

## Eficiência do óleo de neem e dos resíduos de candeia sobre a inibição do desenvolvimento de fungos xilófagos

Efficiency of neem oil and *Eremanthus erythropappus* residues on the xylophagus fungi inhibitionJuliana Grilo Teixeira<sup>1</sup>, João Vicente de Figueiredo Latorraca<sup>2</sup>, Henrique Trevisan<sup>3</sup> e Juarez Benigno Paes<sup>4</sup>**Resumo**

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do óleo de neem e dos resíduos naturais terpeno de candeia (TC) e resina de bisabolol (RB) no tratamento da madeira de *Pinus caribaea* Morelet, sobre a ação dos fungos xilófagos *Trametes versicolor*, *Postia placenta* e *Neolentinus lepideus*. Para efeito de comparação, amostras de madeiras não tratadas e tratadas com Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) e Borato de Cobre Cromatado (CCB) foram expostas aos mesmos tipos de fungos xilófagos, sob as mesmas condições. A eficiência de cada tratamento foi determinada pelo cálculo da perda de massa ocorrida após o ensaio de biodeterioração. Todos os produtos avaliados conferiram melhoria na durabilidade da madeira de *Pinus*, a qual pôde ser classificada, após o tratamento, como resistente e altamente resistente à ação dos fungos. Os produtos estudados demonstraram potencial para serem utilizados na preservação de madeiras, uma vez que inibiram significativamente a deterioração proporcionada por fungos xilófagos na madeira de *P. caribaea*.

**Palavras-chave:** Fungos apodrecedores, preservação da madeira, produtos naturais.

**Abstract**

The objective of this work was to evaluate the efficiency of neem oil and *Eremanthus erythropappus* residues, terpene of candeia (TC) and resin bisabolol (RB), on the wood of *Pinus caribaea* Morelet treated to inhibit xylophagous fungi action. CCA and CCB were used as controls. Different concentrations were used. The effect of the treatments was determined through the wood mass loss after the biodegradation test. The results showed that the products increased the durability of pine wood, especially when high concentration (50%) was used. Thus, the products have shown a high potential for use as wood preservative, because they significantly inhibited the deterioration caused by xylophagous fungi.

**Keywords:** Decay fungi, wood preservatives, natural products.

**INTRODUÇÃO**

Membro da família Asteraceae e do grupo ecológico das pioneiras a candeia é uma espécie de múltiplos usos, tendo grande importância na fabricação de moirões de cerca, devido a sua durabilidade natural (SACILOTTO et al., 2002), e na produção do óleo essencial que pode ser obtido do seu lenho.

Em decorrência da presença do alfabisabolol, um álcool sesquiterpênico insaturado e opticamente ativo obtido da destilação direta de

óleos naturais, como seu princípio ativo, o óleo extraído da candeia possui propriedades antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas, sendo atualmente amplamente utilizado na indústria de fármacos e cosméticos (PEDRALLI et al., 1997; PÉREZ, 2001; BRASIL, 2005).

O neem pertence à família Meliaceae, é originário do Sudeste da Ásia e é cultivado em vários países da África, na Austrália, América do Sul e Central (MARTÍNEZ et al., 2005).

<sup>1</sup>Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. BR 465, Km 07, Bairro UFRRJ - Seropédica, RJ. E-mail: [julianagteixeira@hotmail.com](mailto:julianagteixeira@hotmail.com).

<sup>2</sup>Professor Doutor do Departamento de Produtos Florestais. UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rua Oitenta e Um, Quadra 10 Lote 48, Bairro Boa Esperança - Seropédica, RJ. E-mail: [latorraca@hotmail.com](mailto:latorraca@hotmail.com).

<sup>3</sup>Pós-Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rua Oitenta e Um, Quadra 10 Lote 48, Bairro Boa Esperança - Seropédica, RJ. E-mail: [hentrevisan@gmail.com](mailto:hentrevisan@gmail.com).

<sup>4</sup>Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo. Avenida Governador Lindemberg, 316 - Centro, Jerônimo Monteiro, ES. [jbp2@uol.com.br](mailto:jbp2@uol.com.br).

Alguns dos principais componentes biologicamente ativos do neem são azadiractina, meliantriol, limoneno, odoratone e outros triterpenóides, dentre os mais de 100 compostos já isolados (SIDDIQUI et al., 2003).

Além do efeito conhecido dos produtos a base de neem no controle de insetos, vale também comentar a influência que o produto tem sobre outros organismos, como os nematóides, caramujos, crustáceos e fungos. O produto é de baixa toxicidade ao homem, rápida degradação no solo e nas plantas, e possui certa seletividade para inimigos naturais (SCHMUTTERER, 1995).

