

"SECADOR CONVECTIVO CONJUGADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECAGEM".

Refere-se o presente relatório a uma Patente de Invenção que trata de um secador convectivo conjugado de fluxo perpendicular e/ou paralelo ao leito de secagem, especialmente destinado a ser empregado na secagem de produtos biológicos, o secador permite a utilização do ar de secagem perpendicularmente ou paralelamente ao material a ser seco com o objetivo de aumentar a eficiência do processo de secagem através da minimização do consumo energético.

O objetivo máximo de qualquer processamento é a manutenção das qualidades do produto. Portanto, para o dimensionamento e controle ótimos de processos e equipamentos de processamentos é necessário quantificar a deterioração de qualidade do material que está sendo manuseado.

A qualidade de um produto depende no uso final do produto que, por sua vez dirá qual a característica necessária da qualidade que deverá ser conservada. Assim, é o critério de conservação de qualidade que dita o processo de secagem proposto.

A secagem de sólidos é uma das mais antigas e usuais operações unitárias encontradas nos mais diversos processos usados em indústrias agrícolas, cerâmicas, químicas, alimentícias, farmacêuticas, de papel e celulose, mineral e de polímeros. É também uma das operações mais complexas e menos entendida, devido à dificuldade

e deficiência da descrição matemática dos fenômenos envolvidos de transferência simultânea de calor, massa e quantidade de movimento no sólido. Assim a secagem é um conjunto de ciência, tecnologia e arte, ou seja, um "know-how" baseado em extensiva observação experimental e experiência operacional.

A secagem é a remoção de uma substância volátil (comumente, mas não exclusivamente, água) de um produto sólido. E a quantidade de água presente no sólido é chamada de umidade. Esta definição de secagem exclui a concentração de uma solução e a remoção mecânica de água por filtragem ou centrifugação. Exclui também métodos térmicos relatados à destilação.

Durante a secagem é necessário um fornecimento de calor para evaporar a umidade do material e também deve haver um sorvedor de umidade para remover o vapor de água, formado a partir da superfície do material seco.

O emprego da secagem no processamento de alimentos tem se tornado um hábito comum devido às vantagens que essa tecnologia traz. A redução do teor de água aumenta o seu tempo de conservação, o que permite um armazenamento controlado, sendo possível gerenciar o escoamento da produção de acordo com as necessidades do mercado.

Os secadores utilizados no processo podem variar quanto a disposição do produto em relação ao fluxo do ar secante, o que diretamente irá acarrear

tar valores diferentes na cinética de secagem.

A secagem tem por objetivo principal a conservação das qualidades nutricionais e organolépticas dos produtos agrícolas desenvolvidas durante a fase de campo preservadas por longos períodos. É um processo de eliminação do líquido de um produto por evaporação, com transferência de calor e massa. É necessário fornecimento de calor para evaporar a umidade do produto e um sorvedor para remover o vapor de água formado na superfície do produto a ser seco.

A maioria dos produtos agropecuários (grãos, sementes, carnes, pescados, frutos, verduras, temperos, e ervas medicinais) é colhida no ponto de maturação fisiológica quando apresentam teores máximos de amido, proteínas e óleo (variáveis segundo as espécies) e teor de umidade elevada. Sob essa última condição, a atividade metabólica do produto tem prosseguimento, além de ser propícia ao desenvolvimento de fungos e insetos conduzindo a uma rápida deterioração. Através da remoção da umidade pela secagem, natural ou artificial, torna-se possível a conservação de produtos agropecuários durante o armazenamento.

Além desse importante fato, somam-se a ela: a) a possibilidade da antecipação da colheita reduzindo as perdas de campo ocasionadas por intempéries, ação de pássaros e insetos; b) planejamento prévio da colheita e o emprego mais eficiente de maquinário e mão-de-obra; c) condições ao produtor de obter melhores preços

para seu produto se comercializado durante entressafra, no caso de a secagem estar associada ao armazenamento; d) a formação de estoques reguladores de mercado; e e) valorização de preço com a oferta de produtos de qualidade elevada; no caso de grãos, quanto às características organolépticas e nutricionais e quanto às sementes conferindo-lhes alta percentagem de germinação.

A eficiência do processo de secagem está relacionada com a qualidade do produto final.

