



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

(11) PI 0604251-1 B1

(22) Data do Depósito: 10/10/2006

(45) Data de Concessão: 19/12/2017



(54) Título: PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICROONDAS, E RESPECTIVO EQUIPAMENTO PARA SUA REALIZAÇÃO

(51) Int.Cl.: C10L 1/08; B01J 19/12

(73) Titular(es): INSTITUTO MAUA DE TECNOLOGIA - IMT

(72) Inventor(es): LUIZ ALBERTO JERMELOVICIUS; JOSÉ THOMAZ SENISE; RENATA BORGES DO NASCIMENTO; EDMILSON RENATO DE CASTRO; ARTUR SELMIKAITIS

**"PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE
REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICROONDAS, E
RESPECTIVO EQUIPAMENTO PARA SUA REALIZAÇÃO"**

O objeto da presente patente de invenção refere-se
5 a um processo de produção de biodiesel a partir de borra de
refino de óleos vegetais, conhecida por "soap stock",
através de sua alcoólise estimulada por microondas, e
respectivo equipamento onde ocorre essa irradiação por
microondas; mais especificamente, dito processo consiste
10 num processo químico estimulado por microondas que
compreende as reações de esterificação de ácidos graxos
livres, a transesterificação de triglicerídeos e a
conversão de sabão em éster, todas com etanol ou metanol em
presença de quantidades catalíticas de ácido forte.

15 Conforme é do conhecimento da técnica, o biodiesel
é um combustível de características equivalentes ao diesel
convencional oriundo de petróleo, porém de origem vegetal.
Estritamente falando, o biodiesel é o produto de uma
transesterificação de óleos vegetais naturais com mono
20 álcoois leves. Quimicamente, trata-se de um éster de ácido
graxo, como o oléico, o linoléico, o ricinoléico e outros
que ocorrem nos óleos vegetais, e um álcool como o metanol
ou o etanol.

É sabido que o processo de produção de biodiesel
25 consiste em promover, em um reator químico, a reação de
transesterificação dos triglicerídeos do óleo vegetal com
etanol ou metanol, formando glicerina e o éster etílico ou

metílico, respectivamente, do ácido graxo.

Outra fonte de ácidos graxos para o biodiesel pode ser encontrada nos resíduos de fabricação de óleo vegetal comestível refinado, especificamente na sua borra de
5 refino.

De acordo com o estado da técnica, a rota de fabricação de biodiesel consiste no tratamento de óleos vegetais como o de colza, de soja, de dendê, de mamona, etc. por metanol ou etanol, em presença de catalisadores
10 alcalinos. A reação química pode ser representada como na figura 1, onde R, R' e R'' representam estruturas de ácidos graxos.

Nesta reação, ocorre a substituição da glicerina por álcool etílico ou metílico. O catalisador usual para
15 esta reação é o metóxido ou o etóxido de sódio, que possuem caráter fortemente alcalino. O mecanismo da reação está representado na figura 2, onde $-O-CH_2-R_t$ é o resíduo da molécula do triglicerídeo abstraído o seu primeiro radical acila.

20 Entretanto, a catálise alcalina apresenta um problema que é a polimerização dos ácidos graxos insaturados, que resulta na formação de um resíduo insolúvel no meio e com aspecto de goma. Esta reação secundária, além de ocasionar a perda de moléculas de ácido
25 graxo diminuindo a produção de biodiesel, ocasiona o entupimento do equipamento de produção devido ao depósito de resina.

Como a reação em questão também é susceptível de catálise ácida, uma alternativa é o emprego de ácido p-toluenossulfônico, ou metanossulfônico. O mecanismo desta reação pode ser representado pela figura 3, onde $-O-CH_2-R_t$ 5 é o resíduo da molécula do triglicerídeo abstraído o seu primeiro radical acila.

A produção de biodiesel a partir de um óleo vegetal encontra um senão bastante crítico para assegurar sua viabilidade econômica, que é o valor do óleo vegetal 10 empregado na transesterificação. Por mais barato que seja o processo disponível, a operação de espremer e/ou extrair o óleo de uma semente oleaginosa tem seu custo, o qual se repassa para o custo do biodiesel preparado. Isto é muito negativo para o biodiesel, pois as margens de composição do 15 seu preço são muito estreitas, e o preço do óleo diesel de origem fóssil é baixo.

Contornando este problema, desenvolveram-se processos para a fabricação de biodiesel direto da semente. A reação de transesterificação é processada diretamente na 20 semente. Neste caso, a semente é seca, para evitar que a água hidrolise os ésteres transformando-os em ácidos graxos.

Todas essas alternativas se baseiam na destinação de sementes para fins de produção de combustíveis, fato que 25 nem sempre é conveniente.

Há uma alternativa de matéria prima para o biodiesel que não altera o volume de produção de óleo

vegetal: é a utilização da borra de refino de óleos vegetais.

Os óleos vegetais obtidos tanto por extração com solventes como por compressão apresentam produtos estranhos aos triglicerídeos, como ácidos graxos livres, fosfatídeos, 5 esteróis, tocoferóis, hidrocarbonetos, clorofila, pigmentos, glicosídeos de esteróis, fragmentos de proteínas, material resinoso e mucilagem. É de interesse manter alguns destes no óleo vegetal produto final, como os 10 tocoferóis e esteróis. Os demais causam problemas no aquecimento dos óleos vegetais, como por exemplo, escurecimento do óleo, formação de espuma e fumaça, precipitação.

Para remover os componentes indesejáveis do óleo 15 bruto, utiliza-se o processo de refino, iniciando-se a purificação do óleo procedendo a uma degomagem, que consiste em uma hidratação do óleo vegetal, pela qual os fosfatídeos e outras substâncias semelhantes precipitam na forma de uma goma. Por tratamentos posteriores desta goma 20 produz-se a lecitina. Porém este tratamento não altera a acidez do óleo vegetal.

Continuando o processo de refino, o óleo bruto é tratado com uma solução diluída de hidróxido de sódio, quando ocorre a neutralização dos ácidos livres formando o 25 respectivo sabão, e um pouco dos triglicerídeos é saponificada também. Algumas das impurezas são extraídas pela lixívia de sabão formado. Essa mistura gera uma

emulsão que é quebrada por aquecimento. As fases de óleo vegetal em refino e lixívia de sabão são centrifugadas, separando o óleo vegetal e a lixívia residual de sabão (soap stock).

5 O óleo, depois de lavado com água, é seco a vácuo tornando-se óleo vegetal refinado, e a borra residual obtida no refino é rica em material graxo, tanto na forma de sabão como de ácido graxo livre e de triglicerídeos que foram dispersos no sabão.

10 Já é do estado da técnica a produção de ácidos graxos a partir da borra de refino de óleos vegetais, por meio de uma acidulação da borra, isto é, utilizando-se ácido sulfúrico ou outro ácido conveniente, em quantidades estequiométricas ou em excesso, para transformar todo o sal
15 de sódio, sabão da borra de refino, em ácidos carboxílicos, para depois esterificá-los.

Em vista do estado da técnica, os requerentes iniciaram estudos visando o desenvolvimento de **"PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE**
20 **ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICROONDAS, E RESPECTIVO EQUIPAMENTO PARA SUA REALIZAÇÃO"** que produza biodiesel a partir da borra residual de processamento de óleos vegetais eliminando esse resíduo volumoso e de difícil processamento convencional.

