

O CREOSOTO DE *Eucalyptus* SPP COMO PRESERVATIVO PARA MADEIRAS

IVALDO P. JANKOWSKY

ESALQ-USP, Depto. de Ciências Florestais
13400 - Piracicaba - SP

ENNIO S. LEPAGE

TECNOMAD - Consultoria e Serviços
São Paulo - SP

ABSTRACT - The possibility of using the wood-tar creosote from *Eucalyptus* spp in wood preservation was investigated. The wood-tar, obtained as by-product in two industrial and one pilot plant of wood carbonization, was distilled under reduced pressure (2.3 to 3.3 kPa) to give the creosotes. The wood-tar creosotes were tested in laboratory against biodeterioration, in comparison to coal-tar creosote. Although the wood treated with vegetable creosotes showed a good resistance against termites, white rot fungi and brown rot fungi, it did not resist the attack by soft rot fungi. In all tests, the coal-tar creosote gave the best protection to wood. The wood-tar creosotes are not indicated for structural uses of wood, as poles, but it could be used in the treating of fence posts through non-pressure process.

RESUMO - Neste trabalho é estudada a possibilidade de se utilizar o creosoto da madeira de *Eucalyptus* spp obtida como sub-produto da produção de carvão, para a preservação de madeiras. Para tanto, alcatrões recuperados em três unidades de carbonização, duas industriais e uma piloto, foram destilados em laboratório, sob pressão reduzida (2,3 a 3,3 kPa), para obtenção dos creosotos. Os creosotos vegetais foram ensaiados comparativamente ao creosoto mineral através dos testes de apodrecimento acelerado e resistência a cupins e a podridão mole. Verificou-se que a madeira tratada com os creosotos vegetais não é resistente à deterioração causada por fungos de podridão mole, mas apresenta boa resistência aos fungos das podridões branca e parda e ao ataque de cupins, sem igualar-se, porém, à madeira tratada com o creosoto mineral. Assim, os creosotos vegetais puros não são indicados para o tratamento de madeiras com função estrutural como postes; mas podem ser utilizados para a impregnação de peças simples, como moirões de cercas, através de processos sem pressão.

INTRODUÇÃO

Embora o conhecimento sobre as propriedades antissépticas dos alcatrões remonte aos primórdios da história da civilização, apenas na Idade Média é que se registra o uso de um alcatrão, extraído da madeira, aplicado na sua própria preservação. Posteriormente, no final do século XVIII e início do século XIX, a abundância do creosoto de hulha e o desenvolvimento de processos de tratamento em autoclave fizeram com que o produto mineral se firmasse como um excelente preservativo de madeiras.

A utilização do creosoto vegetal para a preservação de madeiras foi interrompida no início do século XX, ao mesmo tempo em que os esforços de pesquisa concentraram-se no creosoto mineral e nos preservativos hidrossolúveis. No decorrer do atual século observou-se uma evolução constante na padronização e nos processos de obtenção e aplicação do creosoto da hulha.

A utilização extensiva do creosoto vegetal foi prejudicada principalmente pela sua produção em pequenas quantidades e a variabilidade na sua composição (BLEW & CHAMPION, 1952), (HUNT & GARRAT, 1967), (MARTINEZ, 1952). A produção insuficiente para uso na impregnação de madeiras devia-se, provavelmente, a outras oportunidades de mercado tanto para o alcatrão bruto como para os destilados (HUNT & CARRAT, 1953), assim como a variabilidade na composição refletia a falta de uma especificação ou norma exclusiva para o creosoto destinado à impregnação (MARTINEZ, 1952).

Mesmo com essas restrições, diversas marcas de creosoto vegetal destinado à preservação eram comercializadas no início do século, principalmente nos Estados Unidos (Tabela 1). MARTINEZ, 1952 cita o uso do creosoto vegetal também na Inglaterra (com o nome comercial de Shalco) e na Iugoslávia, país onde o produto era misturado ao creosoto mineral.

Tabela 1 - Creosotos de madeira comercializados nos Estados Unidos, destinados à preservação de madeiras.

Nome Comercial	Matéria-prima	Referências
Preservol	folhosas (faia)	WEISS, 1916
Spiritine	coníferas	HUNT & SNYDER, 1941; WEISS, 1916
Lyster	folhosas	WEISS, 1916
Beechwood Creosote	folhosas (faia)	SMITH & ACREE, 1917; WEISS, 1916
No-D-K	folhosas	HUNT & SNYDER, 1941; MARTINEZ, 1952; RICHARDSON, 1978; WEISS, 1916
Mapplewood Creosote	folhosas (bordo)	PIEPER et alii, 1917
Termite Oil	coníferas	HUNT & SNYDER, 1941

De acordo com WILKINSDN (1979), atualmente, o creosoto vegetal é utilizado apenas em países com deficiências no suprimento de creosoto mineral, e que, como preservativo, ele é um produto de pequena importância. Mesmo assim, as características preservativas do creosoto vegetal tem sido objeto de estudos constantes.

Ensaio conduzidos pelo IPT (IPT/DIMAD, 1980), (IPT/DIMAD, 1985) demonstraram que o poder inseticida, avaliado em relação a cupins de madeira seca, varia em função do tratamento a que foi submetido o creosoto vegetal. Embora os testes em laboratório comprovem que o creosoto vegetal é eficiente na proteção da madeira contra o ataque de térmitas, a adição do creosoto mineral na proporção de 1:1 em volume aumentou a eficiência do produto, notadamente quando os corpos de prova impregnados foram submetidos a uma volatilização prévia. Comportamento similar foi observado em ensaios

de toxidez contra fungos apodrecedores causadores de podridões branca, parda e mole (IPT/DIMADI 1984), (IPT/DIMAD, 1985).

