

(12) PEDIDO INTERNACIONAL PUBLICADO SOB O TRATADO DE COOPERAÇÃO EM MATÉRIA DE PATENTES
(PCT)

(19) Organização Mundial da
Propriedade Intelectual
Secretaria Internacional



(43) Data de Publicação Internacional
25 de Janeiro de 2018 (25.01.2018)

WIPO | PCT

(10) Número de Publicação Internacional
WO 2018/014096 A1

(51) Classificação Internacional de Patentes:

C02F 1/40 (2006.01) *C02F 103/34* (2006.01)

B01D 61/18 (2006.01) *C02F 103/08* (2006.01)

B01D 63/00 (2006.01)

(21) Número do Pedido Internacional:

PCT/BR2017/000076

(22) Data do Depósito Internacional:

19 de Julho de 2017 (19.07.2017)

(25) Língua de Depósito Internacional: Português

(26) Língua de Publicação: Português

(30) Dados Relativos à Prioridade:

BR 10 2016 016758-2

20 de Julho de 2016 (20.07.2016) BR

(71) Requerentes: **PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS** [BR/BR]; Avenida República do Chile nº 65, Centro, CEP 20031-912, Rio de Janeiro, RJ (BR).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ [BR/BR]; Av. Pedro Calmon Nº550 - Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 21941-901 (BR). **PIACSEK BORGES, Cristiano** [BR/BR]; Rua José Dants Freire Nº 79, Piratininga - Niterói, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 24350-700 (BR).

(72) Inventor; e

(71) **Requerentes: CAVALCANTI NUNES, Giovani** [BR/BR]; Rua Almirante Saddock Sá Nº 26, Apto 301, Rio de Janeiro/RJ, CEP: 22420-040 (BR). **WESCHENFELDER, Silvio Edgar** [BR/BR]; Rua Figueiredo Magalhães, Nº 442 Apto 601, Copacabana - Rio de Janeiro/RJ, CEP :22031-012 (BR). **MONTEIRO SAMBADE, Joyce** [BR/BR]; Rua Machado de Assis, nº 47 Apto 705, Fiamengo, Rio de Janeiro/RJ, CEP 22220-060 (BR).

(74) **Mandatário: PERRONI PEREIRA, José Vicente**; Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS, Avenida Horácio de

(54) **Title:** HYBRID SYSTEM AND METHOD FOR TREATING PRODUCED WATER AND SEA WATER TO BE RE-INJECTED INTO A SUBSEA OIL RESERVOIR

(54) **Título:** SISTEMA E PROCESSO HÍBRIDO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA E ÁGUA DO MAR PARA REINJEÇÃO EM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO SUBMARINO

(57) **Abstract:** The present invention relates to systems for treating process water and sea water for secondary recovery in oil wells. In this situation, the present invention provides a hybrid system for treating produced water and sea water to be re-injected into a subsea oil reservoir, comprising (i) at least one inlet for the water to be treated, (ii) at least two treatment modules (20), each module comprising (ii-a) at least one set of micro/ultrafiltration membranes (20a, 20b, 20c) suitable for removing oils and solids from the water being treated, or (ii-b) at least one set of nanofiltration membranes (20a, 20b, 20c) suitable for removing sulphate ions from the water being treated, and (iii) at least one outlet for the treated water. The volume of water to be treated is led to a treatment module (20) comprising micro/ultrafiltration membranes or to a water treatment module comprising nanofiltration membranes, depending on the quality of the water, with regard to the oil and solid content or to the sulphate ion content. The present invention further provides a hybrid water treatment method associated with the above-mentioned system. Thus, the present invention provides a system and method for treating sea water and produced water, allowing the produced water to be re-injected without requiring an additional treatment system on the platform. Other advantages of the present invention include reduced oil discharge into the sea and reduced mounting, operation and maintenance costs, in comparison with an additional system on the sea installation.

(57) **Resumo:** A presente invenção está relacionada a sistemas de tratamento de água de produção e de tratamento de água do mar para recuperação secundária em poços de petróleo. Nesse cenário, a presente Invenção provê um sistema híbrido de tratamento de água produzida e água do mar para reinjeção em reservatório de petróleo submarino, compreendendo (i) pelo menos uma entrada de água a ser tratada, (ii) pelo menos dois módulos de tratamento (20), cada módulo compreendendo (ii-a) pelo menos um conjunto de membranas (20a, 20b, 20c) de micro/ultra filtração adaptadas para remoção de óleos e sólidos da água a ser tratada ou (ii-b) pelo menos um conjunto de membranas (20a, 20b, 20c) de nanofiltração adaptadas para remoção de íons sulfato da água a ser tratada, e (iii) pelo menos uma saída de água tratada, em que o volume de água a ser tratada é direcionado para um módulo de tratamento (20) compreendendo membranas de micro/ultra filtração ou para um módulo de tratamento de água compreendendo membranas de nanofiltração dependendo da qualidade da água com relação ao teor de óleos e sólidos ou teor de íons sulfato. A presente invenção ainda provê um processo híbrido de tratamento de água associado ao sistema acima descrito. Assim, a presente invenção provê um sistema e um processo de tratamento de água do mar e de produção que permitem a reinjeção da água produzida sem a necessidade de um sistema adicional de tratamento na plataforma. Outras vantagens da presente invenção incluem a redução de descarte de óleo no mar e redução de custos de instalação, operação e manutenção associados a um sistema adicional na instalação marítima.

WO 2018/014096 A1

Macedo Nº 950 ~ Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro - RJ (BR).

(81) Estados Designados (*sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção nacional existentes*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados Designados (*sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção regional existentes*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiático (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), Europeu (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicado:

— com relatório de pesquisa internacional (Art. 21(3))

"SISTEMA E PROCESSO HÍBRIDO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA E ÁGUA DO MAR PARA REINJEÇÃO EM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO SUBMARINO"

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção está relacionada a sistemas de tratamento de água em instalações marítimas de produção de petróleo. Mais especificamente, a presente invenção está relacionada a sistemas de tratamento de água de produção e de tratamento de água do mar para recuperação secundária em poços de petróleo.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[0002] É sabido que, em instalações marítimas de produção de petróleo (*offshore*), uma das técnicas empregadas na recuperação secundária de petróleo é a injeção da água do mar tratada. Nesse contexto, sabe-se que a água do mar contém quantidades expressivas de íons sulfato (SO_4^{2-}), em torno de 2800 mg/L. Quando a água do mar é injetada em campos cuja água de formação (água conata) contém quantidade suficiente de íons Bário (Ba^{+2}), Estrôncio (Sr^{+2}) ou Cálcio (Ca^{2+}) em solução, o contato entre estas duas frentes normalmente ocasiona a precipitação de seus sulfatos: Sulfato de Bário (BaSO_4), Sulfato de Estrôncio (SrSO_4) ou Sulfato de Cálcio (CaSO_4). Estes sais são extremamente insolúveis e ocasionam dano à formação, devido ao entupimento dos poros com os sais precipitados. Os mesmos podem também precipitar-se nas linhas de produção e equipamentos da planta de processo.