A facilidade de extração das substâncias ativas do neem em água ou alcoóis, associada ao fato de não haver registros que indiquem possíveis riscos de toxicidade causados pelo seu uso à saúde humana, abrem amplos horizontes para sua utilização (HEDGE, 1993).

O emprego de resíduos naturais com o objetivo de aumentar a durabilidade da madeira é uma opção para a substituição de produtos químicos atualmente empregados com essa finalidade. Sendo assim, Paes et al. (2010), relatam que a utilização e pesquisa de produtos naturais para proteção de madeira são justificadas pelo seu uso com fins mais nobres, como por exemplo, em situações em que danos ao ambiente e à saúde humana devam ser evitados ou minimizados.

Diante do exposto, conduziu-se essa pesquisa com o objetivo de avaliar o efeito do óleo de neem e dos resíduos naturais terpeno (TC) e resina de bisabolol (RB), na inibição do desenvolvimento de fungos xilófagos, em condições de laboratório.

## MATERIAL E MÉTODOS

O terpeno de candeia e a resina de bisabolol são subprodutos da destilação do óleo de candeia (*Eremanthus erythropappus*) obtidos no processo de produção do alfa-bisabolol e foram doados pela Empresa Citróleo – Indústria e Comércio de Óleos Essenciais Ltda., situada no município de Torrinha – SP. O óleo de neem foi adquirido no comércio local.

Foram consideradas duas diferentes concentrações por produto, sendo elas, 5% e 50%, assim como a posição radial de procedência de cada corpo de prova (central e externa).

Para realização do ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório foram seguidas as recomendações da “American Society for Testing and Materials”, ASTM (2005b). Para tan-

to, foram abatidas três árvores de *Pinus caribaea* Morelet de um povoamento com idade de 23 anos, das quais foram obtidas amostras com as dimensões de 1,9 x 1,9 x 1,9 cm, das porções central e externa do tronco, para o tratamento químico. A testemunha foi constituída exclusivamente de madeira da porção externa da tora, pelo fato de que esta é conhecidamente mais resistente a deterioração em relação à madeira procedente de partes internas (madeira juvenil). A madeira juvenil possui traqueídeos de paredes mais finas (VIDAURRE et al., 2011), e menos resistentes a fungos xilófagos.

Foram descartados os corpos de prova com defeitos e os selecionados para o ensaio foram lixados, identificados e acondicionados em câmara climática sob condições de umidade e temperatura controlada ( $65 \pm 5\%$  de umidade relativa e  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ), até atingirem o teor de umidade de equilíbrio.

Cada tratamento estatístico foi proveniente de uma combinação de produto x concentração x posição. Para cada um deles foi utilizado uma repetição de 2 corpos-de-prova por árvore (3 árvores) para cada fungo (3 fungos), obtendo-se 16 tratamentos.

Para efeito de comparação da eficiência dos produtos alternativos empregados, foram realizados tratamentos com arseniato de cobre cromatado (CCA – 47,5 % de cromo, calculado como  $\text{CrO}_3$ ; 18,5% de cobre, calculado como  $\text{CuO}$ ; e 34,0% de arsênio, calculado como  $\text{As}_2\text{O}_5$ ) e borato de cobre cromatado (CCB – 63,5% de cromo, calculado como  $\text{CrO}_3$ ; 26,0% de cobre, calculado como  $\text{CuO}$ ; e 10,5% de boro, calculado como B (elemento), tradicionalmente utilizados no tratamento preservativo da madeira e ambos à 3% de concentração. Amostras que não receberam tratamento preservativo também foram submetidas às mesmas condições de exposição a fungos xilófagos.

Para o tratamento, os corpos de prova foram dispostos em um dessecador e aplicou-se um vácuo inicial de 650 mm de Hg durante 30 minutos. Decorrido esse tempo, a solução preservativa foi liberada até a completa imersão das amostras. As amostras foram então imediatamente retiradas da solução e climatizadas a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  de temperatura e  $50 \pm 5\%$  de umidade relativa. Depois de climatizadas, as amostras foram pesadas e então expostas a ação de fungos decompositores, conforme estipulado pela ASTM (2005a). Para tanto, o ensaio foi montado em frascos de vidro de 500 mL de capacidade, pre-

enchidos com 300 g de solo. O solo foi umedecido com água destilada e foram adicionados dois alimentadores de madeira de *Pinus* sp. Os frascos foram esterilizados a  $121 \pm 2$  °C, por 30 min e depois do resfriamento, fragmentos obtidos de culturas puras de fungos de podridão branca (*Trametes versicolor*) e podridão parda (*Postia placenta* e *Neolentinus lepideus*) foram inoculados sobre os alimentadores.