Existem várias formas de fornecimento de calor ao material, sendo assim, é bastante complicado classificar todos os métodos de secagem existentes. Entretanto, os mais comuns são: a) - Secagem por Convecção: neste método, o calor sensível do meio gasoso é fornecido à superfície do material por convecção, e o meio gasoso ao passar pelo material ou através dele, remove a água evaporada e a retira do secador; b) - Secagem por Contato ou por Condução: o calor é fornecido ao material úmido por condução através da superfície de placas, cilindros ou paredes do secador. A quantidade de calor transferida para o material a ser seco não depende apenas da condutividade térmica do material de que é feita a superfície de aquecimento, mas também do coeficiente de transferência de calor do meio de aquecimento e do próprio material secante; e c) - Secagem por Radiação: a energia térmica é fornecida ao material úmido por radiação eletromagnética na faixa de comprimento de onda de 0,76 - 400 mm. A radiação desta faixa, chamada região infravermelha, penetra através da área

superficial do material causando a vibração das moléculas, criando assim o efeito térmico.

Na presente Patente de Invenção será utilizado o sistema de secagem por convecção, sendo que a secagem artificial consiste em submeter o produto úmido, em um secador, à ação de uma corrente de ar aquecido por fonte de energia calorífica. O método é rápido, com boa produtividade e com necessidade de pouca mão-de-obra, devendo levar em consideração o custo elevado devido à utilização de energia para o aquecimento e movimentação do ar.

A eficiência do processo de secagem está relacionada com a qualidade do produto final. No caso de produtos biológicos é desejável que, ao final do processo, o teor de umidade seja uniforme e apropriado às condições de armazenamento; apresentem baixa porcentagem de material danificado e conservação das características sensoriais e nutricionais.

As características especiais de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem. Entretanto, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é fenômeno comum a qualquer condição de secagem. O processo de secagem, baseado na transferência de calor e de massa, pode ser dividido em três períodos.

O primeiro período representa o início da secagem. Nesse período ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão do vapor de

água. Essas elevações têm prosseguimento até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa.

O segundo período caracteriza-se pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre. A transferência de massa e de calor é equivalente e, portanto, a velocidade de secagem é constante. Enquanto houver quantidade de água na superfície do produto suficiente para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante.

No terceiro período, a taxa de secagem é decrescente. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor, reduzindo-se, portanto, a transferência de massa. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa; o fator limitante nessa fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. A temperatura do produto aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem. Quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado.

Portanto, para o estudo do processo de secagem os parâmetros básicos a serem considerados são os abaixo listados.

Temperatura - As temperaturas do ar de secagem têm efeito significativo sobre a qualidade do produto. Sob temperaturas elevadas do ar de secagem, pode-se provocar danos físicos (quebras e trincas), descoloração, redução na quantidade de amido, óleo e proteína do

produto.

Para determinar-se a temperatura do ar de secagem devem ser considerados: o uso final do produto; o teor de umidade inicial do produto, e o tipo de produto.

Umidade Relativa - Para efetuar a secagem é necessário que a pressão de vapor do ar de secagem seja inferior à pressão de vapor do produto, isto é, que a umidade relativa do ar de secagem seja inferior àquela em que o material está em equilíbrio. O conhecimento das curvas de umidade de equilíbrio dos produtos fornece parâmetros para definição e controle do processo de secagem. A redução da umidade relativa é feita pelo aquecimento do ar ou submetendo o fluxo de ar a uma passagem por produto dessecante promovendo sua desumidificação ou por processos físicos psicrométricos.

Para produtos agropecuários a umidade relativa influi também nas qualidades físicas (exemplo: endurecimento superficial) além da alteração na velocidade de secagem.

Fluxo de ar de Secagem- A transferência de calor e massa durante a secagem é determinada pelo fluxo e da direção do escoamento do ar (coeficientes convectivos de transferência de calor e massa).

A direção do fluxo de ar dependerá das características do material a ser seco, ou seja, da perda de carga que esse material remete ao fluxo de ar, do risco de fluidização do produto e da taxa de seca-

gem que este suporta ou necessita no processo.

Umidade Final e Inicial - O teor de umidade do produto é um fator importante para a seleção da temperatura conjugado ao tempo de secagem. As altas temperaturas podem causar danos à matéria prima, assim como causar secagem excessiva na superfície dificultando a migração da umidade interna à superfície.