25 As três reações acima citadas ocorrem com álcoois leves sem maiores percalços, porém a terceira é o passo restritivo para a aplicação industrial desta borra. Ela, em

condições convencionais de processamento, não ocorre a não ser com largo excesso de ácido, para formar ácidos graxos livres, que em uma etapa posterior podem ser esterificados por álcool a biodiesel. No entanto, ao se processar esta
5 reação sob campo de microondas de frequência adequada, nas faixas permitidas para uso industrial, ocorre uma ação sinérgica entre a irradiação por microondas e o catalisador ácido, promovendo um estímulo que permite obter o biodiesel diretamente da reação álcool e borra de refino de óleos
10 vegetais. A figura 4 apresenta uma representação simplificada desta reação estimulada por microondas. A natureza da borra de refino dita a intensidade de irradiação necessária para promover esta reação não convencional.

15 A utilização de catalisadores sulfonados, como o ácido p-toluenossulfônico ou ácido metanossulfônico permite a recuperação do catalisador.

Essa vantagem sobre o estado da técnica é atingida pelo processo ora inovado mediante a utilização de um
20 equipamento contínuo mecânico-elétrico que possibilita, simultaneamente, irradiar a mistura de álcool e borra de refino de óleos vegetais com intensidade e homogeneidade de campo eletromagnético adequados ao estímulo da reação com a mínima perda de energia possível, e propiciar as condições
25 de operação adequadas pelo tempo de permanência necessário.

Para efeito de ilustração, seguem em anexo desenhos do presente invento, através dos quais o mesmo pode ser

melhor visualizado:

a figura 1 representa as equações químicas principais da reação que ocorrem no processo de transesterificação;

5 a figura 2 representa o mecanismo alcalino desta reação;

a figura 3 representa o mecanismo ácido desta reação;

a figura 4 representa a etapa de inovação onde, por meio da sinergia entre microondas e catalise ácida, produz-se biodiesel a partir de sabão;

a figura 5 é o diagrama de blocos mostrando as etapas do processo ora inovado, e o qual representa uma unidade para produção de biodiesel que tanto pode operar em
15 batelada como, preferencialmente, em processo contínuo;

a figura 6 é uma perspectiva esquemática do equipamento ora inovado, para a irradiação de microondas, na sua configuração preferencial;

a figura 7 é uma vista superior do mesmo;

20 as figuras 8 e 9 ilustram dito equipamento em corte, respectivamente segundo as linhas A-A e B-B indicadas na figura 7, e onde é possível visualizar o reator propriamente dito, que o integra;

a figura 10 ilustra em perspectiva esquemática, o
25 referido reator em uma outra opção de realização;

a figura 11 é uma vista superior deste;

as figuras 12 e 13 ilustram dito reator em corte,

respectivamente segundo as linhas A-A e B-B indicadas na figura 11;

a figura 14 ilustra, em perspectiva esquemática, o presente equipamento de irradiação numa outra configuração, a qual explora uma posição mista dos conceitos ilustrados nas figuras figura 6 e 10;

a figura 15 é uma vista superior do mesmo;

as figuras 16 e 17 ilustram dito equipamento em corte, respectivamente segundo as linhas A-A e B-B indicadas na figura 15.

O objeto da presente Patente e Invenção é um **"PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICROONDAS, E RESPECTIVO EQUIPAMENTO PARA SUA REALIZAÇÃO"**, sendo que o processo prevê as seguintes etapas: a borra de refino de óleos vegetais (1), tal e qual vem da fábrica, e etanol ou metanol (2) preferencialmente anidro, mas não restritivamente, são alimentados a um tanque (3) agitado e aquecido; o tempo de permanência no tanque (3) é o suficiente para que toda a borra se dissolva no álcool formando uma solução límpida (4); à essa solução é adicionada uma solução de catalisador (5), ou o próprio catalisador sem diluir, sendo que esta mistura é enviada ao equipamento (6) onde ocorre a irradiação por microondas dessa mistura; desse equipamento (6), destila um volume considerável do álcool (7) que se presta para eliminar a água formada durante a reação em (6); esse vapor de álcool

(7) é alimentado a uma coluna de destilação (8), onde se separam o álcool concentrado (10), que retorna como reciclo para o equipamento (6), e álcool diluído (9), para recuperação posterior; do equipamento (6) sai um efluente
5 (11) de suspensão formada por solução e emulsão de biodiesel e catalisador em álcool com sólidos não conversíveis em biodiesel e originários da borra; a suspensão (11) é decantada no decantador (12), separando-se uma camada de biodiesel (13) e uma fase alcoólica (14),
10 esta última contendo o catalisador usado e sólidos suspensos; o biodiesel (13) é lavado com água (16) em um tanque de lavagem (15), obtendo-se o biodiesel produto final (17) e uma solução (18) que é destilada em coluna de destilação (28), separando uma corrente de água (30) e uma
15 de solução de catalisador (29), a qual é reciclada e integrada à alimentação de catalisador fresco (5); a suspensão (14) é filtrada no filtro (19), separando a torta (20) e a solução alcoólica (21); a solução (21) é destilada no destilador (22), recuperando uma solução de catalisador
20 (23) que é reciclado ao processo juntamente com o catalisador fresco (5); da destilação (22), recuperam-se ainda uma corrente de álcool (24) que recicla ao processo juntamente com o álcool de reposição (2); também, obtêm-se duas correntes de resíduos, uma de água (26) e uma de
25 pesados inclusive da glicerina (25).

O equipamento (6) para irradiação de microondas, as quais podem ser de 2,45 GHz, ou qualquer outra frequência

permitida para uso industrial, numa configuração preferencial (6A), mas não restritiva, apresenta-se constituído por uma câmara (31), que configura uma cavidade multimodal em alumínio ou aço inoxidável, câmara (31) esta
5 que se apresenta provida de um guia de microondas (32), confeccionado em alumínio ou aço inoxidável, de acoplamento ao usual equipamento gerador de microondas (não representado), e do tipo constituído por magnetron de potência fixa ou variável de microondas, que atenda à
10 demanda de energia de produção do presente equipamento (6), magnetron este protegido contra reflexão de microondas através por um circulador, sendo que, para melhor rendimento do sistema, entre dito circulador e a câmara (31) é previsto um casador de impedância.

15 No interior da câmara (31) são previstos um misturador de modos (33) para uma melhor homogeneidade do campo eletromagnético, e o reator (34) propriamente dito, o qual pode apresentar tanto a configuração de reator de batelada como de reator contínuo tipo tanque agitado, e o
20 qual, nesta primeira opção de realização (6A) do equipamento para irradiação (6), é constituído por um vaso (35) sustentado no interior da câmara (31) por meio de suportes mecânicos (36), vaso (35) este inteiramente transparente às microondas, ou opaco e dotado de janelas
25 transparentes a microondas (não representadas), e dotado, no seu interior, de chicanas (37) e agitador mecânico (38), para propiciar uma boa homogeneização dos reagentes.

Dito vaso (35) é superiormente fechado por tampa (39), a qual é transpassada pelo eixo do agitador (38), por medidor de temperatura (40) compatível com microondas, e tubulação (41) de saída de líquido sob vácuo, líquido este
5 cujo nível máximo a ser mantido é pré-estipulado em função do tempo de permanência desejado, sendo que opcionalmente, a retirada de líquido do vaso (35) pode ser feita por meio de um sistema de ladrão hidráulico (não representado). A tampa (39) ainda é provida de tubulação (42) de entrada,
10 por onde a câmara (31) é alimentada com a solução de borra (4), o catalisador (5, 23 e 29) e o reciclo de álcool (10), bem como provida de tubulação (43) de saída de vapor de álcool (7).

