



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

(21) PI 1102236-1 A2



(22) Data do Depósito: 04/05/2011

(43) Data da Publicação: 15/12/2015

(RPI 2345)

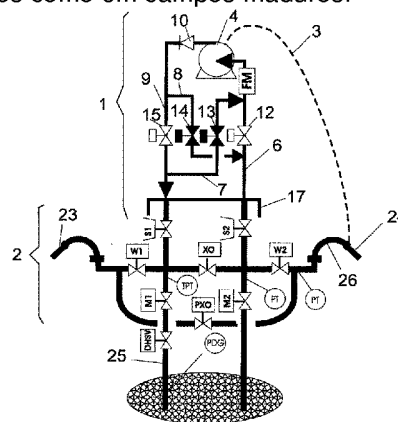
(54) Título: EQUIPAMENTOS SUBMARINOS CONECTADOS E INTEGRADOS COM SISTEMAS DE DESPRESSURIZAÇÃO

(51) Int. Cl.: E21B 43/34

(73) Titular(es): PAULA LUIZE FACRE RODRIGUES

(72) Inventor(es): PAULA LUIZE FACRE RODRIGUES

(57) Resumo: EQUIPAMENTOS SUBMARINOS CONECTADOS E INTEGRADOS COM SISTEMAS DE DESPRESSURIZAÇÃO. Uma capa de árvore de natal molhada (1) ou um módulo de conexão (26) ou um conjunto de linhas de fluxo submarinas ou um riser (27) conectados e integrados com sistemas despressurização viabiliza a produção de petróleo, com menores perdas de produção resultantes de bloqueio de hidrato. Em caso de paradas de produção, previstas e não previstas, é possível despressurizar preventivamente equipamentos e linhas submarinas, com a finalidade de prevenir a formação ou mesmo remover hidratos, que já tenham se formado. A operação é remota a partir de uma unidade de produção, não requerendo o uso de barco ou Sonda. É aplicável tanto em projetos de campos novos como em campos maduros.



EQUIPAMENTOS SUBMARINOS CONECTADOS E INTEGRADOS COM SISTEMAS DE DESPRESSURIZAÇÃO

CAMPO DE INVENÇÃO

A presente invenção pertence ao campo dos sistemas e equipamentos submarinos, onde um sistema de despressurização é conectado e integrado com equipamentos submarinos com o objetivo de prevenir e remover hidratos; tanto nos próprios equipamentos como nas linhas submarinas conectadas aos mesmos.

ESTADO DA TÉCNICA

A produção de petróleo, no mar, requer a perfuração de poços de produção e injeção; e a instalação de equipamentos, tais como: árvore de Natal, coletores de produção (conhecidos como *manifolds*), separadores de líquido e gás, sistemas de elevação, linhas de produção entre a cabeça dos poços e a unidade de produção (UP). A UP pode estar localizada sobre uma embarcação, numa plataforma fixa ou em terra.

Para a segurança e controle de poços submarinos, são instalados equipamentos conhecidos por Árvore de Natal Molhada (ANM), onde existe um conjunto de válvulas para bloqueio da coluna de produção, outro conjunto de válvulas para bloqueio do espaço anular do poço; além das interligações com as linhas de produção, anular e umbilical através de módulos de conexão.

No escoamento, de poços submarinos em águas profundas, líquidos produzidos têm contato com gases em condições de baixas temperaturas e altas pressões, podendo ocorrer bloqueios por hidratos, tanto internamente na ANM como nas linhas de fluxo, de produção e do anular.

Para melhorar o fator de recuperação dos reservatórios são empregados diversos processos de recuperação secundária de petróleo, que requerem a injeção de fluidos na forma de gás ou líquido, que podem ser água, gás natural, CO², etc. Um desses processos é a injeção

alternada de gás e água, conhecido por *Water-alternating-gas* - WAG, que em águas profundas apresenta grande risco de formação de hidrato.

As variáveis que mais influenciam, a formação e combate ao hidrato, são: pressão e temperatura. Usualmente é mais prático despressurizar as
5 linhas e equipamentos submarinos do que tentar aumentar a temperatura dos mesmos. Diversos métodos de despressurização vêm sendo desenvolvidos e aplicados.