Umidade de Equilíbrio - Os produtos biológicos têm a propriedade de ceder ou absorver umidade do ar circulante. Para uma mesma temperatura, a umidade contida nos produtos tende a entrar em equilíbrio com a umidade relativa do ar. Tal fenômeno ocorre devido à relação entre a pressão de vapor de água do produto e a pressão de vapor de água do ar ambiente. Se a pressão de vapor do produto for menor que aquela presente no ar, o produto tende a absorver umidade (adsorção); em situação inversa, o produto cederá umidade para o ar (dessorção).

Quando a pressão de vapor de água da superfície do produto se iguala à pressão de vapor do ar ambiente, é estabelecido um equilíbrio.

A seguir, a Patente de Invenção aqui tratada será pormenorizadamente descrita com referência aos desenhos abaixo relacionados, nos quais:

a figura 1 ilustra uma vista em perspectiva esquemática de um secador tal como o aqui proposto;

a figura 2 ilustra uma vista frontal do secador da figura 1;

a figura 3 ilustra um esquema do fluxo das correntes de ar do presente secador;

a figura 4 ilustra um outro esquema de fluxo das correntes de ar do secador aqui tratado;

5 a figura 5 ilustra uma vista esquemática de um dos carros para sustentação das bandejas empregado no presente secador; e

a figura 6 ilustra esquematicamente um esquema dos engates das bandejas e das rodinhas do carro do presente secador.

10

De conformidade com o quanto ilustram as figuras acima relacionadas, o secador objeto desta Patente de Invenção é um equipamento para emprego em

15 escala industrial, sendo composto de um compartimento denominado de compartimento de secagem com sistema de fluxo de ar paralelo e/ou perpendicular ao material de secagem 1, um sistema de bandejas 2 dispostas em carros de sustentação e locomoção 3 e outro compartimento denominado de comparti-

20 mento de aquecimento 4, tal como o demonstrado na figura 1.

O compartimento de secagem 1 é caracterizado por possuir dispositivos de distribuição e direcionamento do fluxo de ar na direção paralela 5 e/ou perpendicular 6 ao material. O dispositivo da direção paralela 5 é caracterizado por possuir uma aleta 7 na extremidade da haste 8, a qual é dimensionada (tamanho e inclinação da aleta e da haste) de acordo com o fluxo de ar e posição no secador. O dispositivo da direção perpendicular 6

25

é caracterizado por aletas perfuradas 9 dimensionadas (tamanho e inclinação) de acordo com o fluxo de ar e sua posição no secador.

O compartimento de secagem 1 possui ainda um sistema de trilhos 10 (figura 6) para movimentação dos carros 3 ao longo do secador. Na parede superior do compartimento de secagem 1 existem duas aletas 11 faceando entre os carros, permitindo o direcionamento do fluxo de ar proveniente da direção paralela ou perpendicular para a saída do compartimento de secagem. Na parte frontal existem duas portas de acesso aos carros.

O dimensionamento dos conjuntos formados pelas hastes 8 e suas aletas 7 permite uma perfeita distribuição das correntes do ar secante, em direção paralela ou perpendicular, ao longo do material M contido no secador. O fluxo de ar pode ser direcionado paralelamente de duas formas (para o caso de materiais que apresentem uma alta resistência ao fluxo de ar, exigindo portanto uma maior capacidade do ventilador), onde na primeira intercala-se uma bandeja 2a com um fundo inclinado (figura 3) obtendo um fluxo misto de paralelo-perpendicular, e na segunda, intercala-se uma bandeja 2a e outra não (figura 4) obtendo um fluxo paralelo. Nestas duas configurações, as laterais das bandejas podem ser perfuradas ou não dependendo do material M e da altura do leito sólido. Na direção perpendicular, todas as bandejas são usadas e o fluxo de ar atravessa toda a camada de produto M saindo pelas aletas 11.

O material de secagem M, por sua vez, é confinado em um sistema de bandejas perfuradas ou teladas 2-2a acomodadas em uma estrutura de carro 3 (figura 5). Estes carros 3 caminham nos trilhos 10 (figura 6).

5 Os carros 3 possuem um sistema de engate 12 para permitir a sua movimentação ao longo do secador através de uma sistema de corrente e rodas dentadas ou simples bastão auxiliar na sua movimentação.

10 Nas rodas dos carros 3 é provida uma aba 13 para impedir escape do ar, dita aba sendo visível na figura 6.

15 A configuração das bandejas 2-2a permite um perfeito encaixe entre elas evitando vazamento lateral das correntes de ar admitido na direção perpendicular.