Para avaliar com exatidão o desempenho da madeira tratada com creosoto vegetal, o Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos instalou, na década de 30, dois campos de apodrecimento. Pelos resultados do teste com estacas infere-se que a vida média da madeira tratada com O creosoto de folhosas representa 31% e 43% da durabilidade média conferida pelo creosoto mineral, para retenções de 112 kg/m³ e 220 kg/m³, respectivamente (BLEW & JOHNSTON, 1956), (HUNT & SNYDER, 1941), (HUNT & SNYDER, 1942), (HUNT & SNYDER, 1952). No ensaio com postes, a durabilidade média do creosoto vegetal foi de 60% em relação ao mineral, com retenções em torno de 100 kg/m³ (BLEW, 1947), (BLEW & KULP, 1954), (BLEW & KULP, 1963), (WIRKA, 1941).

Os ensaios demonstraram também que para retenções entre 96 kg/m³ e 112 kg/m³, a durabilidade dos postes tratados com creosoto (35 anos) foi 3,5 vezes maior do que a durabilidade das estacas (10 anos), ao passo que para o creosoto vegetal a vida média dos postes (21 anos) foi 6,8 vezes superior a das estacas (3,1 anos).

LILLJA (1947), baseado nos resultados de um teste de campo com vigas e tábuas, afirma que podem ser obtidos bons resultados impregnando-se a madeira com creosoto, alcatrão de madeira, óleo de alcatrão de madeira e um preparado a base desse alcatrão.

Contudo, percebe-se que, apesar do creosoto vegetal conferir à madeira uma razoável resistência aos organismos deterioradores, a sua eficiência em campo é notadamente inferior a do creosoto mineral. Esse aspecto já havia sido comentado por BLEW & CHAMPION (1952), o qual considerou essa característica como uma das razões para que o creosoto vegetal não se firmasse como um bom preservador.

Com o objetivo de aumentar a toxidez dos produtos destilados da madeira, diversos pesquisadores voltaram-se para a aditivização dos óleos, procurando fortificar as substâncias fenólicas pela reação com enxofre (INOUE et alii, 1950), (INOUE et alii, 1951), nitrogênio (BOTELHO, 1951) ou cloro (BOTELHO, 1951), (INOUE et alii, 1951), (SHIRK et alii, 1951), (SHIRK et alii, 1951).

Apesar dos resultados promissores, os testes com a fortificação do creosoto vegetal permanecem ao nível de ensaios em meio de cultura, que são insuficientes para garantir a futura eficiência do produto nos campos de apodrecimento ou em condições reais de uso da madeira tratada.

Considerando-se que, para as nossas condições, houve um incentivo à produção do carvão vegetal, despertando o interesse na recuperação do alcatrão e, adicionalmente, verificou-se nas últimas décadas uma evolução do conhecimento referente à degradação biológica da madeira, com a disponibilidade de técnicas laboratoriais mais precisas para o estudo do comportamento biocida dos preservativos, ressurgiu a oportunidade de realizar estudos sobre a utilização do creosoto vegetal.

Assim, o presente trabalho visou retomar as pesquisas sobre o creosoto vegetal, avaliando a viabilidade de sua utilização como preservativo para madeiras, e indicando os aspectos mais importantes a serem estudados de modo a aprimorar sua aplicação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados três creosotos vegetais, destilados a partir de alcatrões fornecidos pela Companhia Agro-Florestal Santa Bárbara (Creosoto CAF), pela Acesita Energética

(Creosoto ACESITA) e pelo Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP (Creosoto ESALQ). Os detalhes dos processos de recuperação e destilação são apresentados por JANKOWSKY (1986).

Para o ensaio de apodrecimento acelerado (Soil Block Test), realizado seguindo-se a norma ASTM 0-1413 (ASTM, 1981), foram utilizadas 1088 amostras de forma cúbica com 1,9 cm de aresta, apresentando 2 ou 3 anéis de crescimento na face radial e com massa específica variando entre 0,400 g/cm³ e 0,550 g/cm³. A madeira usada para a confecção dos corpos de prova foi o **Pinus caribaea** var. **hondurensis**.

A impregnação dos corpos de prova se deu por imersão no produto à pressão ambiente, e as amostras tratadas foram agrupadas em quatro níveis de retenção:

- retenção 1 = de 54 kg/m³ a 66 kg/m³
- retenção 2 = de 81 kg/m³ a 99 kg/m³
- retenção 3 = de 117 kg/m³ a 143 kg/m³
- retenção 4 = de 162 kg/m³ a 198 kg/m³

sendo que O valor médio da retenção 3 (130 kg/m³) é o mínimo preconizado para o tratamento de postes com creosoto mineral, de acordo com as normas brasileiras (ABPM, 1973).

Metade dos corpos de prova (544 amostras) foi submetida à volatilização, de acordo com o item 12 da norma ASTM D-1413 (ASTM, 1981).

O ensaio de apodrecimento acelerado foi realizado em relação aos fungos **Gloeophyllum trabeum** (Pers. ex Fries) Murr., **Polyporus fumosus** Pers. ex Fries, **Fomes connatus** (Weinn) Gill e **Lentinus lepideus** Fries. Em resumo, avaliou-se no ensaio a combinação das seguintes variáveis:

- 4 produtos (3 creosotos vegetais e o creosoto mineral)
- 4 fungos (**G. trabeum**, **P. fumosus**, **F. connatus** e **L. lepideus**)
- 4 retenções (60, 90, 130 e 180 kg/m³)
- 2 situações (submetido ou não à volatilização)

Foram ensaiadas oito repetições (amostras) por combinação produto/fungo/retenção/situação, com duas séries testemunhas (amostras não impregnadas) por fungo, também com oito repetições por série.

A avaliação do ensaio é feita com base na perda de massa dos corpos de prova em relação ao fungo estudado, comparando-se O comportamento dos creosotos vegetais com o resultado do creosoto mineral e das testemunhas não impregnadas.

O ensaio de resistência a fungos de podridão mole foi conduzido de acordo com a norma IPT/DIMAD D-5 (PIEPER et alii, 1917), a qual fundamenta-se no trabalho desenvolvido por SAVORY & CAREY, 1973.

