



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI0616674-1 A2**

(22) Data de Depósito: 27/09/2006
(43) Data da Publicação: 28/06/2011
(RPI 2112)



(51) *Int.Cl.:*
B27K 1/00 2006.01
B27K 3/08 2006.01
B27K 3/16 2006.01

(54) Título: **SISTEMA E MÉTODO PARA TRATAMENTO DE MATERIAIS DE MADEIRA COM OZÔNIO**

(57) Resumo: SISTEMA E MÉTODO PARA TRATAMENTO DE MATERIAIS DE MADEIRA COM OZÔNIO. A presente invenção refere-se a um método para tratamento de um material de madeira, que inclui aplicação de uma quantidade eficaz de ozônio ao material de madeira.

(30) Prioridade Unionista: 03/10/2005 US 11/240,492

(73) Titular(es): Xorella AG

(72) Inventor(es): FRIITZ STEINER, PETER R. PHILIPP

(74) Procurador(es): Dannemann ,Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2006037511 de 27/09/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/041104 de 12/04/2007

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA E MÉTODO PARA TRATAMENTO DE MATERIAIS DE MADEIRA COM O-ZÔNIO**".

CAMPO TÉCNICO

- 5 A presente invenção refere-se a métodos e sistemas para tratamento de materiais de madeira.

ANTECEDENTES

- 10 Materiais de madeira, incluindo painéis de madeira, engradados, estrados e calços de estiva, são comumente usados para transporte e empacotamento. Materiais de madeira podem ser tratados para sanitizar a madeira e eliminar bactérias, mofo, fungos, levedo, esporos, insetos e outros orgânicos biológicos que possam estar presentes na madeira. Os presentes métodos de tratamento, contudo, podem consumir energia excessiva e também podem secar os materiais de madeira.

15 **SUMÁRIO**

Em geral, um material de madeira pode ser tratado para sanitizar e de outro modo eliminar pestes, incluindo bactérias, mofo, fungos, levedo, esporos, insetos e outros organismos biológicos através de aplicação de uma quantidade eficaz de ozônio ao material de madeira.

- 20 Em um aspecto, um método de tratamento de um material de madeira inclui redução de pressão em um vaso contendo o material de madeira. Em outras circunstâncias, o método pode ocorrer em pressão ambiente.

- 25 Em determinadas circunstâncias, o método pode incluir aquecimento do material de madeira. Aquecimento do material de madeira pode ocorrer durante um tempo predeterminado em um vaso em uma temperatura predeterminada. Aquecimento pode incluir aplicação de vapor ao material de madeira. O vapor pode ter uma temperatura de menos de 100 °C e menos de 90°C. Em determinadas circunstâncias, o vapor pode ter uma temperatura de mais de 60°C.

Em outro aspecto, um método de fabricação de um sistema de tratamento de madeira inclui obtenção de um vaso, conexão do vaso a um

controlador configurado para aplicar uma quantidade eficaz de ozônio a um material de madeira. Um sistema de tratamento de madeira pode incluir um vaso e um gerador de ozônio. O sistema de tratamento de madeira também pode incluir um controlador configurado para aplicar uma quantidade eficaz
5 de gás de purgação ao vaso.

Em outro aspecto, um sistema de tratamento de madeira pode também incluir um controlador configurado para reduzir pressão no vaso. O controlador pode ser configurado para aplicar uma quantidade eficaz de vapor ao vaso. O vapor pode ser aplicado em uma temperatura de menos de
10 100 °C, menos de 90 °C ou mais do que 60 °C ou combinações dos mesmos. A pressão no sistema pode oscilar entre 5 e 7 Kpa (50 e 70 mBar) durante tratamento da madeira.

O sistema de tratamento de madeira pode incluir um controlador configurado para aplicar uma quantidade eficaz de um gás de purgação ao
15 vaso. O gás de purgação pode ser ar purificado ou oxigênio.

O material de madeira pode ser um painel de madeira, estrutura de madeira, engradado, calços de estiva ou outro objeto de madeira.

Detalhes são apresentados nos desenhos em anexo e na descrição abaixo. Outras características, objetivos e vantagens serão evidentes
20 a partir da descrição e desenhos e das reivindicações.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura. 1 é um diagrama esquemático mostrando um sistema de tratamento de madeira.

A Figura. 2 é um gráfico representando curvas de temperatura
25 durante tratamento de madeira com vapor.

A Figura. 3 é um gráfico representando curvas de temperatura durante tratamento de madeira com vapor e ozônio.

A Figura. 4 é um diagrama esquemático representando um sistema de tratamento de madeira incluindo um gerador de ozônio.

30 A Figura. 5 é um gráfico representando curvas de temperatura no material de madeira e no vaso.

DESCRIÇÃO DETALHADA

Um método de tratamento de materiais de madeira pode incluir aplicação de ozônio a um material de madeira. Um sistema de tratamento de madeira inclui um vaso para contenção da madeira, um gerador de ozônio e um controlador configurado para aplicar ozônio ao material de madeira. O controlador pode incluir uma válvula de suprimento de ozônio, a qual fica aberta para introduzir o ozônio no vaso.

Um sistema de tratamento de madeira para aplicação de ozônio a um material de madeira pode também incluir uma bomba a vácuo e um gerador de ozônio ou uma fonte de gás. Um sistema de tratamento de madeira também pode incluir um reservatório de ozônio, uma fonte de gás de purgação conectada ao vaso através de um conduto de gás de purgação, uma válvula de gás de purgação e um sensor de ozônio. Uma fonte de gás pode produzir uma corrente de gás de elevada concentração de ozônio para o reservatório de ozônio. O ozônio pode ser sintetizado a partir de oxigênio puro ou ar, embora concentrações maiores de ozônio possam ser obtidas de oxigênio puro. Por exemplo, com oxigênio puro, uma concentração de ozônio de até 14% pode ser atingida. Ozônio pode ser fornecido por uma fonte de gás ou um gerador de ozônio. Um gerador de ozônio pode ter em si uma fonte de gás ou pode sintetizar ozônio a partir de oxigênio usando uma descarga de barreira dielétrica (DBD). Vide, por exemplo, B Eliasson et al, 1987 *J. Phys. D: Appl. Phys.* **20** 1421-1437, o qual é incorporado aqui por referência. Em uma DBD, tensão CA é aplicada a um sistema de eletrodo com um ou ambos os eletrodos cobertos por uma camada dielétrica. A DBD é uma fonte eficiente de elétrons altamente energéticos os quais também são capazes de iniciar reações químicas de plasma. Ela pode ser facilmente sustentada, mesmo em pressão atmosférica.

