



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

(21) PI 0714087-8 A2



(22) Data de Depósito: 17/07/2007  
(43) Data da Publicação: 02/04/2013  
(RPI 2204)

(51) Int.CI.:  
A62B 7/00

(54) Título: PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE UM RESPIRADOR MOLDADO E RESPIRADOR MOLDADO

(30) Prioridade Unionista: 31/07/2006 US 11/461,145

(73) Titular(es): 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY

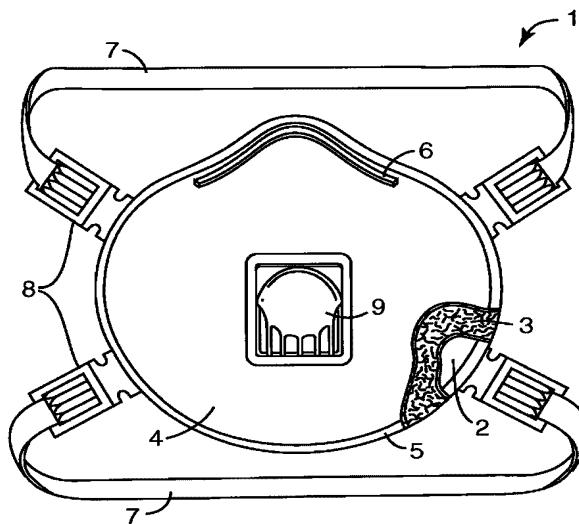
(72) Inventor(es): ANDREW R. FOX, JAMES E. SPRINGETT, JOHN D. STELTER, JOHN M. BRANDNER, SEYED A. ANGADJIVAND, Timothy J. Lindquist

(74) Procurador(es): Carolina Nakata

(86) Pedido Internacional: PCT US2007073645 de 17/07/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/085544de 17/07/2008

(57) Resumo: PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE UM RESPIRADOR MOLDADO E RESPIRADOR MOLDADO. Um respirador moldado é produzido a partir de uma manta de não-tecido monocomponente de camada única contendo uma mistura bimodal de fração de massa/tamanho de fibra composta por microfibras poliméricas monocomponentes e fibras de tamanho maior contínuas e entrelaçadas com a mesma composição polimérica. O respirador consiste em uma matriz de camada única monocomponente porosa em formato de bojo, cujas fibras estão unidas uma à outra em pelo menos alguns pontos de intersecção. A matriz tem uma Rígidez King maior que 1 N. O respirador pode ser formado sem requerer camadas de enrijecimento, fibras bicomponentes ou outros reforços na camada de meio filtrante.



## **"PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE UM RESPIRADOR MOLDADO E RESPIRADOR MOLDADO"**

Esta invenção refere-se a respiradores pessoais moldados (por exemplo, em formato de bojo).

5 **ANTECEDENTES**

As patentes relacionadas a respiradores pessoais moldados incluem as patentes U.S. nº 4.536.440 (Berg), 4.547.420 (Krueger et al.), 5.374.458 (Burgio) e 6.827.764 B2 (Springett et al.). As patentes relacionadas a tecidos para máscara de respiração incluem as patentes U.S. nº 5.817.584 10 (Singer et al.), 6.723.669 (Clark et al.) e 6.998.164 B2 (Neely et al.). Outras patentes ou pedidos referentes a mantas de não-tecido ou sua fabricação incluem as patentes U.S. nº 3.981.650 (Page), 4.100.324 (Anderson), 4.118.531 (Hauser), 4.818.464 (Lau), 4.931.355 (Radwanski et al.), 4.988.560 (Meyer et al.), 5.227.107 (Dickenson et al.), 5.382.400 (Pike et al. '400), 5.679.042 15 (Varona), 5.679.379 (Fabbricante et al.), 5.695.376 (Datta et al.), 5.707.468 (Arnold et al.), 5.721.180 (Pike et al. '180), 5.877.098 (Tanaka et al.), 5.902.540 (Kwok), 5.904.298 (Kwok et al.), 5.993.543 (Bodaghi et al.), 6.176.955 B1 (Haynes et al.), 6.183.670 B1 (Torobin et al.), 6.230.901 B1 (Ogata et al.), 6.319.865 B1 (Mikami), 6.607.624 B2 (Berrigan et al. '624), 6.667.254 B1 20 (Thompson et al.), 6.858.297 B1 (Shah et al.) e 6.916.752 B2 (Berrigan et al. '752), a patente européia nº EP 0 322 136 B1 (Minnesota Mining and Manufacturing Co.), os pedidos japoneses publicados JP 2001-049560 (Nissan Motor Co. Ltd.), JP 2002-180331 (Chisso Corp. '331) e JP 2002-348737 (Chisso Corp. '737), e a publicação de pedido de patente U.S. nº US2004/0097155 A1 25 (Olson et al.).

### **SUMÁRIO DA INVENÇÃO**

Os métodos existentes para fabricação de respiradores moldados geralmente envolvem algum comprometimento das propriedades da manta ou

do respirador. Deixando de lado, por ora, quaisquer camadas de revestimento interno ou externo usadas para propósitos de conforto ou estética, e não para fins de filtração ou enrijecimento, as uma ou mais camadas restantes do respirador podem ter construções variadas. Por exemplo, respiradores 5 moldados podem ser formados a partir de mantas bicamadas produzidas mediante a laminação de uma camada de filtração em fibra produzida por fusão e sopro (meltblown) sobre um material de carcaça rígida, como uma camada de fibras fiadas por fusão ou uma camada de fibras têxteis. Caso seja usada por si só, a camada de filtração normalmente apresenta rigidez insuficiente 10 para permitir a formação de um respirador moldado acabado em formato de bojo adequadamente resistente. O material de carcaça para reforço também adiciona gramatura e volume indesejáveis, e limita o quanto se pode reciclar das porções não-usadas do laminado de manta. Os respiradores moldados podem, também, ser formados a partir de mantas de camada única produzidas 15 a partir de fibras bicomponentes, em que um componente da fibra pode ser carregado de modo a proporcionar uma capacidade de filtração, enquanto o outro componente da fibra pode ser consolidado a si mesmo para proporcionar uma capacidade de reforço. Tal como é o caso com um material de carcaça de reforço, o componente de fibras de consolidação adiciona gramatura e volume 20 indesejáveis, e limita o grau até o qual as porções não-usadas da manta de fibra bicomponente podem ser recicladas. O componente de fibras de consolidação também limita o grau até o qual pode ser colocada uma carga na manta de fibra bicomponente. Os respiradores moldados podem, também, ser formados mediante a adição de um material de consolidação estranho (por 25 exemplo, um adesivo) a uma manta de filtração, com as consequentes limitações devidas à natureza química ou física do material de consolidação adicionado, inclusive a gramatura adicional da manta e a perda de reciclagem.

Tentativas anteriores de formar respiradores moldados a partir de mantas de camada única monocomponentes tipicamente falharam. Mostrou-se muito difícil a obtenção de uma combinação apropriada de moldabilidade, rigidez adequada após a modelagem, queda de pressão adequadamente baixa 5 e suficiente eficiência na captura de particulados. Descobrimos, agora, mantas de camada única monocomponentes que podem ser moldadas de modo a resultar em respiradores pessoais úteis em formato de bojo.

A invenção apresenta, em um aspecto, um processo para fabricação de um respirador moldado, compreendendo as etapas de:

- 10 a) formar uma manta de não-tecido monocomponente de camada única contendo uma mistura bimodal de fração de massa/tamanho de fibra composta por microfibras poliméricas monocomponentes e fibras de tamanho maior contínuas e entrelaçadas com a mesma composição polimérica,
- b) carregar a manta, e
- 15 c) modelar a manta carregada para formar uma matriz de camada única monocomponente porosa em formato de bojo, sendo que as fibras da matriz estão ligadas uma à outra em pelo menos alguns pontos de intersecção, e sendo que a matriz tem uma Rigidez King maior que 1 N.

A invenção apresenta, em outro aspecto, um respirador moldado 20 compreendendo uma matriz de camada única monocomponente porosa em formato de bojo contendo uma mistura carregada bimodal de fração de massa/tamanho de fibra composta por microfibras poliméricas monocomponentes e fibras de tamanho maior contínuas e entrelaçadas com a mesma composição polimérica, sendo que as fibras estão ligadas uma à outra 25 em pelo menos alguns pontos de intersecção, e sendo que a matriz tem uma Rigidez King maior que 1 N.

A matriz em formato de bojo apresentada tem várias propriedades benéficas e exclusivas. Por exemplo, pode ser preparado um

respirador moldado acabado consistindo somente em uma camada única, porém compreendendo uma mistura de microfibras e fibras de tamanho maior. Tanto as microfibras como as fibras de tamanho maior podem ser altamente carregadas. As fibras de tamanho maior podem conferir 5 moldabilidade otimizada e melhor rigidez à matriz moldada. As microfibras podem conferir à manta maior área superficial de fibra, com efeitos benéficos como desempenho de filtração otimizado. Mediante o uso de microfibras e fibras de tamanho maior com tamanhos diferentes, as propriedades de filtração e modelagem podem ser ajustadas para um uso específico. Além 10 disso, em contraste com a alta queda de pressão (e a consequente alta resistência à respiração) frequentemente característica das mantas de microfibra, as quedas de pressão das mantas de não-tecido apresentadas são mantidas em um nível mais baixo, pois as fibras maiores separam fisicamente e mantém espaçadas as microfibras. As microfibras e as fibras de tamanho 15 maior também parecem cooperar umas com as outras para oferecer uma maior capacidade de carga de partículas em profundidade. A complexidade do produto, bem como o desperdício, são reduzidos mediante a eliminação dos processos e equipamentos de laminação, e mediante a redução do número de materiais intermediários. Graças ao uso de um equipamento de 20 fabricação com formação direta da manta, no qual um material polimérico formador de fibras é convertido em uma manta em uma operação essencialmente direta, as mantas e matrizes apresentadas podem ser preparadas de maneira muito econômica. Além disso, se as todas as fibras da matriz têm a mesma composição polimérica, não sendo empregados 25 materiais de consolidação estranhos às mesmas, a matriz pode ser completamente reciclada.

Estes e outros aspectos da invenção serão aparentes a partir da descrição detalhada abaixo. Entretanto, sob nenhuma hipótese, os sumários

acima deverão ser interpretados como limitações do assunto, pois tal assunto é definido única e exclusivamente nas reivindicações em anexo e nas alterações que porventura ocorram durante um eventual litígio.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DO DESENHO**

5 A **Figura 1** é uma vista em perspectiva, parcialmente em seção, de um respirador pessoal descartável com uma matriz de camada única porosa em formato de bojo resistente à deformação disposta entre as camadas de revestimento interno e externo;

10 As **Figuras de 2 a 4** são vistas laterais esquemáticas, e a **Figura 5** é uma vista esquemática em perspectiva, parcialmente em seção, de um exemplo de processo para fabricação de uma manta de camada única monocomponente mediante o uso de fiação por fusão e de fibras de tamanho menor com a mesma composição polimérica preparadas separadamente;

15 A **Figura 6** é uma vista lateral esquemática de um exemplo de processo para fabricação de uma manta de camada única monocomponente mediante o uso de fiação via sopro de fibras maiores e de fibras de tamanho menor com a mesma composição polimérica preparadas separadamente;

20 A **Figura 7** é uma vista a partir da extremidade de saída de um exemplo de fiaudeira com matriz para fiação por fusão tendo uma pluralidade de orifícios maiores e menores;

A **Figura 8** é uma vista em perspectiva a partir da extremidade de saída de um exemplo de matriz para fiação via sopro tendo uma pluralidade de orifícios maiores e menores;

25 A **Figura 9** é uma vista esquemática explodida de um exemplo de matriz para fiação por fusão tendo uma pluralidade de orifícios, alimentada com polímeros da mesma composição polimérica que fluem a velocidades diferentes ou que têm viscosidades diferentes;

A **Figura 10** é uma vista em seção transversal, e a **Figura 11** é

uma vista a partir da extremidade de saída de um exemplo de matriz para fiação via sopro tendo uma pluralidade de orifícios, alimentada com polímeros da mesma composição polimérica que fluem a velocidades diferentes ou que têm viscosidades diferentes;

5 A **Figura 12** é um gráfico mostrando a porcentagem de penetração de NaCl e a queda de pressão para as matrizes moldadas das Passagens nº 2-1M e 2-4M;

As **Figuras 13 e 14** são fotomicrografias da manta plana da Passagem nº 6-8F e da matriz moldada da Passagem nº 6-8M;

10 As **Figuras 15 e 16** são histogramas de contagem de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , para a manta plana da Passagem nº 6-8F e para a matriz moldada da Passagem nº 6-8M;

15 A **Figura 17** é um gráfico mostrando a porcentagem de penetração de NaCl e a queda de pressão para a matriz moldada da Passagem nº 7-1M;

As **Figuras 18, 19 e 21** são histogramas de fração de massa vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , e as Figuras 20 e 22 são histogramas de contagem de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , para uma série de mantas do Exemplo 10;

20 A **Figura 23** é um gráfico de valores de resistência à deformação (RD) vs. gramatura para algumas mantas do Exemplo 10;

A **Figura 24** é um gráfico mostrando a porcentagem de penetração de NaCl e a queda de pressão para o respirador moldado da Passagem nº 13-1M, e a **Figura 25** é um gráfico similar para um respirador do tipo N95 disponível comercialmente, produzido a partir de meios filtrantes multicamadas; e

As **Figuras 26 e 27** são, respectivamente, uma fotomicrografia e um histograma de contagem de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em

µm, da matriz moldada da Passagem nº 13-1M.

Os símbolos de referência similares nas diversas figuras dos desenhos indicam elementos similares. Os elementos no desenho não devem ser representados em escala.

5 **DESCRIÇÃO DETALHADA**

O termo “respirador moldado” significa um dispositivo que foi moldado em um formato que se ajusta sobre pelo menos o nariz e a boca de uma pessoa e que, quando usado pela mesma, remove um ou mais contaminantes transportados através do ar.

10 O termo “em formato de bojo”, quando usado em relação ao corpo de uma máscara de respiração, significa uma configuração que permite um espaçamento entre o corpo da máscara e a face do usuário, durante o uso.

O termo “poroso” significa permeável a ar.

15 O termo “monocomponente”, quando usado em relação a uma fibra ou coleção de fibras, significa fibras tendo essencialmente a mesma composição por toda sua seção transversal, incluindo blendas (especificamente, ligas de polímeros) ou materiais contendo aditivos, em que uma fase contínua de composição uniforme se estende por toda sua seção transversal e ao longo do comprimento da fibra.

20 O termo “da mesma composição polimérica” significa polímeros que têm, essencialmente, a mesma unidade molecular de repetição, mas que podem ser diferentes em termos de peso molecular, índice de fluidez, método de produção, forma comercial, etc.

25 O termo “tamanho”, quando usado em relação a uma fibra, significa o diâmetro da mesma para uma fibra com seção transversal circular, ou o comprimento da mais longa linha em seção transversal que possa ser construída de um lado a outro de uma fibra com seção transversal não-circular.

O termo “contínuo”, quando usado em relação a uma fibra ou

coleção de fibras, significa fibras com uma razão de aspecto essencialmente infinita (especificamente, uma razão entre o comprimento e o tamanho de, por exemplo, pelo menos cerca de 10.000 ou mais).

O termo “diâmetro efetivo da fibra”, quando usado em relação a 5 uma coleção de fibras, significa o valor determinado de acordo com o método demonstrado em Davies, C. N., “The Separation of Airborne Dust and Particles”, Institution of Mechanical Engineers, Proceedings 1B, 1952, de Londres, Reino Unido, para uma manta de fibras com qualquer formato em seção transversal, seja este circular ou não-circular.

10 O termo “modo”, quando usado em relação a um histograma de fração de massa vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , ou a um histograma de contagem de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , significa um pico local cuja altura é maior que aquela para os tamanhos de fibra 1 e 2  $\mu\text{m}$  menores e 1 e 2  $\mu\text{m}$  maiores que o dito pico local.

15 O termo “mistura bimodal de fração de massa/tamanho de fibra” significa uma coleção de fibras com um histograma de fração da massa vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , que exibe pelo menos dois modos. Uma mistura bimodal de fração de massa/tamanho de fibra pode incluir mais de dois modos, por exemplo pode ser uma mistura de fração de massa/tamanho de fibra com 20 três (trimodal) ou mais modos.

O termo “mistura bimodal de contagem de fibras/tamanho de fibra” significa uma coleção de fibras com um histograma de contagem de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , exibindo pelo menos dois modos cujos tamanhos de fibra correspondentes diferem em pelo menos 50% 25 do menor tamanho de fibra. Uma mistura bimodal de contagem de fibras/tamanho de fibra pode incluir mais de dois modos, por exemplo pode ser uma mistura de contagem de fibras/tamanho de fibra com três (trimodal) ou mais modos.

O termo “consolidação”, quando usado em relação a uma fibra ou coleção de fibras, significa adesão firme das mesmas umas às outras, sendo que fibras consolidadas geralmente não se separam quando uma manta é submetida ao manuseio normal.

5 O termo “manta de não-tecido” significa uma manta fibrosa caracterizada por um entrelaçamento ou ponto unindo as fibras.

O termo “matriz de camada única”, quando usado em relação a uma manta de não-tecido contendo uma mistura de fibras bimodal de fração de massa/tamanho de fibra significa que a mesma tem (além do que se refere ao 10 tamanho da fibra) uma distribuição genericamente uniforme de fibras similares por toda uma seção transversal da manta, e que tem (no que se refere ao tamanho da fibra) fibras representando cada população modal presente por toda uma seção transversal da manta. Esse tipo de matriz de camada única pode ter uma distribuição genericamente uniforme de tamanhos de fibra por toda uma 15 seção transversal da manta ou pode, por exemplo, ter um gradiente de profundidade quanto aos tamanhos de fibra, como uma preponderância de fibras de tamanho maior adjacente a uma face principal da manta e uma preponderância de fibras de tamanho menor adjacente à outra face principal da manta.

20 O termo “atenuação dos filamentos em fibras” significa a conversão de um segmento de um filamento em um segmento de maior comprimento e menor tamanho.

O termo “fiação por fusão”, quando usado em relação a mantas de não-tecido, significa uma manta formada mediante as etapas de extrudar 25 um material fundido de baixa viscosidade através de uma pluralidade de orifícios para formar filamentos, arrefecer os filamentos com ar ou outro fluido para solidificar pelo menos as superfícies dos filamentos, colocando os filamentos pelo menos parcialmente solidificados em contato com ar ou outro

fluido para atenuá-los em fibras, e coletar uma camada das fibras atenuadas.

O termo “fibras de fiação por fusão” significa fibras que são emitidas a partir de uma matriz e passam através de uma estação de processamento na qual são permanentemente estiradas, sendo que as 5 moléculas de polímero no interior das fibras são permanentemente orientadas em um alinhamento com o eixo longitudinal das ditas fibras. Essas fibras são essencialmente contínuas, e estão entrelaçadas o suficiente para que seja, em geral, impossível remover uma fibra de fiação por fusão inteira de uma massa de fibras desse tipo.

10 O termo “orientado”, quando usado em relação a uma fibra polimérica ou a uma coleção desse tipo de fibras significa que pelo menos porções das moléculas poliméricas das fibras estão alinhadas no sentido longitudinal das fibras, como resultado da passagem destas através de um equipamento como uma câmara de atenuação ou máquina de estiramento 15 mecânico. A presença da orientação em fibras pode ser detectada por vários meios, inclusive medições por birrefringência e difração de raios X de grande ângulo.

O termo “ponto de fusão nominal” significa o pico máximo de uma plotagem de calorimetria de varredura diferencial (CVD) do fluxo total de calor 20 em segundo aquecimento na região de fusão de um polímero, se houver somente um máximo naquela região e, se houver mais de um máximo indicando mais de um ponto de fusão (por exemplo, devido à presença de duas fases cristalinas distintas), como a temperatura na qual ocorre o pico de fusão com maior amplitude.

25 O termo “produzida por fusão e sopro”, quando usado em relação a uma manta de não-tecido, significa uma manta formada mediante a extrusão de um material formador de fibras através de uma pluralidade de orifícios para formar filamentos, os quais são colocados em contato com o ar ou com outro

fluido atenuante para atenuação dos mesmos em fibras sendo, então, coletada uma camada dessas fibras atenuadas.

O termo “fibras meltblown” significa fibras preparadas mediante a extrusão de um material formador de fibras fundido através de orifícios em uma matriz e para um fluxo gasoso em alta velocidade, no qual o material extrudado é primeiro atenuado e, então, solidificado como uma massa de fibras. Embora as fibras meltblown tenham sido, por vezes, registradas como descontínuas, as mesmas são geralmente longas e entrelaçadas o suficiente para que não se possa, em geral, remover uma fibra meltblown completa de uma massa desse tipo de fibras, ou acompanhar de uma extremidade a outra uma fibra produzida por fusão e sopro.

O termo “microfibras” significa fibras tendo um tamanho médio (conforme determinado mediante o uso de microscopia) de 10 µm ou menos, sendo que o termo “microfibras ultrafinas” significa microfibras com um tamanho médio de dois µm ou menos, e o termo “microfibras com dimensões submícron” significa microfibras com um tamanho médio de um µm ou menos. Quando é feita referência, na presente invenção, a um lote, grupo ou conjunto, entre outros, de um tipo específico de microfibra, por exemplo, “um conjunto de microfibras com dimensões submícron”, isso significa a população completa de microfibras naquele conjunto, ou a população completa de um único lote de microfibras, e não somente aquela porção do conjunto ou lote com dimensões submícron.

O termo “fibras de tamanho menor preparadas separadamente” significa um fluxo de fibras de tamanho menor produzidas a partir de um aparelho para formação de fibras (por exemplo, uma matriz) posicionado de modo que o dito fluxo esteja, a princípio, espacialmente separado (por exemplo, a uma distância de cerca de 25 mm (1 polegada) ou mais) de um fluxo de fibras de tamanho maior, no qual irá se integrar e se dispersar durante

o trajeto.

O termo “carregada”, quando usado em relação a uma coleção de fibras, significa fibras que exibem uma perda de pelo menos 50% no fator de qualidade **FQ** (discutido abaixo), depois de expostas a uma dose absorvida de 5 20 Gray de raios X de 80 KVp filtrados por 1 mm de berílio, quando avaliadas quanto à porcentagem de penetração de ftalato de dioctila (% DOP) a uma velocidade de face de 7 cm/s.

O termo “auto-suportada”, quando usado em relação a uma matriz de camada única, significa que a dita matriz não inclui uma camada de reforço 10 contígua em arame, tela plástica ou outro material de enrijecimento, mesmo que um respirador moldado contendo esse tipo de matriz possa incluir uma manta de revestimento interno ou externo para a obtenção de uma superfície exposta adequadamente lisa, ou possa incluir linhas de solda, dobras ou outras linhas de demarcação para reforçar porções selecionadas do respirador.

15 O termo “King Stiffness” significa a força necessária para, usando-se um durômetro King disponível junto à J. A. King & Co., de Greensboro, North Carolina, EUA, empurrar uma ponta de prova de face plana com 2,54 cm de diâmetro por 8,1 m de comprimento contra um respirador moldado em formato de bojo, preparado mediante a formação de uma matriz para teste em 20 formato de bojo entre as metades macho e fêmea acopladas de um molde hemisférico tendo um raio de 55 mm e um volume de 310 cm<sup>3</sup>. As matrizes moldadas são colocadas sob a ponta de prova do equipamento para teste para avaliação, depois de serem primeiro deixadas esfriar.

25 Com referência à **Figura 1**, um respirador pessoal descartável em formato de bojo 1 é mostrado em seção transversal parcial. O respirador 1 inclui a manta de revestimento interno 2, a camada de filtração monocomponente 3 e a camada de revestimento externo 4. A borda soldada 5 mantém juntas essas camadas, proporcionando uma região de vedação

com a face para reduzir o vazamento através das bordas do respirador 1. O vazamento pode ser reduzido ainda mais mediante o uso de uma tira para nariz 6 em material maleável e macio, por exemplo um metal como alumínio ou um plástico como polipropileno. O respirador 1 inclui, também, correias 5 ajustáveis 7 para cabeça e pescoço fechadas por meio de abas 8, e uma válvula de exalação 9. Além da camada de filtração monocomponente 2, outros detalhes referentes à construção do respirador 1 serão familiares para os versados na técnica.

A manta de camada única monocomponente apresentada contém 10 uma mistura bimodal de fração de massa/tamanho de fibra consistindo em microfibras e fibras de tamanho maior. As microfibras podem, por exemplo, ter uma faixa de tamanho de cerca de 0,1 a cerca de 10 µm, de cerca de 0,1 a cerca de 5 µm ou de cerca de 0,1 a cerca de 1 µm. As fibras de tamanho maior podem, por exemplo, ter uma faixa de tamanho de cerca de 10 a cerca de 15 15 µm, de cerca de 10 a cerca de 50 µm ou de cerca de 15 a cerca de 50 µm. Um histograma de fração de massa vs. tamanho de fibra, em µm, pode ter por exemplo um modo de microfibra de cerca de 0,1 a cerca de 10 µm, de cerca de 0,5 a cerca de 8 µm ou de cerca de 1 a cerca de 5 µm, enquanto um modo de fibra com tamanho maior com mais de 10 µm, de cerca de 10 a cerca de 20 20 50 µm, de cerca de 10 a cerca de 40 µm ou de cerca de 12 a cerca de 30 µm. A manta apresentada pode, também, ter uma mistura bimodal de contagem de fibras/tamanho de fibra cujo histograma de contagem de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em µm, exibe pelo menos dois modos cujos tamanhos de fibra correspondentes diferem em pelo menos 50%, pelo menos 100% ou pelo 25 menos 200% do menor tamanho da fibra. As microfibras também podem, por exemplo, compor pelo menos 20%, pelo menos 40% ou pelo menos 60% da área de superfície fibrosa da manta. A manta pode ter vários valores de diâmetro efetivo da fibra (DEF), por exemplo um DEF de cerca de 5 a cerca de

40 µm, ou de cerca de 6 a cerca de 35 µm. A manta pode, também, ter várias gramaturas, por exemplo uma gramatura de cerca de 60 a cerca de 300 gramas/m<sup>2</sup> ou de cerca de 80 a cerca de 250 gramas/m<sup>2</sup>. Quando plana (ou seja, não-moldada), a manta pode ter vários valores de Rigidez Gurley, por 5 exemplo uma Rigidez Gurley de pelo menos cerca de 500 mg, pelo menos cerca de 1.000 mg ou pelo menos cerca de 2.000 mg. Quando avaliada a uma velocidade de face de 13,8 cm/s e usando uma provação de NaCl, a manta plana tem, de preferência, um fator de qualidade **FQ** inicial para filtração de pelo menos cerca de 0,4 mm<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O e, com mais preferência, ao menos cerca 10 de 0,5 mm<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O.

A matriz moldada tem uma Rigidez King maior que 1 N e, com mais preferência, ao menos cerca de 2 N ou mais. Como um exemplo aproximado, se uma matriz de matriz moldada em um formato hemisférico for deixada resfriar, for colocada com o lado do bojo para baixo em uma superfície 15 rígida, for pressionada verticalmente (ou seja, amassada) com um dedo indicador e, então, for liberado da pressão, uma matriz com insuficiente Rigidez King pode tender a permanecer amassada, enquanto uma matriz com Rigidez King adequada pode tender a retornar a sua configuração hemisférica original. Algumas das matrizes moldadas mostradas abaixo nos exemplos de trabalho 20 foram também, ou alternativamente, avaliadas mediante a medição da resistência à deformação (**RD**), mediante o uso de um analisador de textura modelo TA-XT2i/5 (disponível junto à Texture Technologies Corp.) equipado com uma ponta de prova de policarbonato com 25,4 mm de diâmetro. A matriz moldada é colocada com o lado da face voltado para baixo na plataforma do 25 analisador de textura. A resistência à deformação **RD** é medida mediante o avanço da ponta de prova de policarbonato para baixo, a 10 mm/segundo, contra o centro da matriz moldada para teste, ao longo de uma distância de 25 mm. Mediante o uso de cinco amostras de matriz para teste, é registrada a força

máxima (pico), calculando-se a média para estabelecer a resistência à deformação RD. A resistência à deformação RD é, de preferência, de pelo menos cerca de 75 g e, com mais preferência, ao menos cerca de 200 g. Não estamos cientes de qualquer fórmula para conversão de valor de Rigidez King em valores de resistência à deformação, mas pode-se observar que o teste para Rigidez King é um pouco mais sensível que o teste para resistência à deformação, na avaliação de matrizes moldadas de baixa rigidez.