Foram utilizados 340 corpos de prova de guapuruvu (**Schizolobium parahyba**), com de 3,0 cm x 1,5 cm x 0,5 cm e massa específica variando de 0,270 a 0,330 g/cm³.

Os procedimentos para impregnação e volatilização, bem como os níveis de retenção, foram idênticos aos adotados para o ensaio de apodrecimento acelerado.

Foi avaliada a combinação das variáveis: - 4 produtos (3 creosotos vegetais e o creosoto mineral); 4 retenções (60,90, 130 e 180 kg/m³); 2 situações (submetido ou não à volatilização).

Adicionalmente foram instaladas duas séries testemunhas não impregnadas. Tanto a testemunha como cada uma das combinações produto/ retenção/situação tiveram dez

repetições (amostras), sendo que, seis foram enterradas em solo natural e quatro, em solo previamente esterilizado.

A avaliação do ensaio é feita com base na perda de massa corrigida das amostras, comparando-se os creosotos vegetais com o creosoto mineral e a testemunha. A correção, para cada lote de 10 repetições, é obtida subtraindo-se da perda de massa verificada nas amostras enterradas em solo natural o valor acusado pelas amostras expostas ao solo esterilizado. Esse procedimento assegura que as médias corrigidas serão consequência apenas do ataque da microflora existente no solo.

Para confirmar o tipo de apodrecimento foram feitos cortes dos corpos de prova para exame ao microscópio de luz polarizada.

O ensaio que objetiva avaliar a resistência da madeira tratada quando exposta à ação de cupins de madeira seca, do gênero **Cryptotermes** (família Kalotermitidae), foi realizado seguindo-se o método descrito pela norma IPT/DIMAD D-2 (IPT/DIMAD, 1980).

Foram utilizados 340 corpos de prova de **Pinus caribaea** var. **hondurensis**, com dimensões de 7,0 cm x 2,3 cm x 0,6 cm, sendo a dimensão de 7,0 cm paralela à direção das fibras. As amostras apresentavam dois ou três anéis de crescimento na face transversal, com a massa específica variando de 0,450 g/cm³ a 0,600 g/cm³.

Os cuidados para a seleção e impregnação das amostras, assim como os procedimentos do agrupamento em função dos níveis de retenção e posterior ensaio de volatilização, foram os mesmos do ensaio de apodrecimento acelerado.

Para a execução do ensaio, as amostras são unidas aos pares pelas laterais com 7,0 cm, colocando-se sobre elas um cilindro de vidro com 4,0 cm de altura e 3,5 cm de diâmetro interno. Dentro do cilindro são colocados 40 cupins, sendo 38 ninfas e dois soldados. Para cada combinação produto/retenção/situação foram montados cinco desses conjuntos.

As variáveis combinadas no ensaio foram: - 4 produtos (3 creosotos vegetais e o creosoto mineral); - 4 retenções (60,90, 130 e 180 kg/m³); - 2 situações (submetido ou não à volatilização), com a condução em paralelo de duas séries (10 conjuntos de amostras) testemunhas, não impregnadas.

Na avaliação foram computados o número de cupins mortos e o desgaste produzido. Para o desgaste atribuíram-se notas variando de 0 a 4, de acordo com a seguinte correspondência:

- 0 - nenhum desgaste
- 1 - desgaste superficial
- 2 - desgaste moderado
- 3 - desgaste acentuado
- 4 - desgaste profundo

A análise dos resultados foi feita comparando-se os creosotos vegetais com o creosoto mineral e a testemunha não impregnada.

Os resultados dos ensaios foram submetidos à análise da variância, utilizando-se o teste F. Adotaram-se os modelos lineares para experimentos fatoriais, considerando-se as esperanças dos quadrados médios.

Em todas as análises efetuadas, quando ocorreu de uma das variáveis ou interações (causa da variação) apresentar significância no teste F, procedeu-se a comparação entre médias através do teste Tukey, procurando-se detectar qual o fator responsável pela significância acusada.

Seguindo as recomendações de STEEL & TORRIE (1980), os valores da perda de massa, em porcentagem, foram previamente transformados em $\sqrt{x+0,5}$; e a porcentagem de cupins mortos (mortalidade) em $\sqrt{x/10}$. Na interpretação dos resultados da análise estatística foi levada em consideração a existência ou não da homocedasticidade das variâncias residuais.

RESULTADOS E DISCUSSAO

Os resultados médios do ensaio de apodrecimento acelerado constam da Tabela 2. Para facilitar o exame, esses resultados foram agrupados em função das variáveis nas Tabelas 3 a 6.

Tabela 2. Valores médios da perda de massa, em (%), obtidos no ensaio de apodrecimento acelerado.

Creosoto Fungo utilizado	Níveis de Retenção (kg/m ³)							
	60		90		130		180	
	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V
ESALQ								
F. connatus	12,37	15,55	0,25	0,04	2,44	1,64	2,44	1,60
P. fumosus	0,10	0,45	0,61	0,76	0,64	0,64	1,71	1,91
G. trabeum	0,64	0,28	0,47	0,66	0,59	0,39	2,00	1,65
L. lepideus	0,05	0,33	0,51	0,42	0,36	0,75	2,16	2,08
CAF								
F. connatus	0,68	3,37	2,64	1,87	7,42	6,42	7,25	5,37
P. fumosus	1,89	1,77	2,99	2,03	4,27	3,76	7,87	5,08
G. trabeum	0,87	1,58	3,57	2,58	3,30	3,63	6,83	3,90
L. lepideus	1,88	1,47	2,55	2,82	4,38	4,02	6,10	5,23
ACESITA								
F. connatus	2,66	2,67	3,38	2,48	3,55	3,09	5,28	6,05
P. fumosus	2,46	2,58	4,37	3,49	3,87	4,01	4,80	5,08
G. trabeum	1,92	1,50	2,55	2,79	3,82	3,14	6,06	4,05
L. lepideus	1,85	1,48	3,96	3,30	2,84	3,74	4,90	4,79
MINERAL								
F. connatus	0,00	0,00	0,13	0,13	0,16	0,55	0,59	0,04
P. fumosus	0,14	0,00	0,05	0,20	0,16	0,22	0,52	0,08
G. trabeum	0,00	0,09	0,08	0,21	0,12	0,48	0,00	0,08
L. lepideus	0,00	0,77	0,20	0,32	0,37	0,46	0,46	0,24
TESTEMUNHA								
F. connatus	53,37				G. trabeum		51,66	
P. fumosus	61,26				L. lepideus		52,59	
ONDE:	NV = Não submetido à volatilização							
	V = submetido a volatilização							