Após o desenvolvimento e colonização do solo pelo fungo, foram adicionados os corpos de prova, previamente esterilizados sob as mesmas condições já descritas, à razão de duas amostras por frasco. Os frascos foram mantidos em sala climatizada ( $27 \pm 2$ °C e  $70 \pm 5\%$  de umidade relativa) por 12 semanas. Paralelos ao ensaio foram mantidos frascos com corpos de prova, sem a inoculação pelo fungo, para avaliação da perda de massa operacional.

Decorrido o período do ensaio, as amostras foram retiradas dos frascos e empregou-se uma escova de cerdas macias para remover o micélio desenvolvido sobre as mesmas, e estas foram novamente acondicionadas, sob as mesmas condições anteriores ao tratamento e a massa novamente medida.

Com os dados de massa obtidos antes e após o ensaio de deterioração, foi calculada a perda de massa. Para garantir que as perdas observadas possam, de fato, ser atribuídas ao ataque do fungo xilófago e não a outros fatores operacionais, os valores encontrados para as amostras não inoculadas foram utilizados para a correção dos dados, conforme as recomendações da ASTM (2005a), tendo a resistência das amostras classificadas conforme ASTM (2005b), Tabela 1.

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado com arranjo fato-

rial  $4 \times 2 \times 2$  (Tabela 2). O arranjo experimental resultou em 16 tratamentos, tendo o fator produto, quatro níveis; concentração, dois níveis; e posição, dois níveis e o tratamento testemunha, que consistiu em madeira não tratada. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Lilliefors. Os valores foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Resistência da madeira de *Pinus caribaea* tratada com CCA e CCB

A análise da variância dos valores médios de perda de massa, proporcionados pela ação dos fungos de podridão parda (*Postia placenta* e *Neolentinus lepideus*) e podridão branca (*Trametes versicolor*), na madeira tratada com CCA ou CCB indicou efeitos significativos, a 95 % de probabilidade, apenas para o fator posição da madeira. Nesta análise observou-se que quando as amostras foram expostas ao fungo *Neolentinus lepideus* (Tabela 3), a posição externa proporcionou condições para uma menor perda de massa.

Se supõem que isto pode estar relacionado com a maior proporção de lenho outonal encontrado nas amostras de madeira mais adulta (posição externa). Este, quando comparado ao lenho primaveril (posição interna), contém um maior volume de parede celular, sendo este um atributo para conferir maior retenção de produto preservativo, e conseqüentemente menor perda de massa, como observado neste trabalho.

Resultado semelhante foi encontrado por Trevisan et al. (2014), onde observaram inferiores níveis de deterioração na madeira da porção externa de toras de *Eucalyptus grandis*, e conclu-

**Tabela 1.** Classes de resistência da madeira a fungos xilófagos.

**Table 1.** Classes resistance of wood to wood decay fungi.

Classes de Resistência	Perda de Massa (%)	Massa Residual (%)
Altamente resistente	0 - 10	90 - 100
Resistente	11 - 24	76 - 89
Moderadamente resistente	25 - 44	56 - 75
Não resistente ou Perecível	> 45	> 55

Fonte: ASTM (2005a).

**Tabela 2.** Delineamento experimental.

**Table 2.** Experimental design.

Tratamento/Produto Químico Empregado	Concentração (%)	Posição na Madeira
Óleo de neem		
Resina de bisabolol	5 ou 50	Central
Resina de bisabolol + Terpeno de candeia		e
Terpeno de candeia		Externa
Testemunha		Central

íram que esta madeira, por ter características de lenho adulto, demonstrou-se mais durável em relação a madeira procedente de porções internas do tronco, madeira esta com características de lenho juvenil.

De maneira geral, a madeira de pinus tratada com os produtos CCA ou CCB foi classificada como altamente resistente, confirmando o resultado encontrado por Hedley et al. (2000) e Paes et al. (2008), quanto à eficiência de ambos o produtos na proteção da madeira.

### Resistência da madeira de *Pinus caribaea* tratada com os produtos naturais testados

#### Resistência da madeira tratada ao fungo *Postia placenta*

A análise de variância para a perda de massa, ocasionada pela ação do fungo *Postia placenta*

indicou que todos os fatores (com exceção da posição na madeira) e suas interações foram significativos a 95% de probabilidade (Tabela 4).

