

**OCORRÊNCIA DA MANCHA MARROM EM MADEIRA SERRADA DE *Pinus elliottii*
Engelm var. *elliottii***

José Carlos Duarte Pereira^{*}
Ivan Tomaselli^{**}
João Batista Chaves Corrêa^{***}

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de fornecer subsídios para a elaboração de medidas de controle da mancha marrom durante a secagem da madeira serrada de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*. Observou-se que as manchas formaram-se quando as amostras eram secas desde 76% até 38% de umidade, a altas temperaturas. Entretanto, a utilização de um programa de secagem em três estágios, com temperaturas moderadas entre 80% e 30% de umidade e altas temperaturas acima e abaixo desses limites, não proporcionou resultados satisfatórios. O programa em dois estágios, com temperaturas mais elevadas apenas quando a madeira apresentava teores de umidade abaixo de 30%, mostrou-se o mais adequado.

PALAVRAS-CHAVE: mancha marrom; secagem; madeira serrada; *Pinus elliottii*.

BROWN STAIN IN SLASH PINE SAWN WOOD

ABSTRACT

This research was carried out to provide better knowledge on prevention of brown stain during kiln drying of slash pine sawn wood. Brown stain was found to be formed when boards of slash pine are dried at high temperature with moisture content between 76% and 38%. The utilization of a three steps schedule, applying low temperature when drying from 80% to 30%, and high temperature above and below these levels of moisture content, did not prevent the problem. Better results were obtained using a two steps schedule which considers the utilization of low temperature until average moisture content achieves approximately 30%.

KEY-WORDS: brown stain; drying; sawn wood, slash pine.

* Eng.-Agrônomo, Doutor, CREA n° 41777/D, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

** Eng.-Florestal, Ph.D., CREA n° 3793/D, Professor Titular da Universidade Federal do Paraná.

*** Eng.-Químico, Doutor, CRQ n° 09300088, Professor Titular da Universidade Federal do Paraná. (in memoriam)

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência dos incentivos fiscais ao reflorestamento, extensas áreas foram plantadas com espécies do gênero *Pinus*, especialmente *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, no sul do País. Conduzidas através de desbastes, essas populações originaram indivíduos de grandes dimensões, hoje disponíveis para o desdobro.

Até recentemente, a madeira serrada dessas espécies era seca ao ar ou em estufas, utilizando programas de secagem convencionais. Tendo-se demonstrado as vantagens da secagem a altas temperaturas - entre as quais destacam-se a maior rapidez, o menor consumo de energia e a maior estabilidade da madeira (TOMASELLI, 1981) - a adoção dessa prática cresceu nos últimos anos e, com ela, a ocorrência da mancha marrom, antes pouco freqüente nos programas de secagem convencionais.

De natureza química, a mancha marrom deprecia a madeira e implica em sérios prejuízos, uma vez que, para eliminá-la, é necessária a remoção das camadas superficiais das peças, com perdas de até 40% do volume de madeira serrada. Sua ocorrência é favorecida pelos seguintes fatores: (a) intervalos de tempo compreendidos entre o abate da árvore e o desdobro e entre o desdobro e a secagem; (b) condições de secagem e (c) extrativos (MILLETT, 1952).

De uma forma geral, quanto mais longo o período de tempo decorrido entre o abate da árvore e seu desdobro, mais freqüentes e pronunciadas serão as manchas (MILLETT, 1952; ZABEL, 1955). A mesma relação se observa para o período compreendido entre o desdobro e a secagem, com maior incidência de manchas quando esse período é superior a dois (HULME, 1975) ou três dias (CECH, 1966).

Segundo MILLETT (1952), há evidências de que os agentes causadores são os extrativos solúveis em água, localizados no conteúdo celular. Essas substâncias podem estar presentes na árvore viva ou ser formadas por degradação enzimática ou hidrolítica durante o intervalo de tempo compreendido entre o abate da árvore e a secagem da madeira serrada.

A mancha marrom ocorre mais intensamente na secagem artificial do que ao ar livre (MILLET, 1952). Quando em estufa, a utilização de programas com temperaturas moderadas contribui para reduzir seu desenvolvimento (ZABEL, 1955). É necessária, no entanto, uma temperatura inferior a 60°C e umidade relativa baixa, especialmente durante os estágios iniciais, o que implica em queda de produção (TOMASELLI, 1988).

A combinação de um estágio inicial a temperaturas baixas e de um segundo estágio a altas temperaturas, conforme recomenda HILDEBRAND (1970), pode produzir madeira livre de manchas e reduzir o tempo de secagem. Essa redução ocorre porque a taxa de secagem cai drasticamente quando se usam temperaturas baixas nos estágios finais, nos quais a madeira apresenta teores de umidade inferiores.

A secagem em dois estágios, com o propósito de controlar a formação da mancha marrom em *Pinus elliottii*, foi também proposta por TOMASELLI (1988). O autor determinou que as altas temperaturas podem ser empregadas quando o teor de umidade da madeira encontra-se abaixo de 30%. Até então, devem-se usar temperaturas moderadas.