Tabela 3 - Valores médios da perda de massa, em (%), para a combinação entre os fatores creosotos e retenções.

Creosotos	Retenções (kg/m ³)				Média Geral
	60	90	130	180	
ESALQ	3,72	0,47	0,93	1,94	1,77
CAF	1,69	2,63	4,65	5,95	3,73
ACESITA	2,14	3,29	3,51	5,13	3,52
MINERAL	0,12	0,17	0,32	0,25	0,21
MÉDIA GERAL	1,92	1,64	2,35	3,32	2,31

Tabela 4 - Valores médios da perda de massa, em (%), para a combinação entre os fatores creosotos e fungos.

Creosotos	Fungos				Média Geral
	F. connatus	P. fumosus	G. trabeum	L. lepideus	
ESALQ	4,54	0,85	0,84	0,83	1,77
CAF	4,42	3,71	3,28	3,56	3,73
ACESITA	3,65	3,83	3,23	3,36	3,52
MINERAL	0,20	0,17	0,13	0,35	0,21
MÉDIA GERAL	3,20	2,14	1,87	2,02	2,31

Tabela 5 - Valores médios da perda de massa, em (%), para a combinação entre os fatores retenções e fungos.

Fungos	Retenções (kg/m ³)				Média Geral
	60	90	130	180	
F. connatus	4,66	1,37	3,16	3,58	3,20
P. fumosus	1,17	1,81	2,20	3,38	2,14
G. trabeum	0,86	1,61	1,93	3,07	1,87
L. lepideus	0,98	1,76	2,12	3,25	2,02
MÉDIA GERAL	1,92	1,64	2,35	3,32	2,31

Tabela 6 - Valores médios da perda de massa, em (%), para a combinação entre os fatores retenções e situações.

Situações	Retenções (kg/m ³)				Média Geral
	60	90	130	180	
Não volatilizado	1,72	1,77	2,39	3,69	2,39
Volatilizado	2,12	1,51	2,31	2,95	2,22

O primeiro aspecto a ser notado é a diferença entre o comportamento do creosoto mineral e dos creosotos vegetais. O destilado de hulha, confirmando ser um dos melhores preservativos disponíveis no mercado, mostrou-se altamente tóxico e conferiu a madeira excelente resistência contra os fungos utilizados no ensaio. Mesmo o fungo **Lentinus lepideus**, citado como sendo resistente (COWLING, 1957), (DUNCAN, 1952), (DUNCAN

& RICHARDS, 1951), (RICHARDSON, 1978) ao creosoto mineral, somente conseguiu provocar uma perda de massa superior à causada no creosoto ESALQ na retenção de 60 kg/m³.

Nessa condição específica (retenção de 60 kg/m³ contra o fungo **Lentinus lepideus**), em que se registrou a maior perda de massa para o creosoto mineral, o valor absoluto foi maior do que o registrado para o creosoto ESALQ, sem atingir, porém, uma diferença significativa na comparação de médias. Assim, pode-se concluir que o creosoto mineral conferiu à madeira proteção superior à conferida pelos creosotos vegetais.

Observa-se também que os creosotos CAF e ACESITA apresentaram resultados similares, e propiciando à madeira proteção inferior à do creosoto ESALQ. Apenas em uma única situação (retenção de 60 kg/m³, contra o fungo **Fomes connatus**) verificou-se a inversão desse comportamento.

Quanto à tendência da perda de massa aumentar com a retenção, a explicação mais plausível é a volatilização dos creosotos. Durante a execução do ensaio percebeu-se que a perda de massa causada exclusivamente pela volatilização foi proporcional à retenção, e os dados da Tabela 6 demonstram que, exceto para a menor retenção, a perda de massa das amostras submetidas à volatilização é inferior à dos corpos de prova não volatilizados.

Na retenção de 60 kg/m³ a quantidade de preservativo é relativamente pequena, e a quantidade perdida no ensaio de volatilização é suficiente para tornar as amostras mais susceptíveis ao apodrecimento. Nas retenções superiores a perda de produto não tem efeito pronunciado na resistência das amostras, e aquelas não submetidas à volatilização preliminar perdem, durante o ensaio, uma certa porção dos óleos e que é proporcional ao total existente na madeira.

Assim, a perda de massa registrada ao final do ensaio representa o efeito conjunto do apodrecimento (quando ocorre) e da evaporação nas substâncias mais voláteis durante o ensaio. Esse comportamento, que já foi relatado em ensaios semelhantes (IPT/DIMAD, 1984), (IPT/DIMAD, 1985) explica não ter sido detectado um efeito significativo do fator volatilização e a significância da interação entre retenções e situações (volatilizado ou não).

Um aspecto extremamente importante a ser ressaltado, apesar da análise estatística dos resultados ter comprovado a superioridade do creosoto mineral, é de que a maior perda de massa média verificada na madeira tratada com os creosotos vegetais em retenções superiores a 90 kg/m³ foi de apenas 7,9%, cerca de oito vezes inferior à perda de massa média da testemunha não tratada.