[0003] Dependendo dos teores de bário e estrôncio na água de formação, pode ser necessária a implantação de uma unidade de remoção de sulfato (URS) para tratamento da água do mar destinada à injeção no reservatório, conforme ilustrado na Figura 1. Na URS, membranas de nanofiltração (podendo ser do tipo de cerâmica ou poliméricas) são usadas para retirar os íons sulfato da água do mar. Devido ao fato da água do mar possuir partículas sólidas, assim como componentes da flora e fauna marinha, faz-se necessário a instalação de filtros a montante da unidade de URS para melhorar o seu desempenho. A filtração é feita inicialmente com filtros grossos (*coarse filter*) e posteriormente filtros cartuchos de menor diâmetro de passagem.

[0004] Na URS, a água permeia através das membranas de nanofiltração enquanto que uma fração, tipicamente 25%, fica concentrada em

íons sulfato e é separada para posteriormente ser descartada no mar. Para atingir a especificação de projeto de íons sulfato na água tratada, utilizam-se dois conjuntos de membranas em paralelo seguidos de um terceiro conjunto em série, conforme o esquemático mostrado na **Figura 2**.

[0005] Uma vez tratada pela URS, a água adquire a especificação necessária e já pode ser injetada no reservatório de petróleo para recuperação secundária.

[0006] Adicionalmente, sabe-se ainda que a água produzida que chega à unidade de tratamento é tratada para remoção de gotículas de óleo. As técnicas convencionais para esse tipo de tratamento têm, de forma geral e simplificada, a configuração demonstrada na **Figura 1**.

[0007] Em particular, a água produzida passa por um processo de tratamento para separação da fase aquosa da fase oleosa composto por separação gravitacional, hidrociclones e flotadores, sendo, então, especificada para descarte no mar, de acordo com a Legislação Ambiental vigente. A água que não for especificada para descarte em algumas plataformas tem a possibilidade de ser direcionada para um tanque chamado "Tanque offspec", onde terá um tempo maior para separação da fase oleosa, podendo em alguns casos ser reprocessada na planta de tratamento.

[0008] Estes equipamentos de tratamento da água produzida, no entanto, possuem uma eficiência reduzida na remoção de partículas de sólidos e gotículas de óleo inferiores a 5.0µm. Tais condições limitam a eficiência global do tratamento e, conseqüentemente, a obtenção de uma corrente efluente com características adequadas para reinjeção em reservatórios mais restritivos em termos de teor de sólidos suspensos, óleos e graxas. Portanto, após tratamento, a água produzida é especificada para descarte no mar, não sendo especificada para reinjeção devido seu teor de sólidos suspensos, óleos e graxas.

[0009] Assim, atualmente, o destino da água produzida nas instalações marítimas de produção de petróleo, após tratamento, é apenas o descarte. A baixa eficiência das plantas de tratamento de água produzida convencionalmente empregadas para obtenção de teores de sólidos e óleo de acordo com os requisitos exigidos para a reinjeção nos reservatórios mais restritivos contribui, dentre outros fatores, para a inviabilidade da reinjeção. Desta forma, em projetos recentes para recuperação secundária ainda desconsidera-se esta alternativa.

[0010] Nota-se, no entanto, que o desenvolvimento de um sistema de tratamento que permita a reinjeção da água produzida é uma opção bastante interessante para o ramo de produção de petróleo principalmente devido à tendência da legislação ambiental em se tornar cada vez mais restritiva, além de caminhar em direção ao aumento da sustentabilidade das práticas industriais nessa área de atuação.

[0011] Nesse sentido, as tecnologias de separação por membranas de micro/ultra filtração (com membranas cerâmicas) têm se mostrado como uma opção interessante para este desafio, já que, quando aplicada ao tratamento de água produzida, resulta numa água com baixos teores de óleo e sólidos.

[0012] No processo de separação por membrana de micro/ultra filtração, tal como conhecido no estado da técnica, a água permeia as membranas enquanto que uma fração do volume alimentado acumula o óleo não permeado e retorna ao sistema na forma de reciclo.

[0013] O documento intitulado "*Ceramic Ultra- and Nanofiltration Membranes for Oilfield Produced Water Treatment: A Mini Review*", de autoria de *Ashaghi, K. Shams et al.*, revela um estudo de revisão com relação à utilização de membranas de micro/ultra filtração cerâmicas para tratamento de água produzida (remoção de sólidos e partículas de óleo). Diversas técnicas utilizando membranas de micro/ultra filtração cerâmicas são apresentadas nesse artigo científico, de modo que sua descrição é incorporada a esse documento como referência.

[0014] O documento intitulado "*Avaliação de membranas para o tratamento de água proveniente do processo de extração de petróleo*", de autoria de *Weschenfelder, Silvio E. et al.*, um dos inventores da presente invenção, revela um estudo de avaliação do desempenho de membranas para o tratamento de água produzida por meio de ensaios de longa duração com efluente real, levando-se em conta a evolução do fluxo de permeado e as características do efluente gerado. Os resultados indicam que mediante o emprego de membranas com tamanho de poros igual 0,1 μm é possível a obtenção de uma corrente de permeado com teores de sólidos inferiores a 1 mg L^{-1} e teores de óleos e graxas na faixa de 1 a 3 mg L^{-1} . Ainda, tal documento revela que com o processo de regeneração química é possível o reestabelecimento de 95% da permeabilidade original da membrana de micro/ultra filtração cerâmica. A descrição desse

documento também é incorporada à presente descrição como referência.

[0015] Em uma abordagem atual, se fosse decidido pela aplicação do processo de separação por membrana de micro/ultra filtração para complementar o tratamento convencional da água produzida para viabilização da reinjeção, por exemplo, seria necessário um sistema adicional na planta de tratamento, tal como descrito nos documentos do estado da técnica acima citados. Isso traz custos de implantação, operação e manutenção significativamente mais elevados e maior dificuldade operacional, além de maior peso e área ocupada na plataforma.

[0016] Assim, fica claro que o estado da técnica carece de um sistema de tratamento de água produzida que permita a reinjeção sem a necessidade de um sistema adicional de tratamento, tal como conhecido no estado da técnica.

[0017] Como será melhor detalhado a seguir, a presente invenção visa a solução dos problemas do estado da técnica acima descritos de forma prática, eficiente e com um baixo custo.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0018] A presente invenção tem por objetivo principal prover um sistema e um processo híbrido de tratamento de água do mar e de produção que permitem a reinjeção da água produzida sem a necessidade de um sistema adicional de tratamento na plataforma.

