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

(21) **PI0615042-0 A2**

BRPI0615042A2

(22) Data de Depósito: 30/08/2006
(43) Data da Publicação: 26/04/2011
(RPI 2103)

(51) Int.Cl.:
B01F 15/04
B01F 13/10
G05D 11/13
G05B 19/19
F04B 13/02
B01F 5/04

(54) Título: **SISTEMA DE CONTROLE E MÉTODO PARA COMBINAÇÃO DE MATERIAIS, E SISTEMA DE CONTROLE PARA OS MESMOS**

(30) Prioridade Unionista: 01/09/2005 US 11/217,273

(73) Titular(es): THE PROCTER & GAMBLE COMPANY

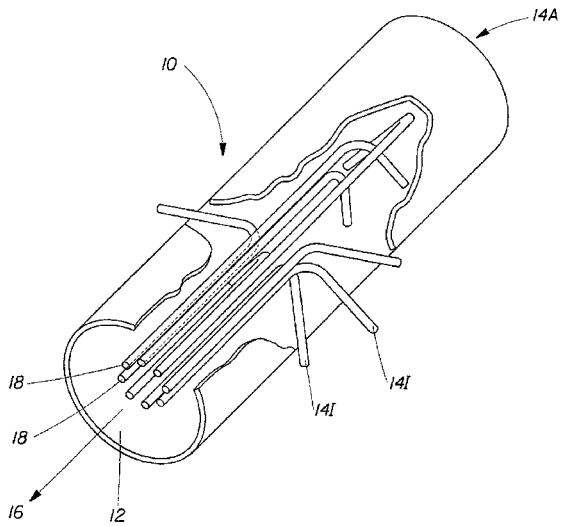
(72) Inventor(es): JON KEVIN MCLAUGHLIN, ROGER PHILLIP WILLIAMS

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

(86) Pedido Internacional: PCT IB2006053019 de 30/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/026315de 08/03/2007

(57) Resumo: SISTEMA DE CONTROLE E MÉTODO PARA COMBINAÇÃO DE MATERIAIS, E SISTEMA DE CONTROLE PARA OS MESMOS A presente invenção refere-se a um aparelho (10) e um método para a combinação de múltiplos materiais em um fluxo. Os múltiplos materiais podem incluir tanto um material majoritário como um ou mais materiais minoritários. Os materiais minoritários são adicionados mediante o uso de tubos de entrada (141). Os materiais majoritários e minoritários são adicionados a taxas de fluxo transientes ou de regime permanente, dependendo de um comando proveniente de um sinal de controle. O aparelho e o método utilizam um sistema de controle que não tem válvulas de controle de fluxo, laços de retroalimentação para controle de fluxo ou um tanque de misturação dinâmico. As taxas de fluxo reais acompanham as taxas de fluxo comandadas, porém desviam por meio de um erro. A disposição reivindicada proporciona um erro baseado em tempo que, acredita-se, não podia ser obtido na técnica anterior.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA DE CONTROLE E MÉTODO PARA COMBINAÇÃO DE MATERIAIS, E SISTEMA DE CONTROLE PARA OS MESMOS".**

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um método e a um sistema de controle para combinação de materiais.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Muitos métodos são conhecidos na técnica para a combinação de materiais fluidos. Tipicamente, os materiais são combinados a montante de um tanque de misturação. Esses materiais são, então, juntamente adicionados ao tanque de misturação e agitados até que seja obtida uma blenda homogênea. Outras etapas de processamento a jusante da região de confluência podem incluir a adição de mais materiais, a adição ou a remoção de energia, como energia térmica, etc.

Adicional ou alternativamente, esses materiais podem ser misturados em um tanque de misturação dinâmico mediante o uso de agitação mecânica e/ou formas alternativas de agitação, como vibração ultrassônica. Os materiais combinados, ou a blenda, podem ser, então, transportados a jusante, tornando-se um intermediário para posterior processamento. Alternativamente, esses materiais podem ser adicionados a um recipiente para venda ou uso finais.

Os métodos e sistemas da técnica anterior têm diversas desvantagens. Se for usado esse tipo de tanque de misturação, pode-se requerer uma energia considerável para a obtenção da misturação desejada. Caso se deseje alterar a formulação, ou mesmo os materiais minoritários, essa alteração geralmente implica na limpeza de todo o tanque e do sistema associado. A limpeza de todo o sistema pode ser demorada e trabalhosa. Então, os novos materiais são adicionados e o processo torna a começar. Pode ocorrer um considerável desperdício de tempo e materiais.

É inevitável a ocorrência de transientes de uma produção nula ou em taxas baixas para taxas máximas de produção, quando ocorrem alterações entre produtos diferentes, entre outros. É geralmente desejável que

esse tipo de transiente se encerre e que se retome a operação em regime permanente tão rapidamente quanto possível. Isso se deve ao fato de que, tipicamente, se deseja atingir as taxas de produção em regime permanente tão pronto quanto for razoavelmente praticável. Além disso, o produto fabricado fora das especificações, durante transientes, pode ser desperdiçado. Caso fosse aceito um transiente mais longo, então provavelmente poderia ocorrer uma maior precisão nos produtos fabricados durante o mesmo, fazendo com que quantidades menores de produto fossem desperdiçadas, mediante o uso de um transiente mais lento. Portanto, uma compensação está presente na técnica.

Frequentemente, a velocidade à qual um sistema responde a transientes é limitada pelos componentes físicos. Por exemplo, um medidor de fluxo que se destine a fornecer a taxa de fluxo real em um determinado momento pode não acompanhar e/ou indicar uma alteração na taxa de fluxo tão rapidamente quanto seria desejável para a taxa de alteração do transiente. Por exemplo, as válvulas que proporcionam controle de fluxo e, basicamente, a taxa de adição de material podem não responder tão rapidamente quanto seria desejável. Além disso, diferentes tamanhos de válvulas, diferentes operadores usados em conjunto com as válvulas, e mesmo válvulas de diferentes fabricantes podem responder a diferentes taxas, uma vez recebido um sinal de comando. Além disso, também, a mesma válvula pode responder a diferentes taxas em diferentes porções do ciclo de abertura/fechamento.

Consequentemente, é necessário um aparelho, e um processo para o uso desse aparelho, que permita a rápida alteração da formulação de uma blenda, que acompanhe transientes com precisão, que minimize o desperdício de materiais, e que permita rapidamente uma homogeneidade na blenda. Exceto onde especificado em contrário, todas as medidas de tempo aqui expressas estão em segundos, e as proporções e porcentagens da presente invenção são baseadas em volume. Opcionalmente, a invenção pode usar proporções e porcentagens baseadas em massa.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A invenção compreende um aparelho para combinar materiais de modo a fazer uma combinação. Os materiais podem incluir pelo menos um material majoritário e pelo menos um material minoritário. Os materiais majoritários e minoritários são combinados em uma região de confluência. A região de confluência tem uma entrada para o suprimento de cada material majoritário e uma ou mais entradas para o suprimento de cada material minoritário. Os materiais combinados são descarregados a partir da região de confluência através de uma saída comum, sem o uso de um tanque de misturação, uma válvula de controle de fluxo ou um laço de retroalimentação para controle de fluxo entre as entradas e a saída comum.

Em outra modalidade, a invenção compreende um método para misturar um ao outro dois ou mais materiais. O método compreende as etapas de obter um primeiro material e pelo menos um material adicional e, então, combinar esses materiais em uma proporção predeterminada. Os materiais podem ser combinados a diferentes taxas de fluxo, ao mesmo tempo em que é mantida a proporção predeterminada dentro de uma tolerância relativamente estrita.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 é uma vista esquemática de um sistema exemplar de acordo com a presente invenção, mostrado parcialmente em recorte permitindo o uso de oito materiais minoritários.

A figura 2 é uma vista em corte vertical instantânea de um sistema exemplar de acordo com a presente invenção, que representa esquematicamente bombas para o fornecimento dos materiais minoritários à região de confluência e uma presilha circunferencial em torno das mesmas.

A figura 3 é um gráfico mostrando a curva de desempenho de um sistema ilustrativo de acordo com a técnica anterior para um sinal de comando que tem uma entrada escalonada.

A figura 4 é um gráfico mostrando uma curva de resposta do transiente de um sistema exemplar de acordo com a presente invenção para uma entrada escalonada, em comparação a uma resposta teórica idealizada da técnica anterior para a mesma entrada escalonada.

A figura 5 é um gráfico de curvas de resposta do transiente de um sistema para uma entrada em rampa de de 0,2 segundo, mostrando o sinal de comando e determinadas variáveis de processo para um material majoritário e dois materiais minoritários.

A figura 6 é um gráfico ampliado da curva de resposta do transiente de um dos materiais minoritários na figura 5.

A figura 7 é um gráfico mostrando o erro instantâneo do sistema da figura 4.

A figura 8 é um gráfico mostrando o erro cumulativo do sistema da figura 4.

A figura 9 é um diagrama esquemático de um sistema para controle de retroinformação da taxa de fluxo, de acordo com a técnica anterior.

A figura 10 é um diagrama esquemático exemplar de um sistema para controle de retroinformação da posição do motor que pode ser usado com a presente invenção, mostrando componentes opcionais em linhas tracejadas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Com referência às figuras 1 e 2, a invenção compreende um aparelho 10 e um processo para combinar, mesclar ou misturar dois ou mais materiais. O termo "combinar" refere-se a adicionar materiais um ao outro, com ou sem misturação substancial destinada à obtenção de homogeneidade. Os termos "misturar" e "combinar" referem-se, de maneira intercambiável, à combinação e à posterior obtenção de um grau relativamente maior de homogeneidade.

A combinação resultante de materiais pode ser disposta em um recipiente (não mostrado). O recipiente pode ser inserível e removível em relação ao aparelho 10. O aparelho 10 compreende os componentes físicos do dito aparelho 10 para a adição, ao recipiente, de pelo menos um material majoritário, ou primeiro material, e para a adição, ao recipiente, de pelo menos um material minoritário, ou de segundo a enésimo materiais. O aparelho 10 para adição dos materiais majoritários e materiais minoritários permite que alguns ou todos dentre esses materiais se encontrem em uma região de

confluência 12. A região de confluência 12 é a região ou o ponto em que os materiais majoritários e pelo menos um, e provavelmente cada um, dos materiais minoritários entram inicialmente em uma relação de contato uns com os outros, e é onde a misturação pode ocorrer. A misturação dos materiais majoritários e dos materiais minoritários pode ocorrer na região de confluência 12, a jusante da mesma, ou ambos.

A região de confluência 12 pode compreender uma ou mais entradas 14A, as quais podem ser chamadas de entrada para material majoritário 14A, destinada ao fornecimento de um ou mais materiais majoritários, e pelo menos uma entrada 14I, cada uma das quais pode ser chamada de entrada para material minoritário 14I, destinada ao fornecimento de um ou mais materiais minoritários. A região de confluência 12 pode compreender, ainda, pelo menos uma saída comum 16 para a descarga de materiais majoritários e materiais minoritários da região de confluência 12 e, opcional e diretamente para dentro do recipiente ou, opcionalmente, para o recipiente após outros processamentos. Deve-se compreender que, após os materiais deixarem a região de confluência 12 através da saída comum 16, pode ser preenchido um único recipiente, ou múltiplos recipientes com volumes e taxas de fluxo iguais ou desiguais podem ser preenchidos em paralelo.

O aparelho 10 para fornecimento dos materiais minoritários pode compreender um ou mais tubos de entrada 14I inseridos no aparelho 10 para fornecer os ditos materiais minoritários diretamente à região de confluência 12. Cada material minoritário pode ter um tubo de entrada 14I dedicado ou, alternativamente, múltiplos materiais minoritários podem ser inseridos através de um único tubo de entrada 14I. É claro que, caso se deseje, o mesmo material minoritário pode ser adicionado através de mais de um tubo de entrada 14I, em diversas combinações de materiais, quantidades, taxas de alimentação, taxas de fluxo, concentrações e temperaturas, entre outros, similares ou diferentes.

