



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

(21) BR 102019012853-4 A2



(22) Data do Depósito: 19/06/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 29/12/2020

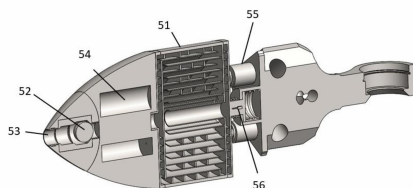
(54) **Título:** SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA

(51) **Int. Cl.:** B08B 9/027; B08B 9/04; E21B 37/06; C23G 3/04.

(71) **Depositante(es):** PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS; UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

(72) **Inventor(es):** HUGO FRANCISCO LISBOA SANTOS; GIOVANNI SOUZA DE ANDRADE; CEDRIC HERNALSTEENS; NEY ROBINSON SALVI DOS REIS; EDUARDO DONADEL BASSO; ANDRE MANOEL GOJA FERREIRA; EDUARDO ANDRÉ PERONDI; ÁLVARO BRUSCATO SCHMIDT; FABIANO DISCONZI WILDNER; RAFAEL ANTÔNIO COMPARSI LARANJA; TIAGO BECKER; JOSÉ LEANDRO ROSALES LUZ; EDER GONÇALVES DORNELES; BRUNO BARBOSA CASTRO.

(57) **Resumo:** SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA A presente invenção propõe a utilização de uma ferramenta, conectada a um dispositivo de locomoção como, por exemplo, um robô, com um cabo umbilical para proporcionar uma reação controlada nas proximidades da obstrução, a fim de realizar a sua remoção. Para conseguir realizar essa reação controlada é utilizado um sistema de injeção e controle, podendo ser um sistema de controle em malha fechada.



**“SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS
ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA”**

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção trata de uma ferramenta conectada a um dispositivo de locomoção, como, por exemplo, um robô com um cabo umbilical, para proporcionar uma reação controlada nas proximidades da obstrução de modo a realizar a sua remoção. Para se alcançar dita reação controlada é utilizado um sistema de injeção e controle, podendo ser um sistema de controle em malha fechada.

Descrição do Estado da Técnica

[0002] A produção de petróleo a partir de poços marítimos quase sempre envolve a perfuração de poços e sua interligação a Unidades Estacionárias de Produção, as UEP. Essa interligação é feita através de dutos rígidos ou de dutos flexíveis. Adicionalmente, tais unidades podem ser interligadas a outras unidades ou a estações de terra, também através de dutos rígidos ou flexíveis. Aqueles dutos podem, eventualmente, sofrer restrições ou bloqueios, que podem ser causados, por exemplo, por hidratos e/ou parafinas. Hidratos são compostos sólidos nos quais uma grande quantidade de metano é aprisionada por uma estrutura cristalina de moléculas de água. Isso dá origem a um sólido com consistência similar ao gelo. Eles ocorrem quando há mistura de metano e água, em condições de alta pressão e baixa temperatura. Por outro lado, obstruções por parafina estão relacionadas à fração homônima do petróleo, ou seja, alcanos com cadeia entre 20 e 40 átomos de carbono. Esses componentes, quando em baixa temperatura, tendem a se depositar nas paredes das tubulações, causando obstrução e, eventualmente, bloqueio. Tais bloqueios impedem a continuidade da produção. Em algumas situações, é possível desobstruir a linha utilizando dispositivos conhecidos como Flexitubos (Coiled Tubing), que são tubos flexíveis de aço enrolados em forma de bobina e que são empurrados para o interior da linha. Contudo, tais equipamentos não conseguem se deslocar de forma eficiente em grandes distâncias no interior do duto, em dutos com geometria complexa ou em sentido

ascendente. Além disso, muitas plataformas não possuem capacidade para operá-los devido ao peso.

[0003] Atualmente, a solução comumente adotada é tentar desobstruir essas linhas a partir da UEP. Para tal, são utilizadas diferentes técnicas, como despressurização e injeção de solventes. Tais técnicas podem ser utilizadas a partir da UEP, de uma sonda ou de outra instalação conectada à linha. No caso de obstruções por hidrato, pode-se inserir um flexitubo a partir da UEP. Isso é possível nos casos em que o riser possui configuração em catenária livre e quando a obstrução por hidrato está próxima do trecho vertical. Não é aplicável em risers com configuração lazy wave, lazy-S ou equivalentes. Também não é aplicável nas situações em que o hidrato se formou longe do trecho vertical, o que corresponde a grande parte dos casos. Nos casos em que é aplicável, o flexitubo pode ser descido a partir da UEP e realiza uma despressurização da linha, a fim de promover a quebra do hidrato.