O óleo de neem proporcionou um efeito protetivo, contra a ação dos fungos xilófagos, significativamente inferior aos demais produtos avaliados. Apesar disto, este óleo também foi considerado eficiente tendo em vista que as amostras perderam em média 16,94% de sua massa, enquanto a madeira não tratada teve uma perda de massa de 42,05%, ocorrendo, portanto, uma diminuição na deterioração da madeira de 59,72%, quando comparada à madeira não tratada.

Outro fator que afetou de forma significativa foi a concentração dos produtos utilizados. Nota-se que a concentração de 50% proporcionou resultados superiores aos proporcionados pela de 5%, com uma diminuição de 87,14% na deterioração, quando comparada a madeira não tratada. Tal re-

**Tabela 3.** Valores médios de perda de massa causada pelo ataque de fungos xilófagos em madeiras tratadas quimicamente com CCA e CCB.

**Table 3.** Mean values of mass loss caused by decay fungi attack in wood chemically-treated by CCA and CCB.

	Fonte de variação	Nível do Fator		Perda de Massa (%)		
		Produto	Posição	Média	DP	
FUNGOS XILÓFAGOS	<i>Postia placenta</i>					
	FATORES					
	A – Produto	CCA		1,46	3,05	
		CCB		2,94	6,22	
	B – Posição		C	3,83	6,47	
			E	0,58	1,25	
	INTERAÇÃO					
	Produto x Posição	CCA	C	2,32	4,13	
		CCA	E	0,60	1,29	
		CCB	C	5,34	8,34	
		CCB	E	0,55	1,33	
	<i>Trametes versicolor</i>					
FATORES						
A – Produto	CCA		1,29	3,69		
	CCB		3,25	5,30		
B – Posição*		C	4,16	A 5,91		
		E	0,39	B 1,05		
INTERAÇÃO						
Produto x Posição	CCA	C	2,57	5,10		
	CCA	E	0,01	0,00		
	CCB	C	5,74	6,70		
	CCB	E	0,76	1,44		
<i>Neolentinus lepideus</i>						
FATORES						
A – Produto	CCA		1,01	3,23		
	CCB		0,93	2,62		
B – Posição		C	1,87	3,94		
		E	0,08	0,23		
INTERAÇÃO						
Produto x Posição	CCA	C	1,89	4,59		
	CCA	E	0,14	0,32		
	CCB	C	1,85	3,62		
	CCB	E	0,01	0,00		

DP = Desvio Padrão; C = Central; E = Externa; \* = Fator ou Interação significativo; Média com letras iguais denotam igualdade estatística em nível de 95% de probabilidade dentro de cada fator ou interação. CCA= Arseniato de Cobre Cromatado; CCB= Borato de Cobre Cromatado.

sultado foi suficiente para conferir à madeira uma classe de alta resistência, conforme ASTM (2005b).

Todas as interações proporcionaram efeitos significativos nos resultados encontrados. Para a interação de primeira ordem (produto x concentração), observa-se que as menores perdas de massa foram encontradas na concentração de

50% em todos os produtos, a exceção do óleo de neem. Estes resultados confirmam o efeito significativo dos fatores produto e concentração, verificados anteriormente. De forma geral, o óleo de neem e a concentração de 5% proporcionaram o pior desempenho dentre os produtos e concentrações estudados.

**Tabela 4.** Valores médios de perda de massa causada pelo fungo *Postia placenta* para cada concentração e posição na madeira de *Pinus caribaea* tratada com os produtos naturais.

**Table 4.** Mean values of mass loss caused by the fungus *Postia placenta* for each concentration and position in the wood of *Pinus caribaea* treated by natural products.

Fonte de variação	Nível do Fator			Perda de Massa (%)			
	Produto	Concentração (%)	Posição	Média	DP		
FATORES	A – Produto*	Neem			16,94	A	7,93
		RB			9,66	B	9,17
		RB+TC			11,53	B	11,78
		TC			9,86	B	9,80
	B – Concentração*		5		18,58	A	8,90
			50		5,41	B	6,07
	C – Posição			C	11,71		10,45
				E	12,28		9,76
	INTERAÇÕES	A x B*	Neem	5		19,86	AB
50					14,02	B	4,41
RB			5		14,95	AB	10,24
			50		4,36	C	3,14
RB+TC			5		21,51	A	8,19
			50		1,55	C	2,40
A x C*		Neem		C	20,19	A	8,66
				E	13,69	AB	5,79
		RB		C	6,65	B	5,83
				E	12,66	B	11,06
		RB+TC		C	11,16	B	13,03
				E	11,90	B	10,96
B x C*		5	C	16,95	A	11,22	
		5	E	20,22	A	5,50	
	50	C	6,48	B	6,33		
		E	4,34	B	5,73		
	A x B x C*	Neem	5	C	25,29	A	9,27
			5	E	14,43	ABCD	7,00
50			C	15,09	ABC	4,07	
50			E	12,95	BCDE	4,84	
RB		5	C	7,04	CDEF	8,03	
		5	E	22,87	AB	4,00	
		50	C	6,26	CDEF	3,15	
		50	E	2,46	EF	1,75	
RB+TC		5	C	21,03	AB	11,40	
		5	E	22,00	AB	4,14	
		50	C	1,30	F	3,16	
		50	E	1,81	EF	1,60	
TC	5	C	14,43	ABCD	8,36		
	5	E	21,60	AB	1,54		
	50	C	3,26	DEF	3,74		
	50	E	0,16	F	0,32		

