materiais feitos de madeira maciça, com ou sem casca, possam transportar *M. alternatus*, bem como as demais espécies. Esse tipo de material pode transportar ovos, larvas, pupas e adultos. Estes insetos aguentam ser transportados, em madeira, por grandes distâncias (CABI, 2013b).

No Brasil, o setor florestal é responsável por 3% do PIB nacional (Dossa, 2005), cerca de 72 bilhões de dólares ao ano, e contribui gerando, formalmente, 615,9 mil empregos (SFB, 2010). Com a introdução do vetor do nematóide, esta produção cairia, principalmente pelos bloqueios fitossanitários impostos por países onde a doença não ocorre, acarretando em perdas econômicas estratosféricas, além de importantes danos sociais (pela redução de empregos no setor) e ambientais (pois o gênero *Monochamus* ataca coníferas, podendo atacar a nativa *Araucaria angustifolia*, o que também traria aumento no impacto econômico visto que esta espécie também é explorada pelo setor florestal).