[0004] Além das limitações de configuração e distância, a despressurização é uma técnica que apresenta riscos. Tais riscos estão associados ao grande diferencial de pressão gerado entre as extremidades do plugue de hidrato. Tal diferencial de pressão faz com que o hidrato se desloque em grande velocidade na direção da UEP, podendo causar danos em sua chegada.

[0005] Nos casos em que o flexitubo não pode ser aplicado a partir da UEP, é utilizada uma solução diferente. Uma sonda acessa o poço, e, a partir desse acesso, é utilizado um flexitubo para a despressurização da linha a partir da ANM e a consequente quebra do hidrato. Contudo, tal solução demora meses e tem custo extremamente elevado.

[0006] No caso de obstruções por parafina, a abordagem comum é utilizar PIG de limpeza antes de a parafina obstruir todo o duto. Eventualmente, ocorre a prisão do PIG durante essa operação. Nos casos em que houve prisão de PIG ou obstrução completa por parafina, não há uma solução usual. Nesses casos, podem ser tentadas soluções experimentais ou então é realizada a troca de toda a linha flexível ou o

içamento e reparo quando se tratar de uma linha rígida. Essas são operações demoradas e possuem custo elevado. Além disso, desde a obstrução até sua completa remoção, há lucro cessante associado à interrupção da produção.

[0007] Os documentos US2005217855A1, US6415722B1 e US2007151475A1 referem-se a diversos equipamentos e métodos para desobstrução de dutos, conforme pode ser observado a seguir.

[0008] O US2005217855A1 revela uma ferramenta tipo PIG, para desobstrução de um duto por meio de reagentes químicos em forma líquida, a fim de dissolver os hidratos e parafinas que bloqueiam a passagem regular dos fluidos na tubulação. Ele também revela um método e um dispositivo para remover uma obstrução de hidrato de uma tubulação, em que um PIG, que está conectado a um umbilical se estendendo até a superfície, é deslocado para dentro da tubulação até a proximidade da obstrução de hidrato e em seguida um fluido disposto com propriedades de dissolução de hidrato é bombeado através do umbilical. Vale ressaltar que esse documento utiliza um PIG convencional para a locomoção por dentro do duto e um único fluido reagente vindo direto da superfície. Não apresenta a possibilidade desse PIG receber dois fluidos, misturá-los gerando uma reação exotérmica e lançar essa mistura para dissolver os bloqueios causados pelos hidratos. Portanto, este documento é diferente do assunto objeto da presente invenção.

[0009] O US2005217855A1 não revela a injeção de múltiplos reagentes de forma controlada, em condutores independentes, com controle da reação de limpeza. Na presente invenção, a solução A é deslocada por uma linha e a solução B por outra e são injetadas em um reator de forma controlada diretamente na zona a ser desobstruída. A presente invenção utiliza um robô, que independe da disponibilidade de fluxo para deslocamento no duto a ser desobstruído, válvulas de controle e um difusor para controle da reação, que permite a atuação diretamente na obstrução.

[0010] O US6415722B1 revela um equipamento de controle remoto com a capacidade de se deslocar no interior de uma tubulação ou de outros

volumes cilíndricos confinados, puxando um umbilical e transportando acessórios. Ele consiste basicamente de um corpo e uma barra de passagem que são equipados com cabeças. As ditas cabeças podem ser fixadas na parede interior do conduto ou liberadas alternadamente por meio de comandos manuais ou automáticos. O veículo tem vários dispositivos de segurança para evitar que fique preso dentro da tubulação em situações anormais. Essa invenção torna possível levar ferramentas ou materiais para um ponto remoto dentro da tubulação, a fim de realizar diversas operações. Ele ilustra um dispositivo de locomoção controlado remotamente e é capaz de transportar acessórios e de realizar diversas operações. Esse documento não revela a possibilidade de utilizar reagentes independentes, misturá-los, e o resultado dessa reação ser aplicado diretamente na obstrução para desfazê-la. O problema objeto da US6415722B1 também é diferente do assunto objeto da presente invenção.

