

# EFEECTO DEL ATAQUE DE *Leptocybe invasa* EN PLANTACIONES DE EUCALIPTO DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE PULPA DE CELULOSA KRAFT

## EFFECT OF *Leptocybe invasa* ATTACK IN WOOD PROPERTIES OF EUCALYPTUS FOR KRAFT PULP PRODUCTION

*Gabrielly dos Santos Bobadilha*<sup>1</sup>, *Graziela Baptista Vidaurre*<sup>2</sup>, *Ana Paula Câmara*<sup>2,\*</sup>, *Marina Valin*<sup>3</sup>, *José Tarcísio da Silva Oliveira*<sup>2</sup>, *Everton Pires Soliman*<sup>3</sup>, *Yonny Martínez Lopez*<sup>2</sup>

### RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del ataque de *Leptocybe invasa* en las propiedades dendrométricas de la madera de dos clones de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* y *Eucalyptus tereticornis*), cultivados en los municipios de Imperatriz (Estado do Maranhão) y Darcinópolis (Estado de Tocantins), Brasil, destinados a la producción de pulpa kraft. Se analizaron 10 árboles de 3 años de edad atacados por *Leptocybe invasa*, para cada clon. El diagnóstico fue basado en la formación de grandes agallas en la copa, y con orificio de emergencia (cerrando el ciclo). Los resultados fueron constatados por la variación de las características de las especies evaluadas con relación a su altura total, diámetro, volumen de corteza, frecuencia de vasos, longitud de fibras, perfil radial de densidad y contenido de cenizas. Los árboles hospederos presentaron alteraciones en las variables dendrométricas, contenido de pentosanos y cenizas en la madera para ambos materiales genéticos, no siendo observadas variaciones en la densidad básica, dimensión de vasos y fibras, así como en los contenidos de lignina y extractivos de la madera.

**Palabras clave:** Avispa de agallas, calidad de la madera, estrés biótico, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus urophylla*.

### ABSTRACT

The aim of the research was to evaluate the effect of the attack *Leptocybe invasa* in dendrometric variables and wood properties of two clones of eucalyptus (*Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus tereticornis*), grown in the municipalities of Imperatriz (state of Maranhão) and Darcinópolis (state of Tocantins), Brazil, for Kraft pulping. Data were collected 10 trees for each clone, the 3-year-old attacked by *L. invasa*. The diagnosed was based on formation of large galls all over the glass, and emergency hole (closing the loop). The results were confirmed by the variation of the characteristics of species assessed relative to their total height, diameter, volume of bark, vessel frequency, fiber size, radial density profile vessel frequency, fiber size, radial density profile, and ash content. Host trees obtained alterations in dendrometric variables, content of pentosans and wood ashes for both genetic materials, not being observed variations in specific gravity, and size of vessels and fibers, as well as the contents of lignin and wood extractives.

<sup>1</sup>Departamento de Sustentable Bioproducts, Mississippi State University, Mississippi, Estados Unidos

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Forestales y Madera, Universidad Federal del Espíritu Santo, Jerônimo Monteiro (ES), Brazil.

<sup>3</sup>Companhia Suzano Papel & Celulose, São Paulo, Brazil.

\*Corresponding author: apcamara01@gmail.com

Received: 27.09.2016 Accepted: 27.11.2017

**Keywords:** Biotic stress, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus urophylla*, gall wasp, woody quality.

## INTRODUCCIÓN

La avispa de agallas, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae), originaria de Australia, fue encontrada atacando plantaciones de *Eucalyptus* spp. por primera vez en el Oriente Medio y, en la región del Mediterráneo, se reportan apariciones en el 2000 (Mendel *et al.* 2004, Santos 2009, Dittrich-Schröder *et al.* 2014). La facilidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas ha favorecido su dispersión por varios estados de Brasil (Garlet *et al.* 2013).

El insecto provoca agallas en híbridos y especies comerciales de eucalipto, preferentemente *Eucalyptus camaldulensis* (Dittrich-Schröder *et al.* 2014), aunque además se han encontrado ataques en las especies de *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. pellita*, *E. urophylla*, *E. globulus*, *E. pulverulenta*, *E. robusta*, *E. rudis*, *E. viminalis*, *E. grandis*, *E. botryoides*, *E. bridgesiana*, *E. cinerea*, *E. dunni* y *E. nicholli* (Mendel *et al.* 2004).

En Brasil, los primeros brotes de este insecto fueron detectados en plantas híbridas clonadas de *E. camaldulensis* x *E. grandis*, desde temprana edad en viveros hasta en árboles adultos, en el nordeste de Bahía (Wilcken y Berti-Filho 2008). Posteriormente se han reportado hallazgos de ataque de la avispa en los estados de Maranhão, Tocantins, São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul y Goiás (Magistrali *et al.* 2010, Furtado y Wilcken 2012, Queiroz *et al.* 2012, Garlet *et al.* 2013, Poretz *et al.* 2015). En el año 2012 se encontraron más de 200 hectáreas de plantaciones de árboles jóvenes de *Eucalyptus urophylla* y *Eucalyptus tereticornis* atacados por esta avispa en el estado de Maranhão, Brasil.

