

LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DA MADEIRA - UFPR

ALEXANDRE FLORIAN DA COSTA

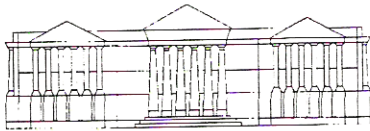
**UTILIZAÇÃO DE INTERAÇÕES ENTRE PRODUTOS  
QUÍMICOS PRESERVANTES NO DESENVOLVIMENTO DE  
FORMULAÇÕES PARA A PREVENÇÃO DE FUNGOS  
MANCHADORES E EMBOLORADORES NA MADEIRA**

Tese apresentada à Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Doutor em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Moreschi

CURITIBA  
1999

LTM  
T  
FUNG.  
1999  
170



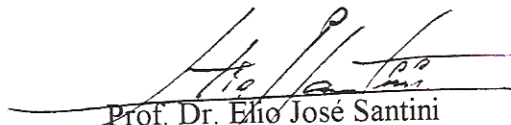
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA FLORESTAL

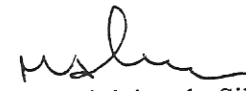
P A R E C E R

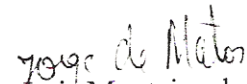
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de **DOUTORADO**, apresentada pelo candidato **ALEXANDRE FLORIAN DA COSTA**, sob o título **“UTILIZAÇÃO DE INTERAÇÕES ENTRE PRODUTOS QUÍMICOS PRESERVANTES NO DESENVOLVIMENTO DE FORMULAÇÕES PARA A PREVENÇÃO DE FUNGOS MANCHADORES E EMBOLORADORES NA MADEIRA”**. para obtenção do grau de **Doutor em Ciências Florestais**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**.

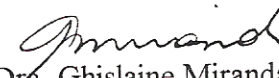
Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Tese, com média final: (9,5), correspondente ao conceito (A).


Curitiba, 18 de junho de 1999.

  
Prof. Dr. Elío José Santini  
Primeiro Examinador  
UFSM

  
Pesq. Dr. Marcus Vinicius da Silva Alves  
Segundo Examinador  
IBAMA-DF

  
Prof. Dr. Jorge Luis Monteiro de Matos  
Terceiro Examinador  
UFPR

  
Profa. Dra. Ghislaine Miranda Bonduelle  
Quarta Examinadora  
UFPR

  
Prof. Dr. João Carlos Moreschi  
Orientador e Presidente da Banca  
UFPR



A meus pais, Candelino Francisco da Costa Neto e Therezinha Natalina Florian da Costa,  
pelo amor, dedicação e exemplo de vida.

Meu reconhecimento.

A minha esposa, Maria Teresa, pelo seu amor, carinho, e  
incentivo na execução e conclusão deste trabalho.

Dedico.

A meus filhos, Lucas e Bruno,  
frutos do amor, presentes de Deus.

Ofereço.

## AGRADECIMENTOS

O autor manifesta seus sinceros agradecimentos ao orientador, professor Dr. João Carlos Moreschi, pelos valiosos ensinamentos, incentivo e estímulo transformados em sólida amizade, durante o seu convívio em Curitiba.

Ao professor Dr. Jorge Luiz Monteiro de Matos e professor Dr. Setsuo Iwakiri, pelas valiosas contribuições apresentadas durante o curso, pela amizade e companheirismo.

À Universidade de Brasília (UnB), pela oportunidade oferecida para execução deste trabalho.

À Montana Química S.A., na pessoa do seu Diretor Presidente Dr. Aldo Gandolfi Júnior, pela importante contribuição no fornecimento de parte do material para execução deste trabalho.

Ao Departamento de Silvicultura e Manejo do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, na pessoa do professor Dr. Rudi Arno Seitz, pela valiosa contribuição na obtenção do material para os experimentos de campo.

Aos funcionários da Fazenda Experimental do Canguiri da Universidade Federal do Paraná, senhores Lourival Scharaiber, Miguel Moraes e Ismael Coradin, bem como aos funcionários do Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais senhores Ademir José Cavalli, Antônio Perin e Vitor Daniel Herrera e aos estagiários, alunos do Curso de Engenharia Florestal Carlos Augusto Puehringer e Ivan Garay Abatto, pelo apoio nos trabalhos de campo.

Aos demais professores, funcionários e colegas de curso, e aqueles que direta ou indiretamente colaboraram na execução deste trabalho.

Aos meus familiares que muito me incentivaram, principalmente nas horas mais difíceis desta pesquisa.

À Deus Pai, meu eterno agradecimento por mais esta graça alcançada.

## BIOGRAFIA

ALEXANDRE FLORIAN DA COSTA, filho de Candelino Francisco da Costa Neto e Therezinha Natalina Florian da Costa, nasceu em Caxias do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, em 11 de abril de 1957.

Em 1977, ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, graduando-se em dezembro de 1980.

No período de março de 1981 a março de 1984 foi pesquisador do Laboratório de Produtos Florestais do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em Brasília, Distrito Federal.

No período de setembro de 1984 a março de 1985 participou do Curso Intensivo de Língua Japonesa da Universidade de Estudantes Estrangeiros de Osaka, na cidade de Osaka, Japão.

Em março de 1984 iniciou o Curso de Mestrado na Universidade de Kyoto, na cidade de Kyoto, Japão, obtendo o título de Mestre em Agricultura, Ciência e Tecnologia da Madeira, em março de 1987.

Em agosto de 1987 ingressou no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como bolsista de Desenvolvimento Científico Regional do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, atuando como professor e pesquisador na área de Tecnologia da Madeira.

Em 1991, através de concurso público, ingressou na Universidade de Brasília, onde é professor na área de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal.

Em 1995, iniciou o Curso de Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais na Escola de Florestas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, defendendo tese, em 18 de junho de 1999.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>RESUMO</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	3
<b>3 JUSTIFICATIVAS</b> .....	4
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	6
4.1 MANCHAMENTO DA MADEIRA RECÉM SERRADA.....	6
4.1.1 Ações capazes de evitar o manchamento da madeira.....	6
4.1.1.1 Ações relacionadas à manipulação da madeira.....	7
4.1.1.2 Ações relacionadas à manipulação das condições ambientais.....	8
4.1.1.3 Fatores Relacionados ao tratamento da madeira.....	8
4.1.1.4 Formas de ação mais praticadas para impedir o ataque de fungos.....	9
4.1.2 Manchamento da madeira.....	10
4.1.2.1 Manchamento interno.....	10
4.1.2.2 Manchamento superficial.....	11
4.2 PRINCIPAIS PRODUTOS PRESERVANTES TRADICIONALMENTE UTILIZADOS NO COMBATE AOS FUNGOS MANCHADORES E EMBOLORADORES.....	12
4.2.1 Considerações gerais.....	12
4.3 PROPRIEDADES DOS INGREDIENTES ATIVOS ATUALMENTE UTILIZADOS NO TRATAMENTO TEMPORÁRIO DA MADEIRA.....	14
4.3.1 Considerações gerais.....	14
4.3.2 Propriedades dos produtos preservantes de madeira.....	15
4.3.3 Capacidade de difusão dos preservantes na madeira.....	15
4.3.3.1 Difusão nas camadas superficiais da madeira.....	16
4.3.3.2 Difusão nas camadas internas da madeira.....	17

4.4	COMBINAÇÕES DE PRINCÍPIOS ATIVOS UTILIZADOS NA PREVENÇÃO DE FUNGOS MANCHADORES E EMBOLORADORES.....	17
4.5	FORMAS DE SELEÇÃO DE PRODUTOS PRESERVANTES UTILIZADOS NO CONTROLE DE FUNGOS MANCHADORES E EMBOLORADORES.....	19
4.5.1	Ensaio de laboratório.....	19
4.5.2	Experimentos de campo.....	20
4.5.3	Relação dos resultados obtidos entre ensaios de laboratório e experimentos de campo.....	21
4.5.4	Relação custo - eficiência de novas formulações de produtos preservativos para o tratamento temporário de madeiras.....	22
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
5.1	ENSAIOS BIOLÓGICOS DE LABORATÓRIO.....	25
5.1.1	Escolha dos produtos químicos.....	25
5.1.2	Ensaio de laboratório preliminar.....	26
5.1.2.1	Etapas desenvolvidas no ensaio.....	27
5.1.2.2	Forma de avaliação da sensibilidade do fungo aos produtos testados.....	28
5.1.3	Ensaio de laboratório complementar.....	28
5.1.3.1	Etapas desenvolvidas no ensaio.....	29
5.1.3.2	Avaliação da sensibilidade dos fungos aos produtos testados.....	29
5.1.3.3	Avaliação dos produtos químicos e suas combinações.....	31
5.1.3.4	Seleções dos produtos/formulações químicas para os experimentos de campo.....	33
5.2	EXPERIMENTOS DE CAMPO.....	33
5.2.1	Experimento de campo preliminar.....	34
5.2.1.1	Delineamento do experimento.....	34
5.2.1.2	Confecção da pilha.....	35
5.2.1.3	Avaliação das tábuas quanto ao grau de ataque dos fungos.....	38
5.2.2	Experimento de campo complementar.....	41
5.2.2.1	Delineamento do experimento de campo complementar.....	42
5.2.2.2	Confecção da pilha.....	43
5.2.2.3	Avaliação das respostas dos fungos sobre as tábuas.....	45
5.3	DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO CUSTO-EFICIÊNCIA.....	45

<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>46</b>
6.1 ENSAIOS BIOLÓGICOS DE LABORATÓRIO.....	46
6.1.1 Ensaio de laboratório preliminar.....	46
6.1.2 Ensaio de laboratório complementar.....	46
6.1.3 Sensibilidade dos fungos aos produtos químicos isolados.....	48
6.1.4 Sensibilidade dos fungos às combinações dos produtos químicos.....	49
6.1.5 Produtos/Formulações químicas selecionadas para testes de campo.....	60
6.2 EXPERIMENTOS DE CAMPO.....	61
6.2.1 Experimento de campo preliminar.....	61
6.2.2 Experimento de campo complementar.....	68
6.2.3 Análise dos resultados obtidos em laboratório e no campo.....	73
6.3 AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO CUSTO - EFICIÊNCIA DAS FORMULAÇÕES SELECIONADAS.....	75
<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>78</b>
<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>97</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – INGREDIENTES ATIVOS, COMBINAÇÕES E RESPECTIVOS NÍVEIS DE CONCENTRAÇÃO TESTADOS EM LABORATÓRIO ....	30
TABELA 02 – DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS E RESPECTIVAS REPETIÇÕES NA PILHA DE TÁBUAS DO EXPERIMENTO DE CAMPO.....	36
TABELA 03 – GRAUS DE ATAQUE DE FUNGOS PREESTABELECIDOS PARA A AVALIAÇÃO DAS TÁBUAS APÓS O PERÍODO DE TESTE.....	38
TABELA 04 – DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS SELECIONADOS A PARTIR DA SEGUNDA PILHA DE TÁBUAS NO CAMPO E RESPECTIVAS REPETIÇÕES, QUE FIZERAM PARTE DO EXPERIMENTO DE CAMPO COMPLEMENTAR.....	44
TABELA 05 – RAIOS DE INIBIÇÃO DOS FUNGOS EMBOLORADORES, VOLUME DE MEIO DE CULTURA NA ÁREA DE INIBIÇÃO DO FUNGO E QUANTIDADE DE PRODUTO QUÍMICO POR SOLUÇÃO DE TRATAMENTO.....	47
TABELA 06 – RAIOS DE INIBIÇÃO DOS FUNGOS EMBOLORADORES, VOLUME DE MEIO DE CULTURA NA ÁREA DE INIBIÇÃO DO FUNGO E RELAÇÃO PRODUTO/PRODUTO POR SOLUÇÃO DE TRATAMENTO.....	51
TABELA 07 – PRODUTOS E FORMULAÇÕES QUÍMICAS SELECIONADOS NO ENSAIO DE LABORATÓRIO E TESTADOS NO CAMPO.....	61
TABELA 08 – FREQUÊNCIA DE TÁBUAS TRATADAS COM OS PRODUTOS E/OU FORMULAÇÕES QUÍMICAS SELECIONADAS EM LABORATÓRIO, DE ACORDO COM O GRAU DE INFESTAÇÃO DE FUNGOS MANCHADORES E BOLORES SOBRE A SUPERFÍCIE DAS PEÇAS EM CONDIÇÕES ADVERSAS DE SECAGEM.....	62

TABELA 09 - SOLUÇÕES QUÍMICAS SELECIONADAS EM FUNÇÃO DO SEU DESEMPENHO NA PROTEÇÃO DA MADEIRA CONTRA FUNGOS MANCHADORES E EMBOLADORES EM CONDIÇÕES ADVERSAS DE SECAGEM E SUA LOCALIZAÇÃO NA PILHA.....	64
TABELA 10 - FREQUÊNCIA DE TÁBUAS TRATADAS COM OS PRODUTOS/ FORMULAÇÕES QUÍMICAS SELECIONADAS NO EXPERIMENTO DE CAMPO PRELIMINAR, DE ACORDO COM O GRAU DE INFESTAÇÃO DE FUNGOS MANCHADORES E BOLORES SOBRE AS CAMADAS EXTERNA E INTERNA DAS PEÇAS.....	65
TABELA 11 – FORMULAÇÕES QUÍMICAS QUE MELHOR PROTEGERAM AS TÁBUAS EXTERNA E INTERNAMENTE CONTRA FUNGOS MANCHADORES E BOLORES A PARTIR DOS EXPERIMENTOS DE CAMPO PRELIMINARES E RESPECTIVAS VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES SELECIONADAS.....	68
TABELA 12 - DESEMPENHO DAS FORMULAÇÕES SELECIONADAS PARA O TESTE EM SERVIÇO, INCLUÍDO PRODUTOS PARA FINS DE COMPARAÇÃO, EM FUNÇÃO DO GRAU DE INFESTAÇÃO DE FUNGOS MANCHADORES E BOLORES SOBRE AS CAMADAS EXTERNA E INTERNA DAS PEÇAS.....	70
TABELA 13 - CUSTO DOS INGREDIENTES QUÍMICOS NECESSÁRIOS PARA O PREPARO DAS SOLUÇÕES DE TRATAMENTO SELECIONADAS NO PRESENTE ESTUDO.....	75
TABELA 14 - CUSTOS INDIVIDUAIS DOS PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS NO PREPARO DE 1000g DA SOLUÇÃO DE TRATAMENTO DO TBTO A 0,000061% COMBINADO COM O IPBC A 0,125%, DE CONCENTRAÇÃO.....	76
TABELA 15 - CUSTOS COMPARATIVOS DA SOLUÇÃO DO TBTO COMBINADO COM O IPBC E DOS PRODUTOS UTILIZADOS COMO REFERÊNCIA.....	76

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – ILUSTRAÇÃO DA SENSIBILIDADE DO FUNGO <i>Aspergillus niger</i> EM RELAÇÃO A UMA FORMULAÇÃO TESTADA.....	28
FIGURA 02 – FORMA DE MEDIÇÃO EFETUADA SOBRE A RESPOSTA DO FUNGO DESENVOLVIDO NAS PLACAS DE PETRI. ( a= INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS; b= INIBIÇÃO DA ESPORULAÇÃO DO MICÉLIO JÁ DESENVOLVIDO.....	31
FIGURA 03 – RESPOSTAS DISTINTAS DE DOIS PRODUTOS QUÍMICOS (A e B) EM TERMOS DE RAIOS DE INIBIÇÃO DO FUNGO E DEFINIÇÃO DA RESPOSTA.....	32
FIGURA 04 – POSSIBILIDADES DE RESPOSTAS QUANTO A SENSIBILIDADE DOS FUNGOS A PARTIR DA COMBINAÇÃO ENTRE DOIS PRODUTOS QUÍMICOS DISTINTOS, CONFORME ILUSTRADO NA FIGURA 03.....	32
FIGURA 05 - REPRESENTAÇÃO DAS REGIÕES DE MAIOR INTERESSE PARA SECAGEM DAS AMOSTRAS DE MADEIRA NO INTERIOR DA PILHA NO CAMPO.....	40
FIGURA 06 - EFEITO DA COMBINAÇÃO ENTRE O TBTO E O IPBC A 0,0312% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO <i>Aspergillus niger</i> – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO.....	50
FIGURA 07 – EFEITO DA COMBINAÇÃO ENTRE O TBTO E O TCMTB A 0,0312% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO <i>Aspergillus niger</i> – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO.....	55
FIGURA 08 – EFEITO DA COMBINAÇÃO ENTRE O TBTO E O OFF A 0,125% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO <i>Trichoderma</i> spp. APRESENTANDO UMA INTERAÇÃO POSITIVA ENTRE OS DOIS PRODUTOS QUÍMICOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 84 HORAS DA INOCULAÇÃO.....	56

FIGURA 09 – REDUÇÃO NO EFEITO DO IPBC QUANDO COMBINADO COM O TCMTB, AMBOS A 0,0625% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO <i>Aspergillus niger</i> – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO.....	56
FIGURA 10 - REDUÇÃO NO EFEITO DO IPBC QUANDO COMBINADO COM O OFF A 0,125% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A INIBIÇÃO DO FUNGO <i>Aspergillus niger</i> – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO.....	57
FIGURA 11 - EFEITO DA COMBINAÇÃO DO TBTO COM O IPBC SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO <i>Aspergillus niger</i> , MOSTRANDO O EFEITO DO TBTO A UMA CONCENTRAÇÃO EXTREMAMENTE BAIXA - OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO.....	59
FIGURA 12 - EFEITO DA COMBINAÇÃO DO TCMTB A 0,0625% COM O TBTO A 0,0156% DE CONCENTRAÇÃO APRESENTANDO UMA INTERAÇÃO POSITIVA SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO <i>Trichoderma spp.</i> – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 84 HORAS DA INOCULAÇÃO .....	59
FIGURA 13 - EFEITO POSITIVO DA COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,00195% COM O OFF A 0,0625% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO <i>Trichoderma spp.</i> – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 84 HORAS DA INOCULAÇÃO.....	60
FIGURA 14 - EFEITO DA COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,000061% COM O IPBC A 0,125% SOBRE A PROTEÇÃO DAS CAMADAS EXTERNA (a) E INTERNA (b) DE UMA TÁBUA, CONTRA FUNGOS MANCHADORES E BOLORES, COMPARADA COM AS CAMADAS EXTERNA (c) E INTERNA (d) DE UMA TÁBUA SEM TRATAMENTO QUÍMICO.....	71

FIGURA 15 - TÁBUAS TRATADAS COM TBTO A 0,000122% E IPBC A 0,125%  
(a) E TBTO A 0,000122% E IPBC A 0,0625% (b) COMPARADAS  
COM UMA TÁBUA TRATADA COM A MELHOR RELAÇÃO  
TESTADA ENTRE OS DOIS PRODUTOS QUÍMICOS (c)..... 71

FIGURA 16 – COMPARAÇÃO ENTRE A SUPERFÍCIE DA MADEIRA NÃO  
TRATADA (a) E SUA CAMADA INTERNA (b), COM AS  
CAMADAS EXTERNA (c) E INTERNA (d) DA MADEIRA  
TRATADA COM A COMBINAÇÃO ENTRE O TBTO A 0,000061%  
E O IPBC A 0,125% E A CAMADA EXTERNA (e) E INTERNA (f)  
DA MADEIRA TRATADA COM PCP-Na MAIS BÓRAX A 0,7%..... 72

## RESUMO

No presente trabalho foi avaliado o efeito dos ingredientes ativos Óxido de bis (tributil-estanho) (TBTO), 3-iodo-2-propinil butil carbamato (IPBC), 2 (tiocianometiltio) benzotiazol (TCMTB) e Ortofenilfenol (OFF), combinados entre si e não combinados, contra o ataque de fungos emboloradores e manchadores da madeira, em ensaios de laboratório e experimentos de campo. A partir dos ensaios de laboratório, foram avaliados os desempenhos do IPBC, TCMTB e OFF a 0,25%; 0,125% e 0,0625% de concentração para esses produtos, e do TBTO nessas mesmas concentrações e diluições progressivas até 0,000061%, combinados dois a dois e não combinados, num total de 136 produtos/formulações químicas, utilizando os fungos emboloradores *Aspergillus niger* e *Trichoderma* spp.. Os produtos/formulações que apresentaram potencial no controle desses fungos, foram selecionados para experimentos de campo. Os resultados obtidos em laboratório mostraram que o IPBC isolado até 0,0625%, foi o que melhor controlou a ação do fungo *Aspergillus niger*, e até 0,125%, o fungo *Trichoderma* spp.. O TBTO, apesar de menos eficiente que o IPBC, mostrou que soluções de tratamento a concentrações extremamente baixas, até 0,000061% de ingrediente ativo, afetaram o desenvolvimento normal de ambos os fungos, enquanto o TCMTB e o OFF foram os menos eficientes nesta etapa dos trabalhos. Das interações, a do TBTO a 0,125% combinado com o IPBC a 0,25%, foi a que melhor controlou a ação do fungo *Aspergillus niger*, enquanto a do TBTO a 0,25% combinado com o OFF a 0,25%, foi a melhor contra o fungo *Trichoderma* spp.. Outras combinações com o TBTO a níveis de concentração mais baixos, apresentaram efeitos positivos no controle dos fungos, como a do TBTO a 0,000122% com o IPBC a 0,0625%, no controle do fungo *Aspergillus niger*, e a do TBTO a 0,0156% com o IPBC a 0,125%, sobre o fungo *Trichoderma* spp.. Os experimentos de campo mostraram que, dos produtos não combinados, o IPBC a 0,125% apresentou o melhor desempenho na proteção temporária das camadas externa e interna de tábuas de *Pinus taeda* recém serradas, em condições normais e adversas de secagem. Das combinações, a do TBTO a 0,000061% com o IPBC a 0,125%, numa relação de 1:2049, respectivamente, foi a que melhor protegeu externa e internamente as tábuas em situação normal de secagem, com uma eficiência aproximadamente equivalente a dos produtos PCP-Na+bórax (pentaclorofenato de sódio mais tetraborato decahidratado) a 0,7%; TBP-Na (tribromofenato de sódio) a 5% e um produto à base de quinolinolato de cobre-8 a 4% conhecido comercialmente como Osmocobre AG 802, tradicionalmente utilizados no tratamento temporário de madeiras. O custo da solução do TBTO combinado com o IPBC supracitada, foi praticamente equivalente ao da solução de TBP-Na a 5%, e superior a de PCP-Na a 0,7% e do Quinolinolato de Cobre-8 a 4%. Assim sendo, devido aos seus baixos níveis de toxidez ao homem e animais, e seu baixo impacto ambiental, além dos níveis de concentração dos ingredientes ativos utilizados, esta formulação apresenta excelente potencial para o tratamento temporário da madeira, principalmente, em substituição, aos fenóis clorados e seus sais derivados.

## ABSTRACT

In this study, carried out in laboratory and in field experimentation, the effects of the following active ingredients were observed and evaluated: Tributyl tin oxide (TBTO), 3-iodo-2-propynyl butyl carbamate (IPBC), 2-(thiocyanomethylthio) benzothiazole (TCMTB) and Orthophenylphenol (OFF), being either combined with one another or uncombined, with regard to the prevention of the attack of staining and moulding fungi. From laboratory tests, IPBC, TCMTB and OFF at the concentration levels of 0,25%, 0,125% and 0,0625% were evaluated for performance. Evaluations for TBTO were done at the same concentrations and at progressive dilution up to 0,000061%. They were used either combined two by two and uncombined, to a total of 136 products/chemical combinations, making use of the *Aspergillus niger* and *Trichoderma* spp. fungi during the experiment. The products and/or combinations that presented potential in the inhibition of these fungi were selected for field experimentation. The results obtained in the laboratory tests indicated that IPBC isolated up to a concentration of 0,0625% was the one that best prevented the action of the *Aspergillus niger* and up to a concentration of 0,125% the action of the *Trichoderma* spp. The TBTO, although less effective than IPBC, demonstrated that treatment with solutions at extremely low concentrations, up to 0,000061% of active ingredients, affected the normal development of both fungi, whilst TCMTB and OFF showed signs of being less effective at this stage of the tests. Of the interactions studied, TBTO at 0,125% combined with the IPBC at 0,25% was the one that best controlled the action of the *Aspergillus niger*, while the TBTO at a concentration of 0,25% combined with OFF at 0,25% presented the best action against the *Trichoderma* spp. Other combinations of TBTO at lower levels of concentration presented positive effects in the control of the fungi, such as TBTO at 0,000122% combined with IPBC at 0,0625% in the control of the *Aspergillus niger*, and TBTO at 0,0156% with IPBC at 0,125% on the *Trichoderma* spp. The field experiments indicated that, of the uncombined products, IPBC at 0,125% presented the best performance in the temporary protection of the external and internal layers of just-sawed lumber boards of *Pinus taeda*, under normal and adverse conditions of lumber drying. Amongst the combinations, TBTO at 0,000061% with IPBC at 0,125% in a relation of 1:2049, respectively, was the one that best protected the boards, externally and internally, under normal drying conditions, with an approximate efficiency equivalent to the PCP-Na+borax (sodio pentachlorophenate plus tetraborate decahydrated) at 0,7%, TBP-Na (sodio tribromophenate) at 5% and a product based on copper-8 quinolinolate, commercial know as Osmocobre AG 802, at 4%, all three traditionally used in the temporary treatment of lumber. The cost of the above-mentioned solution of TBTO combined with IPBC was practically equivalent to that of the TBP-Na solution at 5%, and superior to the PCP-Na at 0,7% and the Copper-8 Quinolinolate at 4%. Nevertheless, due to its low toxicity level towards man and animal life and its low environmental impact, in addition to the concentration levels of the active ingredients used, this formula presents excellent potential in the temporary treatment of lumber, in replacement mainly to the chlorinated phenols and its derivative salts.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de vocação essencialmente florestal, com cerca de 60% dos seus 8,5 milhões de quilômetros quadrados, cobertos por florestas nativas e plantadas.

Segundo estimativas recentes da "Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura" (FAO), publicadas no "State of the World's Forests" (SOFO), o Brasil apresentava em 1995, um total de 15,9% da área de florestas do mundo, estando atrás apenas da Federação Russa, com 25% desse total. Esse estudo mostrou ainda, que no período entre 1980 até 1995, houve uma diminuição de aproximadamente 180 milhões de hectares de florestas, com uma taxa anual de cerca de 12 milhões de hectares, e um aumento do consumo mundial de madeira de aproximadamente 40%, passando de 2,4 bilhões de metros cúbicos em 1970, para 3,35 bilhões de metros cúbicos em 1996, gerando um aumento no comércio global de produtos florestais da ordem de 11,9 bilhões de dólares americanos, para 134,7 bilhões de dólares neste mesmo período (SERRANO *et al.*, 1998).

Dentro deste contexto, o potencial madeireiro das florestas brasileiras tem sido considerado um dos maiores do mundo. A produção industrial madeireira já atingiu os 200 milhões de metros cúbicos por ano, dos quais 50% são oriundos de florestas plantadas, sendo que exportações de madeira, polpa e papel do país, em 1995, representaram 8,5% do total das exportações nacionais, num total de 3,87 bilhões de dólares americanos (GERÊNCIA DE CERTIFICAÇÃO, 1998).

Entretanto, exigências cada vez maiores relativas, à qualidade do produto madeireiro e ao uso de produtos químicos alternativos para o seu tratamento, dentre outras, têm ocasionado sérias restrições na procura da madeira brasileira, por parte dos países importadores de madeiras. Uma das causas que tem contribuído não apenas para diminuição da procura da madeira brasileira, mas também para reduzir seu valor comercial, é a falta e/ou inadequado tratamento preventivo contra a infestação de microrganismos que a danificam, em especial os fungos emboloradores e manchadores.

Os tratamentos profiláticos da madeira, realizados logo após o abate das árvores e desdobro das toras, podem prevenir a ação desses agentes biológicos, assegurando a qualidade do produto final. Neste sentido, dois procedimentos práticos podem ser adotados: 1<sup>a</sup>) a redução do teor de umidade da madeira por meio da secagem; e 2<sup>a</sup>) a aplicação correta de

biocidas apropriados. Além disso, o tempo de permanência da tora na floresta é muito importante, pois quanto menor for o intervalo entre o abate das árvores e o seu desdobro, menores serão os riscos de infestação, principalmente de espécies de madeiras susceptíveis.

Vários produtos químicos e métodos de tratamento têm sido testados no combate e prevenção desses microrganismos, sendo que os primeiros a serem sintetizados para essa finalidade foram aqueles à base de sais de sódio de fenóis clorados, como o pentaclorofenato e tetraclorofenato de sódio. Entretanto, em alguns casos, foi observado que mesmo após o tratamento químico, a madeira recém abatida apresentava manchamento interno e que, dependendo do produto utilizado, uma diferença no padrão de manchamento interno podia desenvolver-se na madeira (WILLIAMS *et al.*, 1985).

O conhecimento da ação e distribuição de produtos preservantes no interior da madeira pode servir de base para ações que visem, dentre outros objetivos, a melhoria da qualidade do produto final, maior segurança no manuseio da madeira tratada e, dependendo da proporção de ingredientes ativos utilizados na solução de tratamento, melhorar a relação custo-eficiência de novas formulações em relação a produtos tradicionalmente utilizados para esta finalidade.

As interações entre diferentes ingredientes ativos podem proporcionar uma ação diferenciada na proteção da madeira. Desta forma, além da possibilidade de existência de sinergismo, uma formulação que contenha um ingrediente ativo de comprovado efeito na proteção das camadas externas da madeira, quando misturado com outro capaz de proteger as suas camadas internas, poderia surgir como uma alternativa para o problema acima mencionado.

Estudos desta natureza podem auxiliar os fabricantes de produtos químicos para tratamento de madeiras, contribuindo para uma melhor compreensão do mecanismo de ação das interações, quando presentes na madeira, bem como servir de base para a formulação de novos compostos químicos, mais eficientes e econômicos no controle de fungos manchadores e emboloradores.

Em última análise, estudos neste sentido tendem a contribuir para a melhoria da qualidade da madeira brasileira, tornando-a mais competitiva no mercado interno e externo, permitindo assim a utilização racional dos recursos florestais, diminuindo com isso, as pressões sobre as florestas nativas nacionais.

## 2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar o desempenho de diferentes ingredientes ativos de baixa toxicidade, isolados e combinados entre si, na proteção de madeira susceptível, a fungos manchadores e emboloradores.

Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- a) Selecionar através de ensaios de laboratório formulações com potencial no controle de fungos emboloradores;
- b) Selecionar através de experimentos de campo, simulando condição adversa e condição normal de secagem de tábuas, formulações com potencial no controle de fungos manchadores e emboloradores;
- c) Avaliar a eficiência das melhores formulações em um situação prática de uso da madeira, através de experimento instalado diretamente na linha de produção de uma serraria;
- d) Determinar o custo da solução de tratamento que apresentar melhor desempenho na proteção da madeira contra fungos manchadores e emboloradores, e compará-lo com outras soluções preservantes utilizadas para esta mesma finalidade; e
- e) Apresentar subsídios metodológicos e propor alternativas práticas aos fabricantes de produtos químicos preservativos, que possam auxiliar o desenvolvimento de novas formulações químicas de ação mais abrangente e eficaz.

### 3 JUSTIFICATIVAS

É comum observar a ação de microrganismos em peças de madeira serradas, durante o período de secagem. Isto ocorre, principalmente devido ao fato de que peças de madeira nessas condições encontram-se, geralmente, com o teor de umidade elevado, adequado para o desenvolvimento desses agentes, por tempo prolongado. Um dos primeiros grupos de microrganismos a infestarem a madeira nessas condições, são os fungos manchadores e emboloradores. Estes fungos emitem hifas que podem se desenvolver tanto na superfície da madeira, como penetrar em camadas mais abaixo desta, promovendo o seu manchamento interno ou a sua deterioração (CLUBBE, 1980).

Uma das conseqüências, geralmente associadas à presença desses fungos na madeira, é a perda do seu valor comercial. Desta forma, a prevenção do ataque desses agentes biológicos é compensada pela manutenção da sua qualidade e, conseqüentemente, do seu valor comercial no mercado.

Uma das formas mais comuns de se prevenir a ação desses fungos é através do envenenamento dos tecidos lenhosos da madeira. Para tanto, vários são os produtos químicos e os métodos de tratamento utilizados no combate a estes agentes, cada um com suas características próprias no que se refere à eficiência, e a capacidade de difusão e fixação, entre outras de importância.