O primeiro combate, quando possível, é realizado pela despressurização da linha de anular e abertura da válvula de *cross over*,
10 existente na ANM, para comunicação das linhas de anular e produção; e conseqüente despressurização da linha de produção.

Uma segunda possibilidade de combate é a despressurização da linha de produção a partir da extremidade que está ligada a Unidade de Produção. Uma das técnicas utilizadas é a descida de um tubo flexível,
15 também conhecido por *coil tubing*, por dentro do *riser* para injeção de nitrogênio. Por vezes, tal Unidade de Produção não possui recursos ou espaço que permitam a montagem de unidade de tubo flexível e o combate eficiente do hidrato, ou tal procedimento não é suficiente; já que usualmente a Unidade de Produção é ancorada numa lamina de água
20 menor que a maioria dos poços, restando ainda uma coluna hidrostática entre o pé do *riser* e as ANMs de cada poço.

Outra possibilidade é fazer o combate do hidrato a partir da extremidade da linha de produção, que esta ligada diretamente a ANM do poço produtor, através de uma Sonda marítima de completação. Devido à
25 complexidade das operações, tal trabalho pode durar dias, onerando extremamente os custos. Embora, seja desejável a despressurização de ambas as extremidades, é comum por limitações operacionais executar a despressurização somente por uma extremidade.

O documento US 4589434 publicado em 20/05/1986, descreve um
30 aparato e método para prevenir a formação de hidrato em oleodutos e

gasodutos. Basicamente descreve um aparato para depressurização baseado num separador gás líquido submarino (11), com um sistema de riser duplo, concêntricos, onde líquido é bombeado por uma bomba (32) através da coluna (34) e gás flui pelo espaço anular entre a coluna (34) e o riser (30). O nível do separador (11) é controlado pelos elementos (44) e (40). Apesar daquele invento já estar em domínio público há mais de 5 anos após expiração do prazo de 20 anos da patente; desconhece-se a comercialização ou utilização do mesmo, tanto pelo próprio requerente como por terceiros, em sistemas de produção submarina de petróleo em qualquer lamina de água. Tal aplicação nunca foi aplicada extensivamente, provavelmente por apresentar limitações e dificuldades, principalmente em águas profundas, tais como: bombas submarinas apresentam alto custo e baixa confiabilidade, necessidade de um sistema de separação de gás e líquido submarino com controle de nível, dificuldade de construção de uma linha submarina de alívio tipo *riser*, conectada com a superfície, com uma coluna tubular interna para bombeamento de líquido. Em águas profundas a contra pressão da coluna de gás será alta, obrigando pressões de separação também altas, em torno de 20 Kg/cm², o que poderá inviabilizar a dissolução do hidrato. Adicione-se a grande dificuldade de instalação e troca da bomba (32), que provavelmente irá requerer uma Sonda. Além da inviabilidade técnica econômica de aplicar tal aparato extensivamente em sistemas de produção submarina, isto é, um aparato em cada equipamento e linha submarina.

No pedido de patente americano US 2010/0047022 foi descrito um sistema para remoção de hidrato baseado numa embarcação de intervenção dotada de *riser* enrolado que se conecta a um ponto do sistema submarino ou diretamente ao topo de uma ANM, de forma a criar um anel aberto onde numa extremidade está a Unidade de produção e do outro lado a dita embarcação. Apesar dos méritos de tal invenção, continuam a existir perdas de produção consideráveis, vários dias, até que

o barco seja mobilizado e conectado ao fundo do mar pelo dito *riser* enrolado. Além disso, o processo de redução de pressão, despressurização, utiliza circulação de nitrogênio; não utilizando bomba de fundo, o que torna a despressurização mais demorada e menos eficiente.

- 5 Tal sistema somente é mobilizado após a formação do hidrato, se limitando a promover somente a remediação e não promovendo qualquer tipo de prevenção.

10 Geralmente os poços submarinos estão distantes, alguns quilômetros, da unidade de produção; sendo altamente desejável poder realizar operações de prevenção e remoção de hidrato, de forma imediata e remota, sem necessidade de Sonda ou embarcação; de forma a reduzir ou eliminar perdas de produção.