A pesar de la rápida dispersión de este insecto en áreas cultivadas por eucalipto, existen escasas investigaciones científicas que relatan el efecto de la plaga en el crecimiento y, principalmente, en las propiedades de la madera de árboles hospederos.

Teniendo en consideración los aspectos citados anteriormente, el presente trabajo se plantea como objetivo evaluar el efecto del ataque de *L. invasa* en las variables dendrométricas y propiedades de la madera de dos clones de eucalipto, destinados para el pulpado Kraft, cultivados en los municipios de Imperatriz (estado do Maranhão, Brasil) y Darcinópolis (estado do Tocantins, Brasil).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del material y del área de plantío: Árboles de eucalipto cultivados en espaciamiento de 3 x 3 m, atacados por *Leptocybe invasa* fueron recolectados (talados) a la edad de 3 años en los siguientes municipios:

- Imperatriz (estado do Maranhão, Brasil - MA): 05°15'23,2" Sur y 47°34'41,6" Oeste, a 173 m de altitud, con temperatura máxima media anual de 31,33 °C y mínima 22,33 °C, con precipitación media anual de 1660 mm.

- Darcinópolis (estado do Tocantins, Brasil - TO): 06°40'46,4" Sul y 47°51'41,3" Oeste, con 464 m de altitud, con temperatura máxima media anual de 31,08 °C y mínima 22,17 °C, con precipitación media anual de 1500 mm.

Muestreo de los árboles: fueron recolectados 10 árboles de *E. urophylla* var *platyphylla* y *E. tereticornis* atacados por *Leptocybe invasa* en dos localidades, totalizando 40 árboles. El diámetro a la altura de pecho medio (DAP) fue determinado, en cada localidad, mediante la medición aleatoria de

300 árboles.

Los árboles hospederos presentaron formaciones de agallas por toda la copa, en tamaño grande y con orificio de emergencia, lo cual cierra el ciclo de la plaga, clasificada con nivel 5 de severidad de ataque, conforme clasificación descrita por Thu *et al.* (2009). No fue posible muestrear árboles no atacados por *L. invasa*, ya que ambas plantaciones se encontraban en su totalidad afectadas.

La altura total del árbol, así como su altura comercial (altura desde la base hasta los 6 cm de diámetro) fueron determinadas después del volteo de los árboles. Posteriormente se cortaron rodelas a lo largo del tronco; En la zona basal, a 25%, DAP, 50%, 75% y 100% respecto de la base a la altura comercial. El material restante (entre rodelas) fue transformado en trozas de 1 m de longitud, astillados, clasificados y homogenizados para los análisis químicos y pulpado Kraft.

Volumen de madera y corteza: Para estimar el volumen de madera y corteza en cada árbol fue utilizado el método de Smalian (Scolforo y Figueiredo Filho 1993), para lo cual se retiraron dos rodelas a lo largo del tronco y posteriormente medidos sus diámetros con y sin corteza.

Caracterización de vasos y fibras de madera: Muestras de madera retiradas desde las rodelas correspondientes a la altura de DAP, fueron cortadas histológicamente para la medición de diámetro y frecuencia de vasos. Adicionalmente, después de la disociación de los elementos celulares, fibras de madera fueron medidas según el criterio de la Comisión Pan-Americana de Normas Técnicas – COPANT (1974).

Densidad básica media ponderada: fue determinada por el método de inmersión en agua, determinando las medias para cada disco (NBR 119421-02: ABNT, 2003). Con los valores de densidad media de las posiciones longitudinales y el volumen, se calculó la densidad básica media ponderada para cada árbol.

Perfil radial de densidad aparente: fue determinada por el método de densitometría de rayos X. A partir de muestras del DAP se realizaron las lecturas direccionadas de rayo X con intervalos de 40  $\mu\text{m}$  en el equipo QTRS-01X utilizando el software QMS (Quintek Measurement Systems). Para cada condición evaluada fueron obtenidos cinco gráficos seleccionados de acuerdo a criterios que visiblemente expresaron mayor representatividad.

Análisis químico de la madera: las trozas obtenidas fueron trituradas hasta obtener aserrín, clasificado por tamices de 40 y 60 *mesh*. Los análisis realizados fueron: extractivos en acetona (T204-TAPPI, 1998), lignina insoluble acorde al método Klason modificado según el procedimiento propuesto por Gomide y Demuner (1986), derivado de la norma T 222 TAPPI 1998, lignina soluble (Goldschimid 1971), lignina total (lignina insoluble + lignina soluble), contenido de pentosanos ( T223- TAPPI, 1998) y el contenido de cenizas (NBR 8112 ABNT, 1986).