O eixo do agitador (38), o medidor de temperatura
15 (40), a tubulação de saída de líquido (41), a tubulação de alimentação (42) e a tubulação de saída de vapor de álcool (43) também transpassam a parede superior da câmara (31), onde são previstos respectivos filtros de microondas (44), à exceção do medidor de temperatura (40), para o qual é
20 previsto dispositivo de aterramento (45).

O equipamento (6) para irradiação de microondas, numa outra opção de realização (6B), é constituído por reator (34b), o qual substitui e elimina a necessidade da câmara (31) da figura 6, e cujo vaso (35b) e tampa (39)
25 apresentam-se totalmente opacos às microondas, e de uma ou mais guias (46) de condução de microondas para o interior do vaso de reação (35b), cada qual terminada em janela (47)

estanque e transparente às microondas.

E numa terceira opção de realização (6C) do equipamento (6) para irradiação de microondas, o reator (34c) previsto no interior da câmara (31) apresenta-se
5 provido de vaso de reação (35) transparente às microondas, acrescido de pelo menos uma guia (46) de condução de microondas para o interior do referido vaso (35), igualmente terminada em janela (47) estanque e transparente às microondas.

10 As opções de realização 6B e 6C do equipamento (6) são mais apropriadas à operação com microondas de frequências mais elevadas.

Foram excetuadas dezesseis experiências de produção de biodiesel, utilizando uma carga de borra de refino de
15 óleo de soja, nos exemplos a seguir, são apresentados os resultados que estão na região de melhor rendimento.

Exemplo 1: Uma carga de 100,11 g de borra de refino de óleo de soja foi processada conforme o processo descrito, com o uso de 0,7 g de ácido metanossulfônico por
20 g de borra, com potência específica de microondas de 1,02 W/g. Após 150 minutos de reação à ebulição, obteve-se uma conversão da massa de borra no valor de 79%.

Exemplo 2: Uma carga de 100,12 g de borra de refino de óleo de soja foi processada conforme o processo
25 descrito, com o uso de 0,7 g de ácido metanossulfônico por g de borra, com potência específica de microondas de 2,15 W/g. Após 150 minutos de reação à ebulição, obteve-se uma

conversão da massa de borra no valor de 82%.

Exemplo 3: Uma carga de 100,18 g de borra de refino de óleo de soja foi processada conforme o processo descrito, com o uso de 0,7 g de ácido metanossulfônico por 5 g de borra, com potência específica de microondas de 2,27 W/g. Após 150 minutos de reação à ebulição, obteve-se uma conversão da massa de borra no valor de 83%.

Exemplo 4: O biodiesel obtido nos diferentes testes foi destilado segundo técnica da ASTM para destilação de 10 produtos voláteis, apresentando curvas com ponto inicial de ebulição de 100°C, temperatura de 300°C aos 5% de destilado e temperatura de 340°C aos 90% de destilado, quando se apresenta um início de decomposição. O que demonstra que cerca de 95% da carga se encontra na faixa de destilação do 15 diesel.

REIVINDICAÇÕES

[1]. "PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICRO-ONDAS", formado pelas seguintes etapas: a matéria prima base (1) e etanol ou metanol (2) são alimentados a um tanque agitado e aquecido (3); o tempo de permanência no tanque (3) é o suficiente para que toda a matéria prima base (1) se dissolva no álcool formando uma solução límpida (4); a esta solução é adicionada uma solução de catalisador, ou o próprio catalisador sem diluir (5), e enviado ao equipamento (6) para irradiação por micro-ondas (6); deste equipamento (6) destila um volume considerável do álcool (7) que se presta para eliminar a água formada durante a reação em (6); a matéria prima base (1) é caracterizado por ser borra de refino de óleos vegetais, enquanto que o etanol ou metanol (2) é preferencialmente anidro; o vapor (7) é alimentado à uma coluna de destilação (8), onde se separam álcool concentrado (10) que retoma como refluxo para o equipamento (6), e álcool diluído (9) para recuperação posterior; do equipamento (6) sai um efluente (11) de suspensão formada por uma solução de biodiesel e catalisador em álcool com sólidos não conversíveis em biodiesel e originários da borra; a suspensão (11) é decantada no decantador (12), separando-se uma camada de biodiesel (13) e uma fase alcoólica (14), a qual contém o catalisador usado, bem como sólidos suspensos; o biodiesel (13) é lavado com água (16) em um tanque de lavagem (15), obtendo-se o biodiesel produto final (17) e uma solução (18) que é destilada em coluna de destilação (28), separando uma

corrente de água (30) e uma de solução de catalisador (29) que é reciclada à alimentação de catalisador fresco (5); a suspensão (14) é filtrada no filtro (19), separando a torta (20) e a solução alcoólica (21); a solução (21) é destilada no destilador (22), recuperando uma solução de catalisador (23) que é reciclado por meio de decantação, filtração e destilação e inserido novamente ao processo juntamente com o catalisador fresco (5); da destilação (22), recuperam-se ainda uma corrente de álcool (24) que recicla ao processo juntamente com o álcool de reposição (2), como também duas correntes de resíduos, uma de água (26) e uma de pesados inclusive da glicerina (25).

[2]. "PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICRO-ONDAS", de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela dissolução da borra de refino de um óleo vegetal qualquer utilizar isopropanol ou butanol anidros.

[3]. "PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICRO-ONDAS", de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo catalisador ácido ser ácido p-toluenossulfônico ou ácido metanossulfônico.

[4]. "PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICRO-ONDAS", de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela eliminação da água presente no álcool reagente como da água formada na reação, por meio de destilação de excesso de álcool concomitante à reação entre o álcool e a borra de refino de óleos vegetais em geral.

[5] **"EQUIPAMENTO PARA REALIZAÇÃO DO PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICRO-ONDAS"**, de acordo com a reivindicação 1, equipamento (6) para irradiação por micro-ondas este, numa configuração preferencial (6A), apresentar-se constituído por uma câmara (31), que configura cavidade multimodal em alumínio ou aço inoxidável, a qual é provida de guia de micro-ondas (32), confeccionada em alumínio ou aço inoxidável, de acoplamento a usual equipamento gerador de micro-ondas, sendo que no interior da câmara (31) está previsto reator (34) propriamente dito, o qual pode apresentar tanto a configuração de reator de batelada como de reator contínuo tipo tanque agitado, e o qual é constituído por vaso (35) sustentado no interior da câmara (31) por meio de suportes mecânicos (36), vaso (35) este inteiramente transparente às micro-ondas, e internamente dotado de agitador mecânico (38), enquanto que superiormente, o vaso (35) é fechado por tampa (39), a qual é transpassada pelo eixo do agitador (38), por medidor de temperatura (40) compatível com micro-ondas, pela tubulação (42) de entrada/alimentação dos componentes da reação borra (4), catalisador (5, 23 e 29), reciclo de álcool (10), e pela tubulação (43) de saída de vapor de álcool (7); o eixo do agitador (38), o medidor de temperatura (40), a tubulação de alimentação (42) e a tubulação de saída de vapor de álcool (43) também transpassam a parede superior da câmara (31), onde são previstos respectivos filtros de micro-ondas (44), à exceção do medidor de temperatura (40), para o qual é previsto dispositivo de aterramento (45); o

interior da câmara é **caracterizado por** prever misturador de modos (33) junto ao reator (34), para uma melhor homogeneidade do campo eletromagnético; dito vaso (35) também é internamente dotado de chicanas (37); a tampa (39) também é transpassada pela tubulação (41) de saída de líquido sob vácuo.

