



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

(11) PI 0705954-0 B1



* B R P I 0 7 0 5 9 5 4 B 1 *

(22) Data do Depósito: 19/12/2007

(45) Data de Concessão: 26/03/2019

(54) Título: SENSOR DE CONDUTIVIDADE E MÉTODO PARA CONTROLE DO ESCOAMENTO DO BIODIESEL E DE PRODUTOS EM FASE LÍQUIDA DE CONDUTIVIDADES DIVERSAS

(51) Int.Cl.: G01N 27/10; G01N 27/06; B01D 17/02; B01D 17/12.

(73) Titular(es): FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS.

(72) Inventor(es): DILSON CARDOSO; DEMIAN PATRICK FABIANO; OSCAR DA SILVA; FABIANO STELMACH TYCZKOWSKI; MURILO DANIEL DE MELLO INNOCENTINI; ADRIANO CARDOSO RIOS VIEIRA.

(57) Resumo: SENSOR DE CONDUTIVIDADE E MÉTODO PARA CONTROLE DO ESCOAMENTO DO BIODIESEL E DE PRODUTOS EM FASE LÍQUIDA DE CONDUTIVIDADES DIVERSAS. É descrito um sensor de condutividade para controle do escoamento de biodiesel e de produtos em fase líquida de condutividades diversas, ditos produtos sendo armazenados em um tanque de decantação incluindo uma tubulação, dito sensor compreendendo um sistema metálico (20) composto por duas hastes metálicas (22), duas placas metálicas (21) para medir a condutividade dos líquidos sendo escoados e elementos de fixação mecânica (23), (24) e (25) e onde dito sistema é: a) fixado por um suporte (30) de material não condutor no interior de uma junção (10) do tipo T, dita junção estando inserida em um sistema de separação de fases por uma tubulação superior (11) e uma tubulação inferior (12) conduzindo os produtos separados; e b) conectado mediante fios condutores (26) a um circuito controlador (40), de modo que a mistura de líquidos de condutividade diversa, ao escoar pela junção (10) e passar pelas placas metálicas (21) faz com que ditas placas enviem o sinal gerado para o circuito controlador (40). É também descrito o método para o controle do escoamento de produtos em fase líquida de condutividades diversas utilizando o sensor da invenção. O sensor da invenção encontra aplicação na separação de (...).

**SENSOR DE CONDUTIVIDADE E MÉTODO PARA CONTROLE DO
ESCOAMENTO DO BIODIESEL E DE PRODUTOS EM FASE LÍQUIDA DE
CONDUTIVIDADES DIVERSAS**

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção pertence ao campo dos sensores de condutividade para controle do escoamento de produtos em fase líquida de condutividades diversas, mais especificamente, a um sensor e método para o controle do escoamento dos produtos líquidos da fabricação de biodiesel.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

10 O biodiesel é um combustível biodegradável e derivado de fontes renováveis, que pode ser obtido por diferentes processos tais como a transesterificação, a esterificação ou pelo craqueamento. Pode ser produzido a partir de gorduras animais ou de óleos vegetais, existindo dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como mamona, dendê
15 (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras.

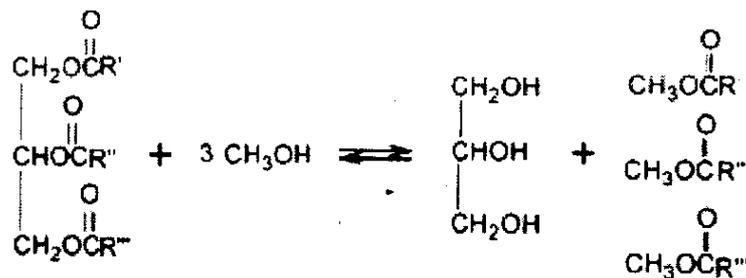
O biodiesel substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclo diesel automotivos (caminhões, tratores, automóveis etc.) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor etc.). Pode ser usado puro ou
20 misturado ao diesel em diversas proporções. A mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100. O uso do biodiesel traz uma série de benefícios associados à redução dos gases de efeito estufa (CO₂) e de outros poluentes atmosféricos, tais como o enxofre (SO₂), além da redução do consumo de combustíveis fósseis. As altas emissões destes gases são apontadas como
25 principais causadoras das chuvas ácidas, extremamente prejudiciais às florestas, lavouras e animais e pelo aumento da temperatura global, derretimento das calotas polares, desequilíbrio ecológico, entre outros.

A reação de transesterificação pode ser catalisada por sítios ácidos ou básicos, em meio homogêneo ou heterogêneo. Os hidróxidos de sódio e de
30 potássio (NaOH e KOH) são usualmente utilizados como catalisadores para esta reação, pois eles são baratos e bastante ativos. A reação de transesterificação consiste numa reação química dos óleos vegetais ou



gorduras animais com o álcool comum (etanol) ou o metanol, estimulada por um catalisador.

A Equação (1) abaixo mostra a reação de transesterificação dos triglicerídeos com metanol da qual é extraído o glicerol.



5

Equação (1)

Após a reação de transesterificação observa-se a formação de duas fases: uma mais densa formada pelo glicerol e outra de menor densidade constituída pelo biodiesel. O catalisador, por apresentar propriedades iônicas, fica concentrado na fase glicerol. Portanto, a condutividade elétrica da fase glicerol é muitas vezes maior que a condutividade da fase biodiesel.

Após o tempo reacional requerido para a transesterificação de triglicerídeos pela rota homogênea alcalina, torna-se necessário um tempo adicional de descanso da mistura reacional em um tanque de decantação para ocorrer a separação das fases biodiesel (menos densa) e glicerol (mais densa). Durante esse tempo de descanso, ocorre a migração do catalisador homogêneo alcalino para a fase glicerol. O tempo requerido para a separação de fases depende das características do processo, como temperatura reacional, proporção álcool – óleo, teor de catalisador, entre outros e pode variar de poucos minutos a várias horas. Uma separação efetiva de fases é muito importante para a etapa subsequente do processo, que é a lavagem da fase biodiesel. Essa lavagem é requerida para eliminar eventuais traços do catalisador homogêneo alcalino, bem como sabões alcalinos, ácidos graxos e mono, di e triglicerídeos não-convertidos e que podem permanecer na fase apolar, rica em biodiesel. Desta forma, quanto melhor a separação entre as

25



fases, menor a quantidade de impurezas contidas na fase biodiesel e mais fácil e rápida será a etapa de lavagem.

Em processos produtivos contínuos de grande escala, o uso de centrífugas pode ser usado economicamente para reduzir o tempo de separação de fases. Por outro lado, nos processos em menor escala, sejam contínuos ou descontínuos, o uso de centrífugas não é econômico, pelo elevado custo de aquisição desses equipamentos. Como alternativa, a separação ocorre apenas por atuação da gravidade (decantação), sendo este processo lento e muitas vezes não efetivo.

Atualmente, o critério para a identificação das fases no tanque de decantação é puramente subjetivo, através de visores de vidro ao longo da altura ou no fim da base cônica do decantador. Uma pessoa (funcionário) é especialmente destacada para realizar a visualização da interface entre biodiesel e glicerol e proceder à abertura e fechamento de válvulas para a remoção inicial da fase rica em glicerol e depois da fase biodiesel, esta enviada para o tanque de lavagem. Como consequência, há o encarecimento do processo em termos de mão-de-obra, bem como há a possibilidade de haver erros na identificação da interface e na subsequente operação das válvulas de descarregamento. Tais desvantagens são ainda mais evidentes quando o processo produtivo em escala descontínua é realizado várias vezes ao longo do dia, como forma de aumentar a produção diária de biodiesel, sendo maior a probabilidade de erros nas avaliações de fases pelo operador de válvulas. Uma outra desvantagem decorre do fato de que em muitos tanques, há o encamisamento e o isolamento térmico, o que dificulta a colocação de visores ao longo do tanque.

O pedido publicado norte-americano US 20070056214 trata de um processador de biodiesel o qual, segundo a reivindicação 14, "inclui um sensor de condutividade localizado no fundo do tanque principal de reação, o sensor de condutividade sendo capaz de diferenciar a água de lavagem do biodiesel, permitindo a remoção automatizada da água de lavagem durante o processo de lavagem do combustível".



É importante ressaltar que o processador para a produção de biodiesel descrito na referida publicação norte-americana não possui sistema automático de separação do biodiesel da glicerina, ou seja, o processo ali especificado utiliza o sistema visual/manual de separação de glicerina do biodiesel. Isto também pode ser constatado nos parágrafos 0037 e 0048 da descrição detalhada da publicação.

Portanto, ainda há necessidade na técnica de um sensor de condutividade capaz de diferenciar a condutividade elétrica da fase biodiesel e da fase glicerina contendo catalisadores iônicos, tal sensor e o método de utilização do mesmo sendo descritos e reivindicados no presente pedido.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De um modo amplo, a presente invenção trata de um sensor de condutividade para controle do escoamento dos produtos da fabricação de produtos em fase líquida de condutividades diversas, incluindo biodiesel e glicerol, mas sem estar limitado a estes, dito sensor estando inserido no sistema de separação dos produtos da fabricação e compreendendo um sistema metálico fixado a um suporte de material não condutor, dito sistema metálico sendo conectado mediante fios condutores a um circuito controlador. Conectadas ao circuito controlador, uma ou mais válvulas abre-fecha determinam o momento da separação entre a fase de alta condutividade contendo o catalisador iônico e a fase de baixa condutividade contendo os produtos de interesse, ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos (biodiesel).