[0019] De forma a alcançar o objetivo acima descrito, a presente invenção provê um sistema híbrido de tratamento de água produzida e água do mar para reinjeção em reservatório de petróleo submarino, compreendendo (i) pelo menos uma entrada de água a ser tratada, (ii) pelo menos dois módulos de tratamento de água, cada módulo compreendendo (ii-a) pelo menos um conjunto de membranas de micro/ultra filtração adaptadas para remoção de óleos e sólidos da água a ser tratada ou (ii-b) pelo menos um conjunto de membranas de nanofiltração adaptadas para remoção de íons sulfato da água a ser tratada, e (iii) pelo menos uma saída de água tratada, em que o volume de água a ser tratada é direcionado para um módulo de tratamento de água compreendendo membranas de micro/ultra filtração ou para um módulo de tratamento de água compreendendo membranas de nanofiltração dependendo da qualidade da água com relação ao teor de óleos e sólidos ou teor de íons sulfato.

[0020] A presente invenção ainda provê um processo híbrido de tratamento de água produzida e água do mar para reinjeção em reservatório de

petróleo submarino, compreendendo basicamente as etapas de (i) direcionar a água a ser tratada para um módulo de tratamento de água compreendendo pelo menos um conjunto de membranas de micro/ultra filtração adaptadas para remoção de óleos e sólidos da água a ser tratada ou (ii) direcionar a água a ser tratada para um módulo de tratamento de água compreendendo pelo menos um conjunto de membranas de nanofiltração adaptadas para remoção de íons sulfato da água a ser tratada, em que o volume de água a ser tratada é direcionado para o módulo de tratamento de água compreendendo membranas de micro/ultra filtração ou para o módulo de tratamento de água compreendendo membranas de nanofiltração dependendo da qualidade da água com relação ao teor de óleos e sólidos ou teor de íons sulfato.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0021] A descrição detalhada apresentada adiante faz referência às figuras anexas e seus respectivos números de referência.

[0022] A **figura 1** ilustra um diagrama esquemático de um sistema de tratamento de água do mar e água produzida para injeção e descarte, respectivamente, como conhecido no estado da técnica.

[0023] A **figura 2** ilustra um diagrama esquemático de um exemplo de tratamento de água do mar, para injeção em reservatório de petróleo, através de uma unidade de remoção de sulfato (URS), como conhecido no estado da técnica.

[0024] A **figura 3** ilustra um diagrama esquemático de um módulo de tratamento compreendendo membranas de nanofiltração ou de micro/ultra filtração de acordo com a concretização preferencial da presente invenção.

[0025] A **figura 4** ilustra um diagrama esquemático de um de um sistema híbrido de tratamento de água do mar e água produzida para reinjeção de acordo com a concretização preferencial da presente invenção.

[0026] A **figura 5** ilustra um diagrama esquemático de um sistema completo de tratamento de água do mar e água produzida para reinjeção compreendendo o sistema híbrido da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0027] Preliminarmente, ressalta-se que a descrição que se segue partirá de uma concretização preferencial da invenção. Como ficará evidente para qualquer técnico no assunto, no entanto, a invenção não está limitada a essa

concretização particular.

[0028] A figura 4 ilustra um diagrama esquemático simplificado de um de um sistema híbrido de tratamento de água do mar e água produzida para posterior reinjeção de acordo com a concretização preferencial da presente invenção. Tal figura contempla, basicamente, duas entradas de água a ser tratada, a saber, uma de água produzida 2, com altos teores de óleos e sólidos, e uma de água do mar 4, com alto teor de íons sulfato.

[0029] A água produzida é preferencialmente armazenada em pelo menos um tanque 10 antes de ser direcionada para descarte ou tratamento através do sistema híbrido da presente invenção.

[0030] Preferencialmente, a água do mar captada para tratamento e posterior injeção passa por uma sequência de filtros, sendo o primeiro dotado de elementos de filtração com malha mais grossa e o último dotado de elementos de filtração com malha mais fina. Preferencialmente, um primeiro filtro 12 retém partículas de até 500 μm , um segundo 14 retém partículas de até 25 μm e um terceiro de até 5 μm .

[0031] Preferencialmente, tanto a água produzida quanto a água do mar captada chegam respectivamente em pelo menos um *manifold* 18 que consiste em uma pluralidade de válvulas para controle da água que entrará em cada um dos módulos de tratamento 20.

[0032] Cada módulo de tratamento 20 compreende pelo menos um conjunto de membranas de micro/ultra filtração (membranas cerâmicas) adaptado para remoção de óleos e sólidos da água produzida ou pelo menos um conjunto de membranas de nanofiltração (membranas cerâmicas ou poliméricas) adaptadas para remoção de íons sulfato da água do mar. Assim, o pelo menos um *manifold* 18, através de suas válvulas de controle, direciona a água produzida para o módulos compreendendo membranas de micro/ultra filtração e a água do mar captada para os módulos compreendendo membranas de nanofiltração. Preferencialmente, o pelo menos um manifold é subdividido em dois manifold, um para controle da entrada de água produzida nos módulos compreendendo membranas de micro/ultra filtração e outro para controle de entrada de água do mar nos módulos compreendendo membranas de nanofiltração.

[0033] Preferencialmente, o pelo menos um *manifold* 18 é conectado de maneira fluida aos dois dutos de entrada de água a ser tratada, a saber, um para

água produzida 2 e outro para água do mar 4. Cada um desses dutos de entrada, separadamente, é subdividido em uma pluralidade de dutos secundários em paralelo, um duto secundário para cada módulo de tratamento. Os dutos secundários de água produzida e de água do mar, antes da entrada em cada módulo de tratamento 20, desaguam em um único duto de entrada por módulo, a jusante de cada uma das válvulas de controle.

[0034] As válvulas de controle são posicionadas a montante de cada módulo de tratamento 20, de modo que cada uma das válvulas controla a entrada de um tipo de água a ser tratada, a saber, água produzida ou água do mar proveniente de cada um dos dutos secundários.

[0035] Preferencialmente, não há mistura entre água produzida e água do mar antes da entrada nos módulos de tratamento 20. Ou seja, se a válvula de controle de entrada de água produzida estiver aberta, a válvula de controle de entrada de água do mar deverá, preferencialmente, estar fechada.

[0036] Preferencialmente, cada módulo de tratamento 20 compreende apenas um tipo de membrana, a saber, de nanofiltração ou de micro/ultra filtração. Assim, preferencialmente, caso um determinado módulo de tratamento 20 compreenda apenas membranas de nanofiltração, apenas água do mar será direcionada para o mesmo, ficando a válvula de controle de entrada de água produzida fechada. Da mesma forma, a água produzida será direcionada para um módulo de tratamento 20 compreendendo apenas membranas de micro/ultra filtração.

[0037] Cada módulo de tratamento 20 é projetado de forma a permitir a intercambialidade entre membranas de nanofiltração e de micro/ultra filtração. Em outras palavras, cada módulo pode ter suas membranas de nanofiltração substituídas por de micro/ultra filtração (e vice-versa) dependendo da demanda por tratamento de cada uma das águas.