[6]. "EQUIPAMENTO PARA REALIZAÇÃO DO PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICRO-ONDAS", de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo** fato de, numa outra opção de realização (6B) do equipamento (6) para irradiação de micro-ondas ser constituído por reator (34b), o qual substitui a câmara (31), e cujo vaso (35b) e tampa (39) apresentam-se totalmente opacos às micro-ondas, dito reator (34b) sendo provido de uma ou mais guias (46) de condução de micro-ondas para o interior do vaso (35b), e terminadas em janelas transparentes e estanques (47) dispostas no interior do referido vaso (35b).

[7]. "EQUIPAMENTO PARA REALIZAÇÃO DO PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICRO-ONDAS", de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo** fato de, numa terceira opção de realização (6C) do equipamento (6) para irradiação de micro-ondas, o reator (34c) previsto no interior da câmara (31) e provido de guia de ondas (32) e de vaso de reação (35) transparente às micro-ondas, apresenta-se provido de pelo menos uma guia (46) de condução de micro-ondas para o interior do referido vaso (35) terminada em janela transparente e estanque (47).

[8]. "EQUIPAMENTO PARA REALIZAÇÃO DO PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICRO-ONDAS", de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de a câmara (31) apresentar-se dimensionada para obtenção de um campo eletromagnético o mais uniforme possível, tanto por suas dimensões como pelo emprego de misturadores de modos (33) de micro-ondas, e que envolva o vaso reator (35).

[9]. "EQUIPAMENTO PARA REALIZAÇÃO DO PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICRO-ONDAS", de acordo com as reivindicações 4 e 6, caracterizado pelo fato de o vaso reator (35) apresentar-se preferencialmente em forma de tanque basicamente cilíndrico, construído em material transparente às micro-ondas como cerâmicas especiais e vitrocerâmicos.

[10]. "EQUIPAMENTO PARA REALIZAÇÃO DO PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE BORRA DE REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS ESTIMULADA POR MICRO-ONDAS", de acordo com as reivindicações 5 e 6, caracterizado pelo fato de o reator (34)/(34b) ser provido de pelo menos uma guia (46) de condução de micro-ondas para introdução de micro-ondas no interior do vaso de reação (35) terminada em janela transparente e estanque (47).

FIG. 1

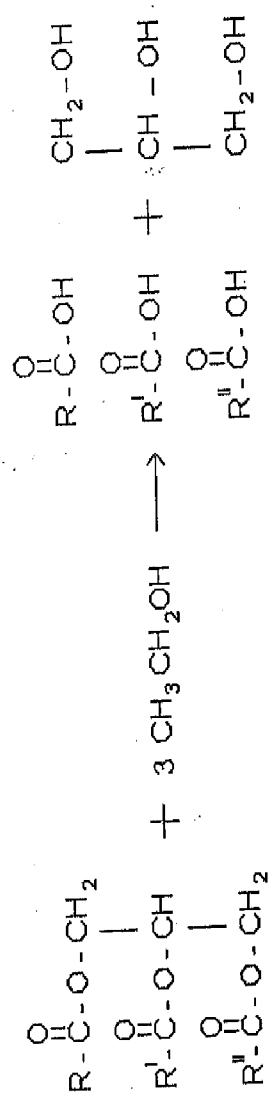


FIG. 2

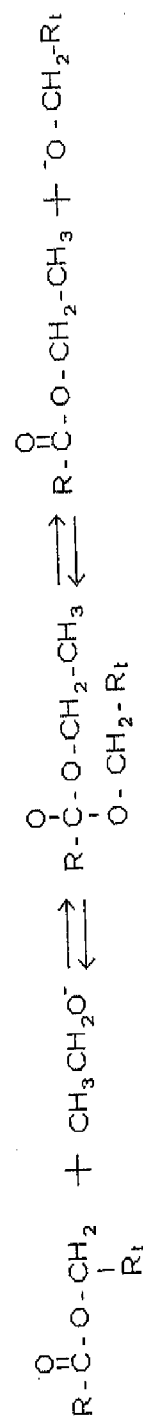


FIG. 3

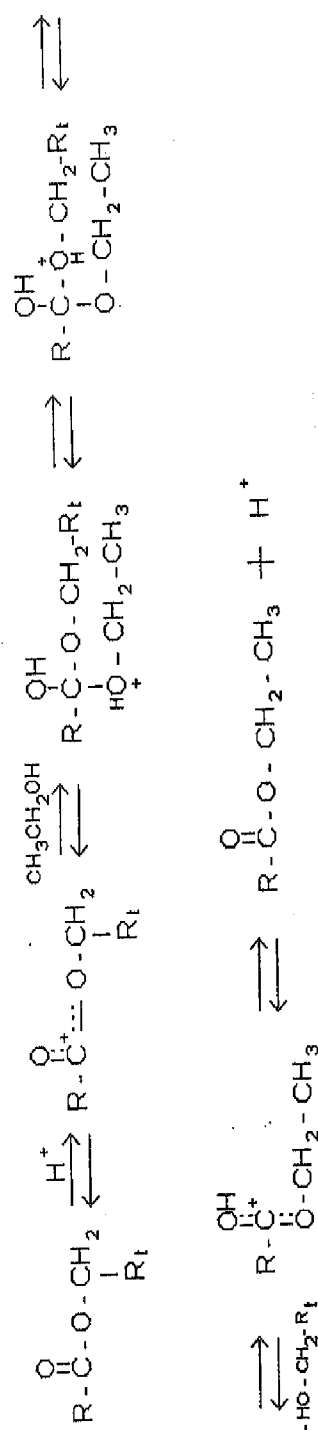
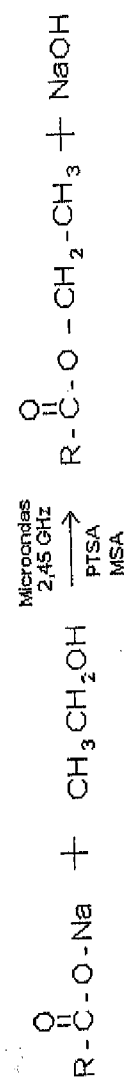