Assim, a presente invenção provê um sensor de condutividade para controle do escoamento dos produtos da fabricação de produtos em fase líquida de condutividades diversas à base de um sistema metálico acoplado a um circuito controlador, esse circuito controlando a abertura ou fechamento de válvulas conforme a condutividade da fase descendente em um separador de fases dos produtos da reação.

A invenção provê ainda um sensor de condutividade para separação de produtos de qualquer reação onde uma das fases apresenta condutividade



diferente da outra, como reações utilizando catalisadores iônicos heterogêneos insolúveis em ambas as fases.

A invenção provê igualmente um método para utilização do referido sensor de condutividade.

5 A invenção provê igualmente um sensor de condutividade para ser utilizado em processos descontínuos, semicontínuos e contínuos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

10 A FIGURA 1 anexa é uma vista lateral do sensor metálico da invenção no interior de uma tubulação de separação de produtos de reação de biodiesel e do circuito controlador.

A FIGURA 2 anexa é uma vista frontal do sensor metálico da invenção no interior de uma tubulação de separação de produtos de reação de biodiesel.

A FIGURA 3 anexa é uma vista superior do sensor metálico da invenção no interior de uma tubulação de separação de produtos de reação de biodiesel.

15 A FIGURA 4 anexa é uma vista anterior do sensor metálico da invenção no interior de uma tubulação de separação de produtos de reação de biodiesel.

A FIGURA 5 anexa é uma vista lateral do sensor metálico da invenção no interior de uma tubulação de separação de produtos de reação de biodiesel

20 A FIGURA 6 anexa é uma vista frontal do suporte do sensor metálico da invenção.

A FIGURA 7 anexa é um esquema do circuito controlador do sensor da invenção.

25 A FIGURA 8 anexa ilustra esquematicamente uma das modalidades de atuação do sensor da invenção: um decantador descontínuo com controle por duas válvulas solenóides e um único sensor.

A FIGURA 9 anexa mostra esquematicamente o estado da técnica praticado atualmente: um decantador descontínuo com monitoramento visual da separação de fases e acionamento manual das válvulas de controle de glicerina e biodiesel.

30 A FIGURA 10 anexa ilustra esquematicamente uma das modalidades de atuação do sensor da invenção: um decantador descontínuo com um sensor e acionamento manual das válvulas de controle de glicerina e biodiesel.



A FIGURA 11 anexa ilustra esquematicamente uma das modalidades de atuação do sensor da invenção: um decantador descontínuo horizontal dotado com um sensor e acionamento automático de saída de glicerina por uma válvula solenóide.

5 A FIGURA 12 anexa ilustra esquematicamente uma das modalidades de atuação do sensor da invenção: um decantador contínuo vertical dotado com um sensor e funcionamento similar ao descrito na Figura 11.

A FIGURA 13 anexa ilustra esquematicamente uma das modalidades de atuação do sensor da invenção: um decantador contínuo vertical dotado com dois sensores para acionamento automático de válvulas de controle de saída de biodiesel e de glicerina.

10 A FIGURA 14 anexa ilustra esquematicamente uma das modalidades de atuação do sensor da invenção: um decantador contínuo horizontal dotado com dois sensores e funcionamento similar ao descrito pela Figura 13.

15 A FIGURA 15 anexa ilustra esquematicamente uma das modalidades de atuação do sensor da invenção: um lavador semi-contínuo de biodiesel dotado com dois sensores para acionamento automático de válvulas de admissão de biodiesel impuro e de saída de biodiesel lavado e de água de descarte.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

20 A presente invenção trata de um sensor de condutividade para separação de produtos de reação como a reação de transesterificação de ácidos graxos em presença de catalisadores iônicos conduzindo a produtos como biodiesel, sem estar limitada a esta, esses catalisadores ao final da reação conferindo condutividade à fase onde se encontram, o que permite a

25 separação quantitativa das fases.

O sensor da invenção é baseado no princípio de que logo após o término da reação de transesterificação a mistura reacional terá apenas uma única fase, com o catalisador iônico homogeneamente disperso, e portanto terá uma condutividade elétrica elevada. A partir do momento em que começa a

30 segregação de fases, a condutividade da fase superior passa a diminuir, ao mesmo tempo em que a condutividade da fase inferior passa a aumentar, pelo acúmulo de catalisador nesta fase. A variação de condutividade detectada pelo



sensor permite que as fases sejam separadas de modo quantitativo, sendo independentes do critério de um operador humano, sujeito a erros de interpretação do momento certo de separar as fases.

Um primeiro aspecto da invenção é o sensor de condutividade para separação dos produtos de reação de obtenção de biodiesel ou outras reações empregando catalisadores heterogêneos insolúveis nas fases e que após a reação se encontram em uma fase que se torna condutora de corrente.

Um segundo aspecto da invenção é o método de utilização do dito sensor.

Um terceiro aspecto compreende as várias aplicações do dito sensor em separação de fases com diferentes condutividades.

A invenção será descrita a seguir por referência às Figuras anexas, que não devem ser consideradas limitativas da invenção.

As Figuras 1 a 7 detalham o sensor propriamente dito enquanto as Figuras 8 a 15 ilustram seja métodos de separação de fases do estado da técnica ou aplicações do sensor da invenção na separação quantitativa de fases de reação.

Deve ficar claro para os especialistas que, embora as Figuras seguintes estejam focadas em diversos tipos de vasos decantadores para separação de biodiesel, os mesmos princípios podem ser aplicados, com ligeiras variações ao alcance de um técnico do assunto, sem que por isto seja ultrapassado o escopo da presente invenção.

O sensor da invenção, geralmente designado pelo numeral (100) para separar produtos em fase líquida de condutividades diversas como glicerol do biodiesel é esquematizado pelas Figuras de 1 a 7.

Conforme as Figuras 1 a 6, o sensor (100) da invenção é composto por um sistema metálico (20) que está fixado por um suporte (30) de material não condutor como um plástico de engenharia (teflon ou polietileno, sem estar limitado a estes) no interior de uma junção (10) do tipo T, o sistema metálico (20) estando conectado mediante fios condutores (26) a um circuito controlador (40). A tubulação (10) está inserida em um sistema de separação de fases por



uma tubulação superior (11) e continua no sentido inferior por uma tubulação (12) conduzindo os líquidos separados.

O sistema metálico (20) é composto por duas hastes metálicas (22), duas placas metálicas (21) e elementos de fixação mecânica (23), (24) e (25).

5 Os elementos (23), (24) e (25) podem ser porcas ou arruelas, sem estar limitados a estas.

As hastes (22) e placas metálicas (21) são peças maciças de metal condutor, de preferência de materiais que não sejam atacados pelos hidróxidos que atuam como catalisador, por exemplo aço inox, sem estar limitado a este.

10 A mistura biodiesel/glicerol escoam pela junção (10) passando pelas placas metálicas (21) que medem a condutividade do líquido e enviam o sinal para o circuito controlador (40). Quando ocorre a mudança de condutividade entre as placas metálicas (21), devido à mudança do líquido (de glicerol para biodiesel), o circuito controlador (40) pode emitir um sinal sonoro (41), um sinal luminoso (42) ou ainda acionar alguma válvula (não representada).

15 No sistema metálico (20) e hastes metálicas (22), a uma das extremidades de cada haste (22) é fixada uma placa metálica quadrada (21) enquanto na outra extremidade são fixados os fios condutores (26) que levam o sinal para o circuito controlador (40). Os fios condutores (26) estão presos na haste metálica (22) por elementos de fixação, por exemplo, duas porcas (25). O sistema metálico (20) é fixado ao suporte (30) por dois elementos de fixação mecânica como duas arruelas (23) e um elemento de fixação como uma porca (24).

Já a Figura 7 ilustra o esquema do circuito controlador (40) No circuito controlador (40) a corrente elétrica é medida com auxílio de dispositivos eletroeletrônicos usuais. À medida que o sinal cai abaixo da faixa ajustada, o circuito controlador 40 passa do estado fechado NF para o estado aberto NA, ocorrendo o fechamento da válvula que controla este fluido (glicerol) e abertura de uma outra, por onde escorrerá o biodiesel. A faixa de atuação (sensibilidade) do sinal é previamente calibrada conforme a condutividade elétrica esperada para a fase mais densa (glicerol).

30

O presente sensor (100) permite:



a) Identificar o aumento da condutividade na fase inferior, o que é um indicativo direto da presença de catalisador e de glicerol no fundo do tanque de decantação. Ao atingir um valor de condutividade pré-determinado na fase inferior (glicerol), o sensor libera o sinal de acionamento de válvula para descarregamento do glicerol formado e acumulado em posição inferior à da localização do sensor. O fechamento de válvula ocorre quando há a diminuição no valor da condutividade no sensor, o que indica a passagem da fase biodiesel.