15 As técnicas de prevenção de hidrato atualmente utilizadas são: injeção de produtos químicos para inibição e uso de isolamentos térmicos espessos nas linhas de produção. Apesar dos méritos, tais técnicas não eliminam por completo a ocorrência de hidratos que ainda são responsáveis por perdas de produção consideráveis.

20 As deficiências, acima descritas do estado da arte, são superadas de acordo com a presente invenção pelo uso de um sistema de despressurização, baseado em bomba, que pode ser facilmente conectado e integrado com um equipamento ou linha submarina, por exemplo: com uma capa de árvore de natal ou Módulo de conexão submarino. Uma linha auxiliar de umbilical integrado, de pequeno diâmetro, pode receber a descarga da bomba de despressurização, aumentando a flexibilidade operacional do sistema sem aumento significativo no custo de construção e lançamento.

25 Ainda, é proposta uma concretização que permite a despressurização pela extremidade da linha de produção, que está conectada com a Unidade de Produção; através de um sistema despressurizador conectado no pé do riser ou alternativamente pela

30

descida, por dentro do *riser*, de uma bomba e obturador (packer) inflável por meio de um cabo, conhecido por wireline.

É apresentada também uma concretização para poços de alta vazão, com ou sem separador de gás líquido instalado no interior do poço, com linhas de produção e anular de igual diâmetro, usadas para produzir e possibilitar passagem de pig de inspeção e limpeza.

As limitações acima descritas são resolvidas pelo uso de um sistema de despressurização baseado em uma bomba de jato de baixo custo, sem partes móveis, de alta confiabilidade, onde todo acionamento da mesma é transferida para a superfície da unidade de produção, facilitando sua operação e manutenção. Além disso, o fluido removido pode ser reinjetado no poço ou numa linha existente ou retornado para a UP por uma linha auxiliar de pequeno diâmetro que pode ser integrada na mesma estrutura do umbilical eletro hidráulico ou linha de anular. Com isto há um aproveitamento da infra estrutura dos sistemas de produção, sem aumento nos custos de construção e instalação.

O sistema de despressurização ora proposto, baseado em bomba submarina de pequena vazão, facilita a prevenção ou remoção de hidratos, sem emprego de Sondas ou embarcações, de forma ágil e minimizando o uso de produtos químicos inibidores. Pela simplicidade do sistema e baixo custo é possível distribuir e conectar um conjunto de sistemas de despressurização; nos equipamentos, linhas e *risers* dos sistemas de produção submarino; permitindo que a prevenção e remoção de hidrato seja executada por mais de um ponto, simultaneamente e remotamente, a partir da UP.

Apesar de no estado da técnica já existir sistemas de bombeamento, onde bombas são instaladas sobre no solo marinho ou integradas com árvores de natal submarinas, a finalidade e funcionalidade da presente invenção é distinta e diversa. No estado atual da técnica são utilizadas bombas submarinas de alta vazão, alta potência, simplesmente para

aumentar as vazões produzidas. Na aplicação ora proposta, as bombas para despressurização ficam desligadas durante a produção e são acionadas somente em caso de paradas de produção, preferencialmente de modo remoto a partir da Unidade de Produção, para despressurizar
5 linhas de fluxo e equipamentos submarinos, evitando ou removendo hidratos. Neste caso tais bombas, acionadas eventualmente, requerem potências bem menores do que as citadas bombas de produção.

Além disso, apesar de existir produção de petróleo em águas profundas a mais de uma década, com centenas de ocorrência de
10 bloqueio por hidrato, que geram perdas de produção extremamente altas; não existe nenhum equipamento submarino ou sistema de prevenção e remoção de hidrato, de baixo custo, que trabalhe com o princípio de despressurização imediata e remota a partir da UP, com múltiplos pontos de despressurização, por exemplo: nas árvores, nos *manifolds*, nos *risers*
15 e demais equipamentos submarinos.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção viabiliza um sistema de despressurização para prevenção e remoção de hidrato, aplicável a poços submarinos individuais ou grupo de poços, produtores ou injetores, em campos de petróleo no
20 mar.