Dos vários produtos químicos em uso no mercado, destacam-se aqueles que dão uma boa proteção às camadas mais próximas da superfície da madeira. Entretanto, devido a sua pouca mobilidade, não conseguem atingir as camadas mais internas, podendo permitir o manchamento interno pelas fendas desenvolvidas na madeira durante a secagem. Por outro lado, existem os produtos que migram a uma boa profundidade na madeira, promovendo a formação de um gradiente de concentração do princípio ativo a partir da superfície em direção às camadas mais internas, mas deixando-as mais susceptíveis ao emboloramento pela retenção reduzida do ingrediente ativo na camada superficial.

Dentro do exposto acima, torna-se indispensável o desenvolvimento de um estudo que possibilite avaliar o comportamento de diferentes princípios ativos e de suas combinações frente ao ataque de fungos manchadores e emboloradores. Desta forma, o efeito de combinações entre princípios ativos compatíveis, que apresentem boa proteção das camadas

mais superficiais, com outros que protejam as mais internas, pode resultar num produto químico alta eficácia e com um amplo espectro de ação e, também uma melhor relação custo/benefício.

Procedimentos como esses podem ser de grande importância, pois através da compreensão do mecanismo de mobilidade do ingrediente ativo no interior da madeira, pode-se melhorar o desempenho de novas formulações químicas, ou desenvolve-las no sentido de proporcionar uma melhor proteção ao material a ser tratado.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 MANCHAMENTO DA MADEIRA RECÉM SERRADA

A forma mais elementar de descoloração da madeira recém serrada é pelo manchamento do alburno causado por fungos. A primeira descrição sobre esta forma de manchamento foi feita no século passado, em 1878, pelo patologista alemão Robert Hartig (LEPAGE, 1974). Uma revisão sobre este assunto, abordando aspectos econômicos, pesquisas recentes e medidas preventivas é apresentada por KREBER e BYRNE (1994).

A madeira recém serrada pode ser infestada por fungos manchadores e/ou emboloradores. Apesar do ataque desses microrganismos não comprometer significativamente as propriedades mecânicas da madeira, CHAPMAN e SCHEFFER (1940) comentam que o alburno de *Pinus* intensamente manchado pode apresentar reduções de 1% a 2% na densidade, de 2% a 10% na dureza, de 1% a 5% na resistência à flexão, e de 15% a 30% na resistência ao impacto, e que madeiras de folhosas manchadas também podem apresentar estes mesmos níveis de redução nas suas características mecânicas.

Segundo NICHOLAS (1973), a mancha azul da madeira é a mais comum, sendo esta causada por fungos considerados de maior importância econômica. Vários trabalhos destacam estes fungos como os principais responsáveis pelas grandes perdas de material, especialmente durante as fases de abate e desdobro das toras (BYRNE e SMITH, 1991; CROAN e HIGHLEY, 1993; KREBER *et al.*, 1994; HANSEN e MORRELL, 1997). Os prejuízos econômicos podem tornar-se ainda mais críticos, quando ocorrem em produtos que deverão ser exportados ou que receberão acabamentos especiais (LAVAR e MUSBAH, 1997).

De acordo com HANSEN e MORRELL (1997), o total de perdas devido ao manchamento da madeira nos Estados Unidos da América do Norte, incluindo as perdas devido a uma classificação inferior da madeira, chegou a mais de 5 milhões de dólares/ano, com uma perda média de pouco mais de 61 milhões de dólares/serraria. Entretanto, estes autores consideram questionável se estas estimativas refletem o valor real de perdas em madeira manchada. As perdas são difíceis de serem quantificadas porque uma madeira manchada, em geral, ainda assim é comercializada mesmo que a um preço inferior.

#### 4.1.1 Ações capazes de evitar o manchamento da madeira

O manchamento da madeira ocorre a partir do momento em que condições de desenvolvimento ideais se estabelecem neste material. Assim, algumas ações contrárias

podem ser tomadas, tais como a eliminação do oxigênio, alteração do pH, do teor de umidade, da temperatura, além do envenenamento da fonte de nutrientes, dentre outras, para evitar que esses microrganismos se instalem na madeira, provocando o seu manchamento.

#### 4.1.1.1 Ações relacionadas à manipulação da madeira

O manchamento pode ser evitado quando fatores relacionados à madeira forem manipulados, procurando situá-los fora do intervalo favorável aos fungos manchadores.

A umidade da madeira é absolutamente necessária para a atividade vital dos fungos, sendo a sua eliminação considerada como uma das práticas mais eficientes para o controle do ataque desses microrganismos. FLORENCE *et al.* (1993) concluíram que a redução do teor de umidade da madeira à níveis inferiores a 24% em relação ao seu peso seco em estufa, possibilitou uma proteção eficiente contra o estabelecimento de fungos manchadores na madeira de *Hevea brasiliensis*. HERNANDEZ e WENGERT (1997), recomendam o selamento das extremidades das toras, como forma de reduzir o manchamento em madeira de pinus e "hard maple", já que esta prática mantém o teor de umidade da madeira fora do intervalo favorável ao desenvolvimento desses microrganismos.

A maioria dos fungos, além de conferir um caráter ácido ao substrato em que se desenvolvem, têm preferência por meios que possuem esta característica. KATO e TAKEDA (1970) comentam que os pontos ótimo, máximo e mínimo de pH adequados para a instalação e desenvolvimento de fungos xilófagos, variam com a espécie de fungo, a composição e reação inicial do meio de cultivo, e com a temperatura. Segundo MORESCHI (1998), o pH da madeira pode ser alterado através do uso do nitrato de acrílico, como forma de proteção contra fungos manchadores/emboloradores, apesar do custo deste tratamento ser relativamente elevado.

Outro fator importante a ser considerado no manchamento da madeira é a sua composição química, no que se refere aos extrativos que fazem parte da sua estrutura celular. Dependendo da sua natureza, eles podem agir como fonte de alimento ou como biocida para os fungos e insetos, tornando a madeira naturalmente mais susceptível ou resistente a estes organismos. MONTEIRO (1997) cita os terpenos e derivados, as tropolonas e os compostos fenólicos, tais como: flavanóides, estilbenos, quinonas, lignanas e taninos, como os principais responsáveis pela inibição do desenvolvimento dos fungos manchadores e emboloradores.

#### 4.1.1.2 Ações relacionadas à manipulação das condições ambientais

O ataque dos fungos manchadores e emboloradores pode ser evitado, restringindo-se a disponibilidade de determinados fatores relacionados às condições ambientais nas quais a madeira se encontra.

SYME e SAUCIER (1995), citando os trabalhos de Liese e Volleman, comentam que a aspersão com água promove uma proteção contra insetos e fungos, se o conteúdo de umidade do alburno de pinus for mantido acima de 100% a 120% em relação ao peso seco da madeira em estufa. POWELL e EATON (1993) observaram que o incremento do manchamento em tábuas recém cortadas, mantidas sob aspersão de água por um período de quatro anos, foi muito baixo, quando comparado com um período de seis meses. Esta afirmação está de acordo com a hipótese levantada por HERNANDEZ e WENGERT (1997) na qual, uma das formas de controle da mancha na madeira, é a de privar os fungos da quantidade mínima necessária de oxigênio para o seu metabolismo.

A influência da temperatura também tem sido considerada no controle do ataque de fungos emboloradores e manchadores em madeiras. BJURMAN (1993) observou que o tratamento com alta temperatura em madeiras de casas com elevada umidade e mal ventiladas foi eficiente no combate ao fungo embolorador. KREBER *et al.* (1994) comentam que as enzimas dos fungos presentes na madeira, podem ser desativadas através do uso da temperatura elevada, prevenindo o seu manchamento.

HULME (1978), avaliando o manchamento da madeira verde de *Pinus strobus* seca ao ar, comenta que este é mais severo quando a temperatura está próximo de 20°C e as condições de secagem são pobres devido a elevada umidade relativa do ar.

#### 4.1.1.3 Fatores relacionados ao tratamento da madeira

Dos fatores capazes de controlar o manchamento da madeira, os principais relacionam-se à rapidez no seu processamento, desde o abate da árvore até a secagem do produto final, e o envenenamento da fonte de nutrientes.

MILANO e VIANNA NETO (1982) comentam que o período de tempo entre o abate da árvore e o desdobro da tora na serraria, oscila entre 7 até 45 dias, e que as toras chegam a permanecer até 30 dias na mata sem qualquer tipo de cuidado preventivo. Para tanto, sugerem uma racionalização no processo de extração da madeira na mata, e o desdobro das toras no

máximo 48 horas após o seu abate, como forma de controlar o problema da mancha azul e do bolor em madeira de *Pinus* spp.

Além disso, a intoxicação ou envenenamento da fonte de nutrientes, através de um adequado tratamento dos tecidos lenhosos da madeira com biocidas apropriados, tem sido uma das práticas mais usadas no combate aos fungos manchadores e emboloradores.

CSERJESI e JOHNSON (1982) testaram 44 formulações fungicidas em laboratório e em campo, contra fungos manchadores e emboloradores, obtendo resultados bastante satisfatórios. Já HAYWARD *et al.* (1983) avaliaram a eficiência de 32 compostos químicos no controle do crescimento da mancha e do bolor em madeira de *Pinus radiata*. WAKELING e MAYNARD (1993) desenvolveram combinações de fungicidas em laboratório visando promover o efeito sinérgico e a toxidez contra fungos manchadores e SÁNCHEZ *et al.* (1993) avaliaram a eficiência de derivados de petróleo no controle da mancha azul em madeiras de marcenaria para uso externo.

#### 4.1.1.4 Formas de ação mais praticadas para impedir o ataque de fungos

Os métodos de proteção da madeira serrada mais utilizados na prática contra o ataque de fungos manchadores e emboloradores são a secagem artificial da madeira e a aplicação de produtos preservantes. HULME (1978) comenta que nas serrarias é comum a aplicação de soluções aquosas fungicidas, por imersão ou aspersão, para inibir o ataque de fungos manchadores.

Para o controle da mancha azul em *Pinus elliottii*, VIANNA NETO (1986) sugere a secagem a alta temperatura, acima de 100°C, e comenta também que o tratamento químico, principalmente à base de pentaclorofenato de sódio, tem sido uma das formas mais empregadas no combate aos fungos manchador e embolorador na madeira.

Em 1995, um questionário encaminhado aos membros de uma associação americana de madeireiros, apresentou as seguintes sugestões como forma de melhorar a proteção da madeira em serrarias contra o ataque de fungos: 1) que a produção de madeira seca em estufa seja realizada ainda na serraria; e 2) a necessidade de maiores informações sobre as perdas causadas por fungos manchadores, que possibilitem melhor direcionar o uso dos produtos químicos no tratamento da madeira (HANSEN e MORRELL, 1997). Este trabalho mostrou também, que quando presente, as principais formas de tratamento preservativo realizados na

serraria são a imersão da madeira em tanque com produto químico e a pulverização de soluções preservantes a alta ou baixa pressão.

Além destas práticas, HERNANDEZ e WENGERT (1997) comentam que uma forma muito utilizada de proteção de toras contra o ataque dos fungos é a armazenagem em pátios de secagem sob condição seca, e outra numa condição úmida, sob aspersão de água.

#### 4.1.2 Manchamento da madeira

O manchamento é o resultado da pigmentação das hifas dos fungos que penetram na madeira em busca de alimento, composto basicamente de substâncias de reserva existentes nos lúmens das células do alburno (ANONYMOUS, 1968).

As manchas podem variar em cor e tonalidades, sendo as mais comuns o azul-escuro, azul-acinzentado, amarronzado e o púrpura, causadas principalmente por fungos dos gêneros *Ceratostomella* e *Hormodendrum* (HICKIN, 1971).

Em geral, as manchas podem ocorrer tanto a nível superficial quanto interno, sendo que a sua presença compromete o aspecto visual da madeira, prejudicando seu valor comercial.

##### 4.1.2.1 Manchamento interno

Este tipo de manchamento é causado na maioria das vezes por fungos manchadores, pertencentes aos Ascomycetos e Fungos Imperfeitos, os quais desenvolvem hifas que penetram profundamente na madeira, passando de célula para célula através das pontuações. Segundo CAVALCANTE (1982), algumas vezes as manchas não são visíveis na superfície da madeira, mas estão presentes em camadas mais profundas. Isto ocorre quando há secagem muito rápida da superfície da madeira, ocasionando a morte do fungo nesta região antes das hifas adquirirem pigmentação.

LINDGREN (1942) comenta que sob condições ideais, o fungo manchador pode desenvolver-se em 24 horas até 0,5mm no plano tangencial, 1,0mm no radial, e 5,0mm no longitudinal, podendo atingir camadas profundas no alburno da madeira. ZABEL e MORRELL (1992) observaram que as manchas internas em seções transversais de toras, ocorrem devido a movimentação das hifas através das células dos raios, e que estas desenvolvem a pigmentação entre 5 a 6 dias, após a sua instalação na madeira. EATON e

HALE (1993) acrescentam, ainda, que o crescimento das hifas ao longo do parênquima radial está relacionado com a presença de açúcares e amidos nestas células.

As propriedades de resistência da madeira, com exceção da dureza, são pouco ou quase nada afetadas por fungos manchadores, entretanto, a sua permeabilidade pode aumentar significativamente. NICHOLAS (1973) afirma que a madeira atacada por mancha azul, apresenta-se mais porosa e permeável do que a sadia, devido as aberturas feitas pela penetração das hifas dos fungos na sua microestrutura, facilitando com isso a absorção da solução preservativa no interior da madeira seca por ocasião do seu tratamento.

#### 4.1.2.2 Manchamento superficial

Este tipo de manchamento é característico de fungos emboloradores, os quais desenvolvem suas hifas sobre a superfície do material orgânico, em condições úmidas e mal ventiladas, apresentando-se com aspecto de natureza lanosa ou empoeirada (HICKIN, 1971). Apesar das hifas destes fungos penetrarem profundamente no alburno, elas não afetam a sua coloração, pois são hialinas, comprometendo apenas visualmente o aspecto externo da madeira (LEPAGE, 1986).

Alguns gêneros como *Penicillium*, *Trichoderma* e *Gliocladium* são responsáveis pela maioria das cores verdes, enquanto outros como *Aspergillus* e *Rhizopus* pela descoloração preta ocasionada na madeira (SCHEFFER e LINDGREN, 1940).

ZABEL e MORRELL (1992) comentam que apesar das hifas destes fungos serem hialinas, verifica-se um manchamento da madeira, devido a formação de uma massa de esporos pigmentados sobre a superfície desta. Observaram ainda, que este tipo de descoloração em madeira de coníferas pode ser freqüentemente removido com escovação ou aplainamento da superfície da madeira e que em folhosas ele é mais profundo podendo, em geral, ser mais persistente.

Alguns autores observaram que a permeabilidade da madeira embolorada é maior que a da madeira sadia (VERRALL, 1957; WEHR, 1985). Este aumento na permeabilidade é conseqüência, principalmente, da destruição das membranas e torus das pontuações (LINDGREN, 1952). NICHOLAS (1973), citando Lindgren (1955) e Harvey (1952), comenta que a presença do bolor na madeira aumenta a sua permeabilidade e que a absorção de soluções preservativas oleosas chegou a aumentar entre 8 a 9 vezes mais, e a penetração radial entre 30 a 40 vezes mais, em relação a madeira de pinus livre do ataque desses fungos.

Outro aspecto importante com relação aos bolores é que a maioria das espécies apresenta tolerância a diversos ingredientes ativos e a elevadas concentrações, sendo que algumas espécies são, inclusive, capazes de detoxificar alguns destes preservativos de madeira (SCHEFFER, 1973).

## 4.2 PRINCIPAIS PRODUTOS PRESERVANTES TRADICIONALMENTE UTILIZADOS NO COMBATE AOS FUNGOS MANCHADORES E EMBOLORADORES

### 4.2.1 Considerações gerais

Com o desenvolvimento das pesquisas e o estabelecimento da indústria de preservação de madeiras no mundo a partir do início deste século, vários produtos químicos preservantes de madeira começaram a surgir no mercado.

O creosoto, proveniente da carbonização da hulha betuminosa, foi um dos primeiros produtos utilizados como fungicida/inseticida para o tratamento de madeiras (HUNT e GARRATT, 1962). Este produto é uma mistura complexa com mais de 200 compostos diferentes, constituído aproximadamente por 90% de hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (NESTLER, 1974).

Um dos primeiros estudos sobre a eficiência do creosoto contra fungos emboloradores foi realizado por SHIRK *et al.* (1951), os quais, fortificando o creosoto através da cloração dos fenóis, verificaram ser este eficiente contra o fungo *Aspergillus niger*.

As propriedades físicas e químicas dos fenóis clorados fizeram destes produtos os mais apropriados para o combate aos fungos causadores da mancha e do bolor. As primeiras formulações de ação fungicida contra manchas e bolores começaram a surgir comercialmente a partir de meados da década de 30 (SCHEFFER e LINDGREN, 1940; RICHARDSON, 1978), embora tenham sido produzidas pela primeira vez por volta de 1814 (WILKINSON, 1979).

O pentaclorofenato de sódio (PCP-Na) tem sido um dos produtos mais amplamente utilizados no tratamento da madeira contra fungos manchadores e emboloradores. Segundo CSERJESI e JOHNSON (1982), a reação do PCP-Na com os componentes ácidos da madeira, promove a conversão dos seus sais em fenóis insolúveis na superfície da madeira. Além disso, estes autores comentam que o PCP-Na, por ser solúvel em água, não promove risco de incêndio à madeira tratada, sendo mais seguro em comparação à maioria dos solventes orgânicos.

O pentaclorofenol (PCP) foi considerado por vários pesquisadores como sendo um dos produtos preservantes de madeira mais eficientes e amplamente utilizados contra a maioria dos organismos xilófagos, incluindo os fungos manchadores e emboloradores. Entretanto, as restrições com relação ao seu uso tem aumentado devido, principalmente, a presença de dioxinas tóxicas e ao seu impacto sobre o meio ambiente (RICHARDSON, 1978; WILKINSON, 1979; EATON e HALE, 1993).

A proibição deste produto foi efetivada em alguns países, como é o caso da Suécia e do Japão, onde o seu uso já é proibido na indústria madeireira desde o início da década de 80 (CSERJESI & JOHNSON, 1982).

No Brasil, o PCP, num passado recente foi amplamente utilizado para o tratamento de toras e madeira recém serrada contra o manchamento. Entretanto, a Portaria n.º 329 de 02/09/1985 do Ministério da Agricultura, proibiu a sua utilização em todo o território nacional para fins agropecuários, sendo que, a Portaria 424 tornou explícita a sua excepcionalidade para fins de preservação de madeiras.

No início da década de 80 comentava-se nos Estados Unidos da América do Norte, que num futuro próximo tanto o creosoto quanto o pentaclorofenol, não estariam mais disponíveis ao público em geral, e seriam manipulados apenas por pessoal devidamente qualificado (YUSTER, 1984).

Os produtos preservantes hidrossolúveis são, em geral, soluções de sais tóxicos, amplamente utilizados em todo o mundo. Para MICKLEWRIGHT (1993) esses preservativos são os mais empregados pela indústria de tratamento de madeiras, em função da sua fácil aplicação, baixo custo e da aparência clara da madeira após o tratamento.

Um dos primeiros preservativos hidrossolúveis a surgir no mercado foi um sal à base de arseniato de cobre cromatado (CCA), patenteado em 1933 (SMITH *et al.*, 1996). De acordo com ZABEL & MORRELL (1992) este produto é o mais utilizado, sendo considerado um dos produtos mais eficientes contra o ataque de fungos, insetos e brocas marinhas. Sua eficiência na proteção de madeiras, inclusive contra manchas e bolores, tanto em testes de laboratório como de campo, está bem documentada (SMITH *et al.*, 1996).

Se por um lado a eficiência do creosoto, do PCP, do PCP-Na e do CCA, dentre outros, é reconhecida devido ao amplo espectro de ação e a versatilidade em uso, por outro, a falta de uma ação específica a determinados organismos representa uma ameaça à saúde humana e ao meio ambiente. Aliar esses fatores não é tarefa simples, pois unir estes requisitos em um

mesmo produto tem sido o grande desafio da maioria das pesquisas na área do desenvolvimento de novos produtos para o tratamento de madeiras ( BUTCHER, 1985; PIZZI, 1993).

#### 4.3 PROPRIEDADES DOS INGREDIENTES ATIVOS ATUALMENTE UTILIZADOS NO TRATAMENTO TEMPORÁRIO DA MADEIRA

##### 4.3.1 Considerações gerais

Nos últimos anos tem aumentado as preocupações em relação aos produtos tradicionalmente utilizados no tratamento temporário de madeiras contra fungos manchadores e emboloradores, principalmente aquelas relacionadas aos riscos à saúde humana e ao meio ambiente (LINDERBORG, 1993).

Até a década de 80, os produtos químicos derivados do PCP dominaram o mercado do tratamento de madeiras contra fungos manchadores e bolores, entretanto, a partir de meados desta mesma década começaram a surgir regulamentações restringindo o uso e a comercialização deste fenol clorado e de seus derivados (LAKS *et al.*, 1991).

BUTCHER (1985) comenta que os produtos alternativos, em substituição aos tradicionalmente utilizados, devem ser mais específicos nas suas propriedades biocidas e apresentarem pouco ou nenhum impacto ambiental. Entretanto, WAKELING e MAYNARD (1993) comentam que os avanços das pesquisas neste sentido têm apontado para formulações, mais especificamente aquelas alternativas na prevenção da mancha, apresentando um amplo espectro de toxidez, longo poder residual e estabilidade em serviço, sem, no entanto, mencionar os aspectos relacionados à saúde e à segurança anteriormente preconizados.

Em função das limitações impostas sobre o uso e a comercialização dos produtos preservantes tradicionalmente utilizados, tem-se observado um significativo aumento das pesquisas com novos produtos alternativos. Mais recentemente, YUSTER (1984); LAKS *et al.* (1991); e EATON e HALE (1993) apresentaram formulações como o 3-iodo-2-propinil butil carbamato (IPBC); 2-(tiocianometiltio) benzotiazol (TCMTB); quinolinolato de cobre-8; didecyl dimetil amônio clorado (DDAC) e o óxido de bis (tri-n estanho butílico) (TnBTO), como sendo as que, além de mostrarem bom desempenho no controle e prevenção da mancha e do bolor, estão entre as mais promissoras em relação àquelas que apresentam baixo ou nenhum risco à saúde humana e ao meio ambiente.

#### 4.3.2 Propriedades dos produtos preservantes de madeira

Para que um produto químico possa ser considerado eficiente na prevenção do ataque de microrganismos xilófagos, este deve apresentar determinadas características específicas. MORESCHI (1998) citando a Associação Americana de Preservadores de Madeira (AWPA), relaciona as principais características que um produto deve apresentar para que possa ser considerado adequado à determinado uso final da madeira tratada.

Além destas propriedades, os preservativos podem apresentar outras, relacionadas à forma de difusão no interior da madeira recém serrada durante o período de armazenamento ou de transporte. WILLIAMS *et al.* (1985) observaram, que mesmo após o tratamento preservativo um manchamento interno diferenciado ocorria na madeira e que, dependendo do produto utilizado, ocorria uma diferença na forma de proteção da madeira. Estes autores comentam que enquanto um determinado tipo de produto químico elimina a maior parte dos esporos de fungos existentes na superfície da madeira, durante ou logo após o período de imersão da peça, outro promove a proteção da madeira, denominada de "tipo envelope", prevenindo a germinação e o crescimento de qualquer esporo viável em uma camada próxima a superfície da madeira em períodos de tempo específicos.

#### 4.3.3 Capacidade de difusão dos preservantes na madeira

Experiências têm mostrado que, dependendo da formulação química e do método de tratamento utilizados, diferenças na proteção da madeira podem ser observadas. WILLIAMS *et al.* (1985) concluíram que o manchamento diferenciado, observado na madeira de pinus após o tratamento, ocorreu devido a diferença na capacidade de difusão entre as formulações químicas testadas.

Além disso, outras experiências mostraram que produtos contendo componentes ativos com tendência de se difundir de forma pronunciada, tendem a apresentar um efeito protetor melhor em testes de laboratório do que na prática. Segundo EDLUND e HENNINGSSON (1982), produtos com estas características se distribuem num grande volume de madeira, devido a sua capacidade de difusão, não acontecendo o mesmo em pequenas amostras utilizadas em laboratório. Isto acontece, segundo estes autores, porque a concentração de ingredientes ativos na superfície da madeira cai a níveis mais baixos no caso de tábuas ou toras, do que nas amostras de menor tamanho normalmente ensaiadas em laboratório.

Por outro lado, métodos para se avaliar a capacidade de difusão e a toxicidade de formulações químicas em meio de cultura foram desenvolvidos por Da Costa e Greaves (1975), e Da Costa (1978), citados por GREAVES (1978). Apesar disso, estes autores comentam que os sistemas de difusão em ágar são rápidos, e que os dados obtidos sobre a taxa de difusão neste meio artificial não são aplicáveis à madeira sólida.

#### 4.3.3.1 Difusão nas camadas superficiais da madeira

Dependendo da natureza química da solução preservativa e do método de tratamento empregado, dentre outros fatores, podem ocorrer situações onde apenas a camada externa da madeira apresenta-se protegida do ataque de fungos após o tratamento.

Uma situação típica de penetração superficial de um preservativo na madeira é apresentado por ROFF e CSERJESI (1965), onde após o tratamento químico, tábuas de pinus mostraram intenso manchamento interno. Os autores observaram que as tábuas estavam infectadas antes do tratamento e que um manchamento interno havia se desenvolvido devido, provavelmente, a pouca mobilidade do preservativo, o qual por não conseguir penetrar para o interior da peça, manteve uma camada próximo a superfície da mesma isenta do fungo.

HULME (1978) sugere que a peça de madeira a ser tratada contra fungos manchadores, dentre outras características, seja espessa o suficiente para permitir que apenas a camada externa possa ser tratada pela solução preservativa. Segundo este autor, esta característica é muito importante, pois o produto pode difundir-se muito a partir da superfície da madeira, tornando-se ineficiente nesta região contra estes fungos, salientando, inclusive, que o fator difusão poderia ser negligenciado se peças de madeira finas fossem utilizadas.

Por outro lado, BRAVERY e DICKINSON (1984), avaliando o efeito de diferentes sistemas de lixiviação artificial sobre a performance de fungicidas no controle da mancha azul, concluíram que dentre as várias formulações testadas, o OFF e o IPBC foram eficientes na prevenção do manchamento após serem submetidos a todos os sistemas de lixiviação testados, demonstrando que uma concentração suficiente dos ingredientes ativos manteve-se nas camadas superficiais da peça, prevenindo o seu manchamento.

#### 4.3.3.2 Difusão nas camadas internas da madeira

Ao contrário do que ocorre com produtos que se mantêm mais nas camadas superficiais da madeira, existem aqueles que se difundem bem para o interior da peça, após o tratamento.

EDLUND e HENNINGSSON (1982) observaram que formulações contendo flúor na sua composição química foram capazes de se mover para o interior da madeira por difusão. Usando reação colorimétrica foi possível detectar compostos de flúor a 10mm de profundidade a partir da superfície da madeira tratada. O mesmo ocorreu com preservativos contendo boratos. Isto significa que, como o preservativo penetra profundamente na madeira, o fungo que já estiver crescendo no seu interior poderá ser afetado e se a concentração for suficientemente elevada, um crescimento futuro poderá ser interrompido. Ao mesmo tempo, entretanto, a concentração na superfície da madeira diminuirá, e se a difusão for muito profunda, a concentração na superfície poderá cair a níveis abaixo do limite tóxico. Estes autores salientam que situações como esta devem ser consideradas quando da escolha da concentração da solução para o tratamento da madeira. No entanto, os autores nada afirmam à respeito dos tipos e/ou características dos produtos a serem utilizados.

#### 4.4 COMBINAÇÕES DE PRINCÍPIOS ATIVOS UTILIZADOS NA PREVENÇÃO DE FUNGOS MANCHADORES E EMBOLORADORES

No contexto mundial atual, a combinação de princípios ativos para a proteção de madeiras tem como objetivo principal o desenvolvimento de novas formulações químicas alternativas, em especial aos fenóis clorados, capazes de apresentar, dentre outras características, baixa toxidez aos mamíferos, pouco ou nenhum impacto ambiental, relação custo-eficiência competitiva no mercado consumidor, sendo de preferência solúveis em água e de fácil manuseio.

As combinações de biocidas são especialmente úteis como agentes controladores de fungos manchadores e emboloradores, devido ao amplo espectro de ação contra estes microrganismos e também a uma possível complementação ou sinergismo entre os produtos fungicidas, devido aos seus diferentes modos de ação (PRESNELL e NICHOLAS, 1990). EATON e HALE (1993) comentam que para madeiras tratadas com CCA propensas ao desenvolvimento de bolor, devido as condições climáticas e de armazenagem favoráveis à secagem lenta, a adição de compostos químicos pertencentes ao grupo das isotiazolonas, em

particular o 5-cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-um e o 2-metil-4-isotiazolin-3-um, são usados como aditivos na prevenção de bolores, em combinação com o CCA.

Com o propósito de observar o efeito protetor da combinação entre diferentes formulações químicas contra fungos manchadores e emboloradores, dentre outros, EDLUND e HENNINGSSON (1982) avaliaram o efeito de 11 formulações, as quais, após testadas em laboratório e posteriormente em ambiente de serraria, apresentaram ótimos resultados no controle da mancha e do bolor.

Seguindo uma linha de pesquisa semelhante, HAYWARD *et al.* (1984) avaliaram o efeito de 49 combinações de formulações fungicidas na prevenção do ataque de fungos causadores da mancha, bolor e apodrecimento, através de um ensaio rápido em laboratório, utilizando madeira de *Pinus radiata*. As combinações que apresentaram maior eficiência no controle destes fungos foram o metil tiofanato + clorotalonil, seguido de perto pela combinação do metil tiofanato + benzisotiazolona e metil tiofanato + ditio-bis (benzmetilamido).

Da mesma forma, ESLYN e CASSENS (1983) avaliaram a eficiência de fungicidas isolados e em combinações, através de ensaios de laboratório, no controle de fungos manchadores e emboloradores em madeira recém serrada de pinus. Das várias formulações químicas testadas o IPBC, o quinolinolato de cobre-8 e o TCMTB + MBT (metileno bis tiocianato) foram as que apresentaram os melhores resultados, sendo tão eficientes quanto o PCP-Na usado como referência. Seguindo a mesma linha da pesquisa citada, CASSENS e ESLYN (1983) testaram a eficiência do IPBC como fungicida isolado e combinado com bórax e com sorbato de potássio em diferentes níveis de concentração, através de experimentos de campo, no controle da mancha e do bolor em tábuas de *Liriodendron tulipifera* e *Pinus echinata*. Neste estudo, eles puderam observar que todas as combinações testadas apresentaram uma boa proteção das tábuas contra os tipos de fungos mencionados, quando comparadas com o PCP-Na e o quinolinolato de cobre-8 usados como referência.

Mais recentemente, LAKS *et al.* (1991) avaliaram o desempenho do clorotalonil isolado e combinado com outros fungicidas, no controle de fungos manchadores, emboloradores e apodrecedores, e observaram um aumento na eficiência do clorotalonil quando combinado com o IPBC, em comparação com o PCP-Na e com outra formulação composta de DDAC + IPBC (NP-1), ambas usadas para fins de comparação. Ainda, segundo ALVES (1996), a madeira tratada com preservativos contendo um ácido de sal carboxílico,

como o naftenato de cobre, e um composto pertencente ao grupo das isotiazolonas, como o 4,5-dicloro-2-n-octil-3-isotiazolona, é mais protegida contra fungos emboloradores e apodrecedores, que quando tratada com um sal metálico ou com um composto isotiazolona usados isoladamente.

Por sua vez, LINDERBORG (1984) testou várias formulações biocidas através de ensaios de laboratório e de campo, combinando compostos de amônio quaternário com fungicidas comerciais e/ou sais de sódio de ácidos carboxílicos, objetivando descobrir um produto químico alternativo aos fenóis clorados no controle de fungos manchadores e emboloradores.