[0011] O US2007151475A1 revela um veículo para locomoção através de um duto, compreendendo um dispositivo atracador dianteiro e um dispositivo atracador traseiro, sendo cada dispositivo dotado de um mecanismo de atracação de parede para fixar seletivamente na parede do duto e manter o elemento respectivo em uma posição estacionária dentro do duto. Elementos extensíveis tipo cilindro hidráulico, conectam os dispositivos dianteiro e traseiro gerando movimento relativo entre eles que, associado ao sistema de atracação, permite gerar deslocamento do conjunto. Cada mecanismo de atracação na parede compreende uma pluralidade de hastes que se estendem para fora do respectivo dispositivo. Cada haste compreende uma superfície apropriada para fixação na parede, um atuador independente por haste que aciona cada uma das pernas para extensão coordenada dentro do duto. Ilustra como função o uso de um cortador rotativo montado na frente do veículo para limpar obstruções no duto. Esse documento também ilustra o uso deste dispositivo de locomoção para outras operações diversas.

[0012] O dispositivo de locomoção ilustrado no US2007151475A1 difere em desenho do apresentado nesta invenção e não revela a possibilidade de receber reagentes químicos, e misturá-los promovendo a reação química de forma controlada, utilizando a reação química para dissolver os bloqueios causados pelos hidratos e parafinas. O problema objeto da US2007151475A1 é diferente do assunto objeto da presente invenção.

Breve Descrição dos Desenhos

[0013] A presente invenção será descrita com mais detalhes a seguir com referência aos desenhos em anexo, que, de uma forma não limitativa do escopo inventivo, representa um modo preferencial de execução. Assim, tem-se que:

- a Figura 1 apresenta uma visão geral dos sistemas de produção marítima e do sistema proposto pela presente invenção;
- a Figura 2 apresenta uma visão geral do sistema de desobstrução proposto pela presente invenção;
- a Figura 3 apresenta diferentes configurações para o reator da presente invenção;
- a Figura 4 apresenta diferentes configurações para o difusor da presente invenção; e
- a Figura 5 apresenta uma configuração opcional para o sistema da presente invenção.

Descrição Detalhada da Invenção

[0014] Para fins da presente invenção, os poços marítimos (01) são interligados às Unidades Estacionárias de Produção (UEP) (03) através de dutos rígidos ou de dutos flexíveis (02). Adicionalmente, tais unidades (03) podem ser interligadas a outras unidades ou a estações de terra, também através de dutos rígidos ou flexíveis (02). Tais dutos podem, eventualmente, sofrer restrições ou bloqueios (04), impedindo a produção normal ou a transferência de fluidos. Esse sistema pode ser observado em detalhes na figura 1.

[0015] Para conseguir eliminar esse bloqueio de forma controlada é utilizado um sistema que se estende desde a UEP (11), passando pelo interior do umbilical (12) e indo até a ferramenta (13). Na UEP (11) há pelo menos um reservatório para a solução A (14) e, opcionalmente, outros reservatórios para outras soluções, como, por exemplo, um reservatório para a solução B (15). Essa configuração opcional com dois fluidos é a solução mostrada em detalhes na figura 2.

[0016] Adicionalmente, há uma bomba para a solução A (16) e uma bomba para a solução B (17). Essas bombas permitem a injeção dos fluidos de forma controlada. No umbilical, cada solução se desloca por uma linha hidráulica, a solução A por uma linha (18) e a solução B por outra (19) no mesmo umbilical. No robô, válvulas de controle permitem a injeção da solução A (20) e da solução B (21) ou realizam o bloqueio. A solução liberada ou as soluções liberadas se deslocam para o reator (22), onde eventualmente reagem. Elas passam então por uma válvula de retenção (23), que serve para impedir a entrada de fluidos da linha a ser desobstruída para dentro do reator. Na sequência passam pelo difusor (24), que permite a saída dos fluidos para a linha.

[0017] O reator (22) segundo a presente invenção pode assumir diversas configurações, como, por exemplo, uma configuração aleatória (31), labirinto (32) ou chicanas (33), conforme mostrado na figura 3.

[0018] O difusor (24) segundo a presente invenção também pode assumir diferentes configurações, como, por exemplo, difusor concentrado (41) e difusor homogêneo (42), conforme mostrado na figura 4.

[0019] A Figura 5 apresenta uma configuração opcional para o sistema, com as linhas chegando em um reator tipo labirinto (51). Do reator, o sistema passa pela válvula de retenção (52) e sai pelo difusor (53).