Quando exposto a um aerossol de cloreto de sódio de 0,075 µm fluindo a 85 litros/min, o respirador moldado apresentado tem, de preferência, uma queda de pressão menor que 196 Pa (20 mm H<sub>2</sub>O) e, com mais preferência, menor que 98 Pa (10 mm H<sub>2</sub>O). Quando avaliado dessa maneira, o respirador moldado também tem, de preferência, uma porcentagem de penetração de NaCl menor que cerca de 5% e, com mais preferência, menor que cerca de 1%.

As **Figuras de 2 a 9** ilustram vários processos e equipamentos que podem ser usados para produzir mantas de camada única monocomponente preferenciais. O processo mostrado nas **Figuras de 2 a 5** combina fibras de fiação por fusão com tamanho maior, provenientes de uma matriz para fiação por fusão, e fibras produzidas por fusão e sopro com tamanho menor, provenientes de uma matriz para fiação via sopro. O processo mostrado na **Figura 6** combina fibras produzidas por fusão e sopro com tamanho maior e com tamanho menor, provenientes de duas matrizes para fiação via sopro. A matriz mostrada na **Figura 7** produz fibras de fiação por fusão com tamanho maior e com tamanho menor, a partir de uma única matriz para fiação por fusão, a qual pode ser alimentada com material formador de fibras liquefeito proveniente de uma única extrusora. A matriz mostrada na **Figura 8** produz fibras produzidas por fusão e sopro com tamanho maior e com tamanho menor, a partir de uma única matriz para fiação via sopro, a qual pode ser alimentada com material formador de

fibras liquefeito proveniente de uma única extrusora. A matriz mostrada na **Figura 9** produz fibras de fiação por fusão com tamanho maior e com tamanho menor, a partir de uma única matriz para fiação por fusão, a qual pode ser alimentada com material formador de fibras liquefeito proveniente de duas extrusoras. A matriz mostrada nas **Figuras 10 e 11** produz fibras produzidas por fusão e sopro com tamanho maior e com tamanho menor, a partir de uma única matriz para fiação via sopro, a qual pode ser alimentada com material formador de fibras liquefeito proveniente de duas extrusoras.

Com referência à **Figura 2** é mostrado, na vista lateral esquemática, um processo para produção de uma manta de camada única monocomponente moldável bimodal quanto a fração de massa/tamanho de fibra, mediante o uso de fiação por fusão para formar fibras de tamanho maior e fiação via sopro para formar fibras de tamanho menor preparadas separadamente (por exemplo, microfibras) a partir da mesma composição polimérica. Outros detalhes referentes a este processo e às mantas de não-tecido produzidas pelo mesmo são mostrados no pedido de patente nº de série US (Súmula do Advogado Nº 60928US002), depositado na mesma data, juntamente com este documento, e intitulado “FIBROUS WEB COMPRISING MICROFIBERS DISPERSED AMONG BONDED MELTSPUN FIBERS”, cuja descrição está, em sua totalidade, aqui incorporada a título de referência. No aparelho mostrado na **Figura 2**, um material formador de fibras é levado até um cabeçote de extrusão **10** para fiação por fusão nesse aparelho ilustrativo, mediante a introdução de um material formador de fibra polimérica em um depósito alimentador **11**, a fusão do material em uma extrusora **12**, e o bombeamento do material fundido para dentro do cabeçote de extrusão **10** através de uma bomba **13**. Um material polimérico sólido, sob a forma de peletes ou outro particulado, é mais comumente usado, sendo fundido até atingir um estado líquido bombeável.

O cabeçote de extrusão 10 pode ser uma fianneira ou um conjunto de fianneira convencional, geralmente incluindo múltiplos orifícios dispostos em um padrão regular, por exemplo fileiras em linha reta. Os filamentos 15 de líquido formador de fibras são extrudados a partir do cabeçote 5 de extrusão 10, e transportados para uma câmara de processamento ou atenuador 16. O atenuador pode, por exemplo, ser um atenuador de parede móvel, como aquele mostrado na patente U.S. nº 6.607.624 B2 (Berrigan et al.), cujas paredes são montados de modo a proporcionar movimentação livre e fácil na direção das setas 50. A distância 17 que os filamentos extrudados 15 10 percorrem antes de chegar ao atenuador 16 pode variar, da mesma forma que as condições às quais os mesmos são exposto. Correntes de ar ou outro gás 18 para arrefecimento podem ser aplicadas aos filamentos extrudados 15, de modo a reduzir a temperatura dos mesmos. Alternativamente, as correntes de ar ou de outro gás podem ser aquecidas, para facilitar o estiramento das fibras. 15 Pode haver uma ou mais correntes de ar ou outro fluido, por exemplo uma primeira corrente de ar 18a soprada transversalmente ao fluxo de filamentos, a qual pode remover materiais gasosos ou vapores indesejados, liberados durante a extrusão, e uma segunda corrente de ar 18b para arrefecimento, que resulta na grande redução de temperatura desejada. Ainda outras correntes de 20 arrefecimento podem ser usadas, por exemplo a própria corrente 18b poderia incluir mais de uma corrente, de modo a obter o nível desejado de arrefecimento. Dependendo do processo sendo usado, ou da forma do produto final desejado, o ar para arrefecimento pode ser suficiente para solidificar os filamentos extrudados 15 antes que estes cheguem ao atenuador 16. Em 25 outros casos, os filamentos extrudados ainda estão em uma condição amolecida ou fundida, ao entrar no atenuador. Alternativamente, não são usadas quaisquer correntes de arrefecimento e, nesse caso, o ar ambiente ou outro fluido entre o cabeçote de extrusão 10 e o atenuador 16 pode ser um

meio para qualquer alteração nos filamentos extrudados, antes que os mesmos entrem no atenuador.

Os filamentos contínuos de fiação por fusão **15** são orientados no atenuador **16**, dirigidos ao coletor **19** sob a forma de um fluxo **501** de fibras de tamanho maior (ou seja, maiores em relação às fibras de fiação por fusão de tamanho menor que serão adicionadas à manta, sendo que as fibras no fluxo atenuado **501** são menores em tamanho que os filamentos extrudados pelo cabeçote de extrusão **10**). Em seu trajeto entre o atenuador **16** e o coletor **19**, o fluxo de fibras atenuadas de tamanho maior **501** é interceptado por um fluxo **502** de fibras de tamanho menor produzidas por fusão e sopro emanando da matriz para fiação via sopro **504**, para formar um fluxo mesclado bimodal quanto a fração de massa/tamanho de fibra **503** contendo fibras de tamanho maior e menor. O fluxo integrado se deposita sobre o coletor **19** sob a forma de uma manta auto-suportada **20** contendo fibras contínuas e orientadas de tamanho maior, produzidas via fiação por fusão, com fibras de tamanho menor produzidas por fusão e sopro dispersas entre as mesmas. O coletor **19** é geralmente poroso, e um dispositivo de remoção de gás **114** pode ser posicionado abaixo do coletor para auxiliar na deposição de fibras sobre o mesmo. A distância **21** entre a saída do atenuador e o coletor pode sofrer variações para se obter diferentes efeitos. Além disso, antes da coleta, os filamentos ou fibras extrudados podem ser submetidos a diversas etapas adicionais de processamento não ilustradas na **Figura 2**, por exemplo maior estiramento, aspersão, etc. Após a coleta, a massa coletada **20** pode ser aquecida e arrefecida conforme descrito com mais detalhes, abaixo, pode ser transportada para outros aparelhos como calandras, estações de gofragem, laminadores, cortadores e similares, ou pode simplesmente ser enrolada sem qualquer tratamento posterior, ou ser convertida em um cilindro para armazenamento **23**.

A matriz para fiação via sopro **504** pode ter uma estrutura

conhecida, e pode funcionar de maneira conhecida, para produzir fibras de tamanho menor produzidas por fusão e sopro (por exemplo, microfibras) para uso no processo apresentado. Uma descrição anterior dos métodos e aparelhos básicos para fiação via sopro é encontrada em Wente, Van A. 5 "Superfine Thermoplastic Fibers", em Industrial Engineering Chemistry, Volume 48, página 1342 e seguintes (1956), ou no Relatório nº 4364 do Naval Research Laboratories, publicado em 25 de maio de 1954, intitulado "Manufacture of Superfine Organic Fibers", de Wente, V. A., Boone, C. D. e Fluharty, E. L. O típica aparelho para fiação via sopro inclui um depósito 10 alimentador **506** e uma extrusora **508** que fornecem material formador de fibras liquefeito à matriz **504**. Com referência à Figura 3, a matriz **504** inclui uma entrada **512** e uma cavidade da matriz **514** através da qual o material formador de fibras liquefeito é transportado aos orifícios do molde **516** dispostos em linha de um lado a outro da extremidade anterior da matriz, e através da qual o 15 material formador de fibras é extrudado, bem como orifícios cooperantes para gás **518** através dos quais um gás, tipicamente ar aquecido, é forçado a passar em alta velocidade. O fluxo gasoso em alta velocidade puxa para fora e atenua o material formador de fibras extrudado, sendo que o material formador de fibras se solidifica (em variados graus de solidez) e forma um fluxo **502** de 20 fibras de tamanho menor produzidas por fusão e sopro durante seu trajeto até esse ponto de integração com o fluxo de fibras de tamanho maior produzidas via fiação por fusão **501**.

São conhecidos métodos para fiação via sopro de fibras com tamanho muito pequeno, inclusive tamanhos submícron como apresentado, por 25 exemplo, na patente U.S. nº 5.993.943 (Bodaghi et al.), por exemplo da coluna 8, linha 11 à coluna 9, linha 25. Outras técnicas destinadas a formar fibras de tamanho menor também podem ser usadas, por exemplo conforme descrito nas patentes U.S. nº. 6.743.273 B2 (Chung et al.) e 6.800.226 B1 (Gerking).

A matriz para fiação via sopro **504** está, de preferência, posicionada próximo ao fluxo **501** de fibras de tamanho maior produzidas via fiação por fusão, de modo a obter uma melhor captura das fibras de tamanho menor produzidas por fusão e sopro pelas fibras de tamanho maior produzidas via fiação por fusão, sendo que o posicionamento da matriz para fiação via sopro próximo ao fluxo de fiação por fusão é especialmente importante para a captura das microfibras com dimensões submícron. Por exemplo, conforme mostrado na **Figura 3**, a distância **520** a partir da saída da matriz **504** e até a linha central do fluxo de fiação por fusão **501** fica, de preferência, a uma distância de cerca de 5 a 25 cm (de 2 a 12 pol) e, com mais preferência, de cerca de 15 ou 20 cm (6 ou 8 pol) ou menos, para microfibras muito pequenas. Além disso, quando o fluxo **501** de fibras de fiação por fusão está disposto verticalmente, conforme mostrado na **Figura 3**, o fluxo **502** das fibras de tamanho menor produzidas por fusão e sopro fica, de preferência, disposto em um ângulo agudo  $\theta$  em relação à horizontal, de modo que um vetor do fluxo de fusão e sopro **502** fique direcionalmente alinhado ao fluxo de fiação por fusão **501**. De preferência,  $\theta$  situa-se entre cerca de 0 e cerca de 45 graus e, com mais preferência, entre cerca de 10 e cerca de 30 graus. A distância **522** do ponto de união dos fluxos de fusão e sopro e de fiação por fusão ao coletor **19** é, tipicamente, de pelo menos cerca de 10 cm (4 pol), porém menor que cerca de 40 cm (16 pol), para evitar o entrelaçamento excessivo e para reter a uniformidade da manta. A distância **524** é suficiente, geralmente a pelo menos 15 cm (6 pol), para que a energia cinética do fluxo de fiação por fusão **501** seja reduzida e, desse modo, permita que o fluxo de fusão e sopro **502** se integre melhor ao dito fluxo de fiação por fusão **501**. Conforme se integram os fluxos de fibras produzidas por fusão e sopro e de fibras de fiação por fusão, as fibras produzidas por fusão e sopro se dispersam entre as fibras de fiação por fusão. É obtida uma mistura bastante uniforme, especialmente nas dimensões x-y.

(manta em plano), com a distribuição na dimensão z sendo controlada por etapas de processo específicas, como controle da distância **520** e do ângulo  $\theta$ , bem como da massa e da velocidade dos fluxos em integração. O fluxo integrado **503** continua até o coletor **19**, sendo coletado sob a forma da massa

5 **20** semelhante a manta.

Dependendo da condição das fibras produzidas via fiação por fusão e via fusão e sopro, pode ocorrer alguma consolidação entre as fibras durante a coleta. No entanto, pode ser necessária uma maior consolidação entre as fibras de fiação por fusão na manta coletada, para a obtenção de uma matriz com um grau desejado de coerência e rigidez, tornando a manta mais manuseável e mais capaz de manter no interior da matriz as fibras produzidas por fusão e sopro. Entretanto, a consolidação excessiva precisa ser evitada para facilitar a formação da manta em uma matriz moldada.

Podem ser usadas técnicas de consolidação convencionais com uso de calor e pressão aplicados em um processo de consolidação pontual ou por cilindros de calandragem lisos, embora esses processos possam causar deformação indesejada das fibras ou compactação da manta. Uma técnica mais preferencial para a consolidação de fibras de fiação por fusão é apresentada no Pedido de Patente nº de Série US (Súmula do Advogado nº 10 60632US002), depositado na mesma data juntamente com este documento, e intitulado "BONDED NONWOVEN FIBROUS WEBS COMPRISING 15 SOFTENABLE ORIENTED SEMICRYSTALLINE POLYMERIC FIBERS and APPARATUS and METHODS for PREPARING SUCH WEBS", cuja descrição 20 está, em sua totalidade, aqui incorporada a título de referência. Em suma, conforme aplicada à presente invenção, esta técnica preferencial envolve as 25 etapas de submeter uma manta coletada de fibras de fiação por fusão semi-cristalinas orientadas, as quais incluem uma fase caracterizada como amorfa, mesclada a fibras produzidas por fusão e sopro da mesma composição

polimérica, a uma operação de aquecimento e arrefecimento controlados, a qual inclui as etapas de: a) forçar a passagem, através da manta, de um fluido aquecido até uma temperatura alta o suficiente para amolecer a fase caracterizada como amorfada das fibras de fiação por fusão (a qual é geralmente 5 maior que a temperatura de início de fusão do material dessas fibras) durante um tempo curto demais para fundir a totalidade das fibras de fiação por fusão (ou seja, fazendo com que essas fibras percam sua natureza fibrosa separada sendo que, de preferência, o tempo de aquecimento é curto demais para causar uma distorção significativa da seção transversal das fibras), e b) 10 imediatamente arrefecer a manta mediante a passagem forçada, através da mesma, de um fluido com suficiente capacidade de aquecimento para solidificar as fibras amolecidas (ou seja, para solidificar a fase caracterizada como amorfada das fibras amolecidas durante o tratamento por calor). De preferência, os fluidos passados através da manta são correntes gasosas e, de 15 preferência, consistem em ar. Neste contexto, a passagem “forçada” de uma corrente fluida ou gasosa através de uma manta significa que é aplicada ao fluido uma força em adição à pressão ambiente normal, de modo a propelir o mesmo através da manta. Em uma modalidade preferencial, a etapa de arrefecimento apresentada inclui passar a manta, por meio de uma esteira 20 transportadora, através de um dispositivo denominado aquecedor de fluxo arrefecido ou, mais simplesmente, aquecedor arrefecido. Conforme ilustrado na presente invenção, esse aquecedor de fluxo arrefecido fornece uma corrente de gás (tipicamente ar) aquecida, focalizada ou semelhante a faca, saindo do aquecedor sob pressão e atingindo um lado da manta, com um dispositivo de 25 remoção de gás no outro lado da manta, para auxiliar na passagem do gás aquecido através da manta, sendo que geralmente a corrente aquecida se estende de um lado a outro da largura da manta. A corrente aquecida é muito similar àquela de um equipamento convencional de “consolidação por

,passagem de ar" ou de "faca de ar quente", porém está submetido a controles especiais que modulam o fluxo, fazendo com que o gás aquecido seja distribuído de maneira uniforme e a uma taxa controlada por toda a largura da manta, de modo a aquecer e amolecer com cuidado, uniformidade e rapidez as 5 fibras de fiação por fusão, levando-as a uma alta temperatura útil. O arrefecimento forçado segue imediatamente o aquecimento, para congelar rapidamente as fibras em um estado morfológico purificado ("imediatamente" significa como parte da mesma operação, isto é, sem um tempo de armazenamento intercalado, conforme ocorre quando uma manta é enrolada em 10 uma bobina antes da próxima etapa de processamento). Em uma modalidade preferencial, o dispositivo de remoção de gás está posicionado a jusante da corrente de gás aquecido, de modo a puxar através da manta um gás refrigerante ou outro fluido, como ar ambiente, imediatamente após a mesma ter sido aquecida e, desse modo, arrefecer rapidamente as fibras. O comprimento 15 do aquecimento é controlado, por exemplo, pelo comprimento da região de aquecimento ao longo da trajetória de passagem da manta e pala velocidade na qual a manta é transportada através da região de aquecimento até a região de resfriamento, para causar o desejado derretimento/amolecimento da fase caracterizada como amorfa sem, no entanto, fundir a totalidade da fibra de 20 fiação por fusão.

Com referência às **Figuras 2, 4 e 5**, em um método exemplar para aplicar a técnica de aquecimento com fluxo arrefecido, a massa **20** de fibras produzidas via fiação por fusão e via fusão e sopro coletadas é transportada pelo coletor móvel **19** sob um dispositivo de aquecimento controlado **200** montado acima do coletor **19**. O exemplo de dispositivo de aquecimento **200** compreende 25 um compartimento **201** que é dividido em um espaço cheio superior **202** e um espaço cheio inferior **203**. Os espaços cheios superior e inferior são separados por uma placa **204** perfurada por uma série de orifícios **205** que têm,

tipicamente, tamanho e espaçamento uniformes. Um gás, tipicamente ar, é alimentado ao espaço cheio superior **202** através das aberturas **206**, a partir dos condutos **207**, e a placa **204** funciona como um meio de distribuição do fluxo para fazer com que o ar alimentado ao espaço cheio superior seja distribuído de modo bastante uniforme ao passar através da placa e para dentro do espaço cheio inferior **203**. Outros meios úteis de distribuição de fluxo incluem aletas, defletores, tubulações, retentores de ar, telas ou placas sinterizadas, ou seja, dispositivos que uniformizam a distribuição de ar.

No exemplo ilustrativo dispositivo de aquecimento **200**, a parede de fundo **208** do espaço cheio inferior **203** é formada com uma fenda alongada **209** através da qual um fluxo de ar aquecido **210**, alongado ou semelhante a faca e proveniente do espaço cheio inferior, é soprado sobre a massa **20** passando pelo coletor **19** abaixo do dispositivo de aquecimento **200** (a massa **20** e o coletor **19** são mostrados parcialmente removidos na **Figura 5**). O dispositivo para remoção de gás **114** se estende, de preferência, o suficiente para ficar sob a fenda **209** do dispositivo de aquecimento **200** (bem como estendendo-se a jusante da manta por uma distância **218** para além do fluxo aquecido **210** e através de uma área marcada **220**, conforme será discutido abaixo). O ar aquecido no espaço cheio fica, portanto, sob uma pressão interna dentro do espaço cheio **203** e, na fenda **209** está ainda mais sob o vácuo de exaustão do dispositivo de remoção de gás **114**. Para controlar ainda mais a força de exaustão, uma placa perfurada **211** pode ser posicionada sob o coletor **19** para impor um tipo de contrapressão ou meio de restrição de fluxo que assegure que a corrente **210** de ar aquecido se propagará por uma extensão desejada sobre a largura ou a área aquecida da massa coletada **20**, e que seja impedida de fluir através de possíveis porções com densidade mais baixa da massa coletada. Outros meios de restrição de fluxo úteis incluem telas ou placas sinterizadas. O número, o tamanho e a densidade das aberturas na

placa 211 podem sofrer variações em diferentes áreas, de modo a se obter o controle desejado. Grandes quantidades de ar passam através do aparelho para formação de fibras, e precisam ser descartadas conforme as fibras atingem o coletor na região 215. Passam através da manta e do coletor na região 216 quantidades suficientes de ar para manter a dita manta em seu lugar sob as várias correntes de ar para processamento. É necessário que haja suficiente abertura na placa sob a região de aquecimento 217 para permitir que o ar para tratamento passe através da manta, ao mesmo tempo em que é oferecida suficiente resistência para garantir que o ar seja distribuído de maneira uniforme. As condições de temperatura e tempo precisam ser controladas por toda a área aquecida da massa. Os melhores resultados foram obtidos quando a temperatura da corrente de ar aquecido 210 passando através da manta está dentro de uma faixa de 5°C e, de preferência, dentro de 2 ou mesmo 1°C, de um lado a outro da largura da massa sendo tratada (a temperatura do ar aquecido é medida com frequência, para um controle mais conveniente da operação, no ponto de entrada para o ar aquecido no compartimento 201, mas também pode ser medida com termopares em um ponto adjacente à manta coletada). Além do mais, o aparelho de aquecimento é operado de modo a manter uma temperatura constante na corrente, ao longo do tempo, por exemplo mediante a rápida alternância de ciclos liga-desliga no aquecedor, para evitar super ou sub-aquecimento. Para controlar ainda mais o aquecimento, a massa 20 é submetida a arrefecimento logo após a aplicação da corrente 210 de ar aquecido. Esse arrefecimento pode geralmente ser obtido mediante a passagem de ar ambiente sobre a massa 20 e e através da mesma, imediatamente após a massa deixar o fluxo controlado de ar quente 210. O número 220 na Figura 4 representa uma área na qual o ar ambiente é passado através da manta por meio do dispositivo de remoção de gás 114, depois de a manta ter passado através do fluxo de ar quente. Realmente, esse

ar pode ser puxado sob a base do compartimento 201, por exemplo na área 220a marcada na **Figura 4**, de modo a alcançar a manta quase que imediatamente após esta haver saído do fluxo de ar quente 210. O dispositivo de remoção de gás 114 pode, por sua vez, estender-se ao longo do coletor 19 5 por alguma distância 218, para além do dispositivo de aquecimento 200, de modo a assegurar o completo resfriamento e arrefecimento da totalidade da massa 20. Por uma questão de abreviação, o aparelho combinado de aquecimento e arrefecimento é denominado aquecedor de fluxo arrefecido.

A quantidade e a temperatura do ar aquecido passado através da 10 massa 20 é escolhida para levar a uma modificação adequada na morfologia das fibras de tamanho maior. Particularmente, a quantidade e a temperatura são escolhidas de modo que as fibras de tamanho maior sejam aquecidas para a) causar o derretimento/amolecimento de porções moleculares significativas dentro de uma seção transversal da fibra, por exemplo a fase da fibra 15 caracterizada como amorfa, porém b) sem causar um derretimento completo de outras fases significativas, por exemplo a fase caracterizada como cristalito. Na presente invenção é usado o termo “derretimento/amolecimento” porque o material polimérico amorfo tipicamente se amolece em vez de se fundir, enquanto o material cristalino, que pode estar presente em um determinado grau 20 na fase caracterizada como amorfa, tipicamente se funde. Isso pode também ser mencionado, sem referência a fases, simplesmente como aquecimento para causar fusão de cristalitos de ordem mais baixa no interior da fibra. As fibras de tamanho maior permanecem, como um todo, não-fundidas sendo que, por exemplo, as fibras geralmente retêm o formato e as dimensões que as fibras 25 tinham antes do tratamento. Compreende-se que porções substanciais da fase caracterizada por cristalito retêm sua estrutura cristalina pré-existente, após o tratamento por calor. A estrutura cristalina pode ter sido adicionada à estrutura cristalina existente ou, no caso de estrutura cristalina de fibras altamente

,ordenadas, pode ter sido removida para criar fases distinguíveis caracterizadas como amorf a e de cristalito.

Um dos objetivos do arrefecimento é a remoção de calor antes que alterações indesejadas ocorram nas fibras de tamanho menor contidas na manta. Um outro objetivo do arrefecimento é remover rapidamente o calor da manta e das fibras de tamanho maior e, por meio disso, limitar a extensão e a natureza da cristalização ou da organização molecular que ocorrerá subsequentemente nas fibras de tamanho maior. Mediante o rápido arrefecimento do estado fundido/amolecido para um estado solidificado, compreende-se que a fase caracterizada como amorf a se congele em uma forma cristalina mais purificada, com quantidade reduzida de material molecular de ordem mais baixa, que poderia interferir com o amolecimento, ou o amolecimento repetível, das fibras de tamanho maior. Para esses propósitos, desejavelmente a massa 20 é resfriada por um gás a uma temperatura pelo menos 50°C menor que o ponto de fusão nominal das fibras de tamanho maior, sendo que o gás para arrefecimento é, desejavelmente, aplicado durante um tempo da ordem de pelo menos um segundo. De qualquer modo, o gás ou outro fluido para arrefecimento tem suficiente capacidade de calor para solidificar rapidamente as fibras.

Uma vantagem do aquecedor de fluxo arrefecido apresentado é que as fibras produzidas por fusão e sopro com tamanho menor, contidas no interior da manta apresentada, ficam melhor protegidas contra compactação do que seria o caso se estivessem presentes em uma camada formada totalmente por fibras de tamanho menor (por exemplo, totalmente em microfibras). As fibras de fiação por fusão orientadas são geralmente maiores, mais rígidas e mais fortes que as fibras de tamanho menor produzidas por fusão e sopro, e a presença das fibras de fiação por fusão entre as fibras produzidas por fusão e sopro e um objeto que esteja aplicando pressão limita a aplicação de força de

esmagamento sobre as fibras produzidas por fusão e sopro com tamanho menor. Especialmente no caso de fibras com dimensões submícron, que podem ser bastante frágeis, a resistência aumentada contra a compactação ou o esmagamento proporcionada pelas fibras de tamanho maior oferece um 5 importante benefício. Mesmo quando as mantas apresentadas são submetidas a pressão, por exemplo ao serem enroladas em cilindros de armazenamento de tamanho grande, ou durante o processamento secundário, as mantas oferecem boa resistência à compactação, o que poderia de outro modo levar a uma maior queda de pressão e desempenho de carga insatisfatório para filtros 10 produzidos a partir dessas mantas. A presença de fibras de fiação por fusão com tamanho maior também adiciona outras propriedades, como resistência, rigidez e propriedades de manuseio da manta.

Descobriu-se que as fibras de tamanho menor produzidas por fusão e sopro não são substancialmente fundidas nem perdem sua estrutura 15 de fibra durante a operação de consolidação, permanecendo como fibras distintas de tamanho menor, com suas dimensões originais. As fibras produzidas por fusão e sopro têm uma morfologia diferente, menos cristalina que aquela das fibras de fiação por fusão, e nossa teoria é que o calor limitado aplicado à manta durante a operação de consolidação e 20 arrefecimento sofra exaustão ao se desenvolverem crescimentos cristalinos no interior das fibras produzidas por fusão e sopro, antes que ocorra a fusão das mesmas. Estando essa teoria correta ou não, a consolidação das fibras de fiação por fusão sem substancial fusão ou distorção das fibras de tamanho menor produzidas por fusão e sopro realmente ocorre e é benéfico às 25 propriedades da manta acabada, bimodal quanto a fração de massa/tamanho de fibra.