No Brasil, MILANO (1981) através de experimentos de campo, avaliou a eficiência de 11 formulações químicas microbiocidas isoladas ou em combinações, disponíveis no mercado interno, e concluiu que dentre todas as testadas o TCMTB a 1,5% de ingredientes ativos mostrou ser eficiente no controle de fungos manchadores e emboloradores em madeira de *Pinus elliottii*.

#### 4.5 FORMAS DE SELEÇÃO DE PRODUTOS PRESERVANTES UTILIZADOS NO CONTROLE DE FUNGOS MANCHADORES E EMBOLORADORES

As mais diferentes formas de seleção de produtos químicos candidatos a preservantes de madeira existentes podem ser agrupadas em duas principais categorias de avaliação, a saber: aquelas realizadas através de ensaios de laboratório e aquelas realizadas através de experimentos de campo.

Vários ensaios, tanto a nível de laboratório como de campo, têm sido desenvolvidos em diferentes parte do mundo, simulando as mais diversas situações onde a madeira pode ser deteriorada (WASNY e GREAVES, 1984; DICKINSON, 1977; EDLUND e HENNINGSSON, 1982; GIBSON, 1966). Entretanto, estes ensaios têm como objetivo o desenvolvimento de novas formulações químicas cada vez mais eficientes na prevenção do ataque de organismos xilófagos.

##### 4.5.1 Ensaios de laboratório

Os principais ensaios envolvidos na fase de laboratório para avaliação de candidatos a preservantes de madeira, de acordo com ZABEL e MORRELL (1992) são: o teste rápido utilizando placas de Petri com meio de cultura à base de ágar, o “mini-block test” utilizando

pequenas amostras de madeira como substrato e, numa fase mais avançada, ensaios específicos de acordo com procedimentos estabelecidos em normas, como por exemplo o teste acelerado de laboratório da Sociedade Americana para Testes e Materiais ou "American Society for Testing and Materials" – D-1413-76 (ANONYMOUS, 1992). Vencidas estas etapas, os produtos selecionados são avaliados em situações de campo.

EATON e HALE (1993) comentam que os ensaios de laboratório, para determinar o potencial de compostos fungicidas contra fungos manchadores e emboloradores, são muitas vezes desenvolvidos através da inoculação de amostras de madeira pré-tratadas com uma suspensão de esporos previamente preparada a partir de culturas de fungos isolados de madeira recém serrada. MORESCHI (1990) acrescenta que através destes ensaios outras situações podem ser simuladas em laboratório, como aquelas que avaliam a existência ou não de sinergismo entre produtos químicos e/ou ingredientes ativos combinados entre si numa nova formulação.

Para métodos de avaliação de produtos químicos desta natureza, CSERJESI (1978) sugere o uso de fungos e espécies de madeira mais susceptíveis a deterioração, representativas da região física e geográfica de onde a madeira será exposta na prática. Outra sugestão feita pelo referido autor diz respeito a forma de avaliação, que deverá ser visual, sobre a superfície da amostra, para determinação da concentração de controle do produto químico, a ser usada na prevenção do fungo manchador/embolorador.

#### 4.5.2 Experimentos de campo

Vários são os experimentos de campo utilizados para a seleção de produtos preservativos de madeira, os quais, na sua maioria, tem por objetivo confirmar resultados obtidos em situações de laboratório.

A forma de avaliação destes experimentos geralmente é feita através de uma análise visual sobre a superfície da peça, atribuindo-se valores correspondentes à proporção da área infectada. As dimensões das amostras podem variar de acordo com o tipo de teste delineado, sendo que um dos pontos mais importantes deste tipo de experimento, é que as amostras de madeira estejam sujeitas a uma combinação de efeitos químicos, físicos e biológicos do meio ambiente, representando da melhor forma possível as condições reais de uso da madeira tratada, identificando a eficiência e performance do preservativo (EATON e HALE, 1993).

observaram que os resultados obtidos em campo foram relativamente bem relacionados com os de laboratório. LINDERBORG (1984) realizou um trabalho semelhante, combinando vários compostos de amônio quaternário com fungicidas e/ou sais de sódio de ácidos carboxílicos, onde os resultados obtidos em experimentos pilotos relacionaram-se relativamente bem com os obtidos nos ensaios de laboratório. Entretanto, alguns autores lembram que as condições de laboratório, nas quais os resultados foram obtidos, não são as mesmas encontradas na prática pois, em geral, em laboratório são utilizadas amostras de pequenas dimensões, fungos selecionados e condições pré-determinadas de temperatura e umidade relativa.

Por outro lado, DICKINSON e HENNINGSSON (1984), após tratarem blocos de madeira de *Pinus sylvestris* por imersão, inocularam-nos utilizando uma suspensão de esporos com vários tipos de fungos manchadores e emboloradores. Estes autores observaram que os resultados do experimento de campo não coincidiram com os obtidos em laboratório, devido ao fato do produto químico testado ter apresentado uma elevada eficiência em laboratório, que não foi observada no campo, principalmente no controle de fungos manchadores.

SUTTER (1978) comenta que apesar de ser comum a seleção preliminar de fungicidas através de ensaios de laboratório para a determinação da concentração mínima de inibição do crescimento de fungo, os resultados obtidos neste tipo de ensaio não podem ser extrapolados para qualquer outra situação, sendo verdadeiros apenas para a situação na qual eles foram testados.

#### 4.5.4 Relação custo-eficiência de novas formulações de produtos preservativos para o tratamento temporário de madeiras

Dentre as condições básicas que um candidato a preservante de madeiras deve apresentar para que possa ser comercializado, além dos aspectos legais, estão a sua eficiência para o fim ao qual foi formulado e o seu custo em relação a produtos similares existentes no mercado.

EATON e HALE (1993) comentam que muitos preservativos de madeira são produtos de indústrias químicas pesadas e que, com o passar dos anos, as mudanças no custo da matéria-prima, bem como a sua disponibilidade, além do custo de transporte e manufatura, afetaram também o mercado destes produtos em particular. Comentam ainda, que uma das principais desvantagens relacionadas aos preservativos solúveis em solventes orgânicos, além

Acrescentou ainda que a proporção do componente quaternário, em termos de ingrediente ativo na formulação, que pode proporcionar uma boa proteção a madeira, tem um custo aproximado de US\$1,4/m<sup>3</sup> de madeira serrada.

Observando os aspectos econômicos do mercado madeireiro brasileiro, MILANO e VIANNA NETO (1982) estimaram que tábuas de pinus sem mancha podem apresentar um preço 25% maior do que as com mancha azul, enquanto o custo do tratamento pode variar de 3% a 4% do valor da madeira. Concluem que dos produtos testados, o tratamento com TCMTB poderá chegar a mais de 20% do custo total, sendo mais caro que o tratamento com PCP-Na a 2% de ingrediente ativo. Considerando a eficiência, o custo e os riscos ao meio ambiente e ao homem, sugerem o FOLPET como uma opção promissora em substituição ao PCP-Na na prevenção da mancha para o mercado de pinus brasileiro.

1º) Óxido de bis (tributil-estanho) (TBTO): Produto de excelente ação fungicida, apresentando alta proteção das camadas superficiais da madeira recém abatida considerado de baixa toxidez à mamíferos;

2º) 2-(tiocianometiltio) benzotiazol (TCMTB): Produto de boa ação fungicida, tendo como principais características a baixa toxidez a mamíferos e ao meio ambiente, e uma boa capacidade de difusão no interior da madeira, que o torna normalmente ineficaz na proteção de fungos emboloradores devido a conseqüente diminuição de retenção na superfície do material tratado;

3º) 3-iodo-2 propinil butil carbamato (IPBC): Produto de boa ação fungicida para o tratamento temporário da madeira, que confere adequada proteção à superfície e ao interior da madeira, sendo considerado de reduzida toxidez ao homem, animais e meio ambiente, em comparação com vários outros usados para esta finalidade;

4º) Ortofenilfenol (OFF): Produto de ação fungicida, considerado de baixo impacto ambiental, muito utilizado na desinfecção hospitalar, e com características de não se difundir muito na madeira.

Outras especificações técnicas sobre os produtos supracitados, fornecidas pelos fabricantes, são apresentadas no Anexo 01.

Os ensaios preliminares e complementares foram realizados no Laboratório de Biodeterioração e Preservação de Madeiras do Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais – DETR do Setor de Ciências Agrárias – SCA da Universidade Federal do Paraná – UFPR, na Cidade de Curitiba – PR, conforme as descrições a seguir:

#### 5.1.2 Ensaio de laboratório preliminar

Este ensaio foi realizado para determinar uma estreita faixa de concentração dos ingredientes ativos adequada aos testes complementares, procurando compatibilizar as respostas\* obtidas com a sensibilidade do fungo, em relação ao tamanho das placas de Petri utilizadas.

---

\* À resposta do fungo, significa a média de quatro medições efetuadas da borda do orifício produzido no meio de cultura até a borda da área onde encontram-se esporos germinados ou micélio esporulado.

### 5.1.2.1 Etapas desenvolvidas no ensaio

A metodologia proposta por MORESCHI (1990) foi empregada na execução dos trabalhos, tendo sido utilizado meio de cultura cozido e esterilizado, à base de dextrose de batata – ágar (BDA), na relação de 33g para 967ml de água destilada.

Para a execução do ensaio foram utilizadas placas de Petri de vidro com fundo plano, nas dimensões de 92mm de diâmetro interno e 20mm de altura. O tipo de placa de Petri justificou-se pela necessidade de se ter um meio de cultura distribuído de forma homogênea, formando uma camada de espessura uniforme. Esta condição foi de fundamental importância, auxiliando na distribuição mais uniforme da solução preservante, quando em contato com o meio nutritivo.

Em cada placa de Petri entornou-se 12ml do meio de cultura devidamente esterilizado, sem qualquer outro cuidado asséptico, a não ser o da placa estar devidamente lavada e seca.

A colocação de meio de cultura em cada placa de Petri foi realizada bombeando-se uma quantidade pré-determinada de líquido em uma proveta graduada. O volume do líquido na proveta foi então dividido pelo número de bombeadas, obtendo-se, desta forma, o volume médio de BDA utilizado em cada placa de Petri.

Após a solidificação do meio de cultura, foi produzido um corte circular na porção central de cada placa, utilizando-se um vazador de rolhas de 6mm de diâmetro. Em seguida, a parte circular cortada foi removida por meio de uma pinça, criando-se um orifício na lâmina do meio de cultura solidificado.

A inoculação das placas de Petri foi feita por polvilhamento de esporos, batendo-se uma placa contendo micélio do fungo já esporulado (placa mãe), “de boca para baixo”, sobre as que seriam utilizadas no ensaio. Um cuidado tomado nesta prática foi o de eliminar os esporos velhos, batendo-se as placas contendo micélio com esporos por mais ou menos 10 vezes antes da prática de inoculação. Isto proporcionou uma inoculação mais fina e de melhor qualidade, podendo-se inocular até 20 placas a partir de uma “placa mãe”.

A partir de recomendações dos fabricantes dos princípios ativos e, também de informações da literatura sobre o assunto, foram definidas para o ensaio preliminar as seguintes concentrações: 1%; 0,5%; 0,25%; 0,125% e 0,0625% para os quatro produtos comerciais selecionados, descritos no item 5.1.1..

Após a inoculação, com o auxílio de uma micropipeta de transferência de 20µl, foi colocada uma gota da solução preservante no orifício criado no meio de cultura, sendo que para cada nível de concentração testado por produto, utilizou-se 10 repetições.

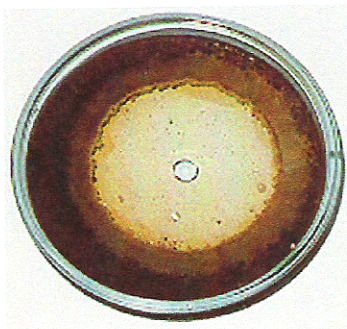
Subseqüentemente, as placas de Petri foram devidamente identificadas e incubadas em câmara apropriada, na temperatura de 27°C e umidade relativa de 70%.

#### 5.1.2.2 Forma de avaliação da sensibilidade do fungo aos produtos testados

A sensibilidade do fungo foi avaliada de forma visual, sobre a distância média da borda do orifício à parte do meio de cultura com presença de esporos germinados, considerando-se apenas aquelas de pequeno tamanho, passíveis de medição, as de tamanho maiores, inferiores ao diâmetro das placas de Petri, bem como as de tamanho intermediário. A Figura 01 ilustra a sensibilidade do fungo frente a uma determinada formulação preservante.

Após a avaliação da sensibilidade do fungo, identificaram-se as concentrações por produto preservante a serem adotadas no experimento de laboratório complementar, passíveis de serem utilizadas em função do tamanho das placas de Petri.

FIGURA 01- ILUSTRAÇÃO DA SENSIBILIDADE DO FUNGO *Aspergillus niger* EM RELAÇÃO A UMA FORMULAÇÃO TESTADA.



#### 5.1.3 Ensaio de laboratório complementar

Neste ensaio foram utilizados os produtos IPBC, TCMTB e OFF nas concentrações de 0,25%, 0,125% e 0,0625%, respectivamente, definidas no ensaio preliminar.

Como para o TBTO, constatou-se que as dimensões da sensibilidade do fungo foram aproximadamente iguais ao diâmetro das placas de Petri, incluiu-se no ensaio complementar uma seqüência de níveis de concentração inferiores, ou seja, partindo-se da concentração de 0,25%, diluindo-se progressivamente até a concentração de 0,000061%.

Para maior clareza, os ingredientes ativos e suas respectivas concentrações utilizadas no ensaio de laboratório complementar, bem como suas combinações, são apresentadas na Tabela 01.

#### 5.1.3.1 Etapas desenvolvidas no ensaio

O mesmo procedimento adotado no item 5.1.2.1. foi utilizado para a preparação das placas de Petri, com cinco repetições para cada combinação ingrediente ativo-concentração.

Este ensaio foi realizado em duas etapas, onde as formulações preservativas com ingredientes ativos puros e combinados foram testadas frente ao ataque de dois fungos emboloradores. Na primeira, as formulações foram testadas contra o ataque do fungo *Aspergillus niger* e, na segunda, contra o fungo *Trichoderma* spp.

O fungo *Aspergillus niger* foi obtido junto ao Laboratório de Fungos de Referência do Departamento de Microbiologia e Imunologia da UFPR, sob o número de controle 40018 (origem: ATCC – 1004) e número do lote 129040018 do INCQS (Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde), da Fundação Oswaldo Cruz, do Ministério da Saúde.

O fungo *Trichoderma* spp. foi isolado no Laboratório de Biodeterioração e Preservação de Madeiras do DETR da UFPR, de madeira de *Pinus elliottii* atacada na região, onde o ensaio de campo foi efetuado.

Preparado o experimento, todas as placas foram mantidas em sala de incubação à temperatura de 27°C e umidade relativa de 70%.

#### 5.1.3.2 Avaliação da sensibilidade dos fungos aos produtos testados

As sensibilidades dos fungos foram avaliadas em dois momentos diferentes, sendo a primeira 60 horas após a inoculação e a outra 24 horas após esta primeira medição, conforme a metodologia de avaliação sugerida por MORESCHI (1990). A primeira medição teve o objetivo de avaliar a sensibilidade quanto à germinação de esporos no meio de cultura, enquanto a segunda visou avaliar a sensibilidade em relação a esporulação do micélio.

Com o auxílio de uma tira de papel milimetrado, dependendo do caso, foi feita a medição do raio de inibição da germinação de esporos ou da esporulação do micélio já desenvolvido, a partir da borda da perfuração efetuada no meio de cultura, em direção a borda

TABELA 01- INGREDIENTES ATIVOS, COMBINAÇÕES E RESPECTIVOS NÍVEIS DE CONCENTRAÇÃO TESTADOS EM LABORATÓRIO.

I.A. <sup>**</sup>	CONC. <sup>**</sup>	TBTO 0,25 0,000061	IPBC			TCMTB			OFF		
			0,25	0,125	0,0625	0,25	0,125	0,0625	0,25	0,125	0,0625
TBTO	0,25		0,25 + 0,25	0,25 + 0,125	0,25 + 0,0625	0,25 + 0,25	0,25 + 0,125	0,25 + 0,0625	0,25 + 0,25	0,25 + 0,125	0,25 + 0,0625
	0,125		0,125 + 0,25	0,125 + 0,125	0,125 + 0,0625	0,125 + 0,25	0,125 + 0,125	0,125 + 0,0625	0,125 + 0,25	0,125 + 0,125	0,125 + 0,0625
	0,0625		0,0625 + 0,25	0,0625 + 0,125	0,0625 + 0,0625	0,0625 + 0,25	0,0625 + 0,125	0,0625 + 0,0625	0,0625 + 0,25	0,0625 + 0,125	0,0625 + 0,0625
	0,0312			0,0312 + 0,125	0,0312 + 0,0625		0,0312 + 0,125	0,0312 + 0,0625		0,0312 + 0,125	0,0312 + 0,0625
	0,0156			0,0156 + 0,125	0,0156 + 0,0625		0,0156 + 0,125	0,0156 + 0,0625		0,0156 + 0,125	0,0156 + 0,0625
	0,00781			0,0781 + 0,125	0,0781 + 0,0625		0,0781 + 0,125	0,0781 + 0,0625		0,0781 + 0,125	0,0781 + 0,0625
	0,00390			0,0039 + 0,125	0,0039 + 0,0625		0,0039 + 0,125	0,0039 + 0,0625		0,0039 + 0,125	0,0039 + 0,0625
	0,00195			0,00195+0,125	0,00195+0,0625		0,00195+0,125	0,00195+0,0625		0,00195+0,125	0,00195+0,0625
	0,000976			0,000976+0,125	0,000976+0,0625		0,000976+0,125	0,000976+0,0625		0,000976+0,125	0,000976+0,0625
	0,000488			0,000488+0,125	0,000488+0,0625		0,000488+0,125	0,000488+0,0625		0,000488+0,125	0,000488+0,0625
	0,000244			0,000244+0,125	0,000244+0,0625		0,000244+0,125	0,000244+0,0625		0,000244+0,125	0,000244+0,0625
	0,000122			0,000122+0,125	0,000122+0,0625		0,000122+0,125	0,000122+0,0625		0,000122+0,125	0,000122+0,0625
0,000061			0,000061+0,125	0,000061+0,0625		0,000061+0,125	0,000061+0,0625		0,000061+0,125	0,000061+0,0625	
IPBC	0,25					0,25 + 0,25	0,25 + 0,125	0,25 + 0,0625	0,25 + 0,25	0,25 + 0,125	0,25 + 0,0625
	0,125					0,125 + 0,25	0,125 + 0,125	0,125 + 0,0625	0,125 + 0,25	0,125 + 0,125	0,125 + 0,0625
	0,0625					0,0625 + 0,25	0,0625 + 0,125	0,0625 + 0,0625	0,0625 + 0,25	0,0625 + 0,125	0,0625 + 0,0625
TCMTB	0,25								0,25 + 0,25	0,25 + 0,125	0,25 + 0,0625
	0,125								0,125 + 0,25	0,125 + 0,125	0,125 + 0,0625
	0,0625								0,0625 + 0,25	0,0625 + 0,125	0,0625 + 0,0625
OFF	0,25										
	0,125										
	0,0625										

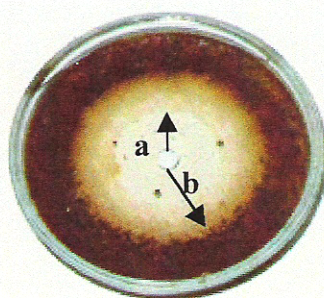
\* I.A. Ingrediente Ativo

\*\* CONC. Concentração do ingrediente ativo utilizado na formulação (massa/massa)

da placa de Petri, até onde era possível observar-se a olho nu as referidas respostas. A Figura 02 ilustra a forma de medição efetuada sobre a resposta do fungo desenvolvido nas placas de Petri.

Para cada placa de Petri foram efetuadas 4 medições em posições diagonalmente opostas e simetricamente distribuídas, sendo calculada a média aritmética para cada repetição.

FIGURA 02 - FORMA DE MEDIÇÃO EFETUADA SOBRE A RESPOSTA DO FUNGO DESENVOLVIDO NAS PLACAS DE PETRI. ( a = INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS; b = INIBIÇÃO DA ESPORULAÇÃO DO MICÉLIO JÁ DESENVOLVIDO).



#### 5.1.3.3 Avaliação dos produtos químicos e suas combinações

Inicialmente os ingredientes ativos foram avaliados isoladamente, ou não combinados entre si, procurando-se relacionar a sensibilidade dos fungos selecionados com a concentração dos produtos químicos testados. A partir das respostas obtidas neste ensaio, foi avaliado, numa etapa posterior, o efeito das combinações entre os ingredientes ativos/concentrações selecionados.

A eficiência dos princípios ativos isolados foi avaliada em função do raio de inibição médio da germinação de esporos e/ou da esporulação do micélio dos fungos, considerando-se a concentração do produto químico utilizado. Para este propósito foram elaborados gráficos para cada produto/formulação selecionada, onde a variável dependente representou o tamanho do raio de inibição médio, e a variável independente a concentração do produto utilizado, os quais encontram-se nos anexos 4 a 13.

A existência de interação para os princípios ativos combinados foi considerada quando da ocorrência de desvio, da soma entre o raio de inibição médio destes dois princípios ativos/concentrações individuais, dentro de cada formulação combinada. Na ocorrência de interações, estas foram consideradas positivas ou negativas.

Dependendo das formulações químicas/concentrações selecionadas no ensaio de laboratório, as respostas, em termos de raio de inibição do fungo, podem não apresentar uma variação muito expressiva em termos visuais. Neste sentido, partindo-se de uma combinação subjetiva entre dois produtos químicos, conforme ilustrado na Figura 03, as respostas advindas desta combinação, relacionadas à combinação sensibilidade do fungo - capacidade de difusão/mobilidade dos ingredientes ativos no meio de cultura, podem refletir uma das possibilidades abaixo relacionadas, conforme ilustrado na Figura 04.

FIGURA 03 – RESPOSTAS DISTINTAS DE DOIS PRODUTOS QUÍMICOS (A e B) EM TERMOS DE RAIOS DE INIBIÇÃO DO FUNGO E DEFINIÇÃO DA RESPOSTA.

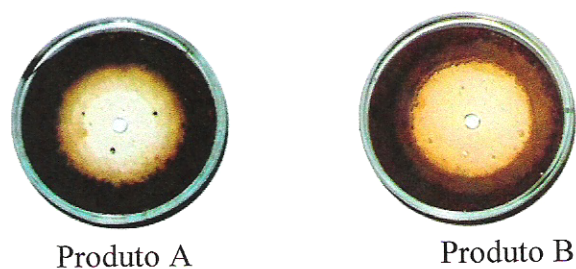
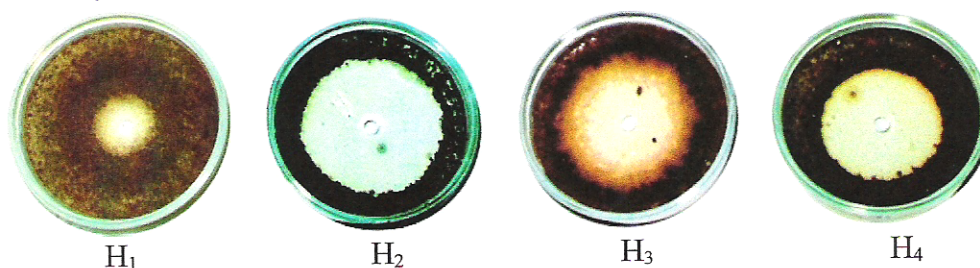


FIGURA 04 - POSSIBILIDADES DE RESPOSTAS QUANTO A SENSIBILIDADE DOS FUNGOS A PARTIR DA COMBINAÇÃO ENTRE DOIS PRODUTOS QUÍMICOS DISTINTOS, CONFORME ILUSTRADO NA FIGURA 03.



Analisando cada uma das possibilidades ilustradas na Figura 04, as seguintes situações poderiam ter ocorrido:

1ª) H<sub>1</sub>: correspondendo a uma resposta onde poderia ter ocorrido uma interação negativa entre os dois ingredientes ativos, tendo um inibido em parte a ação fungicida do outro. Outra hipótese é a de que a interação entre os dois produtos químicos teria diminuído a capacidade de difusão ou de mobilidade de ambos, restringindo a ação da nova formulação química à pouca distância da superfície do substrato;

2ª) H<sub>2</sub>: situação contrária à anterior, onde a combinação dos dois ingredientes ativos teria proporcionado uma interação positiva, sendo que a combinação entre os dois ingredientes ativos teria aumentado a capacidade de difusão ou de mobilidade da nova formulação química para as camadas internas do substrato ou a eficiência individual destes a níveis superiores à soma dos produtos isolados, ou ambos os casos.

3ª) H<sub>3</sub>: situação onde a ação fungicida correspondente à de apenas um dos ingredientes ativos se manifestou, indicando a possibilidade que um deles poderia ter se difundido em demasia no substrato, mantendo-se o outro produto inalterado em termos de mobilidade e eficiência.

4ª) H<sub>4</sub>: situação onde, dentre os dois ingredientes ativos combinados, apenas aquele de maior ação fungicida teria se manifestado, mantendo inalterada a ação do outro produto químico. Ou ainda, que a resposta do produto de menor ação fungicida estaria incluída, a nível visual, naquela do produto mais eficiente.

#### 5.1.3.4 Seleções dos produtos/formulações químicas para os experimentos de campo

Os produtos/formulações químicas que mostraram um certo potencial para o tratamento temporário da madeira verde, foram selecionados em função da avaliação descrita no item 5.1.3.3.. Esta seleção proporcionou não apenas a escolha daqueles mais eficientes para o tratamento preservativo da madeira, mas, posteriormente, também a comprovação ou não da validade dos resultados e interpretações dos experimentos de laboratório.

## 5.2 EXPERIMENTOS DE CAMPO

Tendo em vista o número relativamente grande de formulações preservantes selecionadas em laboratório, e a necessidade de selecionar apenas aquelas de melhor desempenho para fins práticos, foram executados dois experimentos de campo: o primeiro de caráter preliminar, num total de 30 tratamentos, desenvolvido em situação crítica de secagem, objetivando selecionar as melhores soluções preservantes nesta situação; e o segundo, de caráter complementar ao anterior, num total de 17 tratamentos, em situação normal de secagem ao ar da madeira no campo.

Após a avaliação individual dos dois experimentos supracitados e da seleção das formulações para o teste final, um terceiro foi montado diretamente na linha de produção de

uma serraria, objetivando avaliar o desempenho das formulações químicas selecionadas em situação prática de uso.

Os experimentos de campo foram realizados na Fazenda Experimental do Canguiri, da UFPR, entre os meses de maio e dezembro de 1997, com um período de duração médio de dois meses para cada experimento. Esta fazenda está localizada no Município de Pinhais a 25° 25' de latitude sul, 49° 8' de longitude oeste e a 930 metros de altitude, distante 15km da Cidade de Curitiba. O teste de campo foi realizado no pátio da serraria localizada nesta mesma Fazenda.

As árvores, a partir das quais foram confeccionadas as tábuas para os experimentos de campo, foram abatidas em um povoamento de *Pinus taeda*, com idade aproximada de 20 anos, localizado na referida fazenda. A espécie florestal foi devidamente catalogada no herbário do Curso de Engenharia Florestal da UFPR (Escola de Floresta de Curitiba) e registrada sob o número EFC nº8274.

Os dados referentes à temperatura, umidade relativa, precipitação pluviométrica, duração das chuvas e insolação, referentes aos períodos de execução dos experimentos de campo, foram obtidos junto ao IAPAR (Instituto Agrônomo do Estado do Paraná) e são apresentados no Anexo 02, juntamente com os dados dos anos de 1995 e 1996, abrangendo os mesmos períodos anuais de realização dos experimentos.

## 5.2.1 Experimento de campo preliminar

### 5.2.1.1 Delineamento do experimento

Das 29 formulações preservantes selecionadas em laboratório, cada uma foi considerada um tratamento estatístico, com 10 repetições por tratamento.

Após o desdobro das toras na serraria, todas as tábuas foram selecionadas ao acaso e devidamente codificadas, recebendo, cada uma, identificação referente à combinação dos ingredientes ativos a ser utilizada no tratamento preservante (tratamento) e o número da repetição.

O período de tempo decorrido entre o abate das árvores e o tratamento das tábuas não ultrapassou 48 horas.

Para o tratamento das tábuas, foi confeccionado um coxo de madeira, medindo 40cm de altura, 40cm de largura e 4,00m de comprimento, o qual teve toda a sua superfície interna revestida por uma lona plástica reforçada.

As soluções químicas concentradas foram previamente preparadas em laboratório, em quantidade suficiente para o tratamento das 10 repetições/tratamento, nas devidas relações dos ingredientes ativos utilizados, para posterior diluição em água a 3% de concentração para o tratamento das tábuas no campo.

O método de tratamento foi o de imersão simples, por um período de 10 segundos. Após o tratamento de uma série de 10 tábuas, estas foram mantidas na posição inclinada para a eliminação da solução excedente, por um período de cinco minutos. Tanto a solução escorrida das tábuas, como a solução remanescente no coxo de tratamento foram depositadas num tanque de alvenaria, localizado abaixo do coxo de tratamento, sendo, este último, cuidadosamente lavado com água corrente antes da sua reutilização.

#### 5.2.1.2 Confeção da pilha

Nesta etapa do trabalho, foram montadas duas pilhas de tábuas no campo ao ar livre sem nenhuma proteção, sendo a primeira numa situação crítica de secagem e a segunda numa condição normal de secagem como etapa complementar, utilizando-se as mesmas tábuas da primeira pilha, mas em número reduzido. Para tanto, alguns procedimentos foram adotados, a partir dos quais foram selecionadas uma ou mais formulações químicas consideradas eficientes nas situações de campo.

No sentido de se evitar tendenciosidade na obtenção dos dados, as tábuas foram distribuídas de forma aleatória dentro de cada camada da primeira pilha, com a restrição de haver uma repetição para cada um dos 30 tratamentos sendo, destes, 29 compreendidos pelas formulações preservantes e um pela testemunha, sem tratamento. A Tabela 02 ilustra como foram distribuídos os tratamentos e suas respectivas repetições ao longo da primeira pilha.

Outra preocupação foi a de criar um ambiente favorável ao desenvolvimento de fungos, orientando-se as tábuas, no seu comprimento, no sentido paralelo a direção predominante dos ventos, com os separadores orientados perpendicularmente a esta direção. Com isto procurou-se dificultar a aeração no interior da pilha, favorecendo a manutenção de umidade na forma de

TABELA 02 - DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS E RESPECTIVAS REPETIÇÕES NA PILHA DE TÁBUAS DO EXPERIMENTO DE CAMPO.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
10	19.1	20.4	23.10	21.9	2.1	1.1	8.3	22.8	7.10	10.7	24.1	25.1	9.9	5.1	6.10	3.1	17.9	4.2	18.3	12.9	T10	29.5	11.1	16.1	14.8	13.3	15.7	28.10	26.8	27.1
9	25.5	14.6	19.3	22.10	23.5	20.1	28.1	16.3	8.4	1.3	6.7	7.7	24.3	10.5	15.3	9.8	21.6	17.5	26.5	11.5	27.4	T9	2.9	18.1	29.6	5.3	4.5	3.3	13.5	12.8
8	19.2	26.10	12.10	23.9	20.3	2.10	11.2	5.2	6.8	25.2	1.2	4.1	3.2	10.6	13.4	7.8	24.2	28.9	29.7	21.10	14.7	18.2	15.6	16.2	17.7	27.2	T8	22.9	8.2	9.5
7	1.4	27.5	20.2	T7	21.2	5.5	24.4	19.4	26.6	4.4	11.3	7.9	6.9	17.3	22.3	18.4	14.5	9.10	12.7	13.1	23.6	25.4	8.1	15.1	2.8	29.4	28.7	3.4	10.4	16.4
6	28.8	3.5	21.4	18.5	26.7	10.1	12.3	7.4	29.10	T6	6.6	4.3	24.6	27.10	15.4	25.7	23.2	22.5	17.1	1.5	2.7	11.7	5.4	16.5	13.2	14.3	19.5	9.7	20.5	8.7
5	27.3	24.5	11.4	15.2	28.6	1.6	2.6	3.6	21.3	7.6	29.9	4.7	17.2	5.7	10.3	T5	26.2	6.3	16.6	18.6	12.2	19.10	20.7	25.6	23.1	22.4	13.6	14.4	8.6	9.6
4	T4	26.1	5.6	1.7	11.6	15.5	29.3	21.1	24.7	6.5	28.4	27.9	4.6	3.7	7.2	2.5	10.2	16.7	17.4	19.9	20.6	13.7	18.7	23.3	22.6	25.3	9.3	8.5	12.1	14.10
3	21.5	10.10	T3	4.8	26.4	5.8	16.8	27.6	7.5	6.1	29.8	11.9	28.5	24.8	3.10	2.4	1.8	15.8	17.6	14.9	25.8	12.4	13.9	23.8	18.8	20.8	19.7	22.7	8.9	9.4
2	24.9	21.7	T2	27.8	28.3	29.1	10.8	15.9	7.3	6.2	26.3	11.8	2.3	1.9	17.10	16.9	3.9	4.10	5.9	19.8	20.9	9.1	8.8	25.10	12.6	22.2	23.4	13.8	14.2	18.9
1	27.7	26.9	29.2	28.2	T1	18.10	1.10	11.10	2.2	15.10	7.1	16.10	10.9	5.10	17.8	3.8	4.9	23.7	24.10	25.9	21.8	6.4	22.1	20.10	19.6	12.5	9.2	8.10	14.1	13.10

Notas: 1) Algarismos à esquerda do ponto: código referente ao número do tratamento

2) Algarismos à direita do ponto: código referente ao número da repetição do tratamento

3) T1 a T10: Testemunhas

vapor no seu interior, bem como estendendo o tempo de secagem da madeira.