A entrada 14I para cada um dos materiais minoritários termina em uma descarga de entrada 18. As descargas de entrada 18 podem estar dispostas em um plano comum, conforme mostrado. A descarga de entrada

18 define o início das regiões de confluência 12, conforme observado acima. A descarga de entrada 18 é o ponto em que um material minoritário deixa uma entrada 14I respectiva e entra na região de confluência 12. A descarga de entrada 18 pode estar justaposta em proximidade a um misturador em linha, de modo que a misturação dos materiais ocorra quase que imediatamente na região de confluência 12.

Embora seja ilustrado o aparelho 10 tendo oito tubos de entrada 14I, cada qual igualmente espaçado em relação ao outro, o versado na técnica reconhecerá que a invenção não é limitada por esse conceito. Pode ser usada uma quantidade maior ou menor de tubos de entrada 14I, sendo espaçados circunferencial, radial e/ou longitudinalmente de maneira igual ou desigual. Além disso, os tubos de entrada 14I podem ter áreas em seção transversal, formatos, comprimentos e taxas de fluxo iguais ou desiguais. Os materiais minoritários podem ser fornecidos aos tubos de entrada 14I a partir de uma ou mais fontes comuns, ou a partir de diferentes fontes.

Caso se deseje, o volume dos tubos de entrada 14I para os materiais minoritários pode ser relativamente pequeno em relação ao volume total do aparelho 10 inteiro. Esse dimensionamento relativo proporciona o benefício de que pode ocorrer menos histerese, devido ao pequeno volume dos tubos de entrada 14I entre a bomba 20 e a região de confluência 12.

O aparelho 10 pode compreender uma pluralidade de linhas de alimentação para os materiais minoritários. Cada linha de alimentação pode se estender a partir da fonte de pelo menos um material majoritário ou pelo menos um material minoritário e até uma respectiva descarga de entrada 18 dentro da região de confluência 12.

A descarga de entrada 18 pode ocorrer na extremidade distal de um tubo de entrada 14I. Cada linha de alimentação define, portanto, um volume a partir de seu respectivo fornecimento de material à sua respectiva descarga no interior da região de confluência 12. O pelo menos um suprimento para adição de pelo menos um material majoritário subtende-se a um primeiro volume, o qual se estende a partir daquela fonte de material até o plano comum em que ocorrem as descargas de entrada 18. Cada suprimen-

to para a adição de cada um dos ditos materiais minoritários subtende-se a um subvolume. Os subvolumes são combinados para produzir um segundo volume. O primeiro volume e o segundo volume são somados para produzir um volume total. O segundo volume pode compreender menos que 20%, menos que 10%, menos que 5% ou menos que 3% do volume total.

O primeiro material pode ser injetado na região de confluência 12 a uma primeira velocidade. Os materiais do segundo ao enésimo podem ser injetados na região de confluência 12 a uma segunda velocidade, a uma terceira velocidade e até N velocidades para N materiais minoritários. As velocidades da segunda à enésima podem ser equiparadas a, substancialmente iguais a, ou ligeiramente diferentes da primeira velocidade e de cada uma das outras. Um ou mais dos materiais minoritários pode, geralmente, corresponder a, ou ser equiparado em velocidade de fluxo, no momento da entrada na região de confluência 12, à velocidade do pelo menos um material majoritário na mesma seção transversal da região de confluência 12. Em uma modalidade da invenção, qualquer uma ou todas as velocidades dos materiais minoritários, da segunda à enésima, podem estar dentro de ± 50%, podendo estar equiparados com mais proximidade dentro de ± 25%, e podendo estar equiparados com ainda maior proximidade a ± 5% da primeira velocidade dos materiais majoritários. Essa disposição permite que os materiais minoritários entrem no fluxo sob a forma de um fluxo contínuo, sem respingos, promovendo assim uma melhor misturação. A velocidade de descarga do material minoritário no fluxo é determinada por uma combinação do orifício de descarga (caso haja) e a saída da bomba 20 que fornece o dito material minoritário. Em um caso degenerado, a primeira velocidade pode ser identicamente equiparada a qualquer uma das, ou a todas as, velocidades da segunda à enésima.

Caso se deseje, o aparelho 10 e o método incluindo a presente invenção podem usar múltiplas regiões de confluência 12. As múltiplas regiões de confluência 12 podem estar dispostas em série, em paralelo, ou em uma combinação dos mesmos. As múltiplas regiões de confluência 12 podem ser idênticas ou diferentes no que se refere a qualquer ou a todos os

materiais majoritários, materiais minoritários, proporções, taxas de fluxo, sinais de comando, etc. Determinadas regiões de confluência múltiplas 12 podem ser usadas para a pré-mistura de materiais minoritários, materiais majoritários ou qualquer combinação dos mesmos, a serem misturados com outros materiais em regiões de confluência 12 de ocorrência posterior.

O recipiente pode ser o receptáculo final para a combinação dos materiais majoritários e minoritários depois de estes terem sido misturados um ao outro e terem deixado a região de confluência 12. O recipiente pode ser, em última análise, distribuído e vendido ao consumidor, ou pode ser usado como um intermediário para o transporte e o armazenamento da blenda de materiais majoritários e materiais minoritários.

O recipiente pode ser movido para dentro e para fora do aparelho 10 utilizando na própria força, como ocorre com o recipiente de um caminhão-tanque, pode ser movido pelo próprio aparelho 10, ou por uma força motora externa. Em um caso degenerado, todos os materiais minoritários são adicionados a um material majoritário no mesmo ponto, definindo assim o início da região de confluência 12. O final da região de confluência 12 é definido como a saída comum 16 da mesma. Em um caso degenerado, a saída comum 16 pode ser para condições de pressão atmosférica, como para dentro de um recipiente preenchido com ar, para um vácuo, como em um recipiente evacuado, ou mesmo para dentro de um recipiente pressurizado. A blenda ou outra combinação de materiais pode ser mantida a uma pressão acima da atmosférica a partir da região de confluência 12 e até o ponto de descarga para dentro do recipiente.

O recipiente pode ter qualquer tamanho, geometria, configuração ou número adequado, entre outros. O volume do recipiente pode situar-se na faixa de alguns centímetros cúbicos até pelo menos o tamanho de de um vagão-tanque. O recipiente pode ser dotado de uma tampa de fechamento frangível ou resselável, conforme é bem-conhecido na técnica, e pode ser feito de qualquer material adequado para conter os materiais combinados de acordo com a presente invenção.

O final da região de confluência 12 pode, também, ser definido

como aquele ponto em que é obtida substancial homogeneidade, e a misturação adicional dos materiais é insubstancial. Esse tipo de ponto pode ocorrer antes da descarga para dentro de um recipiente. O comprimento da região de confluência 12 é definido como a distância do início da região de confluência 12 até a saída comum 16 anteriormente mencionada. O volume da região de confluência 12 é o comprimento multiplicado pela área da seção transversal da mesma. O comprimento da região de confluência 12 pode ser relativamente curto em comparação aos tubos de entrada 14I e outras geometrias no sistema.

Embora seja mostrada uma região de confluência 12 de seção transversal constante, deve-se compreender que a invenção não é limitada por esse conceito. A invenção pode ser de seção transversal variável, como convergente, divergente, cilíndrica, em formato de bomba venturi, etc.

Para uso na presente invenção, um "material majoritário" é o material único em maior quantidade na combinação final, e pode se referir a qualquer material que compreenda mais que 33%, em outra modalidade mesmo mais que 50%, e que possa mesmo compreender mais que 67% da composição total. Volumes iguais para múltiplos materiais majoritários e minoritários são contemplados na presente invenção. Em contraste, um material minoritário é qualquer material que pode compreender menos que ou igual a 50%, em outra modalidade 10%, em outra modalidade menos que 5% e, em mais uma outra modalidade menos que 1% da composição total. A invenção contempla, também, diversos materiais em proporções e/ou taxas de fluxo iguais e/ou relativamente iguais.

O aparelho 10 para fornecimento do material majoritário pode compreender uma tubulação, um conduto, um canal aberto ou qualquer outro aparelho adequado 10 através do qual os materiais possam fluir. Embora esteja ilustrada uma tubulação circular, a invenção não é limitada por esse conceito. Pode-se usar qualquer seção transversal constante ou variável desejada.

O aparelho 10 e o método descrito e reivindicado na presente invenção não requerem um tanque de misturação dinâmico. Para uso na

presente invenção, o termo "tanque de misturação" refere-se a tanques, cubas, vasos e reatores, e inclui os sistemas de misturação por lote e contínuos que façam uso de hélice, bocal de misturação por jato, alça de recirculação, percolação de gás ou meios similares de agitação para combinar materiais no interior dos mesmos. Pode ser difícil seguir e obter, com rapidez e precisão, as taxas de fluxo transientes desejadas com o uso de um tanque de misturação dinâmico. Isso se deve ao fato de que pode ocorrer estagnação e interrupção de fluxo enquanto os materiais estão sendo combinados em um tanque de misturação dinâmico. Diferentes proporções de taxas de fluxo podem ocorrer, impedindo que se obtenha a formulação de produto desejada. Caso não seja obtida a formulação desejada, o produto é desperdiçado. Além disso, o tempo de permanência que é frequentemente necessário para se obter a misturação e a dispersão axial dos materiais requer energia e pode ser de difícil obtenção com as múltiplas adições de materiais minoritários.

O aparelho 10 descrito e reivindicado na presente invenção pode usar um misturador em linha. Para uso na presente invenção, um "misturador em linha" refere-se a um dispositivo misturador que não imputa estagnação de fluxo em macroescala, ou impede a ocorrência de um fluxo contínuo através de uma porção do aparelho 10 que tem o dito misturador em linha. Um tipo não-limitador de misturador em linha é, por exemplo, um misturador do tipo ultrassônico ou de cavitação. Um sistema desse tipo é o sistema de homogeneização Sonolator, disponível junto à Sonic Corporation de Stratford, CT, EUA. Um outro tipo não-limitador de misturador em linha é um misturador estático conforme conhecido na técnica e apresentado na patente U.S. N° 6.186.193 B1, concedida a Phallen et al. em 13 de fevereiro de 2001, e nas Patentes U.S. n° 6.550.960 B2, concedida a Catalfamo et al. em 22 de abril de 2003, 6.740.281 B2, concedida a Pinyayev et al. em 25 de maio de 2004, 6.743.006 B2, concedida a Jaffer et al. em 1 de junho de 2004, e 6.793.192 B2, concedida a Verbrugge em 21 de setembro de 2004, cedidas à mesma requerente. Além disso, caso se deseje, os misturadores estáticos ou outros misturadores em linha podem ser dispostos em, ou com,

um ou mais dos tubos de entrada 14A, ou a montante da região de confluência 12. Adicionalmente, os tanques de compensação podem ser usados para proporcionar um fluxo mais constante para materiais combinados pelo aparelho 10 e o método descritos e reivindicados na presente invenção. Adicional ou alternativamente, pode ser utilizado um retificador de fluxo tipo Zanker.

Os materiais majoritários e/ou minoritários podem compreender um fluido, tipicamente um líquido, embora sejam contemplados materiais majoritários e minoritários gasosos. Os líquidos incluem suspensões, emulsões, pastas fluidas, materiais aquosos e não-aquosos, materiais puros e blendas de materiais, entre outros, todos estando em um estado líquido da matéria.

Opcionalmente, ao menos um dos materiais majoritários e um ou mais dos materiais minoritários pode compreender um sólido, como uma substância granular ou particulada. Os materiais granulares ou particulados podem ser adicionados de qualquer maneira conhecida, incluindo, mas não se limitando àquelas apresentadas na patente U.S. n° 6.712.496 B2, concedida em 30 de março de 2004 a Kressin et al, e cedida à mesma requerente.

Embora a invenção seja descrita abaixo em termos exemplares e não-limitadores de bombas 20 e servomotores, a invenção não é limitada por esse conceito e pode usar qualquer força motora ou meios similares para o fornecimento dos materiais majoritários e minoritários. Para uso na presente invenção, o termo "força motora" refere-se a qualquer força usada para fornecer energia que, por sua vez, é usada para fornecer materiais à região de confluência 12, e podem incluir, sem limitação, motores elétricos, alimentadores por gravidade, alimentadores manuais, alimentadores hidráulicos, alimentadores pneumáticos, etc.