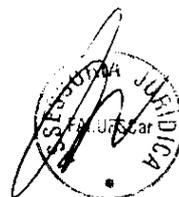
b) identificar a diminuição de condutividade na fase superior, o que é um indicativo indireto da migração do catalisador para a fase glicerol e do acúmulo deste no fundo do tanque de decantação. Ao atingir um valor de condutividade pré-determinado na fase superior (biodiesel), o sensor libera o sinal de acionamento de válvula para descarregamento do biodiesel formado e acumulado em posição superior à da localização do sensor. O fechamento de válvula ocorre quando todo o biodiesel acumulado acima do sensor foi descarregado, o que é indicado pela interrupção do sinal elétrico pelo sensor.

c) Realizar a identificação simultânea de fases e de procedimentos de acionamento e fechamento de válvulas descritos nos itens a) e b) acima.

Assim, o presente sensor (100) permite o controle do escoamento da fabricação de produtos que contenham fases de condutividades diferentes. As fases podem ser ambas orgânicas, como glicerol e biodiesel, ou uma orgânica como biodiesel e uma inorgânica, como água de lavagem do biodiesel contendo restos de catalisador.

Para os testes de desempenho do sensor proposto na presente invenção utiliza-se uma amostra de biodiesel proveniente da transesterificação de óleo de fritura usado (previamente filtrado para a retirada de impurezas sólidas) ou outro óleo de origem vegetal ou gordura animal. O álcool utilizado é o metanol ou o etanol anidro (G.L.>99,3%).

A reação é realizada em temperatura ambiente ou superior (tipicamente inferior a 60°C), com a mistura de óleo de fritura e solução alcoólica contendo catalisador homogêneo alcalino, correspondendo a um excesso de 100% de etanol em relação ao necessário estequiométrico. O catalisador utilizado é



hidróxido, metóxido ou etóxido de sódio ou de potássio, na proporção 1% a 3% em massa de óleo. O hidróxido de sódio, em pastilhas, é previamente dissolvido no álcool anidro e então adicionado ao óleo vegetal em reator de transesterificação descontínuo com sistema de agitação por recirculação com bomba centrífuga. O tempo de mistura é de 4 horas, após as quais a mistura reacional é colocada para descansar para a separação da glicerina.

O exemplo do uso do óleo de fritura, como matéria-prima oleaginosa, deve-se ao fato de a glicerina resultante apresentar grande diferenciação de cor em relação ao biodiesel, o que facilita a identificação visual da interface durante os testes com o sensor proposto neste invento. Desta forma, é possível visualizar claramente o momento do escoamento de cada fase pelo sensor com o momento da alteração do sinal de saída do sensor. Outro motivo do uso do óleo de fritura é por ele representar um óleo de baixo valor comercial. Desta forma, mostra-se que o sensor é útil para processos que operam não apenas com óleos vegetais de alta qualidade (com fácil separação de fases), mas também com óleos impuros e de transesterificação mais problemática.

Conforme a Figura 8, para o funcionamento do sensor da invenção, um tanque de decantação (**TD**) em aço inox é construído e montado verticalmente em um painel de madeira. O tanque tem uma parte cilíndrica e parte cônica com ângulo de 60° em relação à horizontal. No tanque (**TD**), a notação **B** indica biodiesel e **G** indica glicerina. No bocal de saída do tanque (**TD**) acopla-se uma válvula do tipo gaveta de controle manual da mistura (**MM**) e um trecho de tubo transparente (**10**). Na saída da válvula (**MM**) adapta-se uma conexão do tipo tê. No braço lateral do tê acopla-se uma válvula solenóide para controle da vazão de biodiesel (**VB**), enquanto que na saída inferior da conexão tê, acopla-se o sensor (**100**) e na seqüência outra válvula solenóide para controle de vazão da glicerina (**VG**). As conexões elétricas (**C**) do sensor (**100**) e de ambas válvulas solenóides são ligadas à saída do controlador (**40**). A operação da válvula é do tipo: passagem de corrente elétrica: válvula (**VG**) aberta e válvula (**VB**) fechada; sem passagem de corrente: válvula (**VG**) fechada e válvula (**VB**) aberta.



A mistura reacional proveniente da transesterificação do óleo de fritura é transferida logo após o período reacional para o tanque de decantação contendo o sensor.

O teste de funcionamento do sensor **(100)** é iniciado após um período de 4 horas de descanso da mistura reacional no tanque de decantação, como forma de garantir uma boa separação entre as fases biodiesel (superior) e glicerol (inferior). Este tempo de espera só é necessário para facilitar a identificação visual da passagem das fases pelo sensor e com isso da alteração de sinal (fechamento de válvula solenóide). Na prática, não será necessário o tempo de espera antes de ligar o sensor, uma vez que o próprio sensor **(100)** indicará quando a condutividade elétrica da fase superior diminuirá, consequência da separação de fases e emigração do catalisador iônico.

Em um ensaio, abre-se inicialmente a válvula gaveta **(MM)**. (Esta válvula é a válvula Manual da Mistura). Neste momento, liga-se o sensor **(100)** e uma vez que a condutividade elétrica na região do sensor é elevada (indicativo da presença da fase rica em glicerol, de cor marrom), inicia-se o escoamento descendente de saída de glicerina **(SG)**, pela abertura da válvula solenóide **(VG)**. Com o passar do tempo, acontece o término do escoamento da fase glicerol pelo sensor **(100)**, e início da passagem da fase biodiesel, de tonalidade mais clara (amarela). Nesse momento, com a diminuição acentuada da condutividade elétrica no sensor **(100)**, o mesmo aciona o fechamento da válvula **(VG)** e abertura da válvula **(VB)**. Nesta situação, inicia-se o escoamento de biodiesel retido no tanque de decantação **(TD)** pela saída lateral **(SB)**. Ao final do processo observa-se então todo o glicerol coletado em frasco colocado na saída **(SG)** e todo o biodiesel em frasco na saída **(SB)**.

Como forma de tornar mais evidente o funcionamento do sensor **(100)** e o desligamento da válvula solenóide **(VG)**, conecta-se uma lâmpada de 20 W ao painel frontal do sistema ou um alarme sonoro, de modo que simultaneamente ao fechamento da válvula **(VG)**, ocorra o apagamento da lâmpada ou a emissão de um som.



Após a finalização do teste, todo o glicerol é devolvido ao tanque de decantação e um novo período de descanso é proporcionado, de modo a haver a separação efetiva das fases e a permitir um novo ensaio com o sensor da invenção.

5 O teste é então repetido diversas vezes, em condições distintas de velocidade de escoamento das fases através do sensor. A velocidade de escoamento nos testes varia de 1 cm/s até 50 cm/s. No entanto, o presente sensor tem o potencial de funcionar para velocidades maiores de escoamento, de até 3 m/s.

10 Portanto, o método para controle do escoamento dos produtos da fabricação de biodiesel utilizando o sensor da invenção compreende as etapas de:

- a) prover um decantador **(TD)** contendo biodiesel como fase superior e glicerol como fase inferior;
- 15 b) acionar o circuito elétrico do controlador **(40)**, previamente calibrado com valores de condutividade tais que uma vez atingidos esses valores sejam acionadas as válvulas de abertura e fechamento;
- c) para condutividade alta, a válvula de glicerol **(VG)** será aberta e a válvula de biodiesel **(VB)** será fechada;
- 20 d) para condutividade baixa, a válvula de glicerol **(VG)** será fechada e a válvula de biodiesel **(VB)** será aberta.

25 As diversas aplicações do sensor da invenção e também de métodos manuais de separação de fases conforme o estado da técnica estão ilustradas nas Figuras a seguir.

A Figura 9 mostra esquematicamente um decantador **(TD)** descontínuo com controle visual, conforme praticado no estado da técnica. Conforme a Figura 9, um reservatório de biodiesel **(B)** dotado de tubo transparente **(10)** para visualização do aspecto das fases mostra a fase glicerina já decantada ocupando a parte inferior **(G)** do mesmo. As fases são separadas fazendo controle visual e acionando as válvulas manuais de glicerina **(MG)** e de biodiesel **(MB)** para obter a separação. Analogamente à Figura 9, ao final do



processo observa-se todo o glicerol coletado em frasco colocado na saída (**SG**) e todo o biodiesel em frasco na saída (**SB**). A letra V refere-se à válvula solenóide, e a letra M, à válvula manual. Assim, VM é válvula solenóide da mistura, enquanto MM é válvula manual da mistura. Na Figura 9 só há válvulas manuais (**MB** (de biodiesel) e **MG** (de glicerina))

A Figura 10 ilustra esquematicamente um decantador (**TD**) descontínuo com sensor (**100**) e acionamento manual das válvulas, conforme uma das modalidades da invenção. A simples presença do sensor (**100**) para indicar com alarme sonoro (**41**) ou luminoso (**42**) sobre a alteração de condutividade e auxiliar o controle de separação das fases biodiesel e glicerina pelas válvulas manuais (**MB**) e (**MG**) já caracteriza uma aplicação da presente invenção. Na Figura 10, as válvulas são manuais (M) e não solenóides.