[0038] A título de exemplo, é de se esperar que logo após a implantação do sistema híbrido da presente invenção haja apenas demanda por tratamento de água do mar através de membranas de nanofiltração, já que ainda não haverá água produzida. Assim, praticamente todos os módulos de tratamento 20 podem estar equipados apenas com membranas de nanofiltração. Na medida em que água produzida é gerada, diminui-se a demanda de tratamento de água do mar. Nesse caso, as membranas de nanofiltração dos módulos de tratamento 20 vão

sendo substituídas por membranas de micro/ultra filtração.

[0039] A figura 3 ilustra em um diagrama esquemático detalhes de um módulo de tratamento 20 de acordo com a presente invenção. Como mencionado, o módulo de tratamento 20 pode compreender membranas de nanofiltração ou de micro/ultra filtração dependendo do tipo de água (produzida ou do mar) que passará por aquele módulo específico. Cada módulo compreende pelo menos um conjunto 20 de membranas de micro/ultra filtração ou de nanofiltração. Preferencialmente, assim como a URS do estado da técnica, cada módulo compreende dois conjuntos de membranas em paralelo 20a, 20b seguidos de um terceiro conjunto de membranas em série 20c.

[0040] Preferencialmente, para o caso de um módulo de tratamento 20 dotado de membranas de nanofiltração, para remoção de íons sulfato da água do mar, a água a ser tratada passa pelos dois primeiros conjuntos de membranas de nanofiltração em paralelo, de modo que a maior fração do volume de água tratada passa a compreender baixa concentração de íons sulfato e são encaminhadas para a injeção no reservatório.

[0041] O restante da água que passa pelos primeiros conjuntos de membranas, concentrado em íons sulfato, é direcionado para o terceiro conjunto de membranas 20c em série com os dois primeiros. Este terceiro conjunto realiza o tratamento dessa água mais concentrada e também gera uma porção maior com baixa concentração de íons sulfato, que será misturada à água tratada pelos dois primeiros conjuntos de membranas, e uma porção menor extremamente concentrada em íons sulfato que normalmente é descartada no mar.

[0042] A água com baixa concentração em íons sulfato proveniente do tratamento dos conjuntos de membranas de nanofiltração é utilizada para injeção no reservatório, podendo antes passar por etapas adicionais de tratamento.

[0043] Para o caso de um módulo de tratamento 20 dotado de membranas de micro/ultra filtração, para remoção de óleos e sólidos da água produzida, o procedimento é bastante semelhante ao anterior. Preferencialmente, a água a ser tratada passa pelos dois primeiros conjuntos de membranas 20a, 20b em paralelo, de modo que a maior fração do volume de água tratada passa a compreender baixa concentração de óleos e sólidos e é encaminhada para a reinjeção no reservatório.

[0044] O restante da água que passa pelos primeiros conjuntos de

membranas, concentrado em óleos e sólidos, é direcionado para o terceiro conjunto de membranas **20c** em série com os dois primeiros. Este terceiro conjunto realiza o tratamento dessa água mais concentrada e também gera uma porção maior com baixa concentração de óleos e sólidos, que será misturada a água tratada pelos dois primeiros conjuntos de membranas. A água com baixa concentração em óleos e sólidos proveniente do tratamento de todos os três conjuntos de membranas de micro/ultra filtração é utilizada para reinjeção no reservatório.

[0045] Dependendo da qualidade da água a ser tratada, cada módulo de tratamento **20** pode compreender mais ou menos conjuntos de membranas em série e/ou paralelo. Assim, ressalta-se que a presente invenção não está limitada à configuração de conjuntos de membranas ilustrada na **figura 3**.

[0046] Ainda no caso de um módulo de tratamento **20** dotado de membranas de micro/ultra filtração, a porção menor proveniente do terceiro conjunto de membranas **20c**, concentrada em óleos e sólidos, pode ser direcionada para a entrada do módulo de tratamento **20** conforme ilustrado na **figura 3**.

[0047] Alternativamente, conforme ilustrado na **figura 5** (diagrama completo da instalação marítima), a água concentrada em óleos e sólidos (reciclo oleoso) pode ser encaminhada para o sistema de tratamento de água para separação da fase oleosa. Preferencialmente, a água concentrada em óleos e sólidos poderá ser encaminhada para algum tanque de tratamento, representado esquematicamente na **figura 5** (tanque de tratamento **24**). Este tanque pode ser, por exemplo um tanque *off spec* que normalmente já é utilizado em estações de tratamento de água produzida. Alternativamente, um tanque adicional pode ser provido para a realização desta etapa, além do tanque *off spec*.

[0048] Opcionalmente, pelo menos uma saída de água é provida na porção inferior do tanque de tratamento **24** para retirada de água com baixa concentração em óleo, uma vez que o óleo, menos denso que a água, após um determinado período, ficará concentrado na parte superior. A água retirada através da saída de água na porção inferior do tanque de tratamento **24**, que possui relativamente baixa ou média concentração em óleos, pode ser descartada, caso tenha especificação para tal, ou ser direcionada para o sistema híbrido de tratamento de acordo com a presente invenção, onde será

encaminhada para módulos de tratamento 20 compreendendo membranas de micro/ultra filtração para passar por um novo tratamento para remoção de óleos e sólidos. O concentrado oleoso remanescente no tanque de tratamento 24, após a retirada de parte da água, é preferencialmente direcionado para o sistema de separação 23 de óleo e água para aproveitamento do óleo na produção. Isso contribui para minimizar o descarte de óleo no mar e para um melhor aproveitamento do óleo presente na água produzida na produção total do poço.

[0049] A presente invenção ainda prevê a possibilidade de realização de um procedimento de retrolavagem das membranas utilizadas nos módulos de tratamento, especialmente as membranas de micro/ultra filtração. Tal procedimento pode ser realizado, por exemplo, por meio de bombas (não mostradas) ou manipulação de válvulas temporizadas na linha da água tratada e na linha de alimentação de cada conjunto. Este procedimento permite a inversão periódica do fluxo na membrana, limpando-a e mantendo o seu desempenho.

[0050] Opcionalmente, pelo menos uma primeira unidade desaeradora 28 é provida a montante ou a jusante dos módulos de tratamento 20 para desaeração da água do mar, se necessário, antes da reinjeção no reservatório.

[0051] A presente invenção ainda provê um processo híbrido de tratamento de água produzida e água do mar para reinjeção no reservatório submarino, compreendendo basicamente as etapas de:

a) direcionar a água a ser tratada para um módulo de tratamento de água compreendendo pelo menos um conjunto de membranas de micro/ultra filtração adaptadas para remoção de óleos e sólidos da água a ser tratada; ou

b) direcionar a água a ser tratada para um módulo de tratamento de água compreendendo pelo menos um conjunto de membranas de nanofiltração adaptadas para remoção de íons sulfato da água a ser tratada, em que o volume de água a ser tratada é direcionado para o módulo de tratamento de água compreendendo membranas de micro/ultra filtração ou para o módulo de tratamento de água compreendendo membranas de nanofiltração dependendo da qualidade da água com relação ao teor de óleos e sólidos ou teor de íons sulfato.

