



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0922028-3 B1

(22) Data do Depósito: 10/11/2009

(45) Data de Concessão: 28/04/2020



* B R P I 0 9 2 2 0 2 8 B 1 *

(54) Título: SISTEMA DE CONFIGURAÇÃO E MODELAGEM DE BICO DE PULVERIZAÇÃO

(51) Int.Cl.: B05C 11/00.

(30) Prioridade Unionista: 02/10/2009 US 12/572,967; 12/11/2008 US 12/269,820.

(73) Titular(es): SPRAYING SYSTEMS CO..

(72) Inventor(es): RUDOLF J. SCHICK; KEITH L. CRONCE; WOJCIECH KALATA.

(86) Pedido PCT: PCT US2009063867 de 10/11/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/056667 de 20/05/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 12/05/2011

(57) Resumo: SISTEMA DE CONFIGURAÇÃO E MODELAGEM DE BICO DE PULVERIZAÇÃO Um sistema de configuração de bico e de análise de injeção de pulverização é descrito tendo uma unidade de entrada de usuário que coleta os parâmetros de entrada de sistema de pulverização e retransmite os parâmetros coletados para uma unidade de combinação de desempenho de fluido e/ou unidade de geometria de problema para processamento subsequente. O usuário introduz parâmetros básicos de sistema, incluindo as características desejadas do fluido de pulverização, para obter configuração sugerida de sistema, incluindo tipos e quantidades de bicos de pulverização. A exatidão do tipo de bico de pulverização sugerido e da configuração é aumentada por intermédio de aproximação dos parâmetros de viscosidade e/ ou tensão de superfície do fluido de pulverização desejado com aqueles dos dados de desempenho coletados. Quando um usuário já conhece o tipo de bico de pulverização desejado e os parâmetros associados de sistema, a unidade de entrada de usuário encaminha essa informação para a unidade de geometria de problema para criação de um arquivo de geometria de problema, incluindo o cálculo de distribuição de tamanho de gota e velocidade de pulverização, e modelagem de desempenho por intermédio da unidade de modelagem de (...).

SISTEMA DE CONFIGURAÇÃO E MODELAGEM DE BICO DE PULVERIZAÇÃO

CAMPO DA INVENÇÃO

Esta invenção se refere geralmente ao campo de desempenho e otimização de bico de pulverização e mais especificamente ao campo de seleção de bico de pulverização e parâmetro de pulverização, automatizada.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Aplicações de bico de pulverização variam de revestimento de material até esfriamento de líquido utilizando diversos meios de pulverização e diversas configurações de bico para corresponder com as necessidades específicas de uma determinada aplicação. O espectro amplo das aplicações de bico de pulverização necessita de uma análise cuidadosa dos parâmetros de injeção de pulverização para produzir um modelo de bico de pulverização ótimo, assim como para combinar um bico de pulverização apropriado com uma aplicação desejada.

Aplicações de software de modelagem de fluido, tal como FLUENT, empregam um Modelo de Fase Discreta (DPM), que pode ser usado para modelagem das características de bico de pulverização. Contudo, tal software de modelagem requer que usuários tenham conhecimento dos parâmetros complicados de injeção de pulverização para combinar com o bico de pulverização sob análise. Os parâmetros de injeção de pulverização necessários para modelar as características de fluxo de pulverização incluem a distribuição de tamanho de gotas, velocidade de pulverização, e regime de fluxo em determinada pressão.

Esses parâmetros devem ser obtidos separadamente e computados antes de qualquer modelagem de pulverização.

Por exemplo, para fornecer parâmetros de injeção de pulverização ao software de modelagem, todos os dados têm que ser compilados; e a distribuição de tamanho de gotas tem que ser calculada múltiplas vezes, por exemplo, com base em uma distribuição de Rosin-Rammler a partir das planilhas de dados $D_{v0.5}$ ou D_{32} .

Adicionalmente, a seleção adequada do bico requer um número de parâmetros que um usuário provavelmente não conhece durante o projeto do sistema de pulverização e estágio de especificação. Métodos anteriores de estimar a configuração de bico foram limitados em suas exatidões devido à ausência da capacidade de considerar as características de fluido que afetam o ângulo de pulverização, tal como a viscosidade e a tensão de superfície.

BREVE SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Portanto, um objetivo da invenção é o de sugerir automaticamente um bico de pulverização e suas condições de funcionamento, pelo que o desempenho de pulverização de um sistema especificado pelo usuário é aproximado com exatidão por intermédio da combinação das características de fluido, incluindo a viscosidade e a tensão de superfície, com dados de teste incluindo desempenho associado do bico de pulverização.

Outro objetivo da invenção é o de fornecer e calcular automaticamente os parâmetros de injeção de pulverização para modelagem de pulverização com base em entrada de usuário. Outro objetivo da invenção é o de realizar projeto de esfriamento de pulverização inicial em conexão com o fornecimento de parâmetros de injeção de

pulverização para uma aplicação de modelagem de pulverização.

Modalidades da invenção são usadas para fornecer um sistema de configuração de bico e análise de injeção de pulverização tendo uma unidade de entrada de usuário que coleta os parâmetros de entrada de sistema de pulverização e retransmite os parâmetros coletados para uma unidade de combinação de desempenho de fluido e/ou unidade de geometria de problema para processamento subsequente. O módulo de entrada de usuário permite que um usuário introduza parâmetros básicos de sistema, incluindo as características desejadas do fluido de pulverização, para obter a configuração de sistema sugerida, incluindo os tipos de bico de pulverização e quantidades, a partir da unidade de combinação de desempenho de fluido. Alternativamente, quando um usuário já conhece o tipo de bico de pulverização desejado e os parâmetros de sistema associados, a unidade de entrada de usuário recebe tal informação a partir do usuário e encaminha esses parâmetros para a unidade de geometria de problema para a modelagem de desempenho por intermédio da unidade de modelagem de fluido. Preferivelmente, a unidade de entrada de usuário apresenta uma Interface Gráfica de Usuário (GUI) ao usuário para coletar os parâmetros de entrada de sistema de pulverização e exibe os resultados do processamento.

Quando um usuário deseja identificar uma configuração de bico de pulverização para revestir materiais planos ou produtos se deslocando em um transportador, por exemplo, os parâmetros de entrada de sistema de pulverização compreendem: tipo de fluido de

pulverização (por exemplo, óleo, água) e/ou gravidade específica do fluido, lados do item a ser revestido; largura de superfície de cada lado do item a ser revestido (largura de pulverização); velocidade do transportador; 5 espessura desejada do revestimento; distância de pulverização a partir de cada lado de um item a ser revestido; tipo de bico (por exemplo, um bico hidráulico versus um bico de atomização pneumática); assim como propriedades desejadas do bico, tal como material do bico e 10 tipo e tamanho de conexão de entrada. Em resposta ao recebimento dos parâmetros de entrada dos sistemas de pulverização, a unidade de combinação de desempenho de fluido combina (ou aproxima) o fluido de pulverização, revestimento, e informação do bico do sistema especificado 15 pelo usuário com aquele dos dados de desempenho de pulverização coletados (e/ou desempenho de atomização) representando diversas configurações de fluido de pulverização e bico. A unidade de combinação de desempenho de fluido combina os parâmetros especificados pelo usuário 20 com os dados de desempenho de pulverização coletados com base ao menos em parte na viscosidade e tensão de superfície dos vários fluidos de pulverização. A unidade de combinação de desempenho 104 determina a taxa de fluxo do bico (por exemplo, com base na velocidade especificada do 25 transportador) em determinada pressão que corresponde a um ângulo de pulverização específico associado com um ou mais bicos de pulverização. Ao receber a entrada de usuário do ângulo de pulverização desejado, a unidade de combinação de desempenho de fluido retorna a quantidade e o tipo de bicos 30 de pulverização necessários para se obter o desempenho

especificado.