A Figura 11 ilustra esquematicamente um decantador (**TD**) descontínuo com um controle de saída de glicerina por válvula solenóide (**VG**) conectada ao circuito controlador (**40**) e controle de fase biodiesel por válvula gaveta manual (**MB**). Conforme esta configuração da invenção, o sensor (**100**) é acionado automaticamente com a presença de alta condutividade elétrica, permitindo a retirada da fase glicerina em (**SG**). Com a diminuição da condutividade elétrica, a válvula (**VG**) é fechada. Caso nova porção de glicerina deposite-se na região do dito sensor, a válvula novamente se abre para a drenagem da fase glicerina formada. Ao final desse processo, aciona-se manualmente a válvula (**MB**) para a retirada apenas da fase biodiesel remanescente no tanque de decantação (**TD**). A vantagem desta configuração é que não é necessária a presença de operador enquanto a fase glicerina é removida do tanque.

A Figura 12 mostra esquematicamente uma configuração do sensor (**100**) da invenção aplicado em um decantador (**TD**) contínuo vertical dotado de três válvulas, sendo duas manuais (**MM**) e (**MB**) e uma válvula solenóide (**VG**). A válvula (**MM**) permite a entrada da mistura (M) glicerina e biodiesel logo após o período reacional no tanque de decantação (**TD**). O sensor (**100**) ligado ao circuito controlador de glicerol (**CG**) verifica a condutividade elétrica na região inferior do tanque e se a condutividade elétrica for alta, a válvula solenóide (**VG**) é aberta para a remoção da glicerina em (**G**). Caso a condutividade não



seja alta, a válvula (VG) é fechada e o escoamento de glicerina é interrompido. A válvula (MB) permite a remoção contínua de biodiesel pela parte superior (B) do decantador (TD). O item CG é um circuito controlador (40).

A Figura 13 mostra esquematicamente uma configuração do sensor (100) da invenção aplicado em um decantador (TD) contínuo vertical dotado de dois sensores (100) e (100') e três válvulas de controle. A válvula manual (MM) é usada para controle de admissão da mistura (M) glicerina e biodiesel no tanque. Duas válvulas solenóides (VB) e (VG) são usadas respectivamente para controle de vazão de saída de biodiesel (B) e de glicerina (G). O sensor (100') refere-se ao controlador do biodiesel (CB) e é conectado à válvula solenóide (VB). O outro sensor (100) refere-se ao controlador do glicerol (CG) e é conectado à válvula solenóide (VG).

O funcionamento do sistema está resumido na Tabela 1 abaixo.

TABELA 1

Controle CG	Válvula VG	Controle CB	Válvula VB
Condutividade Alta	Abre	Condutividade Alta	Fecha
Condutividade Baixa	Fecha	Condutividade Baixa	Abre

A Figura 14 mostra esquematicamente uma configuração do sensor (100) da invenção aplicado em um decantador (TD) contínuo horizontal com dois sensores (100) e (100'). O funcionamento do sistema é similar ao do sistema de decantação vertical descrito na Figura 13, com acionamento de válvulas conforme indicado na Tabela 1.

A Figura 15 mostra esquematicamente um tanque de lavagem de biodiesel semicontínuo (TL), dotado de dois controladores, um primeiro controlador para biodiesel (CB) e outro controlador (CD) para o descarte de água residuária. Cada controlador é acoplado respectivamente a um sensor (100') e (100). O sistema apresenta quatro válvulas de controle. A válvula solenóide (VB) é acionada para a entrada do biodiesel (B), previamente separado da glicerina, em lavador (TL). A válvula (MA) é acionada manualmente para a entrada de água (A) para a lavagem do biodiesel e remoção de resíduos de catalisador iônico e de sabões formados no processo reacional. A fase biodiesel, menos densa, situa-se na parte superior do lavador,



enquanto a fase aquosa situa-se na fase inferior. Conforme a condutividade elétrica detectada nos sensores (100) e (100') e transmitidas respectivamente aos controladores (CD) e (CB), as válvulas de admissão de biodiesel (VB), de saída de produto lavado (VP) e de saída de água de descarte (VD) são abertas ou fechadas. O produto lavado (P) sai na parte superior do tanque de lavagem e a água de descarte, contendo sabões e resíduos do catalisador iônico, é eliminada em (D). O funcionamento do sistema está resumido na Tabela 2 abaixo.

TABELA 2

Controle CD	Controle CB	Válvula VD	Válvula VB	Válvula VP
Cond. Alta	Cond. Baixa	Abre	Fecha	Fecha
Cond. Média	Cond. Baixa	Fecha	Abre	Fecha
Cond. Média	Cond. Média	Fecha	Fecha	Abre

10



REIVINDICAÇÕES

- 1)** Sensor de condutividade para controle do escoamento de biodiesel e de produtos em fase líquida de condutividades diversas, ditos produtos sendo armazenados em um tanque de decantação (TD) incluindo uma tubulação, dito sensor compreendendo um sistema metálico (20) composto por duas hastes metálicas (22), duas placas metálicas (21) para medir a condutividade dos líquidos sendo escoados e elementos de fixação mecânica (23, 24, 25), sendo o sistema metálico (20) conectado mediante fios condutores (26) a um circuito controlador (40), **caracterizado pelo** dito sistema (20) ser fixado por um suporte (30) de material não condutor no interior de uma junção (10) do tipo T, estando dita junção (10) inserida em um sistema de separação de fases por uma tubulação superior (11) e uma tubulação inferior (12) conduzindo os produtos separados, de modo que a mistura de líquidos ao escoar pela junção (10) e passar pelas placas metálicas (21), faz com que as ditas placas (21) produzam um sinal representativo da condutividade da referida mistura e enviem o sinal gerado para o circuito controlador (40).
- 2)** Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 1, adicionalmente **caracterizado por** ao ocorrer a mudança de condutividade entre as placas metálicas (21) devido à mudança do líquido de fase mais densa para fase menos densa, o circuito controlador (40) emitir um sinal sonoro (41), um sinal luminoso (42) ou alternativamente acionar uma válvula.
- 3)** Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 1, ainda adicionalmente **caracterizado por** estando a faixa de sensibilidade do sinal previamente calibrada conforme a condutividade elétrica esperada para a fase mais densa, à medida que o sinal cai abaixo da dita faixa, o circuito controlador (40) passa do estado fechado NF para o estado aberto NA, ocorrendo o fechamento da válvula que controla o escoamento do fluido mais denso e abertura de uma outra, permitindo o escoamento da fase menos densa.
- 4)** Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** ser aplicado a tanques de decantação (TD) descontínuos.

- 5) Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** ser aplicado a tanques de decantação (TD) contínuos.
- 6) Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** ser aplicado a tanques de decantação (TD) semi-contínuos.
- 7) Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo** tanque de decantação (TD) contínuo ser horizontal.
- 8) Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo** tanque de decantação (TD) contínuo ser vertical.
- 9) Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** tanque de decantação (TD) conter duas fases orgânicas de condutividade elétrica diferente.
- 10) Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelas** fases orgânicas serem biodiesel como fase menos densa e glicerol como fase mais densa.
- 11) Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** tanque de decantação (TD) ser um tanque de lavagem que contém uma fase orgânica e uma fase inorgânica.
- 12) Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pela** fase orgânica ser biodiesel e a fase inorgânica, água de lavagem e restos de catalisador.
- 13) Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado por** promover o acionamento manual das válvulas (MB) e (MG) respectivamente para fase menos densa e fase mais densa, como consequência de alarme sonoro (41) ou luminoso (42) sobre a alteração de condutividade de modo a auxiliar o controle de separação das fases biodiesel e glicerina.
- 14) Sensor de condutividade, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** compreender uma conexão (C) entre o circuito controlador (40) e um controle de saída da fase mais densa por válvula solenóide (VG) enquanto o controle da fase menos densa é efetuado por válvula gaveta manual (MB), de modo a acionar automaticamente dito sensor na condição de alta condutividade elétrica permitindo a retirada da fase

mais densa em (SG), enquanto na condição de redução da condutividade elétrica, a válvula (VG) é fechada.

15) Sensor de condutividade de acordo com a reivindicação 14, adicionalmente **caracterizado por** no caso de nova porção de fase mais densa ser depositada na região do mesmo, a válvula (VG) novamente se abrir para a drenagem da fase mais densa formada, e ao finar desse processo, a válvula (MB) é acionada manualmente para a retirada apenas da fase menos densa remanescente no tanque de decantação.

16) Sensor de condutividade de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado por** dispensar a presença de operador enquanto a fase mais densa é removida do dito tanque de decantação via (SG).