[0052] Ressalta-se, ainda, que todas as etapas de tratamento descritas na presente descrição detalhada aplicam-se tanto para o sistema quanto para o processo da presente invenção.

[0053] Dessa forma, com base na descrição acima, a presente invenção

provê um sistema e processo de tratamento de água do mar e de produção que permitem a reinjeção da água produzida sem a necessidade de um sistema adicional de tratamento na plataforma. Outras vantagens ainda são alcançadas através da presente invenção, tal como a redução de descarte de óleo no mar pelo fato de haver um tratamento mais eficiente da água produzida e redução de custos de instalação, operação e manutenção associados a um sistema adicional na instalação marítima.

[0054] Inúmeras variações incidindo no escopo de proteção do presente pedido são permitidas. Dessa forma, reforça-se o fato de que a presente invenção não está limitada às configurações/concretizações particulares acima descritas.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema híbrido de tratamento de água produzida e água do mar para reinjeção em reservatório de petróleo submarino, caracterizado por compreender:
 - pelo menos uma entrada de água a ser tratada;
 - pelo menos dois módulos de tratamento (20), cada módulo compreendendo:
 - pelo menos um conjunto de membranas (20a, 20b, 20c) de micro/ultra filtração adaptadas para remoção de óleos e sólidos da água a ser tratada; ou
 - pelo menos um conjunto de membranas (20a, 20b, 20c) de nanofiltração adaptadas para remoção de íons sulfato da água a ser tratada; e
 - pelo menos uma saída de água tratada, em que o volume de água a ser tratada é direcionado para um módulo de tratamento (20) compreendendo membranas de micro/ultra filtração ou para um módulo de tratamento de água compreendendo membranas de nanofiltração dependendo da qualidade da água com relação ao teor de óleos e sólidos ou teor de íons sulfato.
2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por cada um dos módulos de tratamento (20) compreender pelo menos dois conjuntos de membranas (20a, 20b) em paralelo.
3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado por cada um dos módulos de tratamento (20) compreender pelo menos um conjunto de membranas (20c) em série com os demais conjuntos de membranas (20a, 20b).
4. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado por a pelo menos uma entrada de água a ser tratada ser duas entradas de água, a saber, uma de água produzida (2) e uma entrada de água do mar (4).
5. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por compreender adicionalmente pelo menos um *manifold* (18), dotado de uma pluralidade de válvulas, adaptado para controle do tipo de água que entrará em cada um dos módulos de tratamento de água (20), a saber, água produzida ou água do mar.
6. Sistema, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por cada um dos dutos de entrada (2, 4), separadamente, ser subdividido em uma pluralidade de dutos secundários em paralelo, um duto secundário para cada módulo de tratamento (20).
7. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado por cada módulo de tratamento (20) compreender apenas um tipo de membrana,

a saber, de nanofiltração ou de micro/ultra filtração.

8. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado por as membranas de cada módulo de tratamento (20) serem intercambiáveis por outro tipo de membrana.

9. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado por compreender adicionalmente pelo menos um tanque de tratamento de água (24) adaptado para separação da fase aquosa da fase oleosa por diferença de densidade.

10. Sistema, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por o tanque de tratamento de água (24) estar em comunicação fluida com os pelo menos dois módulos de tratamento (20), a jusante e a montante dos mesmos, encerrando um ciclo.

11. Sistema, de acordo com a reivindicação 9 ou 10, caracterizado por o tanque de tratamento de água (24) estar adicionalmente em comunicação fluida com pelo menos um de saída para descarte no mar e duto de entrada de água produzida para separação entre água e óleo.

12. Processo híbrido de tratamento de água produzida e água do mar para reinjeção em reservatório de petróleo submarino, caracterizado por compreender a etapa de:

direcionar a água a ser tratada para pelo menos um módulo de tratamento (20) de água compreendendo pelo menos um conjunto de membranas de micro/ultra filtração adaptadas para remoção de óleos e sólidos da água a ser tratada; ou

direcionar a água a ser tratada para pelo menos um módulo de tratamento (20) compreendendo pelo menos um conjunto de membranas de nanofiltração adaptadas para remoção de íons sulfato da água a ser tratada,

em que o volume de água a ser tratada é direcionado para o pelo menos um módulo de tratamento (20) compreendendo membranas de micro/ultra filtração ou para o pelo menos um módulo de tratamento de água compreendendo membranas de nanofiltração dependendo do tipo de água a ser tratada, a saber, água produzida ou água do mar.

13. Processo, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a etapa de direcionar a água a ser tratada para um módulo de tratamento (20) compreender adicionalmente tratar a água através de pelo menos dois conjuntos de

membranas (20a, 20b) em paralelo.

14. Processo, de acordo com a reivindicação 12 ou 13, caracterizado por a etapa de direcionar a água a ser tratada para um módulo de tratamento (20) compreender adicionalmente tratar a água através de pelo menos um conjunto de membrana (20c) em série com os demais conjuntos de membranas (20a, 20b).

15. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 14, caracterizado por a água a ser tratada ser água produzida, concentrada em óleos e sólidos, e água do mar concentrada em íons sulfato.

16. Processo, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por compreender adicionalmente a etapa de controlar o tipo de água que entrará em cada um dos módulos de tratamento (20), a saber, água produzida ou água do mar, através de pelo menos um *manifold* (18) dotado de uma pluralidade de válvulas.

17. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 16, caracterizado por compreender adicionalmente a etapa de direcionar uma fração de água concentrada em óleos e sólidos proveniente do pelo menos um módulo de tratamento (20) compreendendo pelo menos um conjunto de membranas de micro/ultra filtração para pelo menos um tanque de tratamento (24).

18. Processo, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por compreender adicionalmente a etapa de separar, por diferença de densidade durante um determinado período, a fase oleosa menos densa da fase aquosa mais densa no interior do tanque de tratamento (24).

19. Processo, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por compreender adicionalmente uma etapa de retirar a fase aquosa separada através de pelo menos uma saída de água provida na porção inferior do tanque de tratamento (24).

20. Processo, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por compreender adicionalmente uma etapa de direcionar a fase aquosa retirada para descarte no mar ou para o pelo menos um módulo de tratamento (20).

21. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 20, caracterizado por compreender adicionalmente uma etapa de direcionar o concentrado oleoso remanescente no tanque de tratamento (24), após a etapa de retirada da fase aquosa, para o sistema de separação (23) de água e óleo.

22. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 24, caracterizado por compreender adicionalmente pelo menos uma etapa de

desaeração da água tratada através de pelo menos uma unidade desaeradora (28).

23. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 22, caracterizado por compreender adicionalmente pelo menos uma etapa de retrolavagem das membranas de pelo menos um módulo de tratamento (20) através da inversão do fluxo de água no mesmo.