Pulpado Kraft: Las simulaciones de pulpado fueron realizadas en un digestor TSI, con calefacción indirecta y circulación forzada de licor. Las variables operacionales del pulpado fueron mantenidas constantes, sólo con la variación de la carga alcalina para obtener pulpa no blanqueada con número kappa 18. Se realizaron cuatro pulpados con cargas alcalinas distintas y se ajustaron curvas de correlaciones tanto para el rendimiento como el rechazo, con el fin de interpolar resultados comparables a un número kappa fijo de 18. El consumo específico fue determinado utilizando informaciones de la densidad básica y de rendimiento clasificado del pulpado.

Diseño experimental: los datos fueron analizados mediante un diseño aleatorizado en un esquema factorial 2x2, siendo los factores: las dos áreas de ataque (Imperatriz y Darcinópolis) y los clones *Eucalyptus urophylla* var *platyphylla* y *Eucalyptus tereticornis*, con 10 repeticiones (árboles) para cada variable respuesta. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza por el test F, para un nivel de significancia de 5% de probabilidad, por el mismo test, con excepción de los parámetros de cocimiento que fueron evaluados descriptivamente. Para comparar la precisión del experimento se utilizó el coeficiente de variación experimental ( $CV_{\text{experimental}}$ ), definido como la estimativa del error experimental según el porcentaje de la media (Steel y Torrie 1980).

Cuando el  $CV_{\text{experimental}}$  es inferior a 10% se considera que el experimento tiene alta precisión, de 10% a 20% buena precisión, de 20% a 30% son considerado de baja precisión y encima de 30% indica

una precisión muy baja (Gomes 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de los resultados revela que la interacción entre los factores; localidad y clones tiene un efecto significativo sobre la altura total, DAP y para el volumen de corteza. En Imperatriz los árboles de ambos clones presentaron mayor crecimiento en altura que los crecidos en Darcinópolis. Los árboles de *E. urophylla* oriundas de Darcinópolis presentaron mayores valores en altura comparado con los árboles de *E. tereticornis* en este mismo sitio.

Para los valores de DAP y volumen de corteza, los mayores valores fueron encontrados para árboles del clon de *E. tereticornis* cultivados en Imperatriz. El estudio del factor clon demostró que los árboles de *E. urophylla* tienen mayor volumen de madera en relación a los árboles de *E. tereticornis* (Tabla 1).

**Tabla 1.** Variables dendrométricas de clones de eucalipto a los tres años de edad atacados por *Leptocybe invasa* en dos localidades.

Variable	Localidad	Clon		F
		<i>E. urophylla</i>	<i>E. tereticornis</i>	
Altura total (m)	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	14,27 Aa	14,24 Aa	7,68
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	12,38 Ba	10,46 Bb	
Media		13,32	12,35	
	Cv <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>	8,39%		
DAP (cm) <sup>4</sup>	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	8,89 Aa	9,27 Aa	5,72
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	8,90 Aa	7,21 Bb	
Media		8,9	8,24	
	CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>	16,01%		
Volumen de madera (m <sup>3</sup> )	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	0,043	0,039	1,91
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	0,035	0,018	
Media		0,039 a	0,029 b	
	CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>	43,68%		
Volumen de corteza (m <sup>3</sup> )	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	0,0017 Ab	0,0067 Aa	16,67
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	0,0024 Aa	0,0032 Ba	
Media		0,0021	0,005	
	CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>	47,02%		

<sup>1</sup> Estado de Maranhão, Brasil. <sup>2</sup> Estado de Tocantins, Brasil. <sup>3</sup> Coeficiente de Variación Experimental (%). <sup>4</sup> Diámetro a la altura del pecho. Medias seguidas de la misma letra, minúscula en la línea y mayúscula en la columna, para cada variable, no difieren por el test F a 5% de probabilidad.

Normalmente los árboles hospederos tienden a manifestar alteraciones en su patrón de crecimiento años más tarde del ataque. En este estudio, al contrario, el brote de la avispa fue detectado en el primer año del plantío, en la fase inicial del crecimiento de los árboles, detectándose formación de agallas en las ramas, peciolas y nervadura de las hojas, lo que puede explicar la prematura alteración en el crecimiento de los árboles.

En comparación a eucaliptos jóvenes crecidos en condiciones normales y libre de esta plaga (Matrangolo *et al.* 2010, Ferreira *et al.* 2014), los valores de DAP encontrados en este estudio (árboles atacadas por esta avispa), fueron aproximadamente 25% inferiores. Petro *et al.* (2014), al estudiar

diferentes clones saludables y atacados por la avispa de agallas en Tanzania, encontraron que el ataque redujo en 13,5% el crecimiento en DAP árboles de *E. saligna* y aproximadamente 9,5 % en altura para la especie *E. tereticornis*.