Com referência à **Figura 6** é mostrado, na vista lateral esquemática, um outro processo para produção de uma manta de camada

única monocomponente moldável bimodal quanto a fração de massa/tamanho de fibra, mediante o uso de fiação via sopro para formar tanto as fibras de tamanho maior como as fibras de tamanho menor com a mesma composição polimérica, preparadas separadamente. O aparelho da **Figura 6** emprega duas 5 matrizes para fiação via sopro, **600** e **602**. A matriz **600** é suprida com material formador de fibras liquefeito, proveniente do depósito alimentador **604**, da extrusora **606** e do conduto **608**. A matriz **602** também pode ser suprida com material formador de fibras liquefeito proveniente da extrusora **606**, por meio do conduto opcional **610**. Alternativamente, a matriz **602** pode ser separadamente 10 suprida com material formador de fibras liquefeito da mesma composição polimérica, proveniente do depósito alimentador **612**, da extrusora **614** e do conduto **616**, os quais são opcionais. O fluxo de fibras de tamanho maior **618**, proveniente da matriz **600**, e o fluxo de fibras de tamanho menor **620** proveniente da matriz **602** se integram durante o trajeto, de modo a formar um 15 fluxo **622** de fibras maiores e menores mescladas, o qual pode pousar no tambor giratório de coleta **624** para resultar em uma manta de não-tecido auto-suportada **626** contendo uma mistura dessas fibras que é bimodal quanto a fração de massa/tamanho de fibra. O aparelho mostrado na **Figura 6** pode funcionar em diversos modos, para produzir um fluxo de fibras de tamanho 20 maior a partir de uma matriz, e fibras de tamanho menor a partir da outra matriz. Por exemplo, o mesmo polímero pode ser fornecido a partir de uma única extrusora para a matriz **600** e a matriz **602**, sendo que a de a matriz **600** é dotada de orifícios de tamanho maior, e a matriz **602** é dotada de orifícios de tamanho menor, de modo a permitir a produção de fibras de tamanho maior na 25 matriz **600** e de fibras de tamanho menor na matriz **602**. Os polímeros idênticos podem ser fornecidos pela extrusora **606** à matriz **600**, e pela extrusora **614** à matriz **602**, sendo que a extrusora **614** tem um de maior diâmetro ou uma temperatura de operação mais alta que a extrusora **606**, de modo a fornecer o

polímero com maior fluxo ou menor viscosidade à matriz **602**, permitindo a produção de fibras de tamanho maior na matriz **600** e de fibras de tamanho menor na matriz **602**. Orifícios de tamanho similar podem ser usados nas matrizes **600** e **602**, sendo a matriz **600** colocada para funcionar em baixa temperatura e a matriz **602** em alta temperatura, de modo a produzir fibras de tamanho maior na matriz **600** e fibras de tamanho menor na matriz **602**. Os polímeros com a mesma composição polimérica porém com diferentes índices de fluidez podem ser fornecidos pela extrusora **606** à matriz **600**, e pela extrusora **614** à matriz **602** (usando, por exemplo, uma versão com baixo índice de fluidez do polímero na extrusora **606**, e uma versão com alto índice de fluidez do mesmo polímero na extrusora **614**), de modo a produzir fibras de tamanho maior na matriz **600** e fibras de tamanho menor na matriz **602**. Os versados na técnica compreenderão também podem ser empregadas que outras técnicas (por exemplo, a inclusão de um solvente no fluxo de material 10 formador de fibras liquefeito fornecido à matriz **602**, ou o uso de cavidades de matriz, com uma trajetória de fluxo mais curta na matriz **600** e uma trajetória de fluxo mais longa na matriz **602**) e combinações dos mesmas técnicas, bem como os vários modos de operação discutidos acima. As matrizes para fiação 15 via sopro **600** e **602** estão, de preferência, posicionadas de modo que o fluxo de fibras de tamanho maior **618** e o fluxo de fibras de tamanho menor **620** se misturem adequadamente. Por exemplo, a distância **628** da saída da matriz para fibras de tamanho maior **600** à linha central do fluxo de fibras mesclado **622** é, de preferência, de cerca de 5 a cerca de 25 cm (de cerca de 2 a cerca de 12 pol) e, com mais preferência, de cerca de 15 a cerca de 20 cm (de cerca de 6 a cerca de 8 pol). A distância **630** da saída da matriz para fibras de tamanho menor **602** à linha central do fluxo de fibras mesclado **622** é, de preferência, de cerca de 5 a cerca de 25 cm (de cerca de 2 a cerca de 12 pol) 20 e, com mais preferência, de cerca de 15 a cerca de 20 cm (de cerca de 6 a cerca de 8 pol). A distância **632** da saída da matriz para fibras de tamanho menor **602** à linha central do fluxo de fibras mesclado **622** é, de preferência, de cerca de 5 a cerca de 25 cm (de cerca de 2 a cerca de 12 pol) 25 e, com mais preferência, de cerca de 15 a cerca de 20 cm (de cerca de 6 a cerca de 8 pol).

cerca de 8 pol) ou menor para microfibras muito pequenas. As distâncias **628** e **630** não precisam ser iguais. Além disso, o fluxo **618** de fibras de tamanho maior está, de preferência, disposto a um ângulo agudo  $\theta'$  em relação ao fluxo **620** de fibras de tamanho menor. De preferência,  $\theta'$  situa-se entre cerca de 0 e 5 cerca de 45 graus e, com mais preferência, entre cerca de 10 e cerca de 30 graus. A distância **632** do ponto de união aproximado para o fluxo de fibras de tamanho maior e menor ao tambor de coleta **624** é, tipicamente, de pelo menos cerca de 13 cm (5 pol), porém menor que cerca de 38 cm (15 pol), para evitar o entrelaçamento excessivo e para reter a uniformidade da manta.

10 Com referência à **Figura 7**, uma fianeira com matriz para fiação por fusão **700**, destinada ao uso na formação de uma manta moldável em camada única monocomponente e bimodal quanto a fração de massa/tamanho de fibra por meio de ainda outro processo, é mostrada em uma vista a partir da extremidade de saída. A fianeira **700** inclui um elemento de corpo **702** mantido no lugar por meio de pinos **704**. Um conjunto de orifícios maiores **706** e orifícios menores **708** define uma pluralidade de passagens para fluxo, através das quais o material formador de fibras liquefeito sai da fianeira **700** e forma filamentos. Na modalidade mostrada na **Figura 7**, os orifícios maiores **706** e os orifícios menores **708** têm uma razão de 2:1 entre seus tamanhos, havendo 9 orifícios menores **708** para cada orifício maior **706**. Podem ser usadas outras razões entre tamanhos maiores e menores de orifício, por exemplo razões de 1:1 ou mais, 1,5:1 ou mais, 2:1 ou mais, 2,5:1 ou mais, 3:1 ou mais ou 3,5:1 ou mais. Podem ser usadas, também, outras razões entre o número de orifícios menores para cada orifício maior, por exemplo razões de 5:1 ou mais, 6:1 ou mais, 10:1 ou mais, 12:1 ou mais, 15:1 ou mais, 20:1 ou mais ou 30:1 ou mais. Tipicamente, haverá uma correspondência direta entre o número de orifícios menores por orifício maior e o número de fibras de tamanho menor (por exemplo, microfibras sob condições adequadas de operação) por fibra de tamanho maior na manta

coletada. Conforme será compreendido pelos versados na técnica, devem ser escolhidos índices de fluidez do polímero, temperaturas de operação da matriz e condições de orientação adequados, de modo que as fibras de tamanho menor sejam produzidas a partir de filamentos orientados formados pelos orifícios menores, as fibras de tamanho maior sejam produzidas a partir de filamentos orientados formados pelos orifícios maiores, e a manta finalizada tenha as propriedades desejadas. As porções restantes do aparelho de fiação por fusão associado serão familiares aos versados na técnica.

Com referência à **Figura 8**, uma matriz para fiação via sopro **800**, destinada ao uso na produção de uma manta moldável em camada única monocomponente e bimodal quanto a fração de massa/tamanho de fibra por meio de ainda outro processo, é mostrada em uma vista em perspectiva a partir da extremidade de saída, tendo sido removidas as placas deflectoras secundárias para o gás de atenuação. A matriz **800** inclui uma porção de ponta em projeção **802**, com uma fileira **804** de orifícios maiores **806** e orifícios menores **808** que define uma pluralidade de passagens para fluxo, através das quais o material formador de fibras liquefeito sai da matriz **800** e forma filamentos. Os orifícios **810** recebem parafusos passantes (não mostrados na **Figura 8**) que mantêm unidas as várias partes da matriz. Na modalidade mostrada na **Figura 8**, os orifícios maiores **806** e os orifícios menores **808** têm uma razão de 2:1 entre seus tamanhos, havendo 9 orifícios menores **808** para cada orifício maior **806**. Podem ser usadas outras razões entre tamanhos maiores e menores de orifício, por exemplo razões de 1,5:1 ou mais, 2:1 ou mais, 2,5:1 ou mais, 3:1 ou mais ou 3,5:1 ou mais. Podem ser usadas, também, outras razões entre o número de orifícios menores para cada orifício maior, por exemplo razões de 5:1 ou mais, 6:1 ou mais, 10:1 ou mais, 12:1 ou mais, 15:1 ou mais, 20:1 ou mais ou 30:1 ou mais. Tipicamente, haverá uma correspondência direta entre o número de orifícios menores por orifício maior e o número de fibras de tamanho menor (por

exemplo, microfibras sob condições adequadas de operação) por fibra de tamanho maior na manta coletada. Conforme será compreendido pelos versados na técnica, devem ser escolhidos índices de fluidez do polímero, temperaturas de operação da matriz e taxas de fluxo de ar de atenuação adequados, de modo que as fibras de tamanho menor sejam produzidas a partir de filamentos atenuados formados pelos orifícios menores, as fibras de tamanho maior sejam produzidas a partir de filamentos atenuados formados pelos orifícios maiores, e a manta finalizada tenha as propriedades desejadas. Outros detalhes referentes aos processos associados e às mantas de não-tecido produzidas pelos mesmos são mostrados no pedido de patente nº de série US (Súmula do Advogado Nº 61726US003), depositado na mesma data, juntamente com este documento, e intitulado "MONOCOMPONENT MONOLAYER MELTBLOWN WEB and MELTBLOWING APPARATUS", cuja descrição está, em sua totalidade, aqui incorporada a título de referência.

Com referência à **Figura 9**, uma matriz para fiação por fusão **900**, destinada ao uso na formação de uma manta moldável em camada única monocomponente e bimodal quanto a fração de massa/tamanho de fibra por meio de ainda outro processo, é mostrada em uma vista esquemática explodida. A matriz **900** pode ser chamada de "matriz em placa", "matriz em cunha" ou "matriz em pilha", e inclui uma placa de entrada **902** cujas entradas para fluido **904** e **906** recebem, cada uma, um fluxo de material formador de fibras liquefeito. Os fluxos têm a mesma composição polimérica, porém diferentes taxas de fluxo ou diferentes viscosidades do material fundido. Os fluxos de polímero passam através de uma série de placas intermediárias **908a**, **908b**, etc., cujas passagens **910a**, **910b**, etc. os dividem repetidamente. Os fluxos assim divididos de maneira serial passam através de uma pluralidade (por exemplo, 256, 512 ou outro múltiplo do número de entradas para fluido) de orifícios para saída de fluido **914** na placa de saída **916**. As várias placas

podem ser presas umas às outras por meio de pinos ou outros fechos (não mostrados na **Figura 9**), através dos orifícios **918**. Cada orifício para saída de fluido **914** estará em comunicação, por meio de uma trajetória de fluxo exclusiva, com uma ou outra das entradas para fluido **904** ou **906**. As porções restantes do aparelho de fiação por fusão associado serão familiares aos versados na técnica, e podem ser usadas para processar os materiais formadores de fibra liquefeitos em uma manta de não-tecido composta por filamentos de fiação por fusão tendo uma mistura bimodal de fração de massa/tamanho de fibra composta por uma mescla de fibras de tamanho maior e fibras de tamanho menor com a mesma composição polimérica.

Com referência às **Figuras 10 e 11**, uma matriz para fiação via sopro **1000**, destinada ao uso na produção de uma manta moldável em camada única monocomponente e bimodal quanto a fração de massa/tamanho de fibra por meio de ainda outro processo, é mostrada em uma vista em seção transversal a partir da extremidade de saída. A matriz **1000** é suprida com material formador de fibras liquefeito alimentado a partir do depósito alimentador **1004**, da extrusora **1006** e do conduto **1008**, a uma primeira taxa de fluxo ou uma primeira viscosidade. A matriz **1000** é separadamente suprida com material formador de fibras liquefeito com a mesma composição polimérica alimentada a partir do depósito alimentador **1012**, da extrusora **1014** e do conduto **1016** a uma segunda taxa de fluxo ou uma segunda viscosidade diferentes. Os condutos **1008** e **1016** estão, respectivamente, em comunicação fluida com a primeira e a segunda cavidades de matriz **1018** e **1020**, situadas na primeira e na segunda partes genericamente simétricas **1022** e **1024**, as quais formam as paredes externas para as cavidades de matriz **1018** e **1020**. As primeira e a segunda partes genericamente simétricas **1026** e **1028** formam as paredes internas para as cavidades de matriz **1018** e **1020**, encontrando-se na emenda **1030**. As partes **1026** e **1028** podem ser separadas, ao longo da maior

parte de seu comprimento, pelo isolamento **1032**. Conforme mostrado, também, na **Figura 11**, as cavidades de matriz **1018** e **1020** estão, respectivamente, em comunicação fluida por meio das passagens **1034**, **1036** e **1038** com uma fileira **1040** de orifícios **1042** e **1044**. Dependendo das taxas de fluxo para dentro das cavidades de matriz **1018** e **1020**, os filamentos de tamanho maior e de tamanho menor podem ser extrudados através dos orifícios **1042** e **1044**, permitindo assim a formação de uma manta de não-tecido contendo uma mistura bimodal de fração de massa/tamanho de fibra composta por uma mescla de fibras de tamanho maior e fibras de tamanho menor com a mesma composição polimérica. As porções restantes do aparelho para fiação via fusão e sopro associado serão familiares aos versados na técnica, e podem ser usadas para processar os materiais formadores de fibra liquefeitos em uma manta de não-tecido de filamentos produzidos por fusão e sopro tendo uma mistura bimodal de fração de massa/tamanho de fibra composta por uma mescla de fibras de tamanho maior e fibras de tamanho menor com a mesma composição polimérica.

Para a modalidade mostrada na **Figura 11**, os orifícios **1042** e **1044** estão dispostos em ordem alternada e, respectivamente, em comunicação fluida com as cavidades de matriz **1018** e **1020**. Conforme será compreendido pelos versados na técnica, outras disposições de orifícios e outras razões de comunicação fluida podem ser usadas para a obtenção de mantas de não-tecido com distribuições alteradas de tamanho das fibras. Os versados na técnica compreenderão, também, que podem ser empregados outros modos de operação e técnicas (por exemplo, como aqueles discutidos acima, em conexão com o aparelho da **Figura 6**), bem como de combinações dessas técnicas e modos de operação.

As mantas de não-tecido apresentadas podem ter uma disposição aleatória das fibras e propriedades físicas em plano (por exemplo, resistência à

tração) geralmente isotrópicas ou, caso se deseje, pode ter uma construção em fibras alinhadas (por exemplo, em que as fibras estejam alinhadas na direção da máquina, conforme descrito na patente U.S. nº 6.858.297 de Shah et al., acima mencionada) e propriedades físicas em plano anisotrópicas.

5 Vários materiais formadores de fibra polimérica podem ser usados no processo apresentado. O polímero pode ser essencialmente qualquer material formador de fibra termoplástica capaz de resultar em uma manta de não-tecido carregada que manterá propriedades satisfatórias de eletroto ou separação de cargas. Os materiais formadores de fibra polimérica preferenciais são resinas não-condutoras com resistividade volumétrica de 10 10<sup>14</sup> Ohm-centímetros ou mais, à temperatura ambiente (22°C). De preferência, a resistividade volumétrica é de cerca de 10<sup>16</sup> ohm cm, ou maior. A resistividade do material formador de fibra polimérica pode ser medida pode ser medido de acordo com o teste padronizado ASTM D 257-93. O material formador de fibra polimérica é, também, de preferência é substancialmente isento de componentes como agentes antiestática, que poderiam aumentar significativamente a condutividade elétrica ou, de outro modo, interferir com a capacidade da fibra para aceitar e manter cargas eletrostáticas. Alguns exemplos de polímeros que podem ser usados em mantas carregáveis 15 incluem polímeros termoplásticos contendo poliolefinas como polietileno, polipropileno, polibutileno, poli(4-metil-1-penteno) e copolímeros de olefina cíclica, bem como combinações desses polímeros. Outros polímeros que podem ser usados, mas que podem ser difíceis de carregar ou que podem perder rapidamente a carga incluem policarbonatos, copolímeros de bloco 20 como estireno-butadieno-estireno e estireno-isopreno-estireno, poliésteres como tereftalato de polietileno, poliamidas, poliuretanos e outros polímeros que serão familiares aos versados na técnica. As fibras são, de preferência, 25 preparadas a partir de poli-4-metil-1 penteno ou polipropileno. Com a máxima

preferência, as fibras são preparadas a partir de homopolímero de polipropileno, devido à sua capacidade para reter carga elétrica, particularmente em ambientes úmidos.

A carga elétrica pode ser transmitida de diversas maneiras às mantas de não-tecido apresentadas. Isso pode ser realizado, por exemplo, colocando-se a manta em contato com água, conforme apresentado na patente U.S. nº 5.496.507 de Angadjivand et al., mediante o tratamento por corona conforme apresentado na patente U.S. nº 4.588.537 de Klasse et al., mediante hidrocarga conforme apresentado, por exemplo, na patente U.S. nº 5.908.598 de Rousseau et al., mediante tratamento por plasma conforme apresentado na patente U.S. nº 6.562.112 B2 de Jones et al. e na publicação de pedido de patente nº US2003/0134515 A1 de David et al., ou por meio de combinações dos mesmos.

Podem ser acrescentados aditivos ao polímero, para acentuar o desempenho de filtração, a capacidade de carregamento de eletroto, as propriedades mecânicas, as propriedades de envelhecimento, a coloração, as propriedades de superfície ou outras características de interesse da manta. Exemplos de aditivos incluem cargas, agentes nucleantes (por exemplo, o dibenzilideno sorbitol MILLAD™ 3988, disponível comercialmente junto à Milliken Chemical), aditivos acentuadores do carregamento de eletroto (por exemplo, tristearil melamina e vários fotoestabilizantes, como CHIMASSORB™ 119 e CHIMASSORB 944, disponíveis junto à Ciba Specialty Chemicals), iniciadores de cura, agentes de enrijecimento (por exemplo poli(4-metil-1-penteno)), agentes ativos de superfície e tratamentos de superfície (por exemplo, tratamentos com átomos de flúor para otimizar o desempenho de filtração em um ambiente de névoa oleosa, conforme descrito nas patentes U.S. nº. 6.398.847 B1, 6.397.458 B1 e 6.409.806 B1 de Jones et al.). Os tipos e as quantidades desses aditivos serão familiares aos versados

, na técnica. Por exemplo, os aditivos acentuadores do carregamento de eletreto estão, geralmente, presentes em uma quantidade menor que cerca de 5% e, mais tipicamente, menor que cerca de 2%, em peso.

As mantas de não-tecido apresentadas podem ser formadas em 5 respiradores moldados em formato de bojo, mediante o uso de métodos e componentes que serão familiares aos versados na técnica. Os respiradores moldados apresentados podem, caso se deseje, incluir uma ou mais camadas adicionais além da matriz de camada única apresentada. Por exemplo, as camadas de revestimento interno ou externo podem ser empregadas para 10 propósitos de conforto ou estética, e não para filtração ou enrijecimento. Além disso, uma ou mais camadas porosas contendo partículas absorventes podem ser empregadas para capturar vapores de interesse, como as camadas porosas descritas no Pedido de Patente N° de Série 11/431.152, depositado em 8 de maio de 2006 e intitulado "PARTICLE-CONTAINING FIBROUS WEB", 15 cuja descrição está, em sua totalidade, aqui incorporada a título de referência. Outras camadas (inclusive camadas de enrijecimento ou elementos de enrijecimento) podem ser incluídas, caso se deseje, ainda que não sejam necessárias à obtenção de um respirador moldado com o valor de resistência à deformação **RD** mencionado.

20 Pode ser desejável monitorar as propriedades da manta plana, como gramatura, espessura da manta, solidez, DEF, Rigidez Gurley, Rigidez Taber, queda de pressão, porcentagem inicial de penetração de NaCl, % de penetração de DOP ou o fator de qualidade **FQ**, e monitorar as propriedades da matriz moldada como Rigidez King, resistência à deformação **RD** ou queda 25 de pressão. As propriedades da matriz moldada podem ser avaliadas mediante a formação de uma matriz em formato de bojo para teste, entre as metades macho e fêmea acopladas de um molde hemisférico com 55 mm de raio e 310 cm<sup>3</sup> de volume.

A DEF pode ser determinada (exceto onde especificado em contrário) mediante o uso de uma taxa de fluxo de ar de 32 L/min (correspondente a uma velocidade de face de 5,3 cm/s), usando-se o método demonstrado em Davies, C. N., "The Separation of Airborne Dust and 5 Particles", Institution of Mechanical Engineers, Proceedings 1B, 1952, Londres, Reino Unido.

A Rigidez Gurley pode ser determinada mediante o uso de um equipamento para teste de resistência à flexão modelo 4171E GURLEY™, disponível junto à Gurley Precision Instruments. Retângulos de 3,8 cm x 10 5,1 cm são cortados por matriz a partir das mantas, com o lado longo da amostra alinhado à direção transversal da manta (transversal à manta). As amostras são carregadas no equipamento para teste de resistência à flexão, com o lado longo da amostra na presilha destinada a prender a manta. As amostras são fletidas em ambas as direções, ou seja, com o braço de teste 15 pressionado contra a primeira face principal da amostra e, então, contra a segunda face principal da amostra, sendo a média entre as duas medições registrada como a rigidez em miligramas. O teste é tratado como um teste destrutivo e, caso sejam necessárias outras medições, são usadas amostras sem uso prévio.

20 A Rigidez Taber pode ser determinada mediante o uso de um durômetro modelo 150-B TABER™ (disponível comercialmente junto à Taber Industries). Seções quadradas de 3,8 cm x 3,8 cm são cuidadosamente recortadas das mantas mediante o uso de uma navalha afiada, de modo a evitar fusão entre as fibras, e avaliadas para determinar sua rigidez nas 25 direções transversal e da máquina, usando-se de 3 a 4 amostras e uma deflexão de 15°.

O percentual de penetração, a queda de pressão e o fator de qualidade de filtração FQ podem ser determinados mediante o uso de um

.aerossol para provação contendo partículas de NaCl ou DOP, aplicadas (exceto onde indicado em contrário) a uma taxa de fluxo de 85 litros/min, usando-se para a avaliação um equipamento para teste de filtros automatizado em alta velocidade TSI™ modelo 8130 (disponível comercialmente junto à TSI Inc.). Para o teste com NaCl, as partículas podem ser geradas a partir de uma solução de NaCl a 2%, para a obtenção de um aerossol contendo partículas com diâmetro de cerca de 0,075 µm, a uma concentração de cerca de 16 a 23 mg/m<sup>3</sup> no ar, e o equipamento para teste de filtros automatizado pode ser feito funcionar tanto com o aquecedor como com o neutralizador de partícula ligados. Para o teste com DOP, o aerossol pode conter partículas com um diâmetro de cerca de 0,185 µm, a uma concentração de cerca de 100 mg/m<sup>3</sup>, e o equipamento para teste de filtros automatizado pode ser feito funcionar tanto com o aquecedor como com o neutralizador de partícula desligados. As amostras podem ser carregadas até um máximo de penetração de partículas de NaCl ou DOP a uma velocidade de face de 13,8 cm/s para amostras de manta plana, ou uma taxa de fluxo de 85 litros/min para matrizes moldadas, antes de se interromper o teste. Fotômetros calibrados podem ser empregados na entrada e na saída do filtro, para medir a concentração de partículas e a porcentagem de penetração de partículas através do filtro. Um transdutor de pressão MKS (disponível comercialmente junto à MKS Instruments) pode ser empregado para medir a queda de pressão ( $\Delta P$ , mm H<sub>2</sub>O) através do filtro. A equação:

$$QF = \frac{-\ln\left(\frac{\% \text{Penetração de partículas}}{100}\right)}{\Delta P}$$

pode ser usada para calcular o FQ. Os parâmetros que podem ser medidos ou calculados para o aerossol de provação escolhido incluem penetração inicial de partículas, queda inicial de pressão, fator inicial de qualidade FQ, penetração máxima de partículas, queda de pressão na penetração máxima, e os miligramas de partículas carregadas na penetração máxima (o peso total da provação ao

5 filtro, até o momento de penetração máxima). O valor inicial do fator de qualidade **FQ** oferece, geralmente, um indicador confiável de desempenho geral, com valores iniciais de **FQ** mais altos indicando melhor desempenho de filtração, e valores iniciais de **FQ** mais baixos indicando desempenho de filtração reduzido.

10 A resistência à deformação **RD** pode ser determinada mediante o uso de um analisador de textura modelo TA-XT2i/5 (disponível junto à Texture Technologies Corp.), equipado com uma ponta de prova de policarbonato com 25,4 mm de diâmetro. Uma matriz moldada para teste (preparada conforme descrito acima, na definição para Rigidez King) é colocada com o lado da face para baixo na plataforma do analisador de textura. A resistência à deformação é medida mediante o avanço da ponta de prova de policarbonato para baixo, a 10 mm/segundo, contra o centro da matriz moldada para teste, ao longo de uma distância de 25 mm. Mediante o uso de cinco amostras de matriz para teste, é 15 registrada a força máxima (pico), calculando-se a média para estabelecer o valor de **RD**.

20 A invenção é adicionalmente ilustrada nos exemplos ilustrativos apresentados a seguir, nos quais todas as partes e porcentagens são expressas em peso, exceto onde indicado em contrário.

#### EXEMPLO 1

Quatro mantas foram preparadas mediante o uso de um aparelho conforme mostrado nas **Figuras de 2 a 5**, a partir de fibras de polipropileno produzidas via fiação por fusão e microfibras de polipropileno produzidas por fusão e sopro. As fibras de fiação por fusão foram preparadas 25 a partir do polipropileno TOTAL™ 3860, com um índice de fluidez de 70, disponível junto à Total Petrochemicals, ao qual foi adicionado 0,75%, em peso, do fotoestabilizante à base de amina impedida CHIMASSORB 944 disponível junto à Ciba Specialty Chemicals. O cabeçote de extrusão 10 tem

16 fileiras de orifícios, com 32 orifícios em uma fileira, perfazendo um total de 512 orifícios. Os orifícios foram dispostos em um padrão de quadrado (o que significa que os orifícios estavam em alinhamento tanto transversalmente como longitudinalmente, e igualmente espaçados tanto transversalmente como longitudinalmente) com espaçamento de 6,4 mm (0,25 polegada). O polímero foi fornecido ao cabeçote de extrusão a diferentes velocidades, registradas abaixo na Tabela 1A, sendo que o polímero foi aquecido até uma temperatura de 235°C (455°F). Foram usadas duas correntes de ar para arrefecimento (**18b** na **Figura 2**, sendo que a corrente **18a** não foi usada).

Uma primeira corrente superior de ar para arrefecimento foi fornecida a partir de caixas de arrefecimento com 406 mm (16 pol) de altura, a uma velocidade de face aproximada de 0,42 m/s (83 pés/min) para as Passagens nº 1-1 a 1-3, e de 0,47 m/s (93 pés/min) para a Passagem nº 1-4, a uma temperatura de 7,2°C (45°F). Uma segunda corrente inferior de ar para arrefecimento foi fornecida a partir de caixas de arrefecimento com 197 mm (7,75 pol) de altura, a uma velocidade de face aproximada de 0,16 m/s (31 pés/min) para as Passagens nº 1-1 a 1-3, e de 0,22 m/s (43 pés/min) para a Passagem nº 1-4, sob condições de temperatura ambiente. Foi empregado um atenuador de parede móvel, como aquele mostrado na patente U.S. nº 6.607.624 B2 (Berrigan et al.), usando uma lacuna de faca de ar (30 em Berrigan et al.) de 0,76 mm (0,030 pol), ar fornecido à faca de ar a uma pressão de 0,1 MPa (14 psig), uma largura do vão superior do atenuador de 5 mm (0,20 pol), uma largura do vão inferior do atenuador de 4,7 mm (0,185 pol), e laterais do atenuador com 152 mm (6 pol) de comprimento (**36** in Berrigan et al.). A distância (**17** na **Figura 2**) do cabeçote de extrusão **10** ao atenuador **16** era de 78,7 cm (31 pol), e a distância (524 mais 522 na Figura 3) do atenuador **16** à esteira coletora **19** era de 68,6 cm (27 pol). O fluxo de fibra de fiação por fusão foi depositado na esteira coletora **19** com uma largura de cerca de

36 cm (cerca de 36 cm). A esteira coletora 19 foi produzida a partir de tela de aço inoxidável com 20 MESH, e se movia a uma taxa de 8,8 metros/min (cerca de 29 pés/min) para as Passagens nº 1-1 a 1-3, e 14,3 metros/min (cerca de 47 pés/min) para a Passagem nº 1-4. Com base em amostras similares, estimou-se que as fibras de fiação por fusão das Passagens nº 1-1 a 1-3 tivessem um diâmetro médio da fibra de aproximadamente 11 µm. As fibras de fiação por fusão da Passagem nº 1-4 foram medidas com microscopia eletrônica de varredura (SEM) e descobriu-se terem um diâmetro médio (44 fibras medidas) de 15 µm.