DBD, a qual consiste de numerosas micro descargas de auto-pulsão em um vão de gás com descargas de superfície correspondentes sobre o dielétrico, é descrita em detalhes por Pietscha e Gibalovb, *Pure and Appl. Chem.*, **70** 1169-1174 (1998), o qual é incorporado por referência aqui. De forma a obter altas eficiências da síntese de ozônio, a resistência de campo dentro das estruturas de descarga deverá estar próximo do valor oti-

mizado, o qual pode ser encontrado experimentalmente. Para eficiência aumentada, altas temperaturas em um gás de processo podem ser evitadas porque, em temperaturas elevadas, o equilíbrio entre o oxigênio atômico e molecular e o ozônio é desviado para o oxigênio. Além desse, outros parâmetros, tais como umidade do gás de processo, sua pureza, resistência de superfície do dielétrico, também podem influenciar o campo de ozônio.

Ozonização pode ser aplicada em conjunto com um tratamento térmico. O tratamento térmico pode incluir um tratamento com vapor. O tratamento térmico também pode incluir aplicação de um vácuo ao vaso. Ozonização pode durar pelo menos 3 minutos e menos de 24 horas, durante o qual a pressão no vaso pode atingir a temperatura ambiente 100 Kpa(1 Bar). Em algumas circunstâncias, ozonização pode seguir um tratamento térmico. A temperatura no vaso pode ser reduzida para aproximadamente 50-80 °C antes que ozonização comece.

O vaso pode ser suprido com ozônio por um controlador, o qual pode incluir a válvula de suprimento de ozônio ou uma chave para abertura da válvula de suprimento de ozônio. Se um gerador de ozônio em um tamanho razoável não é capaz de fornecer o volume necessário de ozônio, então, o tempo entre as fases de ozonização pode ser usado para enchimento do reservatório de ozônio usando um gerador de ozônio em uma menor taxa de produção.

Quando o vaso é submetido à pressão reduzida, pelo menos menos do que 50 Kpa (500 mBar), por exemplo, ozônio é extraído para o material de madeira através de um diferencial de pressão. Para melhor transferência do ozônio para o material de madeira, a fase de pressão reduzida pode ser enfatizada na redução de pressão antes de ozonização para uma pressão menor do que 70 Kpa (700 mBar), de preferência na faixa de 5 a 70 Kpa (50 a 700 mBar). Geralmente, a duração do tratamento com ozônio pode ser adaptada ao requisito real, por exemplo, ao tipo, densidade e espessura do material de madeira a ser tratado. Descobriu-se que um período de tempo eficaz para fornecer uma quantidade eficaz de ozônio pode ser escolhido entre cerca de 3 a cerca de 24 horas, a partir do início de enchi-

mento do vaso até o início da próxima etapa. Após tratamento com ozônio, outras etapas adicionais podem suplementar o tratamento da madeira, tal como criação de uma fase de pressão reduzida ou purgação do ozônio com um gás de purgação e decomposição do ozônio.

5 Ozônio pode ser aplicado a um material de madeira após o material de madeira ter sido submetido a um tratamento térmico. Após um tratamento térmico, a temperatura em um vaso pode ser levada a cair entre 50 e 80 °C antes que ozônio seja adicionado. Aquecimento de um material de madeira pode incluir sujeição do material de madeira a vapor e vácuo. Aplicação de vapor e vácuo pode ser conduzida de modo que a temperatura interna do material de madeira atinja pelo menos 56 °C. A fase de ozonização pode ser seguida por uma fase de purgação. Durante a fase de purgação, a válvula de purgação pode ser aberta e um gás de purgação, tal como ar purificado ou oxigênio, por exemplo, pode ser fornecido pela fonte de gás até que um sensor de ozônio indique que o vaso pode ser seguramente aberto. Um sensor de ozônio pode detectar a presença de ozônio através de espectrometria ou através de desabsorção programada de temperatura, por exemplo.

20 A ozonização de materiais de madeira pode proteger materiais de madeira propensos à degradação por bactérias, mofo, fungos, esporos e organismos similares. Materiais de madeira podem incluir, por exemplo, painéis de madeira ou estrados de madeira, tais como aqueles usados para fins de comércio, transporte e empacotamento. Painéis de madeira, engradados, quadros, calços de estiva ou estrados são freqüentemente escolhidos como materiais de empacotamento para trânsito internacional porque eles são de custo mais eficaz do que outros materiais que não são de madeira, mesmo quando o custo do tratamento da madeira é considerado.

30 A United States and the International Plant Protection Convention (IPPC) estabeleceu restrições para cessar a introdução de pestes estranhas em virtude de surtos de peste trazidas por empacotamento de transporte. Vários países também estabeleceram restrições para materiais de empacotamento de madeira. A norma da IPPC (ISPM 15) e as regulamentações

Norte Americanas requerem tratamento de madeira através de tratamento térmico ou fumigação com brometo de metila. Tratamento térmico pode ser preferido em virtude das preocupações ambientais causadas pelo brometo de metila usado para fumigar o material de empacotamento. Para tratamento

5 térmico, o material de madeira deve ser aquecido, no núcleo, para 56 °C durante 30 minutos. No momento, a maioria dos métodos, incluindo ar aquecido e vapor superaquecido, tendem a secar a madeira, reduzindo sua qualidade, falham em aquecer o núcleo do material de madeira eficazmente ou consomem energia desnecessária em virtude das altas temperaturas de o-

10 peração ou longos tempos de operação. Assim, há uma necessidade de um método eficaz, energia-eficiente para tratamento de materiais de madeira, particularmente estrados de madeira e painéis de madeira, ao núcleo sem secar excessivamente a madeira, diminuindo sua qualidade.

Tratamento com ozônio pode proporcionar uma alternativa à fu-

15 migação com brometo de metila de materiais de madeira. Sabe-se na técnica que ozônio pode eliminar bactérias, mofo, fungos, levedo, esporos, insetos e outros organismos biológicos que podem contribuir para a degradação da madeira. Surpreendentemente, o ozônio provou ser bem tolerado por materiais de madeira usados para transporte, ao mesmo tempo em que retém a

20 capacidade de eliminar pestes. O tratamento de madeira com tratamento por ozônio pode ser modular e usado em conjunto com outros métodos de tratamento de madeira. Por exemplo, tratamento com ozônio também pode ser usado no lugar de ou além de tratamento térmico de materiais de madeira. Ozônio é classificado como não perigoso de acordo com as definições de

25 perigos para a saúde e perigo físico fornecida na Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200).

Um processo de tratamento térmico para materiais de madeira pode incluir sujeição de um material de madeira em um vaso a uma pressão reduzida, seguido pela introdução de vapor, o que permite a transferência de

30 calor para o material de madeira. O interior do vaso pode, por fim, atingir uma temperatura de cerca de 80 °C, condições as quais sanitizam o material de madeira. Pressão reduzida na faixa de 5 a 70 Kpa (50-700 mbar) e

um tempo de tratamento com vapor da ordem de pelo menos 20 minutos e mais do que 240 minutos podem ser empregados durante um período de tempo eficaz. Um período de tempo eficaz pode também ser pelo menos 60 minutos e menos do que 200 minutos. Um período de tempo eficaz também
5 pode ser pelo menos 150 minutos e menos de 180 minutos.