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de verificar com maior precisão em qual fase da secagem as manchas se formam, como subsídio para a elaboração de medidas de controle.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados quatro experimentos, todos com madeira de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*.

No primeiro, quatro árvores foram serradas uma semana depois de abatidas, dando origem a peças de 25 mm de espessura por 100 mm de largura. Uma peça de cada árvore foi desmembrada em segmentos de 150 mm de comprimento, tendo-se desprezado aqueles com nós, medula ou outros defeitos.

Essas amostras foram submetidas à secagem a 110°C durante 3, 6 e 9 horas e, posteriormente, a 50°C até peso constante. Além desses três tratamentos, testaram-se também as secagens a 50°C e a 110°C até peso constante, bem como a secagem a 50°C até peso constante com secagem posterior a 110°C durante 4 horas. Cada tratamento foi repetido quatro vezes, tomando-se uma amostra de cada árvore.

Após a secagem, desenvolvida em estufa com circulação forçada de ar, sem controle de umidade relativa, cada amostra foi lixada superficialmente para a verificação da ocorrência da mancha marrom. A observação, visual, foi feita por dois observadores. Adicionalmente, demarcaram-se as áreas manchadas, as quais foram quantificadas e expressas, em porcentagem, em função da área total das duas maiores faces de cada amostra.

No segundo experimento, as árvores foram serradas um mês após o abate e as amostras foram secas um dia depois de serradas. Essas amostras diferiram em espessura daquelas do primeiro experimento, pois mediam 50 mm. Os métodos de observação e quantificação das áreas manchadas foram os mesmos. Repetidos três vezes (cada repetição oriunda de uma árvore distinta), os tratamentos compreendiam um primeiro estágio com secagem a 110°C durante 4, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 horas. Após esse período inicial, as amostras eram secas a 50°C até peso constante.

Ao início e ao final da secagem, bem como no momento em que as amostras foram transferidas para a segunda temperatura prevista nos tratamentos, procederam-se a pesagens para a determinação dos teores de umidade.

No terceiro experimento, a secagem também foi feita em dois estágios: a 50°C durante 12, 24, 36, 48, 60, 72 e 84 horas e, posteriormente, a 110°C até peso constante. Nos demais aspectos, foi utilizada a mesma metodologia do experimento anterior.

De posse desses resultados, elaborou-se um quarto experimento, com o propósito de comparar os seguintes tratamentos:

- secagem a 50°C até a umidade final de 10%;
- secagem a 80°C até a umidade final de 10%;
- secagem a 50°C até 30% de umidade, seguida de secagem a 80°C até a umidade final de 10%;
- secagem a 80°C até 80% de umidade, secagem a 50°C de 80% a 30% de umidade e secagem a 80°C até a umidade final de 10%.

Os tratamentos foram repetidos quatro vezes em amostras de 50 mm de espessura, 100 mm de largura e 150 mm de comprimento. Depois de secas, essas amostras foram lixadas e avaliadas como nos experimentos anteriores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento, as testemunhas (secas a 110°C até peso constante) apresentaram manchas amarelas com pigmentos marrons cobrindo, em média, 64% de suas superfícies (Tabela 1). As manchas amarelas ocorreram em todos os tratamentos e foram tanto mais extensas quanto maior o período de exposição a 110°C.

TABELA 1. Extensão e coloração das manchas formadas durante a secagem de amostras de madeira com 25 mm de espessura.

Tratamentos	Manchas	
	Área (%)	Coloração
110 °C (3 h) - 50 °C	18	amarela
110 °C (6 h) - 50 °C	31	amarela
110 °C (9 h) - 50 °C	46	amarela
110 °C	64	amarela + marrom
50 °C	22	amarela
50 °C - 110 °C (4 h)	55	amarela + marrom

Quando as amostras foram secas a 50°C, até peso constante, as manchas amarelas ocorreram em uma extensão de 22% da superfície. No entanto, quando, após a secagem a 50°C, as amostras foram colocadas a 110°C, durante 4 horas, aquelas manchas cobriram cerca de 55% da superfície e passaram a apresentar alguma pigmentação marrom. Esta observação sugere que, a baixas temperaturas, pelo menos parte dos leucoprecursos dessas manchas, que migram para a superfície, permanecem na forma incolor. Quando expostos, posteriormente, a temperaturas elevadas, tais precursos tomam as cores amarela ou marrom. A conclusão semelhante havia chegado MILLETT (1952), ao verificar a formação de manchas quando a madeira seca ao ar, não manchada, era submetida a temperaturas elevadas.

A Tabela 2 reúne os resultados obtidos no segundo e terceiro experimentos.

TABELA 2. Porcentagens de umidade ao início e ao final do 1º estágio da secagem, extensão e coloração das manchas ao final da secagem de amostras de madeira com 50 mm de espessura.