As fibras produzidas por fusão e sopro foram preparadas a partir do polipropileno TOTAL™ 3960, com um índice de fluidez de 350, disponível junto à Total Petrochemicals, ao qual foi adicionado 0,75%, em peso, do fotoestabilizante à base de amina impedida CHIMASSORB 944. O polímero foi alimentado a uma matriz para fiação via sopro com orifícios perfurados (504 nas **Figuras 2 e 3**) com ponteira de 254 mm (10 polegadas) de largura, com vinte e cinco orifícios com 0,38 mm (0,015 pol) de diâmetro por polegada (um orifício por mm), a uma taxa de 4,54 kg por hora (10 libras por hora). A temperatura da matriz era de 325°C (617°F) e o fluxo de ar primário tinha uma temperatura de 393°C (740°F). O fluxo de ar no fluxo de ar primário foi estimado em cerca de 7,1 m<sup>3</sup>padrão/min (250 scfm). A relação entre a matriz para fiação via sopro e o fluxo de fibra de fiação contínua 1 era conforme exposto a seguir: a distância 520 era de 10 cm (cerca de 4 pol), a distância 522 era de 22 cm (cerca de 8,5 pol), a distância 524 era de 48 cm (cerca de 19 pol), e o ângulo  $\theta$  era de 20°. O fluxo de fibra produzida por fusão e sopro (meltblown) foi depositado na esteira coletora 19 com uma largura de cerca de 30 cm (cerca de 12 pol). As fibras produzidas por fusão e sopro da Passagem nº 1-4 foram medidas com SEM, e descobriu-se terem um diâmetro médio (270 fibras medidas) de 1,13 µm. Presumiu-se que as fibras

melblown das Passagens nº 1-1 a 1-3 tivessem os mesmos tamanhos de fibra que as fibras meltblown da Passagem nº 1-4, já que foram todas produzidas mediante o uso das mesmas condições de processamento em fiação via fusão e sopro.

5 O vácuo sob a esteira coletora 19 foi estimado como estando na faixa de 1,5 a 3 kPa (6 a 12 polegadas de H<sub>2</sub>O). A região 215 da placa 211 tinha aberturas com 1,6 mm (0,062 polegada) de diâmetro em um espaçamento desalinhado, resultando em 23% de área aberta, a região onde a manta é mantida presa 216 tinha aberturas com 1,6 mm (0,062 polegada) de 10 diâmetro em um espaçamento desalinhado, resultando em 30% de área aberta, e a região de aquecimento/consolidação 217 e a região de arrefecimento 218 tinham aberturas com 4,0 mm (0,156 polegada) de diâmetro em um espaçamento desalinhado, resultando em 63% de área aberta. O ar era fornecido através dos condutos 207 a uma taxa suficiente para apresentar 15 14,2 m<sup>3</sup>/min (cerca de 500 pés<sup>3</sup>/min) de ar na fenda 209, que tinha 3,8 cm por 55,9 cm (1,5 por 22 pol). O fundo da placa 208 estava a 1,9 a 2,54 cm (de ¾ a 1 pol) da manta coletada 20 no coletor 19. A temperatura do ar passando através da fenda 209 (conforme medido pelos termopares na emenda aberta, na entrada dos condutos 207 para o compartimento 201) é apresentada na 20 Tabela 1A, para cada uma das mantas.

Essencialmente 100% das fibras produzidas por fusão e sopro foram capturadas no fluxo de fibras produzidas via fiação por fusão. A manta da Passagem nº 1-4 foi submetida a uma seção transversal, e descobriu-se que as microfibras estavam distribuídas por toda a espessura da manta. Para 25 os índices de fluidez do polímero registrados na Tabela 1A, as mantas das Passagens nº 1-1 a 1-3 tinham uma razão de cerca de 64 partes, em peso, de fibras de fiação por fusão para 36 partes, em peso, de fibras meltblown, enquanto a manta da Passagem nº 1-4 tinha uma razão de cerca de 82 partes,

em peso, de fibras de fiação por fusão para 18 partes, em peso, de fibras meltblown.

A manta saindo da área de arrefecimento 220 estava consolidada com integridade suficiente para ser manuseada nos processos e equipamentos 5 normais, podendo ser enrolada por meio de enrolamento normal em um cilindro de armazenamento, ou podendo ser submetida a várias operações como aquecimento e compressão da manta sobre um molde hemisférico para formar um respirador moldado. Sob exame microscópico, as fibras de fiação por fusão se mostraram consolidadas nas intersecções das fibras, enquanto as fibras 10 produzidas por fusão e sopro se mostraram substancialmente não-fundidas, com união limitada às fibras de fiação por fusão (a qual poderia ter se desenvolvido pelo menos em parte durante a misturação dos fluxos de fiação por fusão e microfibra).

Outras mantas e outros parâmetros de formação são descritos a 15 seguir na Tabela 1A, na qual as abreviações "AFA" e "BMF" significam, respectivamente, "aquecedor de fluxo arrefecido" e "microfibras produzidas por fusão e sopro".

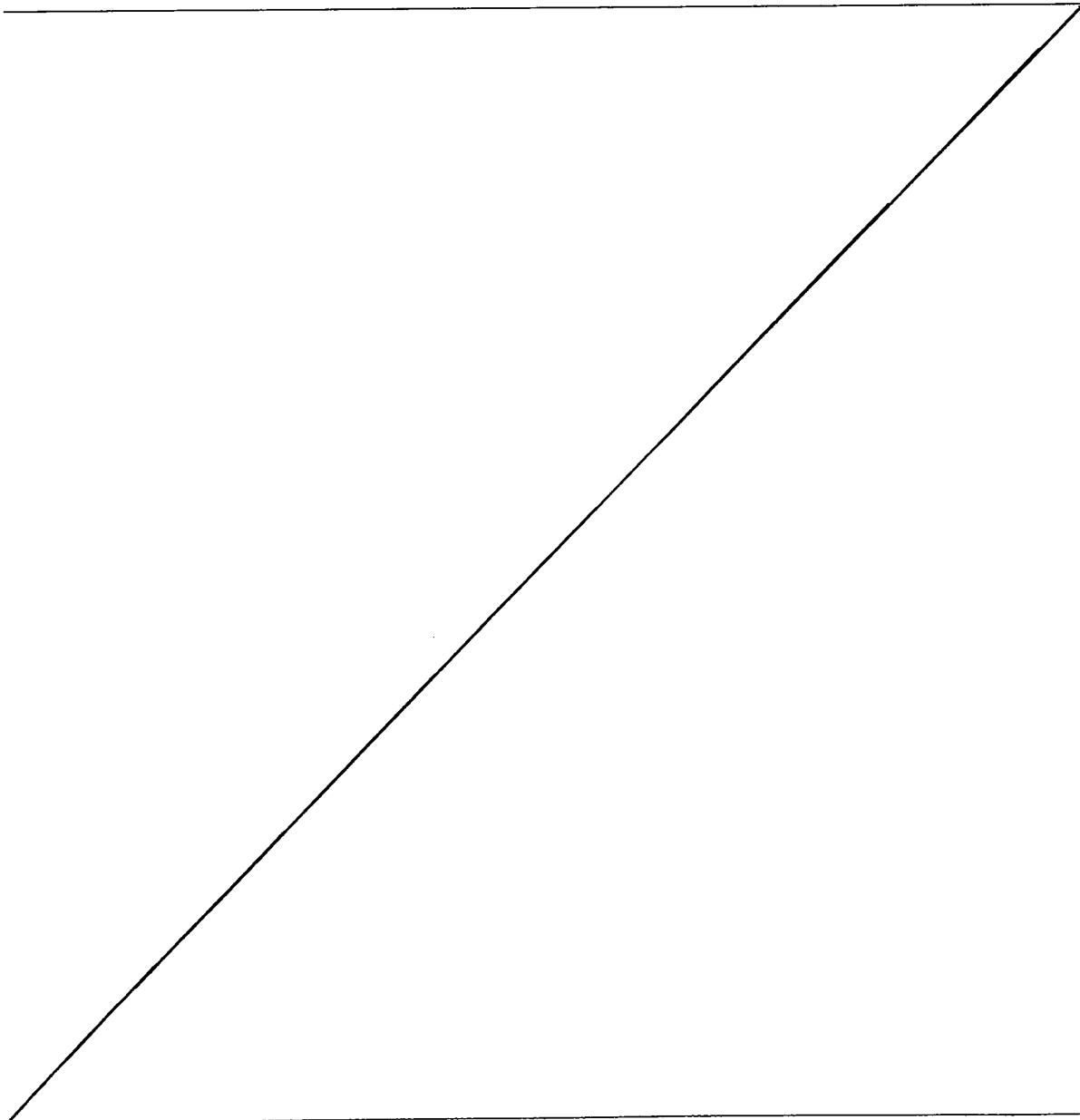
---

TABELA 1A

Passagem nº	Gramatura g/m <sup>2</sup>	Temperatura do AFA, °C	taxa de fiação por fusão, g/h/m	Taxa de fiação por fusão, kg/h (lb/h)	Taxa de BMF, kg/cm/h (lb/in/h)	Taxa de BMF, kg/h (lb/h)	Massa percentual de BMF
1-1F	107	155	0,30	9,2 (20,3)	0,18 (1,00)	4,5(10,0)	36%
1-2F	107	159	0,30	9,2 (20,3)	0,18 (1,00)	4,5(10,0)	36%
1-3F	107	151	0,30	9,2 (20,3)	0,18 (1,00)	4,5(10,0)	36%
1-4F	110	147	0,80	24,6(54,2)	0,18 (1,00)	4,5(10,0)	18%

As quatro mantas coletadas foram hidrocarregadas com água desionizada de acordo com a técnica apresentada na patente U.S. nº 5.496.507 (Angadjivand et al. '507), sendo então deixadas secar penduradas em um varal de um dia para outro, sob condições ambientes. As mantas planas carregadas foram avaliadas mediante o uso de um aerossol DOP para provação, conforme descrito acima, para determinar as propriedades da manta plana mostradas abaixo, na Tabela 1B:

---



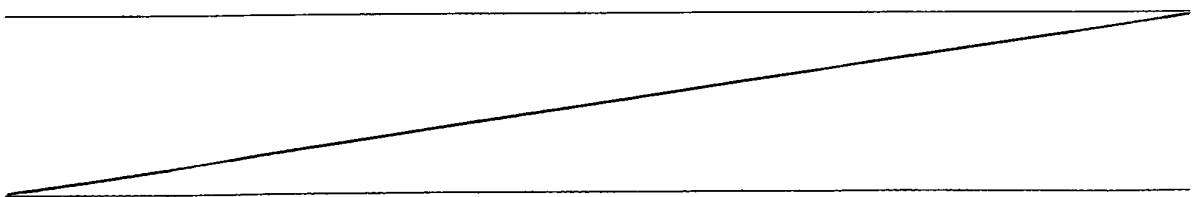
**TABELA 1B**

Passagem nº	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em µm	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)		Fator de qualidade, 1/ mm H <sub>2</sub> O (DOP)
					Penetração inicial, %	
1-1F	107	8,0	-	134(13,66)	0,48	0,39
1-2F	107	8,0	1,05	1113(11,52)	1,73	0,35
1-3F	107	8,0	-	141(14,42)	0,36	0,39
1-4F	110	11,3	1,14	49(5,00)	4,34	0,63

As mantas foram, então, formadas em respiradores moldados em formato de bojo lisos, mediante o uso de uma prensa de modelagem hidráulica aquecida e um vão de 5,1 mm (0,20 pol) no molde. As mantas foram moldadas com o lado do coletor (o lado da manta que entra em contato direto com a superfície coletora, durante a coleta da manta) tanto para cima como para baixo, para verificar se a mistura das fibras na superfície de coleta afetavam o comportamento de carga. As matrizes moldadas em formato de bojo resultantes tinham uma área superficial externa aproximada de 145 cm<sup>2</sup>, e apresentavam boa rigidez ao serem avaliadas manualmente. Um respirador moldado produzido a partir de manta da Passagem nº 1-2F foi avaliado para determinar seu valor de Rigidez King, sendo descoberta uma Rigidez King de 0,68 N (0,152 lb). Com base em amostras similares e nos dados do Exemplo 10 e da Figura 23 (discutidos abaixo), um aumento modesto na gramatura, de cerca de 20 a 50 g/m<sup>2</sup>, deveria aumentar a Rigidez King da matriz moldada para mais de 1 N.

As matrizes moldadas foram testadas com carga mediante o uso de um aerossol de NaCl para provocação, conforme descrito acima, para determinar a queda inicial de pressão e a porcentagem inicial de penetração de NaCl, a queda máxima de pressão e a porcentagem máxima de penetração de NaCl, os miligramas de NaCl na penetração máxima (o peso total da provocação ao filtro, até o momento da penetração máxima) e o fator de qualidade QF. Um respirador multicamadas do tipo N95 disponível comercialmente foi testado para propósitos de comparação. Os resultados são mostrados abaixo, na Tabela 1CB.

---



**TABELA 1C**

Passage m nº	Manta plana da passagem nº	Lado do coletor	Temperatura do molde, °C	Tempo no moldê, em segundos	Queda inicial de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O) a 85 litros/min	Penetração inicial de NaCl, %	Queda máxima de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O) a 85 litros /min	Máxima penetração de NaCl, %	Máxima penetração de NaCl para provocação, mg	Fator de qualidade, FQ (NaCl)
1-5M	1-1F	para baixo	135	5	92,2(9,4)	0,034	336,4(34,3)	0,25	75,2	0,85
1-6M	1-1F	para cima	121	10	117,7(12,0)	0,075	153,0(15,6)	0,08	5,1	0,60
1-7M	1-1F	para cima	121	5	116,7(11,9)	0,094	171,6(17,5)	0,12	7,3	0,59
1-8M	1-1F	para cima	135	5	115,7(11,8)	0,117	154,0(15,7)	0,13	4,7	0,57
1-9M	1-1F	para cima	135	5	105,9(10,8)	0,097	135,3(13,8)	0,10	4,8	0,64
1-10M	1-2F	para baixo	135	5	57,9(5,9)	0,066	94,1(9,6)	0,29	91,8	1,24
1-11M	1-2F	para baixo	135	5	77,5(7,9)	0,295	136,3(13,9)	1,06	25,7	0,74
1-12M	1-2F	para baixo	135	5	50,0(5,1)	0,092	70,6(7,2)	0,16	63,0	1,37
1-13M	1-2F	para baixo	135	5	82,4(8,4)	0,150	152,0(15,5)	0,62	26,8	0,77
1-14M	1-2F	para cima	121	5	83,4(8,5)	0,226	120,6(12,3)	0,34	6,6	0,72
1-15M	1-2F	para cima	121	5	90,2(9,2)	0,305	135,3(13,8)	0,44	6,6	0,63
1-16M	1-2F	para cima	135	5	95,1(9,7)	0,723	125,5(12,8)	0,81	4,4	0,51

Passage m n°	Manta plana da passagem	Lado do coletor	Temperatura do molde, °C	Tempo no molde, em segundos	Queda inicial de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O) a 85 litros/min	Penetração NaCl, %	Queda máxima de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O) a 85 litros /min	Máxima penetração de NaCl, %	Máxima penetração de NaCl para provocação, mg	Fator de qualidade, FQ (NaCl)
1-17M	1-2F	para cima	135	5	89,2(9,1)	0,515	125,5(12,8)	0,55	6,6	0,58
1-18M	1-3F	para baixo	135	5	116,7(11,9)	0,065	212,8(21,7)	0,17	28,1	0,62
1-19M	1-3F	para cima	121	10	13,53(13,8)	0,048	158,9(16,2)	0,06	2,9	0,55
1-20M	1-3F	para cima	121	5	117,7(12,0)	0,177	148(15,1)	0,19	4,4	0,53
1-21M	1-3F	para cima	135	5	148,0(15,1)	0,113	148 (15,1)	0,11	-	0,45
1-22M	1-3F	para cima	135	5	131,4(13,4)	0,095	172,6(17,6)	0,10	5,0	0,52
1-23M	1-4F	para baixo	135	5	41,2 (4,2)	0,520	88,3(9,0)	4,45	41,9	1,25
1-24M	1-4F	para cima	135	5	42,2 (4,3)	0,699	92,2(9,4)	1,73	17,4	1,15
1-25	respirador multicamadas do tipo N95 disponível comercialmente				61,8 (6,3)	0,104	83,3(8,5)	0,43	167,5	0,86

Conforme mostrado pelos resultados na Tabela 1C, muitas das amostras começam com uma queda de pressão menor que 98 Pa (10 mm H<sub>2</sub>O) e experimentam uma penetração máxima < 5%, enquanto algumas das amostras começam com uma queda de pressão menor que 98 Pa (10 mm H<sub>2</sub>O) e experimentam uma penetração máxima < 1%. Nota-se, também, que algumas das amostras (por exemplo, Passagens nº 1-10M a 1-13M) são réplicas uma da outra, as quais exibiram variabilidade moderada entre réplicas, sendo que acredita-se que essa variabilidade se deva a variações no ajuste do vão do molde durante o processo de formação do respirador. As modalidades da máxima preferência na Tabela 1C são as Passagens nº 1-10M, 1-12M e 1-23M. As Passagens nº 1-10M e 1-12M exibem resultados de carga para penetração e queda de pressão muito similares aos do respirador disponível comercialmente. A Passagem nº 1-23M foi produzida a partir de uma manta formada a uma velocidade do coletor significativamente mais alta, tem baixa queda inicial de pressão, e tem uma penetração máxima menor que 5%. Outras modalidades preferenciais na Tabela 1C incluem as Passagens nº 1-5M, 1-11M, 1-13M e 1-24M, porque exibem uma queda inicial de pressão menor que 98 Pa (10 mm H<sub>2</sub>O), uma penetração máxima menor que 5%, e moderada provocação por NaCl na penetração máxima (o que significa que não se entopem demasiadamente rápido).

## EXEMPLO 2

Mediante o uso de uma matriz para fiação via sopro como aquela mostrada na **Figura 8**, e procedimentos como aqueles descritos em Wente, Van A. "Superfine Thermoplastic Fiber", Industrial and Engineering Chemistry, Volume 48, nº 8, 1956, páginas 1342-1346, e Naval Research Laboratory Report 111437, de 15 de abril de 1954, quatro mantas de camada única monocomponente produzidas por fusão e sopro foram formadas a partir do polipropileno TOTAL 3960, ao qual foi adicionado 1% de tristearil melamina como um aditivo para carregamento de eletreto. O

polímero foi alimentado a uma extrusora de rosca única DAVIS STANDARD™ modelo 20 de 50,8 mm (2 pol), disponível junto à Davis Standard Division, da Crompton & Knowles Corp. A extrusora tinha uma razão entre comprimento e diâmetro de 20/1, e uma razão de compactação de 3/1. Uma bomba para material fundido Zenith de 10 cc/rev dosou o fluxo de polímero para uma matriz para fiação via sopro com 25,4 cm (10 pol) de largura dotada de orifícios perfurados, cujos orifícios originais de 0,3 mm (0,012 pol) haviam sido modificados mediante a perfuração de cada vigésimo-primeiro orifício para 0,6 mm (0,025 pol), resultando assim em uma razão de 20:1 entre o número de orifícios de tamanho menor e o número de orifícios de tamanho maior, e uma razão de 2:1 entre o tamanho do orifício maior e o tamanho do orifício menor. A linha de orifícios tinha um espaçamento de 10 orifícios/cm (25 orifícios/polegada). Ar aquecido foi usado para atenuar as fibras na ponta da matriz. A faca de ar empregava um deslocamento positivo de 0,25 mm (0,010 pol) e uma lacuna de ar de 0,76 mm (0,030 pol). Um vácuo entre nulo e moderado foi puxado através de uma tela coletora de rede média, no ponto de formação da manta. A taxa de saída de polímero da extrusora variou de 0,18 a 0,71 kg/cm/h (de 1,0 a 4,0 lbs/pol/h), a DMC (distância da matriz ao coletor) variou de 30,5 a 63,5 cm (de 12,0 a 25,0 pol), e a pressão de ar foi ajustada conforme necessário para a obtenção de mantas com gramatura e DEF conforme mostrado abaixo, na Tabela 1A. As mantas foram hidrocarregadas com água destilada, de acordo com a técnica apresentada na patente U.S. nº 5.496.507 (Angadjivand et al. '507), e foram deixadas secar. Estão expostos abaixo, na Tabela 2A, o número da passagem, gramatura, DEF, espessura da manta, queda inicial de pressão, penetração inicial de NaCl e fator de qualidade QF para cada manta a uma velocidade de face de 13,8 cm/s.

**TABELA 2A**

Passagem nº	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em μm	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Fator de qualidade, 1/mm H <sub>2</sub> O
2-1F	240	14,6	3,3	60,0 (6,10)	0,368	0,92
2-2F	243	18	2,54	43,4 (4,43)	1,383	0,97
2-3F	195	18,4	2,16	38,5 (3,93)	1,550	1,06
2-4F	198	14,6	2,74	51,7 (5,27)	0,582	0,98

As mantas da Tabela 2A foram, então, moldadas para formar matrizes moldadas em formato de bojo destinadas ao uso como respiradores pessoais. O molde superior foi aquecido até cerca de 113°C (235°F), o molde inferior foi aquecido até cerca de 116°C (240°F), foi usado um vão de 1,27 mm (0,050 pol) no molde, e a manta foi deixada no dito molde durante cerca de 9 segundos. Ao ser removida do molde, a matriz reteve seu formato moldado. Estão expostos abaixo, na Tabela 2B, o número da passagem, a Rigidez King, a queda inicial de pressão e os valores de penetração inicial (e para as passagens nº 2-1M e 2-4M, o carregamento máximo) de NaCl para as matrizes moldadas.

**TABELA 2B**

Passagem nº	Rigidez King, N	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Penetração máxima de carregamento, %
2-1M	1,87	72,3 (7,37)	0,269	2,35
2-2M	2,89	48,7 (4,97)	0,541	-
2-3M	2,00	38,5 (3,93)	0,817	-
2-4M	1,60	56,6 (5,77)	0,348	3,95

A Figura 12 é um gráfico mostrando a porcentagem de penetração de NaCl e a queda de pressão para as matrizes moldadas das Passagens nº 2-1M e 2-4M. As curvas A e B são, respectivamente, os resultados de

porcentagem de penetração de NaCl para as passagens nº 2-1M e 2-4M, enquanto as curvas C e D são, respectivamente, os resultados de queda de pressão para as passagens nº 2-1M e 2-4M. A **Figura 12** mostra que as matrizes moldadas das passagens nº 2-1M e 2-4M apresentam matrizes moldadas de 5 camada única monocomponente que passam no teste de carregamento de NaCl N95 da C.F.R. 42, Parte 84.

### EXEMPLO 3

Usando-se o método geral do Exemplo 2, foram produzidas mantas a partir de 100% de polipropileno TOTAL 3960 sendo, então, 10 submetidas a 1) carga corona ou 2) carga corona e hidrocarga com água destilada. Estão expostos abaixo, na Tabela 3A, o número da passagem, técnica de carregamento, gramatura, DEF, espessura da manta, queda inicial de pressão, penetração inicial de NaCl e fator de qualidade QF para cada manta.

---

**TABELA 3A**

Passagem nº	Técnica de carregamento	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em $\mu\text{m}^{\text{e}}$	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Fator de qualidade, 1/ mm H <sub>2</sub> O
3-1F	Corona	237	14,2	3,23	65,7 (6,70)	32,4	0,17
3-2F	Corona/ Hidrocarga	237	14,2	3,23	66,4 (6,77)	13,2	0,30
3-3F	Corona	197	13,3	2,82	56,2 (5,73)	28,7	0,22
3-4F	Corona/ Hidrocarga	197	13,3	2,82	58,2 (5,93)	6,3	0,47

As mantas da Tabela 3A foram, então, moldadas mediante o uso do método do Exemplo 2, para formar matrizes moldadas em formato de bojo destinadas ao uso como respiradores pessoais. Estão expostos abaixo, na Tabela 3B, o número da passagem, a Rigidez King, a queda inicial de pressão e a penetração inicial de NaCl para as matrizes moldadas.

**TABELA 3B**

Passagem nº	Rigidez King, N	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %
3-1M	1,82	82,1 (8,37)	16,867
3-2M	1,82	100,7 (10,27)	7,143
3-3M	1,65	63,4 (6,47)	16,833
3-4M	1,65	73,3 (7,47)	5,637

Os dados na Tabela 3B mostram que essas matrizes moldadas tinham maior penetração que as matrizes moldadas do Exemplo 2, mas que tinham, também, uma considerável Rigidez King.

10

**EXEMPLO 4**

Usando-se o método do Exemplo 2, foram produzidas mantas a partir de polipropileno TOTAL 3960, ao qual havia sido adicionado 0,8% de fotoestabilizante à base de amina impedida CHIMASSORB 944, disponível junto à Ciba Specialty Chemicals, como um aditivo para carregamento de eletreto e, então, foram hidrocarregadas com água destilada. Estão expostos abaixo, na Tabela 4A, o número da passagem, gramatura, DEF, espessura da manta, queda inicial de pressão, penetração inicial de NaCl e fator de qualidade QF para cada manta.

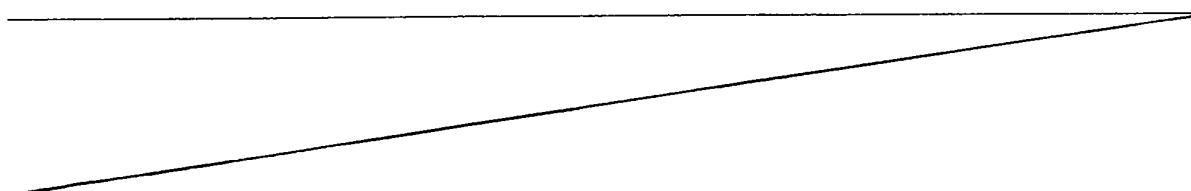


TABELA 4A

Passagem nº	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em $\mu$ m	Espessura, mm	Queda de pressão, $P_a$ (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Fator de qualidade, 1/mm H <sub>2</sub> O
4-1F	246	17,9	2,95	41,9 (4,27)	0,811	1,13
4-2F	203	18	2,41	33,0 (3,37)	2,090	1,15

As mantas da Tabela 4A foram, então, moldadas mediante o uso do método do Exemplo 2, para formar matrizes moldadas em formato de bojo destinadas ao uso como respiradores pessoais. Estão expostos abaixo, na Tabela 4B, o número da passagem, a Rigidez King, a queda inicial de pressão e a penetração inicial de NaCl para as matrizes moldadas.

**TABELA 4B**

Passagem nº	Rigidez King, N	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %
4-1M	2,89	52,0 (5,30)	0,591
4-2M	1,96	38,2 (3,90)	1,064

Os dados na Tabela 4B mostram que essas matrizes moldadas tinham maior penetração que as matrizes moldadas do Exemplo 2, mas que tinham, também, uma considerável Rigidez King.

10

**EXEMPLO 5**

Mediante o uso do método apresentado no Exemplo 4, foram produzidas mantas a partir do polipropileno TOTAL 3868 com um índice de fluidez de 37, disponível junto à Total Petrochemicals, ao qual foi adicionado 0,8% do fotoestabilizante à base de amina impedita CHIMASSORB 944 15 disponível junto à Ciba Specialty Chemicals, como um aditivo para carregamento de eletreto, sendo então hidrocarregadas com água destilada. Estão expostos abaixo, na Tabela 5A, o número da passagem, gramatura, DEF, espessura da manta, queda inicial de pressão, penetração inicial de NaCl e fator de qualidade QF para cada manta.