A época do ano, na qual este experimento foi realizado, foi favorável ao desenvolvimento dos fungos, pois coincidiu com a época onde ocorreram chuvas freqüentes e abundantes, mantendo a umidade relativa do ar alta por tempo prolongado. A precipitação pluviométrica no período de secagem da madeira foi de 251mm, com chuvas esparsas que ocorreram em 25 dias dos 60 em que ocorreu a secagem da madeira.

Para assegurar a presença de fungos emboloradores na madeira, uma prática que auxiliou na rigorosidade deste teste, foi a utilização de um pulverizador costal, com o qual borrifou-se uma suspensão de esporos de fungos emboloradores sobre cada uma das camadas de tábuas que fizeram parte do experimento. Os esporos de fungos utilizados foram coletados previamente de tábuas de *Pinus taeda* infestadas, obtidas no próprio local onde a pilha foi montada.

Tendo em vista que se a pilha fosse formada por 10 camadas de tábuas, com aproximadamente 3,0cm de espessura e separadores de mesma espessura, esta atingiria uma altura muito baixa. Por tal razão, e pela necessidade de aumentar a altura da pilha para representar uma situação prática de secagem da madeira, a cada camada de tábuas tratadas foram intercaladas duas camadas de tábuas, normalmente tratadas na linha de produção, que foram desconsideradas neste estudo. Além das medidas adotadas acima, para representar somente o interior da pilha, adicionou-se duas camadas de tábuas na parte inferior, logo acima da sua base, de aproximadamente 40cm de altura, bem como na parte superior, logo após a última camada de tábuas do experimento. As laterais da pilha também receberam proteção de duas fileiras de tábuas, para evitar a influência direta da ação dos ventos e raios solares sobre as tábuas tratadas, que pudessem proporcionar secagem acelerada.

As tábuas ficaram expostas nesta situação por um período de aproximadamente 60 dias, a contar do início dos tratamentos. Após este período, a pilha foi desmontada e as tábuas foram individualmente analisadas quanto ao grau de infestação superficial dos fungos, conforme descrito no item 5.2.1.3.

Concluída esta etapa, a segunda pilha de tábuas foi montada. As tábuas correspondentes aos melhores tratamentos selecionados na primeira pilha foram utilizadas novamente para a confecção da segunda pilha, não havendo, portanto, nesta etapa, o abate de árvores, desdobramento de toras e tratamento das tábuas, conforme executado no experimento

preliminar anteriormente descrito. Desta forma, a segunda pilha foi formada por 17 tratamentos com 10 repetições por tratamento, incluindo as testemunhas sem tratamento químico.

Ao contrário do descrito para a confecção da primeira pilha, esta foi montada de maneira convencional, procurando favorecer a secagem das tábuas ainda úmidas, através de uma orientação adequada que facilitasse a circulação de ar no interior da pilha, e conseqüentemente, a redução do teor de umidade da madeira.

As tábuas permaneceram nesta situação por um período aproximado de 60 dias, durante os quais ocorreram 18 dias de chuvas esparsas, num total de 250 mm de precipitação pluviométrica.

Após este período, a pilha foi desmontada e as tábuas foram reavaliadas quanto ao grau de infestação de fungos superficial e interno, adotando-se o mesmo critério utilizado na avaliação das tábuas da primeira pilha.

#### 5.2.1.3 Avaliação das tábuas quanto ao grau de ataque dos fungos

Como critério de avaliação, foi analisada visualmente somente a superfície de cada tábua que estivesse mais atacada por fungos. Para tanto, foram preestabelecidos graus de ataque diferenciados, em função da proporção da superfície da tábua atingida pelos fungos manchadores e emboloradores, os quais são apresentados na Tabela 03.

TABELA 03 – GRAUS DE ATAQUE DE FUNGOS PREESTABELECIDOS PARA A AVALIAÇÃO DAS TÁBUAS APÓS O PERÍODO DE TESTE.

SUPERFÍCIE DA TÁBUA ATACADA (%) <sup>*</sup>	DENOMINAÇÃO	SIGNIFICADO
0	NA	Não Atacada
0 a 40	LA	Levemente Atacada
40 a 70	A	Atacada
> 70	SA	Severamente Atacada

\* Valor estimado

A classificação do grau de infestação foi atribuída individualmente para todas as tábuas, independente do tratamento (formulação química). Estes diferentes graus de ataque preestabelecidos procuraram representar a situação de desvalorização da madeira, em uma

situação de uso, decorrente da infestação de fungos sobre a sua superfície. Desta forma, peças de madeira não atacadas por fungos (NA) não sofreriam alteração no seu valor comercial, enquanto peças levemente atacadas (LA), ou seja, com até 40% da sua superfície infectada por fungos, sofreriam certa desvalorização no seu preço de mercado. Por outro lado, tanto peças de madeira atacadas (A) ou severamente atacadas (SA) por fungos, apresentando uma das superfícies afetadas entre 40 a 70%, e superior a 70%, respectivamente, normalmente seriam extremamente desvalorizadas ou mesmo rejeitadas pelo mercado consumidor, especialmente quando a aparência da madeira é pretendida.

Para melhor compreensão e interpretação dos resultados advindos do experimento de campo, e sua posterior análise em relação às condições de secagem das tábuas que formaram a pilha de madeira, foram identificadas as diferentes regiões de interesse quanto a secagem das tábuas no interior da pilha, nas quais a secagem do material ocorreu de maneira diferenciada e proporcionou uma secagem mais rápida ou mais lenta da madeira, dificultando ou favorecendo a incidência de fungos sobre este material.

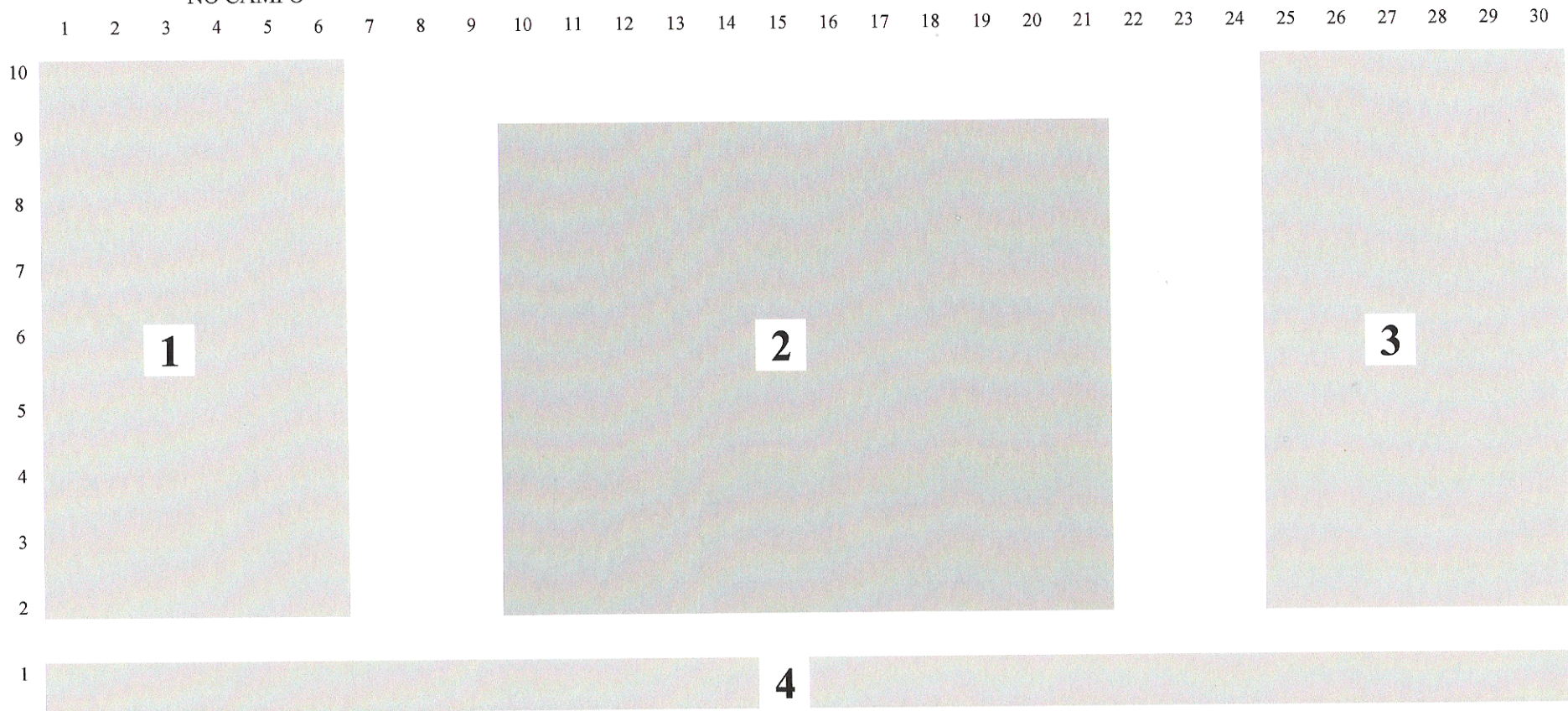
A Figura 05 representa as regiões identificadas no interior da primeira pilha instaladas no campo, previamente à interpretação dos resultados, e que serviram para observações sobre a validade da análise efetuada de forma convencional, considerando todas as tábuas da pilha em situações similares.

A partir desta figura, é razoável se dizer que as formulações químicas de maior interesse para o presente estudo, seriam aquelas que apresentassem os melhores resultados no controle dos fungos manchadores e emboloradores, em tábuas localizadas nas regiões 1 e 3.

Os critérios estabelecidos quanto ao grau de infestação dos fungos sobre a superfície das tábuas e a localização dos tratamentos no interior da pilha foram adotados para a confirmação dos melhores tratamentos do experimento de campo preliminar, correspondendo à primeira pilha de tábuas no campo.

Para a segunda pilha de tábuas, apenas o critério referente ao grau de infestação dos fungos foi adotado, sendo que, após concluída a análise sobre a superfície bruta das tábuas,

FIGURA 05 - REPRESENTAÇÃO DAS REGIÕES DE MAIOR INTERESSE PARA SECAGEM DAS AMOSTRAS DE MADEIRA NO INTERIOR DA PILHA NO CAMPO



Legenda: Região 2 - condição mais severa de ataque de fungos devido a maior dificuldade de secagem do material.

Região 4 - camada mais inferior da pilha, com boa ventilação e baixa incidência de fungos.

Região 1 - local de maior incidência dos ventos predominantes do local e menor incidência de fungos.

Região 3 - local em condições de desenvolvimento de fungos intermediária entre a região 1 e região 2, com manutenção de ar úmido entre peças relativa, devido a baixa taxa de ventilação.

avaliou-se também a ocorrência ou não de manchamento interno\* na madeira, a partir da eliminação prévia de uma camada delgada da superfície das tábuas, realizada com o auxílio de uma plaina elétrica manual da marca Makita, com 3 lâminas de corte de 8,0cm de largura, regulada para remover uma camada de aproximadamente 2,0mm de espessura.

O manchamento interno da madeira foi adotado como índice de seleção dos tratamentos, por ser este mais problemático e prejudicial do ponto de vista econômico.

Para efeito de análise, foi negligenciada a porção dos topos das tábuas, ou seja, 50cm a partir das suas extremidades, no sentido de evitar confusão com a forma distinta de ataque na porção central das tábuas, onde o teor de umidade se mantém por tempo mais prolongado e com a penetração dos fungos ocorrendo predominantemente nos sentidos radial e tangencial aos anéis de crescimento da madeira.

O mesmo critério de análise visual, utilizado anteriormente, foi adotado à medida que as tábuas eram aplainadas.

Os resultados do tratamento avaliados dentro dos graus de ataque NA e LA sobre a superfície da madeira aplainada, identificaram as formulações/produtos a serem selecionados, e incluídos no experimento de campo complementar.

A seleção das formulações/produtos levou em consideração a localização das tábuas na pilha, em função dos gradientes de umidade existentes e a conseqüente variação das condições de desenvolvimento dos fungos no seu interior.

### 5.2.2 Experimento de campo complementar

A realização deste experimento teve três objetivos principais, quais sejam: 1º) confirmar os resultados obtidos no teste anterior; 2º) fracionar ainda mais a concentração dos ingredientes ativos, na busca de uma composição mínima eficiente; e 3º) testar as formulações diretamente na linha de produção de uma serraria da região, comparando-as com outros produtos químicos de eficiência comprovada ou comumente utilizados no controle de fungos emboloradores e manchadores.

---

\* Como "manchamento interno" entenda-se aquele também causado na superfície da madeira, mas em condições que permitem avaliar exclusivamente o dano causado por fungos manchadores.

### 5.2.2.1 Delineamento do experimento de campo complementar

Para a execução dos trabalhos, foi estabelecido um cronograma de atividades que permitisse o tratamento das tábuas num período inferior a 48 horas, após o abate das árvores, sem que houvesse interferência nas atividades normais da serraria.

Foram utilizadas árvores do mesmo povoamento de *Pinus taeda*, de onde foi obtida madeira para o experimento preliminar. As dimensões das tábuas foram estabelecidas em função do produto de maior comercialização na região, sendo: 3,0cm de espessura; 15,0cm de largura; e 2,70m de comprimento. Todas as tábuas foram identificadas antes do tratamento, tendo sido adotados os mesmos procedimentos do método de tratamento descritos no experimento preliminar.

As três formulações selecionadas como sendo as mais eficientes nas condições de campo, utilizadas no experimento preliminar, foram incluídas no experimento complementar, com variações em suas concentrações, na relação de 25% para mais e 25% para menos de sua concentração original. Além dessas formulações, optou-se por incluir também outros produtos químicos preservantes para o tratamento temporário da madeira, de composição química e eficiência conhecidas no combate a fungos emboloradores e manchadores. Esta inclusão teve como objetivo, a possibilidade de comparar os resultados das formulações químicas no final dos testes, com outras de comprovada eficiência para a mesma finalidade. Os produtos incluídos e suas respectivas concentrações foram os seguintes: 1º) Pentaclorofenato de Sódio (PCP-Na) a 0,6%, 0,7% e 0,8% massa/massa, mais tetraborato de sódio decahidratado (bórax), na razão de uma parte de PCP-Na para três partes de bórax, respectivamente; 2º) Produto à base de quinolinolato de cobre-8 a 3,0%, 4,0% e 5,0% volume/volume; e 3º) Tribromofenato de Sódio (TBP-Na) a 3,0%, 4,0% e 5,0% massa/massa.

Desta forma, foram empregadas seis formulações químicas, cada uma com três níveis de concentração, perfazendo dezenove tratamentos, incluindo o testemunha. Para cada tratamento foram utilizadas sete repetições, necessárias para se adaptar a pilha ao tamanho padrão usado na serraria.

#### 5.2.2.2. Confeção da pilha

As dimensões médias das pilhas utilizadas na serraria foram adotadas, sendo de aproximadamente 1,30m de largura, 2,30m de altura e o comprimento definido pelo comprimento da tábua.

Para a confeção desta pilha, procurou-se seguir os procedimentos normais, principalmente no que se refere à orientação dos separadores e das tábuas em relação à direção predominante dos ventos. As tábuas foram dispostas com o seu comprimento orientado perpendicularmente em relação a direção predominante dos ventos, ficando os separadores na direção paralela a este.

Uma pilha de tábuas orientada nesta posição tende a apresentar uma secagem mais rápida, em decorrência de uma melhor aeração. Como consequência, são esperados menores problemas decorrentes da infestação dos fungos emboloradores e manchadores.

A ocorrência de chuvas durante o período de realização deste experimento foi muito boa, com uma precipitação média de 552mm, em 58 dias de chuva, o que favoreceu a rigorosidade do teste.

A pilha foi formada com as 7 repetições de cada tratamento, distribuídas aleatoriamente nas colunas (vertical), em 19 camadas, conforme o número de tratamentos existentes. Para tanto, restringiu-se que uma repetição por tratamento fosse alocada em cada coluna da pilha.

Tendo em vista a pouca altura obtida com as 19 camadas de tábuas tratadas, além dos separadores, intercalou-se entre as camadas de tábuas dos tratamentos, duas camadas de tábuas não tratadas, que serviram de preenchimento para se atingir a altura desejada da pilha, bem como de uma fonte de inóculo permanente durante o período de secagem.

Por tratar-se de um experimento em condições de serviço, nesta pilha não foi feita a borrifação da suspensão de esporos sobre as tábuas, adotada no experimento preliminar. Da mesma forma, por se tratar de uma pilha normal, não foi promovida a proteção lateral, superior e inferior das camadas de tábuas dos tratamentos, como adotado no experimento preliminar.

Assim sendo, a pilha foi formada por sete colunas e dezenove camadas de tábuas, relacionadas aos tratamentos, mais 20 camadas de tábuas intercaladas, resultando em 7 colunas com 39 tábuas cada uma. Ao todo foram utilizadas 273 tábuas, das quais 133 do experimento, que foram analisadas após o período de aproximadamente 60 dias de exposição ao ataque dos

fungos. A Tabela 04 apresenta a distribuição dos tratamentos e suas respectivas repetições na pilha, para o experimento complementar, realizada durante a sua formação.

TABELA 04 - DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS SELECIONADOS A PARTIR DA SEGUNDA PILHA DE TÁBUAS NO CAMPO E RESPECTIVAS REPETIÇÕES, QUE FIZERAM PARTE DO EXPERIMENTO DE CAMPO COMPLEMENTAR.

CAMADA/COLUNA	1	2	3	4	5	6	7
19	4.1	9.2	7.3	6.4	13.5	11.6	2.7
18	7.1	15.2	3.3	16.4	18.5	2.6	5.7
17	5.1	7.2	10.3	5.4	12.5	6.6	16.7
16	19.1	18.2	13.3	18.4	5.5	3.6	7.7
15	11.1	5.2	19.3	7.4	11.5	19.6	1.7
14	9.1	10.2	5.3	10.4	1.5	13.6	17.7
13	3.1	2.2	15.3	3.4	19.5	18.6	4.7
12	1.1	3.2	8.3	8.4	17.5	12.6	18.7
11	10.1	14.2	16.3	4.4	9.5	14.6	3.7
10	12.1	17.2	2.3	2.4	10.5	9.6	6.7
9	13.1	11.2	17.3	17.4	4.5	7.6	10.7
8	18.1	8.2	6.3	1.4	14.5	1.6	15.7
7	8.1	16.2	11.3	14.4	2.5	8.6	19.7
6	2.1	19.2	12.3	15.4	6.5	16.6	12.7
5	15.1	12.2	4.3	11.4	16.5	10.6	13.7
4	6.1	6.2	9.3	13.4	15.5	17.6	11.7
3	14.1	13.2	14.3	19.4	7.5	4.6	9.7
2	16.1	4.2	1.3	9.4	3.5	5.6	14.7
1	17.1	1.2	18.3	12.4	8.5	15.6	8.7

Notas: 1) Algarismos à esquerda do ponto: código referente ao número do tratamento  
2) Algarismos à direita do ponto: código referente ao número da repetição do tratamento

### 5.2.2.3 Avaliação das respostas dos fungos sobre as tábuas

A desmontagem da pilha e o método de avaliação das tábuas, seguiu o mesmo procedimento adotado em 5.2.1.3.

## 5.3 DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO CUSTO-EFICIÊNCIA

Esta etapa do trabalho teve como objetivo, avaliar a viabilidade econômica da produção a nível industrial, das formulações químicas que apresentaram o melhor desempenho na proteção temporária da madeira contra fungos manchadores e emboloradores no campo. Para tanto, foram comparados o custo-eficiência dessas formulações em relação a outras previamente selecionadas, que se encontram em uso atualmente no mercado nacional, para a mesma finalidade.

Assim sendo, foram comparados apenas os custos relativos às matérias-primas para a formulação das soluções de tratamento prontas para uso, nas suas respectivas concentrações, não levando-se em consideração outros custos como: embalagem, taxas, impostos, encargos sociais, transporte, e outros.

Vale ressaltar, que os custos dos ingredientes ativos selecionados no teste em condições de serviço foram obtidos junto aos fornecedores dos mesmos no mercado nacional e os demais produtos, como emulsionante e solvente, em revendedores especializados. Da mesma forma, o custo das formulações à base de PCP-Na, TBP-Na e do produto comercial à base de quinolinolato de cobre-8, foram obtidos junto a seus fornecedores, isentos de impostos, taxas e demais encargos relacionados no parágrafo anterior.

A partir destes dados, foram comparados os custos entre as formulações químicas selecionadas nesse estudo, e aquelas atualmente em uso para a mesma finalidade, juntamente com suas respectivas eficiências a nível de campo.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 ENSAIOS BIOLÓGICOS DE LABORATÓRIO

#### 6.1.1 Ensaio de laboratório preliminar

Os produtos químicos selecionados neste ensaio foram o IPBC, o TCMTB e o OFF, ambos nas concentrações de 0,25%; 0,125% e 0,0625%, com as quais prepararam-se as formulações apresentadas na Tabela 01, que serviram de base para o delineamento da metodologia e demais etapas do presente estudo.

Além dos produtos/concentrações supracitados, devido ao tamanho da resposta apresentada pelo fungo à menor concentração de TBTO utilizada (0,0625%), julgou-se importante a inclusão de formulações com esse produto a níveis de concentração gradativamente menores, ou seja, a partir das mesmas já citadas para os produtos acima, até uma concentração de 0,000061%.

#### 6.1.2 Ensaio de laboratório complementar

A Tabela 05 apresenta os resultados dos raios de inibição médios da germinação dos esporos e da esporulação do micélio dos fungos utilizados, bem como o volume de meio de cultura correspondente à área de inibição do fungo no ensaio biológico e à quantidade média de ingrediente ativo presente na solução de tratamento, por produto/concentração testados. Estes resultados são descritos detalhadamente nos sub-itens 6.1.3 e 6.1.4, a seguir.

Dos fungos utilizados em laboratório, o *Trichoderma* spp. foi mais tolerante à maioria dos produtos/formulações químicas que o *Aspergillus niger*. Um efeito semelhante foi observado por CASSENS e ESLYN (1981) e LEIGHTLEY (1985) que, trabalhando com diferentes fungos manchadores e emboloradores, observaram ser este fungo o mais tolerante à maioria dos produtos químicos testados.

Entre os períodos de germinação de esporos e esporulação do micélio dos fungos, avaliados sobre as placas de Petri, verificou-se que o *Trichoderma* spp., além de mais tolerante, apresentou uma diferença mais clara entre esses estágios de desenvolvimento do fungo, demonstrando uma sensibilidade maior entre um período e outro, exceto nas combinações com o IPBC onde, aparentemente, a mesma diferença foi observada para ambos

TABELA 05 - RAIOS DE INIBIÇÃO DOS FUNGOS EMBOLORADORES, VOLUME DO MEIO DE CULTURA NA ÁREA DE INIBIÇÃO DO FUNGO E QUANTIDADE DE PRODUTO QUÍMICO POR SOLUÇÃO DE TRATAMENTO.

Produtos Químicos	Concentração das soluções utilizadas (%)	Quantidade de ingred. Ativo utilizado (g) *	<i>Aspergillus niger</i>			<i>Trichoderma spp</i>		
			Raio de inibição (mm)		Volume meio de cultura (cm <sup>3</sup> )	Raio de inibição (mm)		Volume meio de cultura (cm <sup>3</sup> )
			60 horas	84 horas		60 horas	84 horas	
TBTO	0,25	0,000375	17,65	20,35	0,41	9,45	15,55	0,06
	0,125	0,000188	15,55	20,35	0,30	9,05	15,55	0,05
	0,0625	0,0000938	16,40	21,55	0,34	9,50	14,55	0,06
	0,0312	0,0000468	15,70	19,85	0,31	8,75	15,75	0,04
	0,0156	0,0000234	16,55	21,05	0,35	8,25	14,70	0,03
	0,00781	0,0000117	17,35	20,90	0,40	8,35	14,25	0,03
	0,00390	0,00000585	16,90	20,75	0,37	8,45	14,55	0,03
	0,00195	0,00000293	15,25	22,00	0,29	8,70	14,15	0,04
	0,000976	0,00000146	15,15	19,60	0,28	8,70	14,75	0,04
	0,000488	0,000000732	15,55	22,20	0,30	8,45	14,65	0,03
	0,000244	0,000000366	15,10	20,95	0,28	8,45	14,55	0,03
	0,000122	0,000000183	15,95	21,70	0,32	8,35	13,95	0,03
0,000061	0,000000092	15,40	20,95	0,29	8,40	14,75	0,03	
IPBC	0,25	0,000375	31,75	31,75	1,51	8,80	17,00	0,04
	0,125	0,000188	29,85	29,90	0,71	16,45	18,40	0,35
	0,0625	0,0000938	28,25	25,35	1,18	6,25	15,65	0,00
TCMTB	0,25	0,000375	15,20	14,40	0,28	3,80	8,65	0,00
	0,125	0,000188	11,60	11,45	0,13	3,05	7,25	0,00
	0,0625	0,0000938	11,80	10,30	0,14	1,95	7,15	0,00
OFF	0,25	0,000375	15,05	14,15	0,28	3,70	9,40	0,00
	0,125	0,000188	0,20	1,00	0,00	0,00	12,00	0,00
	0,0625	0,0000938	0,60	0,20	0,00	1,00	14,80	0,00

\* Quantidade média de ingrediente ativo conforme cálculo descrito no Anexo 03.

os fungos.

SAVORY e CAREY (1976), desenvolvendo um trabalho semelhante, verificaram uma sensibilidade maior dos esporos do fungo em relação ao micélio, frente a determinadas formulações químicas, dentre as quais uma combinação do TBTO com o PCP, mostrou-se como a mais eficiente no controle do micélio do fungo. Segundo DA COSTA e KERWISH (1965) a inoculação de esporos permite a seleção de grupos monocarióticos, representados pelos esporos, que são mais resistentes a determinados produtos químicos que seus parentes dicarióticos, representados pelos micélios do fungo, dos quais eles são derivados.

### 6.1.3 Sensibilidade dos fungos aos produtos químicos isolados

A redução da concentração dos produtos químicos não combinados, diminuiu a eficiência dos mesmos sobre a resposta apresentada pelos fungos, com exceção do IPBC, para o fungo *Trichoderma* spp.. Neste último caso, o raio de inibição da germinação de esporos do fungo, avaliado a 60 horas da inoculação, praticamente dobrou com a redução da concentração do princípio ativo, de 0,25% para 0,125% de concentração.

O IPBC foi o produto químico não combinado mais eficiente na inibição dos fungos em laboratório. Testes com concentrações reduzidas até 0,0625% de ingredientes ativos, inibiram a germinação e a esporulação do micélio do fungo *Aspergillus niger* e, reduzidas até 0,125%, inibiram a germinação e a esporulação do micélio do *Trichoderma* spp.. Já CASSENS e ESLYN (1981), utilizando outro tipo de ensaio de laboratório, observaram que o IPBC em concentrações mais elevadas do que as avaliadas no presente estudo, de 1% e 2%, foram eficientes na inibição do fungo *Trichoderma* spp..

O TBTO apresentou uma eficiência inferior ao IPBC na inibição dos fungos utilizados em laboratório. Entretanto, ambos os fungos ainda mostraram-se sensíveis a concentrações extremamente baixas, testadas até 0,000061% de ingredientes ativos, observando-se uma maior sensibilidade na inibição da esporulação do micélio do *Aspergillus niger*.

Em comparação com o IPBC e o TBTO, o TCMTB apresentou uma inibição moderada da germinação e esporulação do micélio do fungo *Aspergillus niger* na concentração de 0,25% de ingrediente ativo, sendo que concentrações inferiores não causaram qualquer inibição de ambos os fungos utilizados em laboratório. Também, TSUNODA e NISHIMOTO (1983; 1988) consideraram o TCMTB eficiente no controle do fungo *Aspergillus niger* e outros emboloradores e manchadores avaliados em laboratório, porém a

concentrações de 0,30% e 0,50%. Por outro lado, para BUTCHER (1973), este produto a concentração de 0,30% de ingrediente ativo foi menos eficiente contra fungos manchadores, em comparação com a eficiência apresentada contra basidiomicetos.

Com relação a variação da eficiência do TCMTB, observada no presente experimento e no trabalho dos autores supracitados, este efeito é plenamente justificado pela diferença existente entre os ensaios realizados e/ou pela linhagem dos fungos utilizados nos ensaios de laboratório.

Dos quatro produtos químicos avaliados em laboratório, o OFF foi o menos eficiente na inibição de ambos os fungos, com exceção da esporulação do micélio do *Trichoderma* spp., onde seu desempenho foi superior ao do TCMTB, nos três níveis de concentração utilizados.

A falta de dados da literatura a respeito desse assunto, não permitiu qualquer relacionamento dos resultados obtidos com o OFF no presente estudo, nas concentrações e métodos de ensaio descritos. Entretanto, vale ressaltar que PAULUS e GENTH (1981), através de ensaios de laboratório, conseguiram uma inibição total desses mesmos fungos, utilizando uma quantidade de 75mg de OFF misturados diretamente em um litro de meio de cultura, enquanto para o PCP, utilizado como referência, o mesmo efeito foi obtido utilizando-se 50mg para inibir o *Aspergillus niger* e 200mg para inibir o *Trichoderma viride*.

#### 6.1.4 Sensibilidade dos fungos às combinações de produtos químicos

Na Tabela 06, da mesma forma como disposto na Tabela 05, são apresentados os resultados referentes aos fungos selecionados, sendo estes, por sua vez, relacionados às combinações entre os produtos químicos e a relação entre estes.

Estudos tem mostrado que a combinação entre dois ou mais biocidas tem aumentado a eficiência das formulações químicas no controle de fungos manchadores e emboloradores (CASSENS e ESLYN, 1981; 1983; HANSEN, 1984; LAKS *et al.*, 1991).

Da mesma forma, o TBTO nas concentrações de 0,0312% a 0,125%, combinado com o IPBC nos mesmos níveis de concentração, mostrou ser mais eficiente na inibição dos fungos, em comparação com os mesmos produtos avaliados isoladamente.

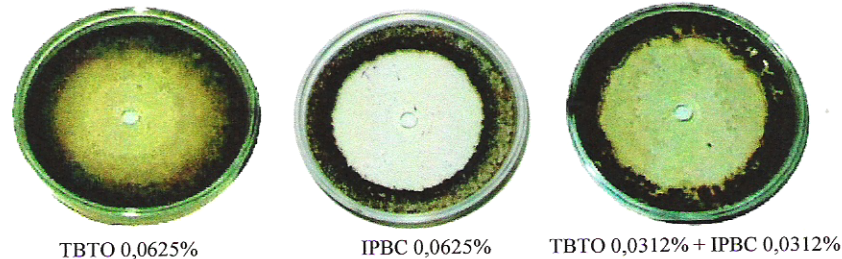
Foi observada uma interação positiva entre os produtos combinados, destacando-se o efeito apresentado pela combinação do TBTO a 0,0312% com o IPBC a 0,0312%, em relação

ao efeito apresentado por ambos os produtos avaliados isoladamente, em concentrações duas vezes mais altas, apresentados na Tabela 05.