Os pelo menos um material majoritário e/ou pelo menos um material minoritário podem ser fornecidos a partir de um depósito alimentador, um tanque, um reservatório, uma bomba 20, como uma bomba de deslocamento positivo 20, ou outro suprimento ou fonte para a tubulação, bem como outros dispositivos de fornecimento, conforme são conhecidos na técni-

ca, os quais proporcionem a desejada precisão para a dosagem desses materiais. Os materiais majoritários e/ou os materiais minoritários podem ser fornecidos por meio de uma bomba 20, um alimentador auger ou quaisquer outros meios adequados.

O aparelho 10 para fornecimento dos materiais majoritários e/ou minoritários pode compreender uma pluralidade de bombas de deslocamento positivo 20. Cada bomba 20 pode ser acionada por um motor associado, como um motor de CA ou um servomotor. Cada servomotor pode ser dedicado a uma única bomba 20 ou, opcionalmente, pode acionar múltiplas bombas 20. Essa disposição elimina a necessidade de se usar válvulas de controle de fluxo, medidores de fluxo e laços de retroalimentação para controle de fluxo associados, conforme usado na técnica anterior.

Para uso na presente invenção, "válvula de controle de fluxo" refere-se a uma válvula usada quantitativamente para permitir que uma quantidade ou taxa de fluxo específica de material passe por ali, sendo usada para modular a taxa de fluxo real. Uma válvula de controle de fluxo não inclui uma válvula liga-desliga, que permite o processo de acordo com a presente invenção a iniciar ou parar qualitativamente.

Com referência à figura 9, é ilustrado um laço de retroalimentação para controle de fluxo de acordo com a técnica anterior. Um laço de retroalimentação para controle de fluxo compara um ponto de ajuste da taxa de fluxo, ou sinal de comando, a uma taxa de fluxo medida. É realizada uma subtração para determinar um erro. O erro é, por sua vez, usado para ajustar ou corrigir o controle de acionamento da velocidade. O controle de acionamento da velocidade está associado a um motor conectado de modo operacional à bomba 20, a partir da qual é medida a taxa de fluxo real. Esse sistema tem a desvantagem de que a resposta do mesmo pode ser ditada e constrita pela precisão e pelo tempo de resposta do medidor de fluxo.

Com referência à figura 10, é mostrado um laço de controle do motor exemplar e não-limitador, de acordo com a presente invenção. Esse tipo de laço de controle do motor pode ou não compreender ao menos um dentre um laço de pré-alimentação e/ou um laço de retroinformação, desde

que o sistema de controle não tenha um ganho equivalente a zero no controle de posição ou no controle de velocidade, caso não sejam usados os laços de pré-alimentação adequados.

Caso se deseje, o laço de controle do motor pode compreender laços de controle aninhados. O mais interno desses laços pode ser um laço de retroinformação para controle de torque, o qual é mostrado como uma única caixa alterando a escala tanto do torque como da corrente. Um comando de torque é inserido no controle de torque. O controle de torque converte o comando de torque em um comando de corrente equivalente, o qual é inserido no controlador de corrente para o motor. O controlador de corrente, por sua vez, fornece um sinal de retroalimentação da corrente ao controle de corrente. No entanto, pode ser utilizado um controle de torque reconhecendo-se que há uma relação matemática entre torque e corrente, a qual pode ser determinada mediante o uso de um escalonador. O laço para controle de torque pode estar circundado por um laço de retroinformação para controle de velocidade que, por sua vez, pode estar circundado por um laço de retroinformação para controle de posição. O laço de retroinformação para controle de velocidade, o laço de retroinformação para controle de posição e/ou uma trajetória de pré-alimentação para velocidade e/ou aceleração são características opcionais para a presente invenção. Os laços de pré-alimentação para velocidade e aceleração podem usar os respectivos ganhos K_{vff} e K_{aff}, conforme mostrado.

A derivada da posição do motor no que se refere ao tempo pode ser tomado para resultar na velocidade do motor ou, de maneira oposta, a retroinformação de velocidade pode ser integrado no que se refere ao tempo para resultar na posição do motor. O laço de controle para a posição do motor pode usar um sinal de comando para a mesma, e comparar esse ponto de ajuste ou sinal de comando à retroalimentação da posição do motor para calcular o erro de posição. Um ponto de ajuste da velocidade pode ser derivado do erro de posição, mediante o uso do controlador de posição.

O ponto de ajuste da velocidade pode ser comparado à velocidade real do motor para determinar, também, um erro de velocidade. Esse

erro de velocidade pode ser usado para ajustar a velocidade real do motor, mediante o uso de técnicas conhecidas. A velocidade do motor pode, então, ser correlacionada à saída da bomba 20, conforme é conhecido na técnica.

Opcionalmente, o ponto de ajuste da posição pode ter sua derivada tomada no que se refere ao tempo, para resultar um uma velocidade de pré-alimentação. A velocidade de pré-alimentação pode ser inserida no circuito somador do ponto de ajuste da velocidade, e usada em conjunto com a saída do controle do laço de posição para gerar um sinal de comando para o laço de velocidade. A velocidade de pré-alimentação também pode ser usada sem levar em conta o sinal de controle do laço de posição, de modo a gerar o sinal de comando do laço de velocidade. Opcionalmente, a velocidade de pré-alimentação pode ter sua derivada tomada para resultar em uma aceleração de pré-alimentação. Da mesma forma, a aceleração de pré-alimentação pode ser usada em conjunto com, ou sem, a saída do controlador do laço de velocidade para determinar o perfil de aceleração do motor, o qual é proporcional ao sinal de comando de torque emitido para o motor.

Os pontos de ajuste dos materiais majoritários e minoritários podem ser gerados como uma fração ou porcentagem de um ponto de ajuste volumétrico ou sinal de comando principal. O ponto de ajuste volumétrico principal pode ser definido em termos de volume total do fluxo, taxas de fluxo e/ou taxa de tempo das taxas de alteração de fluxo.

Embora a discussão acima se refira a um laço de controle do motor baseado na posição do motor, o versado na técnica reconhecerá que a invenção não é limitada por esse conceito. O laço de controle do motor pode estar baseado na posição, na velocidade, na aceleração, na corrente, na tensão ou no torque do motor, entre outros. Esse tipo de sistema de controle e método pode ser usado para definir um ponto de ajuste principal em termos de torque/corrente, posição, velocidade, e/ou aceleração, desde que haja uma relação direta entre fluxo e torque/corrente/posição/velocidade/aceleração, conforme ocorre na presente invenção. Os pontos de ajuste dos materiais majoritário e minoritário podem ser inseridos nos sistemas indivi-

duais de força motora sob a forma de um ponto de ajuste para posição de comando e/ou velocidade e/ou torque.

O ponto de ajuste da posição do motor, ou sinal de comando, pode ser enviado a um ou mais servomotores. De acordo com a presente invenção, todos os materiais majoritários e minoritários podem ser acionados em uníssono através desses servomotores, cada um dos quais pode estar acoplado a uma ou mais bombas 20. Em vez de, ou em adição a, uma combinação de bomba 20/servomotor, o versado na técnica pode usar um acionador de frequência variável para variar a tensão fornecida a uma bomba 20 acionada por motor CA. Alternativa, ou adicionalmente, a saída da bomba 20 pode ser alterada mediante o uso de vários outros meios, conforme são conhecidos na técnica. Por exemplo, para variar a saída da bomba 20 para um determinado motor, pode-se usar um acionador mecânico de velocidade variável/ajustável, uma transmissão/caixa de câmbio com múltiplas velocidades, e/ou um acionador hidráulico de velocidade ajustável.

Essa disposição proporciona o benefício de que as taxas de fluxo de alguns ou todos dentre os materiais majoritários e materiais secundários podem ser aumentadas ou diminuídas em uníssono, sem que se necessite de um acionador comum ou de válvulas de controle de fluxo, proporcionando maior fidelidade à formulação desejada da blenda final de todos os materiais. Portanto, caso se deseje ter uma alteração de escala, uma alteração em rampa tanto para acréscimo como para decréscimo, ou mesmo um início/interrupção em uma ou mais taxas de fluxo, esse transiente pode ser acomodado mais rapidamente que de acordo com a técnica anterior conhecida pelos inventores. Portanto, a proporção de materiais majoritários e minoritários permanece dentro de uma tolerância relativamente estrita da formulação desejada, sem perturbar ou diminuir indevidamente uma taxa de fluxo que pode ser usada em quantidades de produção.

Conforme observado acima, essa disposição proporciona o benefício de não ser necessário ter um laço de controle monitoramento diretamente as taxas de fluxo. Em vez disso, as taxas de fluxo para os materiais majoritários e minoritários podem ser determinadas pelo conhecimento das

características da bomba 20 para a viscosidade de um determinado fluido, tipo de bomba 20 e diferencial de pressão de entrada/saída. Com base em uma taxa de fluxo desejada, os algoritmos de compensação da bomba 20 podem ser usados para obter uma taxa de fluxo precisa sem requerer a medição direta do fluxo. A medição direta do fluxo pode introduzir atrasos e imprecisões durante a resposta a transiente de alta velocidade, devido às limitações inerentes da instrumentação, a histerese do sistema, etc.

A bomba 20 pode ser acionada até sua velocidade de rotação desejada dependendo da capacidade da mesma, inclusive do fator de deslizamento de qualquer motor ou bomba 20, para levar em conta seu funcionamento a menos que 100% de eficiência. Caso se deseje, o aparelho 10 e o método de acordo com a presente invenção podem monitorar torque, posição, velocidade e/ou aceleração do eixo do motor.

Portanto, um aparelho 10 e um método de acordo com a presente invenção pode não ter um laço de retroinformação do fluxo para compensar pelas variações na taxa de fluxo, ou mesmo um medidor de fluxo para monitorar a adição e/ou a taxa de adição dos materiais majoritários ou minoritários individuais, por exemplo, conforme os mesmos são adicionados à região de confluência 12. Esse tipo de sistema de controle proporciona um grau relativamente alto de fidelidade à resposta desejada, isto é, comandada.

O aparelho 10 e o método, reivindicados na presente invenção, podem ser controlados por um sinal de comando conforme é conhecido na técnica. O sinal de comando pode ser considerado um ponto de ajuste dinâmico, sendo a taxa-alvo da adição de material para cada um dos materiais em um determinado momento. O sinal de comando pode ser enviado de um computador, como um PLC. O sinal do PLC pode ser enviado a um sistema de acionamento do motor. O PLC e o sistema de acionamento podem ser internos ou externos ao sistema em questão.

Caso se deseje, cada motor pode ter um controlador de acionamento dedicado. Os sinais de comando são enviados do computador ao controlador de acionamento e, então, ao motor, o qual pode ser um servo-

motor. É claro que o versado na técnica reconhecerá que podem ser utilizados outros aparelhos 10 e meios para adição dos materiais, podendo o sinal de comando ser enviado pelo controlador a esses aparelhos 10 ou meios de adição de material. Após o recebimento do sinal de comando, o servomotor acelera ou desacelera até a velocidade de rotação específica para a bomba 20, o outro aparelho 10, ou o meio de adição de material associado ao mesmo. A taxa de adição de material é, desse modo, controlada a partir do sinal de comando.

Dois tipos de erro de acompanhamento podem ser considerados com a presente invenção. O erro de acompanhamento é a diferença entre o valor de um sinal de comando e uma variável de processo. O primeiro é o erro de acompanhamento instantâneo, dado em volume de material transferido por unidade de tempo. O erro instantâneo mede a diferença entre qualquer variável de processo e o sinal de comando em um momento específico.

O segundo erro de acompanhamento que se pode considerar é o erro cumulativo. O erro cumulativo é a soma de cada erro instantâneo para cada material em questão ao longo de um período de tempo específico, e é medido em volume. O período de tempo em questão dependerá do comprimento do transiente.

Com referência às figuras 3 e 4, o erro de acompanhamento mostrado é a diferença entre o sinal de comando e uma variável de processo da retroalimentação. Na figura 3, a variável específica do processo de retroalimentação é a taxa de fluxo real medida por um medidor de fluxo para propósitos de realização de testes de desempenho. No entanto, de acordo com a presente invenção, um medidor de fluxo não é necessário à produção de combinações, misturas ou blendas de materiais.