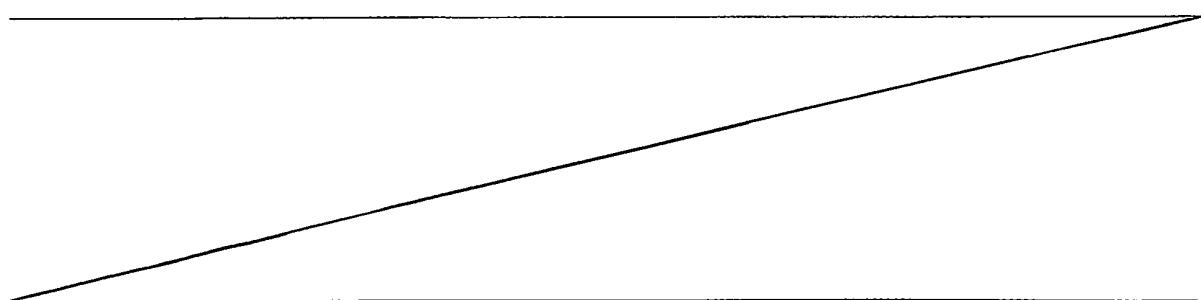


TABELA 5A

Passagem nº	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em $\mu$ m	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Fator de qualidade, 1/mm H <sub>2</sub> O
5-1F	243	22,2	2,67	30,7 (3,13)	4,040	1,02
5-2F	196	18,9	2,46	26,8 (2,73)	4,987	1,10

As mantas da Tabela 5A foram, então, moldadas mediante o uso do método do Exemplo 2, para formar matrizes moldadas em formato de bojo destinadas ao uso como respiradores pessoais. Estão expostos abaixo, na Tabela 5B, o número da passagem, a Rigidez King, a queda inicial de pressão e a penetração inicial de NaCl para as matrizes moldadas.

**TABELA 5B**

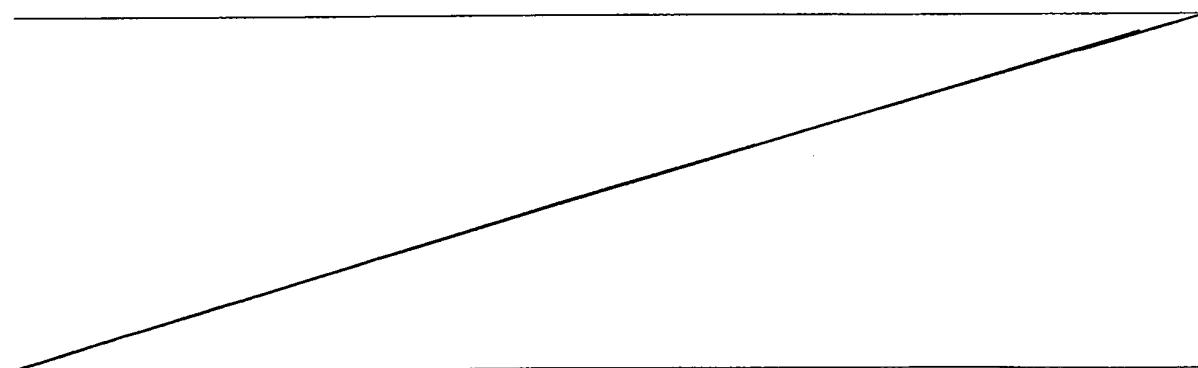
Passagem nº	Rigidez King, N	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %
5-1M	2,14	47,8 (4,87)	0,924
5-2M	1,78	33,6 (3,43)	1,880

Os dados na Tabela 5B mostram que essas matrizes moldadas tinham maior penetração que as matrizes moldadas do Exemplo 2, mas que tinham, também, uma considerável Rigidez King.

10

**EXEMPLO 6**

Mediante o uso do método apresentado no Exemplo 3, foram produzidas mantas a partir do polipropileno EXXON™ PP3746G 1475 com índice de fluidez, disponível junto à Exxon Mobil Corporation e, então, foram submetidas a 1) carga corona ou 2) carga corona e hidrocarga com água destilada. Estão expostos abaixo, na Tabela 6A, o número da passagem, técnica de carregamento, gramatura, DEF, espessura da manta, queda inicial de pressão, penetração inicial de NaCl e fator de qualidade QF para cada manta.



**TABELA 6A**

Passagem nº	Técnica de carregamento	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em $\mu$ m	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Fator de qualidade, 1/mm H <sub>2</sub> O
6-1F	Corona	247	14,7	4,22	104,2 (10,63)	17,533	0,16
	Corona/ Hidrocarga	247	14,7	4,22	143,2 (14,6)	7,55	0,18
6-2F	Corona	241	17,9	3,02	61,8 (6,3)	23,533	0,24
	Corona/ Hidrocarga	241	17,9	3,02	73,8 (7,53)	6,52	0,36
6-3F	Corona	200	14	3,10	77,2 (7,87)	12,667	0,26
	Corona/ Hidrocarga	200	14	3,10	102,3 (10,43)	7,06	0,25
6-4F	Corona	203	18,3	2,45	41,9 (4,27)	17,333	0,41
	Corona/ Hidrocarga	203	18,3	2,45	51,0 (5,2)	6,347	0,53
6-5F	Corona	200	14	3,10	77,2 (7,87)	12,667	0,26
	Corona/ Hidrocarga	200	14	3,10	102,3 (10,43)	7,06	0,25
6-6F	Corona	203	18,3	2,45	41,9 (4,27)	17,333	0,41
	Corona/ Hidrocarga	203	18,3	2,45	51,0 (5,2)	6,347	0,53
6-7F	Corona	203	18,3	2,45	41,9 (4,27)	17,333	0,41
	Corona/ Hidrocarga	203	18,3	2,45	51,0 (5,2)	6,347	0,53
6-8F	Corona	203	18,3	2,45	41,9 (4,27)	17,333	0,41
	Corona/ Hidrocarga	203	18,3	2,45	51,0 (5,2)	6,347	0,53

As mantas da Tabela 6A foram, então, moldadas mediante o uso do método do Exemplo 2, para formar matrizes moldadas em formato de bojo destinadas ao uso como respiradores pessoais. Estão expostos abaixo, na Tabela 6B, o número da passagem, a Rigidez King, a queda inicial de pressão e a penetração inicial de NaCl para as matrizes moldadas.

**TABELA 6B**

Passagem nº	Rigidez King, N	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %
6-1M	2,05	104,2 (10,63)	17,533
6-2M	2,05	143,2 (14,6)	7,550
6-3M	2,85	61,8 (6,30)	23,533
6-4M	2,85	73,8 (7,53)	6,520
6-5M	1,51	77,2 (7,87)	12,667
6-6M	1,51	102,3 (10,43)	7,060
6-7M	2,05	41,9 (4,27)	17,333
6-8M	2,05	51,0 (5,2)	6,347

A manta plana da Passagem nº 6-8F e a matriz moldada da Passagem nº 6-8M foram analisadas mediante o uso de microscopia eletrônica de varredura (SEM), sob ampliações de 50 a 1.000X, feitas mediante o uso de um microscópio eletrônico LEO VP 1450 (disponível junto à Carl Zeiss Electron Microscopy Group), funcionando a 15 kV, 15 mm WD, 0° de inclinação, e usando uma amostra revestida com ouro/paládio sob alto vácuo. As **Figuras 13 e 14** são fotomicrografias da manta plana da Passagem nº 6-8F e da matriz moldada da Passagem nº 6-8M. Os histogramas de número de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , foram obtidos a partir de imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (SEM) sob ampliações de 350 a 1.000X, tomadas de cada lado da manta plana ou da matriz. Cerca de 150 a 200 fibras da imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura (SEM) para cada lado foram contadas e medidas mediante o uso do programa para análise

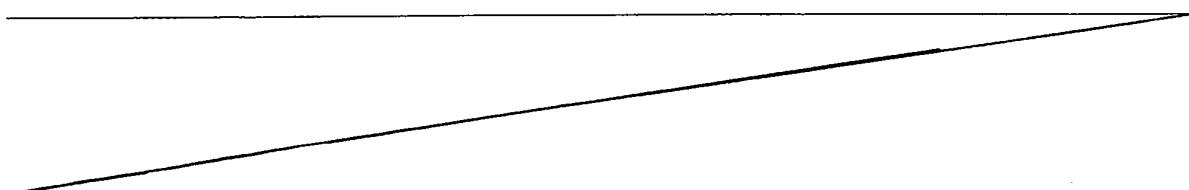
de imagens UTHSCSA IMAGE TOOL, disponível junto à University of Texas Health Science Center, em San Antonio, TX, EUA, sendo combinadas, então, as observações para os dois lados. As **Figuras 15 e 16** são histogramas de número de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , para a manta plana da Passagem nº 6-8F e para a matriz moldada da Passagem nº 6-8M. Outros detalhes referentes às análises do tamanho da fibra para estas mantas são mostrados abaixo, na Tabela 6C:

**TABELA 6C**

(Valores em $\mu\text{m}$ ):	Manta plana 6-8F	Matriz moldada 6-8M
<b>Média</b>	5,93	5,67
<b>Desvio padrão</b>	5,36	4,30
<b>Mínimo</b>	1,39	1,35
<b>Máximo</b>	42,62	36,83
<b>Mediano</b>	4,24	4,44
<b>Modo</b>	4,06	3,94
<b>Número de fibras</b>	324	352

**EXEMPLO 7**

10 Mediante o uso do método apresentado no Exemplo 2, foram produzidas mantas a partir do polipropileno EXXON PP3746G, ao qual foi adicionado 1% de tristearil melamina como um aditivo para carregamento de eletreto, sendo então hidrocarregadas com água destilada. Estão expostos abaixo, na Tabela 7A, o número da passagem, gramatura, DEF, espessura da 15 manta, queda inicial de pressão, penetração inicial de NaCl e fator de qualidade QF para cada manta.



**TABELA 7A**

Passagem nº	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em $\mu$ m	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Fator de qualidade, 1/mm H <sub>2</sub> O
7-1F	247	14,2	3,63	60,8 (6,20)	0,537	0,84
7-2F	204	14,3	3,05	56,6 (5,77)	0,596	0,89

As mantas da Tabela 7A foram, então, moldadas mediante o uso do método do Exemplo 2, para formar matrizes moldadas em formato de bojo destinadas ao uso como respiradores pessoais. Estão expostos abaixo, na Tabela 7B, o número da passagem, a Rigidez King, a queda inicial de pressão e a penetração inicial de NaCl para as matrizes moldadas.

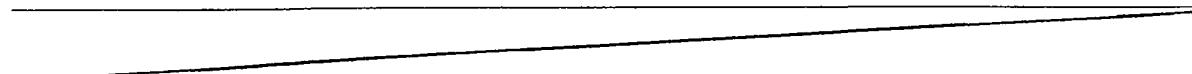
**TABELA 7B**

Passagem nº	Rigidez King, N	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Penetração máxima de carregamento, %
7-1M	1,91	118,4 (12,07)	0,282	2,39
7-2M	1,33	89,9 (9,17)	0,424	5,14

A Figura 17 é um gráfico mostrando a porcentagem de penetração de NaCl e a queda de pressão para a matriz moldada da Passagem nº 7-1M. As curvas A e B são, respectivamente, os resultados de porcentagem de penetração de NaCl e queda de pressão. A Figura 17 e os dados na Tabela 7B mostram que a matriz moldada da Passagem nº 7-1M resulta em uma matriz moldada de camada única monocomponente, que passa no teste de carregamento de NaCl N95 da C.F.R. 42, Parte 84.

**EXEMPLO 8**

Usando-se o método do Exemplo 4, foram produzidas mantas a partir de polipropileno EXXON PP3746G, ao qual havia sido adicionado 0,8% de fotoestabilizante à base de amina impedida CHIMASSORB 944, disponível junto à Ciba Specialty Chemicals, como um aditivo para carregamento de eletreto e, então, foram hidrocarregadas com água destilada. Estão expostos abaixo, na Tabela 8A, o número da passagem, gramatura, DEF, espessura da manta, queda inicial de pressão, penetração inicial de NaCl e fator de qualidade QF para cada manta.



**TABELA 8A**

Passagem nº	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em µm	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Fator de qualidade, 1/mm H <sub>2</sub> O
8-1F	244	14,4	3,86	63,7 (6,50)	0,129	1,02
8-2F	239	18,5	3,02	41,2 (4,20)	0,883	1,13
8-3F	204	14,6	3,10	55,6 (5,67)	0,208	1,09
8-4F	201	18,7	2,46	33,6 (3,43)	1,427	1,24

As mantas da Tabela 8A foram, então, moldadas mediante o uso do método do Exemplo 2, para formar matrizes moldadas em formato de bojo destinadas ao uso como respiradores pessoais. Estão expostos abaixo, na Tabela 8B, o número da passagem, a Rigidez King, a queda inicial de pressão e os valores de penetração inicial (e para a Passagem nº 8-3M, o carregamento máximo) de NaCl para as matrizes moldadas.

**TABELA 8B**

Passagem nº	Rigidez King, N	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Penetração máxima de carregamento, %
8-1M	2,49	118,4 (12,07)	0,057	
8-2M	2,89	67,4 (6,87)	0,485	
8-3M	1,65	86,6 (8,83)	0,153	4,89
8-4M	1,87	46,4 (4,73)	0,847	

Os dados na Tabela 8B mostram que a matriz moldada da Passagem nº 8-3M resulta em uma matriz moldada de camada única monocomponente, que passa no teste de carregamento de NaCl N95 da C.F.R. 42, Parte 84. As matrizes moldadas das Passagens nº 8-1M, 8-2M e 8-4M não foram testadas para determinar sua penetração máxima de carregamento.

**EXEMPLO 9**

Mediante o uso do método apresentado no Exemplo 3, foram produzidas mantas a partir do polipropileno EXXON PP3746G, ao qual foi adicionado 1% de tristearil melamina como um aditivo para carregamento de eletreto, sendo então hidrocarregadas com água destilada. As mantas planas resultantes foram formadas em respiradores moldados cujas demais camadas eram como aquelas apresentadas nas patentes U.S. nº 6.041.782 (Angadjivand et al. '782) e 6.923.182 B2 (Angadjivand et al. '183). Os respiradores incluíam uma manta para camada de revestimento externo em microfibra soprada, uma manta adesiva em não-tecido termoplástico PE85-12, disponível junto à Bostik

• Findley, a manta plana deste Exemplo 9, uma outra manta adesiva em não-tecido termoplástico PE85-12 e uma outra manta para camada de revestimento interno em microfibra soprada. As camadas foram formadas em um respirador em formato de bojo mediante o uso de um molde como aquele descrito acima, 5 porém com uma superfície frontal dotada de nervuras. Os respiradores moldados resultantes foram avaliados de acordo com a ASTM F-1862-05, “Standard Test Method for Resistance of Medical Face Masks to Penetration by Synthetic Blood (Horizontal Projection of Fixed Volume at a Known Velocity)”, sob pressões de teste de 1,2 kPa (120 mm Hg) e 1,6 kPa (160 mm Hg). O teste 10 a 1,2 kPa (120 mm Hg) empregou um tempo de válvula de 0,640 segundos, e uma pressão do tanque de 0,043 MPa. O teste a 1,6 kPa (160 mm Hg) empregou um tempo de válvula de 0,554 segundos, e uma pressão do tanque de 0,052 MPa. Os respiradores passaram no teste em ambas as pressões de teste. Estão expostos abaixo, na Tabela 9A, o número da passagem e a 15 gramatura, DEF, espessura, queda inicial de pressão e penetração inicial de NaCl para a manta monocomponente moldada.

TABELA 9

Passagem nº	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em μm	Espessura da manta plana, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O) after molding	Penetração inicial, %
9-1M	199	11,9	3,22	85,3 (8,7)	0,269
9-2M	148	12,2	2,4	94,1 (9,6)	0,75

EXEMPLO 10

Mediante o uso do método apresentado no Exemplo Comparativo 3 20 da patente U.S. nº 6.319.865 B1 (Mikami), as mantas foram preparadas usando-se uma matriz com 25,4 cm (10 pol) de largura dotada de orifícios perfurados, cuja ponta foi modificada para apresentar uma fileira de orifícios maiores e menores. Os orifícios maiores tinham 0,6 mm de diâmetro (Da), os orifícios menores tinham 0,4 mm de diâmetro (Db), a razão entre os diâmetros dos

- orifícios (Da/Db) era de 1,5, haviam 5 orifícios menores entre cada par de orifícios maiores, e os orifícios estavam espaçados a 11,8 orifícios/cm (30 orifícios/pol). Uma extrusora de rosca única com rosca de 50 mm de diâmetro e uma bomba para material fundido de 10 cc foram usadas para suprir a matriz com 100% de polipropileno TOTAL 3868. A matriz tinha, também, uma largura de 0,20 mm na fenda para ar, um ângulo de 60° na borda do bocal e uma abertura de 0,58 mm no rebordo para ar. Uma tela de malha fina movendo-se a uma velocidade de 1 a 50 m/min foi empregada para coletar as fibras. Os outros parâmetros operacionais são mostrados abaixo, na Tabela 10A:

10

**TABELA 10A**

Parâmetro	Valor
Índice de fluidez do polímero	37 IF
Temperatura do cilindro extrusor	320°C
velocidade da rosca	8 rpm
Índice de fluidez do polímero	4,55 kg/h
Temperatura da matriz	300°C
DMC	200 mm
Temperatura do ar na matriz	275°C
velocidade do ar na matriz	5 Nm <sup>3</sup> /min
Diâmetro do orifício maior Da	0,6 mm
Diâmetro do orifício menor Db	0,4 mm
Razão entre os diâmetros dos orifícios R (Da/Db)	1,5
Número de orifícios menores por orifício maior	5
Diâmetro médio da fibra, µm	2,44
Desvio padrão para o diâmetro da fibra, µm	1,59
Diâmetro mínimo da fibra, µm	0,65
Diâmetro máximo da fibra, µm	10,16
DEF, em µm	9,4
Imperfeições por acúmulo de partículas	Muitas

Usando-se os parâmetros operacionais acima mencionados, não foi obtida uma manta isenta de imperfeições por acúmulo de partículas. Caso se houvesse formado uma manta isenta de imperfeições por acúmulo de partículas, o valor de diâmetro efetivo da fibra observado teria sido 5 provavelmente menor que o valor de 9,4  $\mu\text{m}$  registrado acima. As mantas contendo imperfeições por acúmulo de partículas foram, mesmo assim, preparadas em quatro diferentes gramaturas, especificamente com 60, 100, 150 e 200  $\text{g}/\text{m}^2$ , mediante a variação da velocidade do coletor.

A **Figura 18** é um histograma de fração de massa vs. tamanho de 10 fibra, em  $\mu\text{m}$ , para a manta de 200  $\text{g}/\text{m}^2$ . A manta exibiu modos a 2 e 7  $\mu\text{m}$ . Os picos locais também apareceram em 4 e 10  $\mu\text{m}$ . O pico em 4  $\mu\text{m}$  não tinha uma altura maior que os tamanhos de fibra 2  $\mu\text{m}$  menores e 2  $\mu\text{m}$  maiores, não representando um modo, e o pico em 10  $\mu\text{m}$  não tinha uma altura maior que os tamanhos de fibra 2  $\mu\text{m}$  menores, não representando um modo. Conforme 15 mostrado na **Figura 18**, a manta não tinha um modo de fibra com tamanho maior que 10  $\mu\text{m}$ .

A manta de 200  $\text{g}/\text{m}^2$  foi moldada mediante o uso do método geral do Exemplo 2, para formar uma matriz moldada em formato de bojo. O molde aquecido foi fechado até um vão de 0,5 mm, sendo empregado um 20 tempo de permanência aproximado de 6 segundos. A matriz moldada foi deixada resfriar, e descobriu-se que apresentava um valor de Rigidez King de 0,64 N.

Foi constatado que a ocorrência de imperfeições por acúmulo de 25 partículas poderia ser reduzida mediante o emprego de um polímero com maior índice de fluidez e o aumento do valor da DMC. Mediante o uso de 100% de polipropileno TOTAL 3860X 100 com índice de fluidez, disponível junto à Total Petrochemicals, e os parâmetros operacionais mostrados abaixo na Tabela 10B, mantas com ocorrência substancialmente reduzida de imperfeições por acúmulo

de partículas foram formadas a 60, 100, 150 e 200 g/m<sup>2</sup>, mediante a variação da velocidade do coletor. As mantas resultantes tinham consideravelmente mais fibras com um diâmetro maior que 10 µm, em comparação às mantas produzidas mediante o uso dos parâmetros operacionais da Tabela 10A.

5

**TABELA 10B**

Parâmetro	Valor
Índice de fluidez do polímero	100 IF
Temperatura do cilindro extrusor	320°C
velocidade da rosca	8 rpm
Índice de fluidez do polímero	4,55 kg/h
Temperatura da matriz	290°C
DMC	305 mm
Temperatura do ar na matriz	270°C
velocidade do ar na matriz	4,4 Nm <sup>3</sup> /min
Diâmetro do orifício maior Da	0,6 mm
Diâmetro do orifício menor Db	0,4 mm
Razão entre os diâmetros dos orifícios R (Da/Db)	1,5
Número de orifícios menores por orifício maior	5
Diâmetro médio da fibra, µm	3,82
Desvio padrão para o diâmetro da fibra, µm	2,57
Diâmetro mínimo da fibra, µm	1,33
Diâmetro máximo da fibra, µm	20,32
DEF, em µm	13,0
Imperfeições por acúmulo de partículas	Não muitas

A **Figura 19** é um histograma de fração de massa vs. tamanho de fibra, em µm, para a manta de 200 g/m<sup>2</sup>. A manta exibiu modos a 4, 10, 17 e 22 µm. Picos locais não-modais também apareceram a 8 e 13 µm. Conforme mostrado na **Figura 19**, a manta tinha modos de fibra com tamanho maior que

- 10  $\mu\text{m}$ . A **Figura 20** é um histograma de número de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , para a mesma manta de 200  $\text{g/m}^2$ .

A manta de 200  $\text{g/m}^2$  foi moldada mediante o uso do método geral do Exemplo 2, para formar uma matriz moldada em formato de bojo. O 5 molde aquecido foi fechado até um vão de 0,5 mm, sendo empregado um tempo de permanência aproximado de 6 segundos. A matriz moldada foi deixada resfriar, e descobriu-se que apresentava um valor de Rígidez King de 0,98 N.

Determinou-se, também, que a ocorrência de imperfeições por 10 acúmulo de partículas poderia ser reduzida mediante o emprego de uma matriz com um maior número de orifícios menores por orifício maior, em comparação às matrizes de Mikami et al. Mantas com quantidade mínima de imperfeições por acúmulo de partículas foram, também, produzidas com 60, 100, 150 e 200  $\text{g/m}^2$ , usando-se tanto o polímero TOTAL 3868 como o polímero TOTAL 15 3860X, e uma matriz com orifícios perfurados diferente, com 25,4 cm (10 pol). A ponta para essa matriz foi modificada para apresentar uma fileira de orifícios maiores e menores, com um maior número de orifícios menores entre os orifícios maiores, em comparação ao apresentado em Mikami et al. Os orifícios maiores tinham 0,63 mm de diâmetro (Da), os orifícios menores tinham 0,3 mm 20 de diâmetro (Db), a razão entre os diâmetros dos orifícios (Da/Db) era de 2,1, haviam 9 orifícios menores entre cada par de orifícios maiores, e os orifícios estavam espaçados a 9,8 orifícios/cm (25 orifícios/pol). Uma extrusora de rosca 25 única com rosca de 50 mm de diâmetro e uma bomba para material fundido de 10 cc foram usadas para suprir a matriz com polímero. A matriz tinha, também, uma largura de 0,76 mm na fenda para ar, um ângulo de 60° na borda do bocal e uma abertura de 0,86 mm no rebordo para ar. Uma tela de malha fina movendo-se a uma velocidade de 1 a 50 m/min e os parâmetros operacionais mostrados abaixo na Tabela 10C foram empregados para coletar as mantas a

- 60, 100, 150 e 200 g/m<sup>2</sup>:

TABELA 10C

Parâmetro	Valor	
Índice de fluidez do polímero	37 IF	100 IF
Temperatura do cilindro extrusor	320°C	320°C
velocidade da rosca	9 rpm	10 rpm
Índice de fluidez do polímero	4,8 kg/h	4,8 kg/h
Temperatura da matriz	295°C	290°C
DMC	395 mm	420 mm
Temperatura do ar na matriz	278°C	274°C
velocidade do ar na matriz	4,8 Nm <sup>3</sup> /min	4,8 Nm <sup>3</sup> /min
Diâmetro do orifício maior Da	0,63 mm	0,63 mm
Diâmetro do orifício menor Db	0,3 mm	0,3 mm
Razão entre os diâmetros dos orifícios R (Da/Db)	2,1	2,1
Número de orifícios menores por orifício maior	9	9
Diâmetro médio da fibra, µm	2,31	2,11
Desvio padrão para o diâmetro da fibra, µm	4,05	3,12
Diâmetro mínimo da fibra, µm	0,17	0,25
Diâmetro máximo da fibra, µm	23,28	23,99
DEF, em µm	10,4	11,2
Imperfeições por acúmulo de partículas	Não muitas	Não muitas

A **Figura 21** é um histograma de fração de massa vs. tamanho de fibra, em µm, para a manta de 200 g/m<sup>2</sup> e IF 100. A manta exibiu modos a 5 15, 30 e 40 µm. Conforme mostrado na **Figura 21**, a manta tinha um modo de fibra com tamanho maior que 10 µm. A **Figura 22** é um histograma de número de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em µm, para a mesma manta de 200 g/m<sup>2</sup>.

As mantas das Tabelas 10A, 10B e 10C foram moldadas

mediante o uso do método geral apresentado no Exemplo 2, para formar matrizes moldadas em formato de bojo. O molde aquecido foi fechado com um vão de zero para mantas com gramaturas de 60 e 100 g/m<sup>2</sup>, e com um vão de 0,5 mm para mantas com gramaturas de 150 e 200 g/m<sup>2</sup>. Foi usado um tempo de permanência aproximado de 6 segundos. As matrizes moldadas de 200 g/m<sup>2</sup> foram avaliadas para determinar a Rigidez King, e descobriu-se que tinham valores respectivos de Rigidez King de 1,2 N (polímero com IF de 37) e 1,6 N (polímero com IF de 100). As mantas de 60, 100 e 150 g/m<sup>2</sup> estavam abaixo do limite para medição e, dessa forma, não foram avaliadas para determinar a Rigidez King.

As matrizes moldadas de todas as mantas foram, também, avaliadas para determinar sua resistência à deformação RD. Os resultados são mostrados abaixo, na Tabela 10D:

**TABELA 10D**

Manta produzida de acordo com os parâmetros operacionais de:	Índice de fluidez do polímero	Gramatura, g/m <sup>2</sup>			
		60	100	150	200
		Resistência à deformação RD, g			
Tabela 10A	37	7,35	23,56	46,37	75,81
Tabela 10B	100	7,35	23,59	71,78	108,01
Tabela 10C	37	20,16	46,21	92,58	134,67
Tabela 10C	100	12,8	34,58	121,01	187,56

A Figura 23 mostra uma plotagem de valores de resistência à deformação (RD) vs. gramatura. As curvas A, B, C e D mostram, respectivamente, mantas produzidas de acordo com a Tabela 10A (37 g/m<sup>2</sup>, razão Db/Da de 5:1), Tabela 10B e Tabela 10C (37 g/m<sup>2</sup>) e Tabela 10C (100 g/m<sup>2</sup>). Conforme mostrado na Tabela 10D e na Figura 23, as mantas produzidas de acordo com o Exemplo Comparativo 5 de Mikami et al., usando

um polímero como aquele com IF de 40 empregado por Mikami et al., tinham valores de resistência à deformação (RD) relativamente baixos. O uso de um polímero com índice de fluidez mais alto que aquele usado por Mikami et al., ou o uso de uma matriz com maior número de orifícios menores por orifício 5 maior que as matrizes usadas por Mikami et al., resultou em mantas com valores de resistência à deformação (RD) significativamente maiores.