A GUI facilita a criação automática de um arquivo de geometria de problema (ou um "arquivo de auditoria") que gera uma injeção de pulverização dentro da unidade de modelagem de fluido. Mediante recebimento da entrada de usuário de um bico de pulverização em certa condição de fluxo ou pressão o sistema consulta as curvas de pressão e fluxo, dados disponíveis de tamanho de gota, e calcula a distribuição de tamanho de gota e a velocidade de pulverização. O sistema também é suficientemente flexível para ler o arquivo de geometria de modo que os pontos e direções de injeção podem ser facilmente determinados mediante utilização da GUI. O sistema incorpora processamento onde modelo de esfriamento de pulverização inicial pode ocorrer. O bico de pulverização e suas condições de funcionamento são sugeridos mediante consulta "inteligente" e processamento através do banco de dados incorporado no sistema.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Embora as reivindicações anexas apresentem as características da presente invenção com particularidade, a invenção e suas vantagens são mais bem entendidas a partir da descrição detalhada seguinte tomada em conjunto com os desenhos anexos, dos quais:

A Figura 1 é um diagrama esquemático ilustrando um sistema para análise de injeção de pulverização e configuração de bico, conforme considerado por uma modalidade da presente invenção;

A Figura 2 é um diagrama esquemático de uma unidade de combinação de desempenho de fluido da Figura 1,

de acordo com uma modalidade da invenção;

A Figura 3 é um diagrama esquemático de distribuições de pulverização de água, de acordo com uma modalidade da invenção;

5 A Figura 4 é um diagrama esquemático da geometria de distribuição de pulverização, de acordo com uma modalidade da invenção; e

As Figuras, 5-12, são diagramas esquemáticos de um módulo de revestimento da interface gráfica de usuário (GUI) da unidade de entrada de usuário da Figura 1, de
10 acordo com uma modalidade da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Os exemplos seguintes ilustram adicionalmente a invenção, mas não pretendem limitar o escopo das
15 reivindicações anexas. Voltando-se agora para a Figura 1, uma implementação de um sistema considerado por uma modalidade da invenção é mostrado com referência ao ambiente de configuração de bico e análise de injeção de pulverização. Para facilitar a configuração do sistema de
20 pulverização e seleção do bico de pulverização, uma unidade de entrada de usuário 100 coleta os parâmetros de entrada de sistema de pulverização 102 e retransmite os parâmetros coletados para uma unidade de combinação de desempenho de fluido 104 e/ou unidade de geometria de problema 106 para
25 processamento subsequente. O módulo de entrada de usuário permite que um usuário introduza parâmetros básicos de sistema, incluindo as características desejadas do fluido de pulverização, para obter configuração sugerida de sistema 108, incluindo tipos e quantidades de bico de
30 pulverização, a partir da unidade de combinação de

desempenho de fluido 104.

Alternativamente, quando um usuário já sabe o tipo de bico de pulverização desejado e os parâmetros de sistema associados, a unidade de entrada de usuário 100 pode receber tal informação a partir do usuário e encaminhar tais problemas para a unidade de geometria de problemas 106 para modelagem de desempenho com base nesses parâmetros por intermédio da unidade de modelagem de fluido 110. Em uma modalidade, a unidade de entrada de usuário 100 compreende um processador, display, e memória de computador para armazenar e executar as instruções para comunicar os parâmetros de sistema de pulverização 102 por intermédio de uma conexão de rede 112, tal como uma Rede de Área Local (LAN) ou a Internet. Preferivelmente, a unidade de entrada de usuário 100 apresenta uma Interface Gráfica de Usuário (GUI) ao usuário para coletar os parâmetros de entrada de sistema de pulverização 102 e exibir os resultados do processamento.

Quando um usuário deseja identificar uma configuração de bico de pulverização para revestir materiais planos ou produtos se deslocando em um transportador, por exemplo, os parâmetros de entrada de sistema de pulverização 102a compreendem: tipo de fluido de pulverização (por exemplo, óleo, água) e/ou gravidade específica do fluido; os lados do item a ser revestido; a largura de superfície de cada lado do item a ser revestido (largura de pulverização); velocidade do transportador, espessura desejada do revestimento, distância de pulverização a partir de cada lado de um item a ser revestido, tipo de bico (por exemplo, bico hidráulico

versus um bico de atomização de ar), assim como as propriedades desejadas do bico tal como material do bico e tipo e tamanho de conexão de entrada. Em resposta ao recebimento dos parâmetros de entrada do sistema de pulverização 102a, a unidade de combinação de desempenho de fluido 104 combina (ou aproxima) a informação de fluido de pulverização, revestimento, e bico do sistema especificado pelo usuário com aqueles dos dados de desempenho de pulverização (e/ou desempenho de atomização) coletados representando diversas configurações de bico e de fluido de pulverização. A unidade de combinação de desempenho de fluido 109 combina os parâmetros especificados pelo usuário 102a com os dados de desempenho de pulverização coletados com base ao menos em parte na viscosidade e na tensão de superfície dos vários fluidos de pulverização. A unidade de combinação de desempenho 104 determina a taxa de fluxo do bico (por exemplo, com base na velocidade especificada do transportador) em uma determina pressão que corresponde a um ângulo de pulverização específico associado a um ou mais bicos de pulverização. Ao receber a entrada de usuário do ângulo de pulverização desejado, a unidade de combinação de desempenho de fluido retorna à quantidade e o tipo de bicos de pulverização necessários para atingir o desempenho especificado. A seleção de ângulos menores de pulverização requer mais bicos para cobrir a área de pulverização especificada, mas produz uma cobertura mais uniforme.

Quando um usuário já conhece o tipo de bico de pulverização desejado e os parâmetros de sistema associados, a unidade de entrada de usuário 100 encaminha os parâmetros de entrada de sistema de pulverização 102b

para a unidade de geometria de problema 106 para modelagem de desempenho por intermédio da unidade de modelagem de fluido 110. Nesse caso, os parâmetros de entrada de sistema de pulverização 102b compreendem: tipo de bico, quantidade de bicos, taxa de fluxo e/ou pressão de fluxo, assim como as características de arranjo de bico, tal como ângulo de pulverização, distância de pulverização e largura de pulverização (isto é, área de cobertura de pulverização desejada). A unidade de geometria de problema 106, por sua vez, compreende um computador executando instruções armazenadas para consulta de curvas de pressão e fluxo, dados de tamanho de gota, calculando a distribuição de tamanho de gota e a velocidade de pulverização, e criando um arquivo de geometria de problema 114 para a unidade de modelagem de fluido 110. A unidade de modelagem de fluido 110 lê o arquivo de geometria de problema 114 e determina os pontos de injeção e direções por intermédio de análise dinâmica de fluido computacional (CFD). A Unidade de Modelagem de Fluido 110 compreende um ou mais computadores executando instruções de uma aplicação CFD armazenada na memória. Em uma modalidade, a aplicação CFD é o software FLUENT disponível através da Ansys, Inc. de 10 Cavendish Court, Líbano, NH 03766.

Adicionalmente, aqueles versados na técnica entenderão que a unidade de entrada de usuário 100, unidade de geometria de problema 106, e a unidade de combinação de desempenho de fluido 104 podem ser implementadas por intermédio de múltiplos computadores de uso especial executando instruções legíveis por computador armazenadas em suas memórias. Alternativamente, a funcionalidade de uma

ou mais unidades 100, 104, 106 pode ser combinada em um único computador de uso especial ou outro hardware e firmware de processamento.

