



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

(21) **PI 1002618-5 A2**



(22) Data de Depósito: 16/04/2010
(43) Data da Publicação: 17/01/2012
(RPI 2141)

(51) *Int.Cl.:*

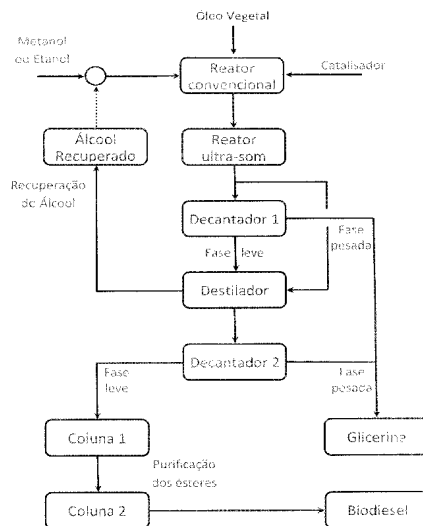
B01J 19/10
C10G 3/00
C10G 32/02
C10G 15/00
C10L 1/02
C10L 1/08
B01D 15/36
B01D 1/00
B01D 3/00

(54) **Título:** USINA DE BODIESEL DIDÁTICA E SIMULAÇÃO INDUSTRIAL

(73) **Titular(es):** Biominas Indústria de Derivados Oleaginosos LTDA

(72) **Inventor(es):** Alex Nogueira Brasil

(57) **Resumo:** USINA DE BODIESEL DIDÁTICA E SIMULAÇÃO INDUSTRIAL. Refere-se a um sistema e processo para produção de biodiesel de forma didática e em pequeno volume, proporcionando um sistema reacional e de processamento o qual simula as condições e características existentes em processos industriais de produção de biodiesel, possibilitando o estudo, conhecimento e controle de importantes variáveis do processo. Por possuir reservatórios transparentes em vidro tipo borossilicato, possibilita o acompanhamento de forma didática de todas as etapas do processo e, considerando o pequeno volume processado, proporciona uma economia no uso e consumo de reagentes e insumos, além de ser facilmente transportada e alocada em espaços reduzidos.



USINA DE BIODIESEL DIDÁTICA E SIMULAÇÃO INDUSTRIAL

A presente invenção pertence ao campo dos equipamentos para produção de biodiesel a partir de óleos vegetais ou gorduras animais *in natura* e residuais, tais como, óleo de soja, pinhão manso, crambe, girassol, canola, algodão, dentre outros.

O desenvolvimento e a utilização de um módulo didático de produção de biodiesel estão inseridos em um esforço direcionado para a melhoria do ensino de disciplinas da área de energias renováveis ministradas nos cursos de graduação e pós-graduação das Universidades brasileiras, no auxílio do desenvolvimento das pesquisas relacionadas aos biocombustíveis líquidos e como ferramenta para ajustes de processos industriais de produção de biodiesel. A reconhecida importância do estudo experimental, principalmente para biocombustíveis, nos cursos de graduação e pós-graduação é reforçada face o atual contexto em termos de geração e aproveitamento de energia.

A presente invenção proporciona um sistema reacional e de processamento que simula as condições e características existentes em processos industriais de produção de biodiesel e, possibilita o estudo, conhecimento e controle de importantes variáveis do processo. Por trabalhar com menor volume, proporciona uma economia no uso e consumo de reagentes e insumos, além de ser facilmente transportada e alocada em espaços reduzidos.

O caráter didático e a possibilidade de simulação de processos industriais de produção de biodiesel são os principais parâmetros inovadores conforme o estado da técnica em nível mundial, aliados à versatilidade e flexibilidade em termos da possibilidade variação de todos os parâmetros de processo tais como: óleo vegetal, álcool, catalisador, tempo e temperatura de reação e destilação. No quesito inovação, destaca-se a construção dos reservatórios em vidro tipo borossilicato transparente, o que permite o acompanhamento visual de todas as etapas do processo, e a utilização de aço inoxidável para construção dos demais equipamentos e de material polimérico resistente ao biodiesel para as vedações.

Outra característica inovadora está relacionada ao pequeno volume processado, até seis litros por batelada, que proporciona uma economia no uso e consumo de reagentes e insumos, além de ser facilmente transportada e alocada em espaços reduzidos. Utiliza ainda processo de purificação a seco (“Dry Wash”) por meio de resina polimérica de troca iônica, sem geração de água de lavagem residual, tão problemática nos processos convencionais de produção de biodiesel.

ESTADO DA TÉCNICA

Existem diversos trabalhos realizados acerca da produção de biodiesel, sendo descritos processos de distintas rotas, utilizando normalmente de processos em batelada e eventualmente processos semi-contínuos com a inserção de tecnologias caras e de difícil operação como a de energia de microondas ou ultra-sônica.

Um exemplo deste é o pedido de patente US 2004/0074760 A1 que descreve uma rota reacional em que o catalisador é misturado ao óleo e aplicada a energia de microondas para forçar a mistura quando da adição da fonte de álcool. Diz-se que o processo é capaz de produzir não apenas biodiesel, como também produtos de destilação fracionada como de gasolina e querosene.