Las condiciones edafoclimáticas en conjunto con el ataque de la avispa en Darcinópolis favorecieron la pérdida de vigor de los árboles. Massom (2015) también encontró mayor infestación por *L. invasa* en regiones más calientes y con menor precipitación media anual, contribuyendo para una mayor infestación de la plaga.

Los parámetros anatómicos, la interacción entre los factores de localidad y ambiente fue sólo significativa para frecuencia de vasos y longitud de fibras. La madera de *E. urophylla* presentó mayor diámetro tangencial de vasos en relación a la madera de *E. tereticornis*. Para ambos clones hubo aumento en la frecuencia de vasos en maderas de los árboles provenientes de Imperatriz. La frecuencia de vasos fue menor para la madera de *E. urophylla* en la localidad de Darcinópolis.

En la madera de *E. urophylla* fueron encontradas fibras con mayor espesor de pared, mientras que la madera de *E. tereticornis* proveniente de Darcinópolis presentó fibras de mayor longitud (Tabla 2).

**Tabla 2.** Características anatómicas y densidad básica de la madera de clones de eucalipto a los tres años de edad atacados por *Leptocybe invasa* en dos localidades.

Variable	Localidad	Clon		F
		<i>E. urophylla</i>	<i>E. tereticornis</i>	
Diámetro Tangencial de los vasos ( $\mu\text{m}$ )	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	87,71	75,61	0,01
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	102,85	91,15	
	Media	95,28 a	83,38 b	
	CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>	27,38%		
Frecuencia de Vasos (nº.mm <sup>2</sup> )	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	18 Aa	18 Aa	18,05
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	14 Bb	16 Ba	
	Media	16	17	
	CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>	24,15%		
Espesura de Pared de las Fibras ( $\mu\text{m}$ )	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	3,71	3,61	1,17
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	3,67	3,45	
	Media	3,69 a	3,53 b	
	CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>	20,78%		
Longitud de las Fibras ( $\mu\text{m}$ )	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	791,24 Aa	789,32 Ba	6,70
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	798,81 Ab	849,86 Aa	
	Media	795,02	819,59	
	CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>	17,92%		
Densidad Básica (g.cm <sup>-3</sup> )	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	0,453	0,45	0,49
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	0,447	0,437	
	Media	0,45	0,444	
	Cv <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>	3,40%		

<sup>1</sup>Estado de Maranhão, Brasil. <sup>2</sup>Estado de Tocantins, Brasil. <sup>3</sup>Coefficiente de Variación Experimental (%). Medias seguidas de la misma letra, minúscula en la línea y mayúscula en la columna, para cada variable, no difieren por el test F a 5% de probabilidad.

Las dimensiones de los vasos y fibras de los árboles atacados por este insecto fue similar al encontrado en la literatura para madera de eucalipto jóvenes no infectados, es decir, el ataque de la avispa de agallas no tendría influencia sobre las variables anatómicas de la madera (Dutt y Tiagy 2011, Sette Júnior *et al.* 2012).

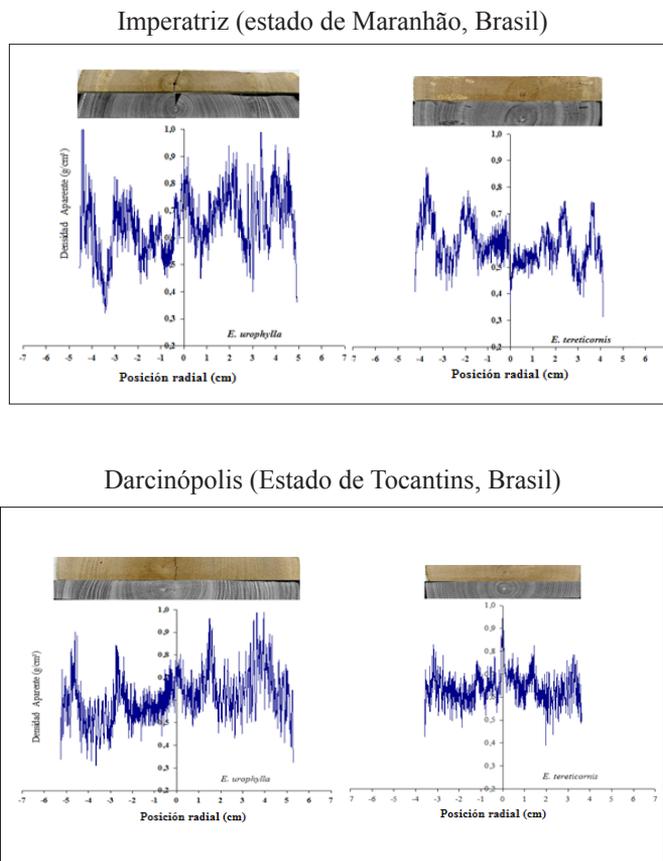
Las localidades de crecimiento influenciaron la longitud de las fibras de la madera de *E. tereticornis*,