Voltando-se para a Figura 2, uma modalidade da unidade de combinação de desempenho de fluido 104 é mostrada em detalhe adicional. A unidade de combinação de desempenho de fluido 104 compreende um mecanismo de equiparação 200 conectado a um banco de dados de bico de pulverização 204 que coleta os dados de desempenho de pulverização a partir de um ou mais analisadores de tamanho de gota 204. Nas modalidades, os analisadores de tamanho de gota 204 compreendem um analisador de geração de imagem ótica, um analisador Malvern, uma sonda de arranjo ótico (OAP), ou um analisador de partícula Doppler de fase (PDPA) coletando os dados de teste a partir de diversas configurações de bico e configurações de fluido de pulverização. Os dados de teste, coletados pelo banco de dados de bico 204, incluem informação sobre os vários tipos de bico e características de bico associadas, tal como tipo de bico (por exemplo, hidráulico ou de atomização de ar), material de bico, tipo de conexão de entrada (macho, fêmea), tamanho de conexão de entrada. Os dados de teste incluem ainda informação de propriedade de fluido sobre os fluidos de pulverização usados nas configurações de bico de teste. Especificamente, os dados de propriedade de fluido compreendem dados de viscosidade de fluido e de tensão de superfície associados com os fluidos de pulverização sob teste. Quando a unidade de combinação de desempenho de fluido 104 recebe os parâmetros de entrada de sistema de pulverização 102a a partir da unidade de entrada de usuário

100, o mecanismo de combinação 200 exemplifica uma matriz multidimensional com dados de usuário 102b para combinar os parâmetros recebidos com os dados de desempenho de teste de bico de pulverização armazenados no banco de dados de bico de pulverização 202 para produzir uma recomendação de configuração de bico de pulverização mais estreitamente equiparada com os parâmetros de usuário. Preferivelmente, o mecanismo de equiparação 200 prioriza os critérios de equiparação mediante viscosidade e/ou tensão de superfície do fluido especificado pelo usuário para combinar mais estreitamente com as características de fluido de pulverização especificadas pelo usuário (por exemplo, quando um fluido exato especificado pelo usuário não tiver sido testado). Propriedades de bico especificadas pelo usuário, propriedades de revestimento, e geometria de superfície de pulverização também são consideradas pelo mecanismo de equiparação 200.

Para eliminar a influência de anomalias de dados a partir dos dados de pulverização de teste armazenados no banco de dados de bico de pulverização 202, a unidade de equiparação de desempenho de fluido 104 realiza procedimentos de limpeza de dados.

Com referência à Figura 3, testes experimentais de componentes reais introduzem ruído de dados (ou anomalias de dados) que preferivelmente devem ser eliminados a partir de qualquer modelo dos dados. Para o caso de análise de distribuição de água, a simetria no bico e a configuração experimental, assim como imperfeições no bico, introduzem "ruídos" nos dados, o qual deve ser eliminado porque os dados assimétricos quase dobram o

número de coeficientes exigidos pela análise de Fourier (trigonométrica).

Uma forma possível de tratar dos dados assimétricos é a de essencialmente encontrar uma linha de "espelhamento" e então calcular a média dos dados utilizando os dados a partir de ambos os lados da linha de espelhamento. Por exemplo, considere o gráfico mostrado na Figura 3 onde a distribuição original é mostrada pelo número de referência 300, enquanto que a distribuição correspondendo ao número de referência 302 representa a distribuição de "média calculada" encontrada pelo "espelhamento no valor χ correspondendo ao valor γ máximo.

Um aspecto desse método é que a largura da distribuição ("cobertura") utilizando dados de média calculada é significativamente maior do que a largura da distribuição ("cobertura") utilizando o conjunto de dados brutos. Uma questão então é "qual cobertura é correta?". Também é levantada a questão "por que essa situação ocorre?".

Com referência à Figura 4, consideremos o caso da pulverização sendo deslocada ou a folha de laser 400 não sendo perpendicular ao eixo 402 do bico. Sem perda de generalidade, podemos considerar o segundo caso.

É visto que nesse caso $L1 > L2$. O resultado seria uma distribuição similar àquela na Figura 3. É desejável que os efeitos do ângulo θ sejam removidos dos dados antes da operação de "espelhamento".

Para começar, observamos que $C1 = C2$.

Utilizando a lei de senos podemos escrever

$$\frac{L_1}{\sin(90 + \alpha/2)} = \frac{C_1}{\sin[180 - (90 + \alpha/2) - \beta]} \text{ ou resolvendo para } C_1 \text{ resulta}$$

em $C_1 = \frac{L_1 \sin(90 - \alpha/2 - \beta)}{\sin(90 + \alpha/2)}$

Utilizando o mesmo, podemos também escrever

$$\frac{L_2}{\sin(90 - \alpha/2)} = \frac{C_2}{\sin[180 - (90 - \alpha/2) - \beta]} \text{ ou resolvendo para } C_2 \text{ resulta}$$

5 em $C_2 = \frac{L_2 \sin(90 + \alpha/2 - \beta)}{\sin(90 - \alpha/2)}$

$$\text{Como } C_1 = C_2 \text{ então } \frac{L_1 \sin(90 - \alpha/2 - \beta)}{\sin(90 + \alpha/2)} = \frac{L_2 \sin(90 + \alpha/2 - \beta)}{\sin(90 - \alpha/2)}$$

Contudo, como $\sin(90 - \gamma) = \sin(90 + \gamma)$ então

$$L_1 \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right) = L_2 \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right) \text{ Contudo, como } \sin(90 + \gamma) = \cos \gamma \text{ então}$$

$$L_1 \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \beta\right) = L_2 \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right)$$

10 Se a "linha de espelho" for conhecida (por exemplo, o "centro verdadeiro" da distribuição de pulverização) então L_1 , L_2 e α são conhecidos o que significa que é possível resolver para β .

15 Pode haver uma solução de forma fechada para β , mas provavelmente é mais fácil resolver para β numericamente. Quando β é conhecido, então $C_1 = C_2$ são conhecidos. Com a cobertura ideal, C_1 , conhecida é possível escalonar L_1 e L_2 apropriadamente o que removeria qualquer distorção na distribuição. Contudo, não se garante que a
20 pulverização seja simétrica. Para fazer isso, é necessário calcular a média dos dados a partir das metades, esquerda e direita, da distribuição com distorção corrigida. Escalonamento deve ser feito com cuidado uma vez que a correção da distorção faz com que Δx entre os valores a

partir de 0 a L1 sejam diferentes de Δx a partir de L1, para L2. Em outras palavras, deve-se escolher um Δx fixo (preferivelmente, o Δx original) e então interpolar os dados com distorção corrigida conforme apropriado e

5 calcular a média dos dados interpolados, com distorção corrigida.

Por exemplo, considere o caso onde os dados estão disponíveis nos seguintes pontos: $X = -0.3, -0.2, 0.1, 0, 0.1, \text{ e } 0.2$. Consideremos a linha de espelho em 0 e

10 suponhamos que descobrimos que o lado esquerdo agora varia de 0 a -0.24, e o lado direito também varia de 0 a 0.24. No lado esquerdo, há pontos de dados em -0.08, -0.16, e -0.24 e no lado direito há pontos de dados em 0.12 e 0.24. Não poderíamos calcular a média desses pontos porque eles estão

15 fora de sincronia. Contudo, utilizando os dados existentes podemos interpolar os dados de intensidade em $\pm 0.1, \pm 0.2$, etc. Esses dados interpolados podem ter então a média calculada, resultando em uma curva simétrica com distorção corrigida.