DP = Desvio Padrão; C = Central; E = Externa; \* = Fator ou Interação significativo; Média com letras iguais denotam igualdade estatística ao nível de 95% de probabilidade dentro de cada fator ou interação. RB= Resina de bisabolol; TC= Terpeno de candeia.

A interação de primeira ordem (produto x posição) também causou efeito significativo nos resultados. Os produtos RB, RB+TC e TC, para as duas posições na madeira, proporcionaram as menores perdas de massa frente à ação do fungo *Postia placenta* (Tabela 4). Contudo, cabe ressaltar também que o óleo de neem, não proporcionou perdas de massa significativas quando aplicado na madeira proveniente da região externa da tora.

Para a interação de primeira ordem (concentração x posição) também foram observados efeitos significativos entre as perdas de massa. No entanto, houve uma forte influência do fator concentração nos resultados, visto que as menores perdas foram obtidas na concentração de 50% enquanto as maiores na concentração de 5%.

A interação de segunda ordem (produto x concentração x posição) indicou que os melhores resultados foram alcançados quando se utilizou o produto TC isoladamente ou combinado com o RB, na concentração de 50%, independente da posição na madeira. A maior perda de massa foi sempre encontrada quando se utilizou o óleo de neem, exceto quando este foi empregado na concentração de 50% na madeira proveniente da região externa da tora.

De maneira geral, observa-se uma tendência de redução da perda de massa quando se utilizaram os produtos naturais a uma concentração de 50%. Os valores médios encontrados para esses tratamentos classificam a madeira tratada como resistente ou altamente resistente ao ataque de fungos xilófagos, de acordo com a ASTM D - 2017 (ASTM, 2005b).

#### *Resistência da madeira tratada ao fungo Neolentinus lepideus*

A análise de variância para a perda de massa causada pelo fungo *Neolentinus lepideus*, indicou que os fatores produto e concentração e as interações produto x concentração e concentração x posição, foram significativos a 95% de probabilidade (Tabela 5).

De modo semelhante ao observado para o fungo *Postia placenta*, o tratamento da madeira de *Pinus caribea* com óleo de neem resultou em um efeito significativamente diferente dos demais produtos testados, proporcionando uma menor eficiência (13,91%), quando comparado à madeira tratada com os outros produtos.

Observa-se também que o incremento da concentração do produto proporcionou resultados satisfatórios. Nota-se uma redução acima

de 50% nos valores de perda de massa com o aumento da concentração de 5 para 50%. Esse incremento da concentração causou uma alteração positiva na classificação da resistência da madeira, ou seja, a mesma passou de resistente para altamente resistente, conforme classificação da ASTM (2005b).

A exceção da interação de segunda ordem, todas as demais foram significativas. Para a interação de primeira ordem (produto x concentração) observa-se que os menores valores de perda de massa foram obtidos para a concentração de 50% em todos os produtos, a exceção do óleo de neem. A análise da madeira submetida à ação de *Postia placenta*, confirma a diferença significativa entre o óleo de neem e os demais produtos e entre as concentrações de 5 e 50%. De forma geral, para os fungos de podridão parda, o produto óleo de neem, nas duas concentrações testadas, proporcionaram uma menor eficiência quando comparado aos demais tratamentos testados.

A interação de primeira ordem (concentração x posição) também causou efeito significativo nos resultados. Observa-se na Tabela 5 que a adoção de uma concentração de 50% proporcionou os melhores resultados, independente da posição, ratificando o efeito positivo dessa concentração na proteção proporcionada à madeira testada.