siendo la madera cultivada en Darcinópolis la que presentó fibras más largas en relación a la madera oriunda de Imperatriz. La longitud de las fibras está influenciada directamente por las divisiones longitudinales y tangenciales del cambium, como consecuencia de la tasa de hormonas, que puede ser alterada con las estaciones del año, condiciones ambientales, factores genéticos y edad del árbol. En condiciones favorables de desarrollo, la división de las células ocurre rápidamente, de esa forma las fibras no crecen en longitud, siendo encontradas fibras menores en este período (Panshin y De Zeeuw 1980).

Los valores de densidad básica, extractivos y lignina de la madera en los árboles atacados por la avispa de agallas son semejantes a los resultados encontrados en la literatura para clones de eucalipto jóvenes, en condiciones saludables de crecimiento (Gouvêa *et al.* 2011, Sette Júnior *et al.* 2012). El ataque de esta avispa no provoca alteraciones en estas propiedades, esto puede estar asociado a la época de colecta de los árboles. El ataque de plagas tiene efecto directo en las variables dendrométricas de los árboles, sin embargo, en las propiedades de la madera las alteraciones tienden a aparecer años después (Petro *et al.* 2014).

El perfil radial de densidad de la madera de *E. urophylla* fue más homogéneo en árboles cultivados en Darcinópolis. En ambas localidades la madera del clon de *E. urophylla* presentó mayores valores de densidad, siendo este comportamiento evidenciado por la imagen de rayo-X digital, donde la coloración más clara representa densidad alta y la más oscura la baja.

La madera del clon *E. tereticornis* oriunda de Darcinópolis presentó menor variación de los valores de densidad a lo largo del perfil, siendo observado valores de alta densidad en la región correspondiente a la médula (Figura 1).



**Figura 1.** Perfil radial de la densidad aparente de la madera de clones de eucalipto a los tres años de edad atacados por *Leptocybe invasa* en dos localidades.

Las variaciones de densidad en el sentido médula-corteza de las maderas evaluadas fueron influenciadas por las condiciones ambientales de los sitios de crecimiento en estudio. Aun cuando no hay maderas saludables que puedan ser usadas como base de comparación respecto al efecto de la avispa de agallas, se sabe que las condiciones ambientales, tales como precipitación, temperatura, brotes de plagas y enfermedades pueden influenciar en el comportamiento radial del leño (Benson 1963).

En algunos casos, el perfil radial de densidad posibilita medir la época de ataque, sin embargo, para este estudio eso no fue posible, ya que los brotes de la avispa ocurridos en Darcinópolis e Imperatriz fueron detectados de manera indistinta en todos los árboles.

El contenido de cenizas de la madera fue la única variable que obtuvo una interacción significativa entre los factores localidad x clon, dentro de las variables de composición química. Para ambos clones, hubo mayor contenido de cenizas de la madera oriunda de Darcinópolis.

Para el contenido de pentosanos, el estudio realizado para los dos clones indicó mayor porcentaje de este constituyente en la madera de *E. urophylla* (Tabla 3), a pesar que la interacción clon x localidad no fue significativa.

**Tabla 3.** Composición química de clones de eucalipto a los tres años de edad atacados por *Leptocybe invasa* en dos localidades.

Variable	Localidad	Clon		F
		<i>E. urophylla</i>	<i>E. tereticornis</i>	
Extractivos en acetona (%)	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	0,678	0,818	0,00
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	0,869	1,017	
Media		0,774	0,918	
CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>		64,43%		
Lignina Insoluble (%)	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	28,82	28,73	1,24
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	29,04	28,01	
Media		28,97	28,33	
CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>		4,63%		
Lignina Soluble (%)	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	3,69	3,72	0,00
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	3,13	3,16	
Media		3,41	3,44	
CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>		2,59%		
Lignina Total (%)	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	32,51	31,16	1,61
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	32,45	32,17	
Media		32,48	31,67	
CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>		4,13%		
Contenido de Pentosanos (%)	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	14,71	14,02	0,23
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	14,92	14,34	
Media		14,82 a	14,18 b	
CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>		1,63%		
Contenido de cenizas (%)	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	0,230 Bb	0,362 Ba	5,91
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	0,348 Ab	0,554 Aa	
Media		0,296	0,451	
CV <sub>experimental</sub> <sup>3</sup>		12,87%		

\*<sup>1</sup> Estado de Maranhão, Brasil. <sup>2</sup> Estado de Tocantins, Brasil. <sup>3</sup> Coeficiente de Variación Experimental (%). Medias seguidas de la misma letra, minúscula en la línea y mayúscula en la columna, para cada variable, no difieren por el test F a 5% de probabilidad.