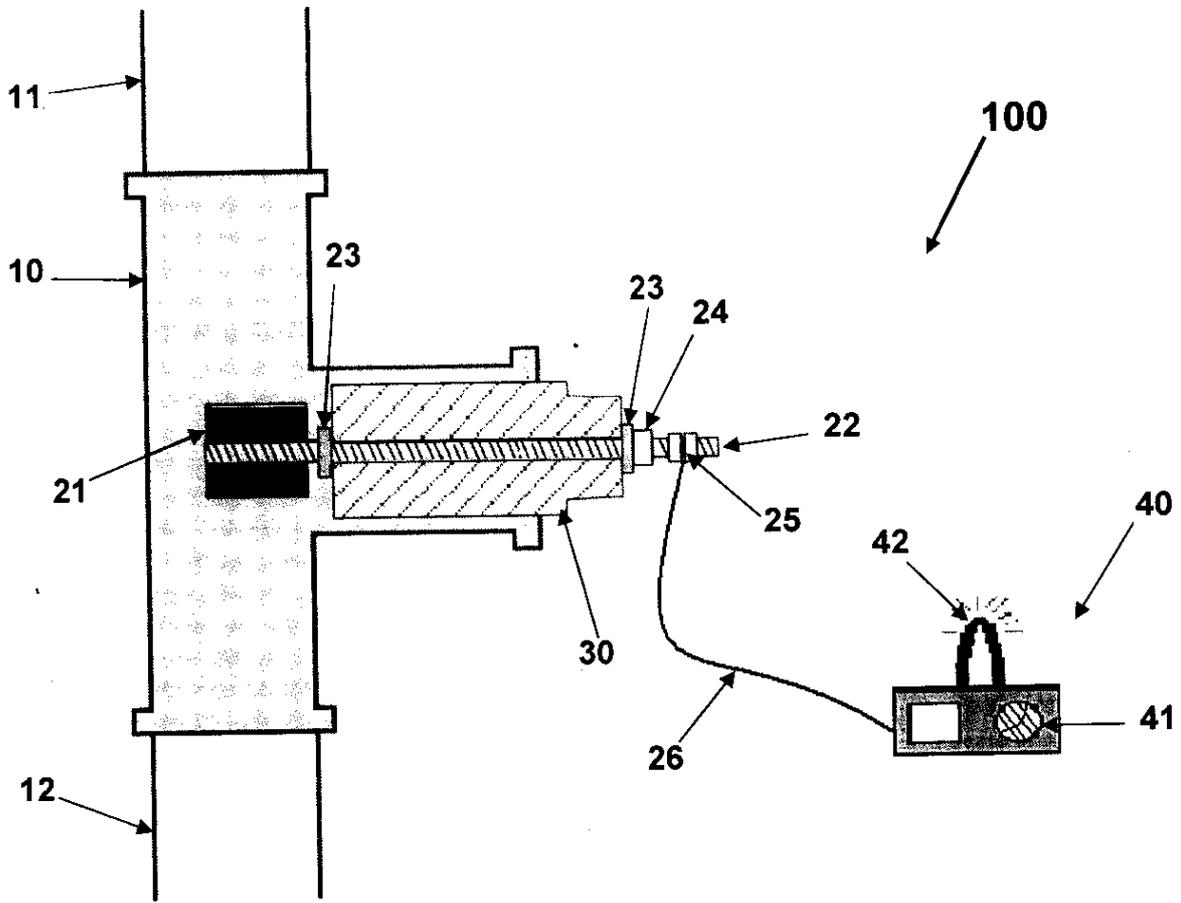


FIG. 1

SEBUTLAH JUSY DICA
TAN UJCAR

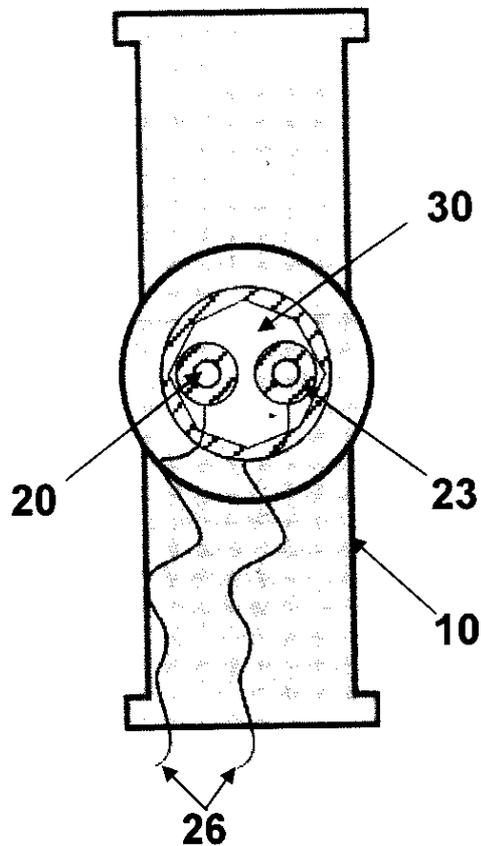


FIG. 2

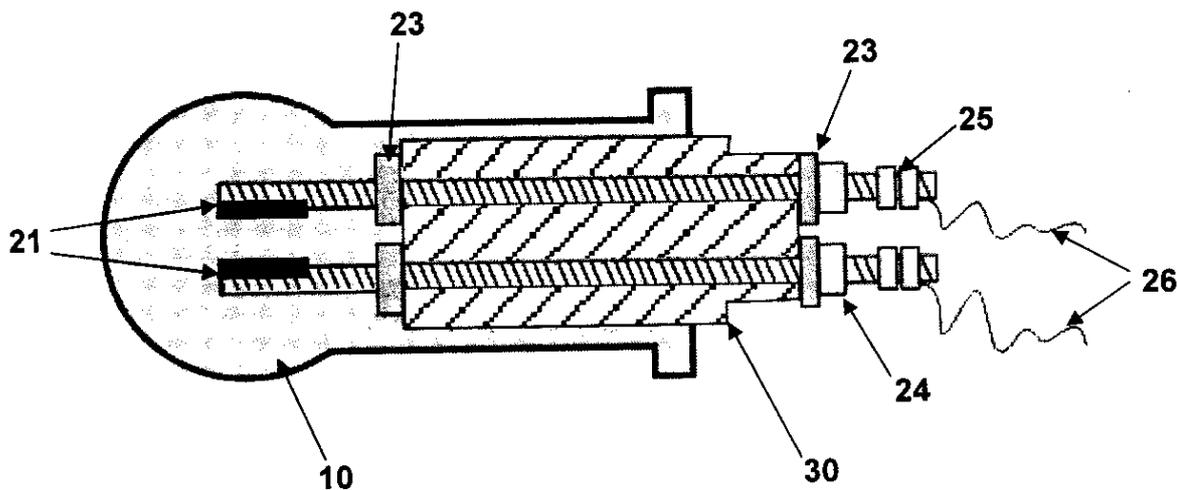


FIG. 3



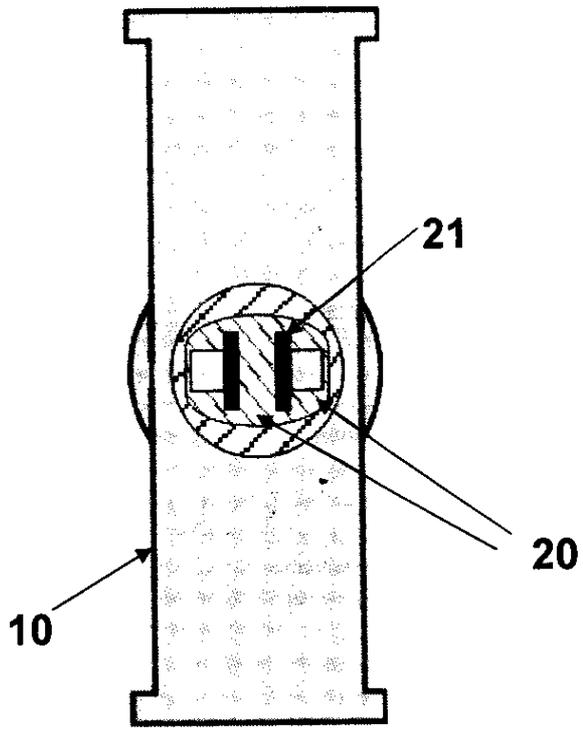