Em geral, aquecimento do material de madeira pode incluir colocação do material de madeira em um vaso ou outro recipiente e evacuação do vaso para uma pressão reduzida na faixa de cerca de 5 a 25 Kpa (50 a 250 mbar). Vapor é, então, introduzido e o vapor é deixado permear o material de madeira durante um período de tempo eficaz durante pelo menos 20
10 minutos e menos de 240 minutos durante o qual, na etapa de vaporização, a temperatura interna do material de madeira aumenta para aproximadamente entre 40 e 80 °C. Um período de tempo eficaz também pode ser pelo menos 60 minutos e menos do que 200 minutos. Um período de tempo eficaz também
15 pode ser pelo menos 150 minutos e menos de 180 minutos. O vaso pode, então, ser evacuado, o vapor restante sendo simultaneamente extraído e condensado exteriormente ao recipiente. O procedimento pode ser repetido. Ao final do tratamento, os materiais de madeira são removidos. Após um período de esfriamento apropriado, tempo durante o qual uma pequena
20 quantidade de umidade residual evapora, o material de madeira pode ser preparado para embarque.

Cada etapa de tratamento com vapor pode ser de uma duração escolhida, a qual pode permitir que o interior do material de madeira atinja entre 40 graus e 80 °C, com a temperatura do material de madeira aumentando com cada ciclo de vaporização. Uma temperatura interior final de pelo
25 menos 56 °C assegura conformidade com as normas IPPC (ISPM 15) e normas Norte Americanas. Monitoramento de temperatura do material de madeira pode ser conduzido usando sondas sensoras de temperatura, com o tempo da etapa de tratamento sendo orientado pela temperatura interior
30 desejada do material de madeira. Alternativamente, a transferência de calor para o material de madeira pode ser julgada pela temperatura do vaso, sem a necessidade de sensores de temperatura. Em outras circunstâncias, o tra-

tamento térmico também pode ser durante um período de tempo pré-calculado, o qual pode ser encontrado experimentalmente, para aumentar a temperatura interna do material de madeira para mais do que 56 °C, mas sem exceder a 60 °C. O cálculo pode resultar em conservação de energia e economia de custos, ao mesmo tempo em que ainda se conforma às normas da ISPM.

Os ciclos de vaporização podem ser repetidos tão freqüentemente quanto necessário para aquecer o núcleo dos materiais de madeira e a proporção de duração de vaporização e extração de vapor a vácuo pode variar. A duração de um ciclo de vaporização pode ser determinada experimentalmente para levar a temperatura de um material de madeira para uma temperatura desejada com energia mínima. Por exemplo, após vapor ser aplicado sob pressão reduzida durante um período de tempo definido, o vapor pode ser desligado, permitindo que a temperatura no vaso esfrie para atingir 60 °C. Enquanto a temperatura no vaso de aproxima de 60 °C, a temperatura do material de madeira se aproxima ou permanece em 56 °C. Através de aquecimento dos materiais de madeira dessa maneira, energia mínima é usada. A temperatura do vaso e a duração de vaporização necessárias podem ser calculadas e extrapoladas para aplicação em vários sistemas. A temperatura e período de tempo podem variar, dependendo das características térmicas do sistema, tais como isolamento, tempo necessário para estabelecimento de pressão reduzida e taxa de evaporação, por exemplo.

O vácuo empregado pode estar em níveis de entre cerca de 5 a 25 Kpa (50 e 250 mbar), com o maior vácuo sendo, tipicamente, aplicado na etapa inicial de tratamento. Vácuos de 5, 10, 20, 50 Kpa (50, 100, 200, 500 mBar) para um processo com cinco ciclos podem ser aceitáveis, o vácuo servindo primariamente para facilitar a entrada da energia de vapor no material de madeira e, assim, melhorar a transferência de calor entre o vapor e o material de madeira. O tempo global de processo, incluindo etapas de tratamento e o tempo necessário para reevacuar a câmara entre as etapas de tratamento, pode ser da ordem de 20 a 240 minutos. Um período de tempo eficaz também pode ser pelo menos 60 minutos e menos de 200 minutos.

Um período de tempo eficaz também pode ser pelo menos 150 minutos e menos de 180 minutos.

O tratamento térmico pode ser aplicado ao material de madeira através de aumento sucessivo das temperaturas da fase vapor a partir de uma primeira temperatura durante um primeiro período de tempo a pelo menos um tratamento térmico subsequente durante um período de tempo eficaz para elevar a temperatura do material de madeira para pelo menos 56 °C. Se mais de um período de tempo está envolvido, uma temperatura de fase vapor de entre 40 e 80 °C pode ser estabelecido em um primeiro período de tempo e entre 60 e 100 °C em um outro ciclo durante um período de tempo eficaz. Uma vez que o material de madeira está aquecido, a temperatura do material de madeira pode ser mantida a 56 °C durante um período de tempo de contenção. Aumentando o tempo de contenção em uma temperatura constante durante tratamentos térmicos subsequentes, os resultados podem também ser aperfeiçoados sem aumento substancial no consumo de energia. Em algumas circunstâncias, tratamento com vapor pode ser repetido durante outro ciclo para reduzir a quantidade de ar no vaso.

Quando de aplicação de vapor, a quantidade de água necessária para tratamento da madeira pode também ser reduzida em uma ordem de magnitude através de recirculação do líquido. O tratamento térmico e os resultados obtidos podem ser ainda aperfeiçoados de uma maneira simples repetindo um ciclo de vácuo e vapor pelo menos uma vez.

Água, ozônio ou outros produtos químicos para tratamento de madeira podem ser fornecidos de recipientes dimensionados de acordo com o volume do banho líquido no vaporizador e os quais, junto com o vaporizador, formam um sistema no qual apenas líquido perdido é realimentado de fora, o líquido perdido sendo em virtude de umidade residual no material vaporizado e da evacuação.

Um sistema para realização do método acima também pode incluir um vaso, um gerador de ozônio e uma bomba a vácuo via controladores ou válvulas. Uma bomba e pelo menos duas válvulas podem ser proporcionadas para o suprimento de ozônio, as válvulas controlando a admissão de

ozônio e vácuo no vaso.

Uma variedade de sistemas de aquecimento podem ser usados em conjunto com tratamento com ozônio. Por exemplo, um dispositivo de aquecimento elétrico pode ser proporcionado dentro do volume de um banho líquido dentro do vaporizador. Sistemas de acúmulo de vapor também podem ser usados economicamente.