A figura 3 mostra, particularmente, o desempenho de um sistema de acordo com a técnica anterior. Esse sistema tinha uma tubulação com um diâmetro nominal de 5,1 cm. O fluxo era controlado por uma válvula de esfera para controle de fluxo, disponível junto à Fisher Controls, uma divisão da Emerson de St. Louis, Missouri, EUA. A válvula era controlada por um controlador Allen-Bradley ControLogix 1756-5550. O controlador passa-

va sinais à válvula de controle, com base na taxa de fluxo medida. A taxa de fluxo foi medida por um medidor de fluxo de massa Micro Motion CMF100 ELITE com um transmissor RFT 9739, também disponível junto à Emerson. O sistema usou água a uma pressão de aproximadamente 1 MPa (10 bar) em resposta a uma entrada escalonada. O exame da figura 3 mostra que o sistema levou aproximadamente 40 segundos para atingir condições de regime permanente.

A figura 4 mostra a resposta teórica ideal a uma entrada escalonada mediante o uso de uma válvula de controle. O sinal de comando mostra uma entrada escalonada. A resposta é calculada de acordo com a Fórmula $g(t) = 1 - e^{-t/\tau}$, mediante o uso de uma segunda constante de tempo (τ). Mesmo sob essas condições teóricas favoráveis, a figura 4 mostra que podem ser necessárias aproximadamente quatro constantes de tempo, e portanto quatro segundos, neste exemplo, para atingir condições de regime permanente.

A figura 4 mostra, também, que para uma entrada escalonada, as condições de regime permanente de acordo com a presente invenção podem ser atingidas em menos que 0,1 segundo. O sistema de acordo com a presente invenção na figura 4 utilizou um sinal de comando a partir de um processador Allen Bradley ControlLogix 1756-L61 comunicando-se por meio de uma placa de comunicação Sercos 1756-M16SE com um sistema de acionamento Allen Bradley Kinetix 6000 para o material minoritário. O material minoritário, uma solução de corante, foi fornecido por uma bomba Zenith C-9000, disponível junto à Colfax Pump Group de Monroe, NC, acionada por um servomotor Allen Bradley MPF-B330P. O servomotor tinha um acionador Sercos Rack K6000 dedicado. O servomotor e a bomba 20 estavam conectados através de um acionador Alpha Gear SP+, disponível junto à Alpha Gear da Alpha Gear Drives, Inc., de Elk Grove Village, IL.

Conforme mostrado nas figuras 3 a 4, na técnica anterior o baixo erro de acompanhamento e as proporções relativamente constantes de materiais eram de difícil obtenção com uma alteração escalonada ou com uma alteração brusca em rampa. Isso se deve ao fato de que nem todas as vál-

vulas, atuadores, etc., poderiam responder simultaneamente, em sincronia, e na mesma proporção durante essas condições de mudança rápida. No entanto, com a presente invenção e a ausência de válvulas, particularmente válvulas de controle de fluxo, os tanques de misturação dinâmicos e a histerese associada, entre outros, pode-se obter maior fidelidade na resposta ao sinal de comando.

Um transiente que pode ser considerado é o do início do fluxo, ou do início de um comando de alteração na taxa de fluxo, até o ponto em que é obtida a operação em regime permanente. Esse tipo de transiente é mostrado nas figuras 5 e 6. As figuras 5 a 6 foram geradas com um sistema de acordo com a presente invenção. Esse sistema tinha uma região de confluência 12 com 5,1 cm de diâmetro, horizontalmente disposta e com uma seção transversal constante. A região de confluência 12 tinha oito entradas 14I, cada qual com um diâmetro interno de 3 mm e dispostas sobre um diâmetro de 1,5 cm, conforme mostrado nas figuras 1 a 2, embora apenas duas entradas 14I tenham sido utilizadas para este exemplo.

O material majoritário compreendia uma mistura de sabão líquido. O primeiro e o segundo materiais minoritários compreendiam duas diferentes soluções de corante. O material majoritário, o primeiro material minoritário e o segundo material minoritário foram ajustados para as proporções desejadas de 98,75%, 0,75% e 0,5%, respectivamente. O sinal de comando real emitido ao controle do servomotor pode ser ajustado de acordo com algoritmos de compensação conhecidos da bomba 20, para levar em conta as ineficiências e irregularidades comuns da bomba 20.

O material majoritário foi fornecido por uma bomba Waukesha UII-060, disponível junto à SPX Corp. de Delavan, WI, acionada por um servomotor Allen Bradley MPF-B540K. Cada material minoritário foi fornecido por uma bomba Zenith C-9000, disponível junto à Colfax Pump Group de Monroe, NC, acionada por um servomotor Allen Bradley MPF-B330P. Cada servomotor tinha um acionador dedicado Sercos Rack K6000, e estava conectado através de um acionador Alpha Gear SP+, disponível junto à Alpha Gear da Alpha Gear Drives, Inc., de Elk Grove Village, IL. O sistema foi con-

trolado por um processador Allen Bradley ControlLogix 1756-L61 comunicando-se por meio de uma placa de comunicação Sercos 1756-M16SE com um sistema de acionamento Allen Bradley Ultra 3000 ou Allen Bradley Kinetix 6000 para os materiais majoritários e minoritários, respectivamente.

Um misturador estático SMX de quatorze elementos, disponível junto à Sulzer, foi colocado dentro de aproximadamente um mm a partir do início da região de confluência 12. Um misturador estático SMX de doze elementos foi colocado aproximadamente 46 cm a jusante do primeiro misturador estático. Os materiais foram considerados como adequadamente misturados após a passagem pelo segundo misturador estático.

Conforme mostrado pelas figuras 5 a 6, a presente invenção pode ser usada com transientes tendo várias diversas de fluxo crescentes, diversas taxas de fluxo decrescentes, ou com operação em regime permanente a diversas taxas constantes. A curva ilustrada na figura 5 pode ser dividida em três segmentos geralmente distintos. O primeiro segmento da curva é o acréscimo, em que as taxas de fluxo de cada um dos materiais aumentam de zero para um valor predeterminado para cada material. A segunda porção da curva é o fluxo em regime permanente, em que as taxas de fluxo são mantidas relativamente constantes, e podem ser usadas para quantidades de produção. A terceira porção da curva mostra o decréscimo da taxa de fluxo em regime permanente para uma taxa de fluxo menor. A taxa de fluxo menor pode ser zero, no caso degenerado, ou pode ser uma taxa de fluxo que é simplesmente menor que aquela mostrada nas outras porções da curva. Por todas as três porções dessas curvas, é mantida substancialmente constante a proporção de cada material para o total da blenda de todos os materiais na alimentação.

Em uma modalidade, o sinal de comando pode ser para um transiente ir de um fluxo nulo ou igual a zero a um sinal de 100% do fluxo em escala máxima, em um único transiente, embora possam ser utilizadas taxas de fluxo em regime permanente inferiores a 100%. O transiente pode ser comandado para ocorrer em não mais que 2 segundos, não mais que um segundo, não mais que meio segundo ou menos. Durante esse tipo de

transiente, de acordo com a presente invenção, cada material majoritário ou minoritário, isto é, o primeiro, o segundo, o terceiro e até o enésimo material, podem permanecer dentro de ± 10%, 5%, 3% ou 1%, ou medido como fluxo em escala máxima por todo o transiente. A porcentagem pode ter por base o erro instantâneo, descrito a seguir.

É claro que o versado na técnica reconhecerá que a invenção não se limita a transientes com somente três diferentes taxas de fluxo. A transição de um primeiro fluxo em regime permanente pode ser para uma taxa de fluxo em regime permanente maior ou menor. As múltiplas transições, tanto crescentes como decrescentes, em qualquer combinação ou padrão de períodos de tempo e rampas iguais ou desiguais, entre outros, podem ser utilizadas conforme se deseje.

De acordo com a presente invenção, pelo menos um primeiro material e pelo menos um segundo material ocorrem em uma proporção geralmente constante, isto é, a taxas relativas de fluxo constante para a região de confluência 12 por todo o período de operação em regime permanente. Da mesma forma, a proporção substancialmente constante é mantida, também, durante todos os períodos de taxa de fluxo transicional. A proporção substancialmente constante é mantida tanto quando as taxas de fluxo aumentam como quando diminuem, desde que a taxa de fluxo seja maior que um valor não-trivial próximo de zero.

Embora uma taxa de alteração linear de primeira ordem por todas as regiões de transição esteja ilustrada nas figuras 5 a 6, a invenção não é limitada por esse conceito. Uma taxa de alteração de segunda ordem, de terceira ordem, etc., também pode ser utilizada, desde que seja mantida a proporção substancialmente constante. Só é necessário que as bombas 20, ou as outras forças motoras, sejam controladas de modo que seja mantida uma proporcionalidade geralmente constante. Embora a proporção constante possa ser mais prontamente prevista, e mais facilmente executada e programada mediante o uso de uma taxa de alteração linear, o versado na técnica reconhecerá que outras opções estão disponíveis para manter a proporção constante por todas as transições.

Novamente em referência aos sistemas das figuras 3 a 4, e conforme ilustrado pela Tabela 1, que tabula os dados ilustrados na figura 4, o erro instantâneo de acordo com a técnica anterior diminui ao longo da duração do transiente. No entanto, esse erro nunca atinge o valor relativamente baixo da presente invenção dentro do período de 5 segundos ilustrado na Tabela 1. A Tabela 1 ilustra, também, o erro cumulativo tanto para a técnica anterior como para os sistemas da presente invenção.

Tabela 1

Erro de rastreamento	Tempo, em segundos, a partir do início da etapa do sinal de comando. Sinal de comando emitido a T = 1 segundo.				
ERRO INSTANTÂNEO (volume/segundo)	0,1 s	0,25 s	0,50 s	1 s	5 s
Técnica anterior	0,905	0,779	0,607	0,369	0,009
Presente invenção	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
ERRO CUMULATIVO (volume)	0,1 s	0,25 s	0,50 s	1 s	5 s
Técnica anterior	0,089	0,215	0,386	0,624	0,990
Presente invenção	0,006	0,006	0,006	0,007	0,015

A figura 7 ilustra que o erro instantâneo pode ser aproximado pela equação exponencial de primeira ordem:

$$IE = A*M*\exp(-t/\tau)$$

Em que IE é o erro instantâneo em volume por unidade de tempo, e

A é a magnitude da alteração do ponto de ajuste, normalizada para unidade para a presente invenção,

M é um coeficiente da amplitude que reduz o valor da mesma da magnitude do ponto de ajuste de unidade normalizado para qualquer valor de 0 a 1, ou de 0,1 a 1, ou de 0,2 a 1, ou de 0,3 a 1, ou de 0,4 a 1, ou de 0,5 a 1, conforme se deseje,

t é o tempo instantâneo em segundos,

τ é a constante de tempo em segundos.

Essa aproximação é particularmente adequada para transientes de técnica anterior durando até 1 segundo, 2 segundos, 3 segundos, 4 segundos e mesmo 5 segundos. Combinações ilustrativas e não-limitadoras do

coeficiente, da constante de tempo e do período de tempo em questão são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2

M	Tau	t(s)
0,5	1,0	0 a 0,5*τ
0,5	0,75	0 a 1,33*τ 0 a 1*τ 0 a 0,5*τ
0,5	0,5	0 a 3*τ 0 a 2*τ 0 a 1*τ
0,5	0,25	0 a 8*τ 0 a 4*τ 0 a 2*τ
0,25	1,0	0 a 1,5*τ 0 a 1*τ
0,25	0,75	0 a 2*τ 0 a 1*τ
0,25	0,5	0 a 3*τ 0 a 1,5*τ
0,25	0,25	0 a 4*τ 0 a 2*τ

A figura 7 mostra, ainda, que a presente invenção pode obter um erro instantâneo dado pelas seguintes desigualdades exemplares, embora possam ser utilizadas qualquer uma das combinações apresentadas na Tabela 2 ou de outro modo.

$IE < A*M*\exp(-t/\tau)$ para valores de M=0,5, $\tau = 1$, avaliados a partir do tempo t=0 a $0,5*\tau$ ou, mais particularmente,

$IE < A*M*\exp(-t/\tau)$ para valores de M=0,5, $\tau = 0,5$, avaliado para t de 0 a $3,0*\tau$ ou, mais particularmente,

$IE < A*M*\exp(-t/\tau)$ para valores de M=0,25, $\tau = 1,0$, avaliado para t de 0 a $1,5*\tau$.