El aumento de 4,5% en el contenido de pentosanos de la madera de *E. urophylla* con relación al *E. tereticornis*, está más vinculado a las características de heredabilidad que a los factores ambientales, ya que no hubo interacción entre los factores clon x ambiente. Al comparar los valores en el contenido de pentosanos con los encontrados por Dutt y Tyagi (2011) en clones saludables de esta misma especie, a los 4 años de edad, se podría afirmar que el ataque de la avispa de agallas probablemente afectó el contenido de pentosanos, dado que para la madera del clon de *E. tereticornis* fue verificado un aumento de 18%, y para la madera de *E. urophylla* una disminución de 10%. El mayor contenido de pentosanos en la madera puede favorecer el proceso del pulpado Kraft auxiliando el refinado de la pulpa destinada a la producción de papel (Pedrazzi *et al.* 2015).

El contenido de cenizas fue diferente en función de la localidad para ambos clones. Las maderas provenientes de Darcinópolis presentaron mayor contenido de cenizas en relación a Imperatriz. Según Fredo *et al.* (1999) el contenido de cenizas en la madera varía de acuerdo con la especie, fertilidad del suelo, necesidades individuales y otras condiciones no especificadas por el autor. El suelo con mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas favorece el acumulo de estos minerales en la madera, siendo esta una probable respuesta para el comportamiento de las maderas oriundas de Darcinópolis.

El ataque de esta avispa posiblemente contribuye al aumento del contenido de cenizas de la madera. Santos (2009) afirmó que las agallas formadas en los árboles hospederos actúan como bloqueadoras del flujo de nutrientes, de esta forma la solución que debe ser transportada para las hojas tiende a permanecer adherida en la madera y en estas estructuras. La presencia de cenizas en el proceso de producción de celulosa es indeseable, ya que provoca desgaste en los equipamientos destinados a la transferencia de calor.

Las maderas de ambos clones oriundas de Imperatriz necesitan de mayor carga alcalina (álcali activo %) en el proceso de deslignificación, principalmente la madera de *E. tereticornis* (Tabla 4). El clon de *E. urophylla* presentó mayores rendimientos en ambos locales de plantío en comparación a *E. tereticornis*. Para el clon de *E. tereticornis* el efecto del local se muestra más pronunciado, siendo la localidad de Darcinópolis más favorable para este parámetro.

**Tabla 4.** Parámetros del pulpado Kraft de clones de eucalipto a los tres años de edad atacados por *Leptocybe invasa* en dos localidades.

Clon	Localidad	Variables				
		Álcali activo (%)	Rendimiento bruto (%)	Rendimiento purificado (%)	Rechazo (%)	Consumo específico (m <sup>3</sup> .ton. celulose <sup>-1</sup> )
<i>E. urophylla</i>	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	21,3	49,7	49,4	0,3	4,49
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	20,04	49,5	49,1	0,4	4,59
<i>E. tereticornis</i>	Imperatriz (MA) <sup>1</sup>	26,6	45,8	45,7	0,1	4,93
	Darcinópolis (TO) <sup>2</sup>	22,1	46,6	46,4	0,2	4,85

<sup>1</sup> Estado de Maranhão, Brasil. <sup>2</sup> Estado de Tocantins, Brasil.

Los mayores valores de consumo específico fueron encontrados en la madera del clon de *E. tereticornis* oriunda de Imperatriz. En la maderas de *E. urophylla* fue constatado lo inverso, con mayor consumo específico en la madera oriunda de Darcinópolis.

La mayor carga alcalina necesaria para la deslignificación de la madera del clon de *E. tereticornis* resultó en menor rendimiento bruto y purificado. Eso puede haber ocurrido por la menor reactividad de la lignina, ya que este clon presenta, menor contenido de lignina con relación al de *E. urophylla* y

mayor contenido de extractivos. Estas características, en conjunto, contribuyen al uso de una mayor carga alcalina para lograr remover lignina y extractivos, hasta un grado de deslignificación deseado. Como respuesta no deseada, la exposición de los carbohidratos a una alta carga alcalina se traduce una degradación más intensa de los carbohidratos.

Los menores rendimientos en el pulpado resultaron en un mayor consumo específico de madera, es decir, provocó mayor demanda de madera para la producción de una tonelada de celulosa. Este mayor consumo de madera perjudica la producción de celulosa en el digestor y en el manejo de un mayor volumen de material triturado en las fábricas, provocando desventajas para la industria de celulosa (Fantuzzi Neto 2012). El mayor consumo específico de madera de *E. tereticornis*, está asociado a una menor densidad básica encontrada para este clon.