Aplicação de vapor em uma pressão reduzida pode melhorar a taxa de transferência de calor para o material de madeira, permitindo que a temperatura interna do material de madeira eleve de modo relativamente rápido porque o vapor tem uma maior capacidade térmica do que o ar. Transferência de calor está teoricamente completa quando atinge uma temperatura de 80 °C. Transferência de calor pode ser acelerada através de redução de pressão para aproximadamente 10 Kpa (100 mBar) (vide Figuras 2 e 3) e, então, aumento da temperatura tão rapidamente quanto possível para um valor predeterminado de aproximadamente 80 °C após atingir um vácuo de 10 Kpa (100 mbar). Uma vez que o vapor tem uma pressão de saturação de vapor de cerca de 450 mbar a 80 °C, o diferencial de pressão é, então, $45-10=35$ Kpa ($450-100 = 350$ mbar), o que ajuda a forçar a energia de vapor para o material de madeira mais eficaz e rapidamente. Transferência de calor aperfeiçoada resulta em um aumento mais rápido na temperatura interna do material de madeira, desse modo, reduzindo o tempo necessário para tratamento do material de madeira. A pressão reduzida também assegura que energia é conservada porque o sistema pode operar em uma menor temperatura, desse modo, reduzindo a quantidade de energia que seria, de outro modo, consumida.

Fazendo referência à Figura 1, um sistema para realização do tratamento de madeira pode incluir um vaso 3, o qual é configurado para conter o material de madeira, uma bomba a vácuo 9, uma válvula de vácuo 18 e um gerador de ozônio 11 com um controlador 20. Um controlador pode incluir uma válvula ou uma chave para abrir e fechar uma válvula, dependendo de quando o ozônio tem de ser aplicado ao vaso. Da mesma forma, a válvula de vácuo pode permanecer fechada até que uma unidade de contro-

le faça com que a válvula abra e um vácuo possa ser introduzido no vaso.

Os materiais de madeira podem ser colocados em um vaso em uma disposição que maximiza a exposição ao tratamento com vapor e vácuo. Por exemplo, os materiais de madeira podem estar soltos. Os materiais de madeira também podem estar suspensos. Os materiais podem ser depositados deitados ou ser dispostos sobre uma configuração de correia transportadora ou de rotação.

Vapor pode ser introduzido no vaso por um gerador de vapor ou um acumulador de vapor. A entrada de vapor no vaso pode ser determinada por um dispositivo controlador, tal como válvulas ou aberturas de acesso de vapor, conforme descrito na Patente U.S. Nº 5.291.757 e Patente U.S. Nº 5.299.415, as quais são incorporadas aqui por referência.

Fazendo referência à Figura 2, um método de tratamento de um material de madeira pode incluir o desenvolvimento de temperatura (em °C) e pressão (em mBar) versus o tempo (em minutos) durante o tratamento. Em uma fase inicial, um primeiro vácuo de entre 5 a 25 Kpa (50 – 250 mBar) é produzido no vaso através de abertura da válvula de vácuo. Desse modo, o ar inicialmente retido no vaso é removido tanto quanto possível.

Em uma fase de vaporização, um ou mais ciclos de vaporização durante o tempo podem ser realizados. Durante esse tempo, a válvula de vaporização pode ser aberta para encher o vaso com vapor. Após atingir a temperatura definida, a válvula de vapor pode ser fechada e a válvula de vácuo pode ser aberta para reduzir a pressão novamente para cerca de 25 Kpa (250 mBar) ou menos. Durante os períodos de vaporização, a pressão no vaso pode ser de aproximadamente 50 Kpa (500 mBar) e a temperatura pode ser de aproximadamente 80 °C. A pressão pode ser determinada pela pressão de vapor da água em uma temperatura de vaporização selecionada, a qual pode ser 80 °C. Assim, em geral, no processo de vapor e vácuo, pressão pode estar em uma faixa de 5 a 70 Kpa (50 a 700 mBar). Uma vez que a temperatura de vaporização é atingida, o período de tempo eficaz para aquecer o material de madeira pode oscilar entre 20 e 240 minutos. Um período de tempo eficaz também pode ser pelo menos 60 minutos e menos de

200 minutos. Um período de tempo eficaz também pode ser pelo menos 150 minutos e menos de 180 minutos. Um período de tempo eficaz pode ser o tempo necessário para aquecer o núcleo do material de madeira para 56 °C.

Os ciclos de vaporização podem ser repetidos tão frequentemente quanto necessário para aquecer o núcleo dos materiais de madeira e a proporção de duração de vaporização e extração de vapor através de vácuo é escolhida de uma forma que, no final do ciclo, a temperatura central das unidades de material tratado atinge a temperatura de vaporização. Ao final da fase de vaporização, um período de pressão reduzida pode ser determinado e uma fase de ozonização pode ser introduzida. A temperatura no vaso diminui para cerca de 60 °C no final do período de pressão reduzida. Essa temperatura pode variar, dependendo das características térmicas do sistema, tais como isolamento, tempo necessário para estabelecimento da pressão reduzida e taxa de evaporação, por exemplo.

Fazendo referência à Figura 3, um processo generalizado de tratamento de madeira é mostrado, com uma fase de ozonização. A fase de vaporização pode ser seguida pela fase de ozonização, a qual pode ocorrer entre 3 minutos a 24 horas e durante a qual a pressão no vaso pode ser pressão ambiente 100 Kpa (1 Bar). Um ciclo de vapor pode ser seguido por uma fase de ozonização. Uma fase de ozonização pode ser precedida por um período de pressão reduzida durante o qual a pressão dentro do vaso é diminuída para uma pressão entre 5-70 Kpa (50 – 700 mBar). Antes que ozonização seja introduzida, a temperatura no vaso pode ser reduzida para uma faixa de 50 a 80 °C. A fase de ozonização pode ser seguida por uma fase de gás de purgação. A válvula de purgação pode ser aberta e um gás de purgação, tal como ar purificado ou oxigênio, por exemplo, pode ser fornecido pela fonte de gás até que um sensor de ozônio indique que o vaso pode ser seguramente aberto. Após um ciclo de ozonização, a fase de vapor e vácuo pode também ser repetida.

Fazendo referência à Figura 4, um vaso pode ser enchido com um gás contendo ozônio por uma válvula de suprimento de ozônio 23 a partir de um reservatório de ozônio 5. O reservatório de ozônio pode ser suprido

com gás contendo ozônio por um gerador de ozônio **32** através de uma válvula do gerador de ozônio **30**. Uma bomba a vácuo **9**, válvula de vácuo **18**, gerador de vapor **11** e válvula de vapor **20** também podem ser incluídos no sistema. Uma fonte de gás de purgação **34** pode ser conectada ao vaso através de um conduto de gás de purgação **7**. Uma válvula de gás de purgação **16** pode permanecer fechada até que uma fase de gás de purgação seja introduzida. Se geradores de ozônio em um tamanho razoável não são capazes de proporcionar os volumes necessários de ozônio em apenas uns poucos minutos com esforços razoáveis, o tempo entre as fases de ozonização pode ser usado para enchimento do reservatório de ozônio usando um gerador de ozônio ou taxa de produção de fluxo. À medida que a pressão no vaso de aproxima de aproximadamente 70 Kpa (700 mBar) ou menos, o ozônio pode ser levado para o material de madeira. Um gerador de ozônio pode ter em si uma fonte de gás ou pode estar uma descarga de barreira dielétrica.