Hoje, no Brasil, existem algumas empresas que detêm tecnologia para construção de usinas de biodiesel com alta tecnologia agregada, conforme patentes PI 0603386-5 A, PI 0703023-1 A2 e UM 8602286-5 U, comercializando usinas com alta capacidade de produção, partindo de 1000 litros/dia, a preços finais superiores a R\$500.000,00 (quinhentos mil reais), o que deixa impraticável a aquisição desses equipamentos pelos pequenos produtores rurais, assentamentos e grupos de pesquisas acadêmicos.

O pedido brasileiro PI 0404243-3 A protege um processo de produção de biodiesel a partir de óleo vegetal semi-refinado, álcool anidro e catalisador alcalino em meio reacional aquecido que ocorre em duas etapas. Ambas ocorrem em temperaturas entre 60-80°C quando, após a primeira etapa, os produtos são enviados a um estágio de aquecimento para recuperação do álcool não reagido por evaporação seguido de condensação do mesmo. Tão logo a mistura líquida é resfriada e separada

em duas fases, a mais leve uma mistura de ésteres e óleo e a mais densa sendo uma a fase rica em glicerina. Em seguida a fase leve é direcionada ao segundo reator, aonde é adicionado mais álcool conforme necessidade de continuidade da reação para atingir uma transformação pretendida. O catalisador é neutralizado com um aditivo ácido, o

5 álcool eventualmente em excesso é recuperado e as fases, produtos da reação, separadas por decantação ou centrífuga. A fase de interesse, a leve, é lavada com a mistura de água e logo, fortemente aquecida para retirar a água incorporada na fase orgânica.

Vale ressaltar que o processo supra descrito possui falhas técnicas no que diz respeito à termodinâmica da reação em questão, devido às etapas descritas de

10 pós-tratamento da mistura reacional, além de, devido aos processos utilizados, poder comprometer a economicidade do mesmo e ademais, possuir uma dependência excessiva de insumos externos da rota produtiva.

O trabalho brasileiro patentado como PI 0503631-3 A descreve um processo de produção de biodiesel, especialmente de óleo de mamona, mas também aplicável a outras fontes de óleo, cujo processo catalítico, ácido ou básico, ocorre em

15 duas etapas, sendo a primeira em dois vasos reatores em paralelo. Separadas as fases, leve e a outra mais densa, a primeira é direcionada a um segundo reator, aonde se misturam as linhas dos dois primeiros tanques, para uma segunda etapa de reação. O referido processo destaca ainda a reutilização de parte do catalisador disponível na

20 glicerina, trata-se da parte mais densa comentada para reduzir a emissão de rejeitos. Outro ponto a ser destacado refere quanto à recuperação do álcool, que deve ser adicionado em excesso na reação para que a mesma ocorra mais rápida e eficientemente. Essa etapa de recuperação é realizada após a separação das fases e a lavagem do combustível produzido, como uma etapa de purificação.

Tal trabalho advém com a idéia, ainda insípida, de reuso de uma de suas linhas de processo num estágio seguinte para aproveitamento do catalisador em

25 excesso num segundo estágio de reação, contudo tal ação pode interferir consideravelmente na cinética reacional tendo em vista a incorporação de um produto de reação como veículo de um insumo. Em contrapartida inicia com a idéia de não

30 misturar a fase densa, produto da reação, com a água de lavagem, justamente para não comprometer sua re-aplicação seguinte. Tal organização se mostrou interessante e

segura em rotas processuais futuras, testadas por esse grupo e um dos motivos fomentadores da distinção deste trabalho.

5 Outro trabalho recente, PI 0700781-7 A, diz respeito à produção de biodiesel a partir de gordura animal, em particular a suína, fazendo uso de metanol como fonte de álcool. Contudo demonstra ser um processo pouco eficaz quanto à qualidade final assegurada do produto quanto também ao que se refere no tempo do processo como um todo. Diferentemente, o processo de interesse do presente trabalho, não se aplica à conversão de gordura animal em biodiesel, o foco aqui pretendido pode ser aplicado apenas se a referida gordura estiver misturada, sob aquecimento, à um óleo
10 vegetal.

Muito bem descrito pelo recente trabalho registrado sob o código PI 0604251-1 A, os óleos vegetais, quando extraídos, seja por uso de solventes orgânicos ou por prensagem carregam em sua composição, não apenas os triacilglicerídeos, mas também algum teor de acidez orgânica, devido à presença de
15 ácidos graxos livres. Outros possíveis componentes desses óleos são substâncias comumente denominadas “matéria não saponificável”. Intuitivamente pode-se perceber que tais compostos não são transformados em biodiesel quando da reação de transesterificação, logo se faça necessária a remoção dessa fração, a fim de elevar a pureza do produto final, o biodiesel. Um dos processos aplicáveis é denominado
20 degomagem, por exemplo. Entretanto, alguns desses componentes deveriam ser mantidos no óleo, mesmo não sendo transformados, contudo eles conferem algumas características interessantes ao óleo e ao combustível, como a estabilidade à oxidação, como é o caso dos tocoferóis e esteróis. Infelizmente, em se retirando um dos componentes não saponificáveis, retiram-se todos os outros. O referido trabalho não
25 trata, entretanto da aplicação da parte sólida, produto inerente da etapa de extração do óleo das sementes oleaginosas e que, em adicional, o presente processo inventivo explora uma potencial aplicação direta numa etapa de purificação do biodiesel, produto principal de interesse.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Diante de todo o exposto da técnica e fundamentos já existentes, constitui o objeto da presente solicitação, o desenvolvimento de uma usina de biodiesel em pequena escala, com ênfase nas características didáticas e de simulação industrial, que permite a simulação das condições e características existentes em processos industriais de produção de biodiesel possibilitando o estudo, conhecimento e controle de todas as variáveis do processo. A mobilidade, versatilidade e facilidade de utilização foram fatores primordiais para o desenvolvimento do projeto.