#### *Resistência da madeira ao fungo Trametes versicolor*

Como observado para os fungos de podridão parda (*Postia placenta* e *Neolentinus lepideus*), o uso óleo de neem resultou em uma maior média de perda de massa à madeira (10,71%) em relação aos demais produtos testados. Este resultado demonstra a eficácia do uso dos produtos naturais RB e TC, assim como de sua combinação, na prevenção da deterioração proporcionada pelos fungos de podridão parda e branca na madeira de *Pinus caribaea*. As médias de perda de massa obtidas foram equivalentes à classe de altamente resistente ao apodrecimento, conforme ASTM (2005b).

Observou-se que a posição radial da madeira ocasionou efeito significativo na perda de massa, e para as amostras provenientes da região externa da tora registrou-se valores inferiores, quando comparados àqueles provenientes da região central da tora. Este efeito pode ser explicado pela provável maior retenção do produto nesta posição, causada pela maior proporção de parede celular nas amostras provenientes da região mais periférica da tora.

**Tabela 5.** Valores médios de perda de massa causada pelo fungo *Neolentinus lepideus* para cada concentração e posição na madeira de *Pinus caribea* tratada com os produtos naturais.

**Table 5.** Mean values of mass loss caused by the fungus *Neolentinus lepideus* for each position and concentration of *Pinus caribea* wood treated by natural products.

Fonte de variação	Nível do Fator			Perda de Massa (%)				
	Produto	Concentração (%)	Posição	Média		DP		
FATORES	A – Produto*	Neem			13,91	AA	5,35	
		RB			4,32	BB	4,70	
		RB+TC			5,98	BB	7,61	
		TC			6,81	BB	8,49	
	B – Concentração*		5		10,55	AA	7,80	
			50		4,96	BB	6,24	
	C – Posição			C	7,37		8,41	
				E	8,14		6,70	
	INTERAÇÕES	A x B*	Neem	5		13,54	A	6,57
				50		14,27	A	4,03
			RB	5		5,91	BC	6,00
				50		2,73	C	2,17
RB+TC			5		11,11	AB	7,63	
			50		0,86	C	2,32	
TC			5		11,66	AB	9,36	
			50		1,96	C	3,42	
A x C		Neem		C	15,38		7,14	
				E	12,43		2,00	
		RB		C	3,44		4,48	
				E	5,20		4,95	
	RB+TC		C	3,88		6,95		
			E	8,08		7,95		
	TC		C	6,78		9,06		
			E	6,84		8,28		
B x C*		5	C	8,72	AB	9,42		
		5	E	12,39	A	5,36		
		50	C	6,02	BC	7,20		
		50	E	3,89	C	5,03		
	A x B x C	Neem	5	C	13,86		9,59	
		Neem	5	E	13,22		1,70	
		Neem	50	C	16,90		3,83	
		Neem	50	E	11,64		2,11	
RB		5	C	3,21		6,30		
RB		5	E	8,60		4,71		
RB		50	C	3,67		2,08		
RB		50	E	1,79		1,98		
RB+TC		5	C	7,60		8,54		
RB+TC		5	E	14,63		5,06		
RB+TC		50	C	0,17		0,40		
RB+TC		50	E	1,54		3,26		
TC		5	C	10,23		11,45		
TC		5	E	13,08		7,54		
TC		50	C	3,33		4,57		
TC		50	E	0,60		0,61		

DP = Desvio Padrão; C = Central; E = Externa; \* = Fator ou Interação significativo; Média com letras iguais denotam igualdade estatística em nível de 95% de probabilidade dentro de cada fator ou interação. RB= Resina de bisabolol; TC= Terpeno de candeia.

As interações de primeira ordem produto x concentração e produto x posição também proporcionaram efeitos significativos nos resultados. Para a interação produto x concentração, observa-se que as médias obtidas nos tratamentos em que o óleo de neem foi utilizado resulta-

ram em uma maior perda de massa. A interação produto x posição também proporcionou efeito significativo na perda de massa para o fungo *Trametes versicolor*. Nota-se uma igualdade estatística entre praticamente todas as combinações para os valores de perda de massa, exceto quan-

do foi utilizado o óleo de neem para impregnar a madeira da região central da tora, nesta condição os valores de perda de massa apresentaram-se significativamente superiores aos demais, evidenciando que este produto foi menos eficiente para inibir a ação do fungo (Tabela 6).

### Eficiência dos produtos naturais testados na resistência da madeira tratada

De modo geral, o tratamento químico realizado com os produtos naturais resina de bisabolol (RB), terpeno de candeia (TC) e a com-

**Tabela 6.** Valores médios de perda de massa causada pelo fungo *Trametes versicolor* para cada concentração e posição na madeira de *Pinus caribaea* tratada com os produtos naturais.