Fazendo referência à Figura 5, uma curva de temperatura é representada, comparando a temperatura no vaso e a temperatura interna do material de madeira como um resultado de tratamento com vapor. O gráfico representa as curvas de temperatura dos sensores de temperatura no material de madeira plotadas junto com a temperatura do vapor usado para o tratamento. Nesse exemplo, a temperatura de vapor pode ser menos do que 100 °C. A temperatura de vapor também pode ser menos do que 90 °C. A temperatura de vapor pode ser maior do que 60 °C. Aplicação de vapor e vácuo pode ser realizada durante um período de tempo eficaz entre 20 e 240 minutos. Um período de tempo eficaz também pode ser pelo menos 60 minutos e menos de 200 minutos. Um período de tempo eficaz pode também ser pelo menos 150 minutos e menos de 180 minutos.

Aplicação de vapor e vácuo a um material de madeira obtém uma série de vantagens surpreendentes. Primeiro, a despeito da natureza relativamente compacta dos materiais de madeira, tais como ripas ou estrados de madeira, o vapor realiza uma transferência eficiente de calor para o material de madeira. A maior capacidade térmica do vapor, comparado com

aquela do ar aquecido, permite um processo de transferência de calor mais rápido e mais eficiente quanto à energia, o qual proporciona benefícios econômicos e ambientais. No contexto de um vácuo e pressão reduzida, esse benefício é ainda enfatizado porque uma menor temperatura de vapor pode ser usada, desse modo, usando menos calor e melhorando a eficiência de energia. Geralmente, a duração de aplicação de vapor e vácuo pode ser adaptada ao requisito real, tal como o tipo, densidade e espessura do material a ser tratado, por exemplo. Aplicação de vapor em uma pressão reduzida pode melhorar a taxa de transferência de calor para o material de madeira, permitindo que a temperatura interna do material de madeira eleve de modo relativamente rápido porque o vapor tem uma maior capacidade térmica do que o ar. A transferência de calor está teoricamente completa quando atinge uma temperatura de 80 °C. A transferência de calor pode ser acelerada através de redução da pressão para aproximadamente 10 Kpa (100 mBar) (vide Figuras. 2 e 3) e, então, aumento da temperatura tão rapidamente quanto possível para um valor predeterminado de aproximadamente 80 °C após atingir um vácuo de 10 Kpa (100 mbar). Uma vez que o vapor tem uma pressão de saturação de vapor de cerca de 45 Kpa (450 mbar) a 80 °C, o diferencial de pressão é, então, $45-10=35$ Kpa ($450-100 = 350$ mbar), o que ajuda a forçar a energia do vapor no material de madeira mais eficaz e rapidamente.

Aplicação de vapor e vácuo no contexto de pressão reduzida tem a vantagem surpreendente de sanitização, ao mesmo tempo em que mantém a qualidade dos materiais de madeira. Por exemplo, em uma pressão reduzida de entre 5 e 70 Kpa (50 e 700 mBar), temperaturas de vapor de menos de 100 °C podem ser aplicadas. Conforme as Figuras 2-5 indicam, a pressão reduzida do sistema permite uma temperatura de vapor de menos de 100 °C dentro do vaso. Além disso, sob pressão reduzida, uma temperatura de vapor de menos de 90 °C também pode ser aplicada. A pressão reduzida também permite que uma temperatura de vapor de aproximadamente 80 °C seja aplicada. Surpreendentemente, quando de colocação de sensores de temperatura no material de madeira, a temperatura interna do materi-

al de madeira pode ser levada a atingir pelo menos 56 °C, enquanto que a temperatura do vaso permanece em menos de 100 °C. A pressão reduzida, portanto, permite que a temperatura interna do material de madeira atinja pelo menos 56 °C, em conformidade com os requisitos impostos pelas Regula-
5 lamentações de Empacotamento Norte Americanas e a norma de fitossanitarização da ISPM, por exemplo, sem exceder a 100 °C. Como um resultado, o material de madeira pode ser sanitizado e tratado sem secagem excessiva e diminuição da qualidade do material de madeira.

O material de madeira pode estar solto e submetido à pressão
10 reduzida no vaso, de modo que uma diferença de pressão é formada entre o interior do material de madeira e o vaso circundante. A diferença de pressão faz com que o calor seja transferido para o material de madeira, acionada pela diferença de pressão entre o núcleo do material de madeira e o exterior do material de madeira. O vapor pode ter uma temperatura de mais de 60
15 °C. O vapor também pode ter uma temperatura de menos de 100 °C ou menos de 90 °C. O vapor também pode ter uma temperatura de aproximadamente 80 °C. O vapor pode ser aplicado em uma pressão igual à pressão de vapor da água na temperatura de vaporização, a qual é cerca de 50 Kpa (0,5 Bar). Uma pressão na faixa de 5-70 Kpa (50-700 mBar) também pode ser
20 usada.

A aplicação de vapor e vácuo durante um período de tempo eficaz pode permitir que a temperatura interna do material de madeira obtenha uma temperatura de aquecimento de pelo menos 56 °C. Nessa temperatura, a maioria das pestes biológicas, incluindo bactérias, insetos e fungos, pode
25 ser eliminada. Com tratamento suficiente, a temperatura interna do material de madeira pode atingir entre 60-80 °C. O período de tempo eficaz pode oscilar entre 20 e 240 minutos. Um período de tempo eficaz também pode ser pelo menos 60 minutos e menos de 200 minutos. Um período de tempo eficaz também pode ser pelo menos 150 minutos e menos de 180 minutos.
30 Uma vez que o material de madeira foi aquecido, o material de madeira pode ser mantido em uma temperatura de 56 °C durante um período de contenção eficaz. O período de contenção pode ser pelo menos 30 minutos. Em deter-

minadas circunstâncias, o material de madeira pode estar não aquecido quando ozônio é introduzido no vaso. O material de madeira também pode ser tratado com vapor e vácuo durante pelo menos um período de tempo antes que ozonização ocorra.

- 5 Em algumas circunstâncias, um ou mais períodos de tempo também podem ser usados para aplicação de vapor e vácuo ao material de madeira. Se mais de um período de tempo está envolvido, uma temperatura da fase vapor de entre 40 e 80 °C pode ser estabelecida em um primeiro período de tempo e entre 60 e 100 °C em um outro ciclo durante um período
- 10 de tempo eficaz. Aumentando o tempo de contenção em uma temperatura constante durante subseqüentes tratamentos térmicos, os resultados também podem ser aperfeiçoados sem aumento substancial no consumo de energia.

- Por exemplo, em um primeiro período de tempo, o material de
- 15 madeira pode ser aquecido em uma primeira temperatura e, em um segundo período de tempo, o material de madeira pode ser aquecido em uma segunda temperatura. As primeira e segunda temperaturas podem ser substancialmente diferentes.