A pesar de no haber evaluado árboles sanos en las mismas condiciones de crecimiento, se puede constatar que el ataque de la avispa provocó alteraciones en el crecimiento de los árboles y en las propiedades de la madera. Al comparar con las informaciones disponibles en la literatura para árboles jóvenes en condiciones normales, se constata que el ataque puede resultar en la caída de crecimiento y disminución de la calidad de la madera. Por otro lado, la ausencia de árboles sanos en las localidades estudiadas no permite afirmar con mayor fundamento las hipótesis que explican las diferencias en los resultados encontrados en este estudio.

El local de plantío y ataque de plagas tienen influencia en el crecimiento de los árboles y consecuentemente en las propiedades de la madera, además, para que los efectos puedan ser visualizados es necesario el estudio de los individuos en edades adultas o de corte. La evaluación de estos materiales jóvenes puede sobrestimar o subestimar el efecto de estas variables ambientales en el crecimiento y en las propiedades de la madera.

Las alteraciones provocadas por ataque de plagas pueden ser severas en algunas variables, y en otras ser poco significativas. Las condiciones ambientales junto con la época de colecta de los árboles se tornan factores determinantes en la intensidad del efecto del ataque en los árboles hospederos.

El monitoreo de los árboles atacados en diferentes épocas del año, probablemente contribuirá para el conocimiento de la severidad de los brotes en determinado momento. Otro factor a ser considerado es el estrés al cual los individuos atacados pueden ser sometidos, ya que árboles infectados están más propensos al ataque de otros insectos y patógenos, debido a los daños que la avispa de agallas provoca, tales como abertura de orificios en las ramas, peciolos y brotes.

## CONCLUSIONES

El ataque de la avispa de agallas provocó alteraciones de crecimiento y composición química de los árboles atacados. La madera atacada presenta diferencias significativas en el pulpado y, especialmente, en el consumo específico de madera.

Las localidades de ataque tienen influencia en el crecimiento de los árboles, las características anatómicas y en el contenido de cenizas de la madera.

En los parámetros del pulpado Kraft analizados no se observó diferencias de comportamiento de las maderas en función de la localidad de ataque.

## AGRADECIMENTOS

Los autores agradecen el apoyo de Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) (Brasil) y Companhia Suzano Papel & Celulose.

## BIBLIOGRAFÍA

- Associação Brasileira De Normas Técnicas- ABNT 1986.** Carvão vegetal: análise imediata. NBR 8112. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas -ABNT 2003.** Determinação da densidade básica em madeira. NBR 11941-02. Rio de Janeiro. 6 p.
- Benson, P. H. 1963.** The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood. Washington: USDA, Forest Service. 19 p.
- Commission Panamericana De Normas Técnicas – COPANT. 1974.** Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledoneas. COPANT, 30: 1-19.
- Dittrich-Schröder, G.; Harney, M.; Nesor, S.; Joffe, T.; Bush, S.; Hurley, B.P.; Wingfield, M.J.; Slippers, B. 2014.** Biology and host preference of *Selitrichodes neseri*: A potential biological control agent of the *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa*. *Biological Control* 78 (1): 33-41.
- Dutt, D.; Tyagi, C. H. 2011.** Comparasion of various eucalyptus species for their morphological, chemical, pulp and paper making characteristics. *Indian Journal of Chemical Technology* 18 (2): 145-151.
- Fantuzzi Neto, H. 2012.** Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose Kraft. 119 f. Tese Doutorado em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Brasil.
- Ferreira, D. H. A. A.; Leles, P. S. S.; Machado, E. C.; Abreu, A. H. M.; Abilio, F. M. 2014.** Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. *Floresta* 44(3): 431-440.
- Fredo, A.; Foelkel, C. E. B.; Frizzo, S. M. B.; Silva, M. C. M. 1999.** Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. *Ciência Florestal* 9 (1): 193-209.
- Furtado, E. L.; Wilcken, C. F. 2012.** Priorização de registro de produtos. Botucatu: PROTEF/IPEF [Online]. Available: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/arquivos/apresentacao-do-setor-de-florestas.pdf>> [Accessed 08 /12/ 2015].
- Garlet, J.; Costa, E. C.; Boscardin, J.; Deponti, G.; Shwengber, C. R.; Machado, L. M. 2013.** *Leptocybe invasa* on *Eucalyptus* sp. in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Ciência Rural* 43 (12): 2175-2177.
- Goldschimid, O. 1971.** Ultraviolet spectra. In: Sarkanen, K. V.; Ludwig, C. H. 1971. *Lignins: occurrence, formation, structure and reations*. New York: J. Wiley & Sons, p. 241-266.
- Gomide, J. L.; Demuner, B. J. 1986.** Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. *O Papel* 47 (8): 36-38.