O compartimento de aquecimento 4 é composto por um ventilador centrífugo 14 e um ventilador axial. É composto também por uma válvula de direcionamento do fluxo de ar localizada na parte inferior do distribuidor de ar para a direção paralela. Fazem parte também um sistema de aquecimento do ar 15 (figura 1), que pode ser a gás, energia elétrica, etc., e um sistema de placas defletoras do fluxo de ar 16 (figura 1).

25 O ventilador centrífugo 14 suciona o ar proveniente do sistema de aquecimento que possui uma regulagem da vazão do ar ambiente. Esse mesmo ventilador succiona também o ar proveniente do secador, podendo ou não ser novamente aquecido através do sistema de aquecimen-

to. Nesse compartimento existe uma abertura regulável (na parte superior) para permitir o escape do ar úmido ao ambiente. O ar proveniente do ventilador é insuflado para um sistema de placas defletoras possuindo a função de homogeneizar a temperatura do ar antes de entrar no secador, além de
5 melhorar a distribuição do fluxo de ar.

Na parte inferior do distribuidor de ar existe uma válvula que permite a admissão do ar proveniente do ventilador na direção paralela ou perpendicular.
10

Para permitir uma economia dos gastos energéticos o ventilador axial será acionado após um período de funcionamento do ventilador centrífugo, realizando apenas uma recirculação do ar quente no secador. Esta
15 recirculação permite secar o produto pois o ar não está ainda saturado. Durante o processo de secagem por recirculação, o ar é admitido nas bandejas na direção paralela através da abertura regulável.

REIVINDICAÇÕES

1. "SECADOR CONVECTIVO CONJUGADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECAGEM", caracterizado pelo fato de compreender um compartimento de secagem com sistema de fluxo de ar paralelo e/ou perpendicular ao material de secagem (1), um sistema de bandejas (2) dispostas em carros de sustentação e locomoção (3) e outro compartimento denominado de compartimento de aquecimento (4).

2. "SECADOR CONVECTIVO CONJUGADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECAGEM", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de que o compartimento de secagem (1) possui dispositivos de distribuição e direcionamento do fluxo de ar na direção paralela (5) e/ou perpendicular (6) ao material; dito dispositivo da direção paralela (5) possui uma aleta (7) na extremidade da haste (8), a qual é dimensionada de acordo com o fluxo de ar e posição no secador; o dispositivo da direção perpendicular (6) compreende aletas perfuradas (9) dimensionadas de acordo com o fluxo de ar e sua posição no secador.

3. "SECADOR CONVECTIVO CONJUGADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECAGEM", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de que o compartimento de secagem (1) possui ainda um sistema de trilhos (10) para movimentação dos carros (3) ao longo do secador.

4. "SECADOR CONVECTIVO CONJUGADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECAGEM", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de que o compartimento de secagem (1) possui ainda um sistema de trilhos (10) para movimentação dos carros (3) ao longo do secador.

GADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECA-
GEM", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato
de que na parede superior do compartimento de secagem (1)
são providas duas aletas (11) faceando entre os carros e
5 permitindo o direcionamento do fluxo de ar proveniente da
direção paralela ou perpendicular para a saída do comparti-
mento de secagem, no extremo frontal do qual são providas
duas portas de acesso aos carros (3).

5. "SECADOR CONVECTIVO CONJU-
10 GADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECA-
GEM", segundo o reivindicado em 2, caracterizado pelo fato
de que o dimensionamento dos conjuntos formados pelas has-
tes (8) e suas aletas (7) permite uma distribuição das cor-
rentes do ar secante, em direção paralela ou perpendicular,
15 ao longo do material (M) contido no secador, sendo que, o
fluxo de ar pode ser direcionado paralelamente de duas for-
mas, onde na primeira intercala-se uma bandeja (2a) com um
fundo inclinado e na segunda, intercala-se uma bandeja (2a)
e outra não, sendo que, nestas duas configurações, de fluxo
20 paralelo, as laterais das bandejas podem ser perfuradas de-
pendendo do material (M) e da altura do leito sólido; na
direção perpendicular, todas as bandejas são usadas e o
fluxo de ar atravessa toda a camada de produto (M) saindo
pelas aletas (11).

25 6. "SECADOR CONVECTIVO CONJU-
GADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECA-
GEM", caracterizado pelo fato de que os carros (3) possuem
um sistema de engate (12) para permitir a sua movimentação

ao longo do secador através de uma sistema de corrente e rodas dentadas ou simples bastão auxiliar na sua movimentação, sendo que, nas rodas dos referidos carros (3) é provida uma aba (13) para impedir escape do ar.