A Usina de Biodiesel Didática e Simulação Industrial seguiu a filosofia de dispor para utilização um equipamento de baixo custo, de fácil utilização e transporte. Com capacidade para produzir até seis litros de biodiesel por batelada, suas dimensões reduzidas permitem sua instalação em laboratórios de produção e análise de biocombustíveis.

A Usina de Biodiesel Didática e Simulação Industrial, Figuras 01 e 02, foi projetada para trabalhar com qualquer tipo de oleaginosa incluindo os óleos oriundos de processos de cocção de alimentos. No caso específico tem-se a proposta inicial de se trabalhar com as seguintes oleaginosas: soja, girassol, pinhão-manso, nabo forrageiro, crambe e suas respectivas misturas. Os alcoóis etílico e metílico serão utilizados como reagentes no processo, dando prioridade ao etanol por ser oriundo de fontes renováveis e porque o Brasil possui grande disponibilidade deste insumo. Como catalisadores, tem-se a proposta de se trabalhar com NaOH e metilato de sódio (30%) como já está sendo utilizado nas sínteses em bancada, não impedindo que outros catalisadores possam ser utilizados.

No projeto da Usina de Biodiesel Didática e Simulação Industrial foram considerados diversos fatores ligados diretamente com a parte técnica e econômica do processo de produção do biodiesel. Pesquisa da compatibilidade dos materiais utilizados nas tubulações, conexões, registros e confecção dos tanques.

A Figura 03 apresenta o fluxograma de processo do modelo em escala reduzida, identificando seus diversos equipamentos e reservatórios. O módulo didático e simulação industrial em questão foi projetado e construído tendo como parâmetro

básico a necessidade de um equipamento versátil e que pudesse ser utilizado em salas de aulas convencionais.

Conforme as Figuras 01 e 02, respectivamente, desenho técnico e vista explodida da Usina de Biodiesel Didática e Simulação Industrial, a usina foi projetada e construída sobre uma estrutura modular sob plataforma móvel dotada de rodízios. Sobre tal estrutura foram construídos e organizados os equipamentos e utilidades, a saber:

1. primeiro reator (E01) com aquecimento (A01) e controle de temperatura entre ambiente e 90°C, além de agitação com hélice naval impelida por motor com controle de rotação. Confeccionado em corpo cilíndrico de vidro tipo borosilicato de alta resistência, com flanges de suporte em aço inox 304 e vedação em Viton;
2. segundo reator (E02) por irradiação por ultra-som e sistema de controle dos parâmetros da reação;
3. primeiro decantador (T01), de corpo cilíndrico em vidro tipo borosilicato de alta resistência, com flanges de suporte em aço inox 304 e vedação em Viton. Possui válvulas de controle de fluxo para ajuste da injeção de ar comprimido. Alimentação da mistura reacional pela parte superior e duas saídas, controladas por válvula manual de esfera tripartida (inox 304), uma inferior para remoção da fase pesada (glicerina) e outra lateral, para encaminhamento do biodiesel em processamento para a próxima etapa de destilação;
4. destilador (E03) com sistema de aquecimento por óleo térmico, encamisado, com controle de temperatura e tempo programado por CLP. Alimentação da mistura na parte lateral superior e duas saídas, controladas por válvula manual de esfera tripartida (inox 304). Saída inferior para destinação do biodiesel a próxima etapa de purificação e superior para remoção do álcool recuperado. Acoplado a este uma bomba de vácuo para remoção de vapor de álcool da atmosfera de evaporação;
5. trocador de calor (E04) confeccionado com tubos de cobre e placas em alumínio, está destinado a remover o calor do vapor de álcool oriundo do destilador;