Em águas profundas, usualmente cada árvore de natal molhada tem: um módulo de conexão de produção, um módulo de conexão do anular e um módulo para ancoragem do umbilical eletro hidráulico. Com o uso de controle multiplexado, o número de linhas hidráulicas do umbilical é
25 reduzido facilitando a integração da linha de anular com o umbilical numa única estrutura. É possível, ainda, adicionar pelo menos uma linha auxiliar, extra, de pequeno diâmetro, por exemplo: de 1 ½ ”; para funcionar como linha de escoamento de fluídos retirados ou linha de fluído motriz para acionamento de uma bomba de jato; ou ainda adicionar um cabo de

potência para acionar uma bomba elétrica multifásica para despressurização.

5 Tal bomba, acionada elétrica ou hidráulicamente, pode ser integrada com diversos equipamentos submarinos, entre eles: uma capa de ANM, um módulo de conexão submarina, um *manifold*, um *riser*; para viabilizar operações de despressurização como medida preventiva ou corretiva de remoção de hidratos. O sistema de despressurização pode também ser montado num módulo recuperável por meio de cabo e barco, para facilitar possíveis manutenções na bomba.

10 A bomba instalada na capa da ANM, de acordo com a posição aberta ou fechada de um conjunto de válvulas seleciona qual trecho será succionado e despressurizado, por exemplo: coluna de produção, linha de produção ou linha de anular. Igualmente de acordo com a posição de válvulas de descarga da bomba, o fluido bombeado poderá ser
15 direcionado para diferentes pontos, por exemplo: linha de produção, linha de anular, coluna de produção ou linha auxiliar de retorno.

Em caso de paradas de produção, previstas e não previstas, é possível despressurizar trechos das linhas de fluxo e equipamentos, por exemplo: ANM, com a finalidade de prevenir a formação ou remover,
20 hidratos, que por ventura tenham se formado.

A presente invenção apresenta as seguintes vantagens:

- permite a prevenção e remoção de hidrato, de forma rápida e remotamente, a partir da UP;
- reduz o risco de hidrato, já que é possível despressurizar linhas paradas;
- 25 - reduz o consumo de produtos químicos, já que haverá menor consumo de produtos para inibir a formação de hidrato;
- facilita a partida pela indução de surgência de poços através da redução da contra pressão das linhas de produção;
- minimiza paradas e perdas de produção, já que o início das operações
30 de prevenção ou remoção de hidrato é quase imediata, não necessitando

aguardar pela disponibilidade de recursos críticos e caros, tais como: embarcações ou Sondas.

- viabiliza arranjos e agrupamento de poços inovadores.
- permite limpar e despressurizar equipamentos submarinos, previamente,
- 5 antes da remoção dos mesmos;
- pode ser aplicada para operações de limpeza de poços injetores através de fluxo reverso de alta vazão;
- é facilmente aplicada em sistemas de produção com *manifold* sem prejudicar a produção;
- 10 - se conecta e integra facilmente com equipamentos e linhas submarinas, não onerando os custos de construção e instalação.

O despressurizador pode ser concretizado por diversos tipos de bombas, acionadas elétrica ou hidráulicamente; por exemplo: uma bomba de jato. Diversas substâncias podem ser usadas como fluído motriz com

15 adição de substâncias inibidoras de hidrato.

Numa primeira concretização, Figuras de 1 a 3, o despressurizador é montado integrado à capa ou ao módulo de conexão permanecendo instalados na ANM durante a produção, e operado remotamente da UP.

Numa segunda concretização, Figuras 4 e 5, um sistema de

20 despressurizador é montado no pé de um *riser*, permitindo despressurização remota pelo lado da UP.

É possível combinar o uso de despressurizadores no pé dos *risers* com despressurizadores conectados em equipamentos submarino, por exemplo: uma capa de ANM; de forma a viabilizar de despressurização por

25 duas extremidades, tornando a operação mais rápida e segura.

Na concretização de despressurizador integrado com o módulo de conexão, o mesmo pode ser montado integrado com o módulo de conexão da linha de anular. Alternativamente, o despressurizador pode ser integrado com o módulo de conexão do umbilical.

O presente sistema compreende algumas modalidades, que serão mais bem detalhadas nas diversas Figuras que acompanham o presente pedido.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

5 A Figura 1A mostra esquematicamente uma capa de ANM conectada com um sistema despressurizador.

A Figura 1B mostra esquematicamente um Módulo de Conexão com sistema despressurizador, concretizado por bomba elétrica.