20 Linha de Espelho.

Uma consideração importante na análise acima é a capacidade de determinar L1 e L2. Preferivelmente, a linha de espelho não deve ser fixada no marcador de pulverização de 50%, mas deve ser localizada (próxima ao centro) onde

25 "próxima ao centro" é definido como aqueles locais onde ao menos 45% do volume de pulverização ocorrem a partir da linha de espelho para ambas as bordas, esquerda e direita da pulverização (isto é, a linha de espelho está entre 45% e 55%). Para várias linhas de espelho que estão "próximas

30 ao centro", a análise descrita acima é realizada, a série

de Fourier de 6ª ordem é determinada, e o resíduo médio elevado ao quadrado é computado. Como o número de pontos de dados pode mudar, é preferido utilizar a média mais propriamente que a soma dos resíduos. Ao computar os
 5 resíduos, imagine que a curva simétrica é sobreposta aos dados originais estabelecidos com o ponto de sobreposição comum sendo a linha de espelho. A linha de espelho correspondendo ao residual médio mais baixo é considerada como a linha de espelho "correta". Preferivelmente, a linha
 10 de espelho ideal está dentro de 2% do marcador de pulverização de 50%.

Distribuição vs. Parâmetros.

Idealmente, cada uma das pulverizações deve ser simétrica. Além disso, uma pulverização simétrica reduzirá
 15 o número de coeficientes para a série de Fourier de 6ª harmônica ajustada a partir de 13 a 7 que simplifica bastante a análise. Portanto, cada curso significativo de dados é processado por intermédio de recomendações de limpeza de dados. Com base nessa análise, os coeficientes a
 20 partir da linha de espelho ótima são determinados.

Coefficientes Adaptados.

A primeira etapa é a de terminar os coeficientes efetivos para cada curso de dados "limpos". O fluxo de distribuição em qualquer ponto X é dado por $I = \sum_{i=0}^6 A_i \cos(iX)$ e onde x é limitado de tal modo que $-\pi < X < \pi$. A
 25 distribuição da série de Fourier a partir de $-\pi$ para π tem que ser escalonada para a cobertura efetiva que pode ser computada conforme aqui discutido. Os coeficientes A_0 até A_7 para cada curso de dados podem ser vistos na tabela
 30 abaixo. Preferivelmente, esses coeficientes são gerados por

intermédio de código executável por computador, tal como por intermédio de um código de fonte AutoIT ou como um programa compilado.

Coeficientes Modelados.

- 5 Cada coeficiente supostamente é uma função independente do ângulo de pulverização, taxa de fluxo, pressão, e altura de pulverização. A função escolhida para essa análise é:

$$A_i = C_{1,i} P^{C_{2,i}} Q^{C_{3,i}} H^{C_{4,i}} \tan(\alpha/2)^{C_{5,i}} + C_{6,i}$$

- 10 onde $C_{1,i}$ a $C_{6,i}$ são os coeficientes que devem ser determinados para cada A_i , P é a pressão em psi, Q é a taxa de fluxo em GPM, H é a altura em mm, e α é o ângulo de pulverização. O próximo resultado na distribuição é uma função de coeficientes $7 \times 6 = 42$.

- 15 Preferivelmente, os coeficientes $C_{1,1}$ a $C_{6,7}$ são determinados (por intermédio de código executável por computador) de modo que a soma do quadrado da diferença entre A_i efetivo e o modelo predito A_i para cada curso de dados é minimizada.

- 20 A tabela abaixo ilustra os coeficientes determinados:

A_i	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
A_0	0.106773	-0.192198	-0.00683584	-0.893583	-1.07605	-0.0000819812
A_1	0.0572837	-0.319813	-0.0710769	-0.624046	-1.06389	-0.000496692
A_2	0.0394276	-1.57209	-0.691521	-0.276787	-1.5898	-0.0000887461
A_3	93.0533	-4.003.3	-1.12941	-0.773354	-2.62033	-0.0000916351
A_4	1.10281E+40	-34.7519	-1.53786	-0.163036	-2.87347	-0.0000918131
A_5	1.46595B+39	-34.4753	-2.83148	-0.889997	-6.02291	-0.0000451912

A₆ 1.55587E+21 -19.6041 -2.0211.7 -1.17302 -4.90817 -0.0000283009

Uma modalidade do CV predito (Coeficiente de Variação) para diversos espaçamentos de bico e condições de pulverização utilizando distribuição numérica computada (ajustada para cobertura efetiva) tem uma boa correlação com o CV computado utilizando dados brutos experimentais para pontas de pulverização com ângulos nominais de pulverização de 65 e 80 graus.

Voltando-se para as Figuras 5-12, é mostrada uma modalidade de uma Interface Gráfica de Usuário (GUI) da unidade de entrada de usuário 100 para identificar uma configuração de bico de pulverização para revestir materiais planos ou produtos se deslocando em um transportador. Em uma modalidade, a unidade de entrada de usuário 100 apresenta a GUI por intermédio de uma interface online. Alternativamente, ou adicionalmente, a unidade de entrada de usuário 100 apresenta a GUI por intermédio de uma LAN. Conforme mostrado nas Figuras 5 e 6, após acessar o módulo de revestimento 500 por intermédio da tela de boas vindas 502, é solicitado ao usuário introduzir os lados do artigo que requerem revestimento (por exemplo, parte superior, parte inferior, lado esquerdo e/ou lado direito). O usuário navega entre as várias telas do módulo de revestimento 500 por intermédio dos botões de navegação "Voltar" e "Próximo", 600 e 602. Na Figura 6, quando o usuário seleciona um ou mais lados para revestir por intermédio dos botões de seleção 604, o módulo de revestimento 500 representa graficamente o item 606 a ser revestido mediante realce do lado(s) selecionado. Prosseguindo para a Figura 7, o usuário introduz a largura

700 do lado(s) selecionado do item a ser revestido e especifica as unidades de largura por intermédio de botões de rádio 702. Na Figura 8, o usuário especifica as propriedades desejadas de revestimento, tal como a
5 espessura de revestimento 800, distância de pulverização 802 para cada um dos lados selecionados do item a ser revestido, e velocidade do transportador 804. Adicionalmente, o usuário especifica a gravidade específica 806 do material de revestimento, quer seja diretamente ou
10 por intermédio da lista suspensa 808. Alternativamente, ou adicionalmente, o usuário também especifica o tipo de fluido de revestimento por intermédio de uma lista suspensa 810 (por exemplo, tinta, tinta à base de água, tinta à base de óleo, óleo, óleo vegetal, entre outros). A seleção pelo
15 usuário do tipo de fluido de revestimento permite que a unidade de combinação de desempenho de fluido 104 aproxime ou combine as propriedades de fluido, tal como viscosidade e tensão de superfície, do fluido selecionado com aquelas dos dados de teste de bico no banco de dados de bico de
20 pulverização 202. Como o ângulo de pulverização muda devido à viscosidade diferente e tensão de superfície diferente dos materiais de revestimento, a seleção de uma categoria de fluido a partir da lista suspensa 802 permite que a unidade de combinação de desempenho de fluido 104 combine
25 mais estreitamente o provável desempenho de pulverização do sistema especificado e resulta em uma sugestão de configuração de bico mais exata para o usuário. Seleções mais específicas do fluido de revestimento (por exemplo, "tinta à base de água" é mais específico do que "tinta" em
30 geral) resulta em uma melhor combinação das características

de tensão de superfície e viscosidade, produzido assim uma configuração de bico mais exata para o usuário. Em outra modalidade, o usuário introduz diretamente os parâmetros de tensão de superfície e viscosidade do fluido (se conhecidos) para processamento adicional.