O erro instantâneo pode ser integrado ao longo de um período de tempo desejado, para produzir um erro cumulativo para aquele período, de acordo com a Fórmula

$$CE = \int_{t_1}^{t_2} IE \, d(t)$$

Onde CE é o erro cumulativo,

t_1 é o momento inicial, sendo definido como 0 para o caso degenerado, e

t_2 é o final do período de tempo sob consideração.

A figura 8 ilustra que o erro cumulativo de acordo com a técnica anterior pode ser aproximado pela equação

$$CE_k = (0{,}5^* (IE_{k-1} + IE_k) * \Delta T) + CE_{k-1}$$

Onde CE é o erro cumulativo em volume,

k é o índice para o período de tempo distinto específico,

ΔT é a amostragem e o período de tempo distintos, em segundos, e

IE permanece conforme anteriormente definido.

No entanto, o versado na técnica reconhecerá que o erro instantâneo se aproxima de zero conforme o tempo continua em direção a um fluxo em regime permanente. Já que o erro cumulativo depende do erro instantâneo, o erro cumulativo não aumentará significativamente conforme o erro instantâneo se aproxima de zero. O versado na técnica reconhecerá que qualquer combinação dos valores apresentados na Tabela 2 pode ser utilizada com a presente invenção, de modo que a invenção não se limita às desigualdades acima para erro instantâneo ou erro cumulativo associado.

Caso se deseje, pode-se usar uma bomba de pistão com a presente invenção. Uma bomba de pistão pode proporcionar maior versatilidade com determinados fluidos que podem ser usados em conjunto com a presente invenção, além de ter uma saída pulsante que proporciona flutuações repetidas na taxa de fluxo. Caso se deseje, pode-se programar o servomotor para que tenha uma sobreposição negativa à real saída da bomba, de modo que as flutuações sejam amortecidas mediante o uso de came do motor, conforme é conhecido na técnica. Isso proporciona a vantagem de não ser necessário um amortecedor no sistema, a jusante da bomba de pistão. O

amortecedor pode adicionar histerese ou outros efeitos indesejáveis, que são evitados de acordo com a presente invenção.

É apresentada uma modalidade alternativa da invenção. Nesta modalidade, é desviada uma pequena porção, que pode ser uma porção minoritária, do fluxo de produto. A porção desviada do produto pode ter todos os materiais do produto final, conforme se deseje. Alternativamente, a porção minoritária desviada pode ter um ou mais materiais ausentes.

A porção minoritária desviada do fluxo de produto pode ter pelo menos um material adicionado mediante o uso do aparelho 10 e do método apresentados na presente invenção. O material minoritário pode ser adicionado ao fluxo desviado imediatamente a montante de uma corneta ultrassônica, um misturador estático, etc. Essa porção do fluxo pode, então, ser usada como um produto intermediário ou final. Essa porção minoritária, tendo assim sido completada é, então, descarregada para dentro do recipiente para seu uso final.

A porção majoritária do fluxo pode continuar através do processo sem decréscimo, sem a adição posterior de um material minoritário, e sem desvio. Alternativamente, materiais minoritários adicionais podem ser adicionados à porção majoritária do fluxo de produto. A porção majoritária do fluxo de produto é, então, enviada a um recipiente para seu uso final, conforme apresentado acima.

Essa disposição proporciona o benefício de que se pode obter simultaneamente a fabricação paralela de um produto majoritário e de um produto minoritário. Por exemplo, a porção majoritária do produto pode compreender um primeiro corante, perfume, aditivo, etc. Uma porção minoritária do fluxo de produto, que tem menor aceitação ou que é usada menos frequentemente, pode ser desviada e ter um segundo corante, perfume ou outro aditivo incluído no produto final. Alternativamente, essa disposição proporciona o benefício de que a porção majoritária do produto pode ser produzida sem um determinado corante, perfume, aditivo, etc., enquanto um corante, perfume ou outro aditivo desejado é incluído no fluxo desviado do produto minoritário, ou vice-versa. Essa disposição proporciona o benefício

de que ambos os produtos podem ser produzidos em qualquer proporção desejada, sem os custos de desligamento, limpeza, etc.

É claro que o versado na técnica reconhecerá que mais de um único fluxo de produto minoritário pode ser desviado. Múltiplos fluxos minoritários podem ser desviados, cada qual produzindo uma quantidade relativamente pequena do produto final, com ou sem específicos e outros aditivos. Essa disposição proporciona flexibilidade no processo de fabricação para produção de uma primeira quantidade grande ou majoritária de uma mistura de materiais, e uma ou mais quantidades minoritárias relativamente pequenas, ou mesmo muito pequenas, de materiais, tudo isso sem desligar e tornar a limpar o aparelho 10 e os sistemas associados.

Todos os documentos citados na Descrição Detalhada da Invenção são, em sua parte relevante, aqui incorporadas por referência, e a citação de qualquer documento não deve ser interpretada como admissão de que este represente técnica anterior com respeito à presente invenção. Se algum significado ou definição de um termo deste documento escrito entrar em conflito com algum significado ou definição do termo em um documento incorporado por referência, o significado ou definição atribuída ao termo neste documento escrito terá precedência.

Embora modalidades particulares da presente invenção tenham sido ilustradas e descritas, deve ficar evidente aos versados na técnica que várias outras alterações e modificações podem ser feitas sem que se desvie do caráter e âmbito da invenção. Portanto, pretende-se cobrir nas reivindicações anexas todas essas alterações e modificações que se enquadram no escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho destinado à adição de uma combinação de materiais a um recipiente que pode ser inserido e removido do dito aparelho, que é caracterizado pelo fato de compreender:

pelo menos um suprimento para adição de pelo menos um material majoritário ao recipiente;

pelo menos um suprimento para adição de pelo menos um material minoritário ao recipiente;

em que o dito suprimento para o dito pelo menos um material majoritário e cada um dos ditos suprimentos para o dito pelo menos um material minoritário têm uma força motora associada aos mesmos, fornecendo o dito respectivo material majoritário ou minoritário, e podendo ser operada independentemente das ditas outras forças motoras, sendo que cada um dos ditos suprimentos está em comunicação com uma região de confluência, de modo que o dito pelo menos um material majoritário e um material minoritário possam encontrar-se a uma razão predeterminada no interior da dita região de confluência;

em que a dita região de confluência compreende:

uma entrada para o fornecimento de cada um dos ditos materiais majoritários;

uma entrada para o fornecimento de cada um dos ditos materiais minoritários; e

uma saída comum para descarregar os ditos pelo menos um material majoritário e pelo menos um material minoritário combinados um ao outro, da dita região de confluência e para dentro do recipiente, em que

não há quaisquer tanques de misturação, laços de retroalimentação para controle de fluxo ou válvulas de controle de fluxo dispostos entre os ditos suprimentos para os ditos materiais e a dita saída comum usada para manter a dita razão predeterminada.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito pelo menos um material majoritário compreende um líquido, sendo o dito pelo menos um material majoritário fornecido à dita região

de confluência por meio de uma bomba, e sendo que o dito pelo menos um material minoritário compreende um líquido, sendo que o dito pelo menos um material minoritário é fornecido à dita região de confluência por uma bomba, sendo que cada uma das ditas bombas para os ditos pelo menos um material majoritário e pelo menos um material minoritário é acionada por um motor associado de modo operacional às mesmas, sendo as ditas bombas operacionais a uma pluralidade de saídas volumétricas, e sendo que o dito aparelho compreende, ainda, um laço de retroinformação para controle do motor.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de compreender uma primeira pluralidade de materiais minoritários e uma pluralidade semelhante de bombas, sendo que cada uma das bombas da dita pluralidade semelhante fornece um dos ditos materiais minoritários a uma determinada taxa de fluxo, funcionando independentemente das ditas outras bombas para fornecimento dos ditos materiais minoritários, de modo que uma taxa de fluxo de um dos ditos materiais minoritários possa ser alterada independentemente da taxa de fluxo de outro dos ditos materiais minoritários, mediante o funcionamento de uma dita bomba respectiva, e compreendendo, ainda, uma segunda pluralidade de controladores, os quais são iguais em número ao número de bombas para fornecimento do dito pelo menos um material majoritário e dos ditos materiais minoritários, sendo que os ditos controladores funcionam em uníssono para alterar a taxa de fluxo de uma bomba respectiva, de acordo com um sinal de comando.

4. Sistema de controle, destinado ao uso na misturação de vários materiais, caracterizado pelo fato de compreender:

um controle de posição, o qual é estruturado para receber um ponto de ajuste de posição e convertê-lo em um ponto de ajuste de velocidade;

um controle de velocidade estruturado para receber o dito ponto de ajuste da velocidade e convertê-lo em um ponto de ajuste para controle do motor; e

um controle do motor estruturado para receber o dito ponto de

ajuste para controle do motor e convertê-lo em um sinal de comando, sendo que o dito sinal de comando governa a velocidade de um motor, sendo que o dito sistema de controle tem a funcionalidade de misturar múltiplos materiais a uma razão predeterminada sem medir a taxa de fluxo de qualquer um dos ditos múltiplos materiais sendo misturados na dita razão.

5. Sistema de controle, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de compreender, ainda, um motor para recepção do dito sinal de comando, estando o dito motor operacionalmente associado a uma bomba, e sendo que o dito motor tem uma velocidade durante seu funcionamento, compreendendo, ainda, um primeiro circuito somador, o qual recebe a dita velocidade do motor e o dito ponto de ajuste da velocidade, sendo capaz de discernir um erro de velocidade entre os mesmos, sendo o dito erro de velocidade recebível pelo dito controle de velocidade, de modo que o dito controle de velocidade possa ajustar o dito ponto de ajuste para controle do motor com base no dito erro de velocidade.

6. Sistema de controle, de acordo com as reivindicações 4 ou 5, caracterizado pelo fato de compreender, ainda, um primeiro laço de pré-alimentação, o qual toma a derivada da dita posição no que se refere ao tempo para, desse modo, resultar em um comando de pré-alimentação de velocidade, sendo que o dito comando de pré-alimentação de velocidade e o dito ponto de ajuste da velocidade podem ser recebidos por um primeiro circuito somador, o qual é capaz de discernir um erro de velocidade entre os mesmos e transmitir o dito erro de velocidade ao dito controle de velocidade.

7. Método para controle da quantidade de dois ou mais materiais combinados um ao outro em uma proporção predeterminada, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

inserir um ponto de ajuste da velocidade para um controle de velocidade em um motor associado de modo operacional a uma bomba;

converter o dito controle de velocidade em ao menos um dentre um sinal de controle de torque ou um sinal de controle de corrente;

inserir o dito ao menos um dentre o dito sinal de controle de torque e o dito sinal de controle de corrente para uma força motora de modo a

determinar a taxa de operação da dita força motora; sendo que

não é medida a taxa de fluxo de qualquer um dos materiais sendo misturados para controlar a dita proporção predeterminada.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de compreender, ainda, as etapas de:

inserir um ponto de ajuste da posição em um controlador de posição;

determinar o dito ponto de ajuste da velocidade a partir do dito controlador de posição;

determinar a real posição do dito motor, e comparar a dita posição real do motor a um ponto de ajuste da posição do motor para, assim, determinar um erro entre os mesmos; e

inserir o dito erro para o dito controle de posição.