10 A Figura 1C mostra esquematicamente a secção de um umbilical eletro hidráulico integrado com a linha de anular e cabo de potência.

A Figura 2A mostra esquematicamente uma capa de ANM com sistema despressurizador, concretizado por bomba acionada hidráulicamente.

15 A Figura 2B mostra esquematicamente um Módulo de Conexão com sistema despressurizador, concretizado por bomba acionada hidráulicamente.

As Figura 2C e 2D mostram secções de um umbilical integrado com as linhas de: anular e fluido motriz.

20 A Figura 3A mostra esquematicamente uma capa de ANM com sistema despressurizador, concretizado por bomba acionada hidráulicamente com retorno do fluído por uma linha auxiliar.

A Figura 3B mostra esquematicamente uma capa de ANM com sistema despressurizador, concretizado por bomba elétrica com retorno do fluído por uma linha auxiliar.

25 As Figura 4A, 4B, 4C, 4D e 4E mostram esquematicamente um sistema de despressurização instalado no pé de um *riser*.

A Figura 5 mostra esquematicamente uma bomba descida pelo interior de um *riser* por meio de um cabo (*wireline*).

A Figura 6 mostra esquematicamente uma capa de ANM com sistema despressurizador, concretizado por bomba acionada por um veículo submarino de operação remota, conhecido por ROV.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

- 5 Para todas as Figuras serão utilizadas a seguinte lista de referência de componentes:
- 1 – capa com sistema despressurizador
 - 2 – ANM de poço submarino
 - 3 – cabo de potência elétrica
 - 10 4 – bomba elétrica
 - 5 – bomba acionada hidraulicamente
 - 6 – linha de sucção do anular
 - 7 – linha de sucção de produção
 - 8 – linha de descarga do anular
 - 15 9 – linha de descarga de produção
 - 10 – válvula de retenção
 - 11 – embarcação de intervenção
 - 12 – válvula de sucção do anular
 - 13 – válvula de sucção de produção
 - 20 14 – válvula de descarga do anular
 - 15 – válvula de descarga de produção
 - 16 – linha de fluido motriz
 - 17 – conector
 - 18 – umbilical eletro hidráulico, conhecido por umbilical de controle
 - 25 19 – obturador, conhecido por *packer*
 - 20 - bomba acionada por ROV
 - 21 – interface com ROV
 - 22 – ROV
 - 23 – linha de produção
 - 30 24 – linha de anular

- 25 – coluna de produção
- 26 – módulo de conexão
- 27 – *riser*
- 28 – flange
- 5 29 – válvula de bloqueio
- 30 – umbilical integrado, combina linhas de controle c/ linhas de fluxo
- 31 – linha auxiliar
- 32 – pé do *riser*
- 33 – válvula de bloqueio do *riser*
- 10 34 – cabo, também conhecido por *wireline*
- M1 – válvula master de produção
- M2 – válvula master do anular
- W1 – válvula wing de produção
- W2 – válvula wing de anular
- 15 S1 – válvula swab de produção
- S1 – válvula swab de anular
- XO – válvula de *cross-over*
- PXO – válvula *pig cross-over* (somente ilustrada na Figura 1)
- DHSV – válvula de segurança de coluna
- 20 TPT – transmissor de pressão e temperatura
- PT – transmissor de pressão
- PDG – medidor de pressão de fundo
- FM – medidor volumétrico de fluxo

A Figura 1A mostra esquematicamente uma capa de ANM (1) com
 25 um sistema despressurizador, concretizado por uma bomba elétrica (4)
 alimentada eletricamente por um cabo de potência (3) proveniente da UP.
 As válvulas (12) e (13) permitem selecionar um ponto de sucção, que pode
 estar na: linha de produção (23), linha de anular (24) ou coluna de
 produção (25). As válvulas (14) e (15) permitem selecionar um ponto de
 30 descarga, que pode estar na: linha de produção (23), linha de anular (24)

ou coluna de produção (25). Para melhor entendimento ainda são ilustrados os elementos, válvulas, pertencentes à ANM: M1, M2, W1, W2, S1, S2, XO, PXO.