A Figura 06 exemplifica os resultados com maior sensibilidade na inibição da germinação dos esporos de *Aspergillus niger* para os produtos isolados e combinados. Uma representação gráfica desta combinação é apresentada no Anexo 04.

Um estudo semelhante, avaliando o efeito da combinação entre esses produtos químicos no controle de fungos manchadores e emboloradores em laboratório foi desenvolvido por CASSENS e ESLYN (1981). Empregando uma concentração de 0,30% de ingredientes ativos para ambos os produtos, esses autores concluíram que a formulação apresentou um bom desempenho na inibição dos fungos utilizados, enquanto, no presente estudo, concentrações desses produtos químicos ainda inferiores mostraram-se também eficientes, provavelmente devido à diferença na metodologia de ensaio e/ou nas espécies dos fungos utilizados.

FIGURA 06 - EFEITO DA COMBINAÇÃO ENTRE O TBTO E O IPBC A 0,0312% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO *Aspergillus niger* – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO



O efeito da combinação do TBTO com o TCMTB, sobre os fungos utilizados, ambos com variações de concentração entre 0,0312% e 0,125%, não foi superior ao efeito apresentado pelo TBTO não combinado. No entanto, superou o efeito apresentado pelo TCMTB isolado.

A sensibilidade apresentada pelo TBTO a 0,0312% combinado com o TCMTB a 0,0312% foi ligeiramente superior à apresentada por esses dois produtos isolados, a um nível de concentração superior (0,0625%), conforme ilustrado na Figura 07, e representado graficamente no Anexo 05.

TABELA 06 - RAIOS DE INIBIÇÃO DOS FUNGOS EMBOLORADORES, VOLUME DO MEIO DE CULTURA NA ÁREA DE INIBIÇÃO DO FUNGO E RELAÇÃO PRODUTO/PRODUTO POR SOLUÇÃO DE TRATAMENTO.

Combinações de Produtos Químicos	Concentração das soluções utilizadas (%)	Relação Produto/ Produto	<i>Aspergillus niger</i>		<i>Trichoderma spp</i>			
			Raio de inibição (mm)		Volume meio de cultura (cm <sup>3</sup> )	Raio de inibição (mm)		Volume meio de cultura (cm <sup>3</sup> )
			60 horas	84 horas		60 horas	84 horas	
TBTO+IPBC	0,125+0,125	1:1	29,35	29,60	1,28	18,05	19,60	0,43
	0,125+0,0625	1:0,5	28,85	28,60	1,23	15,85	19,45	0,32
	0,125+0,0312	1:0,25	26,70	26,95	1,04	16,40	19,35	0,34
	0,0625+0,125	1:2	29,70	29,45	1,31	18,30	20,15	0,45
	0,0625+0,0625	1:1	28,15	28,30	1,17	16,65	19,10	0,36
	0,0625+0,0312	1:0,5	27,05	26,45	1,07	16,55	19,90	0,35
	0,0312+0,125	1:4	29,10	28,75	1,25	17,65	19,85	0,41
	0,0312+0,0625	1:2	28,10	28,35	1,16	17,30	19,50	0,39
	0,0312+0,0312	1:1	29,05	29,30	1,25	16,75	19,60	0,36
TBTO+TCMTB	0,125+0,125	1:1	16,15	22,80	0,33	8,85	15,25	0,04
	0,125+0,0625	1:0,5	14,95	20,95	0,27	9,25	15,35	0,06
	0,125+0,0312	1:0,25	15,70	21,80	0,31	8,25	14,80	0,03
	0,0625+0,125	1:2	15,95	22,20	0,32	9,05	15,35	0,05
	0,0625+0,0625	1:1	16,25	22,05	0,34	9,10	15,05	0,05
	0,0625+0,0312	1:0,5	15,30	21,70	0,29	8,60	15,70	0,04
	0,0312+0,125	1:4	16,95	22,60	0,37	9,30	15,65	0,06
	0,0312+0,0625	1:2	18,10	25,15	0,43	8,75	14,65	0,04
	0,0312+0,0312	1:1	16,40	21,65	0,34	8,60	15,05	0,04
TBTO+OFF	0,125+0,125	1:1	15,70	20,45	0,31	11,35	31,15	0,12
	0,125+0,0625	1:0,5	13,75	22,40	0,22	10,20	26,35	0,08
	0,125+0,0312	1:0,25	13,85	23,25	0,22	9,95	23,15	0,08
	0,0625+0,125	1:2	15,95	21,55	0,32	10,35	27,35	0,09
	0,0625+0,0625	1:1	14,00	24,00	0,23	10,35	25,95	0,09
	0,0625+0,0312	1:0,5	15,40	21,10	0,29	9,90	24,80	0,07
	0,0312+0,125	1:4	14,90	19,95	0,27	11,00	29,15	0,11
	0,0312+0,0625	1:2	15,00	19,85	0,27	10,25	25,05	0,09
	0,0312+0,0312	1:1	16,40	20,70	0,34	9,40	22,05	0,06

Continuação

Combinações de Produtos Químicos	Concentração das soluções utilizadas (%)	Relação Produto/ Produto	<i>Aspergillus niger</i>			<i>Trichoderma spp</i>		
			Raio de inibição (mm)		Volume meio de cultura (cm <sup>3</sup> )	Raio de inibição (mm)		Volume meio de cultura (cm <sup>3</sup> )
			60 horas	84 horas		60 horas	84 horas	
IPBC+TCMTB	0,125+0,125	1:1	27,25	27,50	1,09	11,40	15,55	0,12
	0,125+0,0625	1:0,5	27,15	25,90	1,08	8,70	12,50	0,04
	0,125+0,0312	1:0,25	27,55	27,00	1,12	8,10	12,50	0,02
	0,0625+0,125	1:2	27,35	27,50	1,10	13,40	16,80	0,20
	0,0625+0,0625	1:1	28,65	28,05	1,21	14,30	16,40	0,24
	0,0625+0,0312	1:0,5	27,30	24,35	1,09	8,30	11,70	0,03
	0,0312+0,125	1:4	27,65	27,50	1,13	5,00	12,30	0,00
	0,0312+0,0625	1:2	28,10	27,25	1,16	3,35	6,80	0,00
	0,0312+0,0312	1:1	28,30	28,10	1,18	3,05	9,55	0,00
IPBC+OFF	0,125+0,125	1:1	27,60	27,90	1,12	2,70	7,90	0,00
	0,125+0,0625	1:0,5	29,65	30,15	1,31	4,70	8,55	0,00
	0,125+0,0312	1:0,25	29,10	29,00	1,25	7,70	15,50	0,01
	0,0625+0,125	1:2	27,75	28,10	1,13	5,45	9,95	0,00
	0,0625+0,0625	1:1	27,20	27,80	1,08	4,30	12,75	0,00
	0,0625+0,0312	1:0,5	29,20	29,05	1,26	6,70	13,15	0,00
	0,0312+0,125	1:4	27,25	27,40	1,09	7,00	13,15	0,00
	0,0312+0,0625	1:2	28,90	28,85	1,23	5,85	13,55	0,00
	0,0312+0,0312	1:1	25,70	23,25	0,96	8,10	12,15	0,02
TCMTB+OFF	0,125+0,125	1:1	11,30	10,95	0,12	4,10	9,40	0,00
	0,125+0,0625	1:0,5	10,10	9,05	0,08	0,00	9,00	0,00
	0,125+0,0312	1:0,25	9,95	9,15	0,08	1,20	7,60	0,00
	0,0625+0,125	1:2	11,60	11,65	0,13	1,45	9,85	0,00
	0,0625+0,0625	1:1	12,40	12,15	0,16	1,80	8,05	0,00
	0,0625+0,0312	1:0,5	10,60	9,20	0,10	2,75	9,60	0,00
	0,0312+0,125	1:4	12,95	13,15	0,19	3,20	9,65	0,00
	0,0312+0,0625	1:2	11,75	6,20	0,14	4,05	9,70	0,00
	0,0312+0,0312	1:1	1,00	8,90	0,08	0,00	9,00	0,00

Continuação

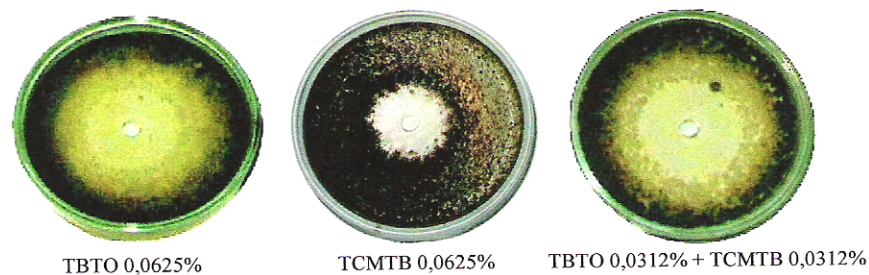
Combinções de Produtos Químicos	Concentração das soluções utilizadas (%)	Relação Produto/ Produto	<i>Aspergillus niger</i>			<i>Trichoderma spp</i>		
			Raio de inibição (mm) 60 horas	Raio de inibição (mm) 84 horas	Volume meio de cultura (cm <sup>3</sup> )	Raio de inibição (mm) 60 horas	Raio de inibição (mm) 84 horas	Volume meio de cultura (cm <sup>3</sup> )
TBTO+IPBC	0,0156+0,0625	1:4	27,25	27,30	1,09	9,35	20,20	0,06
	0,00781+0,0625	1:8	27,70	27,65	1,13	12,95	24,45	0,19
	0,00390+0,0625	1:16	28,45	28,05	1,20	10,85	20,55	0,11
	0,00195+0,0625	1:32	27,50	27,45	1,11	9,35	19,70	0,06
	0,000976+0,0625	1:64	28,15	28,05	1,17	12,50	21,40	0,17
	0,000488+0,0625	1:128	28,40	28,50	1,19	9,90	20,20	0,07
	0,000244+0,0625	1:256	29,00	28,55	1,24	8,25	18,30	0,03
	0,000122+0,0625	1:512	28,30	28,35	1,18	7,45	18,60	0,01
	0,000061+0,0625	1:1024	28,05	28,00	1,16	8,40	16,80	0,03
0,000030+0,0625	1:2083	28,65	28,70	1,21	8,55	18,05	0,04	
TBTO+IPBC	0,0156+0,0312	1:2	28,45	27,70	1,20	8,55	20,80	0,04
	0,00781+0,0312	1:4	28,15	28,05	1,17	9,15	20,90	0,05
	0,00390+0,0312	1:8	28,35	27,90	1,19	8,65	20,10	0,04
	0,00195+0,0312	1:16	25,80	25,75	0,97	8,45	19,80	0,03
	0,000976+0,0312	1:32	27,80	28,10	1,13	8,60	20,55	0,04
	0,000488+0,0312	1:64	29,15	28,85	1,26	7,60	18,40	0,01
	0,000244+0,0312	1:128	26,55	26,45	1,03	7,40	17,40	0,01
	0,000122+0,0312	1:256	27,65	27,75	1,13	6,80	17,25	0,00
	0,000061+0,0312	1:512	29,35	29,00	1,28	7,25	17,35	0,00
0,000030+0,0312	1:1040	28,05	27,95	1,16	7,45	16,45	0,01	
TBTO+TCMTB	0,0156+0,0625	1:4	15,75	16,25	0,31	8,65	22,45	0,04
	0,00781+0,0625	1:8	14,95	16,10	0,27	8,55	21,70	0,04
	0,00390+0,0625	1:16	15,45	16,40	0,30	7,65	20,45	0,01
	0,00195+0,0625	1:32	15,45	16,00	0,30	8,35	20,85	0,03
	0,000976+0,0625	1:64	15,60	16,05	0,30	6,85	18,50	0,00
	0,000488+0,0625	1:128	15,80	16,10	0,31	7,30	17,75	0,00
	0,000244+0,0625	1:256	15,10	15,75	0,28	7,35	18,10	0,01
	0,000122+0,0625	1:512	15,15	15,95	0,28	6,75	17,45	0,00
	0,000061+0,0625	1:1024	14,85	15,50	0,27	6,30	16,90	0,00
0,000030+0,0625	1:2083	15,40	15,55	0,29	5,90	19,30	0,00	

Continuação

Combinções de Produtos Químicos	Concentração das soluções utilizadas (%)	Relação Produto/ Produto	<i>Aspergillus niger</i>			<i>Trichoderma spp</i>		
			Raio de inibição (mm)		Volume meio de cultura (cm <sup>3</sup> )	Raio de inibição (mm)		Volume meio de cultura (cm <sup>3</sup> )
			60 horas	84 horas		60 horas	84 horas	
TBTO+TCMTB	0,0156+0,0312	1:2	13,60	13,85	0,21	8,00	19,35	0,02
	0,00781+0,0312	1:4	12,90	13,80	0,18	8,85	20,90	0,04
	0,00390+0,0312	1:8	13,60	14,50	0,21	7,05	18,60	0,00
	0,00195+0,0312	1:16	12,60	13,85	0,17	8,55	21,50	0,04
	0,000976+0,0312	1:32	13,65	14,40	0,21	7,80	20,80	0,02
	0,000488+0,0312	1:64	14,75	15,40	0,26	7,55	19,40	0,01
	0,000244+0,0312	1:128	14,90	15,35	0,27	7,45	19,35	0,01
	0,000122+0,0312	1:256	13,15	13,15	0,19	6,50	16,40	0,00
	0,000061+0,0312	1:512	13,15	13,65	0,19	5,95	17,70	0,00
	0,000030+0,0312	1:1040	14,30	14,65	0,24	6,80	17,35	0,00
TBTO+OFF	0,0156+0,0625	1:4	14,15	16,35	0,24	6,50	18,05	0,00
	0,00781+0,0625	1:8	12,95	16,20	0,16	6,25	18,50	0,00
	0,00390+0,0625	1:16	13,30	16,15	0,20	5,05	15,25	0,00
	0,00195+0,0625	1:32	15,60	16,85	0,30	5,55	16,40	0,00
	0,000976+0,0625	1:64	13,20	14,45	0,19	4,95	14,25	0,00
	0,000488+0,0625	1:128	12,55	14,30	0,17	4,95	14,85	0,00
	0,000244+0,0625	1:256	12,70	14,60	0,17	4,95	14,65	0,00
	0,000122+0,0625	1:512	11,90	14,00	0,14	4,75	13,35	0,00
	0,000061+0,0625	1:1024	12,30	14,75	0,16	4,65	14,65	0,00
	0,000030+0,0625	1:2083	13,50	14,85	0,21	4,55	11,95	0,00
TBTO+OFF	0,0156+0,0312	1:2	11,45	13,80	0,13	6,70	17,25	0,00
	0,00781+0,0312	1:4	12,30	13,45	0,16	6,35	16,25	0,00
	0,00390+0,0312	1:8	11,55	12,95	0,13	5,95	15,30	0,00
	0,00195+0,0312	1:16	11,95	14,00	0,15	5,75	16,85	0,00
	0,000976+0,0312	1:32	12,70	14,20	0,17	5,05	16,05	0,00
	0,000488+0,0312	1:64	12,05	14,25	0,15	5,55	15,75	0,00
	0,000244+0,0312	1:128	11,55	14,25	0,13	5,10	14,65	0,00
	0,000122+0,0312	1:256	10,80	13,20	0,10	5,25	15,75	0,00
	0,000061+0,0312	1:512	12,45	14,20	0,17	4,80	14,80	0,00
	0,000030+0,0312	1:1040	13,05	14,45	0,19	5,00	14,60	0,00

Este efeito, provavelmente, seja justificado devido ao fato que nesta combinação o TBTO pode ter se fixado mais na região do substrato próxima à interface solução - meio de cultura (superfície interna do orifício produzido no meio de cultura), enquanto o TCMTB pode ter se difundido a maiores distâncias deste ponto. Dentro desta hipótese, a combinação destes ingredientes poderia atuar na madeira com uma predominância do TBTO na superfície e do TCMTB internamente.

FIGURA 07 - EFEITO DA COMBINAÇÃO ENTRE O TBTO E O TCMTB A 0,0312% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO *Aspergillus niger* – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO.



Combinações dos produtos TBTO variando de 0,0312% a 0,125%, com o OFF nas mesmas concentrações, apresentaram efeitos diferenciados em relação aos dois fungos utilizados. Para o *Aspergillus niger*, o efeito da inibição da germinação e da esporulação do micélio manteve-se praticamente nos mesmos níveis do apresentado pelo TBTO não combinado, em todas as concentrações testadas. Para o *Trichoderma* spp., esta combinação apresentou um efeito mais expressivo, principalmente na inibição da esporulação do micélio do fungo, com resultados superiores aos observados para ambos os produtos isolados, em todas as concentrações testadas. Um exemplo desse efeito é ilustrado na Figura 08, onde a inibição da combinação do TBTO a 0,125% com o OFF a 0,125% foi superior à soma dos raios de inibição desses produtos individuais, na mesma concentração. O Anexo 06 apresenta a representação gráfica desta combinação.

As respostas das combinações entre o IPBC e o TCMTB, ambas variando de 0,0312% a 0,125% de concentração, não foram além das apresentadas pelo IPBC não combinado. De fato, foi observado uma influência do TCMTB a 0,0625% de concentração sobre o IPBC à mesma concentração, onde a área de inibição do fungo *Aspergillus niger*, causada apenas pelo IPBC, foi reduzida com os dois produtos combinados, conforme mostra a Figura 09. Isto, provavelmente, deu-se em decorrência da interação dos produtos químicos,

FIGURA 08. EFEITO DA COMBINAÇÃO ENTRE O TBTO E O OFF A 0,125% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO *Trichoderma* spp., APRESENTANDO UMA INTERAÇÃO POSITIVA ENTRE OS DOIS PRODUTOS QUÍMICOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 84 HORAS DA INOCULAÇÃO.



significando um possível efeito indesejado sobre o tratamento preservativo da madeira, razão pela qual esta combinação foi descartada dos ensaios complementares. A representação gráfica desta combinação é apresentada no Anexo 07. Em contrapartida, LAKS *et al.* (1991), combinando o IPBC com outros biocidas em laboratório, observaram que este produto a 0,10% de concentração de ingrediente ativo foi eficiente no controle de fungos manchadores e emboloradores.

FIGURA 09 – REDUÇÃO NO EFEITO DO IPBC QUANDO COMBINADO COM O TCMTB, AMBOS A 0,0625% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO *Aspergillus niger* – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO.



A combinação do IPBC com o OFF, ambos variando de 0,0312% a 0,125% de concentração, apresentou resultados aparentemente negativos na inibição de ambos os fungos utilizados, especialmente em relação ao efeito apresentado pelo IPBC isolado.

A presença do OFF nas concentrações selecionadas reduziu a área de inibição da germinação e da esporulação do micélio do fungo *Aspergillus niger*, como por exemplo na combinação do IPBC com o OFF ao nível de 0,125% de concentração para ambos os produtos, em comparação com o IPBC isolado à mesma concentração, conforme mostra a

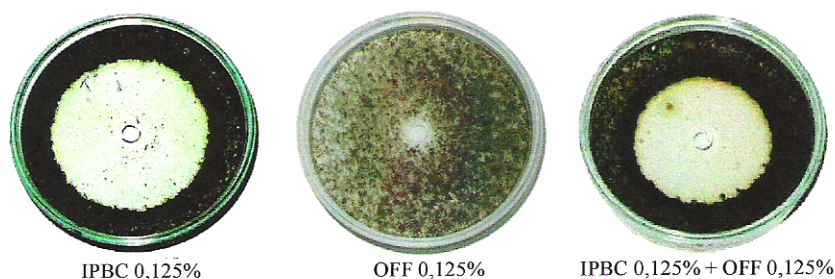
Figura 10, bem como sua representação gráfica ilustrada no Anexo 08. Vale ressaltar, que a mesma redução na área de inibição do fungo foi observada na combinação das demais concentrações do IPBC com o OFF.

Os resultados acima são compatíveis aos observados por ESLYN e CASSENS (1983), com pouco ou nenhum efeito na inibição de fungos manchadores e emboloradores, sobre a madeira de *Pinus* sp., combinando-se o IPBC a 0,20% de concentração, com outros produtos químicos.

Afora as possibilidades de que esta combinação possa trazer efeitos negativos do IPBC com o OFF no tratamento da madeira, há também a possibilidade de que tal efeito, observado em meio de cultura à base de BDA, indique uma melhor fixação dos produtos nas camadas superficiais do material a ser tratado (madeira), porém com a capacidade de se difundir o suficiente para protegê-lo contra os agentes biológicos que o danificam.

Caso a hipótese acima seja verdadeira, isto significaria que a camada superficial da madeira tratada ficaria com maior retenção de princípios ativos, em decorrência da sua menor migração para o seu interior. Em outras palavras, seria necessário menor quantidade de princípio ativo na solução para conferir à madeira proteção adequada.

FIGURA 10 - REDUÇÃO NO EFEITO DO IPBC QUANDO COMBINADO COM O OFF A 0,125% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A INIBIÇÃO DO FUNGO *Aspergillus niger* – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO.



Um dos efeitos mais negativos, na inibição do desenvolvimento dos dois fungos utilizados, foi observado na combinação do TCMTB com o OFF, ambos variando de 0,0312% a 0,125% de concentração. Apesar do aumento da concentração do OFF ter aumentado muito pouco a eficiência da formulação, os resultados não foram considerados superiores aos apresentados pelo TCMTB não combinado, para ambos os fungos. O efeito observado pode estar associado a uma interação negativa, onde a ação do OFF pode ter reduzido a do TCMTB. A representação gráfica desta combinação é apresentada no Anexo 09.

A ineficiência do TCMTB para o controle de fungos emboloradores já é de muito conhecida e estudos de combinações de princípios ativos com este produto já foram efetuados. Por tal razão, PLACKETT (1982) combinou o TCMTB com o MBT (metileno de bis tiocianato) em partes iguais, nas concentrações 0,5%; 1% e 2%, e concluiu que estas formulações foram mais eficientes no controle da mancha e do bolor em madeira de *Pinus* sp..

As combinações do TBTO, nas concentrações abaixo de 0,0156%, com o IPBC nas concentrações de 0,0625% e 0,0312%, apresentaram maior eficiência na inibição do fungo *Aspergillus niger*, comparadas com as concentrações do TBTO não combinado. Em contrapartida, o IPBC isolado na concentração de 0,0625% apresentou um efeito equivalente ao das referidas combinações com o TBTO. Independentemente da eficiência das concentrações, é importante salientar que ambos os produtos químicos são altamente eficientes como fungicidas.

Em termos de área de inibição, estas mesmas combinações foram menos eficientes para o fungo *Trichoderma* spp., em comparação com o fungo *Aspergillus niger*. Apesar disso, para o *Trichoderma* spp. as respostas das combinações foram iguais ou superiores as do TBTO avaliado isoladamente, sendo que a redução da concentração do IPBC na mistura produziu respostas de menor dimensão.

Um efeito surpreendente relacionado à presença do TBTO ao IPBC foi observado pela resposta do fungo *Aspergillus niger*, com a variação de sua concentração na formulação. Variando a concentração do TBTO, de 0,0156% a 0,000030%, observou-se praticamente o mesmo raio de inibição da germinação e da esporulação do micélio do fungo.

A Figura 11 ilustra o efeito da presença do TBTO ao IPBC, a concentrações quinhentos e doze (512) vezes menores deste produto, mas com respostas similares. O efeito desta combinação esta representada graficamente nos Anexos 10 e 11. Este efeito pode significar um alto ganho em termos de custo na proteção da madeira, caso esta performance venha a ser observada a nível de campo.

As combinações do TBTO, de 0,0156% até 0,000030%, com o TCMTB, a 0,0625% e 0,0312% de concentração, foram menos eficientes do que a combinação do TBTO com o IPBC e do que o TBTO isolado, observadas anteriormente no controle de ambos os fungos, com exceção do período de esporulação do micélio do fungo *Trichoderma* spp.. Este efeito pode estar ligado, predominantemente, à presença do TBTO, uma vez que o TCMTB provavelmente se difundiu em demasia no substrato, ocasionando uma redução do seu efeito

próximo ao ponto de contato com o meio de cultura. Entretanto, uma interação positiva foi observada com o TCMTB a 0,0625% no controle da esporulação do micélio do fungo *Trichoderma* spp., conforme ilustrado na Figura 12, e sua respectiva representação gráfica no Anexo 12.

FIGURA 11 - EFEITO DA COMBINAÇÃO DO TBTO COM O IPBC SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO *Aspergillus niger*, MOSTRANDO O EFEITO DO TBTO A UMA CONCENTRAÇÃO EXTREMAMENTE BAIXA - OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO.

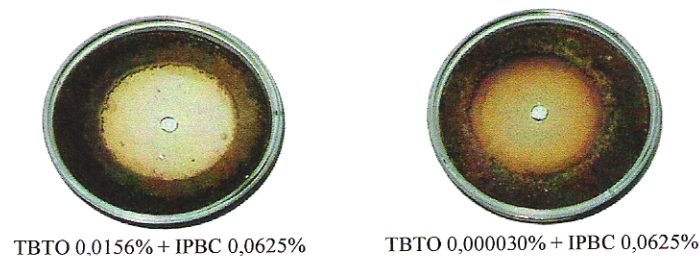
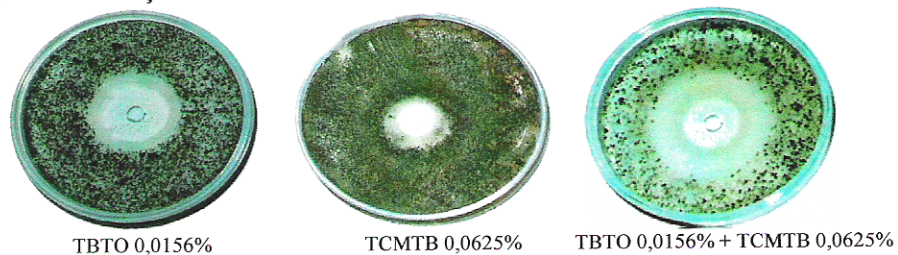


FIGURA 12 - EFEITO DA COMBINAÇÃO DO TCMTB A 0,0625% COM O TBTO A 0,0156% DE CONCENTRAÇÃO, APRESENTANDO UMA INTERAÇÃO POSITIVA SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO *Trichoderma* spp. - OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 84 HORAS DA INOCULAÇÃO.



As combinações do TBTO, de 0,0156% a 0,000030%, com o OFF, a 0,0625% e 0,0312% de concentração, foram menos eficientes que o TBTO isolado ou combinado com os demais produtos, na inibição da germinação de esporos e esporulação do micélio de ambos os fungos. Entretanto, a combinação do TBTO a 0,00195% com o OFF a 0,0625% (relação produto/produto de 1:32), apesar de ter reduzido a resposta, mostrou uma certa inibição na germinação de esporos e esporulação do micélio do fungo *Trichoderma* spp., conforme mostra a Figura 13, bem como seu gráfico no Anexo 13.

A resposta apresentada para o TBTO isolado, um produto de reconhecida eficiência como fungicida para o tratamento temporário de madeiras, não significa que ele seja ineficiente aos fungos que ocorrem naturalmente na madeira durante a sua secagem. Consequentemente, o efeito observado pode até estar representando um efeito positivo, visto

que a área de resposta observada no ensaio biológico pode ter ocorrido em função de reações químicas, as quais, se extrapoladas para a madeira poderiam manter os produtos fixados mais próximos às camadas superficiais deste material. Caso esta hipótese seja verdadeira, mas o produto se difunda a profundidades suficientes para dar proteção adequada à madeira, haverá a necessidade de menor quantidade de produto para protegê-la.

FIGURA 13 - EFEITO POSITIVO DA COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,00195% COM O OFF A 0,0625% DE CONCENTRAÇÃO SOBRE A SENSIBILIDADE DO FUNGO *Trichoderma* spp. - OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 84 HORAS DA INOCULAÇÃO



#### 6.1.5 Produtos/Formulações químicas selecionados para testes de campo

O desempenho dos produtos químicos e suas combinações, apresentados nas Tabelas 05 e 06, bem como a análise dos efeitos observados sobre estas combinações, indicaram os produtos e as formulações químicas a serem testados no campo. Vale lembrar, ser esperado que algumas das formulações selecionadas sejam menos eficientes na proteção da madeira nos testes de campo, bem como que algumas das não selecionadas, por não demonstrarem aparente eficiência nos ensaios de laboratório, dentro dos critérios estabelecidos para avaliação, pudessem ter excelente desempenho para fins práticos no tratamento temporário da madeira.

As concentrações mais baixas do TBTO, combinadas com os demais produtos químicos, foram selecionadas em função da pequena variação do efeito inibidor observado, em relação à grande diferença nos níveis de concentração testados. Isto pode ser justificado também pelos dados existentes na bibliografia, os quais têm apresentado o mesmo efeito destas combinações a concentrações mais elevadas.

As concentrações mais baixas do IPBC também foram selecionadas, devido ao seu grande efeito inibidor observado, independente da variação das concentrações testadas, e

devido a difusão apresentada por esse produto no meio de cultura, onde atingiu boa distância a partir do ponto de contato com a superfície do orifício produzido no meio de cultura.

Os três níveis de concentração do TCMTB e do OFF foram igualmente selecionados, apesar do pequeno efeito apresentado, tendo em vista que algumas combinações desses produtos com o TBTO ou IPBC poderiam aumentar a eficiência das formulações em relação aos produtos não combinados, quando aplicados para o tratamento temporário da madeira no campo.

Os produtos/formulações químicas selecionados para testes de campo e suas respectivas concentrações, são apresentados na Tabela 07.

TABELA 07 – PRODUTOS E FORMULAÇÕES QUÍMICAS SELECIONADOS NO ENSAIO DE LABORATÓRIO E TESTADOS NO CAMPO.

INGREDIENTES ATIVOS NÃO COMBINADOS (%)		
IPBC	TCMTB	OFF
	0,25	0,25
0,125	0,125	0,125
0,0625	0,0625	0,0625
COMBINAÇÕES ENTRE INGREDIENTES ATIVOS (%)		
TBTO+IPBC	TBTO+TCMTB	TBTO+OFF
		0,0625+0,25
		0,0625+0,125
		0,00390+0,125
		0,00195+0,125
	0,000244+0,125	0,000976+0,125
	0,000122+0,125	0,00390+0,0625
	0,000061+0,125	0,00195+0,0625
		0,000976+0,0625
		0,000122+0,0625
		0,000061+0,0625

## 6.2 EXPERIMENTOS DE CAMPO

### 6.2.1 Experimento de campo preliminar

Considerando-se todas as tábuas incluídas nos tratamentos, os resultados da avaliação dos produtos/formulações químicas selecionados para o teste de campo, sob condições adversas de secagem das tábuas recém serradas, apenas em relação ao ataque superficial da madeira, são apresentados na Tabela 08.

Dos produtos químicos não combinados, o IPBC a 0,125% de concentração foi o que melhor protegeu as tábuas durante o período de teste, sendo 70% destas classificadas como não atacadas e levemente atacadas por fungos manchadores e emboloradores. A segunda solução classificada como mais eficiente, foi a do IPBC a 0,0625% de concentração, apresentando 50% das tábuas tratadas dentro desta mesma classificação (NA/LA).

TABELA 08 - FREQUÊNCIA DE TÁBUAS TRATADAS COM OS PRODUTOS E/OU FORMULAÇÕES QUÍMICAS SELECIONADAS EM LABORATÓRIO, DE ACORDO COM O GRAU DE INFESTAÇÃO DE FUNGOS MANCHADORES E BOLORES SOBRE A SUPERFÍCIE DAS PEÇAS, EM CONDIÇÕES ADVERSAS DE SECAGEM.