FIG. 4



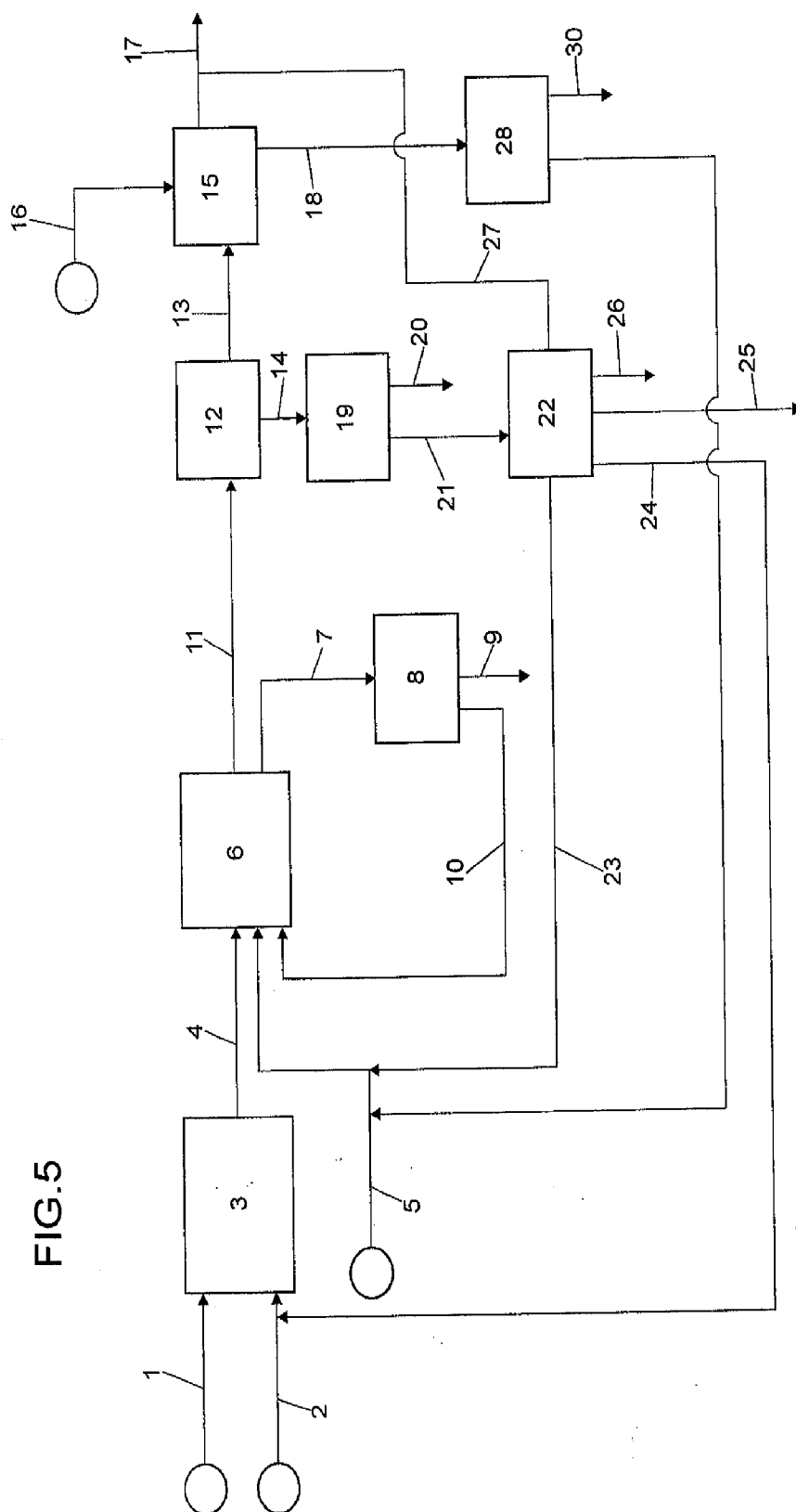


FIG.6

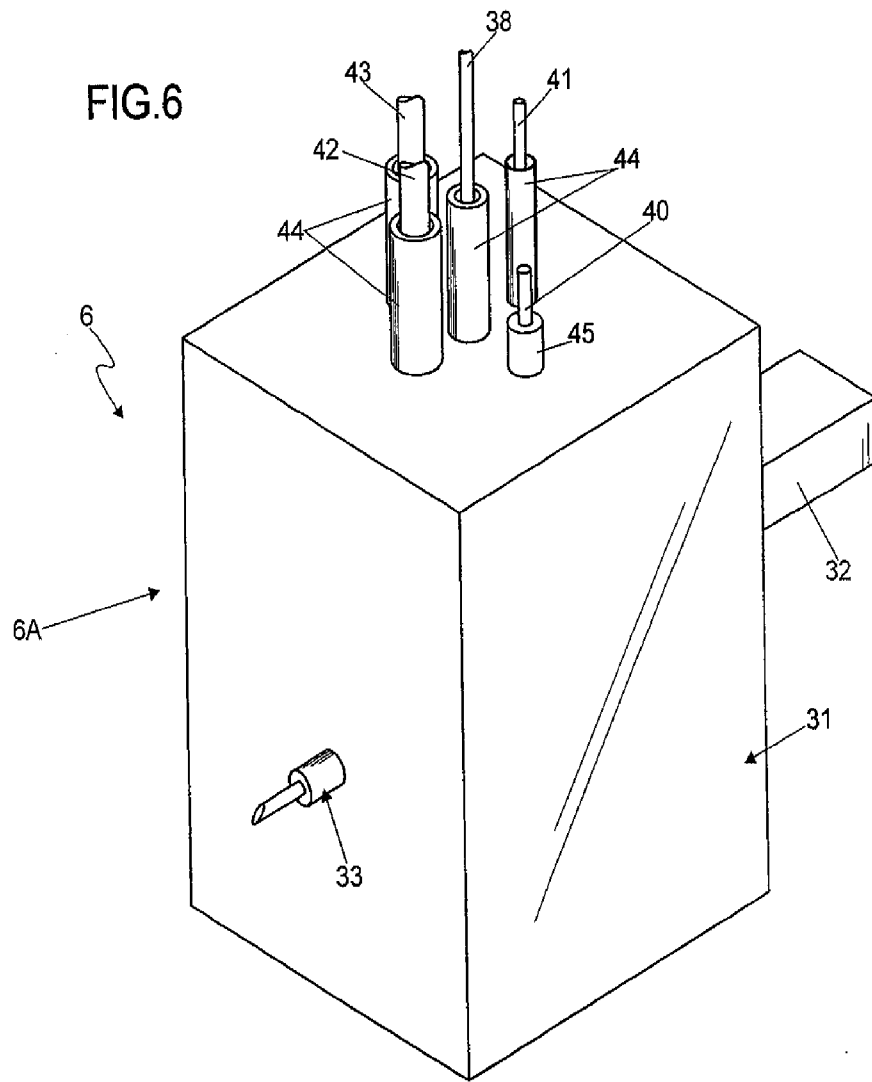


FIG.7

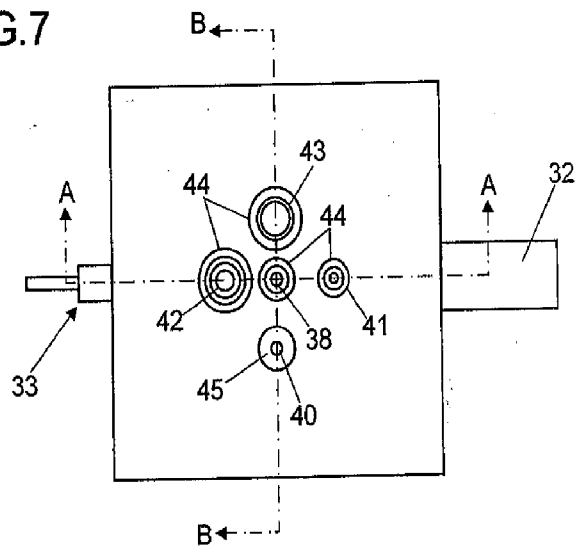


FIG.8
CORTE A-A