Considerando-se que esse valor representa não só um provável apodrecimento (não havia evidência visual do apodrecimento) mas também a volatilização do produto, pode-se afirmar que os creosotos vegetais conferem um bom nível de proteção contra os fungos de podridões parda e branca, embora não atinjam o mesmo nível do creosoto mineral.

Sabendo-se que a adição de 2% a 5%, em massa, de pentaclorofenol torna o creosoto mineral mais resistente à deterioração por fungos apodrecedores (COETZEE et alii, 1978), (LUMSDEN, 1960), (SNOKE, 1954), e que esse efeito pode vir a ser obtido nos creosotos vegetais através da sufuração (INOUYE et alii, 1950), (INOUYE et alii, 1951), nitração (BOTELHO, 1951) ou cloração (BOTELHO, 1951), (INOUYE et alii, 1951), (SHIRK et alii, 1951), (SHIRK et alii, 1951), torna-se viável sugerir a alternativa da fortificação do produto vegetal com o objetivo de melhorar o seu desempenho e torná-lo comparável ao creosoto mineral.

Os resultados médios da perda de massa verificada no ensaio de resistência a fungos de podridão mole são apresentados na Tabela 7.

De acordo com a norma adotada para este ensaio (IPT/DIMAD, 1980), considera-se que perdas de massa iguais ou superiores a 3,0% são evidências do ataque de fungos da podridão mole. Na Tabela 7 percebe-se que apenas as amostras tratadas com o creosoto mineral apresentaram perdas abaixo do limite fixado.

Tabela 7 - Valores médios da perda de massa, em (g) e (%), obtidos no ensaio de resistência a fungos da podridão mole.

Produto Situação	Níveis de Retenção (kg/m ³)							
	60		90		130		180	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
ESALQ								
n.v.	0,123	16,37	0,037	4,61	0,075	9,54	0,063	7,61
v.	0,045	5,98	0,097	12,66	0,065	8,38	0,075	9,60
CAF								
n.v.	0,060	8,07	0,082	11,00	0,117	14,63	0,043	5,15
v.	0,053	7,20	0,084	11,07	0,086	11,49	0,033	4,19
ACESITA								
n.v.	0,070	9,37	0,033	4,12	0,038	4,60	0,067	7,43
v.	0,040	5,73	0,093	11,19	0,107	13,10	0,066	8,24
MINERAL								
n.v.	0,002	0,20	0,002	0,20	0,000	0,00	0,000	0,00
v.	0,023	3,00	0,003	0,41	0,000	0,00	0,000	0,00
TESTEMUNHA								
n.v. (não volatilizado)		= 0,060(g)		8,81(%)				
v. (volatilizado)		= 0,065(g)		9,50(%)				

Poder-se-ia supor que parte da redução observada na massa das amostras tivesse sido causada pela evaporação das substâncias voláteis dos creosotos vegetais, a exemplo do que ocorreu no ensaio anterior. Contudo, o fato de os corpos de prova terem permanecido soterrados no decorrer do ensaio, e ter sido efetuada uma correção com base em amostras colocadas em solo esterilizado, tornam muito pequena a possibilidade dessa hipótese ser viável. Além disso, a comparação entre médias da alteração entre situações e retenções comprovou que não existe um efeito constante do fator volatilização.

Para auxiliar a análise quantitativa dos resultados foram selecionadas as duas amostras que mais perderam massa, em cada um dos 24 lotes trata dos com os creosotos vegetais, para análise qualitativa.

Através do exame com microscópio de luz polarizada, constatou-se que todos os corpos de prova tinham, em suas paredes celulares, cavidades características do ataque de fungos da podridão mole. Dessa forma, a análise qualitativa comprovou que a perda de massa verificada ao final do ensaio pode ser atribuída à degradação biológica.

Além da diferença entre creosotos, função da atuação do creosoto mineral, a análise da variância acusou também significância para o fator retenções e para a interação entre creosotos e retenções. Todavia, no exame da comparação entre médias verificou-se, da mesma forma que para a interação com o fator situações, que apenas o creosoto mineral

apresenta um comportamento lógico, com a perda de massa inversamente relacionada à retenção.

Nos creosotos ESALQ e ACESITA não há diferença significativa entre retenções, e para o creosoto CAF não é possível afirmar que uma determinada retenção seja eficiente, pois é evidente que o aumento na quantidade de produto impregnado na madeira não resulta em maior proteção.

Assim, a análise conjunta dos resultados reforça a conclusão anterior sobre a eficiência do creosoto mineral, e permite concluir que os creosotos vegetais não conferem à madeira proteção contra o ataque de fungos de podridão mole.

Os resultados do ensaio de resistência a cupins constam das Tabelas 8 e 9, respectivamente, para as avaliações do desgaste causado pelo ataque dos cupins e da contagem de insetos mortos no decorrer do ensaio. A avaliação do desgaste, apesar de ser subjetiva, é a que representa de maneira mais real a intensidade do ataque dos insetos, sendo o parâmetro principal para a discussão do ensaio.

O creosoto mineral, mais uma vez, exibe sua superioridade, sendo o produto que sofreu o menor desgaste, tornando a madeira ensaiada imune ao ataque dos cupins, independentemente do nível de retenção e do fato dela ser submetida à volatilização ou não. Também foi o produto que causou maior porcentagem de mortos e em menor período de tempo, sendo que seu poder inseticida superior ao dos creosotos vegetais é acentuado na menor retenção (60 kg/m^3) e nas amostras volatilizadas em todos os níveis de retenção.

Tabela 8 - Valores médios do desgaste sofrido pelas amostras do ensaio de resistência a cupins de madeira seca.