FIG. 4

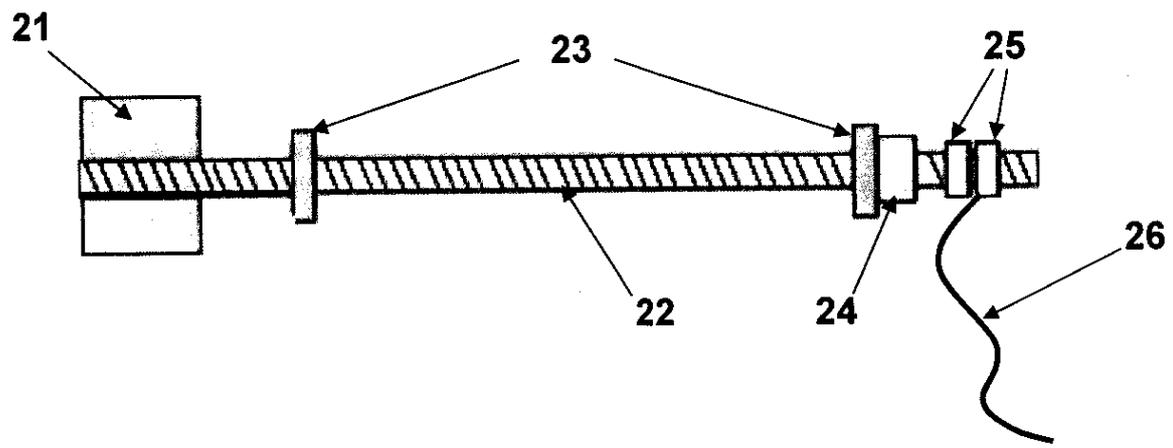


FIG. 5



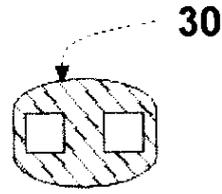


FIG. 6

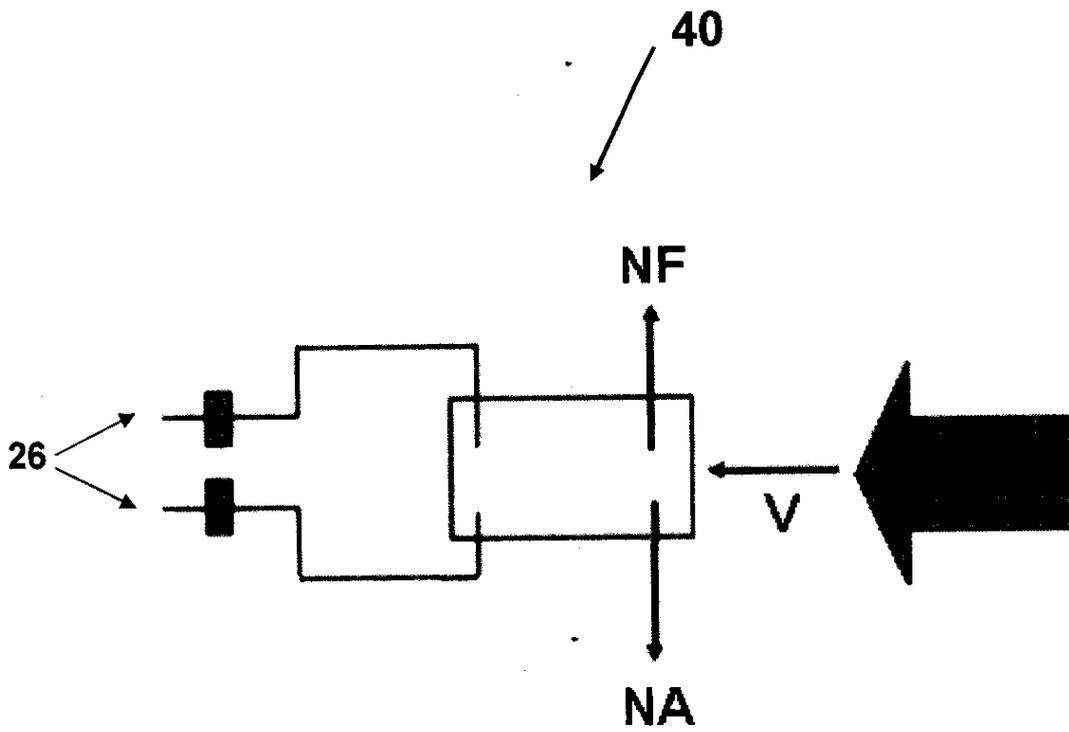
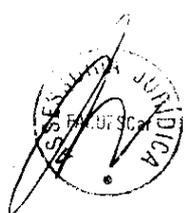