#### EXEMPLO 11

Mediante o uso de um aparelho como aquele mostrado na Figura 6, e procedimentos como aqueles descritos em Wente, Van A. 10 "Superfine Thermoplastic Fiber", Industrial and Engineering Chemistry, Volume 48. nº 8, 1956, páginas 1342-1346, e Naval Research Laboratory Report 111437, de 15 de abril de 1954, uma manta de camada única monocomponente foi formada usando-se a fiação via sopro de fibras maiores e fibras de tamanho menor com a mesma composição polimérica 15 preparadas separadamente. As fibras de tamanho maior foram formadas mediante o uso do polipropileno TOTAL 3960 (um polímero com IF de 350) ao qual foi adicionado 0,8% de fotoestabilizante à base de amina impedida CHIMASSORB 944 como um aditivo para carregamento de eletreto, bem como 1% de pigmento azul POLYONE™ nºCC10054018WE, disponível 20 junto à PolyOne Corp., para auxiliar na avaliação da distribuição de fibras de tamanho maior na manta. A blenda polimérica azul resultante foi alimentada a uma extrusora de rosca única DAVIS STANDARD™ modelo 20 de 50,8 mm (2 pol), disponível junto à Davis Standard Division, da Crompton & Knowles Corp. A extrusora tinha um comprimento de 152 cm 25 (60 pol) e uma razão entre comprimento e diâmetro de 30/1. As fibras de tamanho menor foram formadas mediante o uso do polipropileno EXXON PP3746 (um polímero com IF de 1.475), disponível junto à Exxon Mobil Corporation, ao qual foi adicionado 0,8% de fotoestabilizante à base de

amina impedida CHIMASSORB 944. Esse último polímero era de cor branca e foi alimentado a uma extrusora de rosca única KILLION™ de 19 mm (0,75 pol), disponível junto à Davis Standard Division, da Crompton & Knowles Corp. Mediante o uso de bombas para material fundido 5 ZENITH™ de 10 cc/rev, disponíveis junto à Zenith Pumps, o fluxo de cada polímero foi medido para separar as cavidades da matriz em uma matriz para fiação via sopro com 50,8 cm (20 pol) de largura, dotada de orifícios perfurados, empregando orifícios com diâmetro de 0,38 mm (0,015 in) a um espaçamento de 10 orifícios/cm (25 orifícios/pol), sendo os orifícios 10 alternados alimentados por meio de cada uma das cavidades da matriz. Ar aquecido foi usado para atenuar as fibras na ponta da matriz. A faca de ar empregava um deslocamento positivo de 0,25 mm (0,010 pol) e uma lacuna de ar de 0,76 mm (0,030 pol). Um vácuo moderado foi puxado através de uma tela coletora de rede média, no ponto de formação da 15 manta. A taxa de saída de polímero das extrusoras era de 0,18 kg/cm/h (1,0 lbs/pol/h), a DMC (distância da matriz ao coletor) era de 57,2 cm (22,5 pol) e a velocidade do coletor foi ajustada conforme necessário para a obtenção de mantas com uma gramatura de 208 g/m<sup>2</sup>. Um DEF desejado de 20 µm foi obtido mediante a alteração das taxas de fluxo de extrusão, 20 das temperaturas de extrusão e da pressão do ar aquecido, conforme necessário. Mediante o ajuste da taxa de polímero proveniente de cada extrusora, foi produzida uma manta com 75% de fibras de tamanho maior e 25% de fibras de tamanho menor. A manta foi hidrocarregada com água destilada, de acordo com a técnica apresentada na patente U.S. nº 25 5.496.507 (Angadjivand et al. '507), e foi deixada secar. Estão expostos abaixo, na Tabela 11A, o número da passagem, gramatura, DEF, espessura da manta, queda inicial de pressão, penetração inicial de NaCl e fator de qualidade QF para a manta plana, a uma velocidade de face de

13,8 cm/s.

**TABELA 11A**

Passagem nº	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em μm	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Fator de qualidade, 1/ mm H <sub>2</sub> O
11-1F	208	20,3	4,49	28,4 (2,9)	4,1	1,10

A manta da Tabela 11A foi, então, moldada para formar uma matriz moldada em formato de bojo, destinada ao uso como respirador pessoal.

- 5 O molde superior foi aquecido até cerca de 113°C (235°F), o molde inferior foi aquecido até cerca de 116°C (240°F), foi usado um vão de 0,51 mm (0,020 pol) no molde, e a manta foi deixada no dito molde durante cerca de 6 segundos. Ao ser removida do molde, a matriz reteve seu formato moldado. Estão expostos abaixo, na Tabela 11B, o número da passagem, a Rigidez King,
- 10 queda inicial de pressão, a penetração inicial de NaCl e a penetração máxima de carregamento para a matriz moldada.

**TABELA 11B**

Passagem nº	Rigidez King, N	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Penetração máxima de carregamento, %
11-1M	1,33	51,0 (5,2)	6,5	17,1

Os dados na Tabela 11B mostram que a matriz moldada apresentava uma rigidez apreciável

15

**EXEMPLO 12**

- O Exemplo 11 foi repetido sem usar o aditivo para carregamento de eletreto, seja nas fibras de tamanho maior ou de tamanho menor. A manta foi carregada com plasma, de acordo com a técnica apresentada na patente U.S. nº 6.660.210 (Jones et al.) e, então, hidrocarregada com água destilada de acordo
- 20 com a técnica apresentada na patente U.S. nº 5.496.507 (Angadjivand et al.

507), sendo então deixada secar. Estão expostos abaixo, na Tabela 12A, o número da passagem, gramatura, DEF, espessura da manta, queda inicial de pressão, penetração inicial de NaCl e fator de qualidade QF para a manta plana, a uma velocidade de face de 13,8 cm/s.

5

**TABELA 12A**

Passagem nº	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em µm	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Fator de qualidade, 1/mm H <sub>2</sub> O
12-1F	204	13,4	4,92	51,0 (5,2)	1,9	0,76

A manta da Tabela 12A foi, em seguida, moldada de acordo com o método do Exemplo 11. Ao ser removida do molde, a matriz reteve seu formato moldado. Estão expostos abaixo, na Tabela 12B, o número da passagem, a Rigidez King, queda inicial de pressão, a penetração inicial de NaCl e a penetração máxima de carregamento para a matriz moldada.

10

**TABELA 12B**

Passagem nº	Rigidez King, N	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Penetração máxima de carregamento, %
12-1M	1,47	84,3 (8,6)	1,95	3,67

Os dados na Tabela 12B mostram que essa matriz moldada resulta em uma camada única monocomponente para filtração que passa no teste de carregamento de NaCl N95 da C.F.R. 42, Parte 84.

15

**EXEMPLO 13**

Mediante o uso do método apresentado no Exemplo 11, foi formada uma manta de camada única monocomponente. As fibras de tamanho maior foram formadas mediante o uso do polipropileno TOTAL 3868 (um polímero com IF de 37) ao qual foi adicionado 0,8% do fotoestabilizante à base de amina impedida CHIMASSORB 944, disponível junto à Ciba Specialty Chemicals, como um aditivo para carregamento de eletreto, e 2% de pigmento

azul POLYONE™ nºCC10054018WE. As fibras de tamanho menor foram formadas mediante o uso do polipropileno EXXON PP3746G, ao qual foi adicionado 0,8% de fotoestabilizante à base de amina impedida CHIMASSORB 944. A taxa de saída de polímero das extrusoras era de 0,27 kg/cm/h (1,5 lbs/pol/h), a DMC (distância da matriz ao coletor) era de 34,3 cm (13,5 pol) e a taxa de saída de polímero a partir de cada extrusora foi ajustada para a obtenção de uma manta com 65% de fibras de tamanho maior e 35% de fibras de tamanho menor. A manta foi hidrocarregada com água destilada, de acordo com a técnica apresentada na patente U.S. nº 5.496.507 (Angadjivand et al. '507), e foi deixada secar. Estão expostos abaixo, na Tabela 13A, o número da passagem, gramatura, DEF, espessura da manta, queda inicial de pressão, penetração inicial de NaCl e fator de qualidade QF para a manta plana, a uma velocidade de face de 13,8 cm/s.

**TABELA 13A**

Passagem nº	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em µm	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Fator de qualidade, 1/mm H <sub>2</sub> O
13-1F	226	15,1	3,76	37,3 (3,8)	1,3	1,06

A manta da Tabela 13A foi, então, moldada para formar uma matriz moldada em formato de bojo, destinada ao uso como respirador pessoal. As partes superior e inferior do molde foram ambas aquecidas até cerca de 110°C (230°F), com um vão do molde de 1,02 mm (0,040 pol), e a manta foi deixada no dito molde durante cerca de 9 segundos. Ao ser removida do molde, a matriz reteve seu formato moldado. Estão expostos abaixo, na Tabela 13B, o número da passagem, a Rigidez King, queda inicial de pressão, a penetração inicial de NaCl e a penetração máxima de carregamento para a matriz moldada.

**TABELA 13B**

Passagem nº	Rigidez King, N	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Penetração inicial, %	Penetração máxima de carregamento, %
13-1M	2,88	33,3 (3,4)	0,053	2,26

A **Figura 24** é um gráfico mostrando a porcentagem de penetração de NaCl e a queda de pressão para o respirador moldado da Passagem nº 13-1M, e a **Figura 25** é um gráfico similar para um respirador do tipo N95 disponível comercialmente, produzido a partir de meios filtrantes multcamadas. As curvas **A** e **B** são, respectivamente, os resultados de porcentagem de penetração de NaCl e de queda de pressão para o respirador da Passagem nº 13-1M, enquanto as curvas **C** e **D** são, respectivamente, os resultados de porcentagem de penetração de NaCl e de queda de pressão para o respirador disponível comercialmente. A **Figura 24** e os dados na Tabela 13B mostram que a matriz moldada da Passagem nº 13-1M resulta em uma camada única monocomponente para filtração que passa no teste de carregamento de NaCl N95 apresentado na C.F.R. 42, Parte 84, podendo oferecer um filtro com vida útil mais longa que o respirador disponível comercialmente.

As **Figuras 26** e **27** são, respectivamente, uma fotomicrografia e um histograma de número de fibras (frequência) vs. tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , da matriz moldada da Passagem nº 13-1M. Na Tabela 13C, abaixo, é apresentado um sumário das contagem de distribuição do tamanho da fibra, e na Tabela 13D, abaixo, é apresentado um sumário das estatísticas de tamanho da fibra para a matriz moldada da Passagem nº 13-1M.

**TABELA 13C**

Tamanho, $\mu\text{m}$	Frequência	Porcentagem Cumulativa
0	0	0,00%
2,5	30	22,56%
5	46	57,14%
7,5	20	72,18%
10	11	80,45%
12,5	0	80,45%

Tamanho, $\mu\text{m}$	Frequência	Porcentagem Cumulativa
15	4	83,46%
17,5	2	84,96%
20	3	87,22%
22,5	2	88,72%
25	3	90,98%
27,5	1	91,73%
30	3	93,98%
32,5	2	95,49%
35	2	96,99%
37,5	1	97,74%
40	2	99,25%
Mais	1	100,00%

**TABELA 13D**

Estatística	Valor, $\mu\text{m}$
Diâmetro médio da fibra, $\mu\text{m}$	8,27
Desvio padrão para o diâmetro da fibra, $\mu\text{m}$	9,56
Diâmetro mínimo da fibra, $\mu\text{m}$	0,51
Diâmetro máximo da fibra, $\mu\text{m}$	46,40
Diâmetro médio da fibra, $\mu\text{m}$	4,57
Modo, $\mu\text{m}$	2,17
Número de fibras	133

A Figura 26 mostra que as fibras da matriz estão unidas uma à outra em pelo menos alguns pontos de intersecção. A Figura 27 e os dados na Tabela 13C mostram que a mistura de fibras tamanho maior e fibras de 5 tamanho menor era polimodal, com pelo menos três modos locais.

**EXEMPLO 14**

Mediante o uso do método apresentado no Exemplo 2, foram produzidas mantas a partir do polipropileno EXXON PP3746G, ao qual foi adicionado 1% de tristearil melamina como um aditivo para carregamento de eletreto. Para as Passagens nº 14-1F e 14-2F, uma bomba para material fundido Zenith de 10 cc/rev dosou o fluxo de polímero para uma matriz para fiação via sopro com 50,8 cm (20 pol) de largura dotada de orifícios perfurados, cujos orifícios originais de 0,3 mm (0,012 pol) haviam sido modificados mediante a perfuração de cada nono orifício para 0,6 mm (0,025 pol), resultando assim em uma razão de 9:1 entre o número de orifícios de tamanho menor e o número de orifícios de tamanho maior, e uma razão de 2:1 entre o tamanho do orifício maior e o tamanho do orifício menor. A linha de orifícios tinha um espaçamento de 10 orifícios/cm (25 orifícios/polegada). Ar aquecido foi usado para atenuar as fibras na ponta da matriz. A faca de ar empregava um deslocamento positivo de 0,25 mm (0,010 pol) e uma lacuna de ar de 0,76 mm (0,030 pol). Um vácuo entre nulo e moderado foi puxado através de uma tela coletora de rede média, no ponto de formação da manta. A taxa de saída de polímero da extrusora variou de 0,18 a 0,54 kg/cm/h (de 2,0 a 3,0 lbs/pol/h), a DMC (distância da matriz ao coletor) variou de 45,7 a 52,1 cm (de 12,0 a 25,0 pol), e a pressão de ar foi ajustada conforme necessário para a obtenção de mantas com gramatura e DEF conforme mostrado abaixo, na Tabela 14A. Para o Exemplo 14-3F, foi usada uma matriz para fiação via sopro com 50,8 cm (20 pol) de largura dotada de orifícios perfurados de 0,38 mm (0,015 pol) e espaçamento de 10 orifícios/cm (25 orifícios/polegada). A taxa de saída de polímero da extrusora era de 0,54 kg/cm/h (3,0 lbs/pol/h), a DMC (distância da matriz ao coletor) era de 78,7 cm (31 pol) e a pressão de ar foi ajustada conforme necessário para a obtenção de mantas com gramatura e DEF conforme mostrado abaixo, na Tabela 14A.

**TABELA 14A**

Passagem nº	Índice de fluidez do polímero kg/cm/h	Gramatura, g/m <sup>2</sup>	DEF, em µm	Espessura, mm	Queda de pressão, Pa (mm H <sub>2</sub> O)	Distância do coletor cm
14-1F	0,18	151	11,7	2,59	51,0 (5,2)	45
14-2F	0,54	151	11,7	2,69	50,0 (5,1)	52
14-3F	0,54	150	11,5	2,87	50,0 (5,1)	78

Diversas modalidades da invenção foram descritas. Todavia, deve-se compreender que várias modificações podem ser feitas sem afastar-se do escopo da invenção. Consequentemente, outras modalidades estão no escopo das reivindicações apresentadas a seguir.

## REIVINDICAÇÕES

1. PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE UM RESPIRADOR

MOLDADO, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

a) formar uma manta de não-tecido monocomponente de camada

5 única contendo uma mistura bimodal de fração de massa/tamanho de fibra composta por microfibras poliméricas monocomponentes e fibras de tamanho maior contínuas e entrelaçadas com a mesma composição polimérica,

b) carregar a manta, e

c) modelar a manta carregada para formar uma matriz de camada

10 única monocomponente porosa em formato de bojo, sendo que as fibras da matriz estão unidas uma à outra em pelo menos alguns pontos de intersecção, e sendo que a matriz tem uma Rígidez King maior que 1 N.

2. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de que o histograma de fração de massa versus 15 tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , exibe um modo de fibra com tamanho maior de cerca de 10 a cerca de 50  $\mu\text{m}$ .

3. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de que o histograma de fração de massa versus tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , exibe um modo de fibra com tamanho maior de cerca 20 de 10 a cerca de 40  $\mu\text{m}$ .

4. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de que o histograma de fração de massa versus tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , exibe um modo de microfibra de cerca de 1 a cerca 25 de 5  $\mu\text{m}$ , e um modo de fibra com tamanho maior de cerca de 12 a cerca de 30  $\mu\text{m}$ .

5. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de que o histograma de número de fibras (frequência) versus tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , exibe pelo menos dois modos cujos tamanhos

de fibra correspondentes diferem em pelo menos 50% do menor tamanho de fibra.

6. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender a etapa de coletar uma manta 5 contendo microfibras com um tamanho de cerca de 0,1 a cerca de 10  $\mu\text{m}$  e fibras de tamanho maior com um tamanho de cerca de 10 a cerca de 70  $\mu\text{m}$ .

7. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender a etapa de coletar uma manta contendo microfibras com um tamanho de cerca de 0,1 a cerca de 5  $\mu\text{m}$  e 10 fibras de tamanho maior com um tamanho de cerca de 15 a cerca de 50  $\mu\text{m}$ .

8. RESPIRADOR MOLDADO, caracterizado pelo fato de compreender uma matriz de camada única monocomponente porosa em formato de bojo contendo uma mistura carregada bimodal de fração de massa/tamanho de fibra composta por microfibras poliméricas 15 monocomponentes e fibras de tamanho maior contínuas e entrelaçadas com a mesma composição polimérica, sendo que as fibras estão unidas uma à outra em pelo menos alguns pontos de intersecção, e sendo que a matriz tem uma Rígidez King maior que 1 N.

9. RESPIRADOR MOLDADO, de acordo com a reivindicação 20 8, caracterizado pelo fato de que o histograma de fração de massa versus tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , exibe um modo de fibra com tamanho maior de cerca de 10 a cerca de 50  $\mu\text{m}$ .

10. RESPIRADOR MOLDADO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o histograma de fração de massa versus 25 tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , exibe um modo de fibra com tamanho maior de cerca de 10 a cerca de 40  $\mu\text{m}$ .

11. RESPIRADOR MOLDADO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o histograma de fração de massa versus

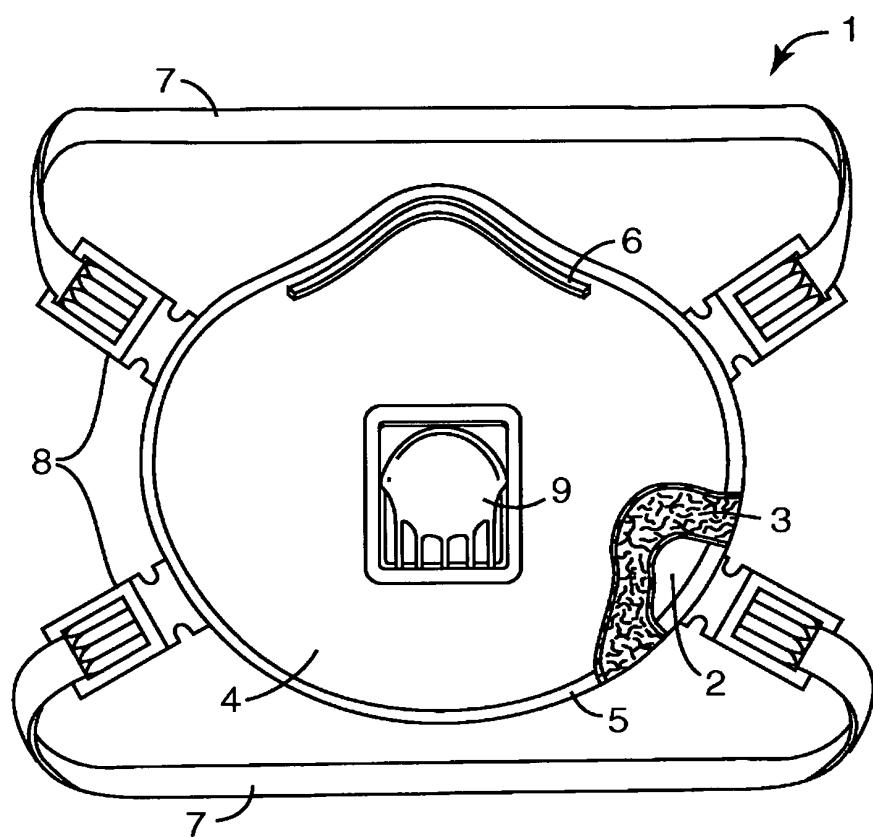
· tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , exibe um modo de microfibra de cerca de 1 a cerca de 5  $\mu\text{m}$ , e um modo de fibra com tamanho maior de cerca de 12 a cerca de 30  $\mu\text{m}$ .

12. RESPIRADOR MOLDADO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o histograma de número de fibras (frequência) 5 versus tamanho de fibra, em  $\mu\text{m}$ , exibe pelo menos dois modos cujos tamanhos de fibra correspondentes diferem em pelo menos 50% do menor tamanho de fibra.

13. RESPIRADOR MOLDADO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que as microfibras têm um tamanho de cerca de 10 0,1 a cerca de 10  $\mu\text{m}$ , enquanto as fibras de tamanho maior têm um tamanho de cerca de 10 a cerca de 70  $\mu\text{m}$ .

14. RESPIRADOR MOLDADO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que as microfibras têm um tamanho de cerca de 0,1 a cerca de 5  $\mu\text{m}$ , enquanto as fibras de tamanho maior têm um tamanho de 15 cerca de 15 a cerca de 50  $\mu\text{m}$ .

15. RESPIRADOR MOLDADO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a matriz tem uma Rigidez King de pelo menos 2 N.



*Fig. 1*

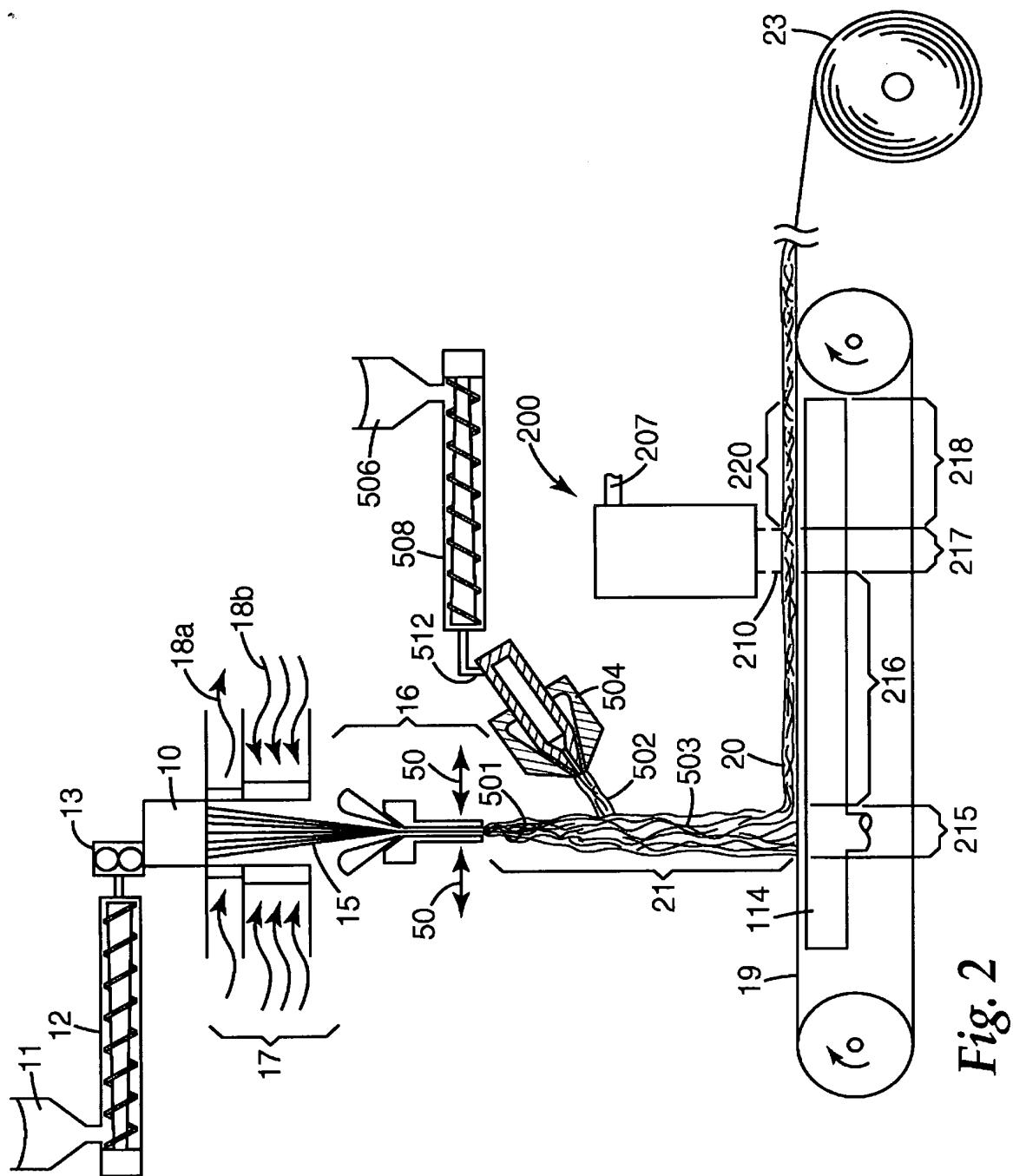
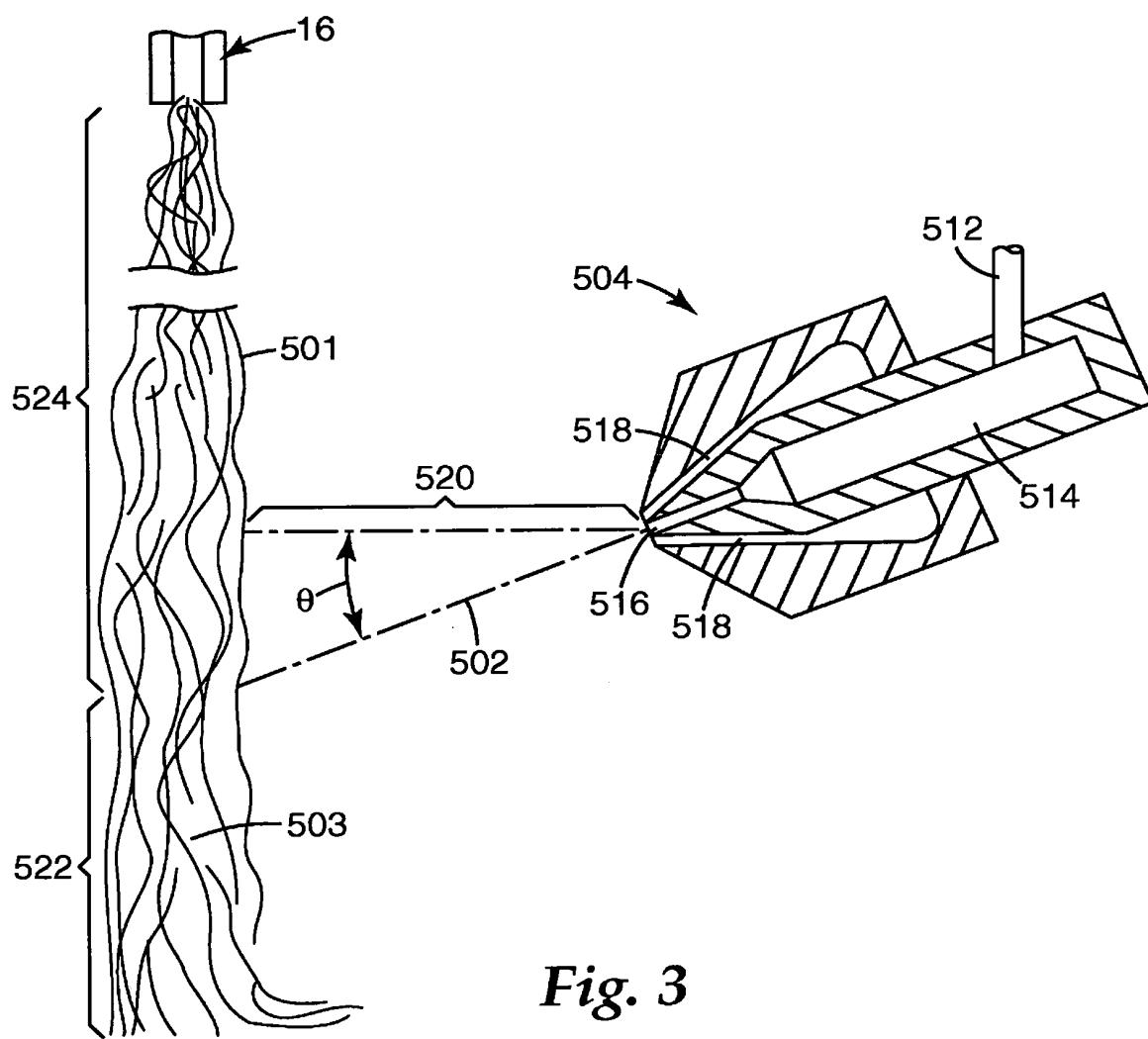