**Table 6.** Mean values of mass loss caused by the fungus *Trametes versicolor* in *Pinus caribaea* treated with different concentrations of natural products.

Fonte de variação	Nível do Fator			Perda de Massa (%)				
	Produto	Concentração (%)	Posição	Média	DP			
FATORES	A – Produto*	Neem			10,71	A	10,64	
		RB			2,75	B	3,61	
		RB+TC			3,2	B	5,19	
		TC			3,4	B	6,02	
	B – Concentração		5		6,02		6,69	
			50		4,07		8,25	
	C – Posição*			C	6,85	A	9,37	
				E	3,23	B	4,51	
	INTERAÇÕES	A x B*	Neem	5		8,40	AB	7,97
				50		13,02	A	12,71
			RB	5		3,36	BC	4,64
				50		2,15	BC	2,22
RB+TC			5		5,96	BC	6,19	
			50		0,53	C	1,40	
TC			5		6,34	BC	7,33	
			50		0,59	C	2,01	
A x C*		Neem		C	19,03	A	9,03	
				E	2,38	B	2,04	
		RB		C	2,05	B	3,74	
				E	3,46	B	3,50	
	RB+TC		C	3,59	B	5,78		
			E	2,90	B	4,77		
	TC		C	2,74	B	5,38		
			E	4,19	B	6,77		
B x C		5	C	6,86		7,68		
		5	E	5,17		5,57		
		50	C	6,85		10,97		
		50	E	1,29		1,63		
	A x B x C	Neem	5	C	14,77		5,98	
		Neem	5	E	2,03		2,59	
		Neem	50	C	23,29		10,00	
		Neem	50	E	2,74		1,46	
RB		5	C	1,97		4,80		
RB		5	E	4,75		4,45		
RB		50	C	2,14		2,78		
RB		50	E	2,16		1,77		
RB+TC	5	C	6,39		7,14			
RB+TC	5	E	5,53		5,74			
RB+TC	50	C	0,80		1,93			
RB+TC	50	E	0,26		0,62			
TC	5	C	4,31		7,04			
TC	5	E	8,37		7,67			
TC	50	C	1,17		2,84			
TC	50	E	0,01		0,00			

DP = Desvio Padrão; C = Central; E = Externa; \* = Fator ou Interação significativo; Média com letras iguais denotam igualdade estatística em nível de 95% de probabilidade dentro de cada fator ou interação. RB= Resina de bisabolol; TC= Terpeno de candeia.



binação dos produtos foi eficaz no tratamento da madeira, para os fungos estudados, por proporcionar uma redução significativa na perda de massa, quando comparada aos valores observados para a madeira de *Pinus caribea* não tratada. Mesmo o óleo de neem, que demonstrou-se menos eficiente dentre os produtos testados, conferiu resultados satisfatórios para a proteção da madeira, exceto para o fungo causador de podridão branca *Trametes versicolor*.

Os produtos naturais RB e TC, a 50% de concentração, ocasionaram redução significativa dos valores de perda de massa proporcionando a classificação da madeira tratada como altamente resistente (ASTM, 2005b). Porém, com perdas de massa superiores aos tratamentos realizados com os produtos químicos CCA e CCB.

Quanto ao efeito da região de procedência dos corpos de prova, o emprego da madeira proveniente da porção externa resultou nas menores perdas de massa. Isto pode ser explicado pela diferença anatômica dos lenhos juvenil e adulto da madeira. Segundo Vidaurre et al. (2011), a madeira adulta possui maiores valores para comprimento de traqueídeos e parede celular mais espessa.

Uma maior espessura da parede celular proporciona uma maior retenção do produto químico por unidade de volume, proporcionando à madeira tratada uma maior resistência biológica.

Apesar da alta concentração utilizada para os produtos naturais neste trabalho (50%), quando comparada à adotada no tratamento com o CCA e o CCB, que foi de 3% é importante ressaltar que os subprodutos empregados são provenientes de fontes naturais e portanto oferecem menor risco ao homem e ao ambiente, além de se demonstrarem promissores componentes para a fabricação de novos produtos para preservação de madeiras. Nesse sentido é pertinente considerar outras abordagens experimentais com esses produtos naturais, que levem em consideração análises na variação de concentrações bem como testes que avaliem a sinergia destes com outras moléculas naturais ou sintéticas, na preservação de madeiras.