Na Figura 9, o usuário seleciona o tipo de bico desejado 900 (por exemplo, para aplicações hidráulicas ou de atomização de ar), que estreita ainda mais o universo de bicos disponíveis. Propriedades adicionais de bico, tal como material de bico 902 (por exemplo, aço inoxidável), tipo de conexão de entrada de bico 904 (por exemplo, BSPT fêmea), e tamanho de conexão de entrada de bico 906 são selecionados na Figura 10. Na Figura 11, ao receber a entrada anteriormente mencionada, o módulo de combinação de desempenho de fluido 104 combina a viscosidade e/ou a tensão de superfície do fluido de revestimento desejado (quando o material de revestimento é selecionado), assim como outros parâmetros de sistema, com os dados coletados no banco de dados de bico de pulverização, determina a taxa de fluxo (por exemplo, em gpm) por pressão exigida dada (por exemplo, em psi) correspondendo a um número de ângulos de pulverização e solicita ao usuário que selecione o ângulo de pulverização desejado para cada lado do item selecionado para revestimento. Preferivelmente, é apresentada ao usuário uma lista de ângulos de pulverização, correspondendo aos tamanhos de capacidade de bico correspondente e número exigido de bicos, e especificações de fluxo/pressão para cada lado selecionado para revestimento, conforme mostrado na Figura 11. Seleção de ângulos de pulverização menores pelo usuário requer mais

bicos, mas resulta em uma cobertura mais uniforme do item a ser revestido. Finalmente, na Figura 12, o módulo de revestimento de usuário 500 apresenta ao usuário tipos sugeridos de bico 910, quantidade de bicos 912, ângulo de pulverização 914, capacidade de bico 916, assim como taxa de fluxo correspondente 918 e especificações de pressão 920. Preferivelmente, o módulo de revestimento 500 também apresenta ao usuário um informe de resumo de sistema 922 contendo os parâmetros selecionados de sistema.

10 Todas as referências, incluindo publicações, pedidos de patente, e patentes, aqui citadas são incorporadas pelo presente mediante referência na mesma amplitude como se cada referência fosse indicada individualmente, e especificamente, para incorporação
15 mediante referência; e fosse aqui apresentada integralmente.

 O uso dos termos "um" e "algum" e "o" e referentes similares no contexto da descrição da invenção (especialmente no contexto das reivindicações a seguir)
20 devem ser considerados como cobrindo o singular e o plural, a menos que outra forma aqui indicado ou claramente contradito pelo contexto. Os termos "compreendendo", "tendo", "incluindo" e "contendo" devem ser considerados como termos ilimitados (isto é, significando "incluindo,
25 mas não limitado a") a menos que de outro modo assinalado. Citações de faixas de valores feitas aqui pretendem simplesmente servir como um método abreviado de se referir individualmente a cada valor separado abrangido pela faixa, a menos que de outro modo aqui indicado, e cada valor
30 separado é incorporado no relatório descritivo como se

fosse aqui citado individualmente. Todos os métodos aqui descritos podem ser realizados em qualquer ordem adequada a menos que de outro modo aqui indicado ou de outro modo claramente contradito pelo contexto. O uso de qualquer um e
5 de todos os exemplos, ou linguagem exemplar (por exemplo, "tal como") aqui fornecida, pretende apenas ilustrar melhor a invenção e não apresentam uma limitação em relação ao escopo da invenção a menos que de outro modo reivindicado. Nenhuma linguagem no relatório descritivo deve ser
10 considerada como indicando qualquer elemento não reivindicado como essencial para a prática da invenção.

Modalidades preferidas desta invenção são descritas aqui, incluindo o melhor modo conhecido dos inventores para realização da invenção. Variações dessas
15 modalidades preferidas podem se tornar evidentes para aqueles de conhecimento comum na técnica a partir da leitura da descrição precedente. Os inventores esperam que aqueles versados na técnica empreguem tais variações conforme apropriado, e os inventores pretendem que a
20 invenção seja praticada de outro modo do que aqui especificamente descrito. Consequentemente, esta invenção inclui todas as modificações e equivalentes da matéria em estudo citadas nas reivindicações anexas como permitidas pela lei aplicável. Além disso, qualquer combinação dos
25 elementos descritos acima em todas as suas possíveis variações é abrangida pela invenção a menos que de outro modo aqui indicado ou de outro modo claramente contradito pelo contexto.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fornecer uma configuração de sistema de pulverização para uma aplicação de usuário, o método **caracterizado** por compreender:

5 receber, através de pelo menos um computador executando instruções legíveis por computador armazenadas em um meio legível por computador tangível, um conjunto de parâmetros de aplicação incluindo uma geometria de aplicação e uma identificação de fluido para o sistema de
10 pulverização;

 converter a identificação de fluido recebida em um conjunto de parâmetros de fluido estimados usando o pelo menos um computador, em que o conjunto de parâmetros de fluido estimados inclui um ou mais parâmetros que pelo
15 menos aproximam as características físicas do fluido correspondendo à identificação de fluido;

 com base na geometria de aplicação e no conjunto de parâmetros de fluido estimados, especificar uma geometria de solução e um conjunto de parâmetros de solução, em que a
20 geometria de solução compreende um número especificado e tipo de bicos de pulverização em uma orientação especificada em relação à geometria de aplicação e o conjunto de parâmetros de solução inclui pelo menos uma pressão de fluido na qual o fluido é fornecido aos bicos de
25 pulverização; e

 fornecer a geometria de solução ao usuário.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a geometria de aplicação inclui limitações para posição do bico e uma exigência de
30 aplicação para o revestimento de um item com o fluido.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a geometria de aplicação compreende ainda a velocidade do transportador.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender ainda receber o conjunto de parâmetros de aplicação por intermédio de uma interface gráfica de usuário.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que a interface gráfica de usuário coleta entrada de usuário da identificação de fluido, a identificação de fluido originando-se a partir de uma lista predeterminada de fluidos.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto de parâmetros de fluido estimados compreende uma viscosidade estimada e uma tensão de superfície estimada.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto de parâmetros de solução estimados compreende ainda uma taxa de fluxo correspondendo à pressão de fluido.

8. Método para criar uma especificação de geometria de problema para modelagem de sistema de pulverização, o método **caracterizado** por compreender:

receber por intermédio de uma interface gráfica de usuário, entrada de usuário de parâmetros de configuração de sistema de pulverização, os parâmetros de configuração de sistema de pulverização compreendendo tipo de bico, quantidade de bicos, regime de fluxo, características de arranjo de bico;

calcular a distribuição de tamanho de gota para a

configuração de sistema de pulverização especificada;

armazenar pelo menos a distribuição de tamanho de gota como a especificação de geometria de problema em uma memória legível por computador; e

5 fornecer a especificação de geometria de problema a uma unidade de modelagem de fluido para modelagem do sistema de pulverização.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** por compreender ainda:

10 consultar uma ou mais curvas de pressão, curvas de fluxo, e dados de tamanho de gota na memória legível por computador.

10. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** por compreender ainda calcular a velocidade
15 de pulverização.

11. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que as características de arranjo de bico compreendem um ou mais dentre ângulo de pulverização, distância de pulverização e largura de pulverização.

20 12. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que a especificação de geometria de problema compreende ainda um ou mais dentre um parâmetro de pressão, parâmetro de fluxo, parâmetro de tamanho de gota, e parâmetro de velocidade de pulverização.