Tratamentos	Umidade (%)		Manchas	
	Inicial	Final	Área (%)	Coloração
110 °C (4 h) - 50 °C	156	137	61	Amarela
110 °C (8 h) - 50 °C	158	110	42	Amarela
110 °C (12 h) - 50 °C	157	102	46	Amarela
110 °C (16 h) - 50 °C	157	76	51	Amarela
110 °C (20 h) - 50 °C	159	8	45	Amarela+Marrom
110 °C (24 h) - 50 °C	147	12	38	Amarela+Marrom
110 °C (28 h) - 50 °C	151	3	47	Amarela+Marrom
50 °C (12 h) -110 °C	127	96	48	Amarela+Marrom
50 °C (24 h) -110 °C	134	80	31	Amarela+Marrom
50 °C (36 h) -110 °C	127	53	14	Amarela+Marrom
50 °C (48 h) -110 °C	130	38	12	Amarela
50 °C (60 h) -110 °C	131	21	36	Amarela
50 °C (72 h) -110 °C	130	15	7	Amarela
50 °C (84 h) -110 °C	127	12	12	Amarela

Observa-se que, sob temperatura inicial de 110°C, a mancha marrom só ocorreu depois de 16 horas de secagem, quando o teor de umidade encontrava-se abaixo de 76%. Até então, só foram observadas manchas amarelas que, ao contrário do primeiro experimento, não foram mais extensas nas exposições mais prolongadas a 110°C.

Sob temperatura inicial de 50°C, observa-se que apenas após 48 horas de secagem, quando o teor de umidade era de 38%, pôde-se elevar a temperatura para 110°C sem que ocorressem as manchas marrons. Desse ponto em diante só ocorreram manchas amarelas. Esses dados estão compatíveis com aqueles obtidos por TOMASELLI (1988), que verificou a possibilidade de elevar-se a temperatura quando o teor de umidade caísse abaixo de 30%.

Depreende-se, portanto, que a mancha marrom ocorreu durante a secagem a alta temperatura, quando a madeira apresentava teores de umidade compreendidos entre 76% e 38%.

Essas informações sugerem a adoção de um programa de secagem composto de três estágios. No primeiro estágio, a altas temperaturas, a madeira recém-serrada seria seca até cerca de 80% de umidade. Entre 80% e 30% de umidade, estágio mais susceptível à formação das manchas marrons, utilizar-se-iam temperaturas moderadas e, posteriormente, altas temperaturas, novamente. Esse programa deveria permitir a produção de madeira seca, isenta de mancha marrom, em um intervalo de tempo inferior aqueles observados na secagem convencional ou mesmo em dois estágios. No entanto, os resultados obtidos no quarto experimento não foram satisfatórios (Tabela 3). Embora tenham apresentado coloração menos intensa do que na secagem a 80°C, as manchas foram mais pronunciadas do que na

secagem a 50°C. Esses resultados podem ser entendidos admitindo-se a hipótese de que a mancha marrom não se forma em uma determinada fase da secagem, mas que encontra-se intimamente relacionada à quantidade de água capilar que se vaporiza sob temperaturas elevadas.

A secagem em dois estágios foi a mais eficiente quando se consideram a formação de manchas e a rapidez de secagem.

TABELA 3. Extensão e coloração das manchas formadas em amostras de madeira com 50 mm de espessura, submetidas a diferentes programas de secagem.

Tratamentos	Manchas	
	Área (%)	Coloração
50 °C	23	Amarela
80 °C	61	Amarela + Marrom
50 °C - 80 °C	17	Amarela
80 °C - 50 °C - 80 °C	61	Amarela

4. CONCLUSÕES

As manchas amarelas formaram-se logo ao início do processo de secagem. As manchas marrons ocorreram apenas quando o teor de umidade da madeira encontrava-se entre 76% e 38%.

A utilização de um programa de secagem em três estágios, com temperaturas elevadas quando os teores de umidade da madeira encontravam-se acima de 80% e abaixo de 30% e com temperaturas moderadas entre esses limites, não foi satisfatória.

O programa de secagem em dois estágios, com temperatura inicial moderada até cerca de 30% de umidade e, posteriormente, alta temperatura, mostrou-se o mais adequado quando se consideram, conjuntamente, rapidez de secagem e redução na ocorrência de manchas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CECH, M.Y. New treatment to prevent brown stain in white pine. **Forest Products Journal**, v.16, n.11, p.23-27, 1966.
- HILDEBRAND, R. **Kiln drying of sawn timber**. Oberboihingen : R. Hildebrand, 1970. 198p.
- HULME, M.A. Control of brown stain in eastern white pine with alkaline salts. **Forest Products Journal**, v.25, n.8, p.38-41, 1975.
- MILLETT, M.A. Chemical brown stain in sugar pine. **Journal of Forest Products Research Society**, v.2, n.5, p.232-236, 1952.
- TOMASELLI, I. Brown stain in *Pinus elliottii* sawn wood. In: IUFRO DIVISION 5 MEETING, 1988, São Paulo. **Proceedings of wood drying working party sessions**. p.94-100.

TOMASELLI, I. **Aspectos físicos da secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm acima de 100°C**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1981. 128p. Tese Professor Titular.

ZABEL, R.A. Lumber stains and their control in northern white pine. **Journal of Forest Products Research Society** , v.5, n.1, p. 36-38, 1955.