- O processo de aplicação de vapor e vácuo ao material de ma-
- 20 deira pode ser realizado em um vaso, o qual pode estar conectado a um gerador de vapor. Um gerador de vapor pode incluir um vaporizador. Um gerador de vapor pode incluir um acumulador de vapor. Vaporizadores adequados são conhecidos na técnica. Por exemplo, um vaporizador pode ser projetado para utilizar recirculação forçada, conforme ensinado na Patente U.S.
- 25 Nº 6.904.903, a qual é aqui incorporada por referência. Vaporizadores podem incluir uma caldeira cilíndrica passível de fechamento por uma cobertura em pivô. Dentro do vaporizador, um banho de água pode gerar vapor por meio de um dispositivo de aquecimento e o tratamento térmico apropriado do material introduzido. Em outras circunstâncias, um vácuo pode ser gera-
- 30 do para permitir que o calor acesse melhor o material, tal como através de eliminação de bolsas de ar, para assegurar uma atmosfera de vapor ótima.

Um acumulador de vapor pode ser incluído em um método e sis-

tema de tratamento de madeira. Um acumulador de vapor proporciona um método de armazenamento de energia, por exemplo, introduzida como energia elétrica, de modo que ela pode ser liberada como vapor conforme requerido e, desse modo, pode diminuir os custos com energia de conexão, combustível e manutenção.

Em um exemplo, ar pode ser evacuado durante uma fase de aquecimento inicial. Energia, a qual pode ser aplicada como energia elétrica, pode aquecer a água, por exemplo, para aproximadamente 180°C, a 1 Mpa (10 bar), em um sistema fechado de energia armazenada. Sob pressão reduzida, a água pode entrar em ebulição e energia é armazenada na forma de vapor. O vapor pode, em si, acionar o ar para fora do acumulador. Um sistema de tratamento de madeira pode incluir um controlador. O controlador pode incluir um deculador. Um deculador pode ser proporcionado para forçar qualquer ar no acumulador de vapor para fora. O deculador pode incluir uma válvula, a qual é configurada para abrir à medida em que ar está sendo forçado para fora do acumulador e fechar quando apenas vapor permanece. O deculador pode ser configurado para ser à prova de vazamentos.

Em outro exemplo, um vácuo pode ser aplicado para remover qualquer ar restante no acumulador. Um controlador pode assegurar que o vaso não se abra ou vaze durante uma fase de vaporização ou vácuo.

Um acumulador de vapor pode ser usado em lugar de ou em conjunto com um banho de água. Um acumulador de vapor proporciona um método de armazenamento de energia de modo que ele pode ser liberado como vapor quando requerido e, desse modo, pode diminuir os custos de energia de conexão, combustível e manutenção. Acúmulo de vapor é o processo de armazenamento de energia excedente produzida nos momentos de baixa demanda para subsequente liberação para ir de encontro aos requisitos do consumidor em momentos de alta demanda. Quando a demanda de vapor de um sistema é baixa e o acumulador é capaz de gerar mais vapor do que é requerido, a energia excedente pode emitir uma massa de água armazenada sob pressão, resultando em transferência de energia. A água armazenada pode aumentar de temperatura até que finalmente obte-

nha a temperatura de saturação para a pressão na qual o acumulador está operando. O vaso pode ser configurado para ter um suprimento uniforme de vapor saturado. Quanto maior a queda na pressão, menor o vaso requerido, o que pode diminuir os custos do sistema, ao mesmo tempo em que proporciona uma maior capacidade de armazenamento. O acumulador de vapor pode ser aplicado em várias temperaturas. Por exemplo, o acumulador de vapor pode ser aquecido para 180 °C a 1 Mpa (10 bar) antes que o material de madeira seja aquecido. Quando o material de madeira é aquecido, a temperatura e pressão no vaso podem ser reduzidas para 80 °C e 47 Kpa (470 mbar). A diferença na entalpia pode promover transferência de calor para o material de madeira. Vários tamanhos e designs de acumuladores de vapor asseguram que uma taxa de fluxo desejada é obtida. Acumuladores de vapor estão disponíveis, por exemplo, da David Oakland Associates no Reino Unido.

Em um exemplo, o vaporizador pode ser carregado com o material a ser tratado. Na próxima etapa, uma bomba a vácuo pode ser ligada até que um vácuo de pelo menos 10 Kpa (100 mbar) tenha sido gerado no vaporizador. A bomba pode, então, ser desligada. A válvula de alimentação para água ou um suprimento químico pode, então, ser aberta e um volume predeterminado de líquido é admitido no vaporizador para formar um banho líquido. O banho líquido e a fase vapor podem ser formados quando aquecidos para uma temperatura predeterminada. Após o material de madeira a ser tratado ter sido mantido durante um tempo predeterminado na fase de vapor saturado, o líquido é bombeado do vaporizador em um recipiente. A bomba a vácuo pode, então, ser reativada. Após um período de evacuação, resfriamento e secagem pré-selecionado, a bomba a vácuo pode ser desligada e ar ambiente pode ser admitido no vaporizador e o material de madeira pode ser removido.

Um período de tempo eficaz para tratamento térmico pode ser pelo menos 20 e menos de 240 minutos. Um período de tempo eficaz pode ser também pelo menos 60 minutos e menos de 200 minutos. Um período de tempo eficaz pode também ser pelo menos 150 minutos e menos de 180

minutos. Um período de tempo eficaz pode permitir que o material de madeira atinja uma temperatura de pelo menos 56 °C. Uma vez aquecido, a temperatura do material de madeira pode ser mantida em aproximadamente 56 °C durante um tempo de contenção. O tempo de contenção pode ser pelo menos 30 minutos. Durante o período de tempo eficaz e o tempo de contenção, bactérias, mofos, fungos, levedo, esporos, insetos e outros organismos biológicos podem ser eliminados. Opcionalmente, os materiais de madeira podem ser submetidos a um tratamento com ozônio. Um período de tempo eficaz pode ser escolhido para fornecer uma quantidade eficaz de ozônio. O período de tempo pode ser escolhido entre cerca de 3 minutos a cerca de 24 horas. As etapas podem ser repetidas durante fases e ciclos adicionais de tratamento, dependendo do resultado desejado. Por exemplo, um período de vaporização adicional pode ser realizado para reduzir a quantidade de ar no vaso. Ciclos repetidos de vaporização de materiais têxteis são descritos nas Patentes U.S. Nºs. 6.557.267 e 6.094.840, as quais são aqui incorporadas por referência.