6. reservatório de álcool (T02), “Kitassato” em vidro tipo borosilicato com saída lateral superior para acoplamento da bomba de vácuo e entrada superior para direcionamento do álcool recuperado do destilador;
- 5 7. segundo decantador (T03), de corpo cilíndrico em vidro tipo borosilicato de alta resistência, com flanges de suporte em aço inox 304 e vedação em Viton. Possui válvulas de controle de fluxo para ajuste da injeção de ar comprimido. Alimentação da mistura reacional pela parte superior e duas saídas controladas por válvula manual de esfera tripartida (inox 304), uma inferior para remoção da fase pesada (glicerina), e outra superior para encaminhamento do biodiesel em
10 processamento para a etapa de purificação;
8. coluna de direcionamento (C01), em tubo inox 304 para armazenar a glicerina produzida e separada no processo, que pode ser direcionada para purificação primária no destilador, alimentada pela parte superior e esgotamento pela parte inferior controlados por válvula de esfera tripartida em inox 304;
- 15 9. 02 colunas de polimento a seco (C02 e C03), em tubo inox 304 com visores devidamente posicionados para acompanhamento do processo de purificação e saturação da resina contida no mesmo. Com acessos na parte superior e inferior para alimentação e remoção da resina de troca iônica. Alimentação na parte superior por tubo em nylon acoplado por conector “engate rápido”, saída na
20 parte inferior acionada por válvula controladora de fluxo. A vazão do éster bruto nas colunas é contínua e o fluxo impulsionado por ar comprimido fornecido por compressor de palhetas;
- 25 10. reservatório de biodiesel (T04), de corpo cilíndrico em vidro tipo borosilicato de alta resistência, com flanges de suporte em aço inox 304 e vedação em Viton. Alimentação do biodiesel purificado pela parte superior e uma saída inferior, controlada por válvula manual de esfera tripartida (inox 304) para remoção da biodiesel após a etapa de purificação;
11. Painel elétrico (PE) de controle central para acionamento de bombas, motores, equipamentos e sistema de fluxo de ar comprimido;

12. estrutura modular (EM), confeccionada em aço carbono para fixação dos reservatórios e equipamentos da Usina de Biodiesel Didática e Simulação Industrial;

5 13. plataforma móvel (PM) com rodas independentes, permite a movimentação e deslocamento da Usina de Biodiesel Didática e Simulação Industrial.

O reator e reservatórios são construídos em corpo cilíndrico de vidro tipo borosilicato, com flanges de suporte em aço inox 304, vedação em Viton e tubulação aparente em aço inox de mesma classe. O peso total do conjunto de sistemas e equipamentos é de aproximadamente 300kg, com dimensões de comprimento 1500 x largura 1000 x altura 2100 mm.

Do processo de produção de biodiesel, representado na Figura 03: Fluxograma do “Processo Didático e Simulação Industrial de Produção de Biodiesel”, projetado e construído sobre uma estrutura modular.

O processo de produção de biodiesel se dá por meio de: óleo vegetal eventualmente pré-tratado é adicionado no primeiro reator (E01) sob aquecimento (A01), álcool é acrescentado e forte agitação é realizada para forçar a mistura das duas fases. Tão logo o catalisador é adicionado e, sob agitação mecânica e controle de temperatura, a reação é desenvolvida. Esta mistura pode permanecer por tempo suficiente para que a reação ocorra por completo, entre 60 e 120 minutos ou, pode ser encaminhada para o segundo reator (E02) para que a conversão em éster mínima de 96.5% seja atingida por irradiação por ultra-som.

Reagidos os insumos, tem-se biodiesel e glicerina, estes separarão antes ou após a etapa de destilação (E03). Devido à considerável diferença de densidade, o processo pode ser realizado por decantação (T01 ou T02), com o auxílio da gravidade, buscando uma economia de energia e de espaço.

Por bombeamento (B01), a mistura reagida é direcionada ao primeiro decantador ou ao destilador (E03) conforme processo e tipo de álcool adotado. Assim que a mistura com excesso de álcool chega ao destilador (E03), um sistema de aquecimento por óleo térmico é acionado para evaporação do álcool adicionado em excesso na etapa de reação, para elevar a eficiência e cinética da reação. Vácuo é adicionado ao sistema através de bomba (B02) de forma a retirar o oxigênio do

destilador (E03) e reduzir a temperatura de ebulição do álcool, evitando assim, a oxidação e conseqüente degradação do biodiesel.

O excesso de álcool evaporado no destilador (E03) passa por um trocador de calor (E04), condensa e é recuperado no reservatório de álcool (T02),
5 podendo ser reutilizado em processos posteriores.

Após a etapa de destilação, a mistura é direcionada pela bomba (B03) ao segundo decantador (T03) para realização da separação de fases por gravidade. A fração pesada, glicerina bruta, oriunda da etapa de separação de fases é direcionada por gravidade à coluna de glicerina (C01). A fração leve, ésteres graxos, é bombeada em
10 vazão contínua passando pelas colunas de polimento a seco (C01 e C02) com auxílio da bomba de vácuo e ar comprimido (B02). O biodiesel bruto percola pela resina de troca iônica que retém todos os resíduos de glicerina, catalisador e sais da fração leve (ésteres graxos), obtendo um biodiesel com alta pureza, que é direcionado ao reservatório de biodiesel (T04).

15 Todos os equipamentos são montados em estrutura rígida, suportada em plataforma móvel, com rodas independentes. A distribuição de fluxo de processo é realizada por mangueiras poliméricas flexíveis na parte interna da usina e em tubulação de ¾" OD em aço inox 304 nas partes visíveis. As válvulas são do tipo esfera, em aço inox 304, tripartida, facilitando operação e manutenção do sistema.