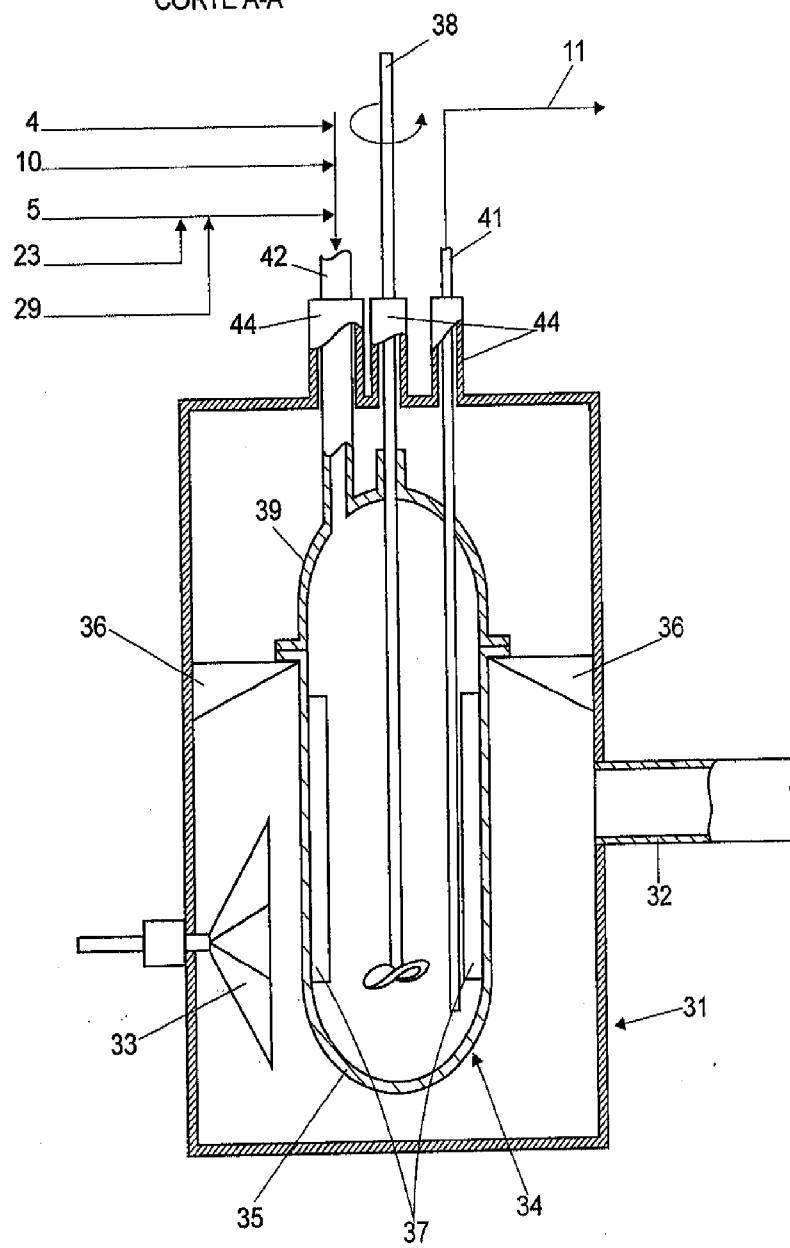


FIG.9
CORTE B-B

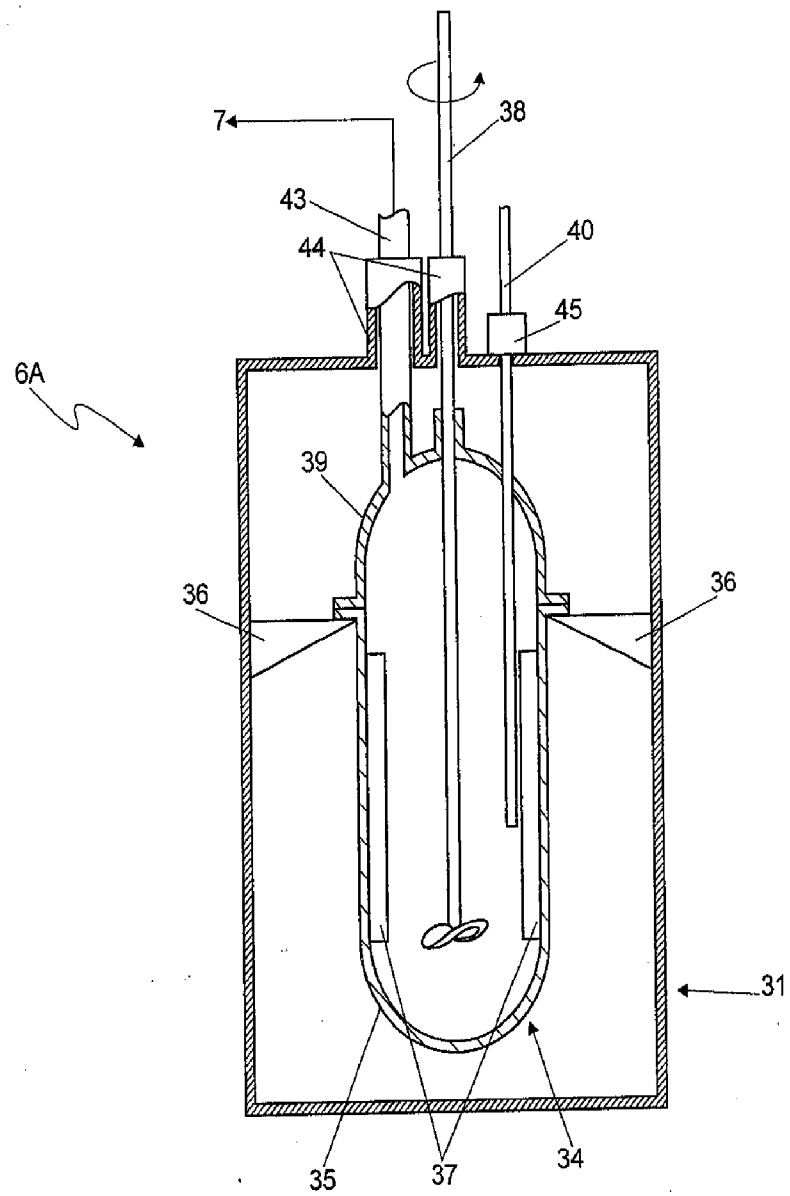


FIG.10

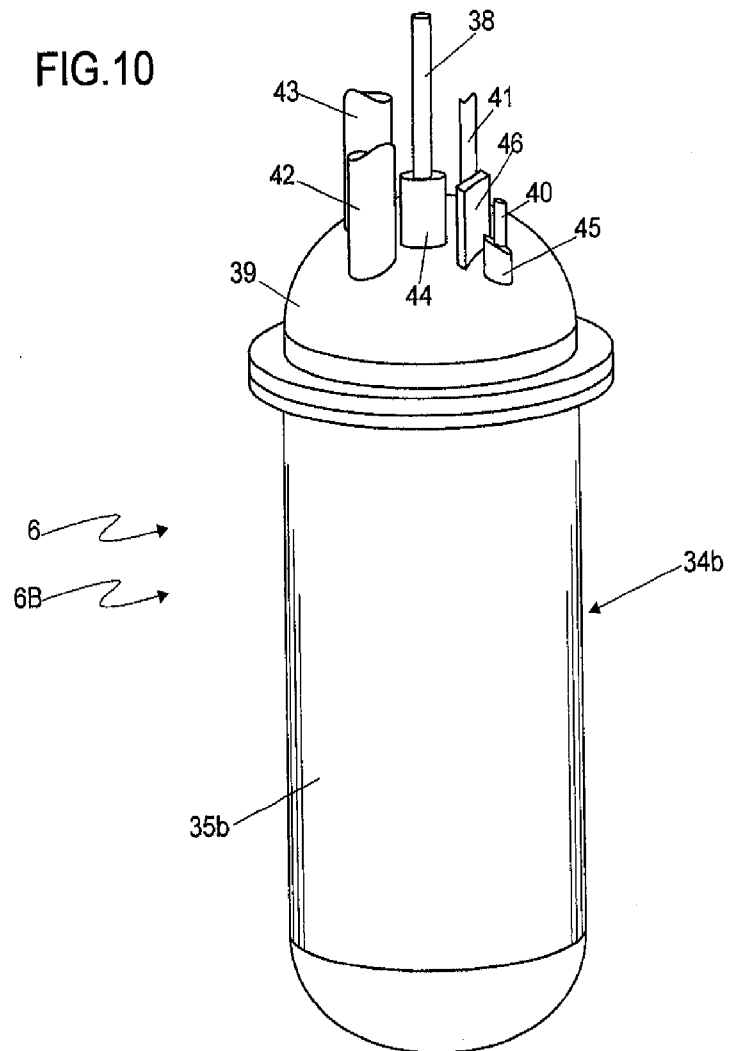


FIG.11