Outras modalidades estão dentro do escopo das reivindicações a seguir.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de tratamento de um material de madeira compreendendo aplicação de uma quantidade eficaz de ozônio ao material de madeira.
- 5 2. Método de acordo com a reivindicação 1, em que a aplicação de ozônio ocorre em pressão ambiente.
3. Método de acordo com a reivindicação 1, ainda compreendendo redução de pressão em um vaso contendo o material de madeira.
4. Método de acordo com a reivindicação 1, ainda compreendendo aquecimento do material de madeira durante um tempo predeterminado em uma temperatura predeterminada.
- 10 5. Método de acordo com a reivindicação 4, em que o aquecimento ocorre além da aplicação de ozônio.
6. Método de acordo com a reivindicação 4, em que aquecimento inclui fornecimento de vapor.
- 15 7. Método de acordo com a reivindicação 6, em que fornecimento de vapor inclui redução de pressão em um vaso contendo o material de madeira.
8. método de acordo com a reivindicação 7, em que o vapor tem uma temperatura de menos de 100 °C.
- 20 9. Método de acordo com a reivindicação 7, em que o vapor tem uma temperatura de menos de 90 °C.
10. Método de acordo com a reivindicação 7, em que o vapor de uma temperatura de mais do que 60 °C.
- 25 11. Método de acordo com a reivindicação 1, em que o material de madeira é um painel de madeira, engradados, estrados e calços de estiva.
12. Método de acordo com a reivindicação 1, ainda compreendendo purgação de ozônio.
- 30 13. Método de fabricação de um sistema de tratamento de madeira compreendendo obtenção de um vaso e conexão do vaso a um controlador configurado para aplicar uma quantidade eficaz de ozônio a um mate-

rial de madeira.

14. Método de acordo com a reivindicação 13, ainda compreendendo um controlador configurado para aplicar uma quantidade eficaz de gás de purgação ao vaso.

5 15. Método de acordo com a reivindicação 14, em que o gás de purgação é ar purificado ou oxigênio.

16. Método de acordo com a reivindicação 13, em que o controlador é configurado para reduzir a pressão no vaso.

10 17. Método de acordo com a reivindicação 13, ainda compreendendo um controlador configurado para aplicar uma quantidade eficaz de vapor ao material de madeira.

18. Método de acordo com a reivindicação 17, em que o controlador é configurado para aplicar vapor em uma temperatura de menos do que 100 °C.

15 19. Método de acordo com a reivindicação 17, em que o controlador é configurado para aplicar vapor em uma temperatura de menos de 90 °C.

20 20. Método como definido na reivindicação 17, em que o controlador é configurado para aplicar vapor em uma temperatura de mais do que 60 °C.

21. Sistema de tratamento de madeira compreendendo um vaso e um controlador configurado para aplicar uma quantidade eficaz de ozônio ao material de madeira.

25 22. Sistema de acordo com a reivindicação 21, ainda compreendendo um controlador configurado para aplicar uma quantidade eficaz de gás de purgação ao vaso.

23. Sistema de acordo com a reivindicação 21, em que o gás de purgação é ar purificado ou oxigênio.

30 24. Sistema de acordo com a reivindicação 21, ainda compreendendo um controlador configurado para aplicar uma quantidade eficaz de vapor ao vaso.

25. Sistema de acordo com a reivindicação 24, em que o contro-

lador é configurado para aplicar vapor em uma temperatura de menos do que 100 °C.

26. Sistema de acordo com a reivindicação 24, em que o controlador é configurado para aplicar vapor em uma temperatura de menos de 90 °C.

5

27. Sistema de acordo com a reivindicação 24, em que o controlador é configurado para aplicar vapor em uma temperatura de mais do que 60 °C.