**Gouvêa, A. F. G.; Trugilho, P. F.; Gomide, J. L.; Silva, J. R. M.; Andrade, C. R.; Alves, I. C. N. 2011.** Determinação da densidade básica das madeiras de *Eucalyptus* por diferentes métodos não destrutivos. *Revista Árvore* 3 (2): 349-358.

**Magistrali, I. C.; Anjos, N.; Magistrali, P. R.; Souza, R. M. 2010.** Registro da microvespa-dagalha em plantios de eucaliptos, no Estado do Maranhão [Online]. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2010. 25, Santa Maria. Anais eletrônicos. Santa Maria: JAI, Available: <[http://portal.ufsm.br/jai2010/anais/trabalhos/trabalho\\_1041236389.htm](http://portal.ufsm.br/jai2010/anais/trabalhos/trabalho_1041236389.htm)> [Accessed 10/12/2015].

**Massom, M. V. 2015.** Dinâmica populacional e manejo de *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) em plantações de eucalipto. 92 f. Tese Doutorado em Ciência Florestal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita”, Botucatu.

**Matrangolo, C. A. R.; Castro, R. V. O.; Della Lucia, T. M.; Della Lucia, R. M.; Mendes, A. F. N.; Costa, J. M. F. N.; Leite, H. G. 2010.** *Eucalyptus* growth under the effect of artificial defoliation, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 45: 952-957.

**Mendel, Z.; Protasov, A.; Fisher, N.; La Salle, J. 2004.** Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on *Eucalyptus*. *Australian Journal of Entomology* 43 (2): 101-113.

**Panshin, A. J.; De Zeeuw, C. 1980.** *Textbook of wood technology*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 722 p.

**Pedrazzi, C.; Colodette, J. L.; Oliveira, R. C.; Gomide, J. L.; Wille, V. K. D.; Coldebella, R. 2015.** As xilanas nas propriedades de polpas marrons de eucalipto. *Ciência Rural* 45 (9): 1585-1591.

**Petro, R., Madoffe, S. S., Iddi, S. 2014.** Effects of eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & la Salle (Hymenoptera: Eulophidae) on wood basic density of three *Eucalyptus* species in Tanzania. *Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management* 7 (4): 434-444.

**Gomes, F. P. 2000.** Curso de estatística experimental. 14. ed. Piracicaba: USP, 477 p.

**Puretz, B. O., Potrich, M.; Miranda, F. D. A.; Silva, E. R. L.; Freddo, A. R. 2015.** Distribuição da vespa da galha do eucalipto. *Pesquisa Florestal Brasileira* 35 (83): 329-334.

**Queiroz, D. L.; Garrastazu, M. C.; Fernandez, J. I. R.; Zanetti, R.; Fernandes, B. V.; Asenjo, A.; Queiroz, E. C. 2012.** Dispersão de *Leptocybe invasa* no Brasil [Online]. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 24. Curitiba. Anais. Curitiba: SEB/UFPR, 2012. v. 1, p. 246-246. Available: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/66630/1/Queiroz-et-al-2012-Leptocybe.pdf>> [Accessed 08/12/2012].

**Santos, M. S. R. 2009.** Estudo da susceptibilidade de *Eucalyptus* sp. a *Leptocybe invasa* e *Ophelimus maskelli* (Hymenoptera: Eulophidae). 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal e Recursos Naturais) – Universidade Tecnológica de Lisboa, Lisboa.

**Scolforo, J. R. S.; Figueiredo Filho, A. 1993.** Mensuração florestal 2: volumetria. Lavras: ESAL/FAEPE, 126 p.

**Sette Junior, C. R.; Oliveira, I. R.; Tomazello Filho, M.; Yamaji, F. M.; Laclau, J. P. 2012.** Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore* 36 (6): 1183-1190.

**Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. 1980.** *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. New York: McGraw-Hill Book Company, 633 p.

**TAPPI. Technical Association of The Pulp And Paper Industry. 1998.** Test Methods. – TAPPI. Atlanta.

**Thu, P. Q.; Dell, B.; Burgess, T. I. 2009.** Susceptibility of 18 eucalypt species to the gall wasp *Leptocybe invasa* in the nursery and young plantations in Vietnam. *Science Asia* 35 (2): 113-117.

**Wilcken, C. F.; Berti-Filho, E. 2008.** Vespa-da-galha do eucalipto (*Leptocybe invasa*) (Hymenoptera: Eulophidae): nova praga de florestas de eucalipto no Brasil [Online] Piracicaba: IPEF, 11 p. Available: <<http://www.ipef.br/protecao/alerta-leptocybe.invasa.pdf>>[Accessed 17/10/ 2015].