Produto	Situação	Níveis de Retenção (kg/m^3)			
		60	90	130	180
Creosoto ESALQ					
	Não volatilizado	1,70	1,30	0,50	0,30
	Volatilizado	1,70	1,10	0,80	0,80
Creosoto CAF					
	Não volatilizado	1,60	0,90	1,00	0,70
	Volatilizado	1,40	1,00	1,30	0,90
Creosoto ACESITA					
	Não volatilizado	1,90	1,40	0,30	0,00
	Volatilizado	2,10	1,60	1,40	0,70
Creosoto MINERAL					
	Não volatilizado	0,10	0,00	0,00	0,00
	Volatilizado	0,20	0,00	0,00	0,00
Testemunha:					
	Não volatilizado =	4,00			
	Volatilizado =	4,00			

Tabela 9 - Valores médios da porcentagem de cupins mortos no ensaio de resistência a cupins de madeira seca. Entre parênteses é apresentado o tempo médio, em dias, decorrido para a morte dos insetos.

Produto	Situação	Níveis de Retenção (kg/m ³)			
		60	90	130	180
Creosoto ESALQ					
	Não volatilizado	84,5(45)	94,0(45)	99,5(45)	100,0(26)
	Volatilizado	78,0(45)	88,5(45)	94,5(45)	87,5(45)
Creosoto CAF					
	Não volatilizado	84,5(45)	94,0(42)	91,5(43)	99,5(39)
	Volatilizado	91,5(45)	82,5(45)	91,5(45)	88,5(45)
Creosoto ACESITA					
	Não volatilizado	90,0(45)	99,5(41)	100,0(23)	100,0(12)
	Volatilizado	88,5(45)	93,5(44)	94,5(44)	100,0(37)
Creosoto MINERAL					
	Não volatilizado	100,0(04)	100,0(10)	100,0(04)	100,0(06)
	Volatilizado	99,5(34)	99,0(17)	100,0(10)	100,0(06)
Testemunha:					
	Não volatilizado =	39,5(45)			
	Volatilizado =	39,0(45)			

Em uma análise geral, o comportamento dos creosotos vegetais foi similar, tanto para o desgaste como para a porcentagem de mortos. Detalhando-se a análise nos quatro níveis de retenção, nota-se que o creosoto CAF apresentou o melhor desempenho nas retenções inferiores, principalmente com 90 kg/m³, enquanto que o creosoto ACESITA foi superior nas maiores retenções, igualando-se ao creosoto mineral, principalmente na situação não volatilizado. O creosoto ESALQ sempre teve um comportamento intermediário entre os outros dois produtos de origem vegetal.

Enquanto que no ensaio de apodrecimento acelerado o creosoto mais "leve" (ESALQ) foi o melhor dentre os vegetais, no ensaio de cupins o creosoto ACESITA (o mais "pesado") teve um desempenho mais destacado. Essa situação, que está relacionada com a diferente forma de fungos e insetos degradarem a madeira, é um indicativo de que os compostos mais "pesados" dos creosotos vegetais também são importantes na ação preservativa do produto.

Verificou-se que a retenção está diretamente relacionada com a porcentagem de mortos e inversamente relacionada com o desgaste, tanto para amostras volatilizadas ou não, quando analisadas por situação.

A retenção de 60 kg/m³ foi a que menos protegeu a madeira, sendo os seus resultados estatisticamente diferentes em relação às demais retenções. Os resultados das retenções de 130 kg/m³ e 180 kg/m³ não diferiram entre si ao nível de 1% de probabilidade no teste de Tukey.

Contudo, o efeito do fator retenções sofreu a influência da volatilização, notadamente nas retenções superiores. O desgaste dos corpos de prova previamente submetidos à volatilização é maior do que os não volatilizados nas retenções de 130 kg/m³ e 180 kg/m³, e, na mesma comparação, a porcentagem de mortos é menor. Esse

comportamento, similar ao ocorrido no ensaio de apodrecimento acelerado, pode também ser explicado pela evaporação de alguns dos componentes dos creosotos durante ensaio.

A liberação de vapores tóxicos contribuiria para matar os cupins mais rapidamente, com o que se evita o desgaste; situação que seria mais acentuada nas retenções elevadas. As amostras previamente volatilizadas estariam liberando menos vapores, obtendo-se então um resultado inverso. Para comprovar essa explicação temos o fato de que os corpos de prova não volatilizados sempre apresentaram maior perda de massa, para os quatro níveis de retenção.

Ensaio conduzidos pelo IPT (IPT/DIMAD, 1984), (IPT/DIMAD, 1985) forneceram resultados semelhantes, isto é, o creosoto vegetal com retenções acima de 130 kg/m³ proporciona à madeira um elevado nível de proteção contra o ataque de cupins, e que essa proteção pode ser melhorada pela mistura com o creosoto mineral ou pelo tratamento químico do creosoto vegetal.

Comparando-se os resultados dos ensaios biológicos, conclui-se que a ação inseticida do creosoto vegetal é mais acentuada do que a sua ação fungicida, podendo ser comparada à do creosoto mineral. Aliás, essa conclusão está de acordo com a ampla indicação dos destilados de alcatrão vegetal para uso no combate a insetos (BEGLINGER, s/d), (NAGASE, 1951), (RIECHE, 1952), (SALMONI, 1945), (VILLA et alii, 1947), (VILLA, 1941), (VILLA, 1951).

Analisando-se o conjunto de resultados dos ensaios biológicos não se pode recomendar o uso do creosoto vegetal puro, na forma como foi produzido para esta pesquisa, para o tratamento industrial de peças estruturais como postes e dormentes, por exemplo. Os principais impedimentos para tal seriam a tolerância pelos fungos da podridão mole, comprovada no presente trabalho, e a alta corrosividade do produto, discutida por JANKOWSKY, 1986.

Todavia, os produtos ensaiados apresentaram características que permitem classificá-los como preservativos de madeiras que, se forem aprimorados, poderão vir a ser excelentes produtos. Essas características favoráveis permitem sugerir o seu uso, no momento, para o tratamento de peças de menor comprometimento estrutural, tais como moirões ou peças para uso sem contato direto com o solo, realizando-se a impregnação por intermédio de processos sem pressão. Da mesma forma, é importante que se dê continuidade ao aprimoramento do produto, procurando eliminar seus pontos fracos e estabelecer uma norma para seu uso.

SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

O presente trabalho não teve a pretensão de esgotar o assunto em pauta, mas sim situar a posição do creosoto vegetal na área da preservação de madeiras, e fornecer a base para novos estudos nesse sentido. Assim, os resultados e a experiência adquiridos no decorrer da pesquisa permitem indicar, com mais propriedade, aspectos importantes a serem estudados; e dessa forma, apresentar mais uma colaboração para o desenvolvimento tecnológico dos setores químico e florestal.

Essas sugestões são resumidas a seguir:

a) uma vez que os ensaios em laboratório mostraram que o creosoto vegetal não impede a ação dos fungos da podridão mole, e esse aspecto irá certamente prejudicar a durabilidade da madeira tratada posta em contato com o solo, tornam-se extremamente importantes os estudos que visem fortificar ou complementar a ação tóxica do produto;

b) considerando-se que o creosoto vegetal pode ser utilizado no tratamento de peças de menor comprometimento estrutural, será interessante verificar o comportamento do produto no tratamento de madeiras através de processos sem pressão;

c) o creosoto vegetal possui um odor característico e desagradável, mas apresenta a vantagem de ser claro e alterar muito pouco a coloração natural da madeira, principalmente as frações mais leves. Assim, uma excelente oportunidade de estudo é o desenvolvimento de um produto para aplicação superficial em madeiras fora de contato direto com o solo:

d) a conclusão definitiva sobre um preservativo ainda é o resultado final de um campo de apodrecimento, cujo planejamento e instalação abrem outra perspectiva para estudos.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, e com base na análise e discussão dos mesmos, podem ser tiradas as seguintes conclusões:

1. Em todos os ensaios biológicos realizados, o creosoto mineral mostrou ser um preservativo de madeiras superior aos seus similares vegetais;

2. os fungos **Fomes connatus** e **Polyporus fumosus** foram, dentre os quatro fungos utilizados, os mais agressivos à madeira tratada com creosotos vegetais, o que os torna indicados para o ensaio da toxidez de substâncias fenólicas;

3. embora não atinjam o mesmo nível do creosoto mineral, os creosotos vegetais conferem à madeira um bom nível de proteção contra o ataque de fungos causadores das podridões branca e parda;

4. os três creosotos vegetais ensaiados não apresentaram resistência contra os fungos de podridão mole, característica indesejável que diminuirá a durabilidade da madeira tratada com esses produtos, quando colocada em contato com o solo;

5. os creosotos vegetais mostraram boa resistência contra o ataque de cupins de madeira seca, sendo que o creosoto ACESITA compara-se ao creosoto mineral para retenções acima de 130kg/cm^3 e não submetido à volatilização;

6. as características dos creosotos vegetais utilizados nesta pesquisa não recomendam a utilização dos mesmos na preservação de madeiras com função estrutural, mas é sugerido o seu uso no tratamento de peças com menor comprometimento ou fora de contato direto com o solo, efetuando-se a impregnação através de processos sem pressão.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **Standard method D-1413: testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures**. Annual book of ASTM standards, part 22. Philadelphia, 1981. p.450-8.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA - Normas e especificações da ABNT: postes de eucalipto preservados sob pressão. **Boletim Técnico**. São Paulo, 1(1): 39-64. 1973.

B EGLINGER, E. - **Distillation of resinous wood** Madison Forest Products Laboratory, sd. 8p.

- BLEW, J.O. - Comparison of preservatives in Mississippi fence post study after 10 years of service. **AWPA Proceedings**, Wash.tngton,43: 26-41. 1947.
- BLEW,J.O. & F.J.CHAMPION - **Preservative treatment of fence posts and farm timbers**. Washington. U.S. Dept. of Agriculture, 1952. 33p.
- BLEW,J.O. & H.R. JOHNSTON - **An international termite exposure test-twenty second progress report** . Washington, AWPA, 1956, 10p.
- BLEW, J. O. & J. W. KULP - **Comparison of wood preservatives in Mississippi post study** (1954 progress report). Madison, Forest Service, 1954. 15p. (Report n° 1757).
- BLEW, J..O. & J. W. KULP - **Comparison of wood preservatives in Mississippi post study** (1963 Progress Report). Madison, Forest Service, 1963. 22p.
- BOTELHO, E.A. - Novos preservativos de madeira. **Boletim do Instituto Nacional de Tecnologia**, Rio de Janeiro, 2(3): 25-34. 1951.
- COETZEE, P.F. et alii - Effectiveness of low and high tar acids creosotes as determined by stake tests. **S. African Forestry Journal**. Pretoria (104): 49-56. 1978.
- COWLING, E.B. - The relative tolerances of 18 wood destroying fungi. **Forest Products Journal**, Madison, 7(10): 355-9, 1957.
- DUNCAN, C.G. - **Evaluating wood preservatives by soil-block tests: 5. Lignite tar and oil tar creosotes**. Washington, AWPA, 1952. 6p.
- DUNCAN,C.G. & C.A.RICHARDS - Evaluating wood preservatives by soil-block tests: 4. creosotes. **AWPA Proceedinds**, Washington,47: 275-92. 1951.
- HUNT, G.M. & G.A. GARRAT - **Preservacion de la madera**. Madrid, Salvat Editores, 1962. 486p. (tradição da 2ª edição, 1953).
- HUNT, G.M. & G.A.GARRAT - **Wood preservation**. New York, McGraw-Hill, 1967. 3ª ed. 433p.
- HUNT, G.M. & T.E. SNYDER - An international termite exposure test. Twelfth progress report. **AWPA Proceedings**, Washington,37: 379-92. 1941.
- HUNT, G.M. & T.E. SNYDER - An international termite exposure test. Thirteenth progress report. **AWPA Proceedings**, Washington, 38: 450-62. 1942.
- HUNT, G.M. & T.E.SNYDER - An international termite exposure test. Twenty-first progress report. **AWPA Proceedings**, Washington, 48: 314-27. 1952.
- INOUYE, Y. et - Studies on the wood preservatives. I. The sterilizing power of o-cresol sul fur resin against wood destroying fungi. **Mokuzai Kenkyu**, Kyoto, (4): 19-23. 1950.