20

Exemplo 1

Recebe óleo vegetal *in natura* que é vertido no primeiro reator (E01) aonde é aquecido a 55°C e misturado a álcool metílico anidro e metilato de sódio 30% em metanol. Sob forte agitação, a mistura permanece por 60 minutos. Direciona por
25 bomba (B01) para o primeiro decantador (T01) para separação das fases aonde permanece em repouso por 40 minutos e de lá, direciona por gravidade a fase inferior para a tancagem de glicerina (C01) e a fase leve também por gravidade para o destilador (E03), aonde será evaporado o excesso de álcool por aquecimento à 85°C por 40 minutos, com auxílio de vácuo (B02). O álcool evaporado passa pelo trocador de calor
30 (E04) condensa e é então recuperado no reservatório de álcool (T02). O retido no destilador (E03) é bombeado (B03) para o segundo decantador (T03) com objetivo de

uma nova separação de fases, permanecendo em repouso por 60 minutos. Novamente a fase pesada é direcionada por gravidade para o tanque de glicerina (C01) e a fase leve, ésteres graxos, direcionada com vazão contínua de 8 litros por hora, com auxílio de bomba de vácuo e ar comprimido (B02), às colunas de purificação (C02 e C03) aonde o biodiesel bruto percolará pela resina polimérica de troca iônica que retém todos os resíduos de glicerina, catalisador e sais. Ainda em vazão contínua, o biodiesel purificado será acondicionado em seu reservatório de armazenamento (T04).

Exemplo 2

10 Recebe óleo vegetal *in natura* que é vertido no primeiro reator (E01) aonde é aquecido a 65°C e misturado a álcool etílico anidro e metilato de sódio 30% em metanol. Sob forte agitação, a mistura permanece por 3 minutos e é direcionada por bomba (B01) ao segundo reator (E02) a uma vazão contínua de 2 litros por minuto e, seguindo direto para o destilador (E03). Neste, o excesso de álcool será evaporado por aquecimento à 95°C por 40 minutos, com auxílio de vácuo (B02). O álcool evaporado 15 passa pelo trocador de calor (E04) condensa e é então recuperado no reservatório de álcool (T02). O retido no destilador (E03) é bombeado (B03) para o segundo decantador (T03) para separação das fases, permanecendo em repouso por 60 minutos. A fase pesada é então direcionada por gravidade ao tanque de glicerina (C01) e a fase leve, 20 ésteres graxos, direcionada com vazão contínua de 8 litros por hora, com auxílio de bomba de vácuo e ar comprimido (B02), às colunas de purificação (C02 e C03) aonde o biodiesel bruto percolará pela resina polimérica de troca iônica que retém todos os resíduos de glicerina, catalisador e sais. Ainda em vazão contínua, o biodiesel purificado será acondicionado em seu reservatório de armazenamento (T04).

REIVINDICAÇÕES

1. **USINA DE BIODIESEL DIDÁTICA E SIMULAÇÃO INDUSTRIAL** de configuração e arranjo dos constituintes organizados sobre uma estrutura rígida modular (EM) e plataforma sobre rodas (PM); PE: de controle central para acionamento de bombas, motores, equipamentos e sistema de fluxo de ar comprimido; E01: reator com agitação e aquecimento (A01) controlado, para reações de refino ou transesterificação do óleo vegetal; E02: reator por irradiação por ultra-som e sistema de controle dos parâmetros da reação; T01: decantador para separação das fases de refino ou transesterificação do óleo vegetal, construído em vidro tipo borosilicato de alta resistência, com flanges de suporte em aço inox 304 e vedação em Viton; T03: idem ao T01, operado em série ao mesmo; E03: destilador com sistema de aquecimento por óleo térmico, encamisado, com controle de temperatura e tempo programado por CLP; E04: trocador de calor (E04) para condensar o vapor de álcool produzido em E03; T02: reservatório de álcool “Kitassato” em vidro tipo borosilicato; C01: coluna de direcionamento para armazenar a glicerina produzida e separada no processo; C02: coluna de polimento a seco, em tubo inox 304 com visores devidamente posicionados para acompanhamento do processo de purificação e saturação da resina contida no mesmo; C03: idem ao C02, operado em série ao mesmo; T04: reservatório de biodiesel construído em vidro tipo borosilicato de alta resistência, com flanges de suporte em aço inox 304 e vedação em Viton.
2. Fazendo uso dos equipamentos descritos e arranjados conforme a reivindicação 1, o **PROCESSO DIDÁTICO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL**, caracterizado por:
- executa a reação em E01 com aquecimento, por utilização de A01, e agitação mecânica forçada;
 - executa a reação em E02 por irradiação por ultra-som e sistema de controle dos parâmetros;
 - decorrido tempo suficiente, a mistura reacional é dirigida por bombeamento (B01) desde E01 ou E02, para T02 ou para E03;
 - dirige a fase leve, ésteres graxos, por gravidade para seguinte etapa de destilação;

- e) dirige também por gravidade, a fase mais densa, rica em glicerina, para C01;
- f) evaporação do álcool em excesso por aquecimento realizado por E03, como etapa de redução de produção de resíduos, recuperação do álcool e elevação do teor de pureza do produto biodiesel e co-produto glicerina;
- 5 g) dirige a mistura retida no destilador (E03) por bombeamento (B03), para separação de fases em T03;
- h) decorrido tempo suficiente, dirige a fase mais densa, rica em glicerina, por gravidade para C01 e a fase leve, ésteres graxos, para etapa de purificação (C02 e C03);
- 10 i) por bombeamento (B02) em vazão contínua percola o biodiesel bruto pela resina de troca iônica em C02 e C03;
- j) dirige o biodiesel purificado de C03 por bombeamento (B02) para T04.