5

7. "SECADOR CONVECTIVO CONJUGADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECAGEM", segundo o reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de que o compartimento de aquecimento (4) é composto por um ventilador centrífugo (14) e um ventilador axial, compreendendo também uma válvula de direcionamento do fluxo de ar localizada na parte inferior do distribuidor de ar para a direção paralela.

10

8. "SECADOR CONVECTIVO CONJUGADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECAGEM", segundo o reivindicado em 7, caracterizado pelo fato de que incluir um sistema de aquecimento do ar (15), que pode ser a gás, energia elétrica, bem como um sistema de placas defletoras do fluxo de ar (16).

15

9. "SECADOR CONVECTIVO CONJUGADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECAGEM", segundo o reivindicado em 8, caracterizado pelo fato de que o ventilador centrífugo (14) succiona o ar proveniente do sistema de aquecimento que possui uma regulagem da vazão do ar ambiente, dito ventilador succiona também o ar proveniente do secador, podendo ou não ser novamente aquecido através do sistema de aquecimento; sendo que nesse compartimento existe uma abertura regulável para permitir o escape do ar úmido ao ambiente; o ar proveniente do venti-

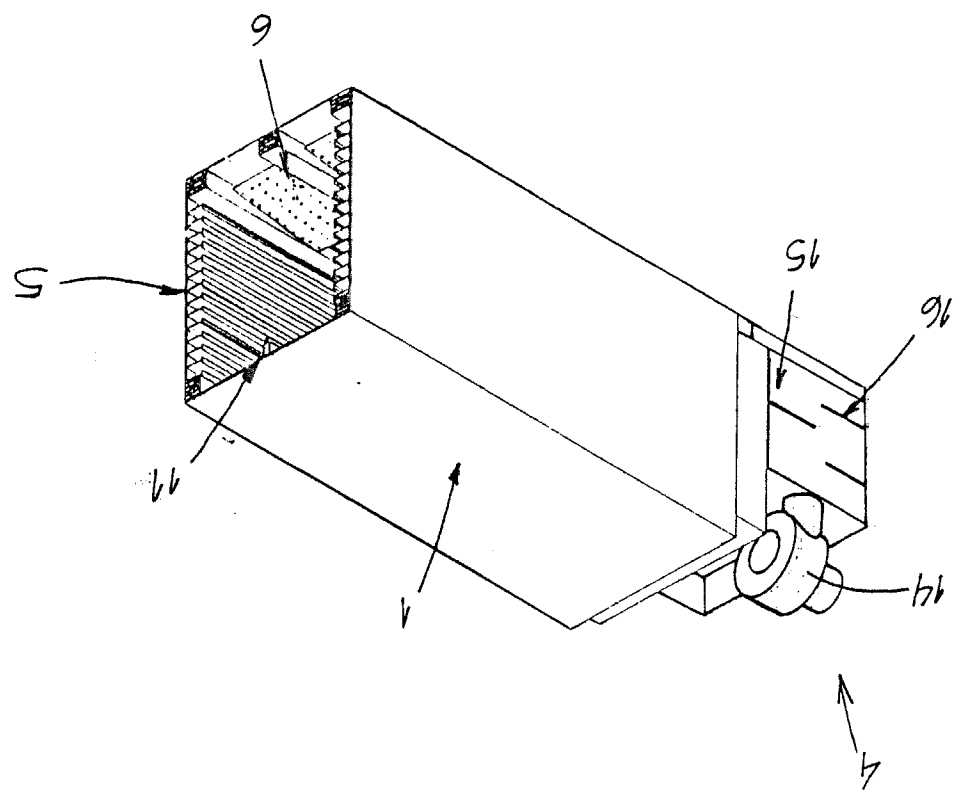
20

25

lador é insuflado para um sistema de placas defletoras possuindo a função de homogeneizar a temperatura do ar antes de entrar no secador, além de melhorar a distribuição do fluxo de ar, sendo que na parte inferior do distribuidor de ar existe uma válvula que permite a admissão do ar proveniente do ventilador na direção paralela ou perpendicular.

10. "SECADOR CONVECTIVO CONJUGADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECAGEM", segundo o reivindicado em 7, caracterizado pelo fato de o ventilador axial permitir recirculação do ar quente que propicia um aproveitamento máximo de sua capacidade calorífica.