PRODUTO (S)	CONCENTRAÇÕES (%)	Nº DE TÁBUAS POR GRAU DE INFESTAÇÃO				Nº DO TRATAMENTO
		NA	LA	A	SA	
OFF	0,25		1	1	8	1
	0,125				10	2
	0,0625			1	9	3
TCMTB	0,25		2	3	5	12
	0,125		1	2	7	13
	0,0625		1		9	14
IPBC	0,125	2	5	3		23
	0,0625	1	4	5		18
TBTO+OFF	0,0625+0,25		2	2	6	4
	0,0625+0,125			1	9	5
	0,00390+0,125			3	7	6
	0,00195+0,125			1	9	7
	0,000976+0,125	1		4	5	8
	0,00390+0,0625	1		1	8	9
	0,00195+0,0625				10	10
	0,000976+0,0625			1	9	11
TBTO+TCMTB	0,000244+0,125		1	2	7	15
	0,000122+0,125		1	1	8	16
	0,000061+0,125		1	1	8	17
TBTO+IPBC	0,000244+0,125	3	4	3		24
	0,000122+0,125	4	6			25
	0,000061+0,125	4	2	3	1	26
	0,0625+0,0625	2	3	4	1	19
	0,0312+0,0625	2	4	4		20
	0,0156+0,0625	1	5	2	2	21
	0,00781+0,0625	1	6	3		22
	0,000244+0,0625	5	2	2	1	27
	0,000122+0,0625	4	2	3	1	28
	0,000061+0,0625	2	2	4	2	29
TESTEMUNHA					10	30

Legenda: NA – Não atacada

LA – Levemente atacada

A – Atacada

SA – Severamente atacada

Os resultados acima demonstram que a eficiência observada para o IPBC foi muito superior à encontrada na literatura. Por razão não identificada, mas provavelmente pelas diferenças existentes no material tratado, clima, espécies/raças dos fungos entre locais em que os vários experimentos foram realizados, entre outras, o IPBC só havia sido considerado eficiente para o tratamento de madeiras de coníferas, contra fungos manchadores e emboloradores, na concentração de 0,80% (CSERJESI; BYRNE e JOHNSON, 1984).

Entre as formulações químicas testadas, a combinação do TBTO com o IPBC foi a que apresentou os melhores resultados, superando, inclusive, os produtos químicos avaliados isoladamente no controle do ataque dos fungos, indicando a existência de interações entre os produtos e a madeira, que aumentam sobremaneira a eficiência na prevenção do ataque por fungos manchadores e emboloradores.

A combinação do TBTO a 0,000122% com o IPBC a 0,125% de concentração, numa relação produto/produto de 1:1024, resultou na classificação de 100% das tábuas tratadas como não atacadas e levemente atacadas, onde 40% destas apresentaram as camadas superficiais isentas do ataque de fungos e 60% foram levemente atacadas por esses microrganismos.

Na seqüência, a combinação mais eficiente foi a do TBTO na concentração de 0,000244% com o IPBC a 0,125%, bem como deste com o IPBC a 0,0625% de concentração, com 70% das tábuas tratadas classificadas como não atacadas e levemente atacadas, sendo que 30% a 50% destas, respectivamente, apresentaram suas superfícies livres do ataque de fungos manchadores e emboloradores. Estes resultados parecem superiores aos encontrados por AMBURGEY *et al.* (1993), que também consideraram estes princípios ativos eficientes aos tipos de fungos que ocorreram na madeira, porém em proporções diferentes e concentrações mais elevadas, em condições normais de secagem ao ar. No referido trabalho, a madeira de pinus foi tratada com combinações de TBTO entre 0,50% e 0,75%, com IPBC entre 0,25% e 0,38% de concentração.

O OFF nas concentrações de 0,25%; 0,125% e 0,0625%, não combinado, apresentou os piores resultados no campo, com 80% a 100% das tábuas sendo classificadas como severamente atacadas por fungos, sendo equivalentes aos das amostras sem tratamento químico (testemunhas). A sua combinação a 0,25% com o TBTO a 0,0625% apresentou um pequeno aumento nas respostas, sendo, contudo, esta e as demais combinações desses produtos consideradas ineficientes no controle de fungos manchadores e emboloradores. No

entanto, a literatura cita que na concentração de 1% do OFF, a solução mostrou-se mais eficiente na prevenção da mancha em tábuas de *Pinus elliottii*, expostas às intempéries e à sombra (FREIRE NETO e WEHR, 1989), inclusive após submetidas a diferentes sistemas de lixiviação (BRAVERY e DICKINSON, 1984). Contudo, não há qualquer referência à proteção total da madeira tratada.

De modo geral, os tratamentos com TCMTB isolado e combinado com o TBTO, apresentaram uma frequência muito elevada de tábuas infestadas por fungos, sendo superior a 80%.

Pela análise específica da variação dos resultados entre as diferentes regiões da pilha de tábuas, discriminadas em função da predominância dos diferentes níveis de ataque à madeira (Figura 05), não observou-se alterações nos resultados obtidos para todas as peças da pilha, já discutidos.

Os produtos e formulações químicas escolhidos para o experimento em condições normais de secagem das tábuas foram selecionados em função do seu desempenho na proteção temporária da madeira em condições adversas de secagem, os quais são apresentados na Tabela 09. Além disso, foram incluídas combinações do TBTO com o TCMTB e com o OFF, as quais, devido à situação adversa a que as tábuas foram submetidas, apesar de não estarem classificadas entre as melhores, indicaram potencial para condições normais de secagem no campo.

TABELA 09 – SOLUÇÕES QUÍMICAS SELECIONADOS EM FUNÇÃO DO SEU DESEMPENHO NA PROTEÇÃO DA MADEIRA CONTRA FUNGOS MANCHADORES E EMBOLORADORES EM CONDIÇÕES ADVERSAS DE SECAGEM E SUA LOCALIZAÇÃO NA PILHA.

PRODUTO (S)	CONCENTRAÇÕES (%)	Nº DE TÁBUAS POR GRAU DE INFESTAÇÃO				LOCALIZAÇÃO NO INTERIOR DA PILHA (%)			
		NA	LA	A	SA	R1	R2	R3	R4
TCMTB	0,25		2	3	5	40	20	10	30
IPBC	0,125	2	5	3		20	30	10	40
	0,0625	1	4	5		40	10	10	40
TBTO+OFF	0,00390+0,125			3	7	90		10	
	0,00390+0,0625	1		1	8	40		10	50
TBTO+TCMTB	0,000244+0,125		1	2	7	30	20	20	30
TBTO+IPBC	0,000244+0,125	3	4	3		60	30	10	
	0,000122+0,125	4	6			50	10	10	30
	0,000061+0,125	4	2	3	1	40	40	10	10
	0,0625+0,0625	2	3	4	1	40	30	10	20
	0,0312+0,0625	2	4	4		20	40	10	30
	0,0156+0,0625	1	5	2	2	30	60	10	
	0,00781+0,0625	1	6	3		20	20	10	50
	0,000244+0,0625	5	2	2	1	40	30	10	20
	0,000122+0,0625	4	2	3	1	30	40	10	20
	0,000061+0,0625	2	2	4	2	50	20	10	20

R1 a R4 – Regiões de interesse para secagem das tábuas no interior da pilha, conforme descrito na Figura 05.

A avaliação dos tratamentos com os produtos e formulações químicas apresentados na Tabela 09, sob condições normais de secagem ao ar, e com ênfase sobre os manchamentos externo e interno da madeira tratada, com 10 repetições por tratamento, é apresentada na Tabela 10.

TABELA 10 – FREQUÊNCIA DE TÁBUAS TRATADAS COM OS PRODUTOS/FORMULAÇÕES QUÍMICAS SELECIONADAS NO EXPERIMENTO DE CAMPO PRELIMINAR DE ACORDO COM O GRAU DE INFESTAÇÃO DE FUNGOS MANCHADORES E BOLORES SOBRE AS CAMADAS EXTERNA E INTERNA DAS PEÇAS.

PRODUTO (S)	CONCENTRAÇÕES (%)		Nº DE TÁBUAS POR GRAU DE INFESTAÇÃO				OBSERVAÇÕES
			NA	LA	A	SA	
TCMTB	0,25	E			4	6	
		I		1	3	6	
IPBC	0,125	E	2	4	4		
		I		8	2		
	0,0625	E	1	4	3	2	
		I	1	4	3	2	
TBTO+OFF	0,00390+0,125	E			2	8	
		I			4	6	
	0,00390+0,0625	E			2	8	
		I			2	8	
TBTO+TCMTB	0,000244+0,125	E			2	8	
		I		1	2	7	
TBTO+IPBC	0,000244+0,125	E	2	3	4	1	Selecionada
		I	2	3	4	1	
	0,000122+0,125	E	5	4	1		
		I	3	6	1		
	0,000061+0,125	E	4	2	1	3	
		I	3	3	2	2	
	0,0625+0,0625	E	1	4	3	2	
		I		4	5	1	
	0,0312+0,0625	E	1	2	4	3	
		I	1	2	6	1	
	0,0156+0,0625	E	1	2	3	4	
		I	1	1	4	4	
	0,00781+0,0625	E		6	3	1	
		I		4	5	1	
	0,000244+0,0625	E	2	5		3	
		I		4	4	2	
0,000122+0,0625	E	2	3	4	1		
	I	3	2	2	3		
0,000061+0,0625	E	2	2		6		
	I	1	3	3	3		
TESTEMUNHA		E				10	
		I					

E – Manchamento Externo

I – Manchamento Interno

O produto químico que isoladamente melhor protegeu as tábuas, externa e internamente, contra o ataque dos fungos emboloradores e manchadores, foi o IPBC a 0,125% de concentração, com 80% do total das tábuas tratadas apresentando um leve ataque interno e 20% isentas de ataque.

Para o IPBC a 0,0625%, o percentual de tábuas atacadas externa e internamente foi de 30%, acrescido de 20% severamente atacadas, com as 50% restantes levemente ou não atacadas.

A diferença no padrão de manchamento externo e interno apresentada pelas duas concentrações de IPBC, sugere que a 0,125% o produto é mais eficiente para proteção das camadas internas da madeira, conferindo uma proteção maior em relação a este na concentração de 0,0625%. Os resultados acima indicam que o IPBC, nas concentrações testadas, apresenta potencial para proteger adequadamente a madeira em condições normais de secagem. Adicionalmente, um experimento de campo realizado por BRAVERY e DICKINSON (1984) com IPBC, a uma concentração mais elevada do que a testada no presente estudo, mostrou que o produto foi eficiente na prevenção da mancha azul, mesmo após as amostras tratadas terem sido submetidas a diferentes sistemas de lixiviação artificial, sugerindo que este produto apresenta boa capacidade de fixação na madeira.

A combinação de produtos químicos que mostrou ser mais eficiente no controle do manchamento externo e interno das tábuas foi a do TBTO com o IPBC. O TBTO nas concentrações de 0,0625% até 0,00781%, combinado com o IPBC a 0,0625%, apresentou um fraco desempenho no campo, com elevado número de tábuas infestadas por fungos. No entanto, as combinações do IPBC a 0,125% com o TBTO a 0,000244%, a 0,000122% e a 0,000061%, além de melhorarem de forma marcante o desempenho das formulações em relação ao IPBC isolado, a 0,125%, mantiveram o mesmo padrão de proteção das camadas externa e interna da madeira, com superioridade apresentada pela combinação do TBTO a 0,000122% com o IPBC a 0,125% (relação de 1:1024), sobre as outras duas combinações.

As combinações discutidas no parágrafo acima, apresentaram um percentual com até 90% das tábuas praticamente sem perdas no seu valor comercial, classificadas como não atacadas e levemente atacadas, após o período de secagem no campo. Por outro lado, as mesmas concentrações do TBTO combinadas com o IPBC a 0,0625%, mostraram que a redução da concentração deste diminuiu o desempenho das formulações, tanto na proteção das camadas superficiais quanto internas da madeira, o que pode significar uma perda da

mobilidade dos ingredientes ativos para o interior da madeira, em particular a do IPBC, pela possibilidade de existir interações negativas, deste na presença do TBTO, conforme observações efetuadas no ensaio biológico.

A qualidade de combinações de outros produtos com o IPBC, em termos de eficiência contra fungos manchadores e emboloradores, também foi atestada por CASSENS e ESLYN (1981) após testarem três formulações químicas à base de IPBC. Estes autores verificaram que a madeira tratada com IPBC emulsão a 0,25% de concentração, mais 2% de bórax, apresentou manchamento interno, enquanto a tratada com IPBC antimíldio a 0,30% de concentração, combinado com o TBTO a 0,30%, não apresentou manchamento. Apesar destes autores comentarem que este efeito pode estar relacionado à uma melhor penetração na madeira obtida com a formulação do IPBC antimíldio combinado com o TBTO, nenhum tipo de avaliação que comprovasse esta afirmação foi mencionado no estudo.

Confirmando resultados já observados nos ensaios anteriores, o TCMTB a 0,25% e a combinação deste a 0,125% com o TBTO a 0,000244% de concentração, não foram eficientes no controle dos fungos a nível de campo, apresentando infestações por fungos classificadas como atacada e severamente atacada, em 90% das tábuas ou mais. Destas, 60% ou mais, apresentaram-se severamente manchadas após o período de secagem, indicando que as concentrações utilizadas foram insuficientes para a proteção das tábuas. Entretanto, concentrações mais elevadas do que as testadas no presente estudo, para o TCMTB combinado e não combinado com outros biocidas, foram consideradas eficientes para o controle de fungos manchadores e/ou emboloradores em experimentos de campo (MILANO, 1981; PLACKETT, 1982; MILANO e VIANNA NETO, 1982; CSERJESI e JOHNSON, 1982; 1984; LEIGHTLEY, 1985), sugerindo que outras combinações com o TCMTB e/ou concentrações mais elevadas deste produto poderão, independente do custo de tratamento, apresentar melhores resultados do que os encontrados no presente estudo.

Da mesma forma, como já era esperado com base nas avaliações de laboratório anteriores, as combinações do OFF a 0,125% e 0,0625% com o TBTO a 0,00390% foram as que apresentaram os piores resultados entre os tratamentos do experimento, com todas as amostras tratadas infestadas por fungos, sendo que, deste total, entre 60% e 80% apresentaram-se severamente manchadas externa e internamente.

Embora as combinações testadas não tenham apresentado resultados satisfatórios para justificar as suas aplicações em situações práticas, é bastante óbvio que a níveis mais elevados

de concentração elas se tornariam eficientes, independente da relação custo-benefício. Como exemplo, pode-se citar o experimento conduzido por EXNER e PAULUS (1989), onde combinaram o OFF a concentrações mais elevadas com o bórax a 2% e 3,5% e observaram um bom desempenho, igual ao apresentado pela combinação PCP-Na a 0,6% com bórax a 1%.

Em função das condições adversas do experimento de campo preliminar e dos resultados observados após os períodos de teste, espera-se que numa situação prática de tratamento temporário da madeira, os produtos e/ou formulações considerados com potencial na prevenção de fungos manchadores e emboloradores sejam mais eficientes. Assim sendo, dos produtos e formulações testados, o IPBC isolado, nas concentrações de 0,125% e 0,0625%, bem como a combinação desses com o TBTO a 0,000244% e a 0,000122%, poderiam apresentar proteção adequada às camadas externa e interna da madeira, durante o período de secagem no campo.

#### 6.2.2 Experimento de campo complementar

A Tabela 11 apresenta as formulações químicas selecionadas como melhores no ensaio de campo preliminar (Tabela 10), e variações de 25% de concentração para mais e para menos, incluídas como tratamentos (soluções) no experimento de campo complementar.

TABELA 11 - FORMULAÇÕES QUÍMICAS QUE MELHOR PROTEGERAM AS TÁBUAS EXTERNA E INTERNAMENTE CONTRA FUNGOS MANCHADORES E BOLORES A PARTIR DOS EXPERIMENTOS DE CAMPO PRELIMINARES E RESPECTIVAS VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES SELECIONADAS.

VARIACÕES DE COMBINAÇÃO* ENTRE O TBTO+IPBC					
COMBINAÇÕES SELECIONADAS X 0,75		COMBINAÇÕES SELECIONADAS		COMBINAÇÕES SELECIONADAS X 1,25	
TBTO (%)	+ IPBC (%)	TBTO (%)	+ IPBC (%)	TBTO (%)	+ IPBC (%)
0,000092	+ 0,0938	0,000122	+ 0,1250	0,000153	+ 0,1563
0,000092	+ 0,0469	0,000122	+ 0,0625	0,000153	+ 0,0781
0,000046	+ 0,0938	0,000061	+ 0,1250	0,000076	+ 0,1563

\* À combinação, significa também a quantidade de ingredientes ativos de cada produto na solução empregada, em percentuais.

Além dos produtos selecionados para o teste em serviço, também foram incluídos para fins de comparação, em concentrações compatíveis com as recomendadas para usos práticos, os seguintes produtos: O TBP-Na (Tribromofenato de Sódio) nas concentrações de 3%, 4% e 5% de ingredientes ativos, o Quinolinolato de Cobre-8, com 2% de ingredientes ativos na

solução de tratamento, nas concentrações de 3%, 4% e 5%, e o PCP-Na (Pentaclorofenato de sódio) aditivado com tetraborato de sódio (bórax) na relação de uma parte de PCP-Na para 3 partes de bórax, nas concentrações de 0,6%, 0,7% e 0,8% de PCP-Na.

A análise dos resultados relativos ao desempenho desses produtos/formulações em serviço, com 7 repetições por tratamento, antes e depois da limpeza da superfície por cepilhamento, são apresentados na Tabela 12.

Das combinações relacionadas na Tabela 12, a que demonstrou possuir maior eficiência, apresentando os melhores resultados na proteção das camadas externa e interna da madeira em serviço, foi a composta por 0,000061% de TBTO e 0,125% de IPBC, numa relação produto/produto de 1:2049. Uma amostra de madeira tratada com essa formulação química, apresentando detalhes sobre as suas camadas externa e interna, isentas de ataque de fungos manchadores e emboloradores, em comparação com outra amostra não tratada, é ilustrada na Figura 14.

Surpreendentemente, observou-se que ao aumentar em 25% a concentração da formulação selecionada no ensaio de campo preliminar, houve queda na sua eficiência, e quando a concentração foi reduzida em 25%, os resultados permaneceram aproximadamente iguais. Isto indicou ter havido maior eficiência do produto na menor concentração, tendo em vista os resultados ora em discussão.

Além desta formulação química, os resultados observados sobre as combinações do TBTO a 0,000122% com o IPBC a 0,0625% (relação 1:512) e do TBTO a 0,000122% com o IPBC a 0,125% (relação 1:1024), e suas respectivas variações de 25% para mais e para menos, foram claramente inferiores em eficiência aos da formulação anteriormente discutida. Isto indica que a melhor relação entre a massa dos ingredientes ativos na formulação, em termos de eficiência na proteção da madeira contra fungos manchadores e emboloradores, é de 1 parte de TBTO para 2049 partes de IPBC.

A Figura 15 apresenta amostras de madeira tratadas com as outras duas combinações (proporções) de TBTO e IPBC selecionadas, em comparação com uma amostra representativa do produto formulado com a melhor relação testada entre esses dois produtos químicos.

Da mesma forma, foram observados efeitos de redução na eficiência com o aumento das concentrações dos produtos químicos, em relação às demais formulações com TBTO e IPBC supracitadas, bem como, do aumento da eficiência com a redução das concentrações desses compostos.

TABELA 12 - DESEMPENHO DAS FORMULAÇÕES SELECIONADAS PARA O TESTE EM SERVIÇO, INCLUÍDO PRODUTOS PARA FINS DE COMPARAÇÃO, EM FUNÇÃO DO GRAU DE INFESTAÇÃO DE FUNGOS MANCHADORES E BOLORES SOBRE AS CAMADAS EXTERNA E INTERNA DAS PEÇAS.

PRODUTO (S)	CONCENTRAÇÕES DE INGREDIENTE ATIVO UTILIZADO (%)		Nº DE TÁBUAS POR GRAU DE INFESTAÇÃO				NÚMERO DO TRATAMENTO
			NA	LA	A	SA	
TBTO+IPBC	0,000153+0,1563	E	1	4	1	1	1
		I		2	5		
	0,000122+0,1250	E		3	3	1	2
		I	1	2	4		
	0,000092+0,0938	E		3	2	2	3
		I	1	2	3	1	
	0,000153+0,0781	E		2	5		4
		I		3	3	1	
	0,000122+0,0625	E		2	3	2	5
		I		2	3	2	
0,000092+0,0469	E	1	2	4		6	
	I	1	4	2			
0,000076+0,1563	E	2	4	1		7	
	I	3	3	1			
0,000061+0,1250	E	3	3	1		8	
	I	2	5				
0,000046+0,0938	E	2	4	1		9	
	I	3	3	1			
TBP-Na	3,0	E		4	2	1	10
		I	1	1	4	1	
	4,0	E	1	4	2		11
		I		6	1		
	5,0	E	2	5			12
		I	3	4			
PCP-Na	0,6	E	1	4	2		13
		I	2	4	1		
	0,7	E	1	4	2		14
		I	4	3			
	0,8	E	2	3	2		15
		I	3	1	2	1	
AG 802	3,0	E		3	4		16
		I		6	1		
	4,0	E	3	3	1		17
		I	4	2	1		
	5,0	E		5		2	18
		I	1	5	1		
TESTEMUNHA	E				7	19	
	I				7		
MÉDIA	E		1,7	3,4	2,3	2,3	
	I		2,2	3,2	2,2	2,2	

E – Manchamento Externo

I – Manchamento Interno

FIGURA 14 – EFEITO DA COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,000061% COM O IPBC A 0,125% SOBRE A PRÓTEÇÃO DAS CAMADAS EXTERNA (a) E INTERNA (b) DE UMA TÁBUA, CONTRA FUNGOS MANCHADORES E BOLORES, COMPARADA COM AS CAMADAS EXTERNA (c) E INTERNA (d) DE UMA TÁBUA SEM TRATAMENTO QUÍMICO.

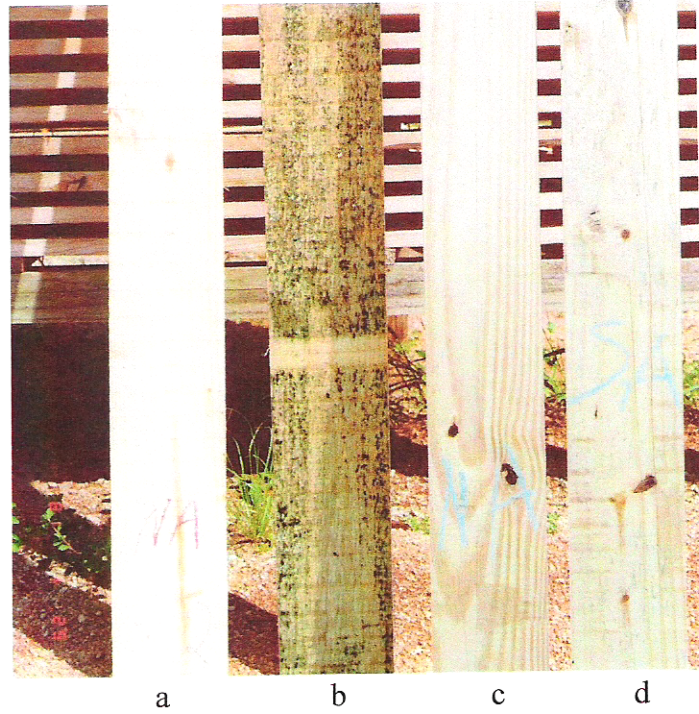


FIGURA 15 - TÁBUAS TRATADAS COM TBTO A 0,000122% E IPBC A 0,125% (a) E TBTO A 0,000122% E IPBC A 0,0625% (b) COMPARADAS COM UMA TÁBUA TRATADA COM A MELHOR RELAÇÃO TESTADA ENTRE OS DOIS PRODUTOS QUÍMICOS (c).

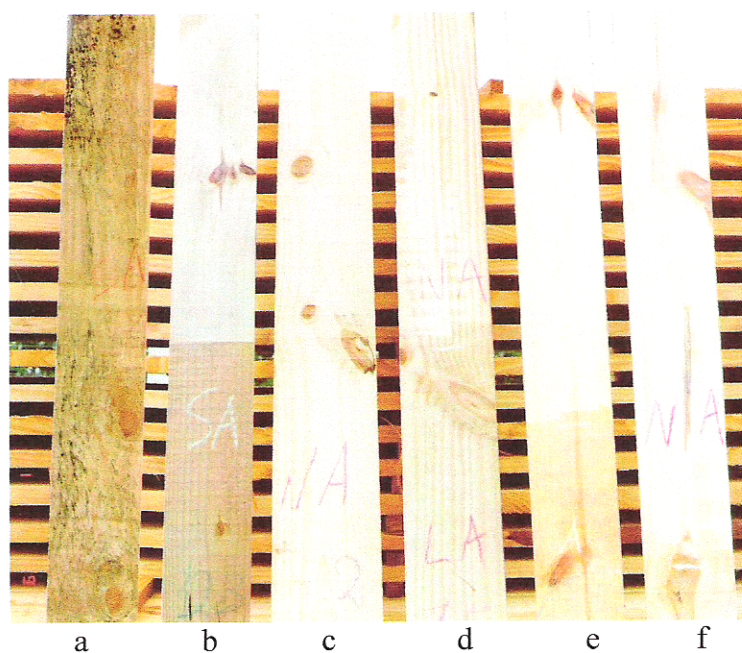


Comparativamente, dentro dos critérios de avaliação preestabelecidos na metodologia, a combinação de 1 parte de TBTO para 2049 partes de IPBC, usada a 3% de concentração, foi a que teve o melhor desempenho na proteção da madeira entre as demais combinações testadas, sendo que o PCP-Na mais o bórax a 0,7%, e o TBP-Na a 5% demonstraram ter um grau de eficiência aproximadamente igual. Por outro lado, o

Quinolinolato de Cobre-8 demonstrou um desempenho ligeiramente inferior, embora este a 4% de concentração tenha conferido proteção com pequena vantagem ao ataque dos fungos nas camadas interna e externa da madeira, para igual número de tábuas nos níveis NA e LA.

Uma comparação entre amostras de madeira tratadas com TBTO a 0,000061% combinado com IPBC a 0,125%, com PCP-Na mais bórax a 0,7%, e madeira não tratada (testemunha), mostrando detalhes sobre a proteção das camadas externa e interna da madeira, é apresentado na Figura 16.

FIGURA 16 – COMPARAÇÃO ENTRE A SUPERFÍCIE DA MADEIRA NÃO TRATADA (a) E SUA CAMADA INTERNA (b), COM AS CAMADAS EXTERNA (c) E INTERNA (d) DA MADEIRA TRATADA COM A COMBINAÇÃO ENTRE O TBTO A 0,000061% E O IPBC A 0,125% E A CAMADA EXTERNA (e) E INTERNA (f) DA MADEIRA TRATADA COM PCP-Na MAIS BÓRAX A 0,7%.



Dentro do exposto acima, vale lembrar, que a eficiência de produtos químicos na proteção da madeira é variável, em função de seus próprios constituintes, dos constituintes da madeira, dos agentes biológicos e de vários outros fatores que ocorrem na situação geográfica de sua utilização. Consequentemente, um produto pode ser mais ou menos eficiente que outros em determinadas situações de utilização, enquanto em outras situações o seu desempenho poderá não ser o mesmo.

É sabido que o efeito de produtos químicos usados em formulações preservativas também é variável, e que reações químicas podem ocorrer entre os produtos destas formulações e com os componentes da madeira, especialmente os extrativos, com influência direta sobre a proteção conferida à madeira.

Os demais resultados apresentados na Tabela 12 não foram discutidos, por não terem apresentado um grau de eficiência compatível com os dos produtos incluídos para fins de comparação.

### 6.2.3 Análise dos resultados obtidos em laboratório e no campo

Nem todas as expectativas sobre a eficiência de produtos avaliados em laboratório foram observadas nos experimentos de campo. Isto ocorreu no decorrer deste trabalho, mas já era esperado, pois vários autores tem comentado não haver necessariamente uma correlação entre os resultados obtidos em laboratório com os resultados de campo (PRESTON, 1983; DICKINSON e HENNINGSON, 1984; CAVALCANTE *et al.*, 1985). Em contrapartida, experimentos de laboratório são excelentes instrumentos para indicar a existência de interações positivas entre produtos químicos, com maior possibilidade destes ocorrerem em situação de uso quando combinações de produtos são aplicadas na madeira. Como cita LINDERBORG (1984) “Apesar dos experimentos de campo serem considerados os mais corretos para selecionar os melhores produtos químicos, existem situações onde os produtos selecionados em laboratório, podem apresentar bons resultados nos testes de campo, apesar das condições de laboratório não serem as mesmas encontradas no campo”.

CASSENS e ESLYN (1983); observaram que, enquanto o IPBC a concentrações acima de 0,75% foi eficiente contra fungos manchadores e emboloradores em laboratório, o mesmo comportamento foi observado na proteção temporária da madeira de pinus empilhada no campo, contra os mesmos tipos de fungos (CASSENS e ESLYN, 1981). Em contrapartida, CSERJESI; BYRNE e JOHNSON (1984) observaram que a nível de campo o IPBC a 0,80% de concentração não foi eficiente no controle da mancha e do bolor em madeira recém serrada de pinus.

A possibilidade de um produto ser ou não ser eficiente no campo, após ter sido selecionado em laboratório, está relacionada a vários fatores, como diferenças de agentes biológicos, temperatura, taxa de oxigênio, e também a diferenças do material tratado. É preciso considerar, que no laboratório o material tratado foi um meio de cultura artificial,

enquanto que a madeira tem composição química diferente, especialmente devido a composição dos extrativos. Como resultado destas diferenças, interações consideradas positivas a nível de laboratório, também poderiam ter comportamento alterado com os próprios constituintes da madeira, frustrando as expectativas criadas nos ensaios preliminares.

Pelo exposto acima, há de se convir que ensaios de laboratório não representam a situação mais ideal de avaliação de produtos preservantes para fins práticos. Mesmo assim podem ser considerados muito úteis para indicar certa possibilidade de seleção com sucesso, tendo em vista a facilidade de sua execução e a possibilidade de avaliação de inúmeros produtos, e suas combinações com um número maior de repetições, a curto prazo e baixo custo.

Nos resultados deste estudo, observou-se que a maioria dos produtos químicos apresentaram uma melhora no seu efeito inibidor sobre os fungos utilizados, quando estes foram combinados com outros produtos, como já mencionado.

No que se refere às interações observadas em laboratório, as formulações químicas que apresentaram maior ganho em eficiência foram as do TBTO nas concentrações de 0,000122%, 0,000061% e 0,000030% combinadas com o IPBC a 0,0625%. No campo, a respeito deste mesmo produto, TSUNODA; TAKAHASHI e NISHIMOTO (1983) concluíram que o TBTO a 2% de concentração não foi eficiente no controle de fungos como havia sido em laboratório, e sugeriram a sua combinação com outros biocidas para o controle desses microrganismos. Já AMBURGEY; BEITER e PARIKH (1993) testaram diferentes combinações de TBTO com o IPBC, observando serem estas eficientes no controle de fungos apodrecedores, mas não fizeram avaliações sobre o efeito destas combinações contra fungos manchadores e/ou emboloradores.

As combinações do IPBC com o TCMTB e o OFF apresentaram um fraco desempenho, tanto nos ensaios de laboratório como nos experimentos de campo.

Entre os produtos isolados, o IPBC a 0,125% foi o que apresentou os melhores resultados no ensaio de campo preliminar

Os demais produtos avaliados isoladamente neste estudo, TCMTB e o OFF nas concentrações selecionadas, não foram eficientes em laboratório e no campo, com uma ligeira superioridade do primeiro sobre o segundo em ambas as situações. Da mesma forma, as combinações desses produtos químicos e suas respectivas concentrações não resultaram em interações com potencial para inibir o desenvolvimento dos fungos emboloradores em

laboratório, e o seu desempenho no campo não conseguiu evitar os manchamentos externo e interno da madeira. Por outro lado, estudos têm mostrado que a combinação destes produtos com outros biocidas de ação específica podem melhorar o seu potencial para prevenção de fungos manchadores e emboloradores, como é o caso da combinação do TCMTB com o MBT (LEIGHTLEY, 1985), e do OFF com o benzimidazolil metil carbamato (BMC) ou com o tiazolilbenzimidazol (TBZ) (PAULUS e GENTH, 1981).