25 13. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que a unidade de modelagem de fluido lê a especificação de geometria de problema e determina os pontos de injeção e direções para o sistema de pulverização por intermédio de análise dinâmica de fluido
30 computacional.

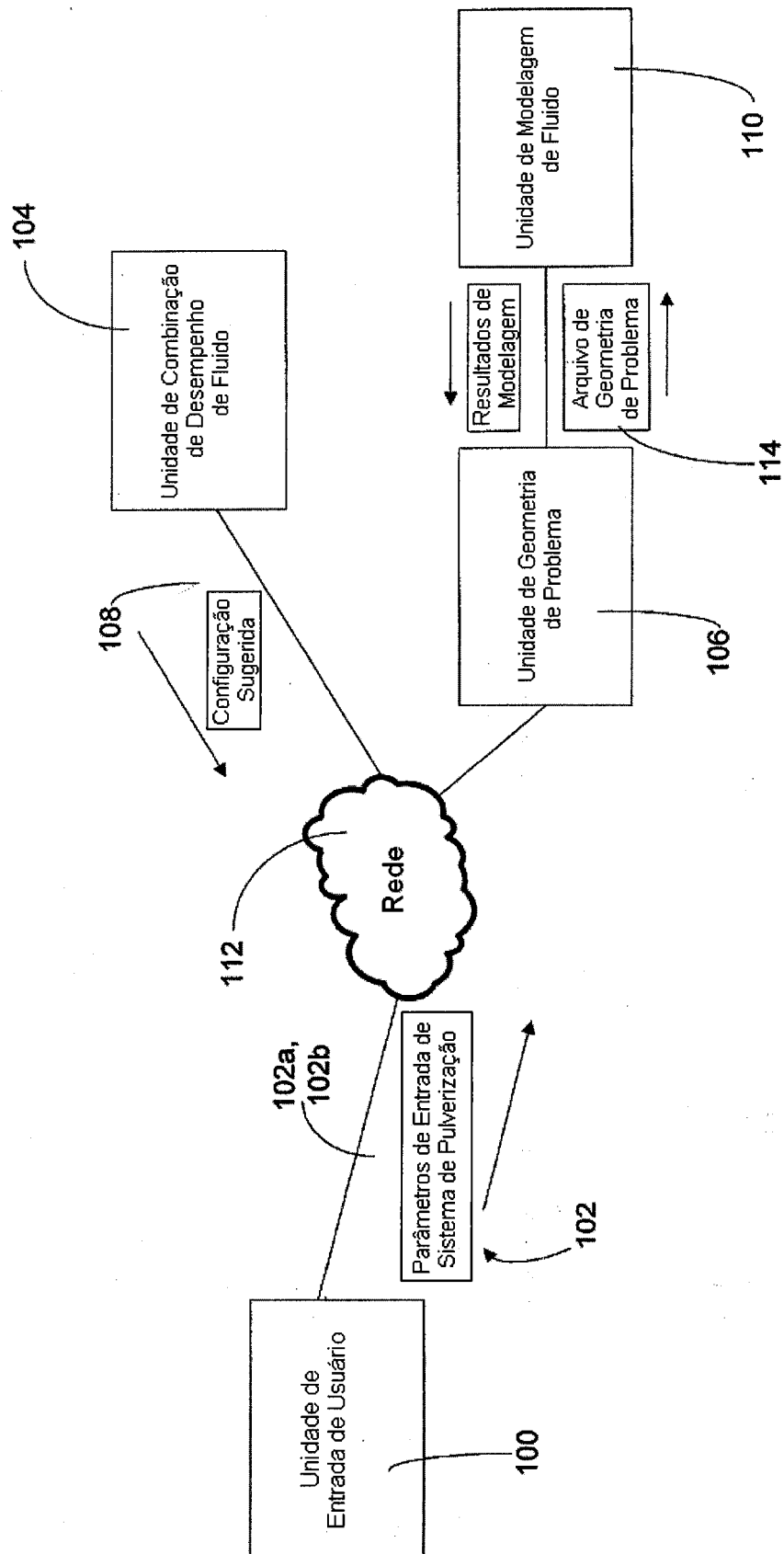


FIG. 1

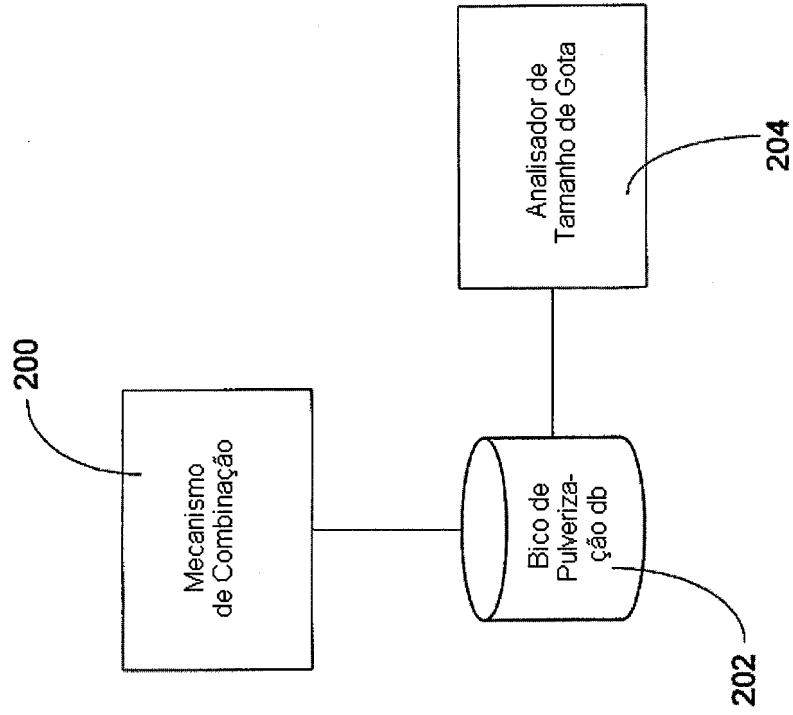


FIG. 2

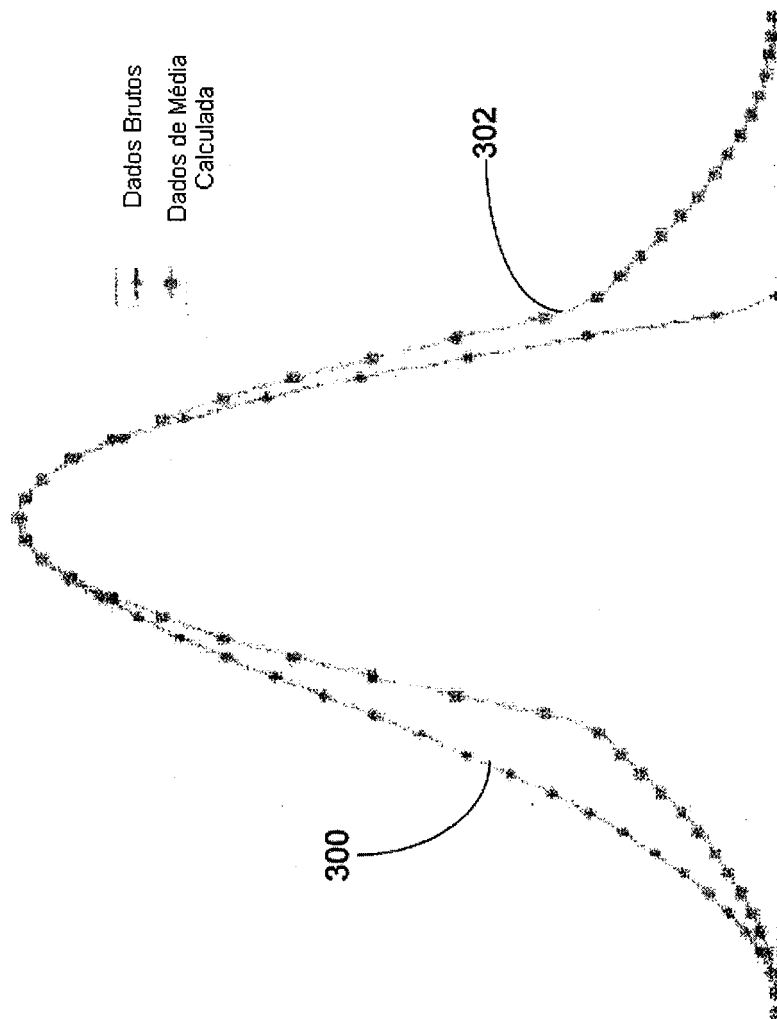


FIG. 3

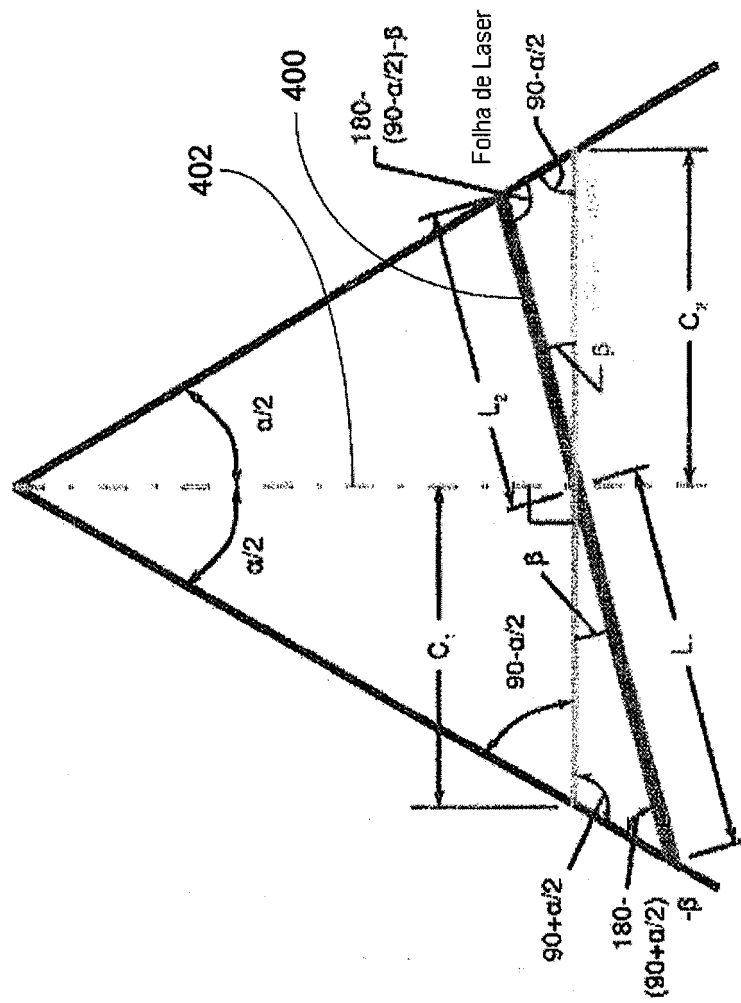


FIG. 4

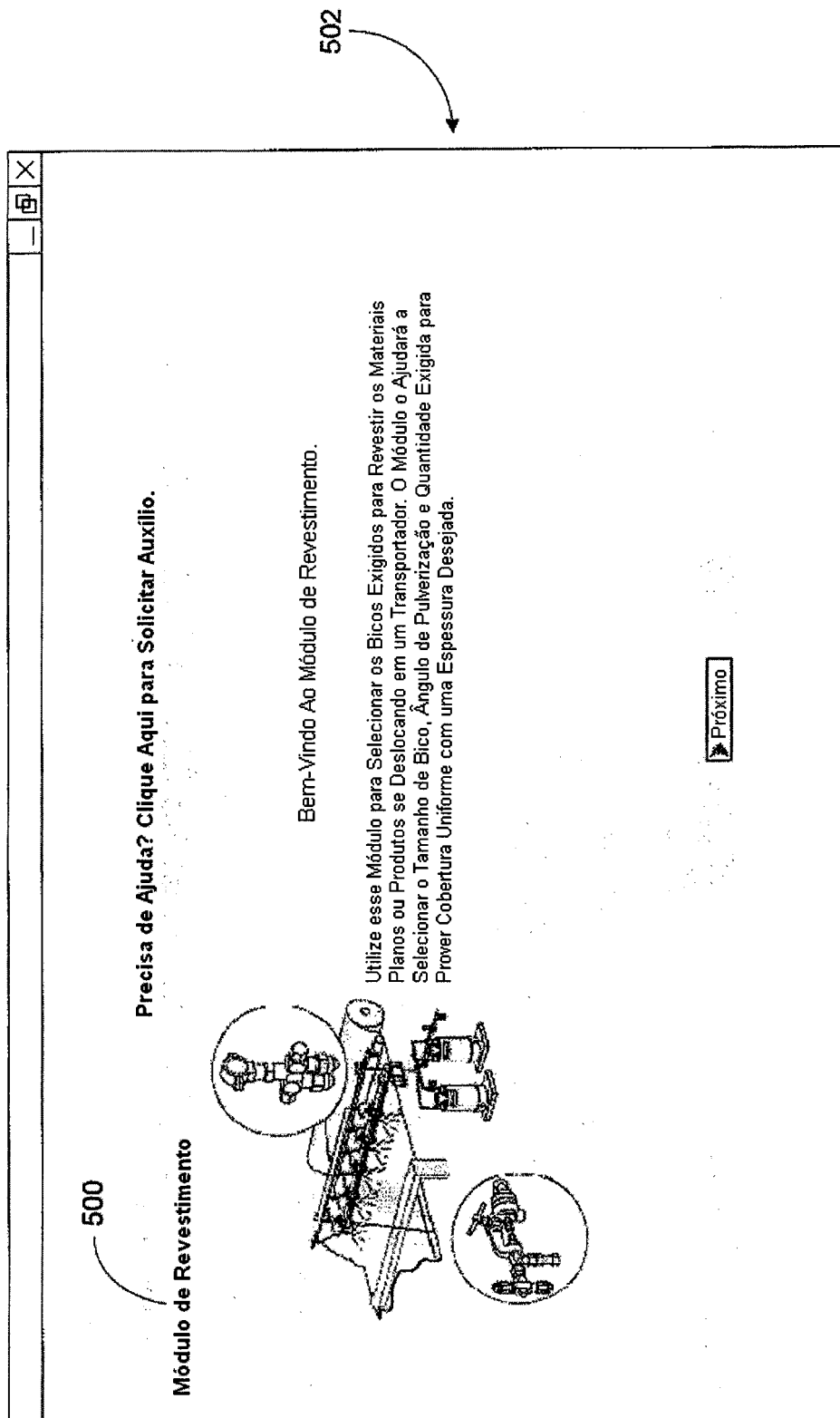


FIG. 5

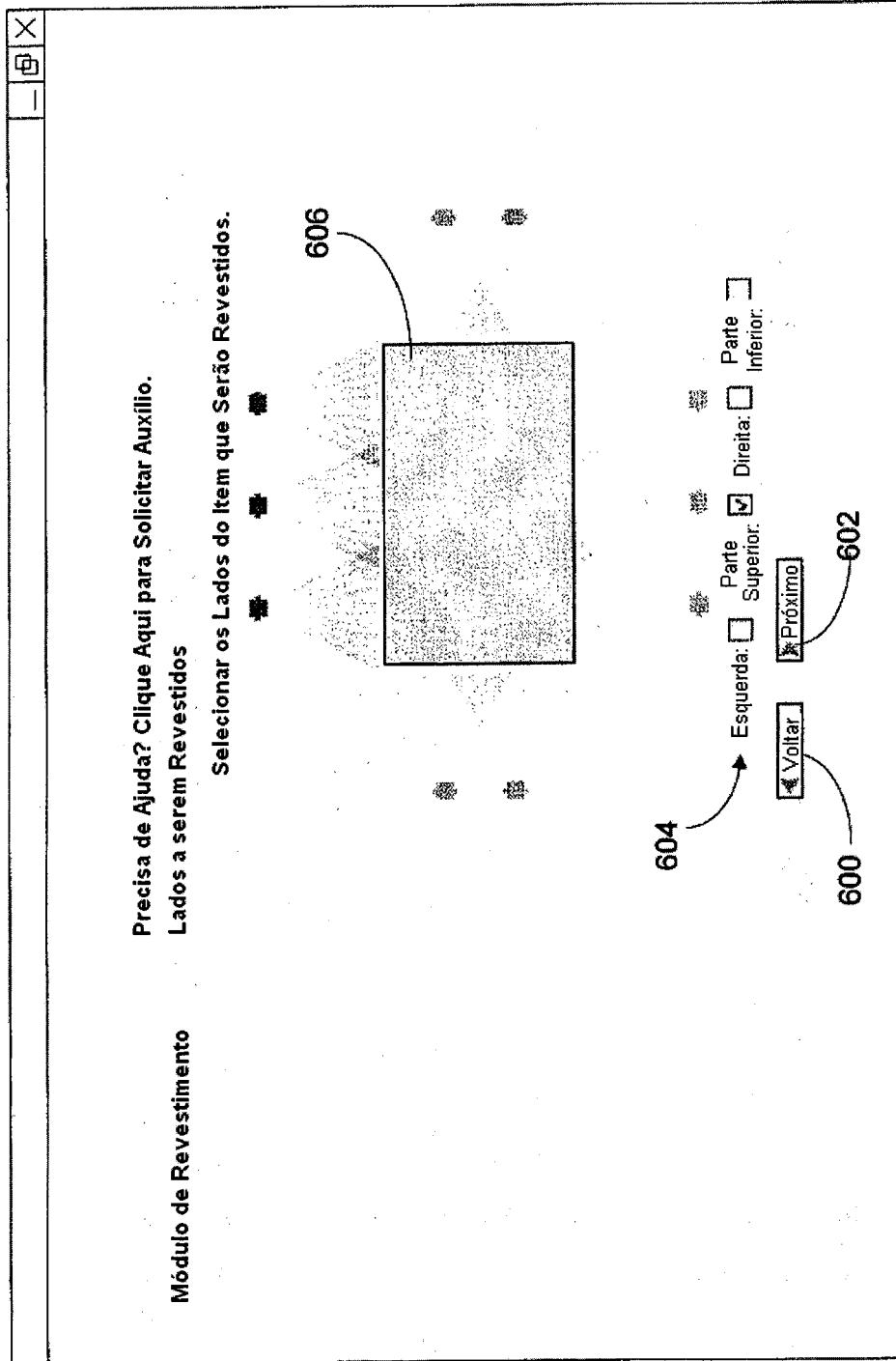


FIG. 6

Precisa de Ajuda? Clique Aqui para Solicitar Auxílio.

Módulo de Revestimento
Lado a ser Revestido
Parte Superior

Dimensões do Artigo
Introduzir a Largura de Cada Lado a ser Revestido.



Largura Superior:

Largura é expressa em: ☒ Polegadas ☐ Metros

Voltar **Próximo**

FIG. 7

Precisa de Ajuda? Clique Aqui para Solicitar Auxílio.

Módulo de Revestimento
Lado a ser Revestido: **Superior**
Largura da Superfície: **Superior: 10 Polegadas**

Propriedades de Revestimento
Introduzir Propriedades Desejadas de Revestimento.

800 Espessura de Revestimento: ○ Polegada 802 ○ Metros/Minuto