9. Método para a combinação de dois ou mais materiais, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

obter uma região de confluência para a combinação dos ditos materiais;

injetar um primeiro material na dita região de confluência a uma respectiva taxa de fluxo do primeiro material;

injetar pelo menos um material adicional na dita região de confluência a uma respectiva taxa de fluxo do segundo material, sendo que o dito primeiro material e o dito pelo menos um material adicional são combináveis para formar um total de material;

sendo o dito primeiro material injetado por uma primeira força motora, sendo o dito pelo menos um material adicional injetado por uma respectiva força motora adicional independente da dita primeira força motora, de modo que cada um dos dito materiais seja mantido dentro de uma proporção predeterminada em relação ao total de materiais na dita região de confluência, de acordo com um sinal de comando,

fornecer o dito sinal de comando a cada uma das ditas forças motoras;

alterar o dito sinal de comando para cada uma das ditas forças

motoras, de modo a alterar a taxa de fluxo de cada um dos ditos materiais para a dita região de confluência, ao mesmo tempo em que geralmente se mantém a dita proporção de cada um dos ditos respectivos materiais em relação ao dito total, em que a dita etapa de alterar a dita taxa de fluxo de cada um dos ditos materiais é realizada sem se ajustar uma válvula de controle de fluxo ou sem diretamente medir a dita taxa de fluxo e usar a dita taxa de fluxo medida no dito método de combinar os materiais, de modo a manter a dita proporção predeterminada.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de injetar o dito primeiro material e o dito pelo menos um material adicional na dita região de confluência compreende as etapas de injetar cada um dos ditos materiais a partir de uma bomba;

acionando cada uma das ditas bombas a partir de um motor;

enviando o dito sinal de comando a um controlador associado a cada um dos ditos respectivos motores;

em que essa dita etapa de alteração do dito sinal de comando compreende a etapa de alteração do dito sinal de comando de um sinal de comando de fluxo zero para um sinal de comando de fluxo de 100% da escala máxima em um transiente.

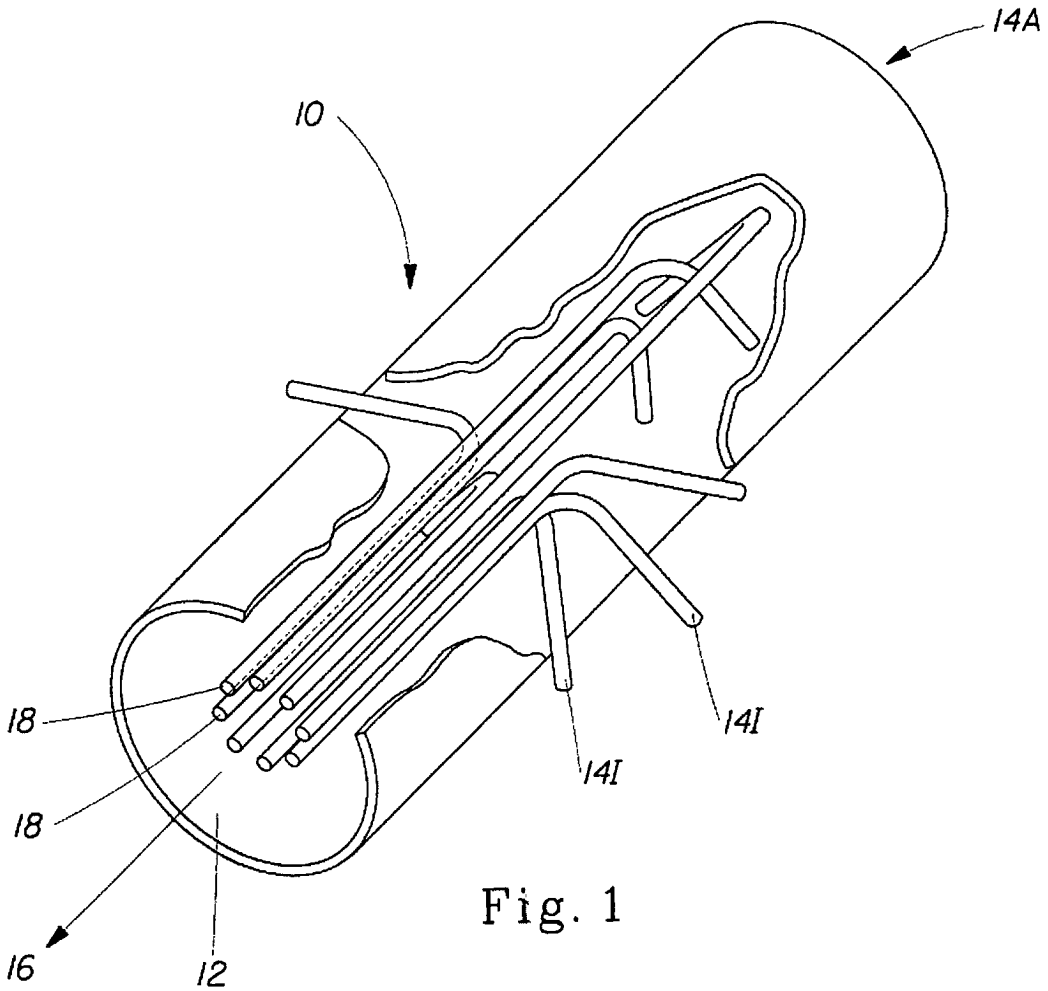


Fig. 1

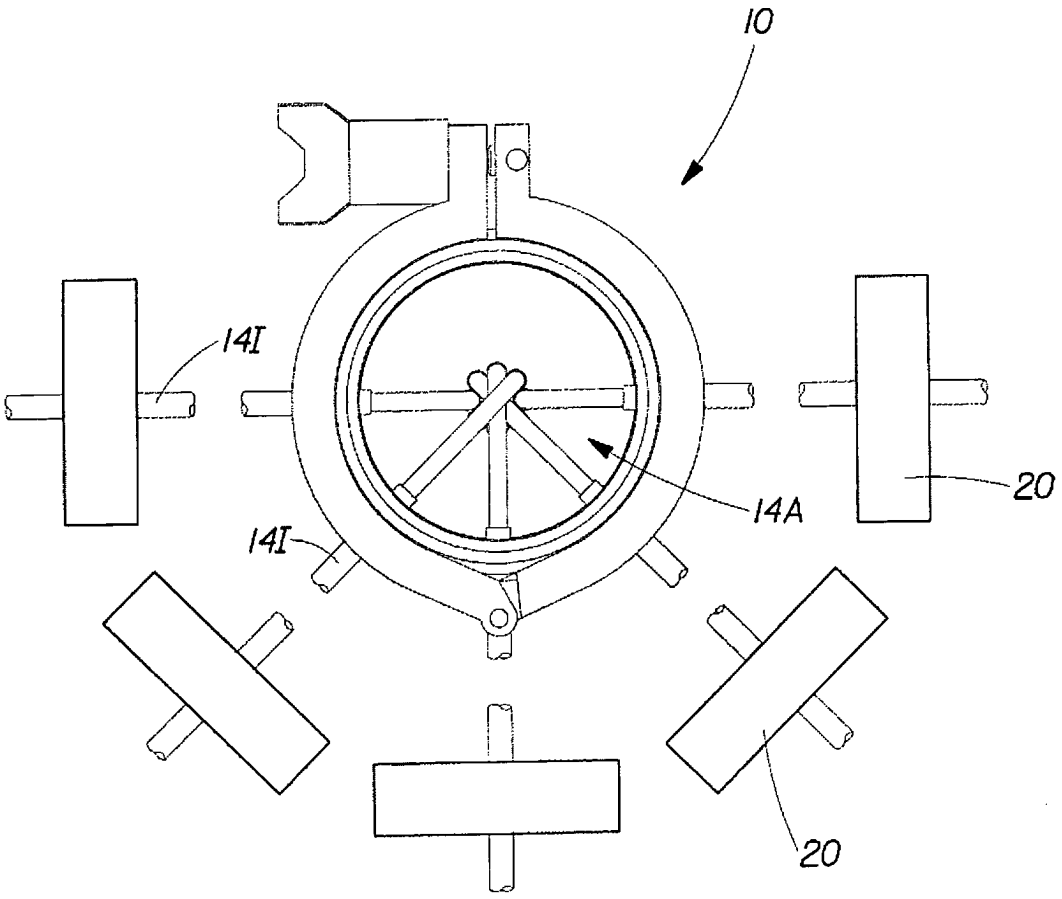


Fig. 2

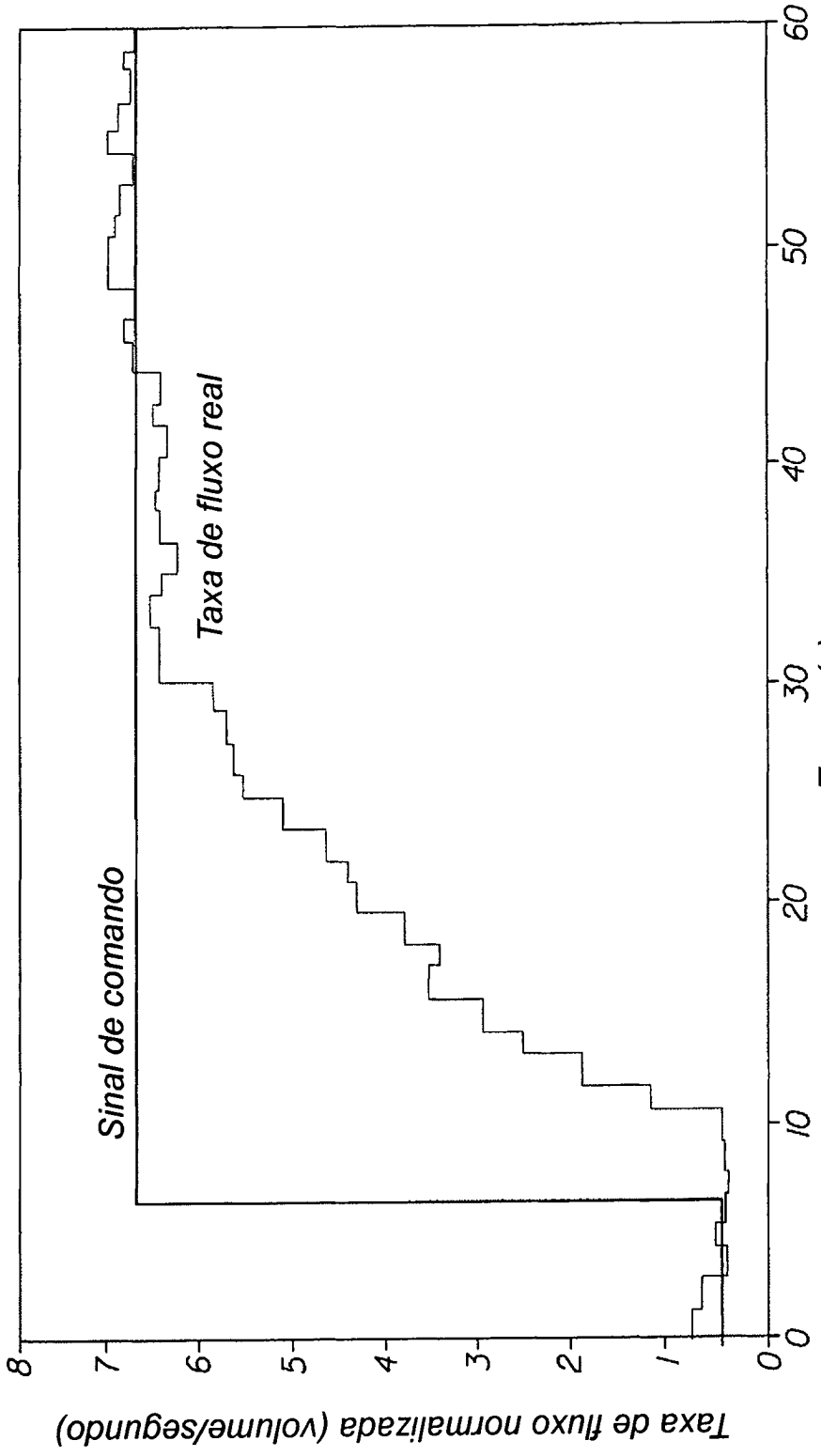


Fig. 3
(Técnica anterior)