### 6.3 AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO CUSTO-EFICIÊNCIA DAS FORMULAÇÕES SELECIONADAS

O valor comercial da madeira, além de variar com a espécie, uso final, natureza do material (bruto ou beneficiado), dentre outros fatores, pode variar também em função do seu estado de sanidade para o fim ao qual se destina. Sob esse aspecto, MILANO e VIANNA NETO (1982) estimam que tábuas de *Pinus* sp., sem ataque de fungos manchadores, alcançam um preço 25% maior do que as atacadas por esses microrganismos, enquanto o custo do tratamento pode variar de 3% a 4% do valor da madeira. Neste sentido, um fator muito importante a ser considerado quando do tratamento da madeira, diz respeito a eficiência do produto químico, aliado à baixa toxidez ao homem, aos animais e ao meio ambiente.

Os resultados do presente estudo indicaram a formulação do TBTO a 0,000061% combinada com o IPBC a 0,125%, como a mais eficiente na proteção da madeira de *Pinus taeda* recém serrada. Contudo, outros fatores devem ser considerados para saber se esta formulação é competitiva no mercado consumidor, mais especificamente aqueles relacionados ao seu custo.

No mercado interno os preços dos produtos que fazem parte da formulação química selecionada, bem como daqueles utilizados como referência, são apresentados na Tabela 13.

TABELA 13 - CUSTO DOS INGREDIENTES QUÍMICOS NECESSÁRIOS PARA O PREPARO DAS SOLUÇÕES DE TRATAMENTO SELECIONADAS NO PRESENTE ESTUDO.

Produto	TBTO	IPBC	Emulsionante	Solvente	PCP	NaOH	Bórax	TBP	AG802
Custo (US\$/kg)	11,27	52,09	2,74	1,29	2,55	2,23	1,46	1,92	1,93

A partir dos valores individuais dos produtos, determinou-se o custo da solução de tratamento de TBTO a 0,000061%, combinado com o IPBC a 0,125%, concentrada e a 3% de concentração, conforme apresentado na Tabela 14.

A Tabela 15 apresenta os valores referentes ao custo das soluções de tratamento dos produtos utilizados como referência, juntamente com o custo da formulação do TBTO combinado com o IPBC.

TABELA 14 - CUSTOS INDIVIDUAIS DOS PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS NO PREPARO DE 1000g DA SOLUÇÃO DE TRATAMENTO DO TBTO A 0,000061% COMBINADO COM O IPBC A 0,125% DE CONCENTRAÇÃO.

Prod./Soluções	Quantidade (g)	Custo (US\$)
TBTO	0,020	0,00023
IPBC	41,70	2,17
Solvente	658,28	0,85
Emulsionante	300	0,82
Sol. Concentrada	1000	3,84
Solução à 3%*	1000	0,115

\* A solução à 3% corresponde a 0,000061% de TBTO, mais 0,125% de IPBC.

Conforme mostram os valores apresentados na Tabela 14, são necessários US\$0,115 para preparar 1000g da solução de tratamento de TBTO 0,000061% combinado com o IPBC 0,125% de ingredientes ativos, a 3% de concentração.

Comparativamente, a Tabela 15 mostra que o mesmo custo para o TBP a 5% foi de US\$0,10 e do PCP-Na mais bórax a 0,7% foi de US\$0,014. Vale ressaltar, entretanto, que os valores aqui apresentados referem-se apenas aos custos de aquisição dos ingredientes químicos necessários para o preparo da solução de tratamento. É sabido que, além deste custo, outros estão envolvidos no tratamento químico da madeira. SACCO (1983) relata, a partir de um levantamento realizado em mais de 10 usinas de tratamento de madeiras no Brasil, que do custo total de produção de madeira tratada, aproximadamente 61% são relativos aos custos da matéria prima, onde estão incluídos, dentre outros, a aquisição de produtos químicos e preparo da solução de tratamento, 14% são referentes a mão de obra e os restantes 25% com gastos gerais.

TABELA 15 - CUSTOS COMPARATIVOS DA SOLUÇÃO DO TBTO COMBINADO COM O IPBC E DOS PRODUTOS UTILIZADOS COMO REFERÊNCIA.

Produtos Químicos	Concentração da Formulação (%)	Custo (US\$/litro)
TBTO+IPBC	3*	0,115
PCP-Na+Bórax	0,7**	0,014
TBP-Na	5	0,10
AG 802***	4	0,07

\* Equivalente a 0,000061% de TBTO + 0,125% de IPBC

\*\* Em relação ao PCP-Na

\*\*\* Produto pouco menos eficiente que os demais.

Além do exposto acima, apesar da diferença nos custos das soluções de tratamento apresentadas na Tabela 15, estes valores, se comparados com os demais custos apenas da matéria prima, como por exemplo o transporte, mão de obra, impostos, seguros, e encargos sociais, dentre outros, podem onerar ainda mais o tratamento químico da madeira.

Assim sendo, benefícios tais como a utilização de produtos químicos de comprovado baixo impacto ambiental, praticamente sem riscos de intoxicação humana e animal, aliados a outros, como a facilidade no manuseio e preparo da solução de tratamento, baixa inflamabilidade, que não alterem as características do material tratado, etc., são todos fatores muito importantes que podem viabilizar o uso de um determinado produto ou formulação química para o tratamento de madeiras.

Neste sentido, apesar da formulação do TBTO combinado com o IPBC não ter apresentado um custo inferior aos demais produtos testados, aspectos como os acima citados podem tornar esta nova formulação extremamente útil, pois para o tratamento de madeiras recém serradas, além da eficiência no combate aos microrganismos que a danificam, faz-se necessário também níveis de segurança cada vez maiores na sua utilização.

## 7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitem apresentar as seguintes conclusões:

- a) A metodologia utilizada para avaliar as interações entre produtos químicos, mostrou ser uma ferramenta muito útil, como indicativa das melhores formulações, para proteção da madeira contra fungos manchadores e emboloradores.
- b) Dentre os produtos químicos testados isoladamente em laboratório e no campo, em condições normais e adversas de secagem, o IPBC foi o mais eficiente na inibição dos fungos, sendo que na concentração de 0,0625%, foi o que melhor inibiu a germinação e esporulação do micélio do fungo *Aspergillus niger*. Para inibir as mesmas fases de desenvolvimento do fungo *Trichoderma* spp., foi necessária uma concentração mais elevada (0,125%).
- c) Em experimentos de campo e sob condições adversas de secagem, o IPBC não combinado a 0,125% de concentração de ingrediente ativo foi o que melhor protegeu, tanto externa como internamente, a madeira recém serrada de *Pinus taeda* contra a ação de fungos manchadores e emboloradores. Por outro lado, os produtos isolados OFF e TCMTB, foram os menos eficientes nos ensaios de laboratório, e nos experimentos de campo.
- d) Embora menos eficiente que o IPBC, soluções à concentrações extremamente baixas do TBTO, até 0,000061% de ingrediente ativo, afetaram o desenvolvimento normal dos fungos, o que justificou sua combinação com outros produtos visando a obtenção de efeitos interativos na inibição de fungos manchadores e emboloradores durante o período de secagem ao ar.
- e) Dentre as combinações testadas em laboratório, a mais eficiente na inibição da germinação de esporos e esporulação do micélio do fungo *Aspergillus niger*, foi a do TBTO a 0,125% combinado com o IPBC a 0,25%. A seguir, em ordem decrescente de eficiência estão o IPBC a 0,25% com o OFF a 0,125%, e o IPBC a 0,125% com o TCMTB a 0,125%. Para o fungo *Trichoderma* spp., a melhor combinação foi a do TBTO a 0,25% com o OFF a 0,25%.
- f) Entre as combinações do TBTO nas concentrações de 0,0312% a 0,000061%, a mais eficiente na inibição do fungo *Aspergillus niger* foi a do TBTO a 0,000122% com o IPBC a 0,0625%. Para o *Trichoderma* spp., a combinação do TBTO a 0,0156% com o IPBC a 0,125%, foi a mais eficiente apenas na inibição da esporulação do micélio do fungo.
- g) Em condições normais e adversas de secagem da madeira no campo, a combinação do TBTO a 0,000122% com o IPBC a 0,125%, numa relação de 1:1024, foi a que melhor

protegeu a madeira, externa e internamente contra o ataque de fungos manchadores e emboloradores, sendo este efeito inclusive, superior ao observado para o IPBC isolado, sob as mesmas condições de teste.

h) Das formulações avaliadas na linha de produção da serraria, a que melhor protegeu as camadas externa e interna das tábuas do ataque dos fungos manchadores e emboloradores, foi a do TBTO a 0,000061% com o IPBC a 0,125% de concentração de ingredientes ativos, numa relação de 1:2049, respectivamente, com uma eficiência equivalente aos produtos preservantes PCP-Na a 0,7%, TBP-Na a 5% e Quinolinolato de Cobre-8 a 4%, utilizados como referência.

i) As combinações do TBTO a 0,000046% com o IPBC a 0,0938%, (relação 1:2039) e do TBTO a 0,000076% com o IPBC a 0,1563%, (relação 1:2057), apresentaram resultados muito próximos aos da combinação supracitada, mostrando serem boas alternativas para o tratamento temporário da madeira.

j) O custo da solução de tratamento do TBTO combinado com o IPBC, citado no item h, foi equivalente ao do TBP-Na a 5% e superior ao do PCP-Na a 0,7% e do Quinolinolato de Cobre-8 4%. Entretanto, esta combinação, na relação de 1:2049, pode apresentar vantagens em relação aos citados produtos preservantes, principalmente, àqueles à base de pentaclorofenato de sódio e tribromofenato de sódio, quando comparados seus níveis de toxidez ao homem, animais e ao meio ambiente, e a concentração dos ingredientes ativos utilizados, sendo portanto, uma excelente alternativa aos fenóis clorados e seus sais derivados.

## RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, as seguintes recomendações podem ser apresentadas:

- a) Avaliar a possibilidade de existência de interações entre mais de dois produtos químicos ou ingredientes ativos, como por exemplo, entre a combinação do TBTO com o IPBC e o TCMTB, bem como do TBTO com o IPBC e o OFF, e com outros produtos de baixa toxidez, objetivando selecionar formulações com espectro de ação mais amplo e reduzir os custos da solução de tratamento.
- b) Reavaliar as concentrações dos produtos químicos selecionados como eficientes no presente estudo, bem como de outras potencialmente viáveis para uso prático, em diferentes localidades geográficas, objetivando representatividade nos resultados para sua utilização a nível industrial.
- c) Avaliar em experimentos de campo algumas das combinações que demonstraram relativa eficiência em laboratório, a exemplo do TBTO com o OFF e do TBTO com o TCMTB. No primeiro caso, devido ao efeito observado no controle da esporulação do micélio do fungo *Trichoderma* spp., enquanto para o segundo caso, devido a uma provável fixação do TCMTB em camadas próximas à superfície do material tratado.
- d) Investigar o uso de metodologias que conciliem situações adversas e normais de secagem, visando avaliar o desempenho de formulações com potencial para o tratamento temporário da madeira, em diferentes estágios de desenvolvimento de fungos manchadores e emboloradores.
- e) Proceder análise química quantitativa da madeira tratada, antes e após o período de teste, para determinar a quantidade de ingredientes ativos presente na madeira, em diferentes níveis de profundidade, bem como seu grau de fixação a nível externo e interno, objetivando avaliar sua eficiência na prevenção de fungos manchadores e emboloradores.

## ANEXOS

ANEXO 01 – INFORMAÇÕES TÉCNICAS SOBRE OS PRODUTOS QUÍMICOS TESTADOS DE ACORDO COM OS FABRICANTES.....	83
ANEXO 02 – DADOS CLIMATOLÓGICOS DO LOCAL E PERÍODOS EM QUE FORAM REALIZADOS OS EXPERIMENTOS DE CAMPO.....	84
ANEXO 03 – DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE INGREDIENTE ATIVO PRESENTE EM UMA GOTA DA SOLUÇÃO DE TRATAMENTO UTILIZADA NA IMPREGNAÇÃO DO MEIO DE CULTURA NAS PLACAS DE PETRI.....	85
ANEXO 04 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,0312% COM O IPBC A 0,0312% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO <i>Aspergillus niger</i> EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.....	86
ANEXO 05 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,0312% COM O TCMTB A 0,0312% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO <i>Aspergillus niger</i> EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.....	87
ANEXO 06 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,125% COM O OFF A 0,125% SOBRE A INIBIÇÃO DA ESPORULAÇÃO DO MICÉLIO DO FUNGO <i>Trichoderma</i> spp. EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 84 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.....	88
ANEXO 07 – COMBINAÇÃO DO IPBC A 0,0625% COM O TCMTB A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO E DA ESPORULAÇÃO DO MICÉLIO DO FUNGO <i>Aspergillus niger</i> EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.....	89
ANEXO 08 – COMBINAÇÃO DO IPBC A 0,125% COM O OFF A 0,125% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO <i>Aspergillus niger</i> EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.....	90
ANEXO 09 – COMBINAÇÃO DO TCMTB A 0,0312% COM O OFF A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO <i>Trichoderma</i> spp. EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.....	91

- ANEXO 10 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,0156% COM O IPBC A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO *Aspergillus niger* EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO..... 92
- ANEXO 11 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,000030% COM O IPBC A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO *Aspergillus niger* EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO..... 93
- ANEXO 12 – EFEITO DA COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,0156% COM O TCMTB A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO *Trichoderma* spp. EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO..... 94
- ANEXO 13 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,00195% COM O OFF A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA ESPORULAÇÃO DO MICÉLIO DO FUNGO *Trichoderma* spp. EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 84 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO..... 95

ANEXO 01 – INFORMAÇÕES TÉCNICAS SOBRE OS PRODUTOS QUÍMICOS TESTADOS DE ACORDO COM OS FABRICANTES.

1) ÓXIDO DE BIS (TRIBUTIL-ESTANHO) - (TBTO)

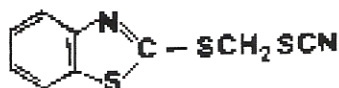
Ingredientes Ativos: 97,4%  
 Fórmula Estrutural:  $(C_4H_9)_3Sn-O-Sn(C_4H_9)_3$   
 Toxicidade:  $LD_{50}$  (oral) = 200mg/kg (ratos)

2) 3-iodo-2-propinil butil carbamato – (IPBC)

Ingredientes Ativos: 97%  
 Fórmula Química:  $C_8H_{12}INO_2$   
 Toxicidade:  $LD_{50}$  (oral) = 1.470 mg/kg (ratos)

3) 2-(TIOCIANOMETILTIO) BENZOTIAZOLE – (TCMTB)

Ingredientes Ativos: 30%  
 Fórmula Estrutural:



Toxicidade:  $LD_{50}$  (oral) = 1590 mg/kg (ratos)

4) ORTOFENILFENOL – (OFF)

Ingredientes Ativos: 99,5%  
 Fórmula Química:  $C_{12}H_{10}O$   
 Toxicidade:  $LD_{50}$  (oral) = 2.980 mg/kg (ratos)

ANEXO 02 - DADOS CLIMATOLÓGICOS DO LOCAL E PERÍODOS EM QUE FORAM REALIZADOS OS EXPERIMENTOS DE CAMPO

Período (1995)	Média Mensal					
	Temp. (°C)	U.R. (%)	Prec. Pluv.		Dur. Chuv. (horas)	Insolação (horas)
			(mm)	(dias)		
Maio	14,3	84,8	27,8	5	18:36	160,5
Junho	14,0	84,1	88,9	7	26:06	141,8
Julho	15,3	78,2	116,6	6	37:36	201,4
Agosto	16,1	73,8	52	5	29:30	197,0
Setembro	14,6	80,9	156,2	12	64:00	114,5
Outubro	15,5	81,4	120,6	8	57:30	121,6
Novembro	16,7	80,5	110,5	6	49:20	135,7
Dezembro	19,4	78,7	176,3	15	63:54	182,3

Período (1996)	Média Mensal					
	Temp. (°C)	U.R. (%)	Prec. Pluv.		Dur. Chuv. (horas)	Insolação (horas)
			(mm)	(dias)		
Maio	14,3	86,0	4,9	2	6:42	154,2
Junho	12,3	88,4	12,1	12	47:54	114,3
Julho	10,9	81,0	83,9	8	19:42	163,9
Agosto	13,0	81,3	86,3	4	17:36	173,1
Setembro	13,9	86,6	192,8	11	53:36	97,3
Outubro	16,7	85,4	198,5	13	67:24	119,8
Novembro	17,6	85,6	141,7	15	46:48	148,8
Dezembro	20,4	84,6	352,3	18	56:12	158,1

Período (1997)	Média Mensal					
	Temp. (°C)	U.R. (%)	Prec. Pluv.		Dur. Chuv. (horas)	Insolação (horas)
			(mm)	(dias)		
Maio	14,2	83,2	47,2	5	19:00	141,5
Junho	13,1	82,3	124,9	11	40:54	134,1
Julho	14,5	80,8	51,3	6	11:06	195,5
Agosto	14,6	75,8	74,9	8	38:18	184,6
Setembro	16,0	79,8	175,0	10	47:06	136,5
Outubro	16,5	87,3	224,0	22	59:18	84,4
Novembro	18,8	87,9	174,2	20	94:42	109,7
Dezembro	20,8	81,3	153,4	16	39:24	177,2

ANEXO 03 – DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE INGREDIENTE ATIVO PRESENTE EM UMA GOTA DA SOLUÇÃO DE TRATAMENTO UTILIZADA NA IMPREGNAÇÃO DO MEIO DE CULTURA NAS PLACAS DE PETRI.

A quantidade de ingrediente ativo presente em uma gota de solução de tratamento, é o resultado do produto entre o volume desta gota pela respectiva concentração do ingrediente ativo utilizado.

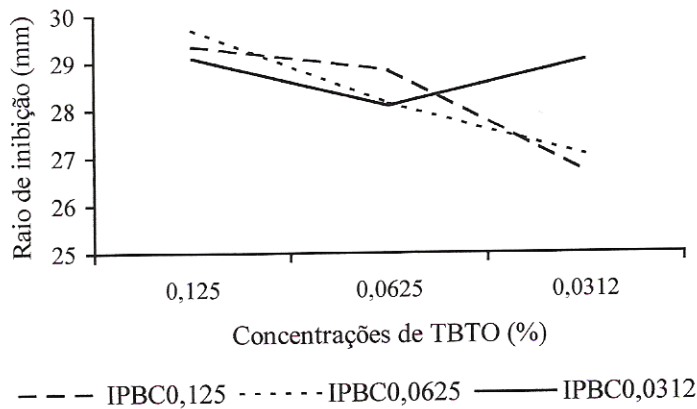
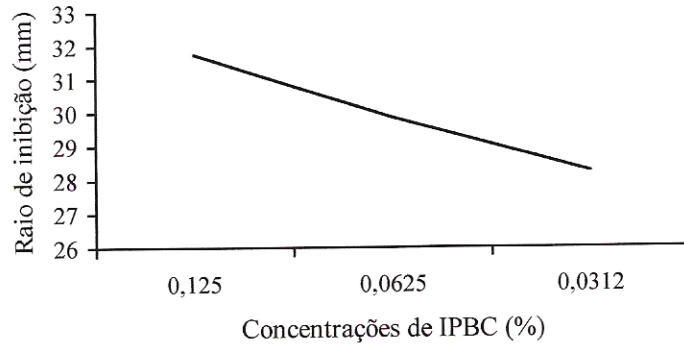
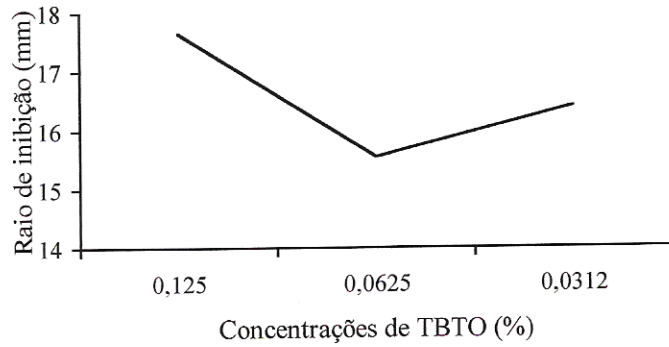
Para a determinação do volume médio de uma gota da solução de tratamento utilizada no ensaio biológico em laboratório, foram pesadas uma quantidade pré-determinada de gotas em uma balança com precisão de 0,001g. O mesmo conta gotas empregado nos ensaios de laboratório foi utilizado, sendo que ao invés da solução de tratamento, foi utilizada água cuja densidade é conhecida. Desta forma, o peso de uma quantidade conhecida de gotas de água, dividido pelo número de gotas pesadas teve como resultado o volume médio de uma gota, como expresso a seguir:

$$0,1458 \text{ cm}^3 + 0,1438 \text{ cm}^3 + 0,1635 \text{ cm}^3 = 0,4531 \text{ cm}^3 \div 3 = \mathbf{0,1510 \text{ cm}^3}$$

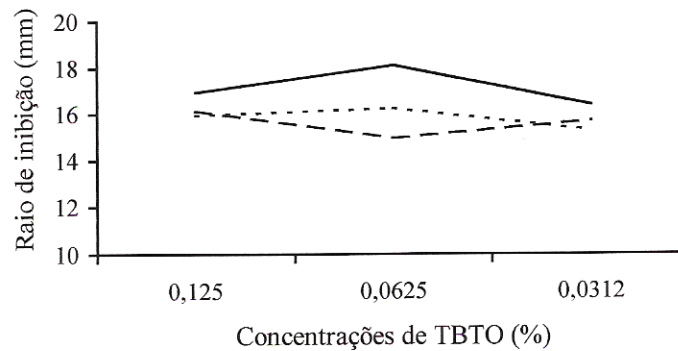
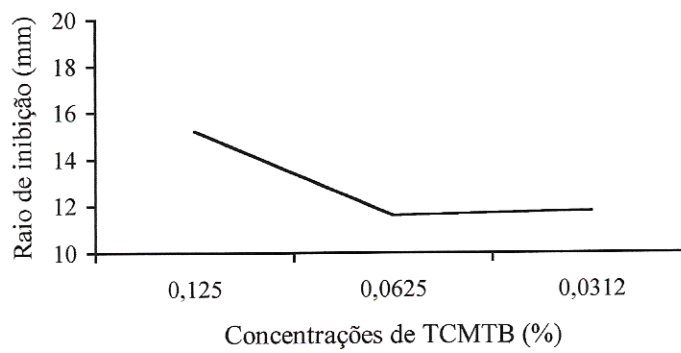
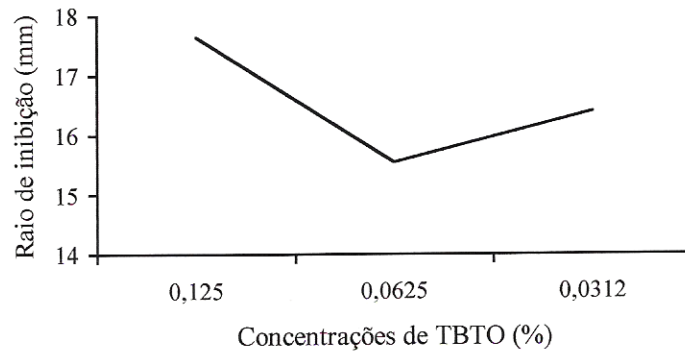
Assim sendo, a quantidade de TBTO à 0,25% de concentração, em uma gota de solução será:

$$0,25\% \text{ de TBTO} \Rightarrow 0,0025 \times 0,15 = \mathbf{0,000375 \text{ g de TBTO}}$$

ANEXO 04 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,0312% COM O IPBC A 0,0312% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO *Aspergillus niger* EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.

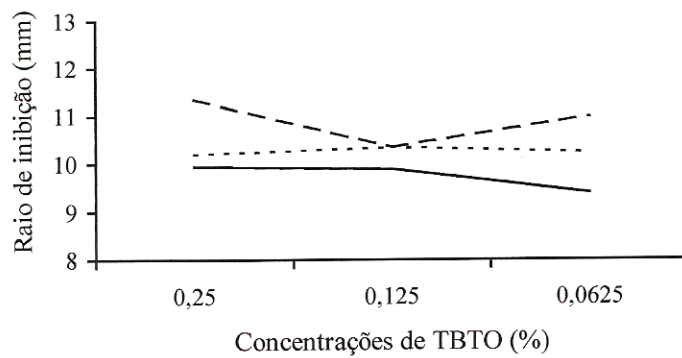
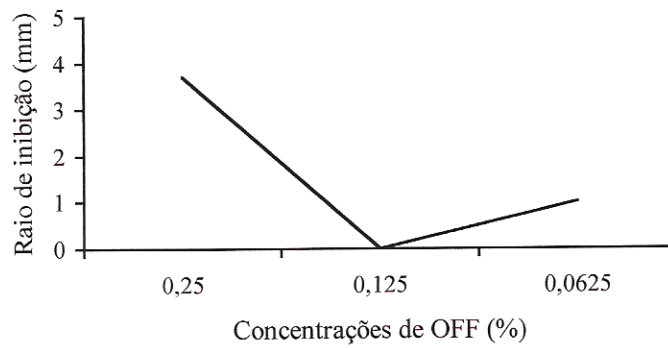
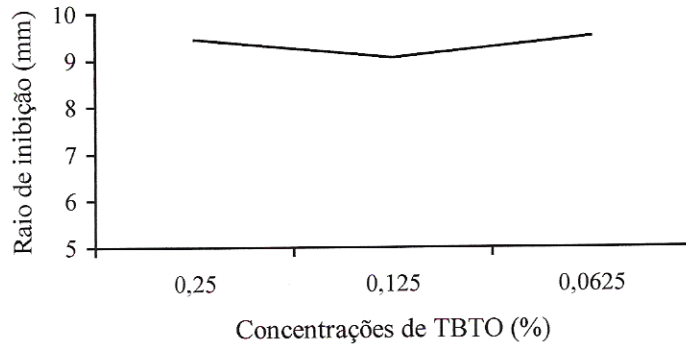


ANEXO 05 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,0312% COM O TCMTB A 0,0312% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO *Aspergillus niger* EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.



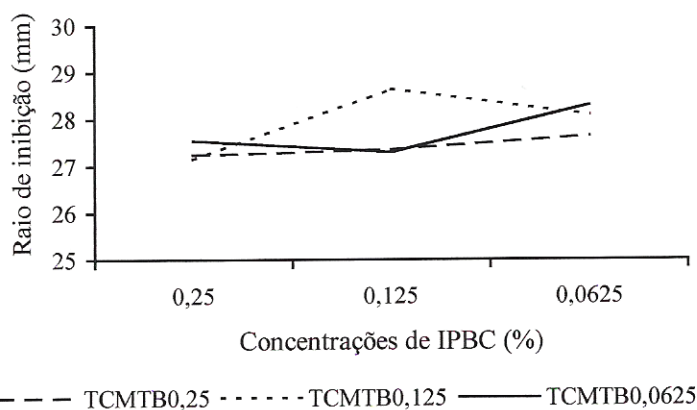
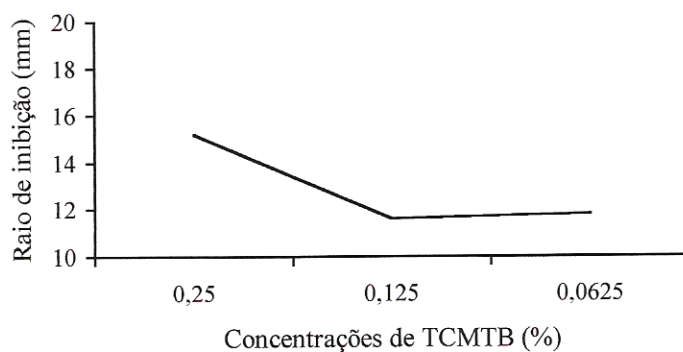
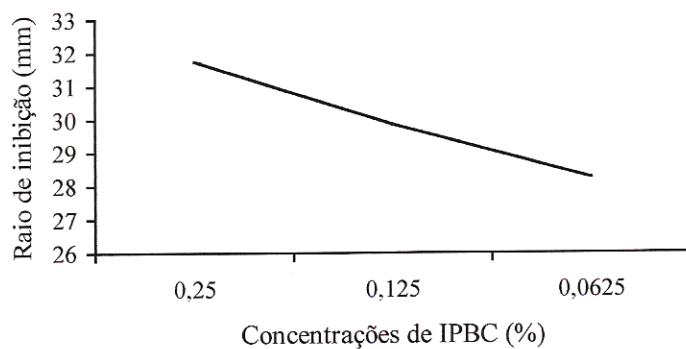
--- TCMTB0,125    ..... TCMTB0,0625    ——— TCMTB0,0312

ANEXO 06 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,125% COM O OFF A 0,125% SOBRE A INIBIÇÃO DA ESPORULAÇÃO DO MICÉLIO DO FUNGO *Trichoderma* spp. EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 84 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.

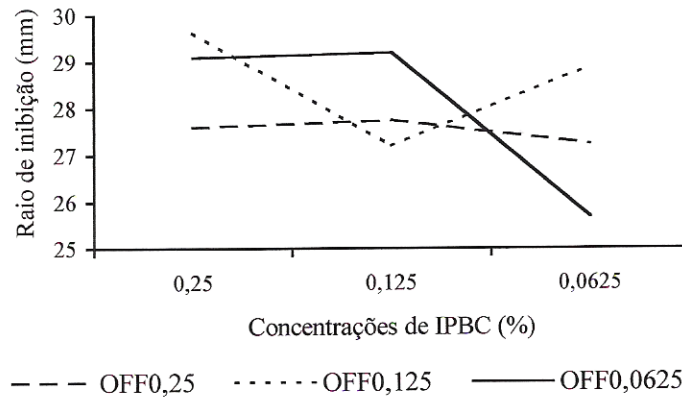
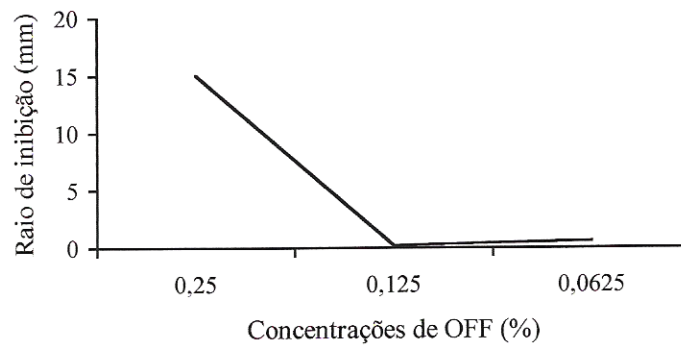
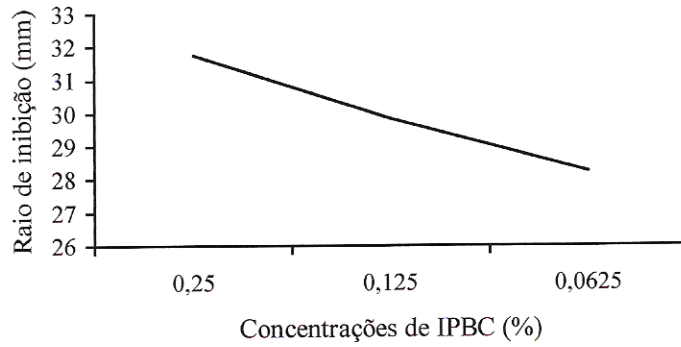


--- OFF0,25    ..... OFF0,125    ——— OFF0,0625

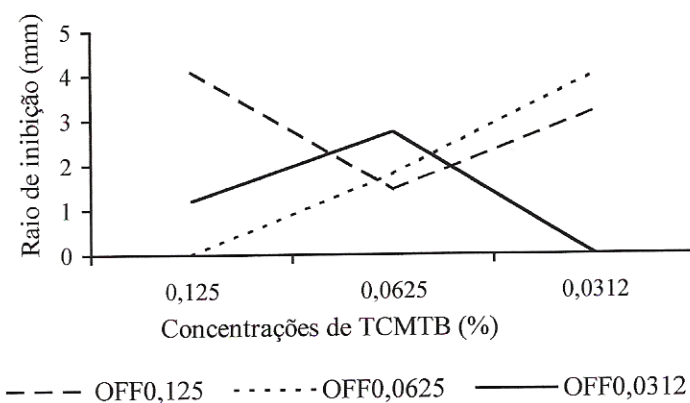
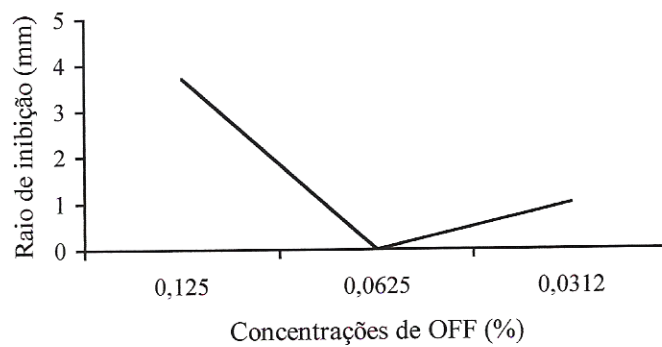
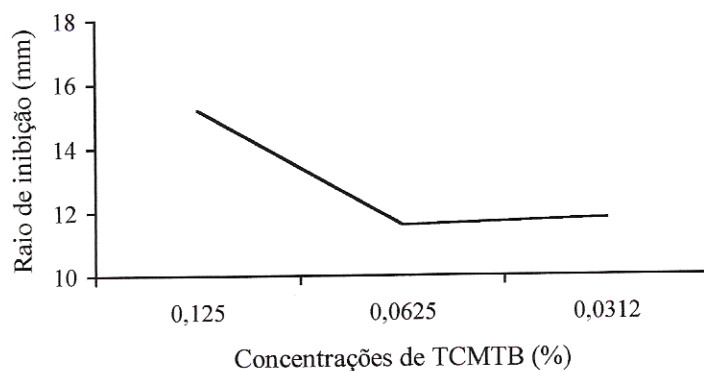
ANEXO 07 – COMBINAÇÃO DO IPBC A 0,0625% COM O TCMTB A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO E DA ESPORULAÇÃO DO MICÉLIO DO FUNGO *Aspergillus niger* EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.