FIG. 7



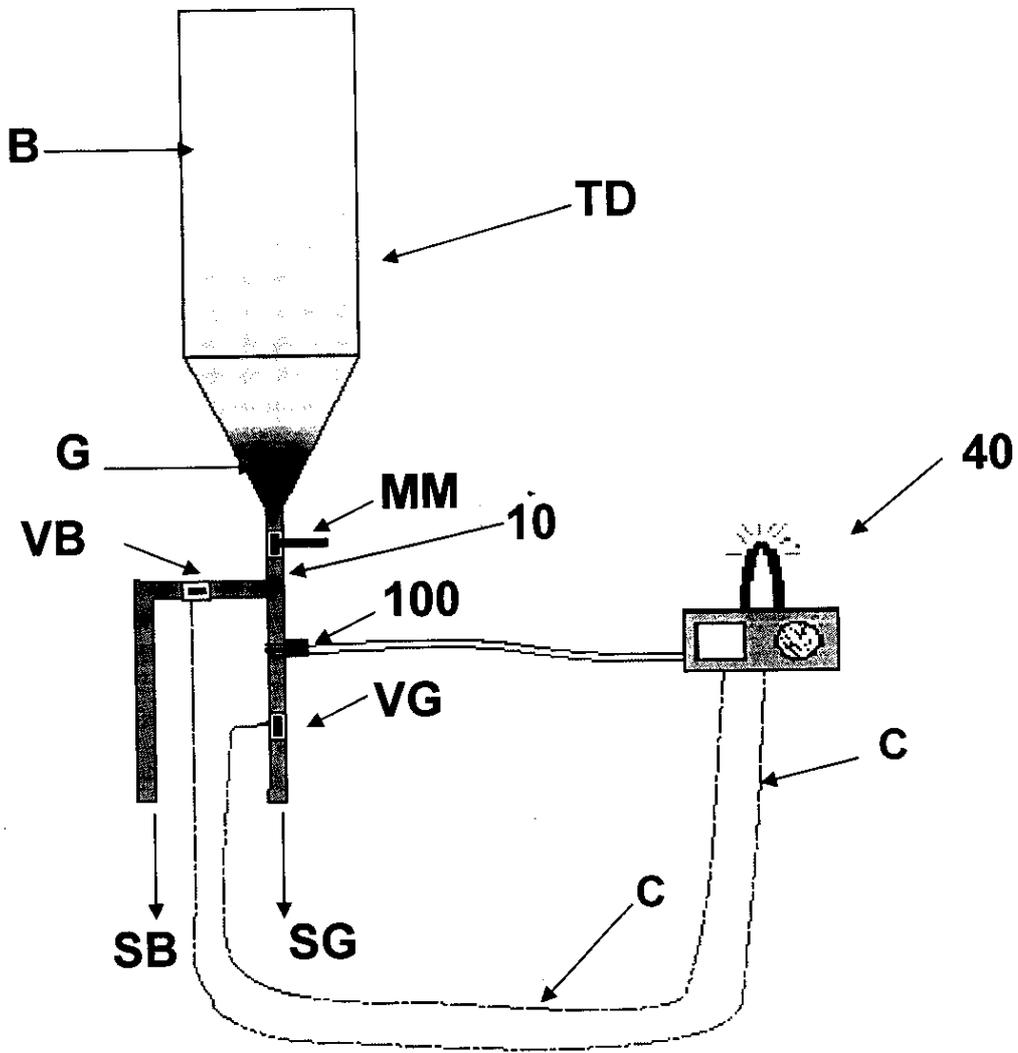


FIG. 8



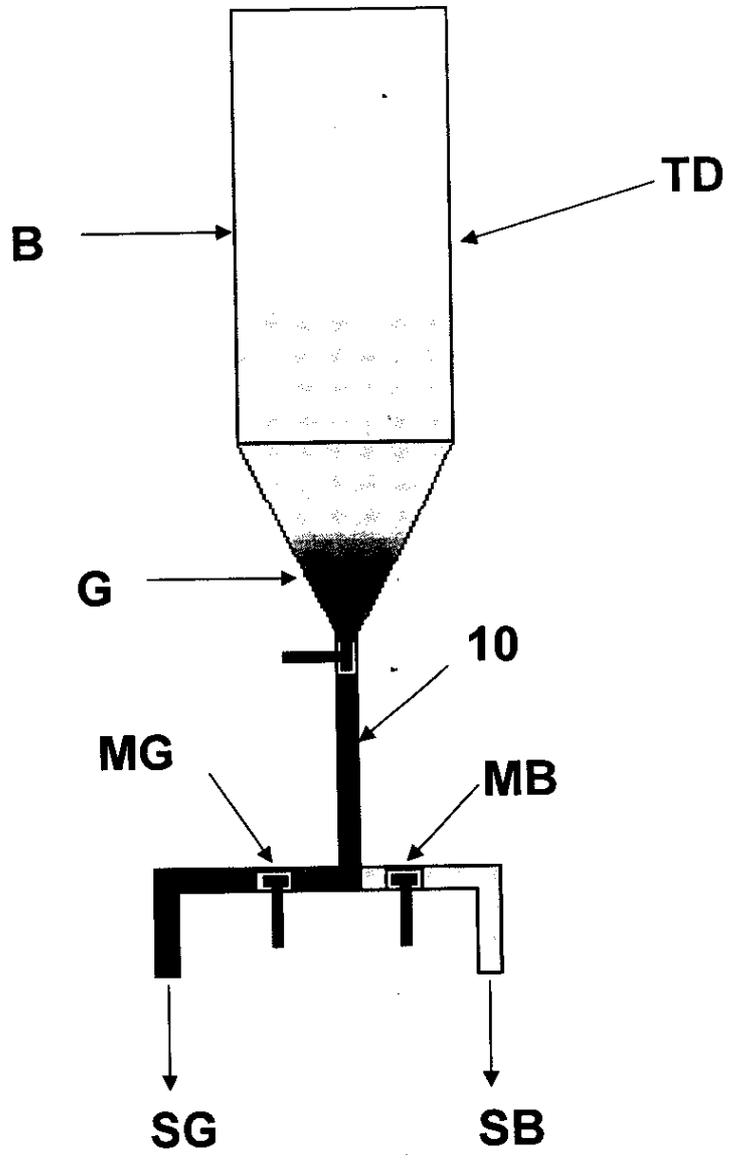


FIG. 9

ESTADO DA TÉCNICA



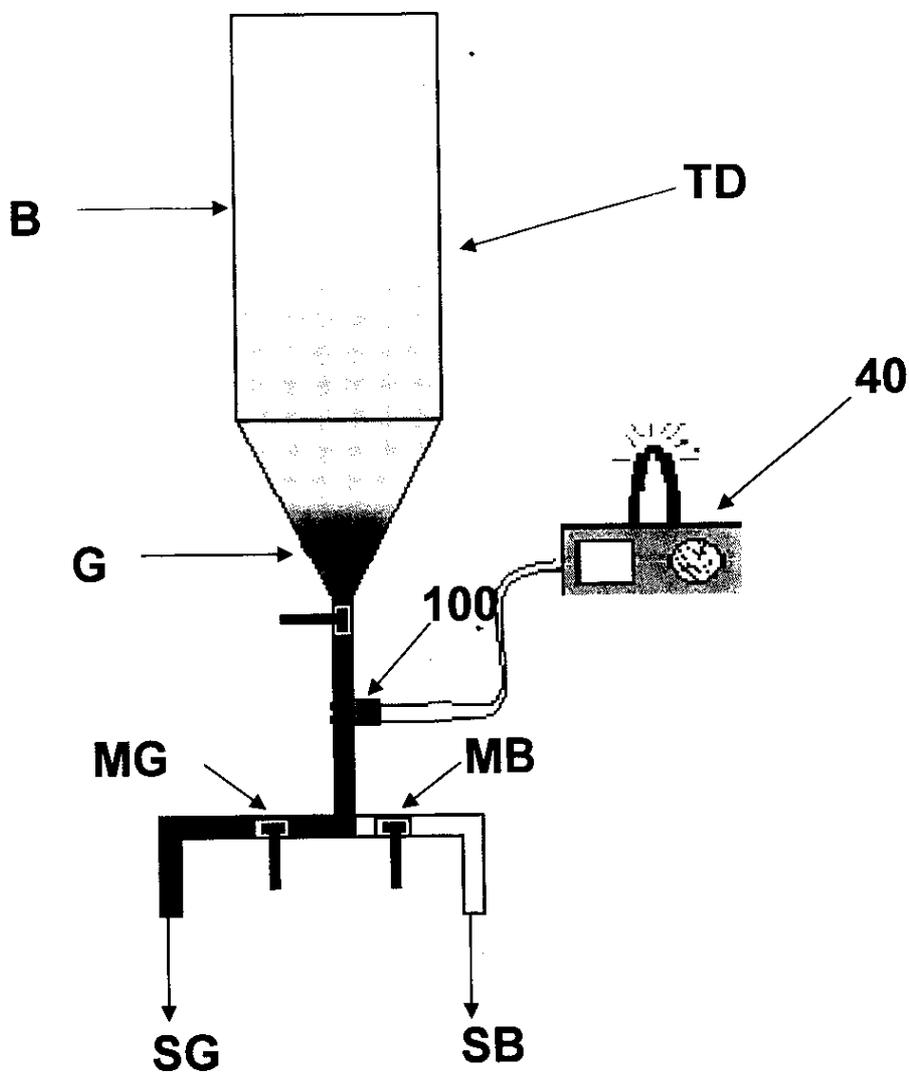


FIG. 10



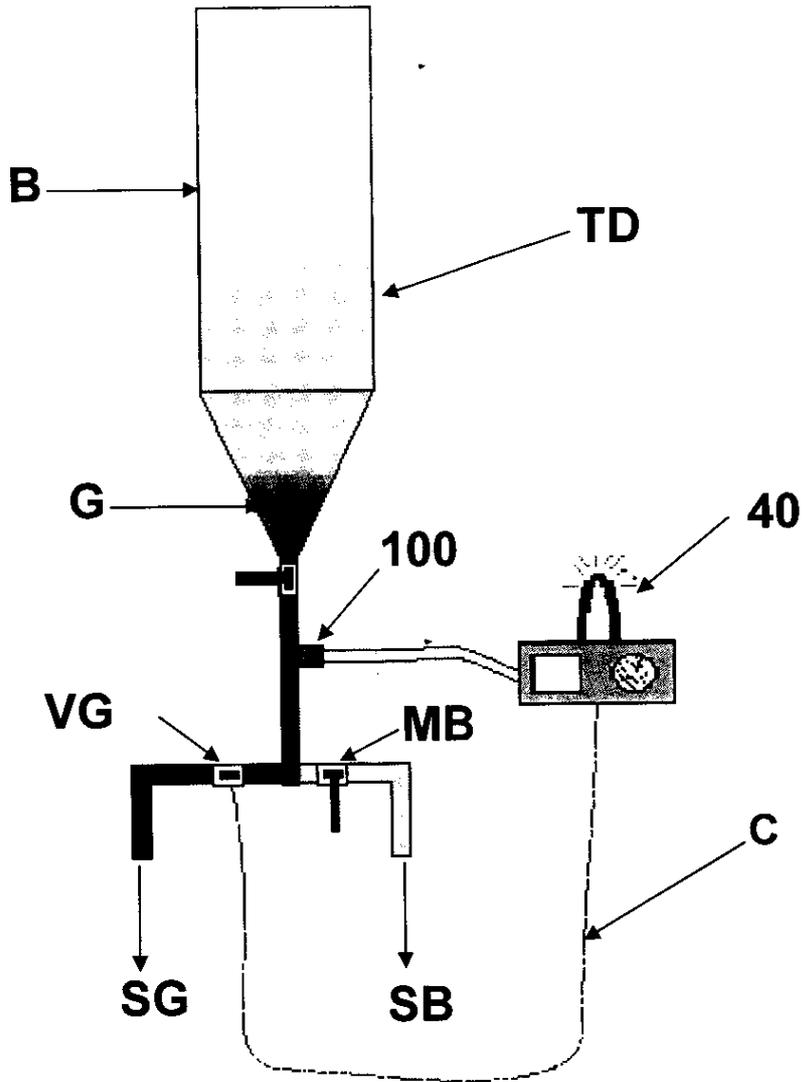
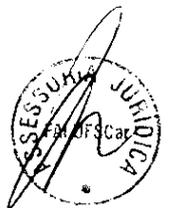