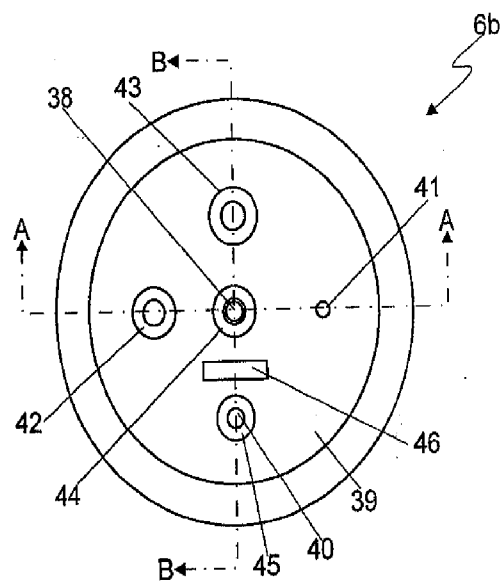


FIG.12
CORTE A-A

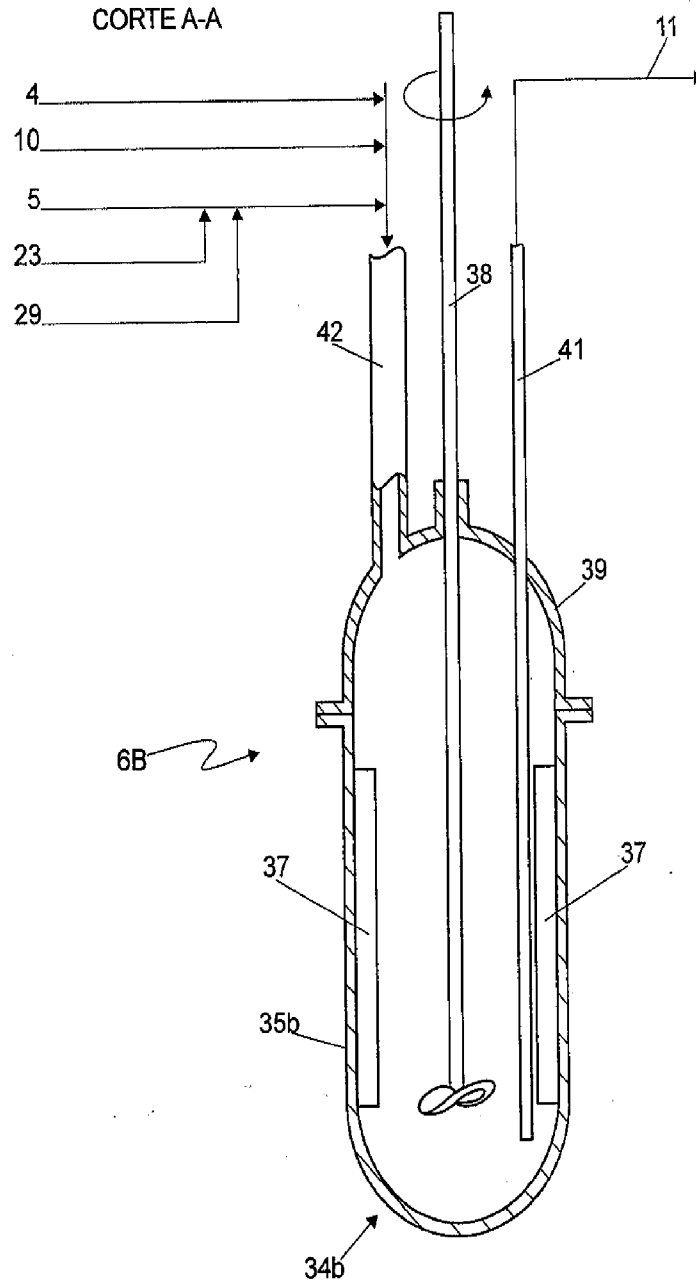


FIG.13
CORTE B-B

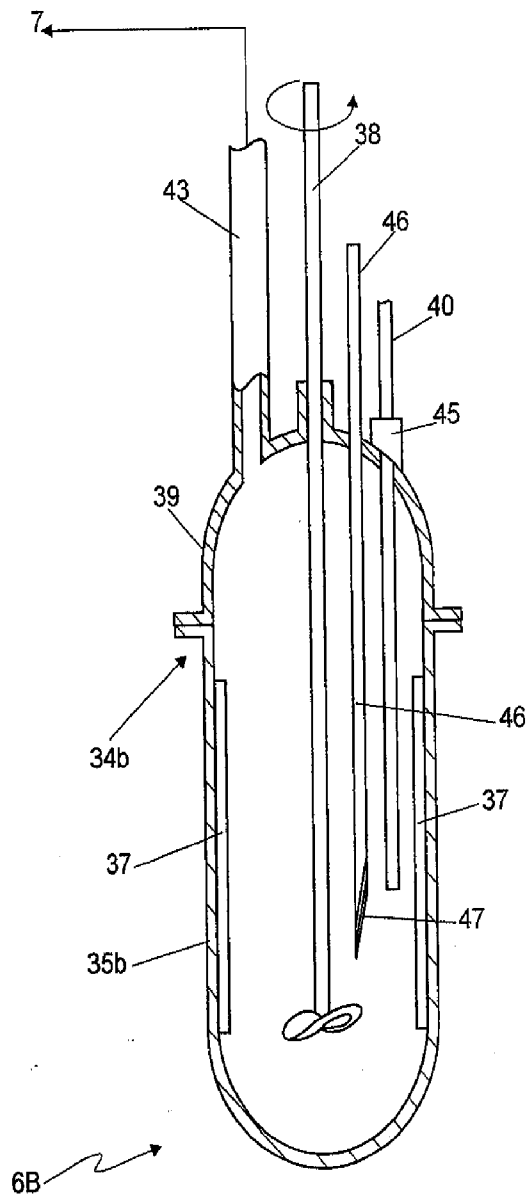


FIG.14