FIG. 1



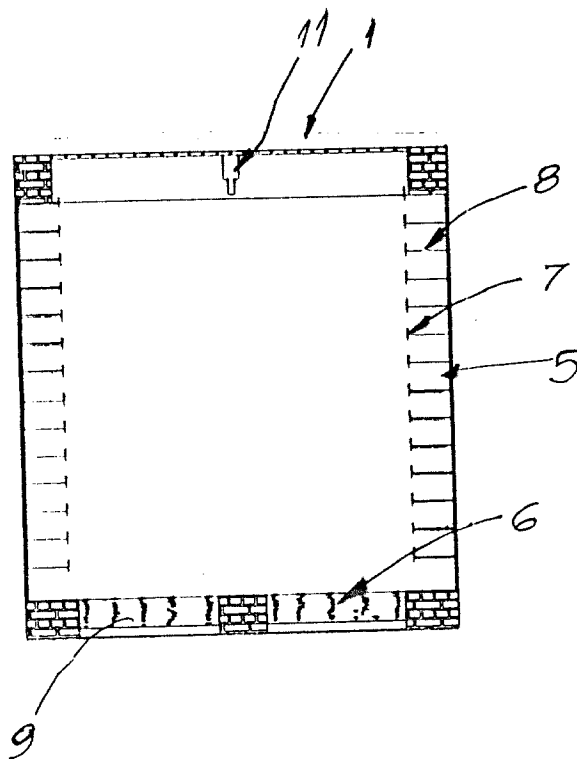
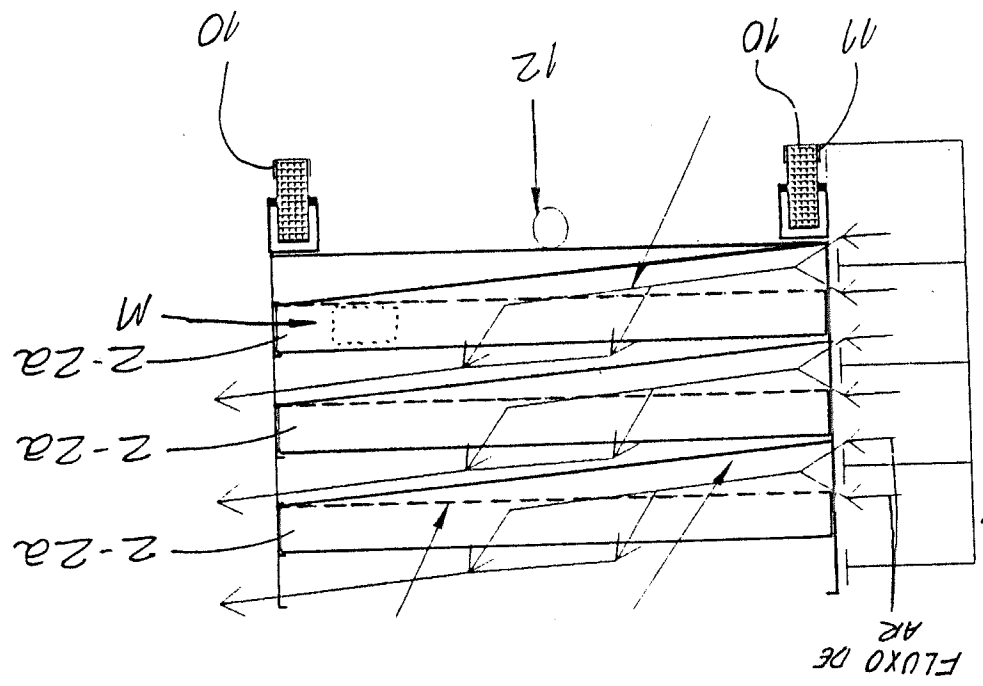