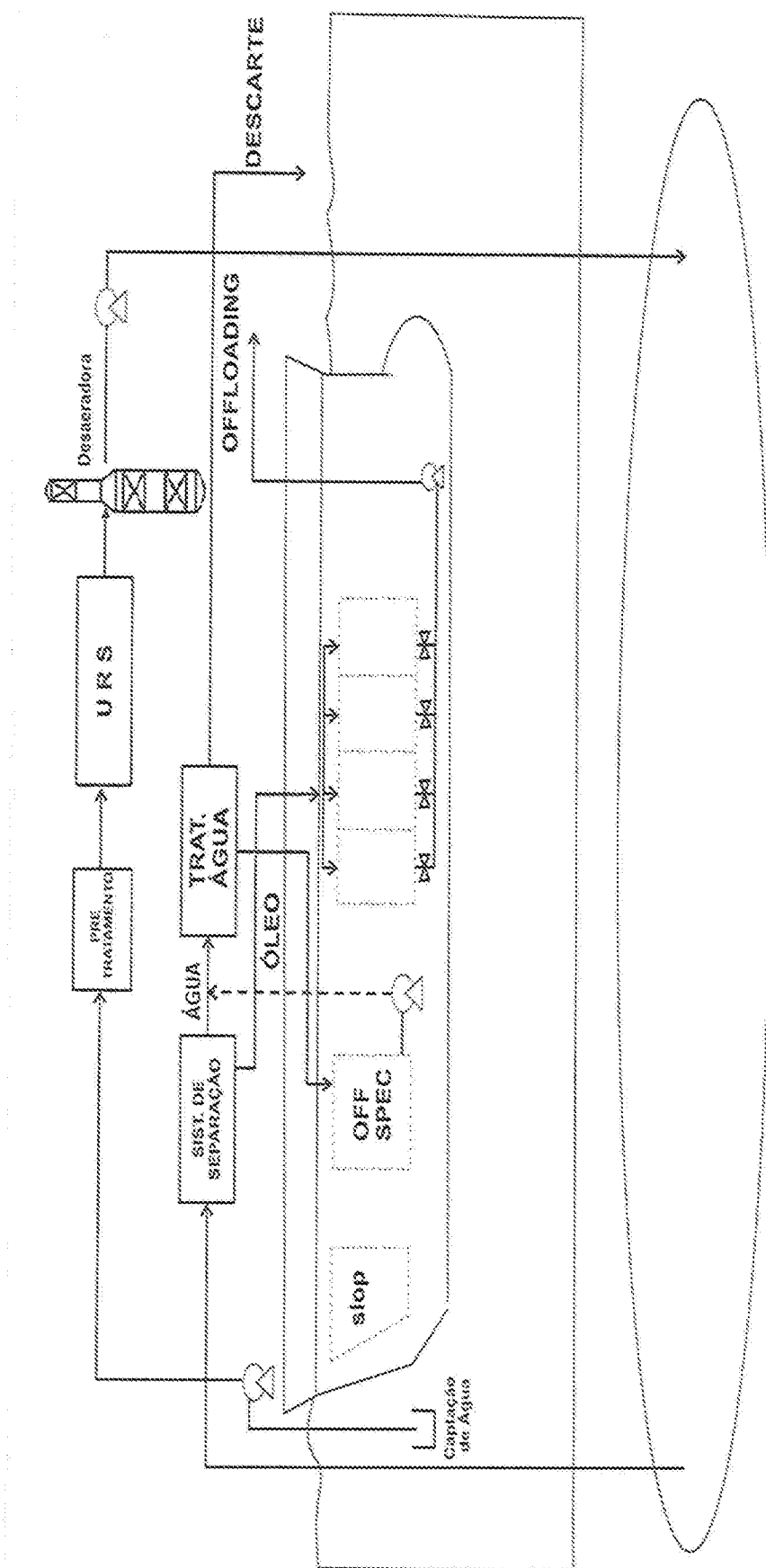


FIG. 1
(estado da técnica)

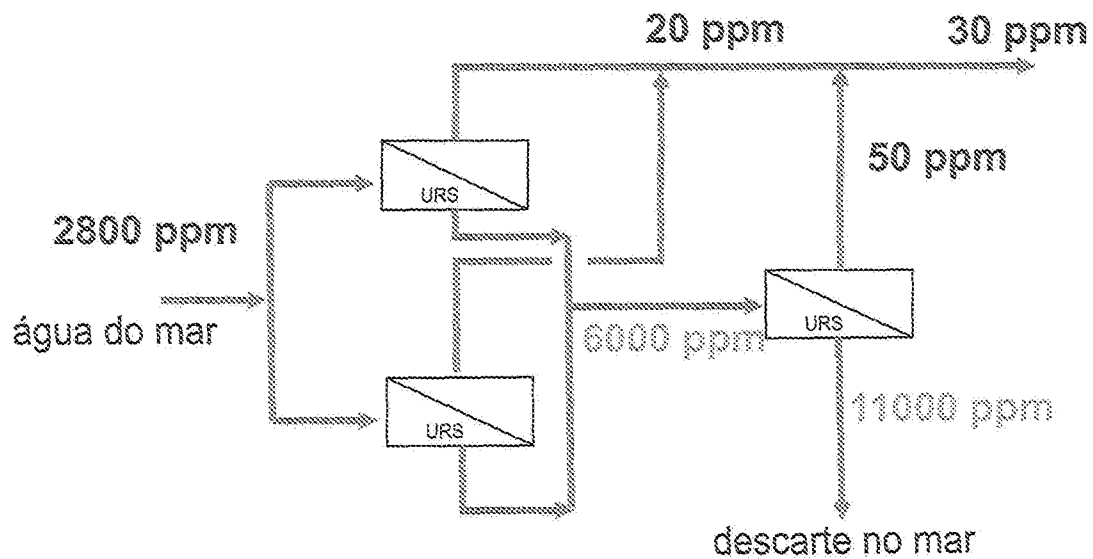


FIG. 2
(estado da técnica)