FIG. 11



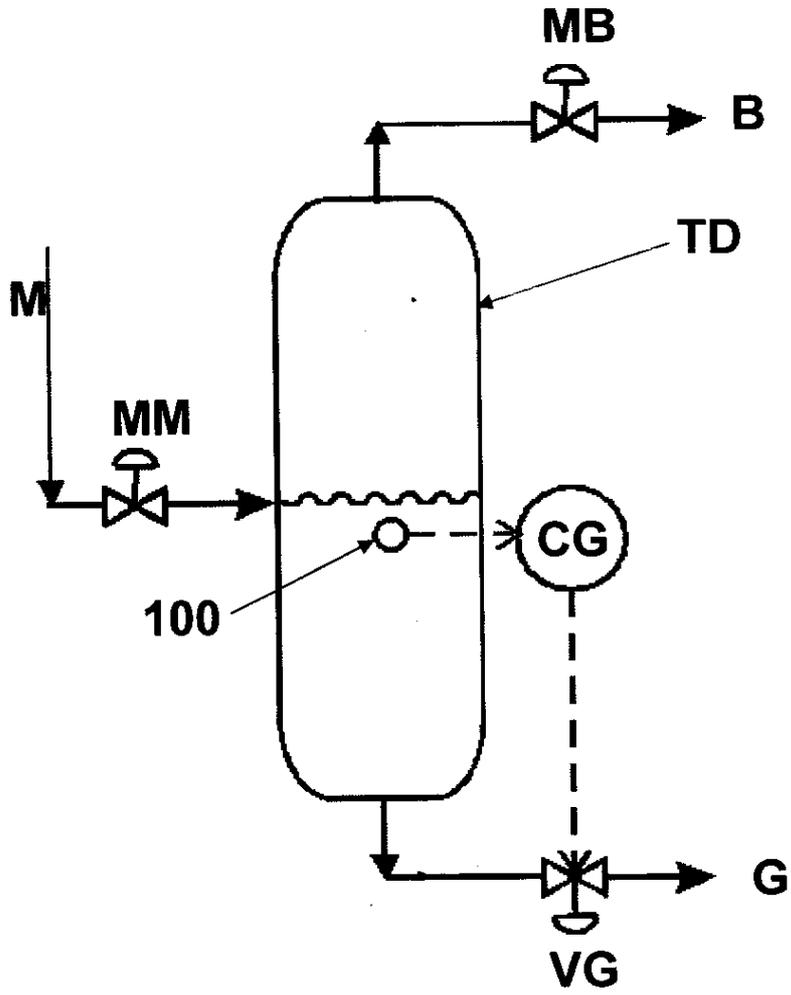


FIG. 12



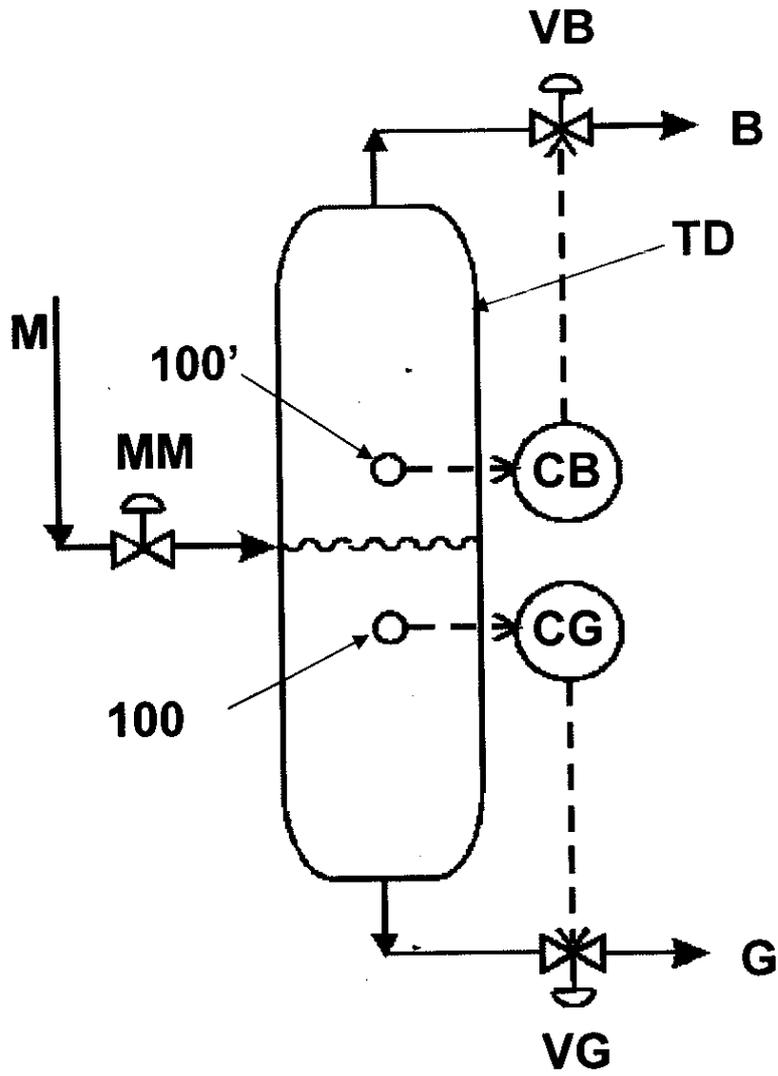


FIG. 13



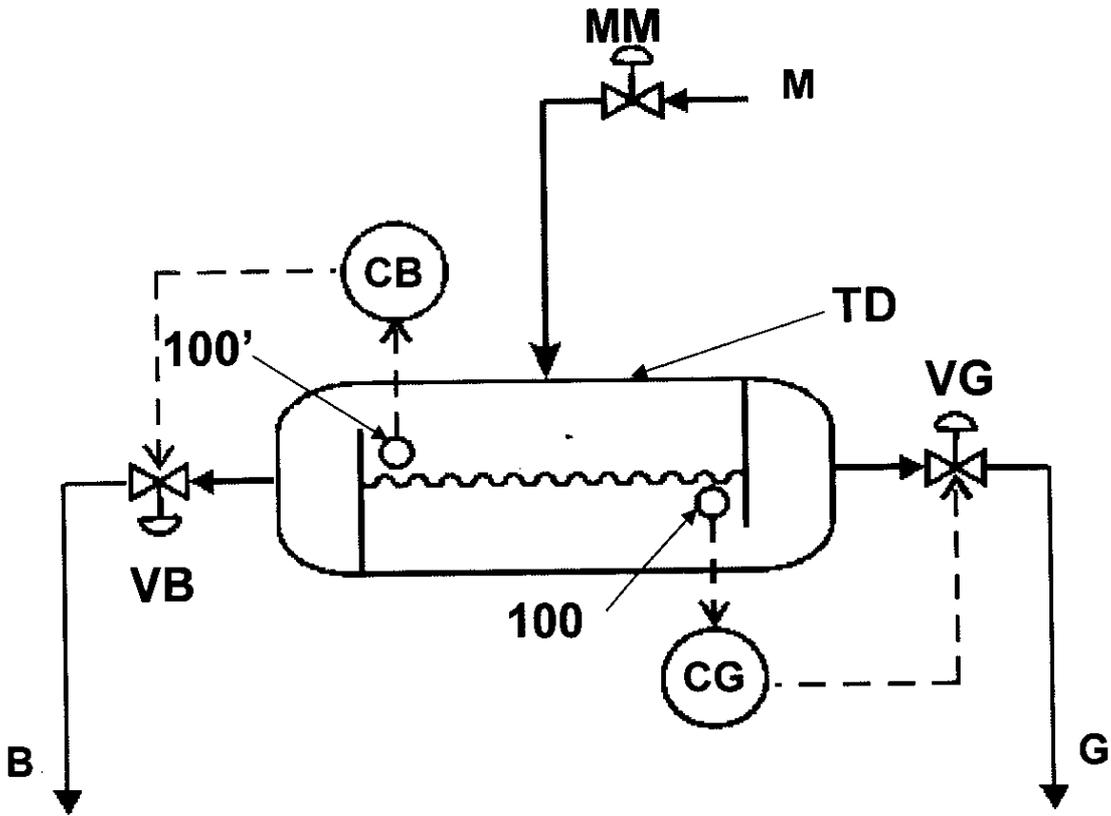


FIG. 14



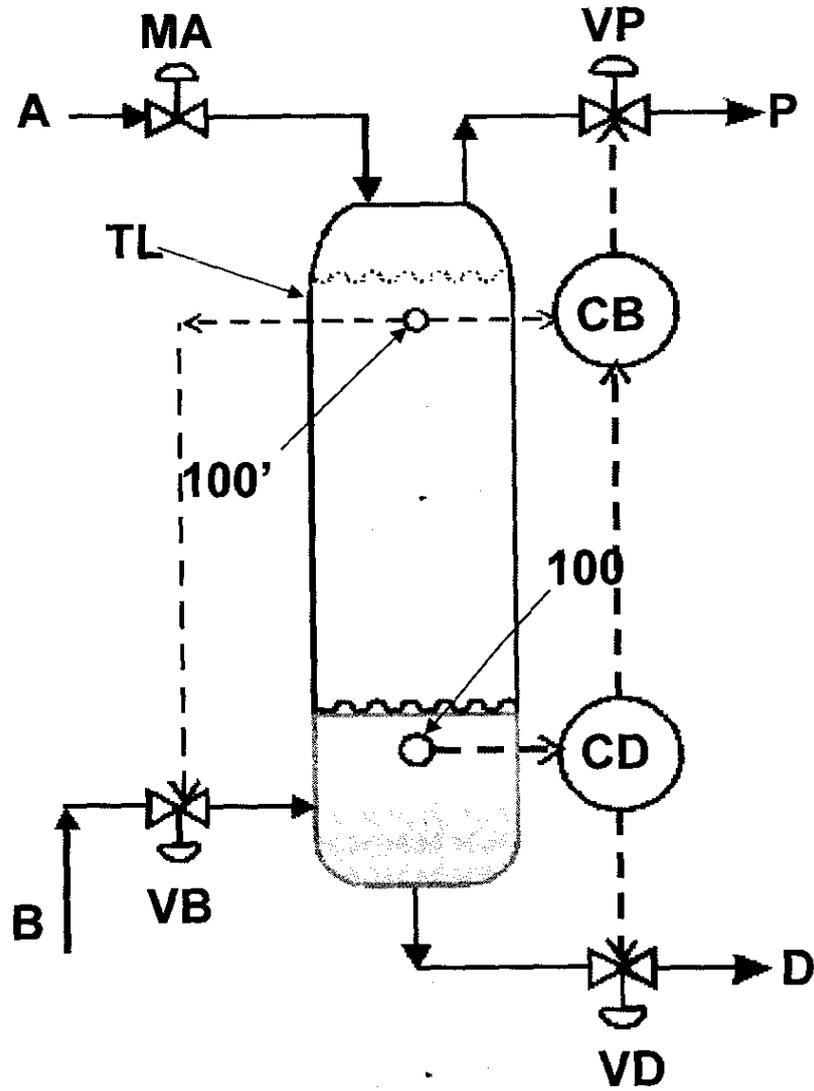


FIG. 15