- 3. **USINA DE BIODIESEL DIDÁTICA E SIMULAÇÃO INDUSTRIAL**, caracterizada por possibilitar a operação em laboratórios de universidades, empresas
15 de biodiesel, instituições de ensino e pesquisa.
- 4. Conforme as reivindicações 1 e 2, caracterizado por estabelecer **PROCESSO DIDÁTICO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL**, projetado e organizado em uma estrutura modular, sobre rodas, com reservatórios transparentes permitindo o acompanhamento de todas as etapas do processo produtivo.
- 20 5. **PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL PARA SIMULAÇÃO INDUSTRIAL** sistematizado de acordo com as reivindicações 1 e 2 caracterizado por possibilitar ajustes de parâmetros de processos industriais a partir da simulação e ajustes dos parâmetros na Usina de Biodiesel Didática e Simulação Industrial.
- 25 6. Redução da geração de resíduos, conforme reivindicações 1 e 2, o **PROCESSO DIDÁTICO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL** caracterizado por possibilitar a purificação a seco do biodiesel através das colunas de resina de troca iônica C02 e C03.

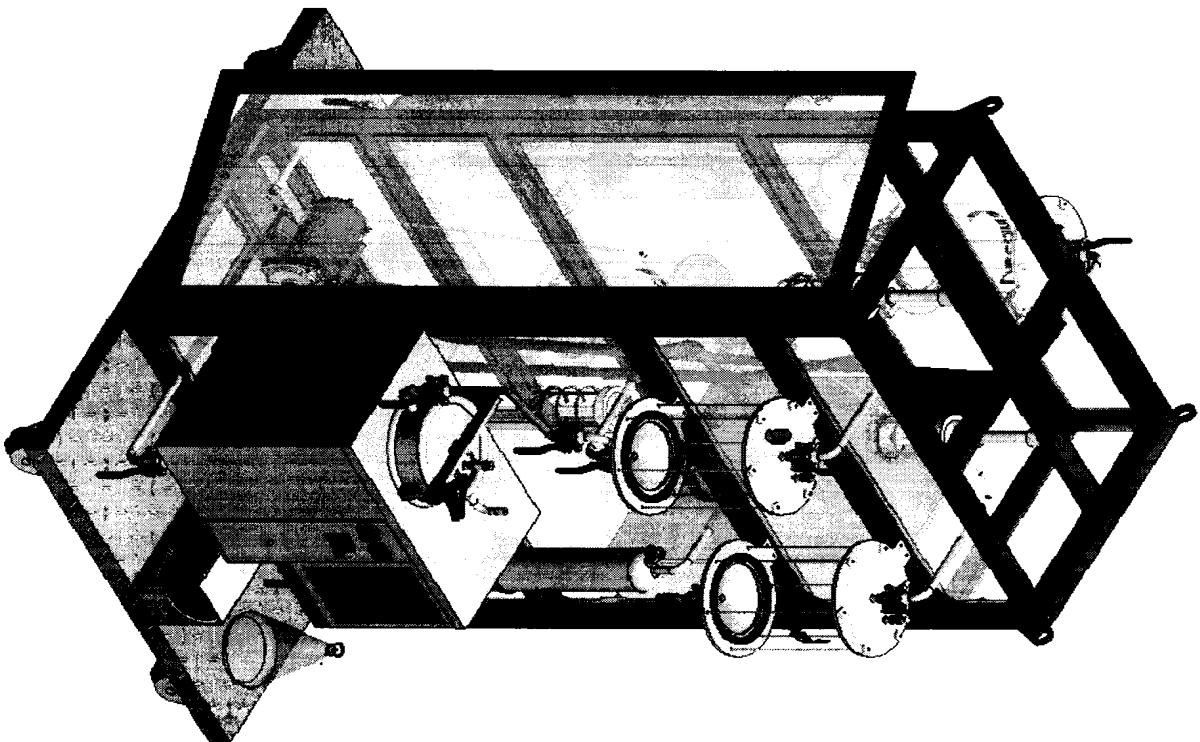
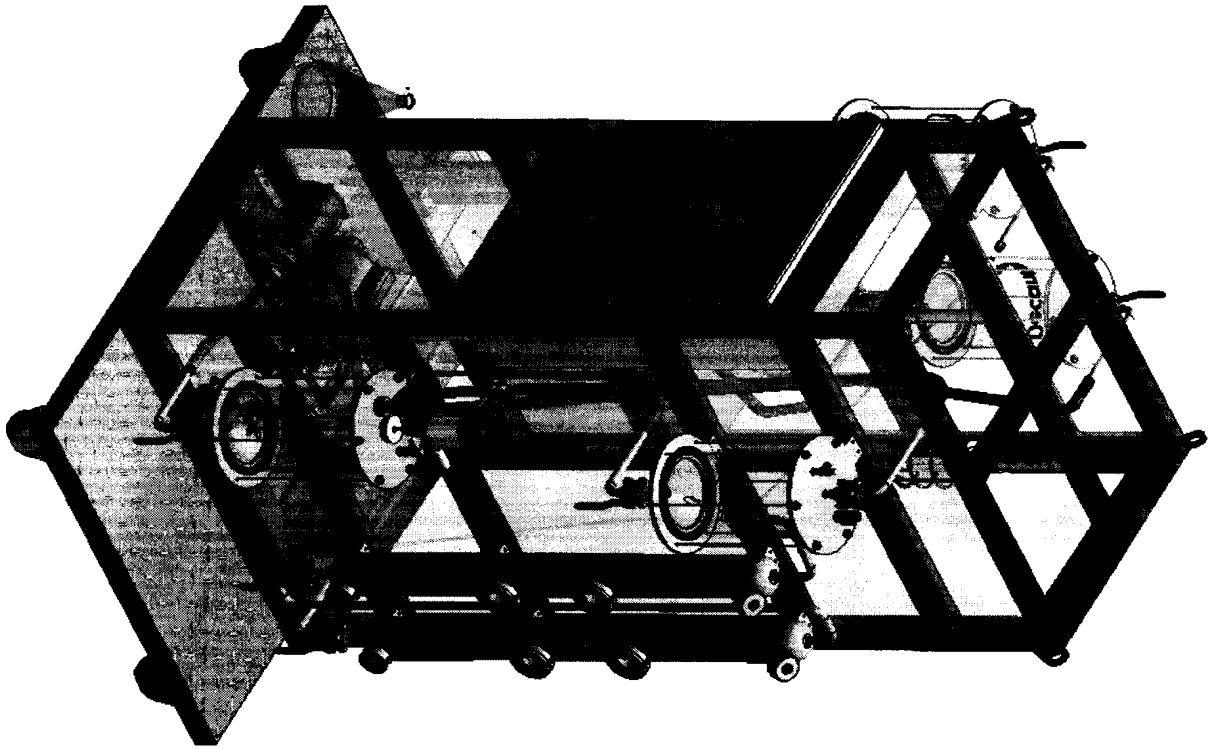