[0020] Vale ressaltar que a presente invenção propõe a utilização de uma ferramenta (05), conectada a um dispositivo de locomoção, por exemplo, um robô, com um cabo umbilical (06). Tal ferramenta irá proporcionar uma reação controlada nas proximidades da obstrução, a fim

de realizar a sua remoção, utilizando para gerar a reação controlada um sistema de injeção e controle.

[0021] As soluções A e B usadas na presente invenção podem ser dois componentes que, trabalhando conjuntamente, gerem uma reação altamente exotérmica, como por exemplo nitrito de sódio e cloreto de amônio em meio ácido. Nessa condição, ao reagir, os componentes liberam calor permitindo a dissociação do hidrato ao retirá-lo de seu envelope de estabilidade. Pode permitir ainda a dissolução de parafina, ao levar a temperatura para valores acima da TIAC. Como há duas bombas (16 e 17) e duas válvulas (20 e 21) para controlar independentemente a vazão dos componentes, pode-se controlar o processo através do uso de sensores próximos ao sistema de desobstrução, evitando assim descontrolar as reações e possível dano à linha a ser desobstruída. Isso evita, por exemplo, que camadas poliméricas da linha flexível (02) sejam degradadas.

[0022] A presente invenção pode ser aplicada também para a realização de outras reações, de forma controlada, no interior de tubulações. Tais reações podem ser utilizadas, além de operações de limpeza, para injeção controlada de inibidores de corrosão, agentes espumantes, agentes antiespumantes, etc.

[0023] O reator (22) pode assumir diferentes configurações, como, por exemplo, uma configuração de empacotamento aleatório (31), chicanas (32) ou labirinto (33). Nesse último caso, podem ser utilizados labirintos sequenciais para aumentar a efetividade da mistura e reduzir o tempo de reação. O difusor (24) também pode assumir diferentes configurações, como, por exemplo, difusor concentrado (41) e difusor homogêneo (42). O sistema pode, opcionalmente, possuir um sistema associado para identificação da obstrução, por exemplo, através de uma mola e um sensor hall (56). Neste caso, ao entrar em contato com a obstrução, a parte frontal do sistema comprime a mola e altera a posição do sensor hall. Essa alteração na posição do sensor hall altera o fluxo magnético sobre ele e indica a presença da obstrução. O sistema pode ainda, opcionalmente,

possuir um sistema para amortecimento de impacto (55) decorrente da liberação da pressão confinada pelas obstruções.

[0024] Vale ressaltar que o sistema acima mencionado foi testado em escala laboratorial. O teste consistiu no bombeamento contínuo de duas soluções de nitrito de sódio e cloreto de potássio em um tubo resfriado a 4°C. Durante esse teste, os componentes reagiram e aqueceram a região de forma controlada, permitindo um aumento significativo de temperatura.

[0025] Deve ser notado que, apesar de a presente invenção ter sido descrita com relação aos desenhos em anexo, esta poderá sofrer modificações e adaptações pelos técnicos versados no assunto, dependendo da situação específica, mas desde que dentro do escopo inventivo aqui definido.

Reivindicações

1. SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA, caracterizado por ser um sistema de controle em malha fechada de uma ferramenta capaz de permitir a realização de uma reação controlada nas proximidades da obstrução, utilizando-se para tal uma unidade robótica para limpeza ou remoção de obstruções no interior de linhas, como hidrato ou parafina, e um sistema de injeção controlada de fluidos reagentes.
2. SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender válvulas de controle presentes no robô para injeção e controle da vazão da solução A (20) e da solução B (21), que se deslocam para o reator (22).
3. SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelas válvulas de controle presentes no robô que realizam o bloqueio de vazão das soluções A e B quando a reação sai do controle.
4. SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelas soluções A e B serem dois componentes que ao trabalharem conjuntamente geram uma reação exotérmica.
5. SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por incluir sensor ou sensores de temperatura próximos ao sistema de desobstrução para evitar superaquecimento e conseqüentemente dano à linha.
6. SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela ferramenta apresentar um controle em malha fechada de temperatura, em que o valor de temperatura lido no

sensor de temperatura é direcionado a um controlador que ajusta a vazão das bombas (16) e (17) para evitar superaquecimento e conseqüentemente dano à linha.

7. SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o dito reator (22) reduz o tempo de reação e aumenta sua eficiência.

8. SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA, de acordo com as reivindicações 2 ou 7, caracterizado pelo reator (22) ter configurações selecionadas a partir do grupo que consiste em uma configuração aleatória (31), de labirinto (32) ou de chicanas (33).

9. SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender um difusor (24) para saída dos fluidos para a linha.

10. SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo dito difusor (24) ter configurações selecionadas a partir do grupo que consiste em um difusor concentrado (41) e um difusor homogêneo (42).

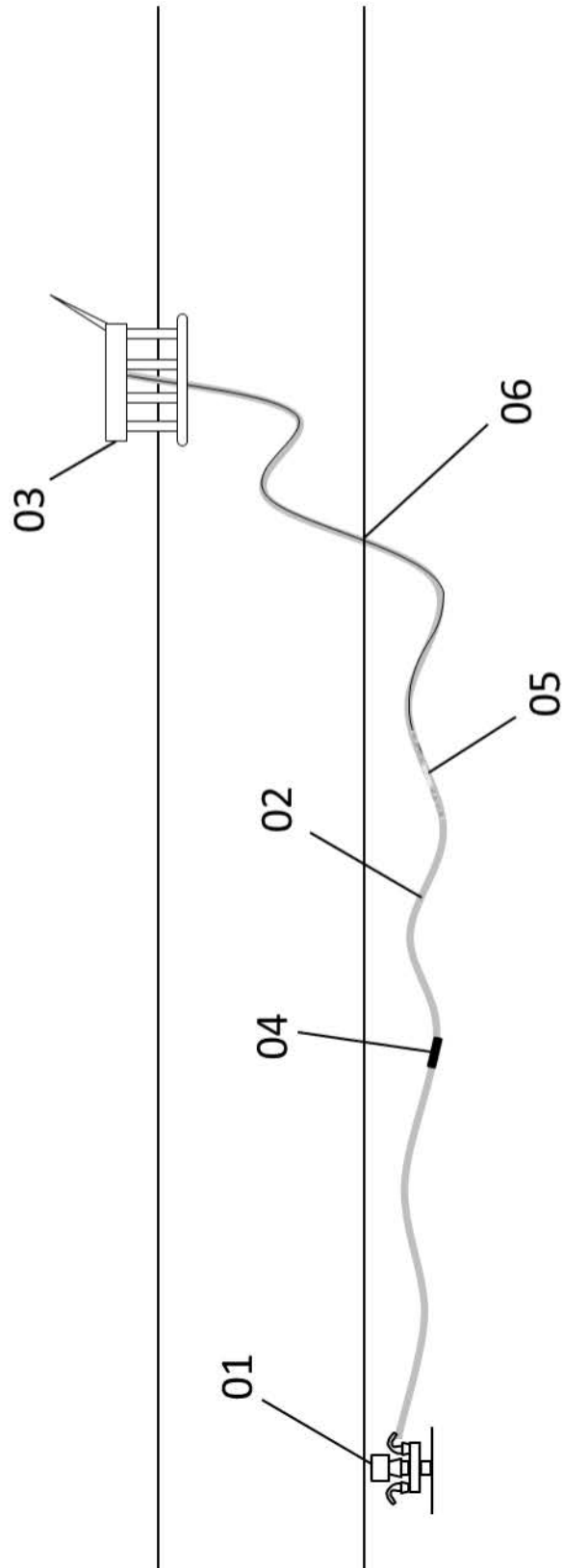


Figura 1

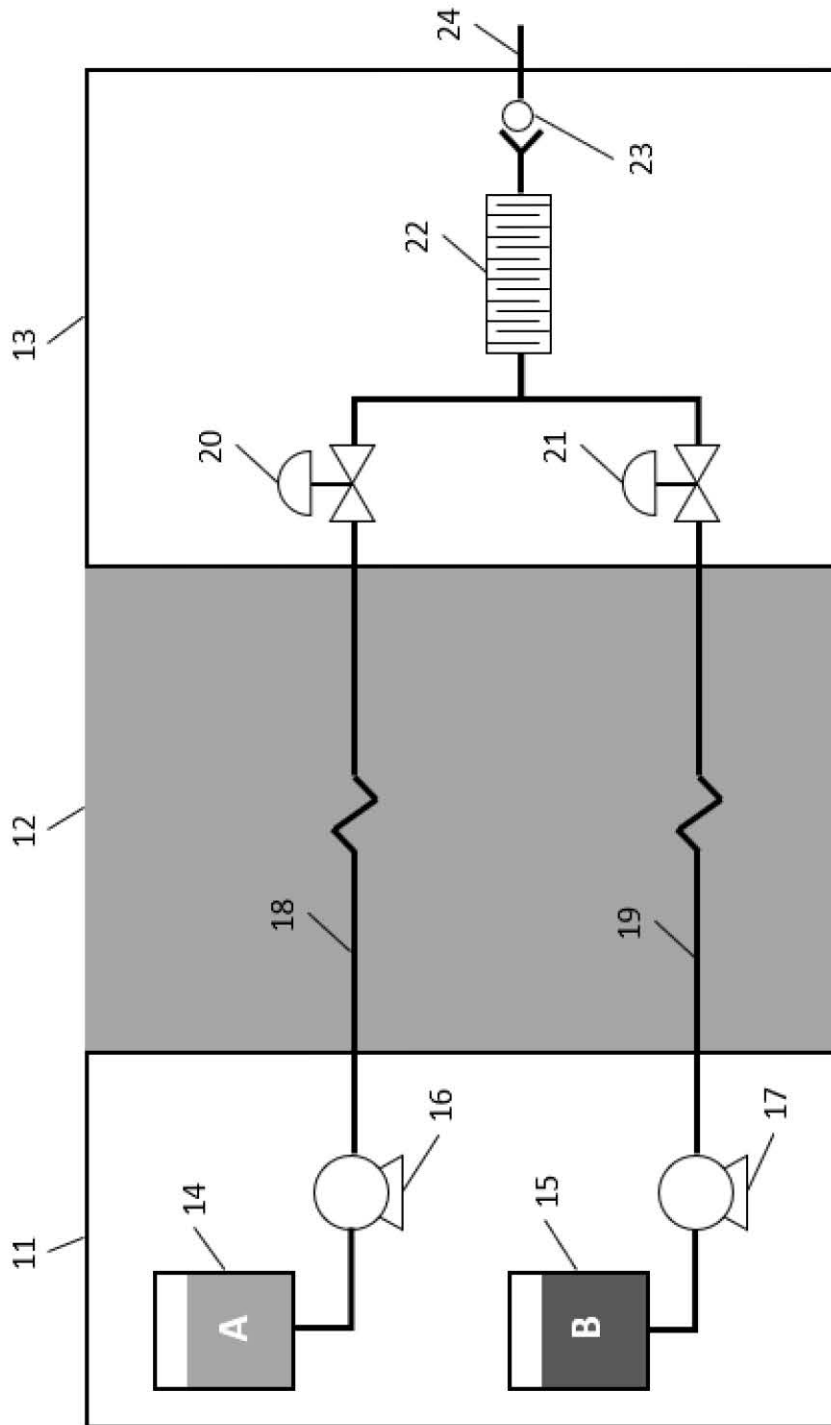


Figura 2



Figura 3

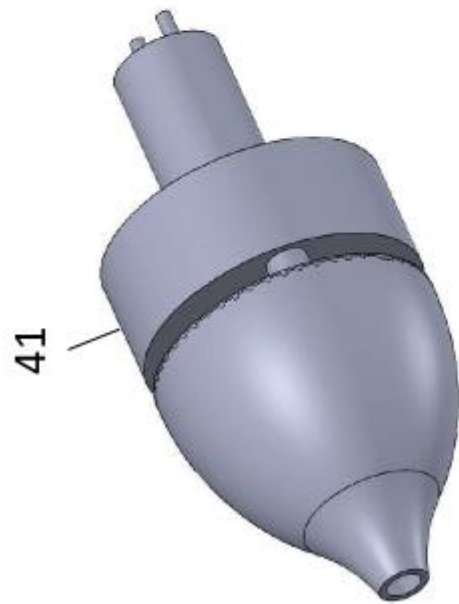
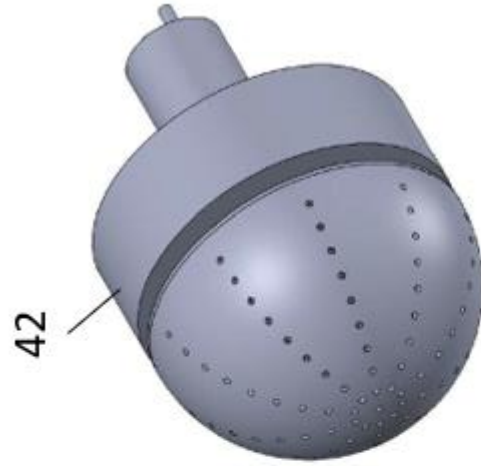