Fig. 2



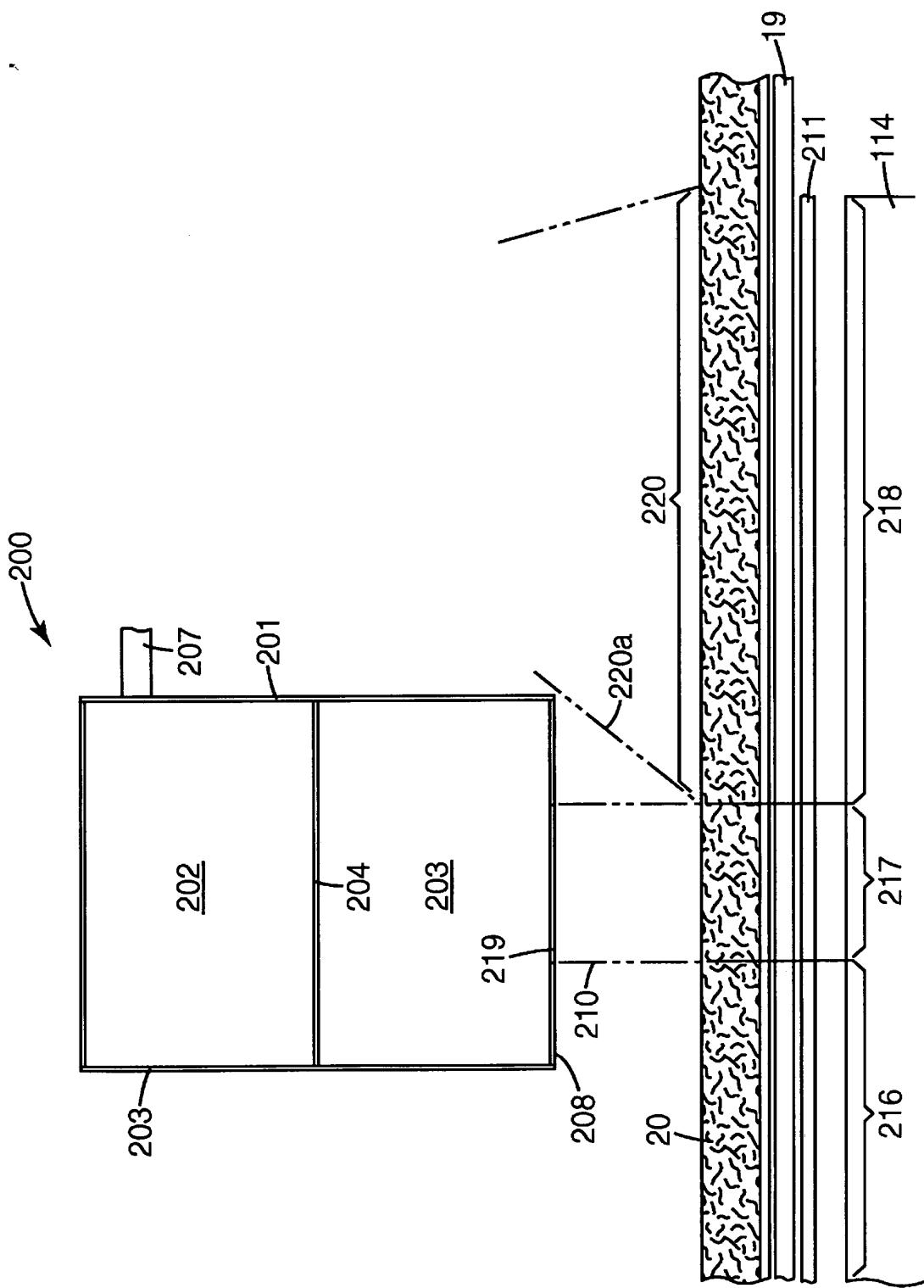
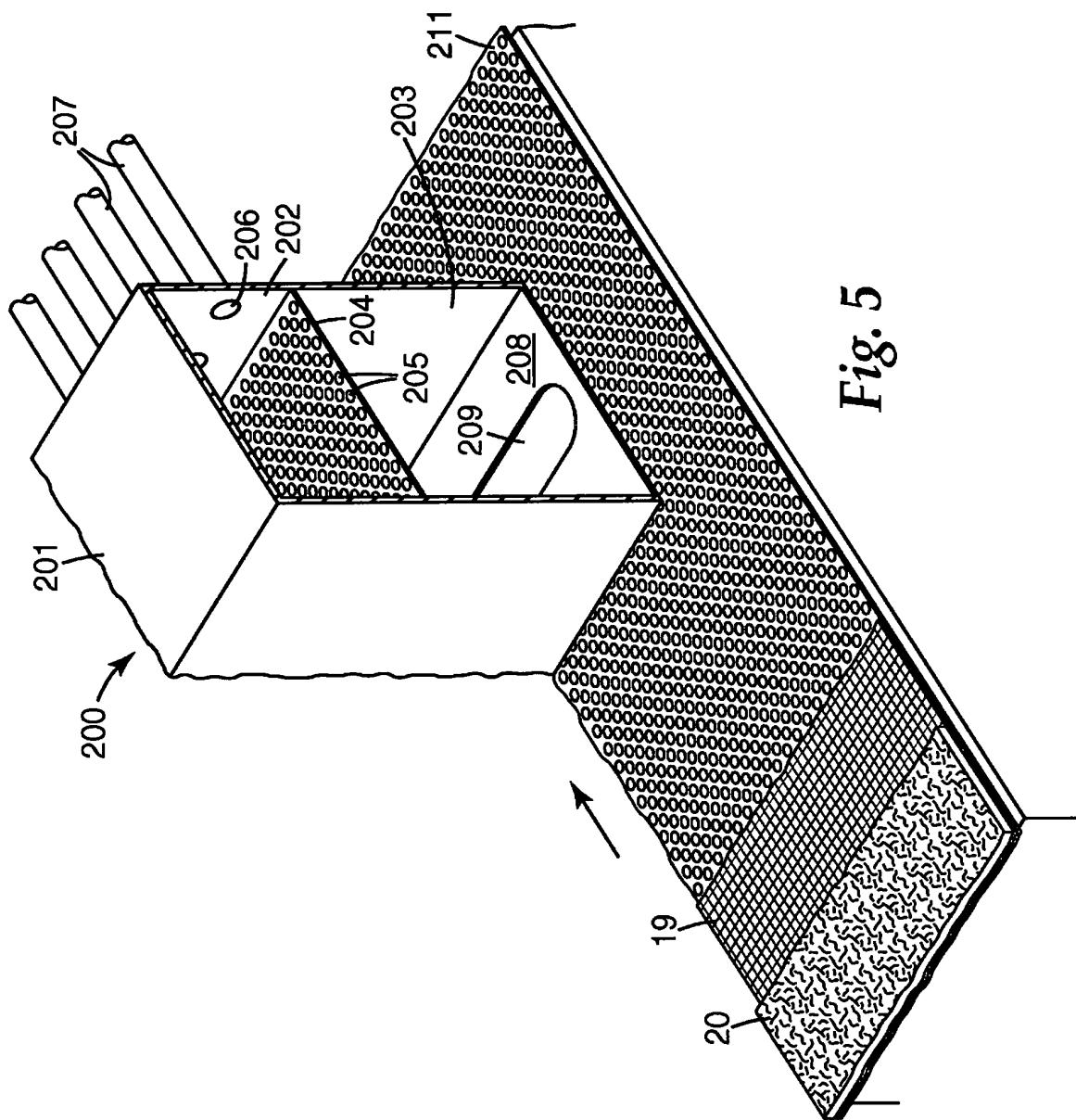


Fig. 4



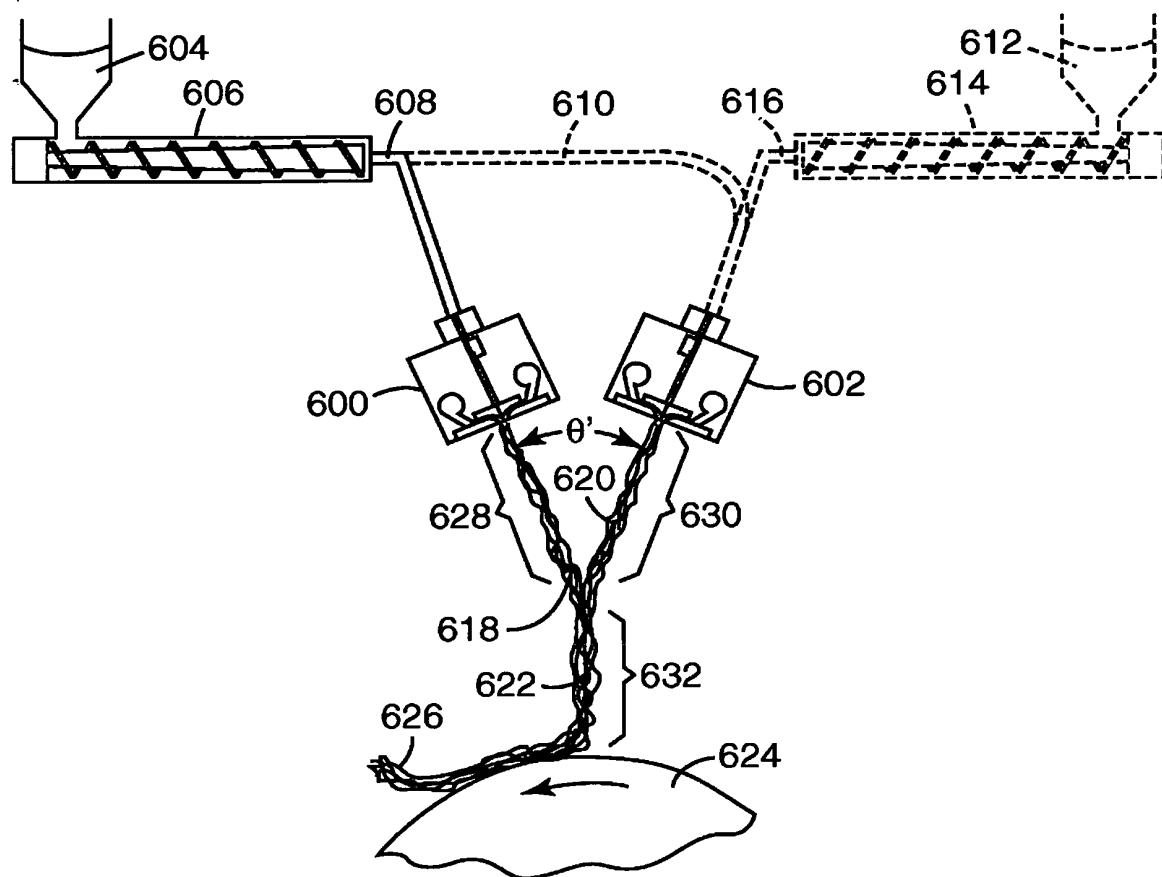


Fig. 6

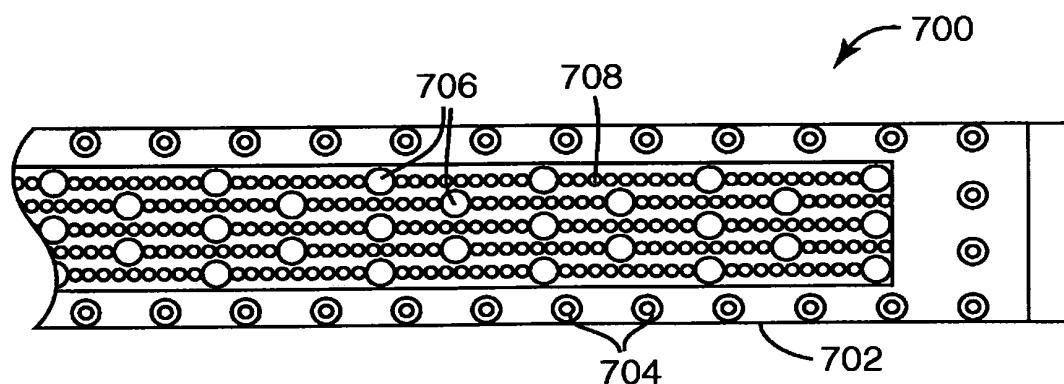


Fig. 7

7/18

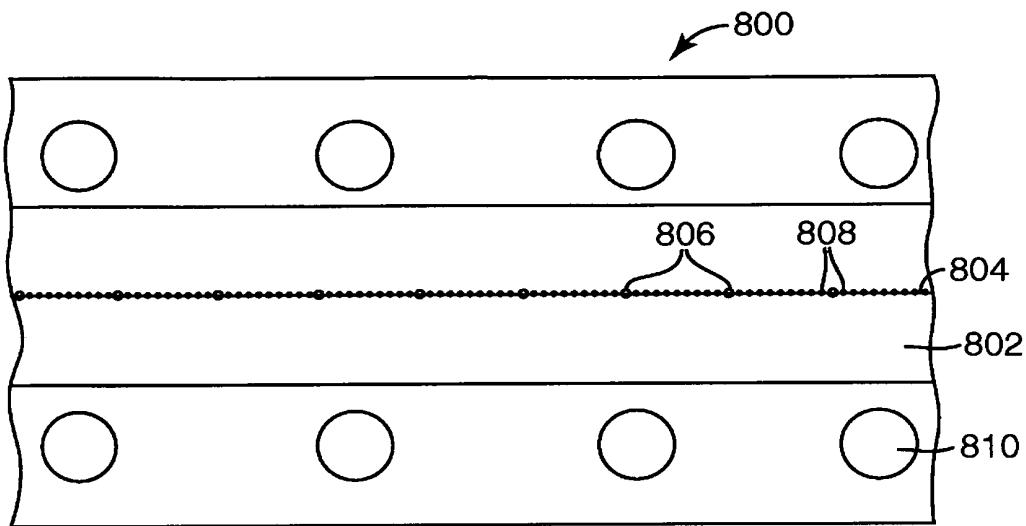


Fig. 8

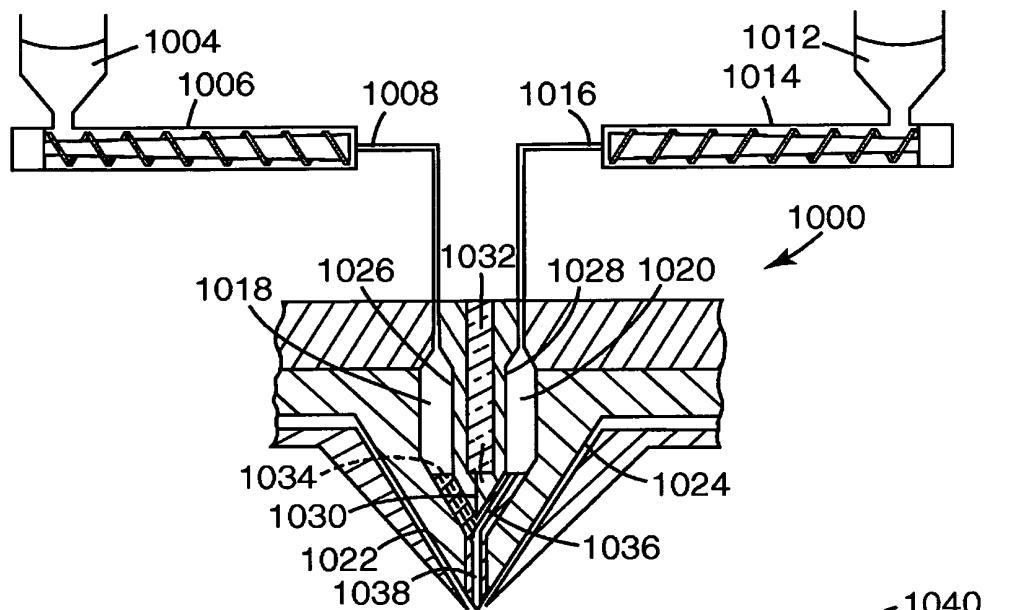


Fig. 10

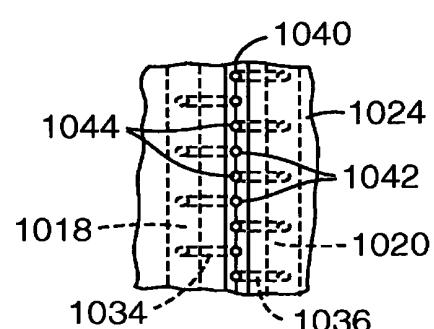


Fig. 11

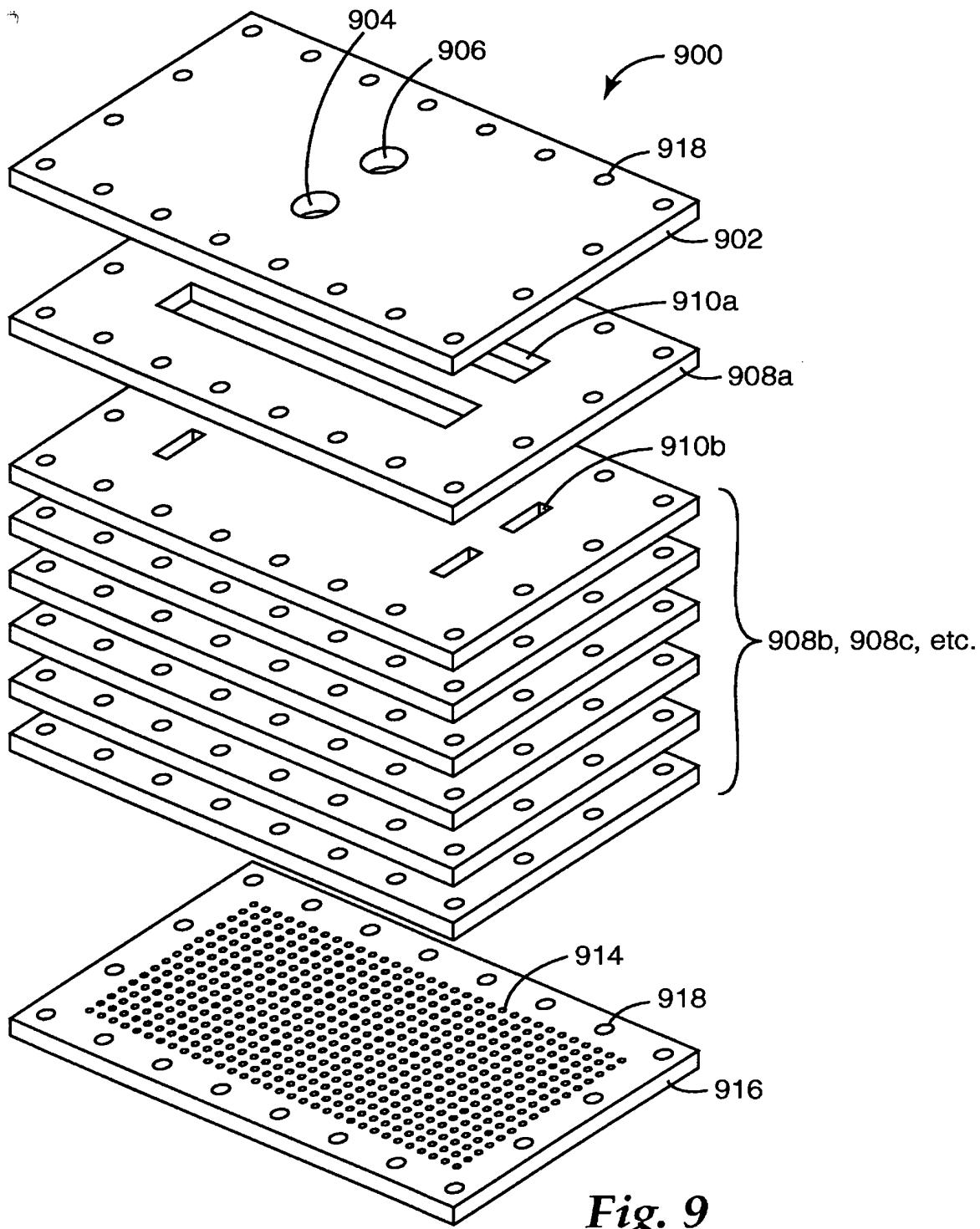


Fig. 9

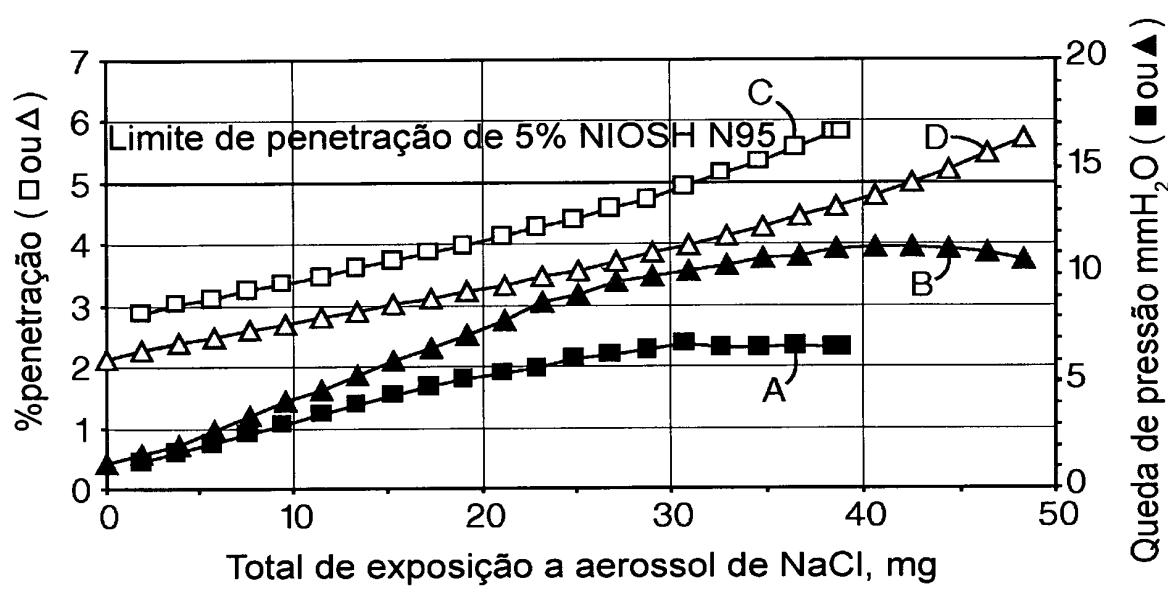
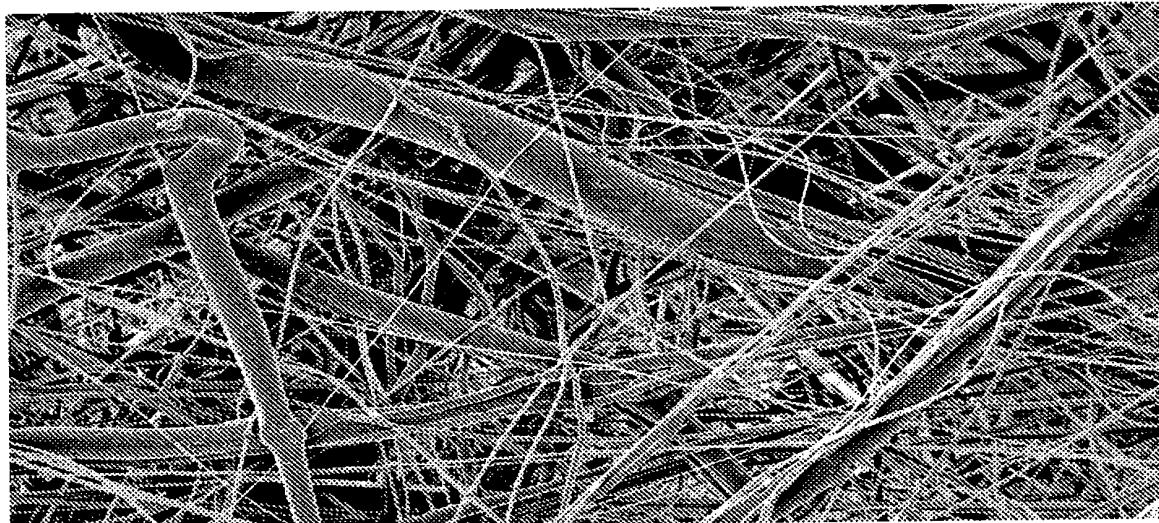
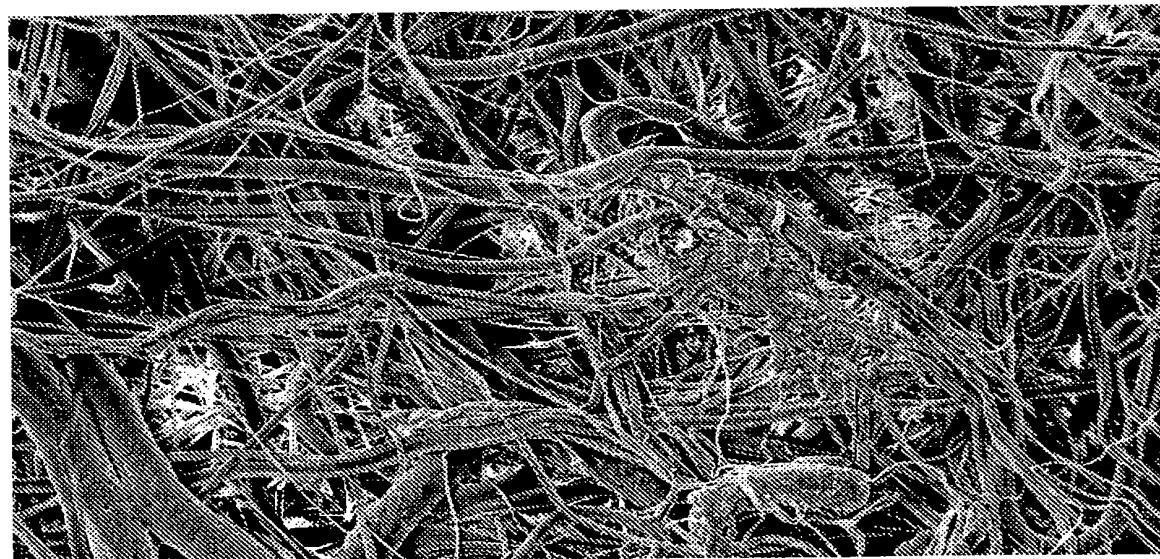