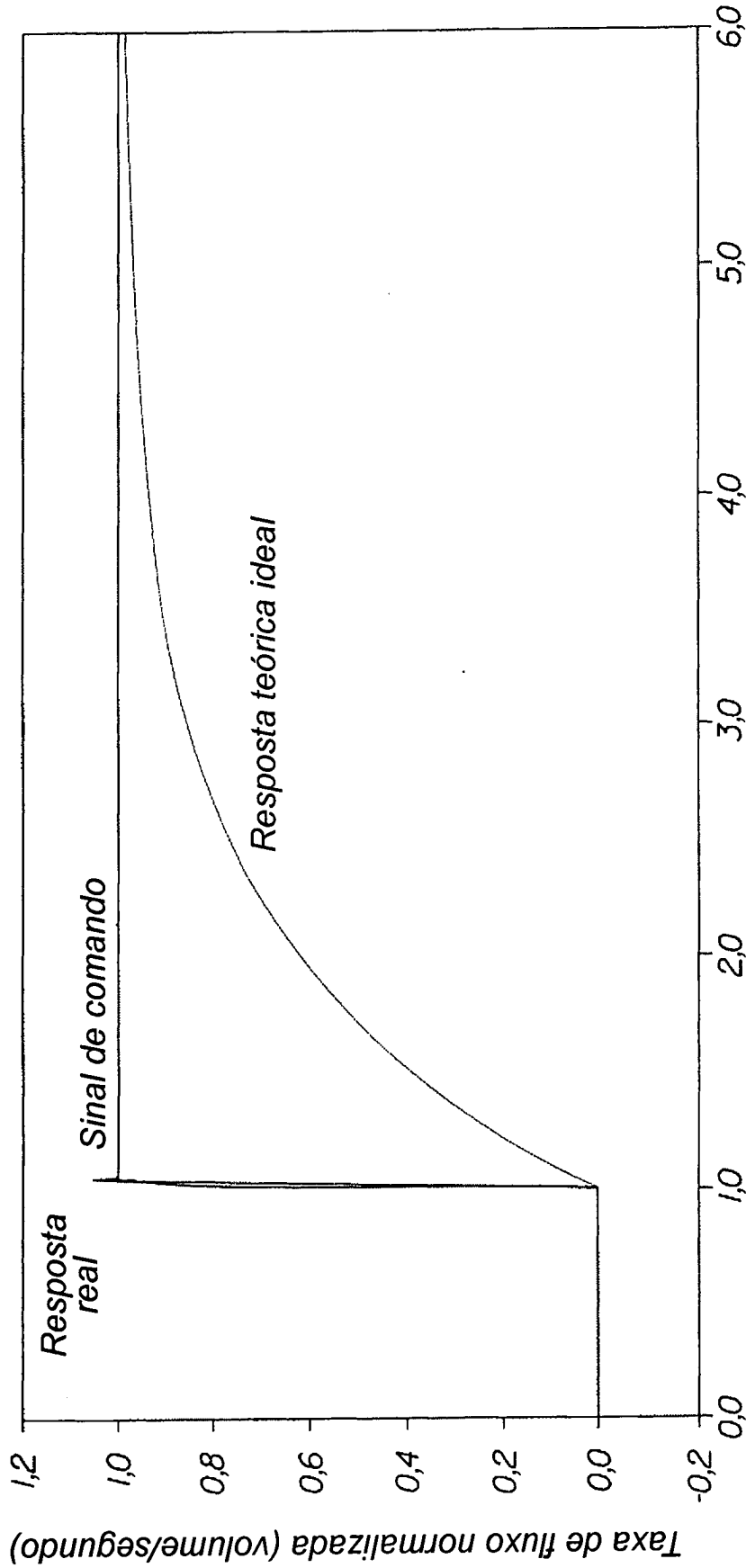

Taxa de fluxo normalizada (volume/segundo)
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
-0,2
0,0
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
6,0
s
Resposta real
Sinal de comando
Resposta teórica ideal

Fig. 4

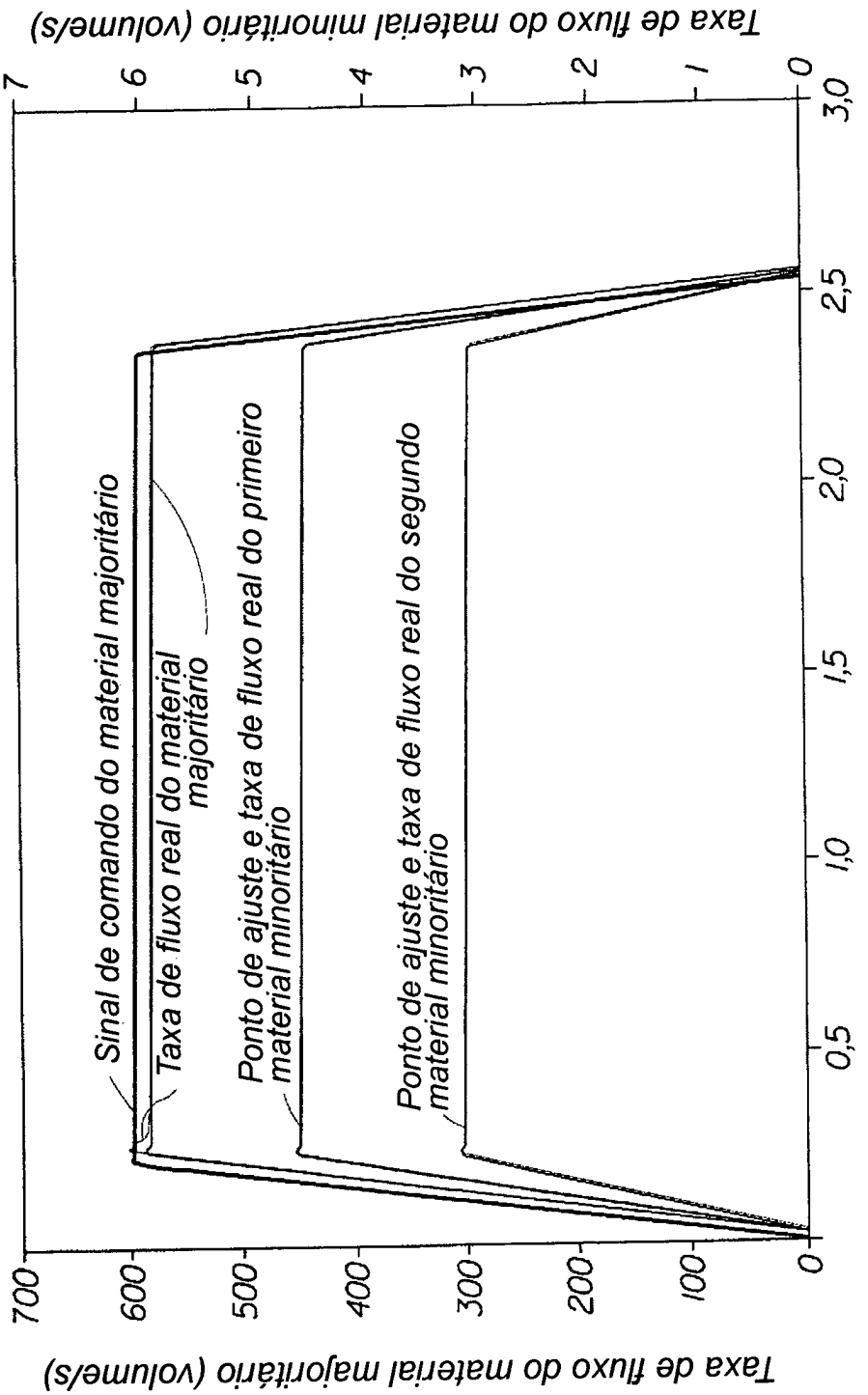

Taxa de fluxo do material majoritário (volume/s)
700
600
500
400
300
200
100
0
Taxa de fluxo do material minoritário (volume/s)
7
6
5
4
3
2
1
0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
Tempo (s)
Sinal de comando do material majoritário
Taxa de fluxo real do material majoritário
Ponto de ajuste e taxa de fluxo real do primeiro material minoritário
Ponto de ajuste e taxa de fluxo real do segundo material minoritário

Fig. 5

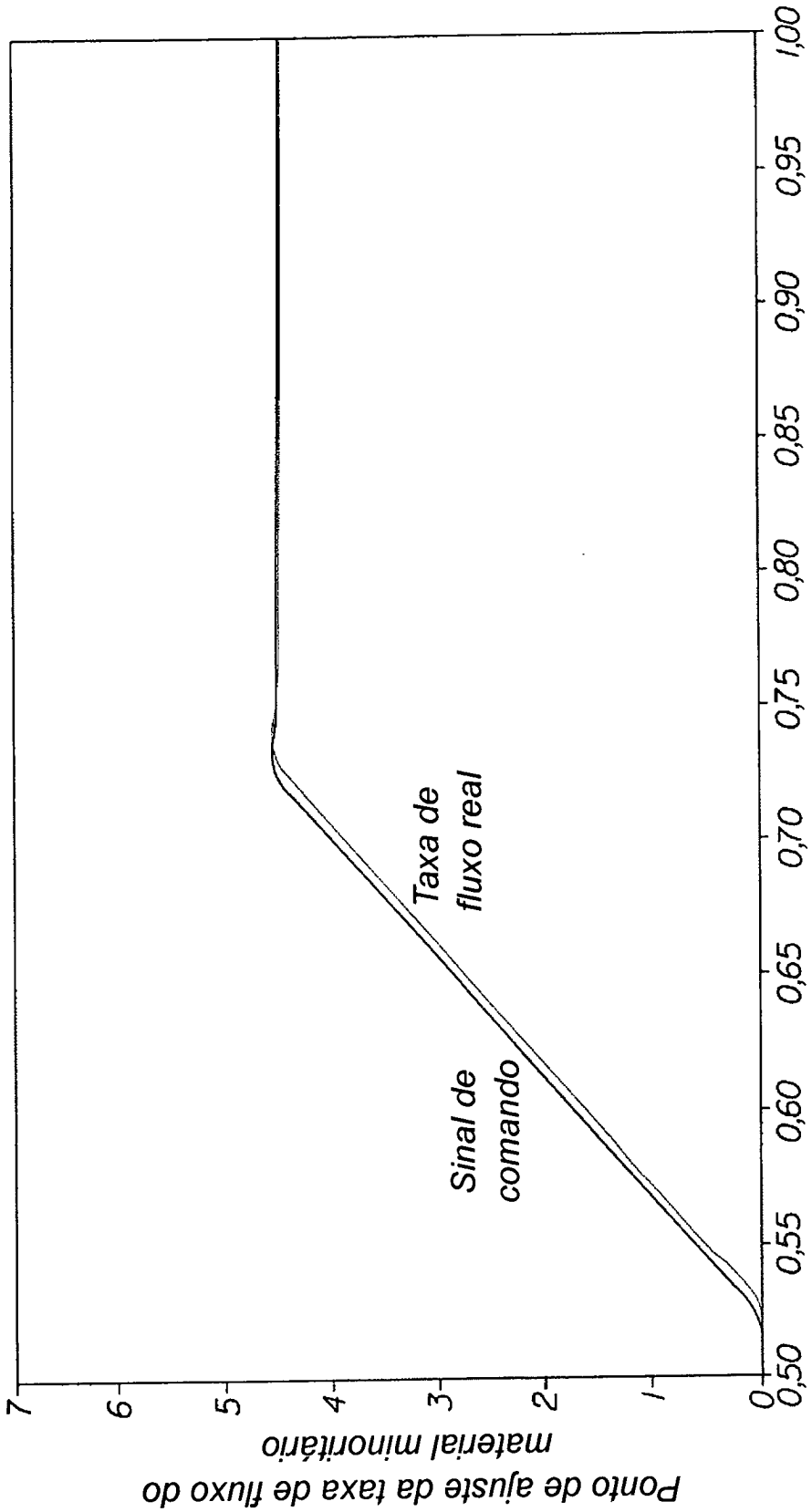

Ponto de ajuste da taxa de fluxo do material minoritário
Tempo (s)
Sinal de comando
Taxa de fluxo real
0
1
2
3
4
5
6
7
0,50
0,55
0,60
0,65
0,70
0,75
0,80
0,85
0,90
0,95
1,00