804 Distância de Pulverização do Lado de Cima: ○ Polegada 806 ○ Metro

806 Velocidade do Transportador: ○ Pés/Minuto 804 ○ Metros/Minuto

Gravidade Específica do Material de Revestimento: 1.3
(Introduzir um Valor de Gravidade Específica Acima ou Seleccione a partir da Lista Abaixo)

808

Selecionar Material de Revestimento (Fluido)

810

Tinta
Tinta à Base de Água
Tinta à Base de Óleo
Óleo
Óleo Vegetal

FIG. 8

			X

Precisa de Ajuda? Clique Aqui para Solicitar Auxílio.

Tipo de Bico

Módulo de Revestimento

Lado a ser Revestido

Superior

Largura de Superfície

Superior: 10 polegadas

Propriedades de Revestimento

Espessura de Revestimento: 1 Polegada

Distância de Pulverização Superior: 5 Polegadas

Velocidade do Transportador 10 Pés/Min

Gravidade Específica: 1.0

Indicar a sua escolha de tipo de bico, Atomização de Ar ou Hidráulica, abaixo.

Aplicações Hidráulicas (linha de pressão de líquido apenas)	Aplicações de Atomização de Ar (linhas de pressão de líquido e ar)
• Revestimento de Pulverização	• Aplicações de Lubrificante
• Lubrificação de Matriz	• Umedecimento Corrugado
• Pulverização de Trama	• Pulverização Viscosa

900

Hidráulica: ●

Atomização de Ar: ○

Bico: ➤

Voltar

Próximo

FIG. 9

Módulo de Revestimento