Fig. 12



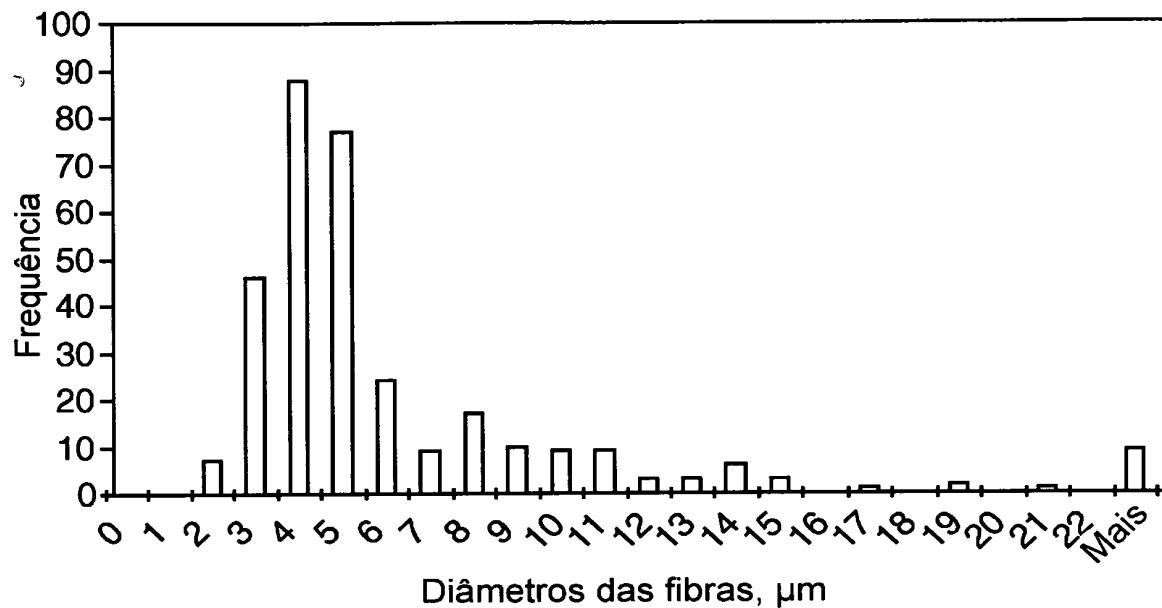
*Fig. 13*

100  $\mu\text{m}$

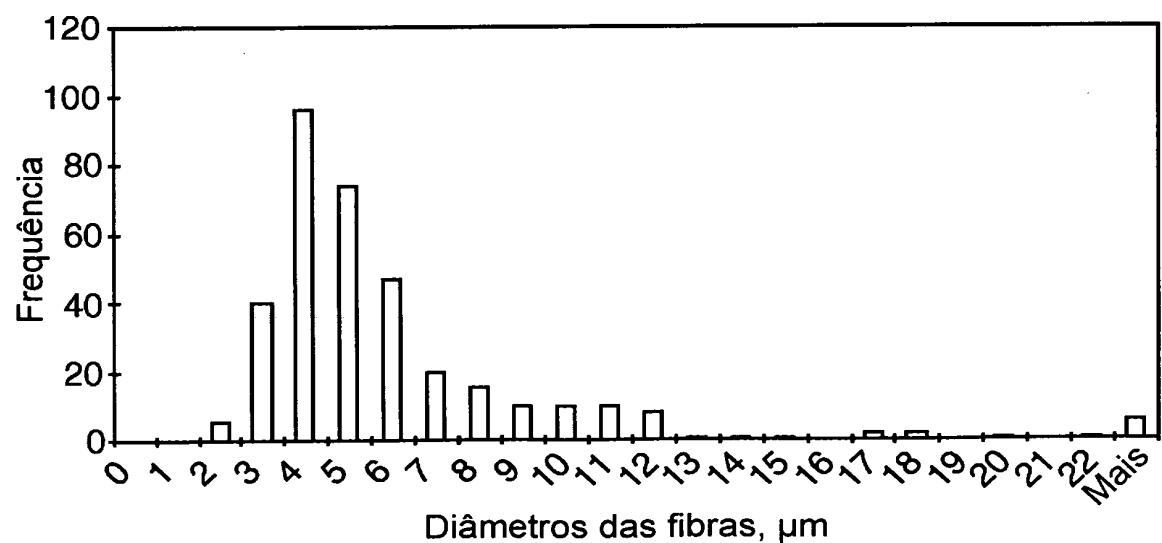


*Fig. 14*

100  $\mu\text{m}$



*Fig. 15*



*Fig. 16*

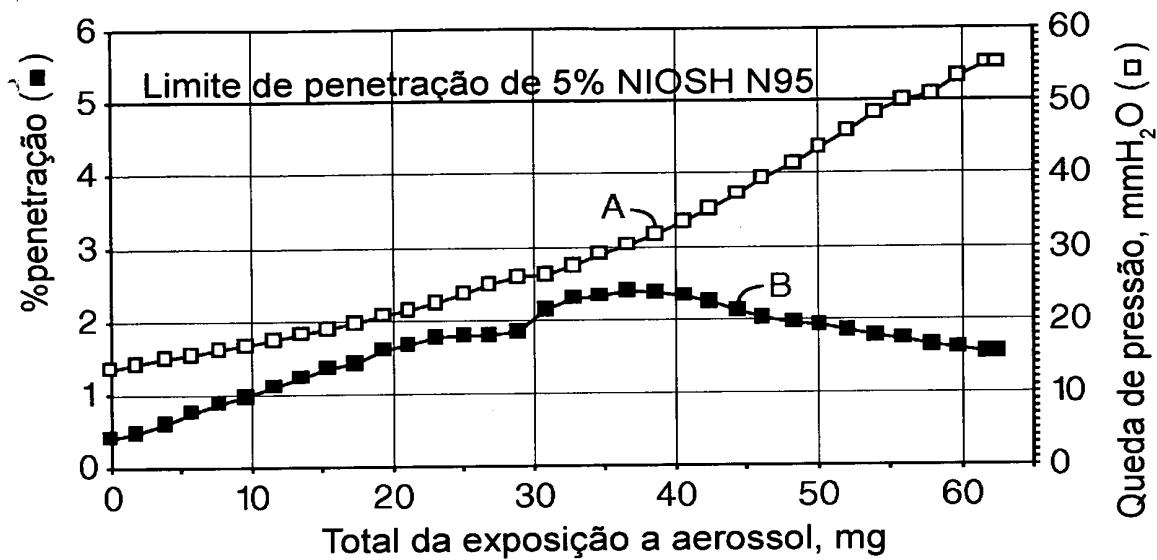


Fig. 17

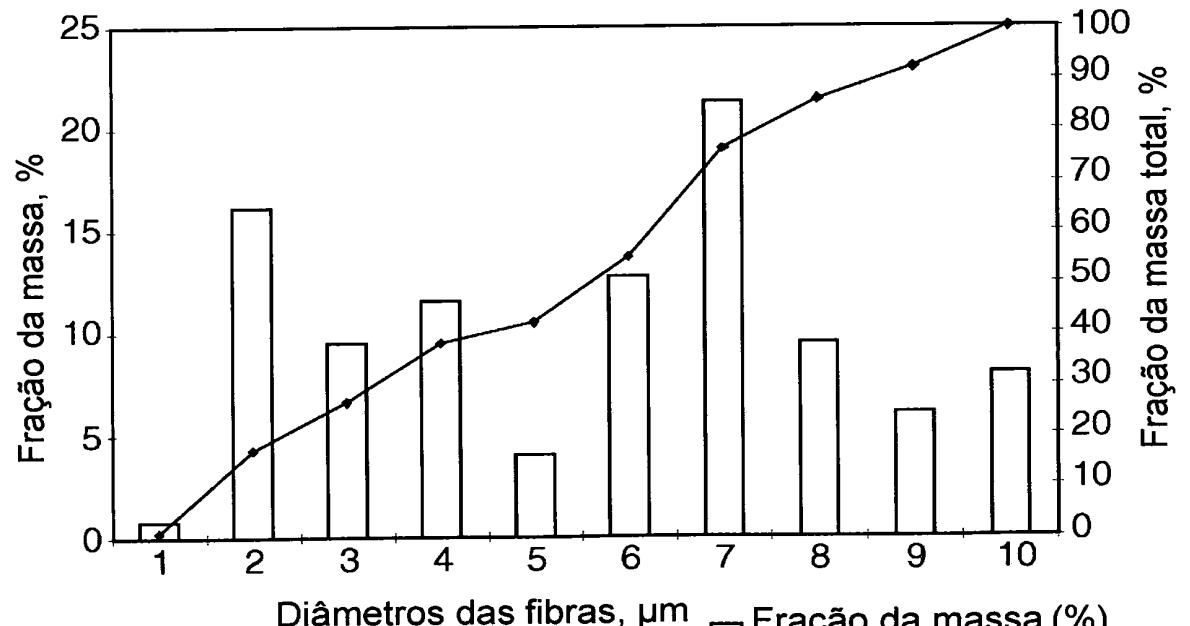


Fig. 18

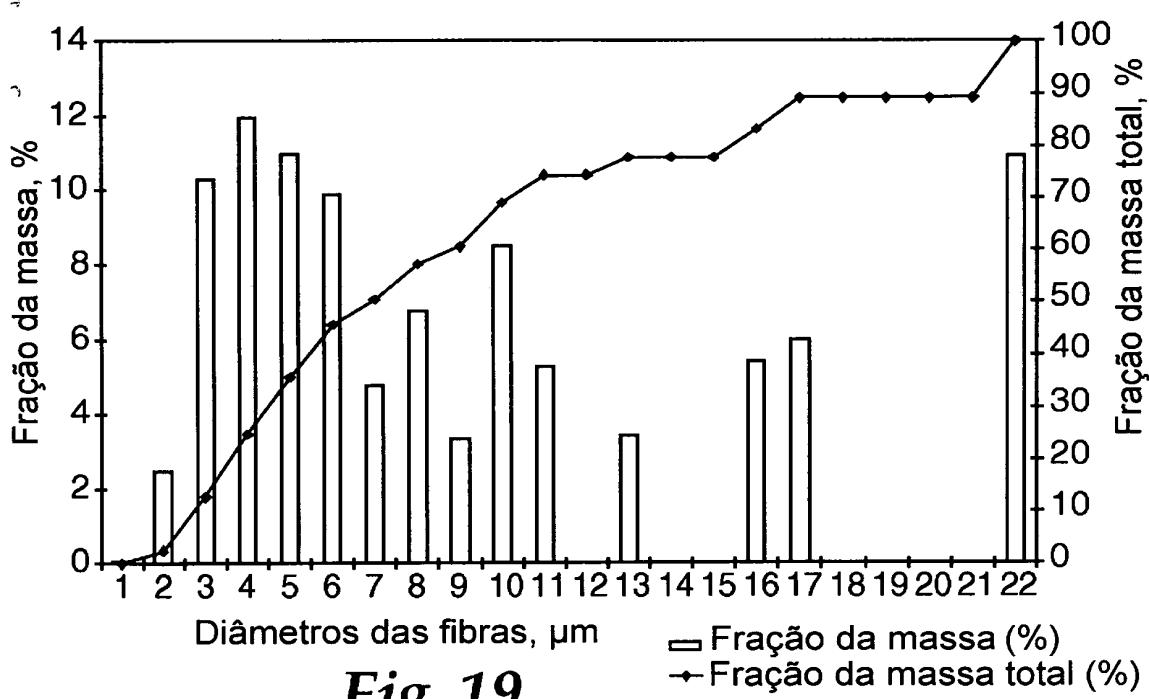


Fig. 19

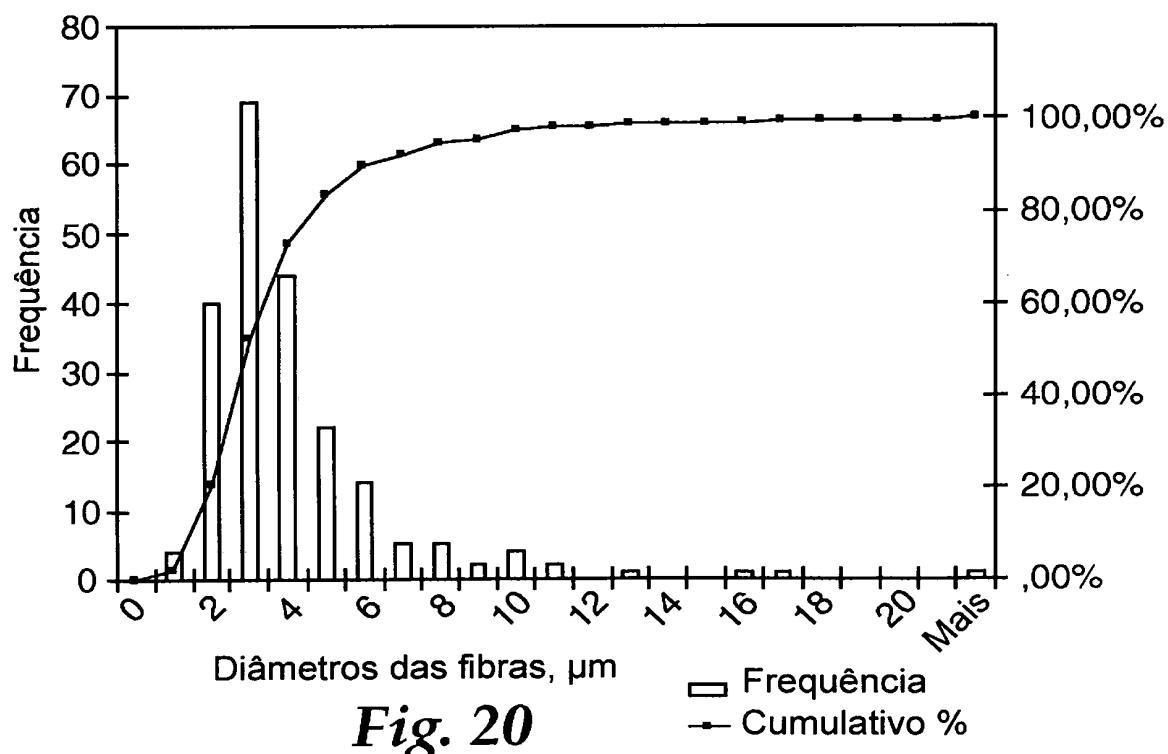
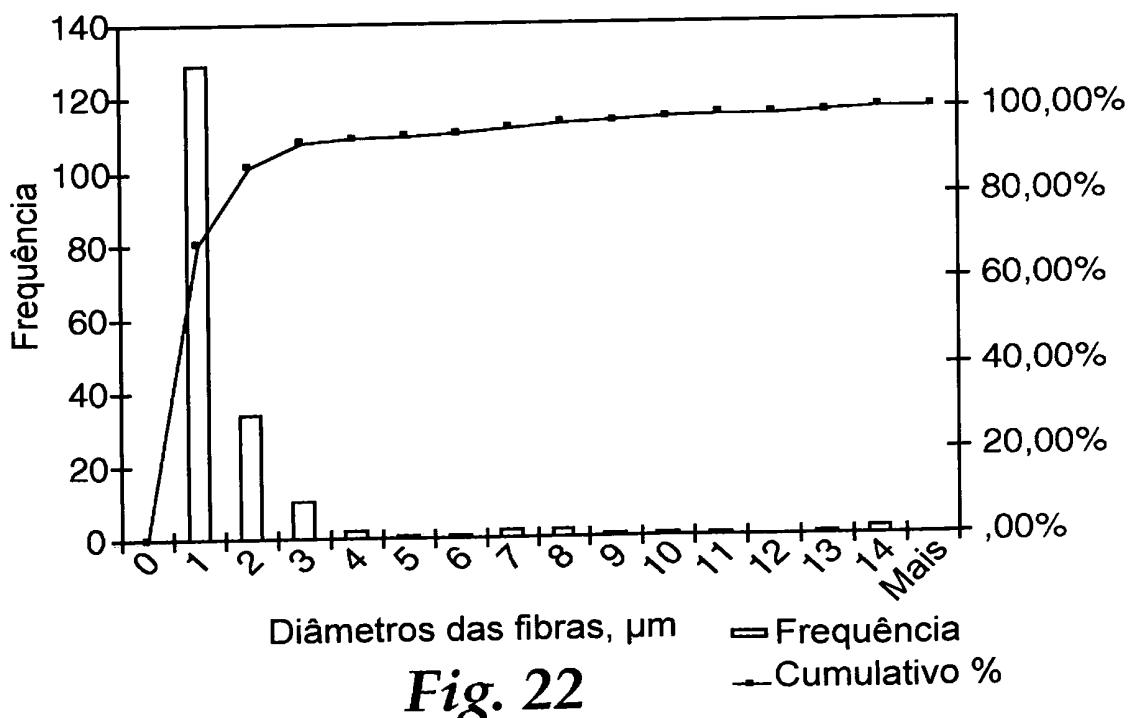
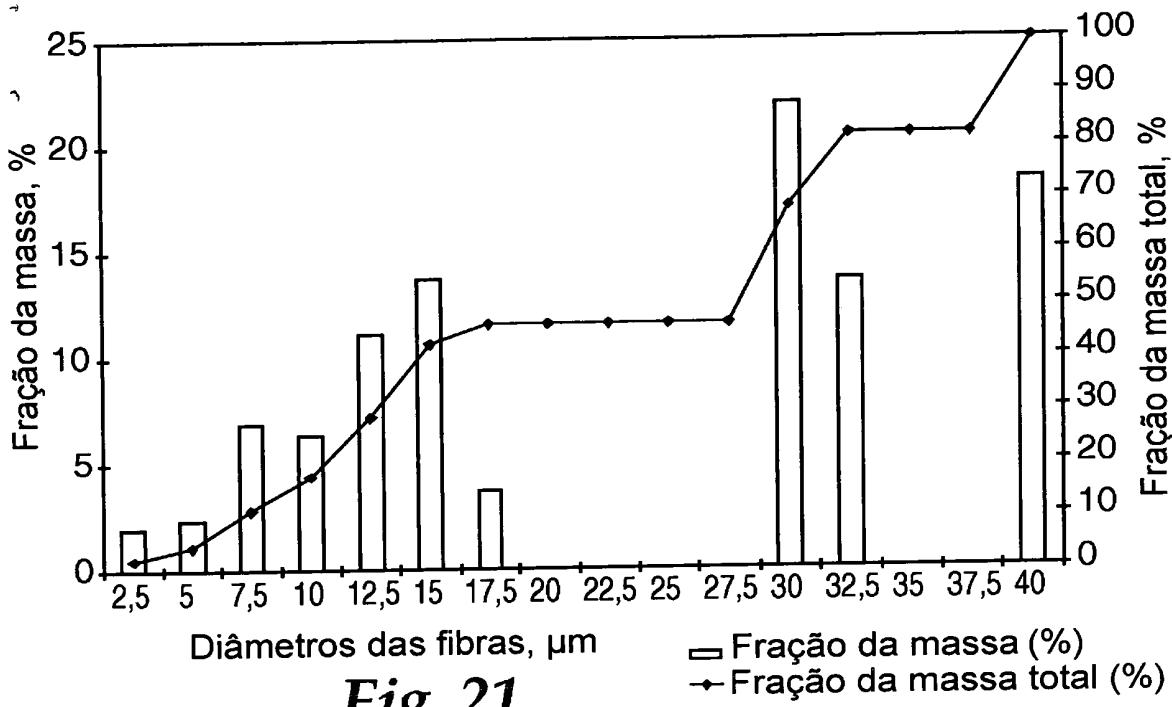


Fig. 20



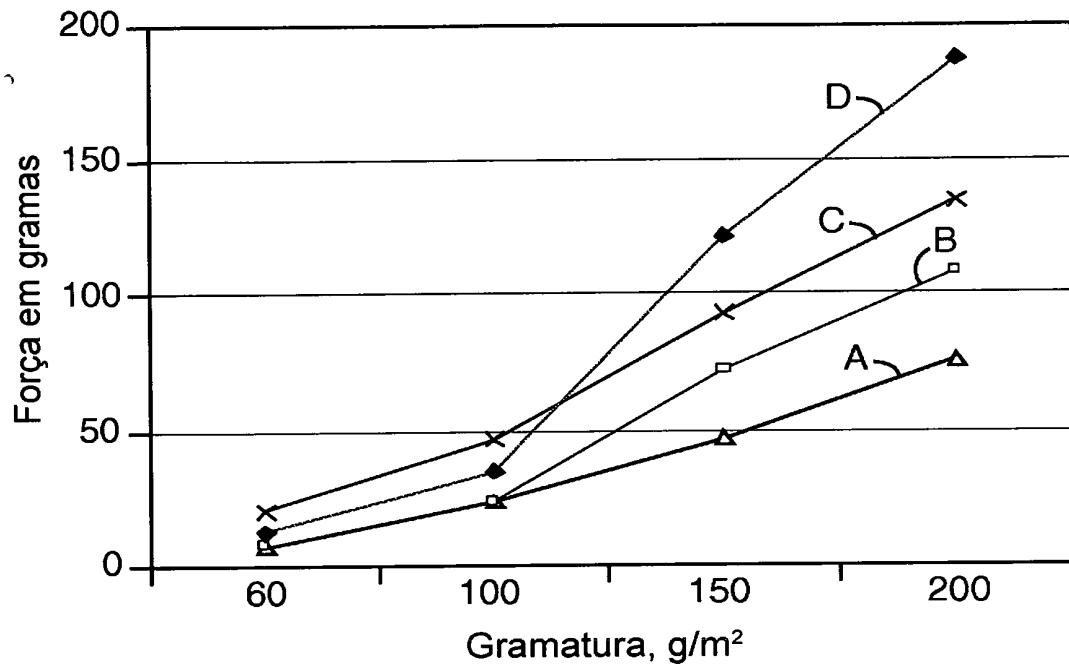


Fig. 23

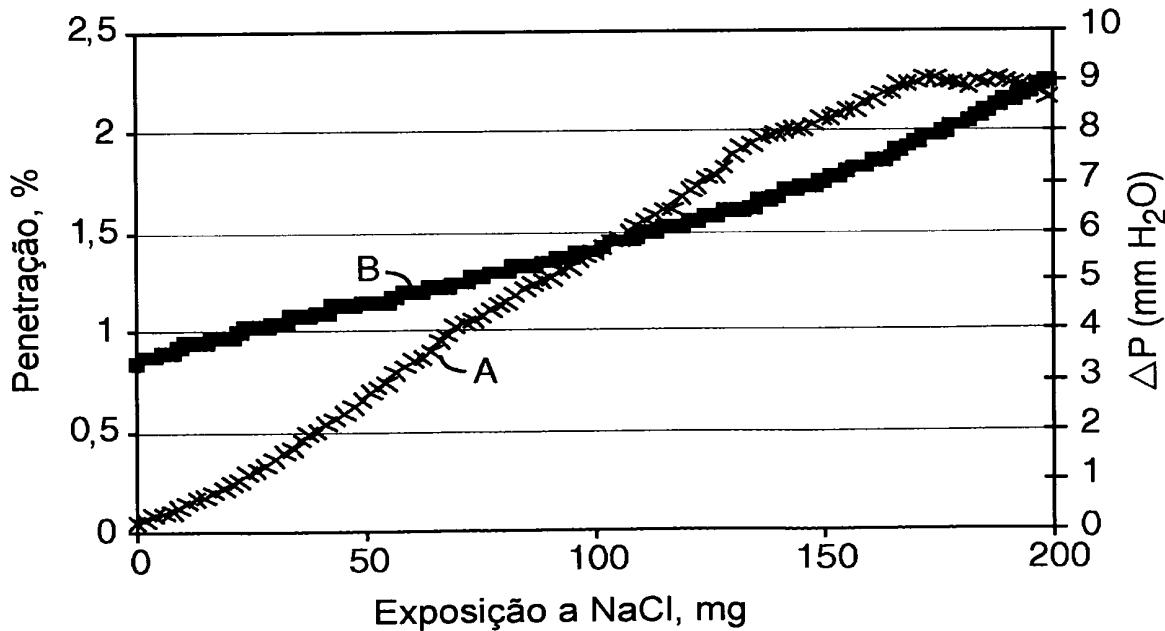
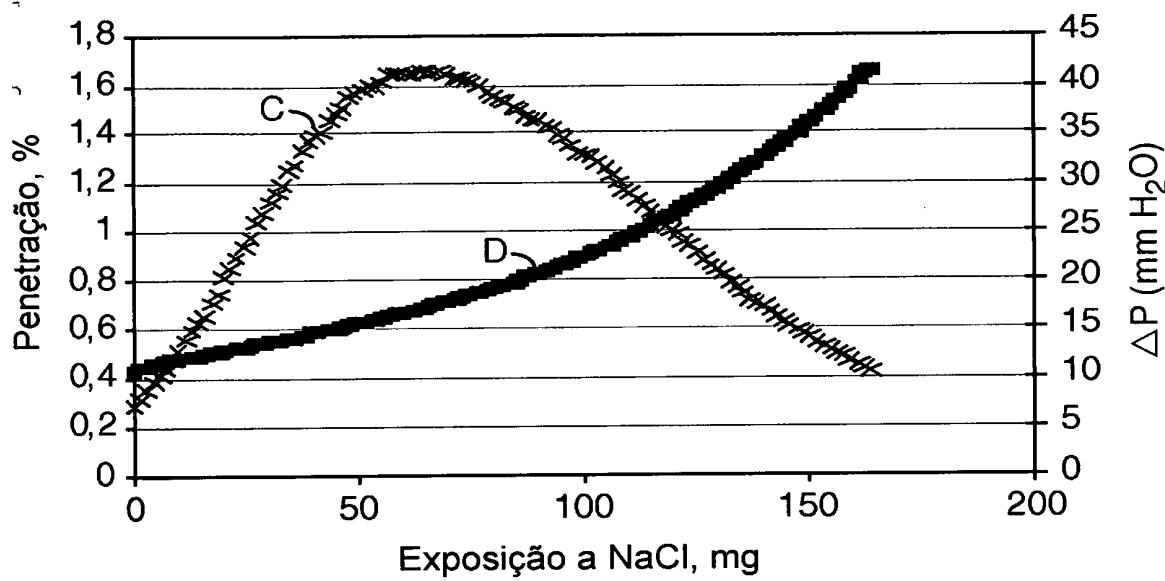
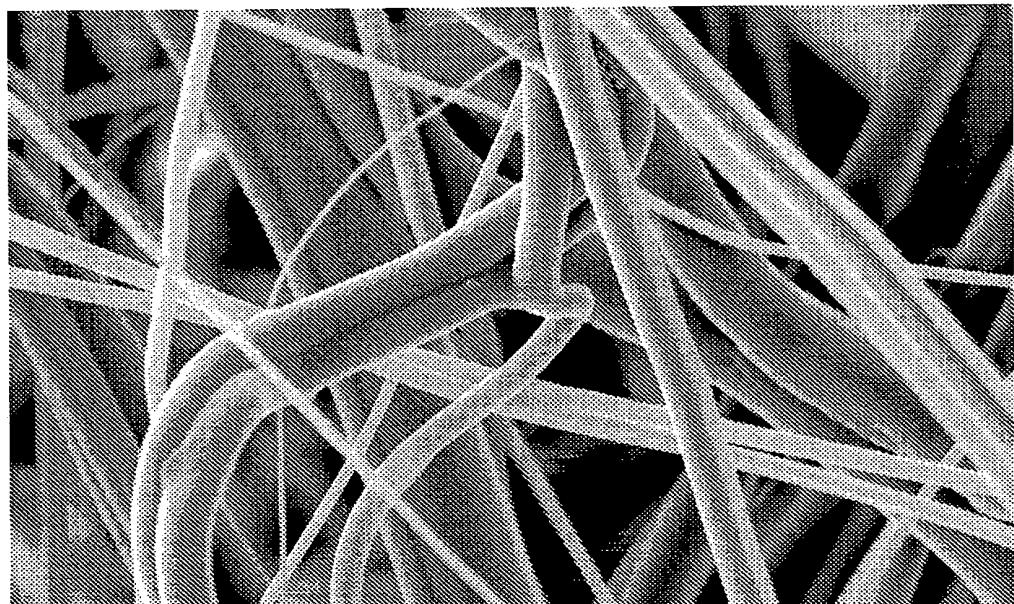


Fig. 24



*Fig. 25*



*Fig. 26*

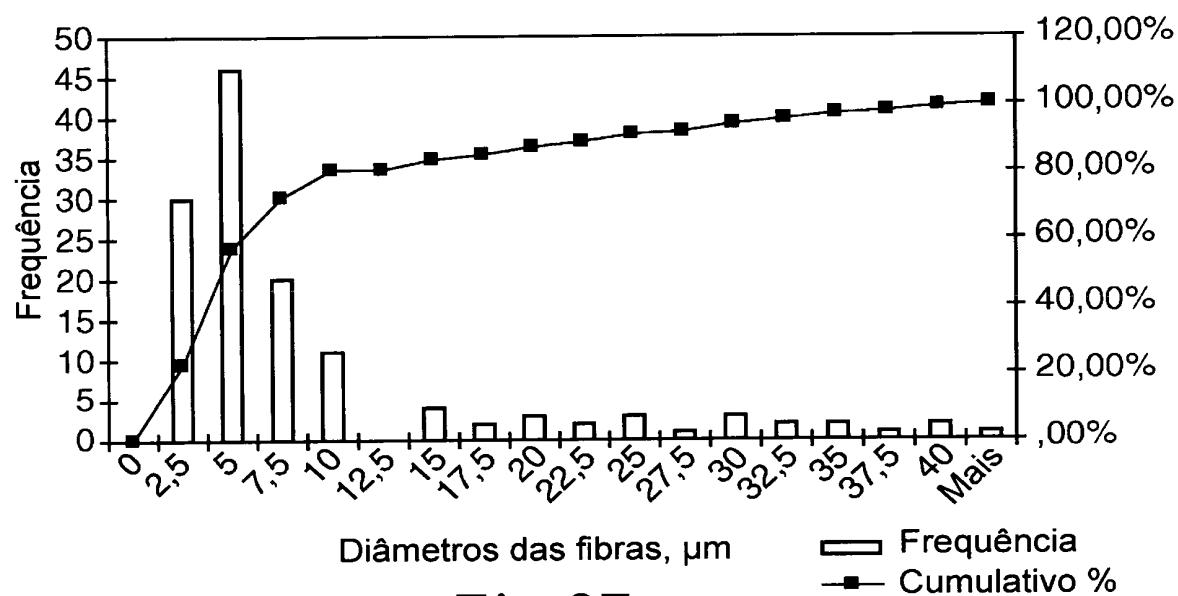


Fig. 27

RESUMO**"PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE UM RESPIRADOR MOLDADO E  
RESPIRADOR MOLDADO"**

Um respirador moldado é produzido a partir de uma manta de  
5 não-tecido monocomponente de camada única contendo uma mistura bimodal  
de fração de massa/tamanho de fibra composta por microfibras poliméricas  
monocomponentes e fibras de tamanho maior contínuas e entrelaçadas com a  
mesma composição polimérica. O respirador consiste em uma matriz de  
camada única monocomponente porosa em formato de bojo, cujas fibras estão  
10 unidas uma à outra em pelo menos alguns pontos de intersecção. A matriz tem  
uma Rigidez King maior que 1 N. O respirador pode ser formado sem requerer  
camadas de enrijecimento, fibras bicomponentes ou outros reforços na camada  
de meio filtrante.