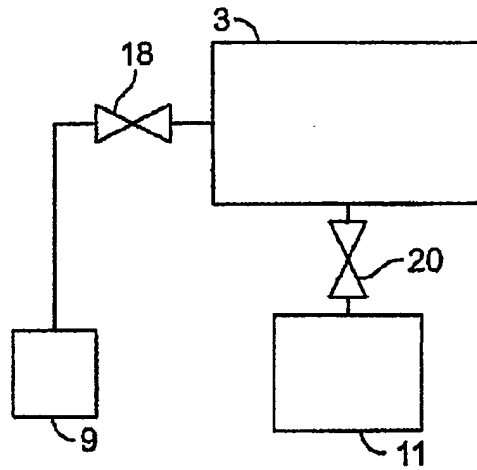


FIG. 1

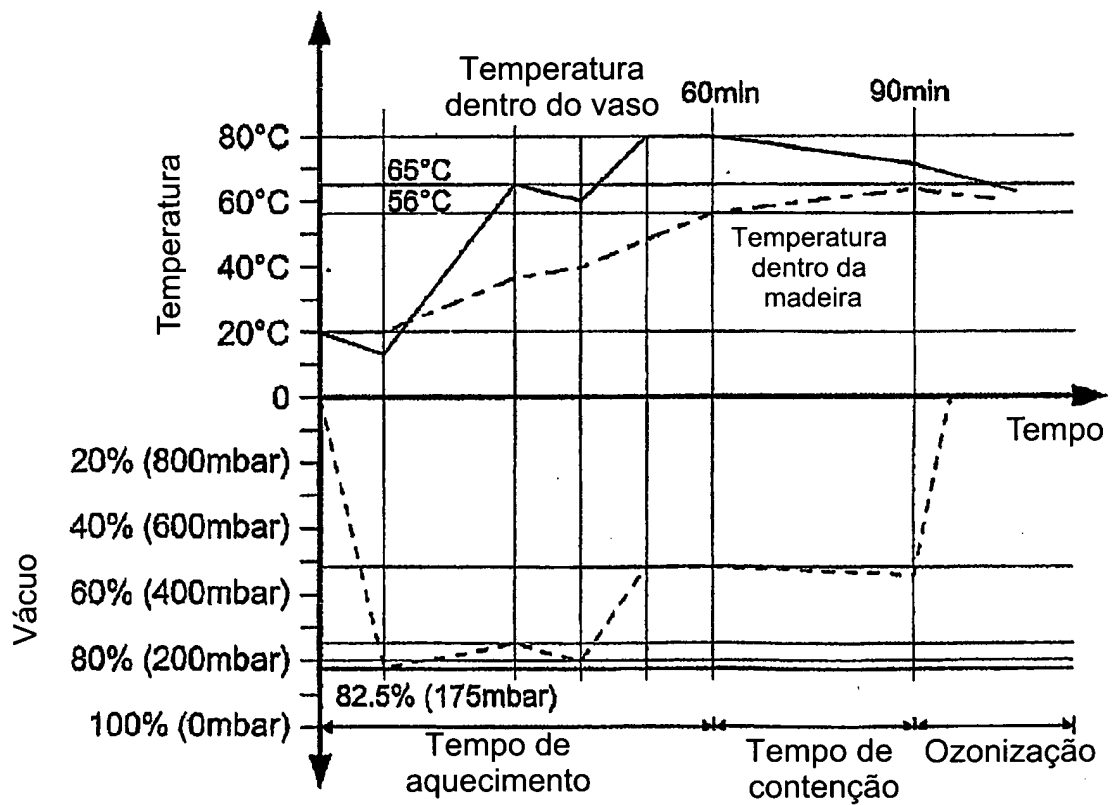


FIG. 2

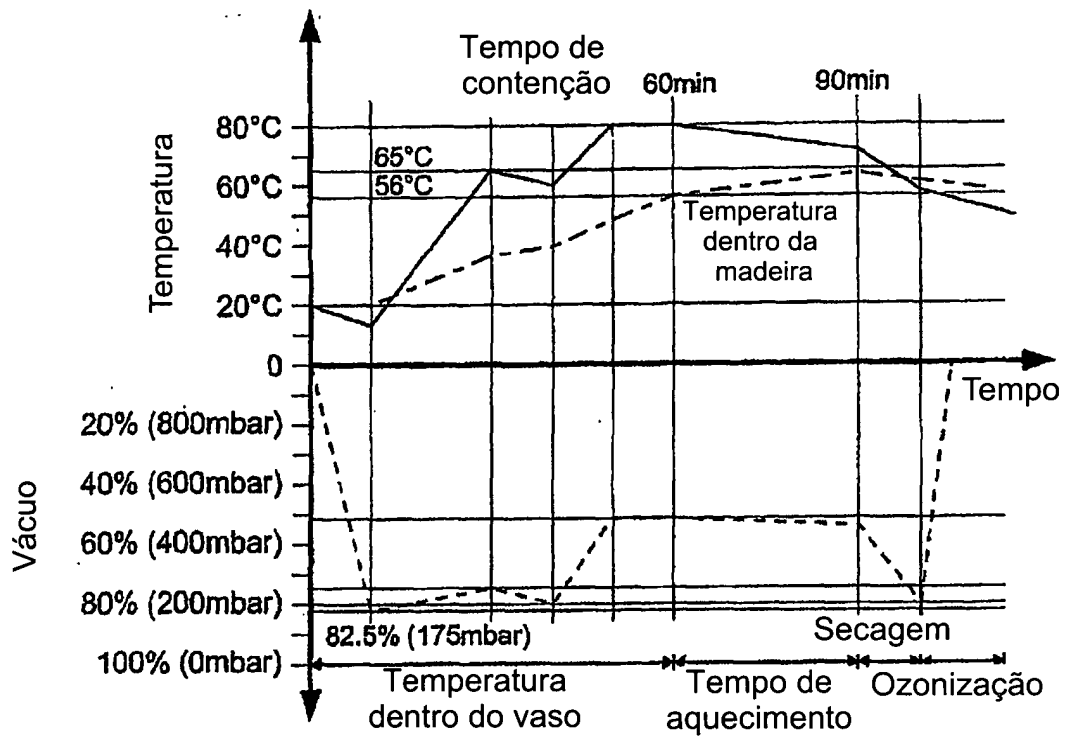


FIG. 3

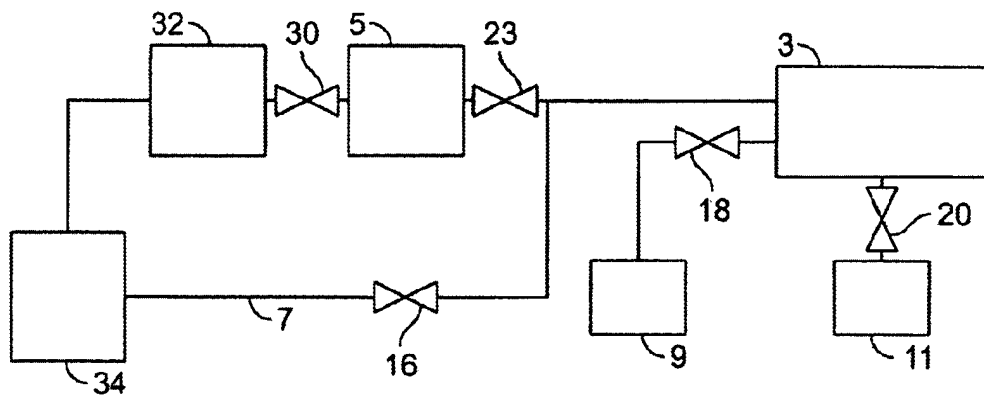


FIG. 4

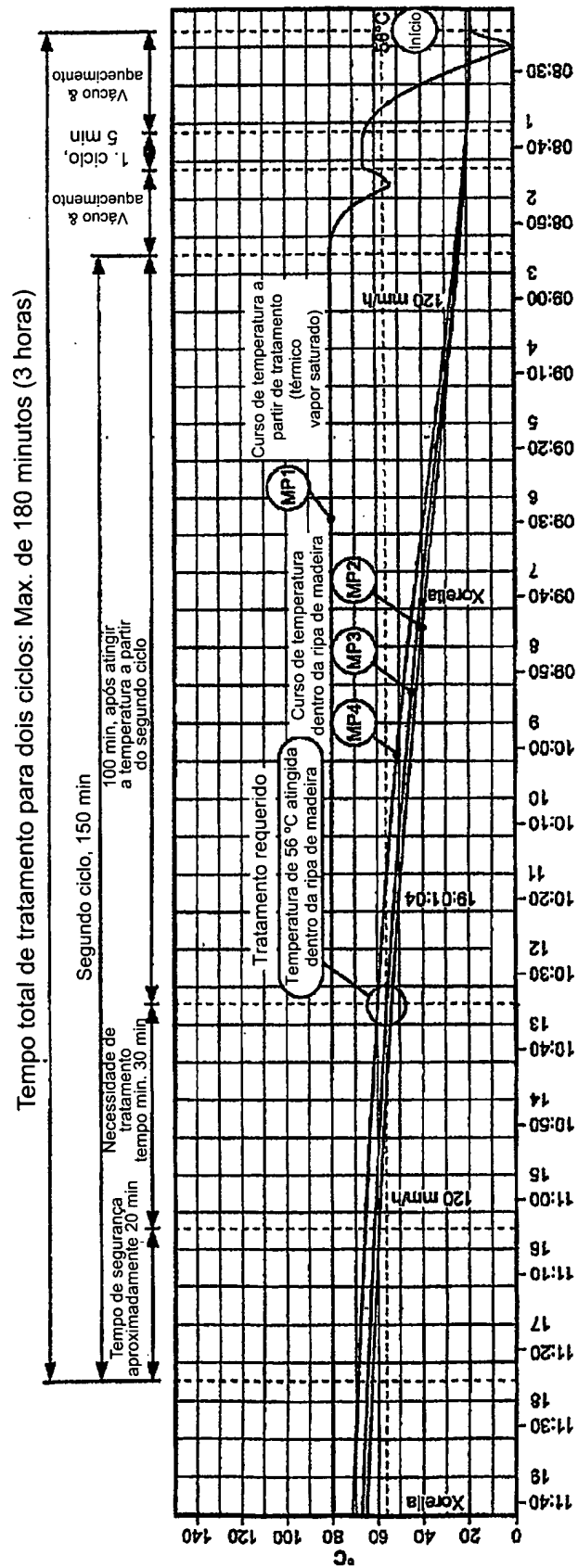


Fig. 5

RESUMO

Patente de Invenção: **"SISTEMA E MÉTODO PARA TRATAMENTO DE MATERIAIS DE MADEIRA COM OZÔNIO"**.

5 A presente invenção refere-se a um método para tratamento de um material de madeira, que inclui aplicação de uma quantidade eficaz de ozônio ao material de madeira.