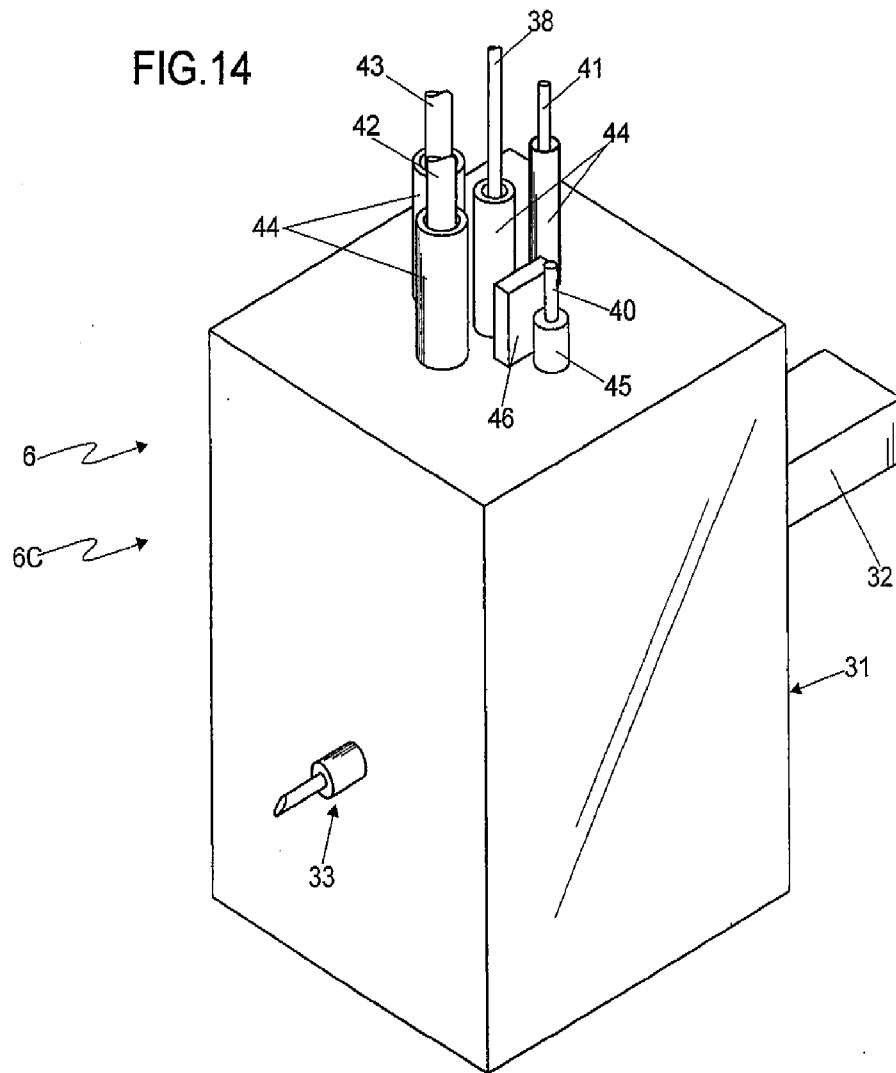


FIG.15

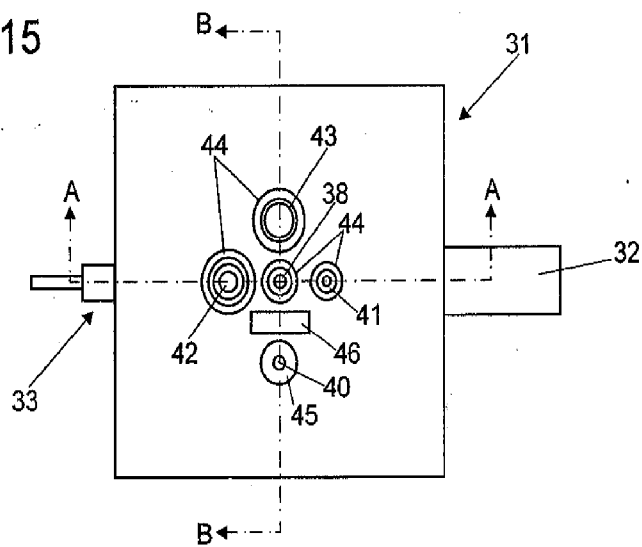


FIG.16
CORTE A-A

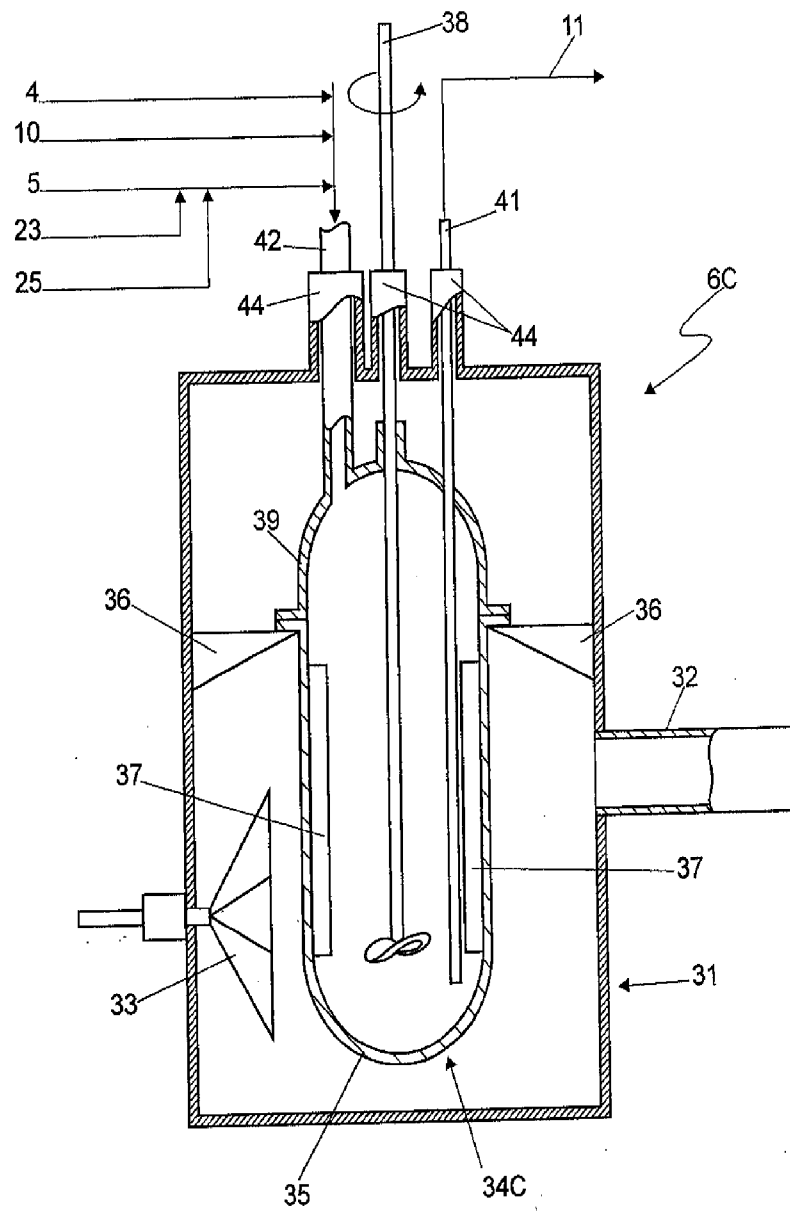


FIG.17
CORTE B-B