A Figura 1B mostra esquematicamente um Módulo de Conexão (26) com sistema despressurizador, concretizado por bomba elétrica (10) que succiona o trecho da linha de anular (24) que está à montante da válvula de bloqueio (29) e retorna o fluido para UP, através do trecho de linha de anular (24) a jusante da válvula de bloqueio (29). Os flanges (28) são elementos opcionais e se prestam para tornar a fabricação do sistema despressurizador independente do módulo de conexão (26). Um dos flanges (28) pode ser suprimido, caso o sistema despressurizador seja integrado com o módulo de conexão (26), numa única peça.

A Figura 1C mostra esquematicamente a secção de um umbilical integrado (30) que combina a linha de anular (24), o cabo de potência (3) e as linhas de controle numa única estrutura. Numa concretização alternativa, não mostrada na Figura, a linha de anular (24) seria convencional e o cabo de potência (3) seria integrado com o umbilical (18), numa única estrutura.

A Figura 2A mostra esquematicamente uma capa de ANM (1) com sistema despressurizador concretizado por bomba acionada hidraulicamente (5), por uma linha de fluido motriz (16) proveniente da UP. Similarmente a Figura 1, as válvulas (12) e (13) permitem selecionar um ponto de sucção, que pode estar na: linha de produção (23), linha de anular (24) ou coluna de produção (25) e as válvulas (14) e (15) permitem selecionar um ponto de descarga, que pode estar na: linha de produção (23), linha de anular (24) ou coluna de produção (25). Para facilitar o lançamento e reduzir o número de *risers*, a linha de fluido motriz (16) pode ser integrada com o umbilical eletro hidráulico (18) ou com a linha de anular (24), vide Figuras 2C e 2D, respectivamente.

A Figura 2B mostra esquematicamente um Módulo de Conexão (26) com sistema despressurizador, concretizado por bomba acionada hidraulicamente (5), pela linha de fluído motriz (16).

Na Figura 2C, a linha de fluído motriz (16) está integrada numa mesma estrutura do umbilical eletro hidráulico (18), formando um umbilical integrado (30). Na Figura 2D a linha de fluído motriz (16) está integrada na mesma estrutura da linha de anular (24).

Resumidamente, a linha de fluído motriz (16) ou o cabo elétrico de potência (3), utilizados nas Figuras 1A, 1B, 2B, 2B podem ser integrados com: o umbilical eletro hidráulico (18) numa única estrutura, com a linha de anular (24) independente; ou ainda se a linha de anular (24) tiver diâmetro pequeno, por exemplo: 2", é possível a integração da linha de fluído motriz (16), o umbilical eletro hidráulico (18) e a linha de anular (24), numa única estrutura, denominada umbilical integrado (30), facilitando a operação de lançamento e reduzindo o número de *risers* da UP.

A Figura 3A mostra esquematicamente uma capa de ANM (1) com sistema despressurizador concretizado por uma bomba elétrica (4) alimentada eletricamente por um cabo de potência (3) proveniente da UP. As válvulas (12) e (13) permitem selecionar um ponto de sucção, que pode estar na: linha de produção (23), linha de anular (24) ou coluna de produção (25). Nesta concretização, o cabo de potência (3) e a linha auxiliar (31) utilizada para retorno de fluído retirado são integradas com o umbilical eletro hidráulico (24), numa única estrutura denominada umbilical integrado (30), vide Figura 3B.

A Figura 3B mostra esquematicamente uma capa de ANM (1) com sistema despressurizador concretizado por bomba acionada hidraulicamente (5), por uma linha de fluído motriz (16) proveniente da UP. As válvulas (12) e (13) permitem selecionar um ponto de sucção, que pode estar na: linha de produção (23), linha de anular (24) ou coluna de produção (25). Nesta concretização, a linha de fluído motriz (16) e a linha

auxiliar (31) utilizada para retorno de fluido são integradas com o umbilical eletro hidráulico (24), numa única estrutura denominada umbilical integrado (30), vide Figura 3D.

5 A Figura 4 mostra um sistema de despressurização instalado no pé do *riser* (32), melhor detalhados pelas Figuras 4A, 4B, 4C e 4D.