Fig. 6

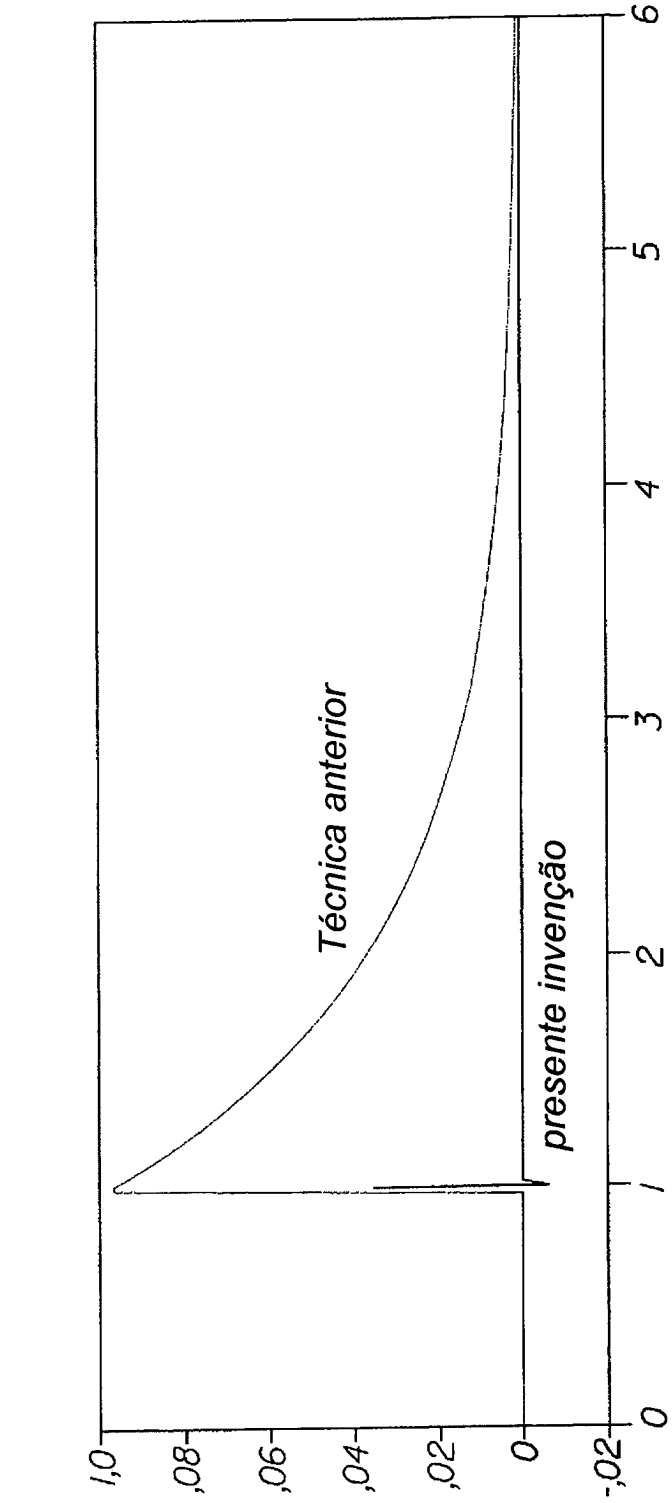

Técnica anterior
presente invenção
Erro instantâneo normalizado (volume/segundo)
1,0
,80
,60
,40
,20
0
-,20
0
1
2
3
4
5
6
Tempo (s)

Fig. 7

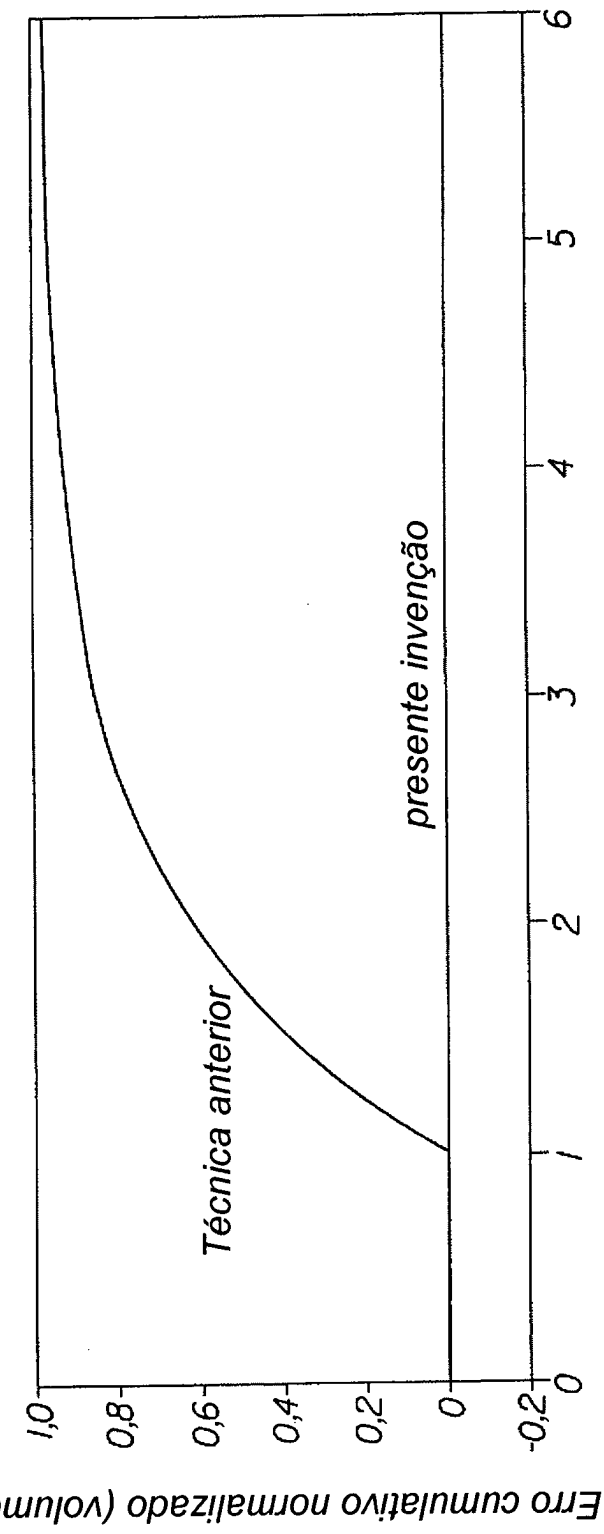

Erro cumulativo normalizado (volume)
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
-0,2
0
1
2
3
4
5
6
Tempo (s)
Técnica anterior
presente invenção

Fig. 8

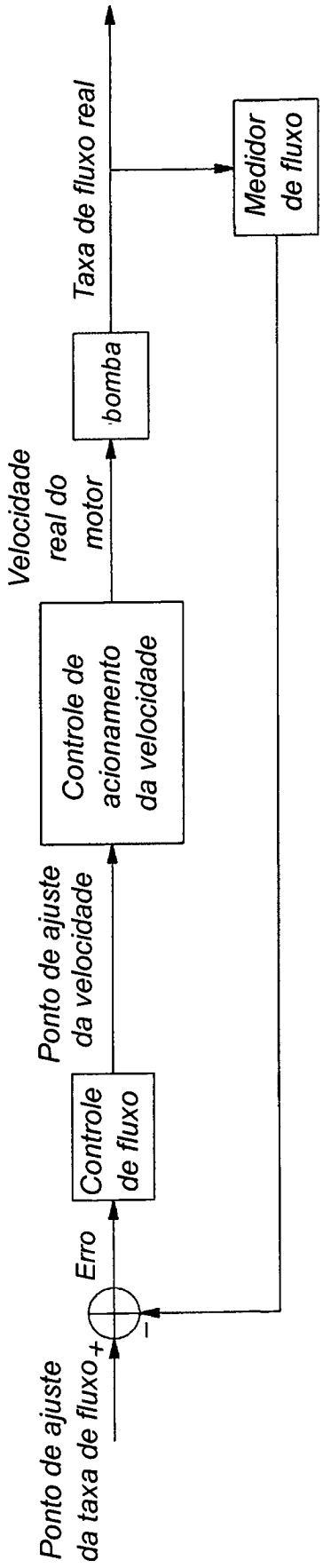


Fig. 9
(Técnica anterior)

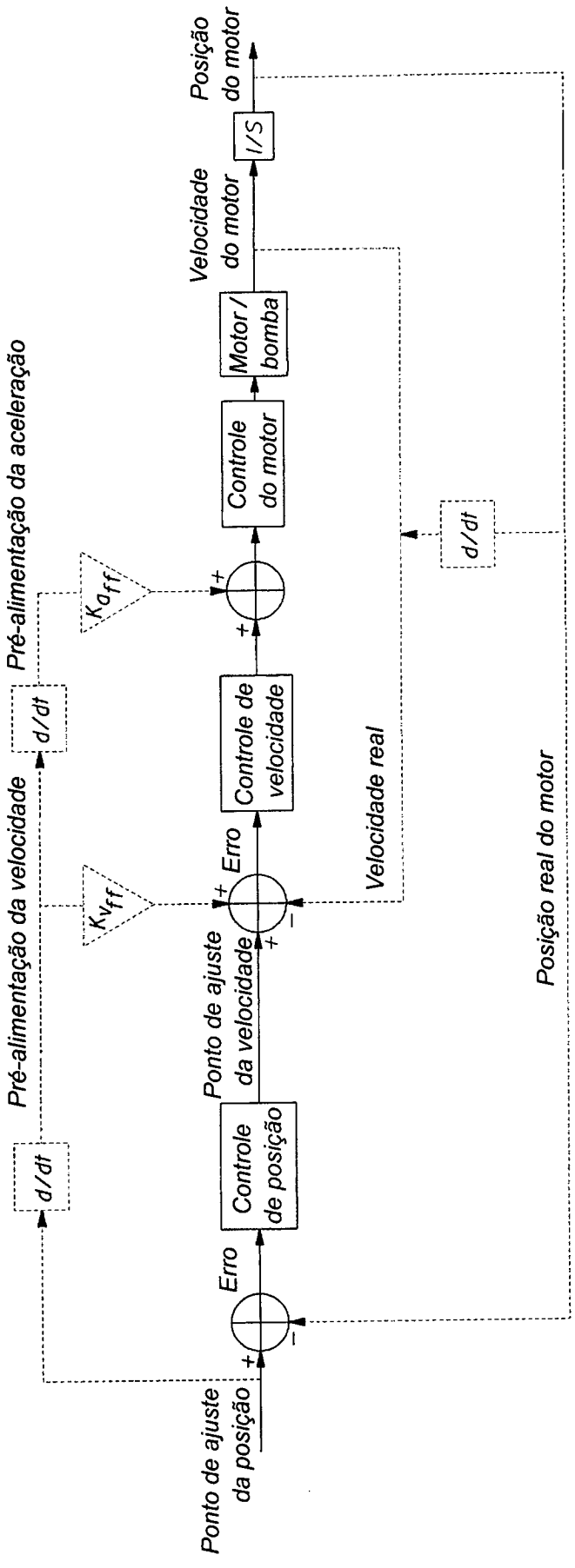

Posição do motor
1/S
Velocidade do motor
Motor / bomba
Controle do motor
Controle de velocidade
Controle de posição
Erro
Erro
Ponto de ajuste da velocidade
Ponto de ajuste da posição
Pré-alimentação da velocidade
Pré-alimentação da aceleração
d/dt
d/dt
d/dt
$K_{v_{ff}}$
$K_{a_{ff}}$
Velocidade real
Posição real do motor
+
+
+
+
+
−
−

Fig. 10

RESUMO

Patente de Invenção **"SISTEMA DE CONTROLE E MÉTODO PARA COMBINAÇÃO DE MATERIAIS, E SISTEMA DE CONTROLE PARA OS MESMOS".**

A presente invenção refere-se a um aparelho (10) e um método para a combinação de múltiplos materiais em um fluxo. Os múltiplos materiais podem incluir tanto um material majoritário como um ou mais materiais minoritários. Os materiais minoritários são adicionados mediante o uso de tubos de entrada (141). Os materiais majoritários e minoritários são adicionados a taxas de fluxo transientes ou de regime permanente, dependendo de um comando proveniente de um sinal de controle. O aparelho e o método utilizam um sistema de controle que não tem válvulas de controle de fluxo, laços de retroalimentação para controle de fluxo ou um tanque de mistura-ção dinâmico. As taxas de fluxo reais acompanham as taxas de fluxo comandadas, porém desviam por meio de um erro. A disposição reivindicada proporciona um erro baseado em tempo que, acredita-se, não podia ser obtido na técnica anterior.