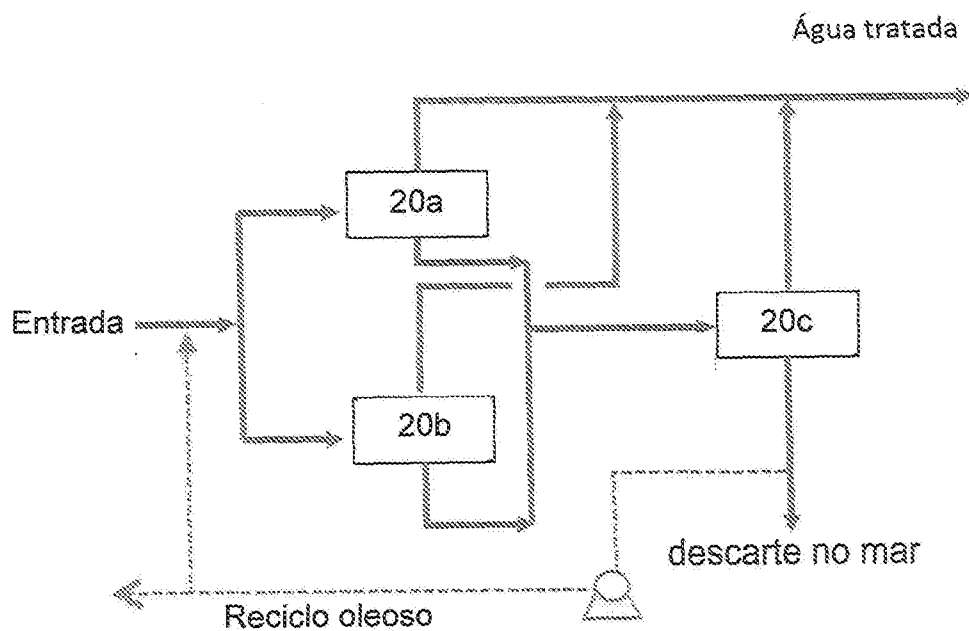


FIG. 3

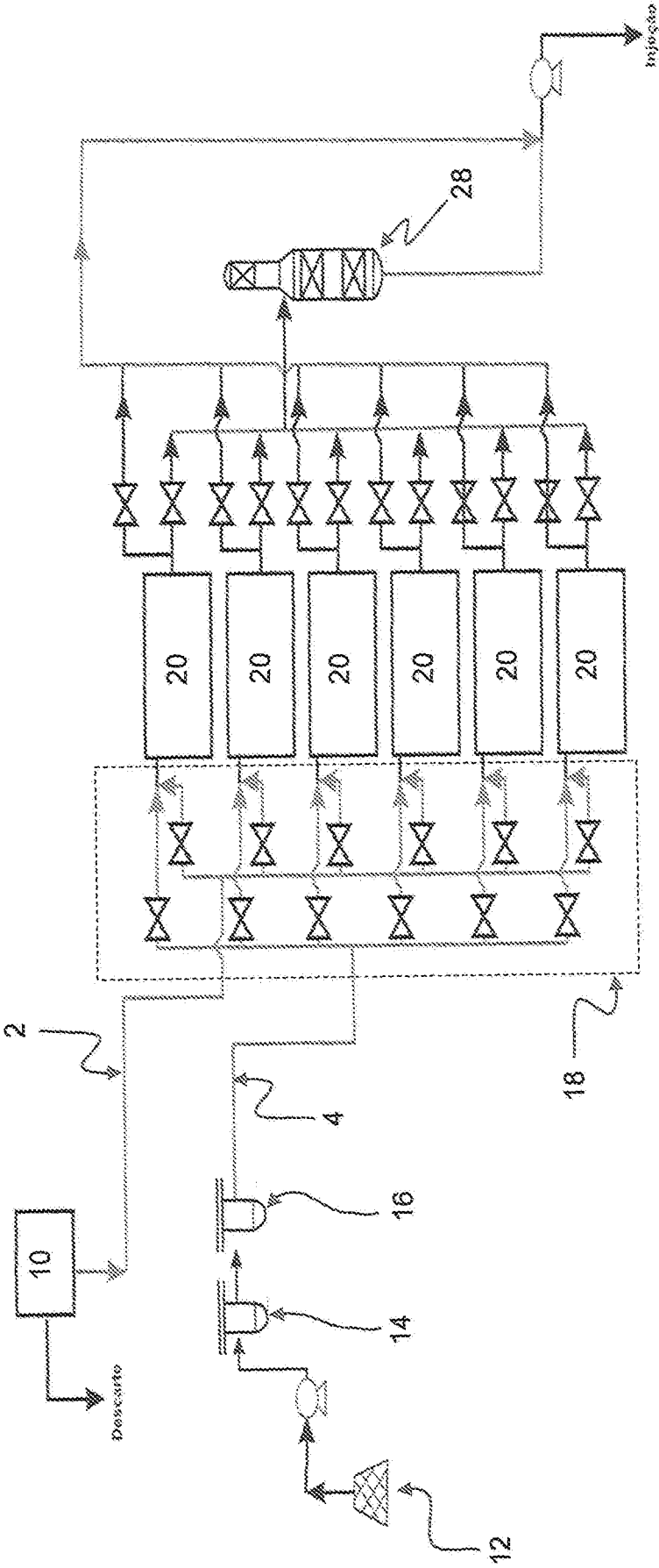


FIG. 4

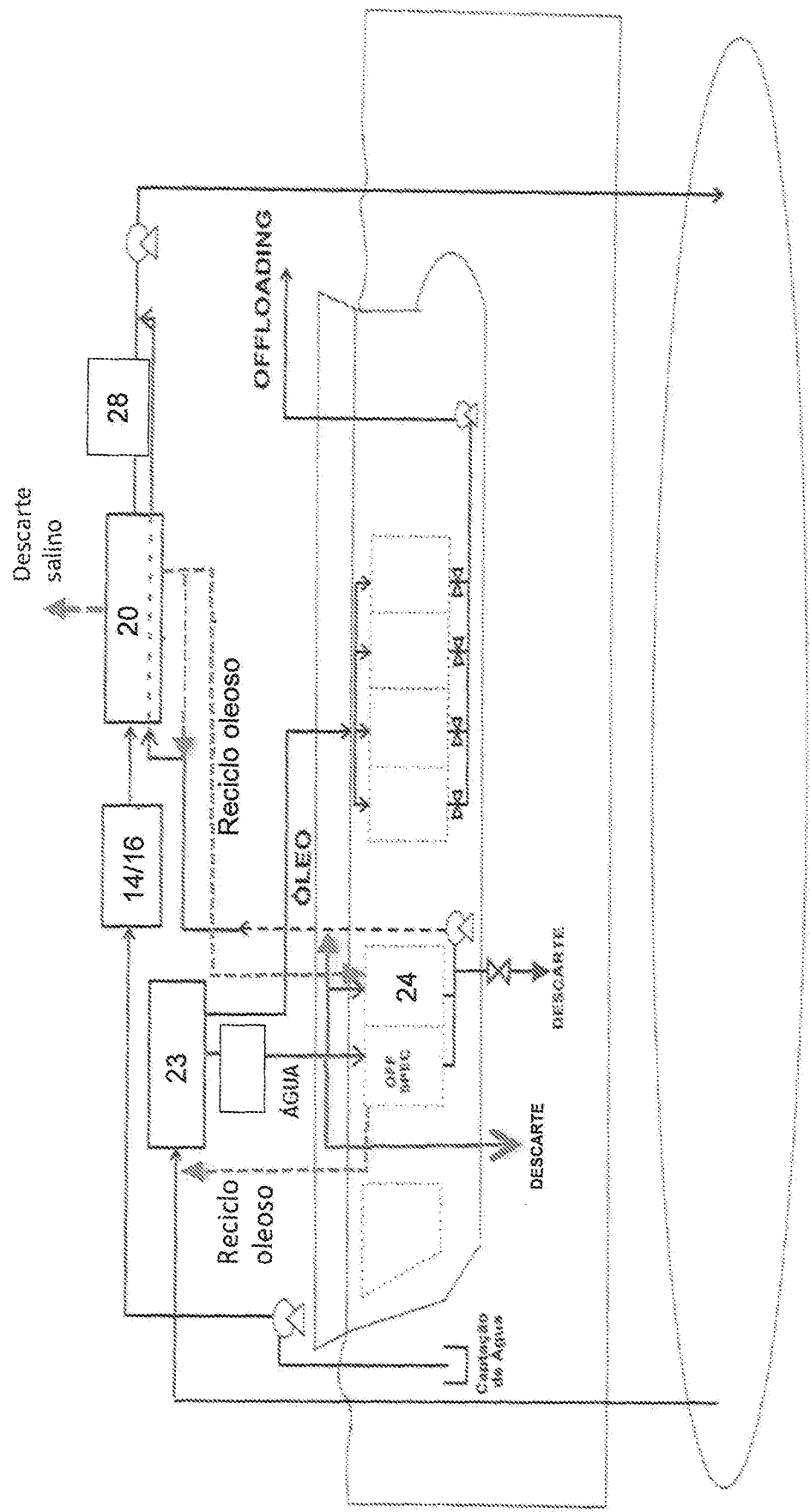


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/BR2017/000076

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F 1/40 (2006.01), B01D 61/18 (2006.01), B01D 63/00 (2006.01), C02F 103/34 (2006.01), C02F 103/08 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C02F, B01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Base de patentes INPI-BR

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

Epodoc, Google Patents

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	BR 102015033000 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 12 April 2016 (2016-04-12) * paragraph 25-56*	1-23
Y	JP H08309351 A (NITTO DENKO CORP) 26 November 1996 (1996-11-26) * paragraph 2 of the translation *	1-23
Y	US 2004007358 A1 (LIEN LARRY A [US]) 15 January 2004 (2004-01-15) * The whole document *	1-23



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28/09/2017

Date of mailing of the international search report

24/10/2017

Name and mailing address of the ISA/BR

INSTITUTO NACIONAL DA
PROPRIEDADE INDUSTRIAL
Rua Sao Bento nº 1, 17º andar
cep: 20090-010, Centro - Rio de Janeiro/RJ

Facsimile No.

+55 21 3037-3663

Authorized officer

Gerlane Carla Honorato

+55 21 3037-3493/3742

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/BR2017/000076

BR 102015033000 A2	2016-04-12	WO 2017117352 A1	2017-07-06
-----	-----	-----	-----
JP H08309351 A	1996-11-26	None	
-----	-----	-----	-----
US 2004007358 A1	2004-01-15	US 6955222 B2	2005-10-18
		AU 8541401 A	2002-02-18
		BR 0003677 A	2002-03-26
		BR 0113079 A	2003-12-16
		EP 1309771 A1	2003-05-14
		MX PA03001068 A	2004-09-10
		WO 0212675 A1	2002-02-14
		-----	-----

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL

Depósito internacional Nº

PCT/BR2017/000076

A. CLASSIFICAÇÃO DO OBJETO

C02F 1/40 (2006.01), B01D 61/18 (2006.01), B01D 63/00 (2006.01), C02F 103/34 (2006.01), C02F 103/08 (2006.01)

De acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC) ou conforme a classificação nacional e IPC

B. DOMÍNIOS ABRANGIDOS PELA PESQUISA

Documentação mínima pesquisada (sistema de classificação seguido pelo símbolo da classificação)

C02F, B01D

Documentação adicional pesquisada, além da mínima, na medida em que tais documentos estão incluídos nos domínios pesquisados

Base de patentes INPI-BR

Base de dados eletrônica consultada durante a pesquisa internacional (nome da base de dados e, se necessário, termos usados na pesquisa)

Epodoc, Google Patents

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoria*	Documentos citados, com indicação de partes relevantes, se apropriado	Relevante para as reivindicações Nº