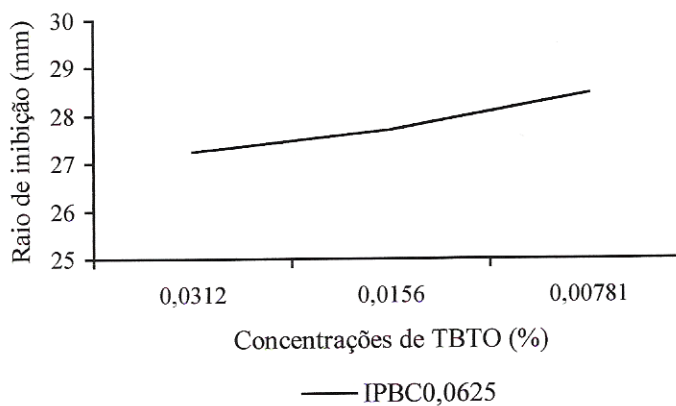
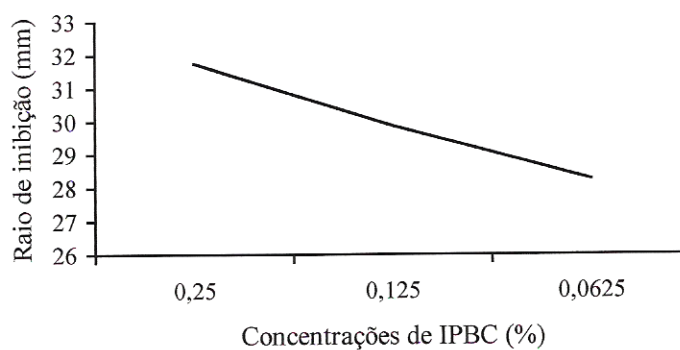
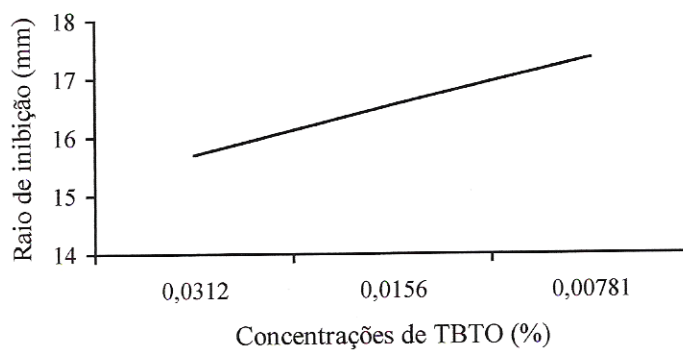
ANEXO 08 – COMBINAÇÃO DO IPBC A 0,125% COM O OFF A 0,125% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO *Aspergillus niger* EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS A 60 HORAS DA INOCULAÇÃO.



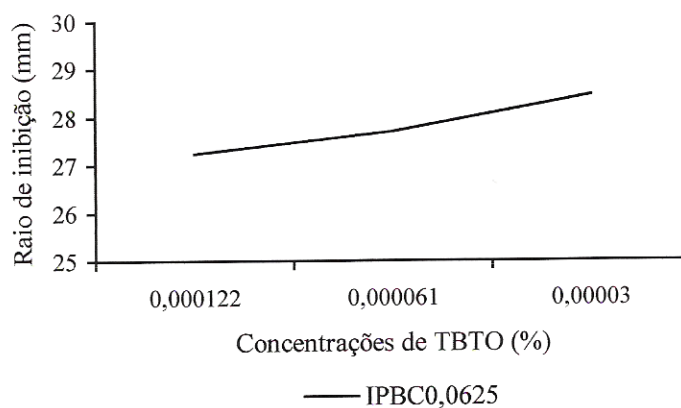
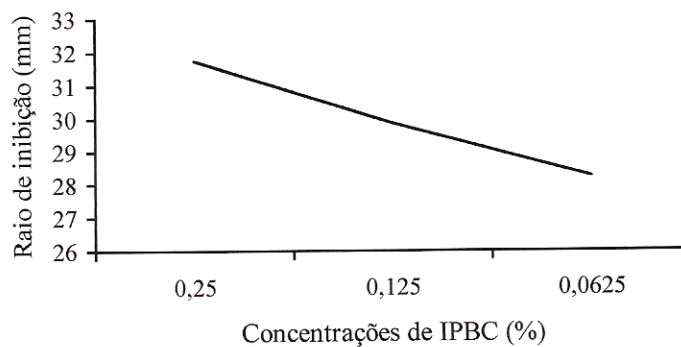
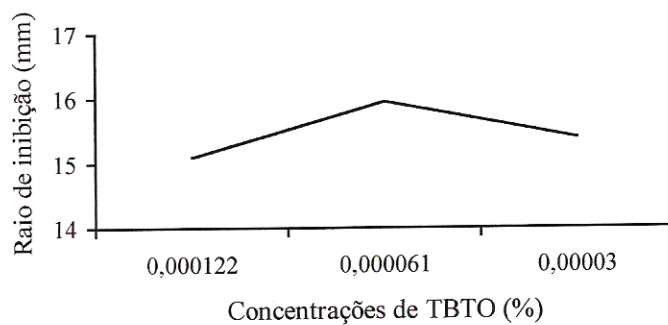
ANEXO 09 – COMBINAÇÃO DO TCMTB A 0,0312% COM O OFF A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO *Trichoderma* spp. EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.



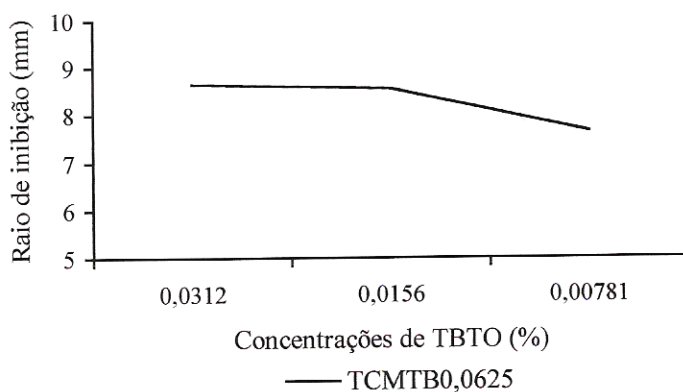
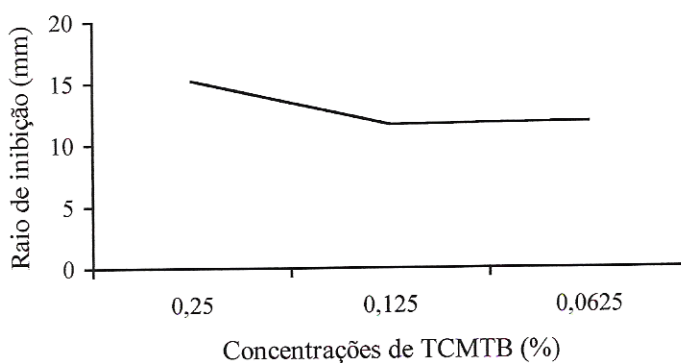
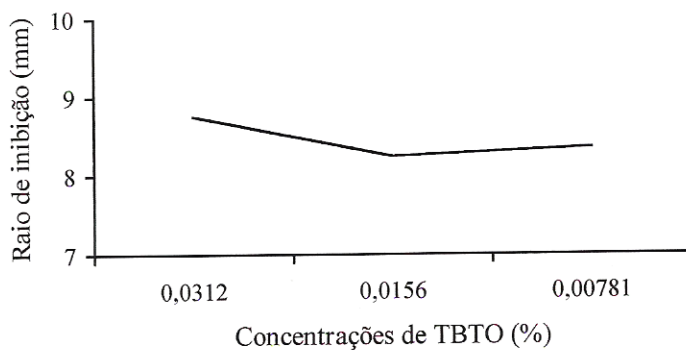
ANEXO 10 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,0156% COM O IPBC A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO *Aspergillus niger* EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.



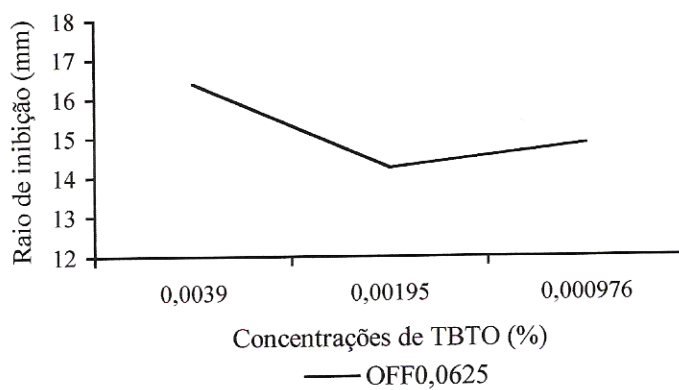
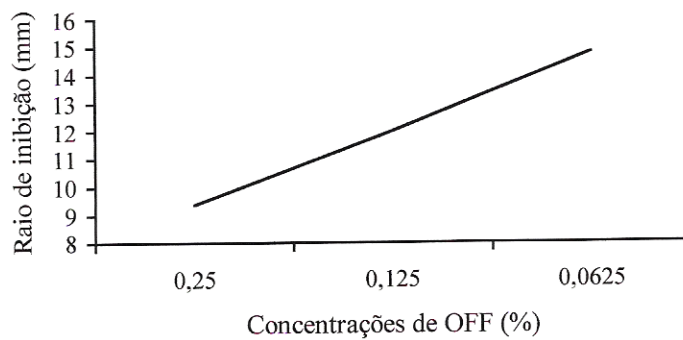
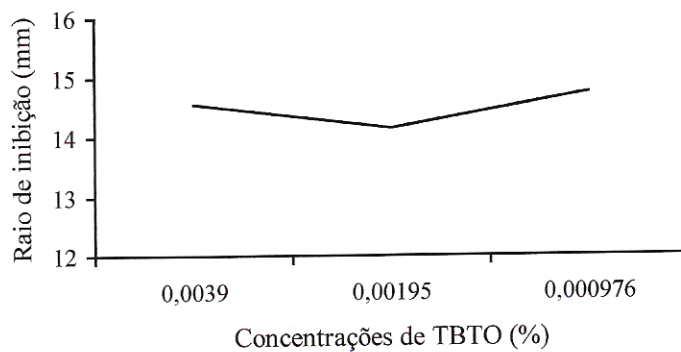
ANEXO 11 – COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,000030% COM O IPBC A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO *Aspergillus niger* EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.



ANEXO 12 – EFEITO DA COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,0156% COM O TCMTB A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESPOROS DO FUNGO *Trichoderma* spp. EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 60 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.



ANEXO 13– COMBINAÇÃO DO TBTO A 0,00195% COM O OFF A 0,0625% SOBRE A INIBIÇÃO DA ESPORULAÇÃO DO MICÉLIO DO FUNGO *Trichoderma* spp. EM RELAÇÃO AOS MESMOS PRODUTOS NÃO COMBINADOS – OBSERVAÇÕES EFETUADAS 84 HORAS APÓS A INOCULAÇÃO.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 ALVES, M. V. da S. **Preservation of wood against fungal attack with lignins and lignin-metal complexes.** Madison, 1996. 178p. Thesis (Doctor of Philosophy) – University of Wisconsin.
- 02 AMBURGEY, T. L.; BEITER, C. B.; PARIKH, S.V. Aboveground field test to determine the termite and decay resistance of wood treated with TBTO with and without co-biocides. **Annual Meeting of The American Wood-Preservers' Association.** 1993. p.61-83.
- 03 ANONYMOUS. **Glossary of terms relating to timber preservation.** BS4261: British Standards Institution, London. 1968. 28p.
- 04 ANONYMOUS. **Annual book of ASTM standards**, v.04.09. ASTM, Philadelphia P.A. 1992.
- 05 BJURMAN, J. **Heat inactivation of mould fungi on wood.** Doc. IRG/WP/93-40012. The International Research Group on Wood Preservation. 1993. 7p.
- 06 BRAVERY, A. F.; DICKINSON, D. J. **Artificial weathering as an aid to assessing the effectiveness of chemicals for preventing blue stain in service a co-operative study.** Doc. IRG/WP/2215. The International Research Group on Wood Preservation. 1984. 23p.
- 07 BUTCHER, J. A. Laboratory screening trials for new prophylactic chemicals against sapstain and decay in sawn timber. **Material und Organismen.** v.9, n.1, 1973.
- 08 BUTCHER, J. A. **Commercial antisapstain chemicals in New Zealand.** Doc. IRG/WP/3142. The International Research Group on Wood Preservation. 1980. 11p.
- 09 BUTCHER, J. A. Some recent trends in wood preservation new chemicals and improved treatment processes. **Mokuzai Hozon (Wood Preservation)**, v.11, n.2, 1985. (in Japanese translated by Kunio Tsunoda).
- 10 BYRNE, A.; SMITH, R. S. **A review of hemlock brown - stain and related discolorations.** Paper presented at BIOFOR'91. Sault St. Marie, Ont. Forintek Canada Corp. Vancouver. B. C. 1991. 7p.
- 11 CASSENS, D. L.; ESLYN, E. E. Fungicides to prevent sapstain and mold on hardwood lumber. **Forest Products Journal**, Madison, v.31, n.9, 1981.

- 12 CASSENS, D. L.; ESLYN, W. E. Field trails of chemicals to control sapstain and mold on yellow-poplar and southern yellow pine lumber. **Forest Products Journal**, Madison, v.33, n.10, 1983.
- 13 CAVALCANTE, M. S. **Deterioração biológica e preservação de madeiras**. IPT. Divisão de Madeiras. São Paulo. 1982. 41p. (Pesquisa e Desenvolvimento, 8)
- 14 CAVALCANTE, M. S.; LOPEZ, G. A. C.; MONTAGNA, R. G.; FOSCO MUCCI, M. E. **S. Natural durability of wood in ground contact—a correlation between field and laboratory tests**. Doc. IRG/WP/2182. The International Research Group on Wood Preservation. 1985. 9p.
- 15 CHAPMAN, A. D.; SCHEFFER, T. C. Effect of blue stain on specific gravity and strength of southern pine. **Journal Agr. Res.** v.6, 1940. p.125-134.
- 16 CLUBBE, C. P. **The colonization and succession of fungi in wood**. Doc. IRG/WP/1107. The International Research Group on Wood Preservation. 1980. 9p.
- 17 CROAN, S. C.; HIGHLEY, T. L. **Controlling the sapstain fungus *Ceratocystis coerulescens* by metabolites obtained from *Bjerkandera adusta* and *Talaromyces flavus***. Doc. IRG/WP/93-10024. The International Research Group on Wood Preservation. 1993. 15p.
- 18 CSERJESI, A. J. Principles in the development of laboratory screening tests for the evaluation of sapstain and mould preventives. **Proceedings of a Special Seminar Held in Association with the 10<sup>th</sup> Annual Meeting of the IRG**. 1978. Paper 14. 105-107p.
- 19 CSERJESI, A.J.; JOHNSON, E.L. Mould and sapstain control: laboratory and field test of 44 fungicidal formulations. **Forest Products Journal**, Madison, v.32, n.10, 1982.
- 20 CSERJESI, A. J.; BYRNE, A.; JOHNSON, E. L. **Long - term protection of stored lumber against mould, stain, and specifically decay: a comparative field test of fungicidal formulations**. Doc. IRG/WP/3281. The International Research Group on Wood Preservation. 1984. 7p.
- 21 DA COSTA, E. W. B.; KERRUISH, R. M. The comparative wood-destroying ability and preservative tolerance of monokaryotic and dikaryotic mycelia of *Lenzites trabea* (Pers)Fr. and *Poria vaillantii* (DC ex Fr.). **Chem. Ann. Bot.**, v.29, n.114, 1965.
- 22 DICKINSON, D. J. The effective control of blue-stain and mould on freshly-felled timber. **Holzforschung**. v.31 n.4, 1977.
- 23 DICKINSON, D. J.; HENNINGSSON, B. **A field test with anti-sapstain chemicals on sawn pine timber stored and seasoned under different conditions**. Doc. IRG/WP/3245. The International Research Group on Wood Preservation. 1984. 8p.

- 24 EATON, R. A.; HALE, M. D. **Wood: Decay, pests, and protection**. Chapman & Hall, London, U.K. 546p. 1993.
- 25 EDLUND, M. L.; HENNINGSSON, B. **Field and laboratory studies on anti-sapstain preservatives**. Doc. IRG/WP/3205. The International Research Group on Wood Preservation. 1982. 21p.
- 26 ESLYN, W. E.; CASSENS, D. L. Laboratory evaluation of selected fungicides for control of sapstain and mold on southern pine lumber. **Forest Products Journal**, Madison, v.33, n.4, 1983.
- 27 EXNER, O.; PAULUS, W. **Nova aplicação para um microbiocida de efeito comprovado: 2-fenil-fenol para a proteção temporária de madeira serrada contra o bolor**. Doc. IRG/WP/3513. The International Research Group on Wood Preservation. 1989. 18p.
- 28 FLORENCE, E. J. M.; GNANAHARAN, R.; SHARMA, J. K. **Influence of moisture content of rubber wood on the growth of *Botryodiplodia theobromae***. Doc. IRG/WP/93-10029. The International Research Group on Wood Preservation. 1993. 12p.
- 29 FREIRE NETO, O. L.; WEHR, J. P. Resultado de um pré - tratamento industrial utilizando-se o ortofenil-fenol em *Pinus elliottii*. In: 3° ENCONTRO BRASILEIRO EM PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS (1989: São Paulo). **Anais...ABPM**: São Paulo, 1989. p.43-49.
- 30 GERÊNCIA DE CERTIFICAÇÃO. Certificação de origem florestal-ABNT/CERFLOR. In: 1° SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA E 1° ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO. (1998: Belo Horizonte). **Anais...** Belo Horizonte: Minascentro, 1998. p. 249-252.
- 31 GIBSON, E. J. **The role of laboratory testing in the evaluation of wood preservatives**. Supplement to Wood (London). 1966. 10-15.
- 32 GREAVES, H. Preliminary screening of diffusion formulations for the control of soft rot. **Proceedings of a Special Seminar Held in Association with the 10<sup>th</sup> Annual Meeting of the IRG**. 1978. Paper 12. 91-98p.
- 33 HANSEN, J. **IPBC—a new fungicide for wood protection**. Doc. IRG/WP/3295. The International Research Group on Wood Preservation. 1984. 7p.
- 34 HANSEN, J.; MORRELL, J. J. Use of anti-stain chemical treatments by the western U.S. softwood lumber industry, 1994. **For. Prod. J.**, Madison, v.47, n.6, 1997.

- 35 HAYWARD, P.; DUFF, J.; RAE, W. **Screening results of fungicides for sapstain control on *Pinus radiata***. Doc. IRG/WP/3236. The International Research Group on Wood Preservation. 1983. 10p.
- 36 HAYWARD, P.; RAE, W.; DUFF, J. **Mixtures of fungicides screened for the control of sapstain on *Pinus radiata***. Doc. IRG/WP/3307. The International Research Group on Wood Preservation. 1984. 9p.
- 37 HERNANDEZ, A. L.; WENGERT, E. M. End coating logs to prevent stain and checking. **Forest Products Journal**, Madison, v.47, n.4, 1997.
- 38 HICKIN, N. E. **Wood preservation: a guide to the meaning of terms**. Hutchinson & CO.LTD. London. 1971. 109p.
- 39 HULME, M. A. Screening test for preventives of fungal sap-stain in *Pinus strobus* L. **Proceedings of a Special Seminar Held in Association with the 10<sup>th</sup> Annual Meeting of the IRG**. 1978. Paper 15. pp.109-114.
- 40 HUNT, G. M.; GARRATT, G. A. **Preservacion de la madera**. Barcelona, Salvat, 1962. 486p.
- 41 KATO, S.; TAKEDA, E. R. Estudo da toxidez do pentaclorofenato de sódio e do sulfato de cobre em relação ao *Gloeophyllum trabeum* (Per. ex. Fr)Murr. **Preservação de Madeiras**, ABPM, v.1, n.2, 1970.
- 42 KREBER, B.; BYRNE, A. Discolorations of hem-fir wood: a review of the mechanisms. **Forest Products Journal**, Madison, v.44, n.5, 1994.
- 43 KREBER, B. ; SCHMIDT, E. L.; BYRNE, T. Methyl bromide fumigation to control non-microbial discolorations in western hemlock and red alder. **For. Prod. J.**, Madison, v.44, n.10, 1994.
- 44 LAKS, P. E.; PICKENS, J. B.; WOODS, T. L.; BELL, J. P.; NOLF, J. M. Performance of chlorothalonil and chlorothalonil/biocide combinations in anti-sapstain tests. **Forest Products Journal**, Madison, v.41, n.5, 1991.
- 45 LAVER, M. L.; MUSBAH, D. A. A. Chemical brown staining of douglas - fir wood: characterization of a wood enzyme extract. **For. Prod. J.**, Madison, v.47, n.4, 1997.
- 46 LEIGHTLEY, L. E. **An appraisal of anti-sapstain chemicals in Queensland, Australia**. Doc. IRG/WP/3331. The International Research Group on Wood Preservation. 1985. 10p.
- 47 LEPAGE, E. S. **Preservação de madeiras**. São Paulo, IPT, Divisão de Madeiras. 1974. 36p. (Apostila Técnica)

- 48 LEPAGE, E. S. Coord. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo, IPT. 1986. v.1. p.110-14.
- 49 LINDERBORG, I. **A potential antisapstain chemical for sawmills**. Doc. IRG/WP/3300. The International Research Group on Wood Preservation. 1984. 9p.
50. LINDERBORG, I. **Health and safety in use of antistain chemicals**. Doc. IRG/WP/93-50001/29. The International Research Group on Wood Preservation. 1993. 6p.
- 51 LINDGREN, R. M. **Temperature, moisture, and penetration studies of wood-staining *Ceratostomellae* in relation to their control**. USDA Technical Bulletin, n.807, 35p. Washington, D.C. 1942.
- 52 LINDGREN, R.M. Permeability of southern pine as affected by mold growth and other fungus infection. **Proceeding of The American Wood Preservers' Association**, Washington, D.C., 48:158-174. 1952.
- 53 MICKLEWRIGHT, J. T. Wood preservation statistics 1991: a report to the wood preserving industry in the United States. **American Wood-Preservers' Assoc.**, 1993. Woodstock, Md. 11p.
- 54 MILANO, S. **Effectiveness of some microbiocides against the development of molds and sap stain in *Pinus elliotii***. Doc. IRG/WP/3169. The International Research Group on Wood Preservation. 1981. 11p.
- 55 MILANO, S.; VIANNA NETO, J. A. A. **Evaluation of the effectiveness of three microbiocides in the control of sapstains**. Doc. IRG/WP/3212. The International Research Group on Wood Preservation. 1982. 13p.
- 56 MILANO, S.; VIANNA NETO, J. A. A. Considerações sobre a mancha azul e bolor em madeira de *Pinus* spp. In: 1º ENCONTRO BRASILEIRO EM PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS (1982: São Paulo). **Anais...** São Paulo: IPT, 1982. p.177-183.
- 57 MONTEIRO, M. B. B. **Método alternativo de ensaio acelerado para avaliação da resistência natural de madeiras ao ataque de fungos apodrecedores**. Piracicaba/ESALQ. 1997. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade de São Paulo. 73p.
- 58 MORESCHI, J. C. **Proposição de metodologias para a seleção e inspeção da qualidade de produtos preservativos**. Curitiba 1990. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. 154p
- 59 MORESCHI, J. C. **Biodeterioração da madeira**. Curitiba. UFPR/DETR. 1998. 38p. (Apostila Técnica)

- 60 NESTLER, F. H. M. **The characterization of wood-preserving creosote by physical and chemical methods of analysis.** Research Paper FPL-195, USDA/FS/FPL, Madison, Wisconsin. 31p. 1974.
- 61 NICHOLAS, D. D. **Wood deterioration and its prevention by preservative treatments** v. I. Degradation and Protection of wood. Syracuse University Press, Syracuse, N.Y. 1973. 380p.
- 62 PAULUS, W.; GENTH, H. Microbicidal phenolic compounds—a critical examination. **Biodet. Proc. V International Biodeterioration Symposium**, 1981. Aberdeen, 11p.
- 63 PIZZI, A. A new approach to non-toxic, wide-spectrum, ground-contact wood preservatives. Part I. Approach and reaction mechanisms. **Holzforschung**. v.47, n.3, 1993.
- 64 PLACKETT, D. V. **Field evaluation of alternative antisapstain chemicals.** Doc. IRG/WP/3198. The International Research Group on Wood Preservation 1982. 10p.
- 65 POWELL, M. A.; EATON, R. A. **Fungal defacement of water-stored softwoods.** Doc. IRG/WP/93-10009. The International Research Group on Wood Preservation. 1993. 14p.
- 66 PRESNELL, T. L.; NICHOLAS, D. D. Evaluation of combinations of low hazard biocides in controlling mold and stain fungi on southern pine. **For. Prod. J.**, Madison, v.40, n.2, 1990.
- 67 PRESTON, A. F. Dialkyldimethylammonium halides as wood preservatives. **JAOCs**. v.60, n.3, p567-570. 1983.
- 68 RICHARDSON, B. A. **Wood preservation.** Lancaster, The Construction Press, 1978. 238p.
- 69 ROFF, J. W.; CSERJESI, A. J. Chemical preventives used against mould and sapstain in unseasoned lumber. **Vancouver Forest Products Laboratory**. Department of Forestry. Canada. 7p. 1965.
- 70 SACCO, A. A. Custos de produção do poste de eucalipto tratado. São Paulo, **Associação Brasileira de Preservadores de Madeira**, 1983. 6p. (Boletim ABPM, 3)
- 71 SÁNCHEZ, E.; TROYA, M. T. de; NAVARRETE, A.; GUIJARRO, A. **Preventive effectiveness of petroleum derivatives against blue-stain fungi (Part II).** Doc. IRG/WP/93-30001. The International Research Group on Wood Preservation. 1993. 10p.

- 72 SAVORY, J. G.; CAREY, J. K.. Laboratory assessment of the toxic efficacy of joinery preservative treatments. **Record of Twenty - sixth British Wood Preservers Association**, Annual Convention. 1976. pp.3-24.
- 73 SCHEFFER, T. C.; LINDGREN, R. M. **Stains of sapwood and sapwood products and their control**. USDA Technical Bulletin, n.714, 123p. Washington, D.C. 1940.
- 74 SCHEFFER, T. C. Microbial degradation. *In: Wood deterioration and its prevention by preservative treatments*. v.1 degradation and protection of wood (NICHOLAS, D. D. ed.), Syracuse University Press, Syracuse, N.Y. 1973. pp.31-106.
- 75 SERRANO, O.; BULL, G.; LEE, D. Global wood resources, production and international trade of forest products. *In: 1º SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA E 1º ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO*. (1998 : Belo Horizonte). **Anais...** Belo Horizonte: Minascentro, 1998. p. 1-19.
- 76 SHIRK, H. G. *et al.* The influence of chemical structure on fungal activity. II. Effect of p-chlorination of phenols. **Arch. Biochem. Biophys.**, n.32, p.392-6. 1951.
- 77 SMITH, W. B.; ABDULLAH, N.; HERDMAN, D.; DE GROOT, R. C. Preservative treatment of red maple. **Forest Products Journal**, Madison, v.46, n.3, 1996.
- 78 SUTTER, H. P. A new technique for screening fungicides for wood preservatives. **Proceedings of a Special Seminar Held in Association with the 10<sup>th</sup> Annual Meeting of the IRG**. 1978. Paper 10. 71-80p.
- 79 SYME, J. H.; SAUCIER, J. R. Effects of long-term storage of southern pine sawlogs under water sprinklers. **Forest Products Journal**, Madison, v.45, n.1, 1995.
- 80 TECNOMAD – CONSULTORIA E SERVIÇOS S/C LTDA. **Pré - tratamento de "tabuinhas" para evitar fungos manchadores e bolores**. Relatório TECNOMAD 004/86. 16p. 1986.
- 81 TSUNODA, K.; NISHIMOTO, K. Studies of low toxicity anti-sapstain chemicals (II) Evaluation on the new formulation as an anti-sapstain and anti-mold agent. **The Research Society for Antibacterial and Antifungal Agents** v.11, n.3, 1983.
- 82 TSUNODA, K.; TAKAHASHI, M.; NISHIMOTO, K. Studies of low toxicity anti-sapstain chemicals (I) Chemical control to prevent sapstain and mold on rubber wood. **Wood Research and Technical Notes No.17**, p122-131. 1983.

- 83 TSUNODA, K.; NISHIMOTO, K. **Japanese standardized method for evaluating effectiveness of anti-sapstain and anti-mold chemicals.** Doc. IRG/WP/2299 The International Research Group on Wood Preservation. 1988. 7p.
- 84 VERRALL, A. F. **Absorption and penetration of preservatives applied to southern pine wood by dips or short-period soaks.** USDA Southern Forest Experiment Station. Occasional Paper 157. 31p. 1957.
- 85 VIANNA NETO, J. A. A. **Considerações sobre o problema de deterioração de madeiras em serrarias.** In: 2º ENCONTRO BRASILEIRO EM PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS (1986: São Paulo). **Anais...** São Paulo 1986. p.79-81.
- 86 WAKELING, R. N.; MAYNARD, .N. P.; NARAYAN, R. D. **A comparison of the performance novel antisapstain formulations containing triazole fungicides.** Doc. IRG/WP/93-30021. The International Research Group on Wood Preservation. 1993. 13p.
- 87 WAZNY, J.; GREAVES, H. **A comparison of fungal strains used in the bioassay of wood preservatives.** Doc. IRG/WP/2220. The International Research Group on Wood Preservation. 1984. 37p.
- 88 WEHR, J. P. **Métodos práticos de tratamento preservativo de moirões roliços de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Bar et Golf.** Piracicaba/ESALQ, 1985. 207p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade de São Paulo.
- 89 WILKINSON, J. G. **Industrial timber preservation.** London, Associated Business Press, 1979. 532p.
- 90 WILLIAMS, G. R.; EATON, R. A.; LEWIS, D. A. **Observations on the penetration of preservatives into green timber.** Doc. IRG/WP/3335. The International Research Group on Wood Preservation. 1985. 8p.
- 91 YUSTER, J. **EPA bans consumer market use of pentachlorophenol and creosote.** Federal Register. Vol. 49, Nº.136. July 13., 1984.
- 92 ZABEL, R. A.; MORRELL, J. J. **Wood microbiology: Decay and its prevention.** Academic Press, San Diego, CA. 476p. 1992.