## CONCLUSÕES

Os produtos naturais, Resina de bisabolol, Terpeno de candeia e óleo de neem, demonstram-se eficientes na proteção da madeira de *Pinus Caribaea* à ação de fungos xilófagos de podridão branca e parda em condições de laboratório;

A ação do fungo *Postia placenta* proporciona superior perda de massa na madeira de *Pinus caribaea* Morelet tratada com os produtos avaliados;

A concentração de 50% dos produtos naturais proporciona aumento significativo na proteção à deterioração promovida pelos fungos xilófagos em comparação com a concentração de 5%;

O uso dos produtos Resina de bisabolol e Terpeno de Candeia, bem como a combinação destes na relação 1:1, e concentração de 50%, preserva a madeira de *Pinus caribaea* tornando-a altamente resistente à ação dos fungos xilófagos avaliados;

Para os fungos de podridão parda (*Postia placenta* e *Neolentinus lepideus*) a posição radial da madeira (juvenil ou adulta) não é um fator que define a ação destes. Já para o fungo de podridão branca (*Trametes versicolor*) o lenho adulto é fator retardante para o seu desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-1413: Standard test method for wood preservatives by laboratory soilblock cultures. Annual Book of ASTM Standards, v. 0410, 2005a. 119-121 p.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-2017. Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Annual Book of ASTM Standards, v. 0410, 2005b. 324-328 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA DE TECNOLOGIA. Resposta técnica: produtos químicos. Brasília: CETEC, 2005. Disponível em: <<http://sbrt.ibict.Upload/sbrt629pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2012.

HEDGE, N. G. Improving the productivity of neem trees. *Indian Journal of Entomology*, New Delhi, v. 50, p. 147-150, 1993.

HEDLEY M.; PAGE D.; PATTERSON B. Long term performance of CCA preservatives in ground contact. In: IRG ANNUAL MEETING, 31., 2000, Kona. *Proceedings...* Kona: IRGWP, 2000. p. 14.

MARTÍNEZ, Á. T.; SPERANZA, M.; RUIZ-DUEÑAS, F. J., FERREIRA, P.; CAMARERO, S.; GUILLÉN, F., MARTÍNEZ, M.J.; GUTIÉRREZ, A.; DEL RÍO, J.C. Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. *International Microbiology*, Madrid, v. 8, n. 3, p. 195-204, set. 2005.

- MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A.; SUSIN, F. Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 357-365, 2010.
- MOTA, J. P. ; ALVES, R. C. ; OLIVEIRA, J. T. S. ; PAES, J. B. ; VIDAURRE, GRAZIELA BAPTISTA . Resistência natural da madeira de *Tectona grandis* em ensaio de laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 8, p. 1393-1398, 2013.
- PAES, J. B.; RAMOS, I. E. C.; NASCIMENTO, J. W. B. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) a cupins xilófagos, em ensaio de alimentação forçada. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 15, n. 1, p. 01-12, 2008.
- PAES, J. B.; SOUZA, A. D.; LIMA, C. R.; MEDEIROS NETO, P. N. Eficiência dos óleos de nim e mamona contra cupins xilófagos em ensaio de alimentação forçada. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 105-113, 2010.
- PEDRALLI, G. Estrutura diamétrica, vertical e análise do crescimento da 'candeia' (*Vanillosmopsis erythropappa* Sch. Bip) na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 301-306, 1997.
- PÉREZ, J. F. M. **Sistema de manejo para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish)**. 2001. 71 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- SACILOTTO, A. C. B. C.; SARTORI, F. T.; VICHNEWSKI, W. Chemical constituents of *Eremanthus veadeiroensis* (Asteraceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, Kew, v. 30, n. 9, p. 897-900, 2002.
- SCHMUTTERER, H. **The neem tree *Azadirachta indica* A. Juss. and other meliaceous plants**. Weinheim: VCH, 1995. 696 p.
- SIDDIQUI B. S.; AFSHAN, F.; GULZAR, T.; SULTANA, R.; NAQVI, S. N.; TARIQ, R. M. Tetracyclic triterpenoids from the leaves of *Azadirachta indica* and their insecticidal activities. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, Tokyo, v. 51, n.4, p. 415-417, 2003.
- TREVISAN, H.; LATORRACA, J. V. F., SANTOS, A. L. P. S., TEIXEIRA, J. G.; CARVALHO, A. G. Analysis of rigidity loss and deterioration from exposure in a decay test field of thermorectificated *Eucalyptus grandis* wood. **Maderas. Ciencia y tecnología**. Concepción, v. 16, n. 2, p. 217-226, 2014.
- VIDAURRE, G.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C. Lenho Juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 4, p. 469-480, 2011.

Recebido em 08/05/2014  
Aceito para publicação em 11/02/2015