Y	BR 102015033000 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 12 abril 2016 (2016-04-12) *parágrafo 25-56*	1-23
Y	JP H08309351 A (NITTO DENKO CORP) 26 novembro 1996 (1996-11-26) *parágrafo 2 da tradução*	1-23
Y	US 2004007358 A1 (LIEN LARRY A [US]) 15 janeiro 2004 (2004-01-15) *Todo documento*	1-23

☐ Documentos adicionais estão listados na continuação do quadro C☒ Ver o anexo de famílias das patentes

* Categorias especiais dos documentos citados:

“A” documento que define o estado geral da técnica, mas não é considerado de particular relevância.

“E” pedido ou patente anterior, mas publicada após ou na data do depósito internacional

“L” documento que pode lançar dúvida na(s) reivindicação(ões) de prioridade ou na qual é citado para determinar a data de outra citação ou por outra razão especial

“O” documento referente a uma divulgação oral, uso, exibição ou por outros meios.

“P” documento publicado antes do depósito internacional, porém posterior a data de prioridade reivindicada.

“T” documento publicado depois da data de depósito internacional, ou de prioridade e que não conflita com o depósito, porém citado para entender o princípio ou teoria na qual se baseia a invenção.

“X” documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada nova e não pode ser considerada envolver uma atividade inventiva quando o documento é considerado isoladamente.

“Y” documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada envolver atividade inventiva quando o documento é combinado com um outro documento ou mais de um, tal combinação sendo óbvia para um técnico no assunto.

“&” documento membro da mesma família de patentes.

Data da conclusão da pesquisa internacional

28/09/2017

Data do envio do relatório de pesquisa internacional:

24/10/2017

Nome e endereço postal da ISA/BR



INSTITUTO NACIONAL DA
PROPRIEDADE INDUSTRIAL
Rua São Bento nº 1, 17º andar
cep: 20090-010, Centro - Rio de Janeiro/RJ

Nº de fax:

+55 21 3037-3663

Funcionário autorizado

Gerlane Carla Honorato

Nº de telefone:

+55 21 3037-3493/3742

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL

Informação relativa a membros da família da patentes

Informação relativa a membros da família da patentes

Depósito internacional N°

PCT/BR2017/000076

Documentos de patente citados no relatório de pesquisa	Data de publicação	Membro(s) da família de patentes	Data de publicação
BR 102015033000 A2	2016-04-12	WO 2017117352 A1	2017-07-06
-----	-----	-----	-----
JP H08309351 A	1996-11-26	Nenhum	
-----	-----	-----	-----
US 2004007358 A1	2004-01-15	US 6955222 B2	2005-10-18
		AU 8541401 A	2002-02-18
		BR 0003677 A	2002-03-26
		BR 0113079 A	2003-12-16
		EP 1309771 A1	2003-05-14
		MX PA03001068 A	2004-09-10
		WO 0212675 A1	2002-02-14