Figura 01

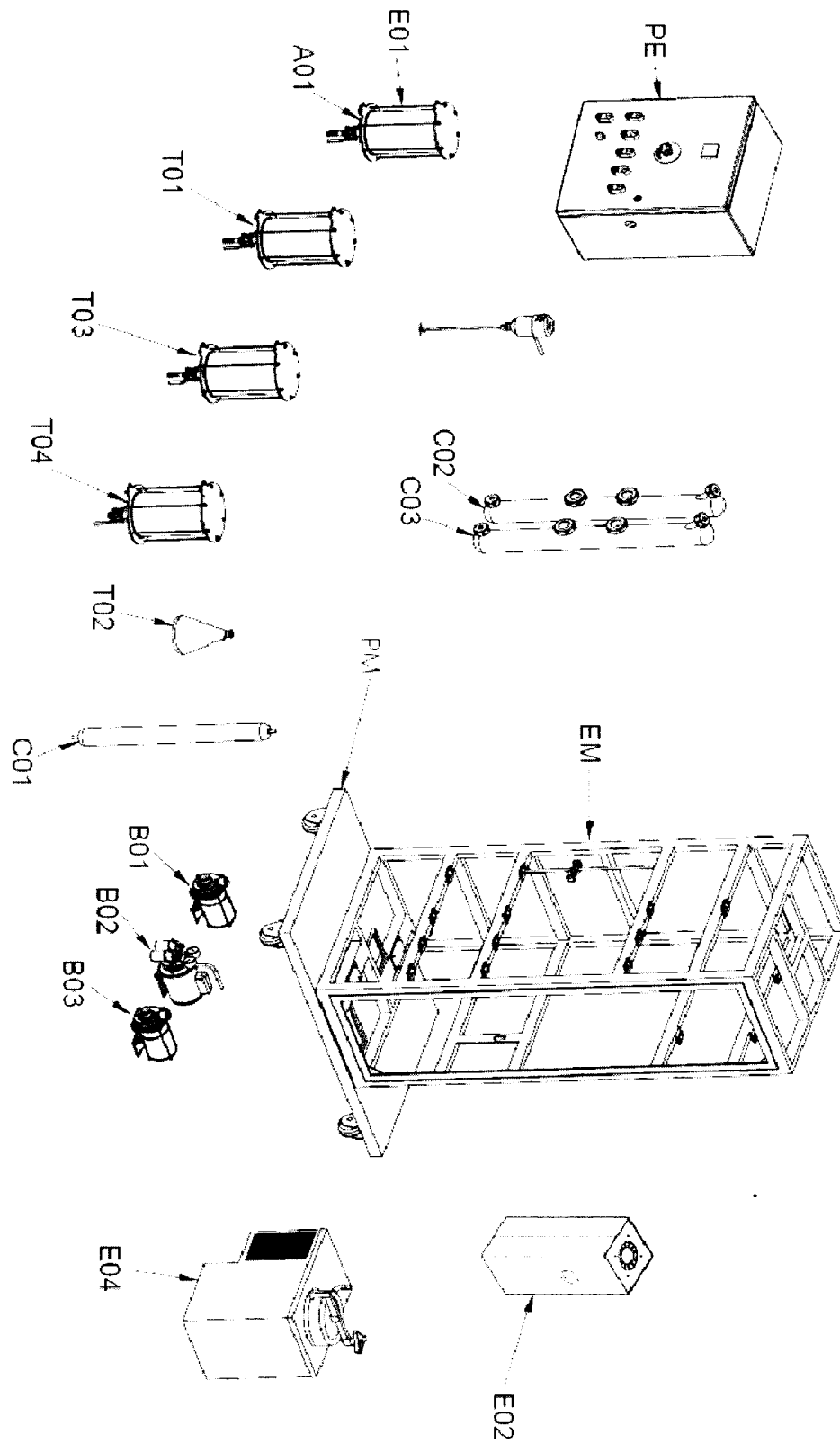


Figura 02

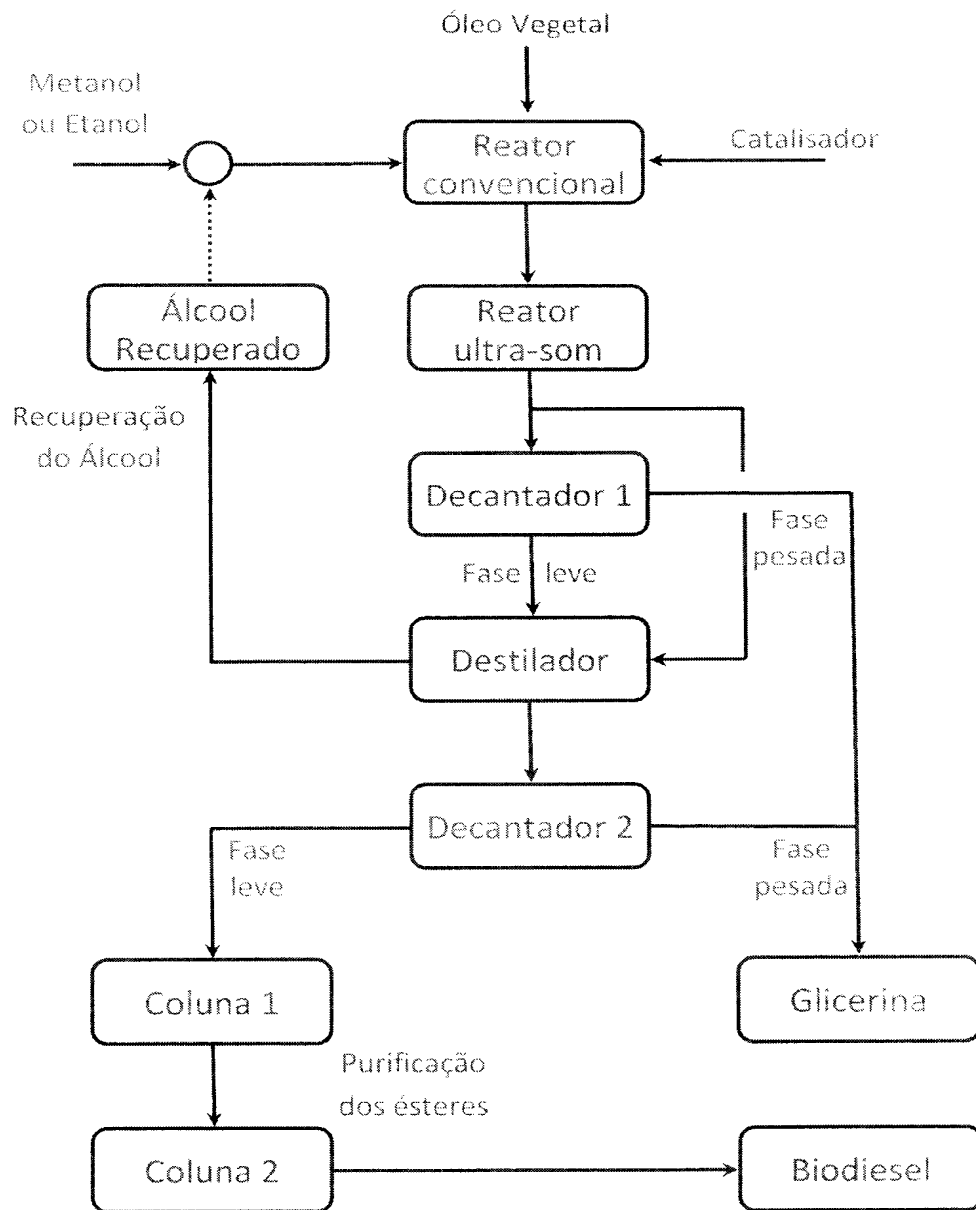


Figura 03

RESUMO

“USINA DE BIODIESEL DIDÁTICA E DE SIMULAÇÃO INDUSTRIAL”. Refere-se a um sistema e processo para produção de biodiesel de forma didática e em pequeno volume, proporcionando um sistema reacional e de processamento o qual simula as condições e características existentes em processos industriais de produção de biodiesel, possibilitando o estudo, conhecimento e controle de importantes variáveis do processo. Por possuir reservatórios transparentes em vidro tipo borosilicato, possibilita o acompanhamento de forma didática de todas as etapas do processo e, considerando o pequeno volume processado, proporciona uma economia no uso e consumo de reagentes e insumos, além de ser facilmente transportada e alocada em espaços reduzidos.