FIG.-2

FIG-3



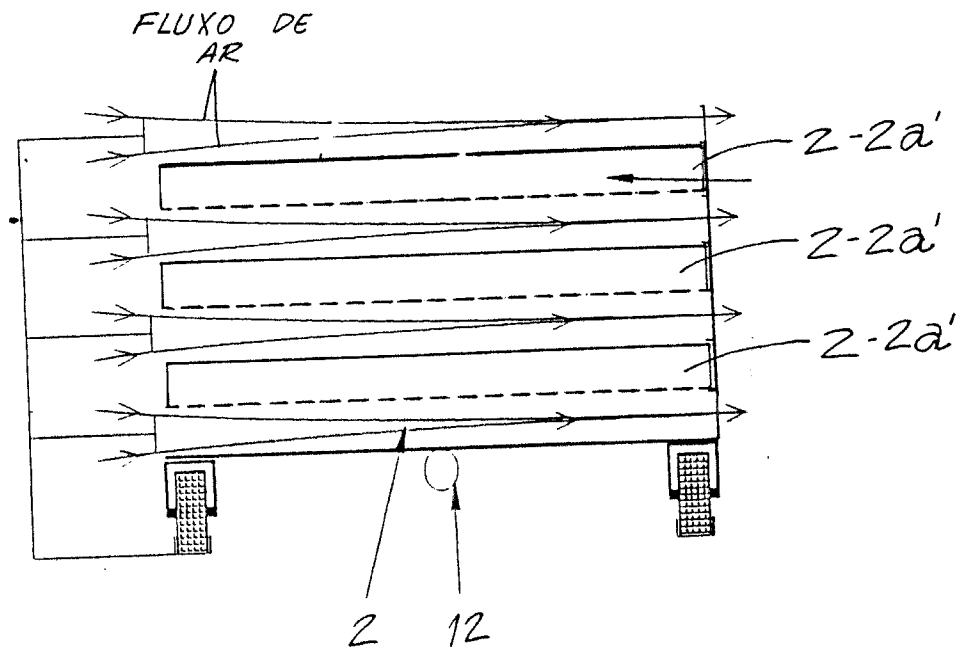


FIG.-4

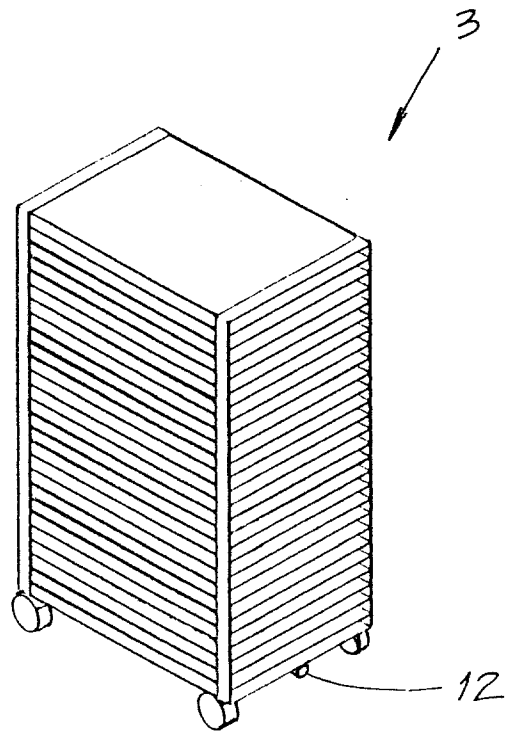


FIG. -5

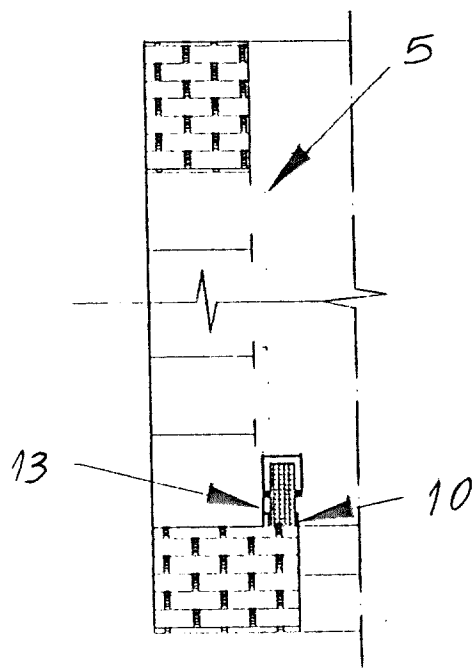


FIG-6

RESUMO

"SECADOR CONVECTIVO CONJUGADO DE FLUXO PERPENDICULAR E/OU PARALELO AO LEITO DE SECAGEM", caracterizado pelo fato de compreender um compartimento de secagem com sistema de fluxo de ar paralelo e/ou perpendicular ao material de secagem (1), um sistema de bandejas (2) dispostas em carros de sustentação e locomoção (3) e outro compartimento denominado de compartimento de aquecimento (4).