Lado a ser Revestido
Superior

Largura da Superfície
Superior: 10 Polegadas

Propriedades de Revestimento:
Espessura de Revestimento: 1 Polegada
Distância de Pulverização Superior: 5 Polegadas
Velocidade do Transportador 10 Pés/Min
Gravidade Específica: 1.0

Tipo de Bico
Hidráulico

Propriedades de Bico
Material: Aço Inoxidável 303
Conexões de Entrada: Formato BSPT
Tamanho de Conexão 1/8
de Entrada de Bico:

Precisa de Ajuda? Clique Aqui para Solicitar Auxílio.

Selecionar Ângulo de Pulverização

Selecionar um ângulo de pulverização e tamanho de capacidade a partir da lista abaixo.

Observação: Selecionar um Ângulo de Pulverização menor permitirá o uso de mais bicos produzindo cobertura mais uniforme.

Top

Ângulo de Pulverização	Tamanho de Capacidade	Bicos Exigidos	Fluxo por Bico (GPM por Minuto)	Pressão Exigida (psibar)
65	05	3	1.95 / 7.37	42 / 2.9
65	055	3	1.95 / 7.37	34 / 2.4
65	06	3	1.95 / 7.37	79 / 7.0
73	0077	3	1.95 / 7.37	1,005 / 124.5
80	01	2	3.12 / 11.80	5 / 14.0
80	08	2	3.12 / 11.80	43 / 3.0
80	30	2	3.12 / 11.80	43 / 3.0
80	09	2	3.12 / 11.80	34 / 2.3
95	08	2	3.12 / 11.80	43 / 3.0
95	30	2	3.12 / 11.80	43 / 3.0
110	10	2	3.12 / 11.80	27 / 1.9

Voltar
Próximo

FIG. 11