- INOUE, Y. et alii - Studies on the wood preservatives. III - On the unhydrogenous reactions with sulphur in pine root oil and the sterilizing action. **Mokuzai Kenkyu**, Kyoto, (6): 7-19. 1951.
- INOUE, Y. et alii - Wood preservatives. The sterilizing action of pine root oil and its chloride. **Mokuzai Kenkyu**, Kyoto, (7): 33-44. 1951. (apud Chemical Abstracts, 45(6). 1951).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD - **Método D-2: ensaio acelerado de laboratório de resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero Cryptotermes**. São Paulo, 1980. 1p. (publicação IPT nº 1157).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD - **Método D-5: ensaio acelerado de laboratório para determinação de eficiência de preservativos contra fungos de podridão mole**. São Paulo, 1980, 2p. (publicação IPT nº 1157).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD - **Estudos visando caracterizar o creosoto de origem vegetal como preservativo de madeira**. São Paulo, 1984, 21p. (relatório nº 20.772).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD - **Estudos visando caracterizar o creosoto de origem vegetal como preservativo de madeira**. São Paulo, 1984, 8p. (relatório nº 21.101).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD - **Estudos complementares visando caracterizar o creosoto de origem vegetal como preservativo de madeira**. São Paulo, 1985, 16p. (relatório nº 21.719).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD - **Estudos complementares visando caracterizar o creosoto de origem vegetal como preservativo de madeira**. São Paulo, 1985, 5p. (relatório nº 22.108).
- JANKOWSKY, I. P. - **Potencialidade do creosoto de Eucalyptus spp como preservativo para madeiras**. Escola Politécnica/USP, 1986. 159p. (Tese de Doutorado).
- LILLJA, J.L.W. - Tests on wood preservation carried out by the technical societies of Finland from 1897 to 1943. **Tek. Fören in Finland Förh**, (67): 62-73. 1947. (apud Chemical Abstracts, 41 (17), 1947).
- LUMSDEN, G.Q. - Fortified wood preservative for Southern pine poles. **Forest Products Journal**, Madison, 10(9): 456-62. 1960.
- MARTÍNEZ, J.B. - Conservación de maderas en sus aspectos teórico, industrial y económico. I: estudio técnico de los antisépticos de tipo oleaginoso. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1952. 550p.

- NAGASE, M. - Insecticidal principal in the smoke produced by burning insecticide powder. V. Insecticidal effect of detected components. VI. Syntheses of insecticides based on main detected components. 1. Phenol and allied substances. **J. Agr. Chem. Soc. Japan**, 17: 985-95; 1077-81. 1941. (apud Chemical Abstracts,45(5), 1951.
- PIEPER,E.J. et alii - The chemical composition of the higher fractions of Maplewood creosote. **J Ind. Eng. Chemistry**, Easton, 9(3): 462-5. 1917.
- RICHARDSON,B.A. - **Wood preservation**. Lancaster, Construction Press, 1978. 238p.
- RIECHE,A. - **Outline of industrial organic chemistry**. London, Butterworths, 1968. 3^aed. 1952.
- SALMONI,R. - A indústria da carbonização da lenha. **Revista Brasileira de Química**, São Paulo, (19): 187-92. 1945.
- SAVORY,J.G. & J.K. CAREY - **Collaborative soft rot tests: programme and test method**. Buckinghamshire, International Research Group in Wood Preservation, 1973. 9p. (Document IRG/WP/229).
- SHIRK,E.G. et alii - The influence of chemical structure on fungal activity. I. Effect of pchlorophenol and derivatives. **Arch. Biochem. Biophys.**, (32): 386-91. 1951.
- SHIRK, H.G. et alii - The influence of chemical structure on fungal activity. II. Effect of pchlorination of phenols. **Arch. Biochem. Biophys.**, (32): 396-6. 1951.
- SMITH,H.K. & S.F.ACREE - A study of commercial beech-wood creosote. **Ind. Eng. Chem.**, Easton, 9(3): 275-6. 1917.
- SNOKE, L.R. - Soil-block bioassay of a creosote containing pentachlorophenol. **Journal of the FPRS**, Madison, 4(1): 55-7, 1954.
- STEEL, R.G.D. & J.H.TORRIE - **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. Tokyo, McGraw-Hill, Kogakusha, 1980, 2^a ed. 633p.
- VILLA, A. et alii - L'huile de goudron de bois feuillus. Contribution a l'étude rationnelle des bois de feu. **J. R. Centre Natl. Recherche Sci.** Paris,1: 49-56. 1947.
- VILLA,A. - Etude de l'huile de goudron de bois feuillus et de ses applications. **Peintures, Pigments, Vernis**, 24: 307-10. 1948.
- VILLA, A. - L'huile de goudron de bois solvant de complement des vernis. **Peintures, Pigments, Vernis**, 27: 356-9, 1951.
- WEISS, H.F. - **The preservation of structural timber**. New York, McGraw-Hill, 1916, 361p.

WILKINSON, J.G. - **Industrial timber preservation**. London, Associated Business Press, 1979. 532p.

WIRKA, R.M. - Comparison of preservatives in Mississippi fence post study. **AWPA Proceedings**, Washington, 37: 365-79. 1941.

O produto mais difícil
de fazer é um nome!



SEMENTES CHAMPION
(Eucalyptus e Pinus)
Qualidade, Tradição e Confiança!



Champion Papel e Celulose S.A.

Rodovia Campinas-Águas da Prata, km 60 Mogi Guaçu - São Paulo