Figura 4

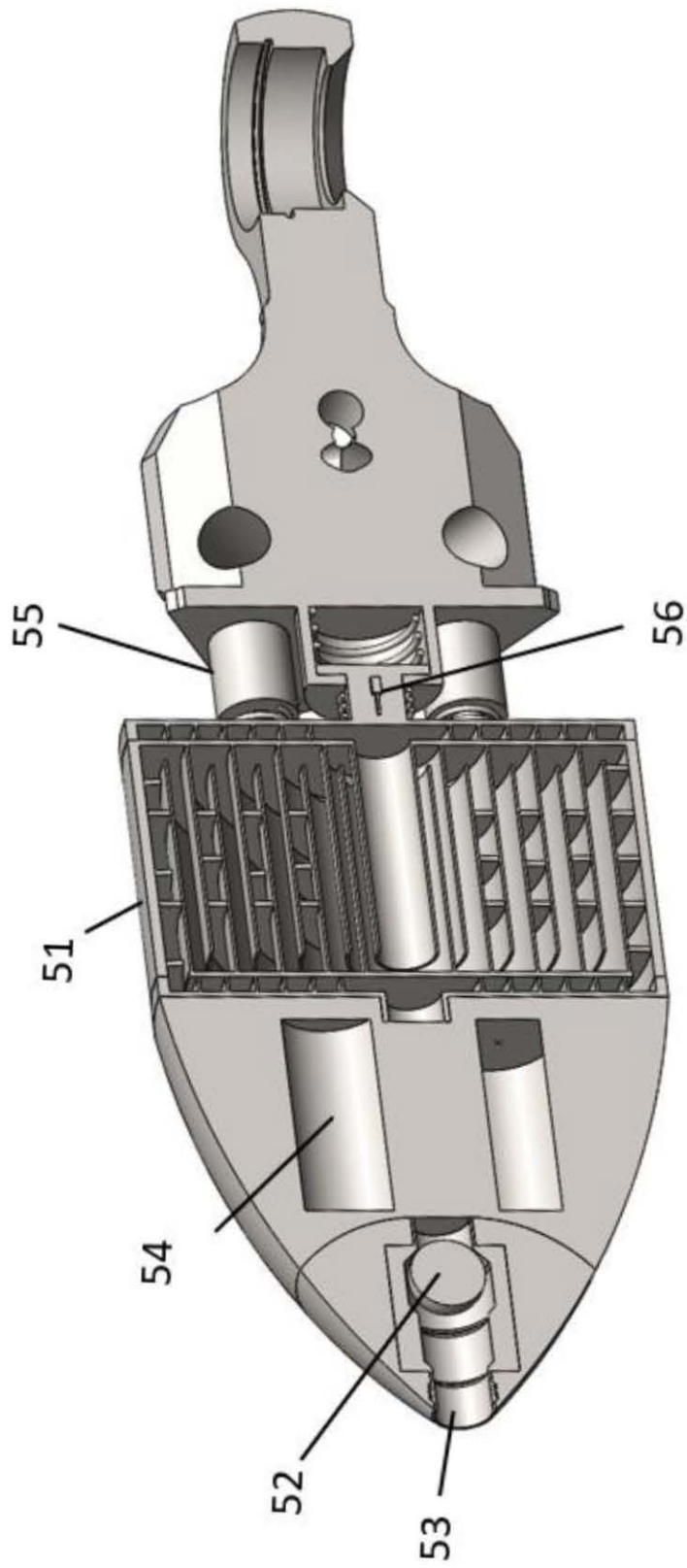


Figura 5

Resumo**“SISTEMA PARA DESOBSTRUÇÃO OU LIMPEZA DE DUTOS ATRAVÉS
DE UMA REAÇÃO LOCAL CONTROLADA”**

A presente invenção propõe a utilização de uma ferramenta, conectada a um dispositivo de locomoção como, por exemplo, um robô, com um cabo umbilical para proporcionar uma reação controlada nas proximidades da obstrução, a fim de realizar a sua remoção. Para conseguir realizar essa reação controlada é utilizado um sistema de injeção e controle, podendo ser um sistema de controle em malha fechada.