A Figura 4A mostra uma concretização com uma bomba acionada hidráulicamente (5), através da linha de fluido motriz (16); com o fluido retornando pelo próprio *riser* (27), no trecho a jusante da válvula de bloqueio do *riser* (33).

10 A Figura 4B mostra uma concretização com uma bomba acionada hidráulicamente (5), através da linha de fluido motriz (16) e o fluido retornando por uma linha auxiliar (31).

A Figura 4C mostra uma concretização com uma bomba elétrica (4) e o fluido retornando pelo próprio *riser* (27) a jusante da válvula de bloqueio do *riser* (33).

15 A Figura 4D mostra uma concretização com uma bomba elétrica (4) e o fluido retornando por uma linha auxiliar (31).

A integração entre o *riser* (27) e a bomba de despressurização (4) ou (5) pode ser direta ou através do uso de uma base de apoio, tipo Plet, não mostrada na Figura. Em estruturas do tipo Plet, o sistema de despressurização poderá também ser integrado aos módulos de conexão de forma semelhante às apresentadas nas Figuras 1B e 2B.

25 A Figura 5 mostra esquematicamente uma bomba elétrica (4) descida pelo interior de um *riser* (27) por meio de um cabo (34). Um obturador (19) é utilizado para promover a vedação entre a sucção e descarga da bomba elétrica (4). A bomba succiona o trecho do *riser* (27) a montante da própria bomba (4) e descarrega para o trecho ascendente do *riser* (27), a jusante da própria bomba (4).

30 A Figura 6 mostra esquematicamente uma capa de ANM (1) com sistema despressurizador concretizado por bomba (20) acionada por um

veículo submarino de operação remota, conhecido por ROV (22). A interface com ROV (21) transmite energia, hidráulica ou mecânica, para acionamento da bomba (20). Neste caso as válvulas de bloqueio (12), (13), (14), (15) poderão ser operadas por ROV dispensando alimentação elétrica ou hidráulica. Esta concretização tem aplicação para campos existentes, onde não se deseja lançar novos umbilicais e cabos de potência; entretanto dependem de recursos de ROV e embarcações.

O Medidor de vazão (FM), indicados nas Figuras, é um elemento opcional que ajuda acompanhar a operação de dissolução do hidrato.

As válvulas de bloqueio indicadas em todas as Figuras poderão além de operadas por ROV, possuírem atuadores elétricos ou hidráulicos, para facilitar operações remotas, sem depender de embarcações.

Pela simplicidade e baixo custo do sistema de despressurização ora proposto é possível distribuir e conectar múltiplos sistemas de despressurização, distribuídos pelos equipamentos, linhas e *risers* dos sistemas de produção submarino; permitindo que a prevenção e remoção de hidrato possa ser realizada por mais de um ponto, simultaneamente e remotamente, a partir da UP. Por exemplo: é possível a instalação de um despressurizador em cada ANM, um em cada *manifold* e um no pé de cada *riser*.

Embora a presente invenção tenha sido descrita em relação às suas modalidades preferidas, é óbvio a um especialista na arte que são possíveis várias alterações e modificações sem se afastar do escopo da presente invenção, que está determinado pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1 – Capa de árvore de natal (1) acoplada com um sistema para despressurização de linhas de fluxo e equipamentos submarinos, caracterizada por:

5 - uma bomba, elétrica (4) ou acionada hidraulicamente (5) ou acionada por ROV (20), operada remotamente a partir da UP, é acoplada a um conjunto de válvulas de bloqueio, a jusante e montante da bomba (4) ou (5) ou (20), de modo a ser possível succionar e despressurizar uma linha de anular (24) com descarga de fluídos para a coluna de produção 10 (25) ou para a linha de produção (23) ou para a linha auxiliar (31); ou alterando a posição de válvulas succionar e despressurizar a linha de produção (23) com descarga de fluídos para a coluna de produção (25) ou para a linha de anular (24) ou para a linha auxiliar (31); e ainda um conector (17), para conexão da capa com o corpo da ANM;

15 2 – Módulo de conexão (26), para interligação de linhas e equipamentos submarinos, conectado e integrado com um sistema para despressurização de linhas de fluxo e equipamentos submarinos, caracterizado por:

 - possuir uma bomba, elétrica (4) ou acionada hidraulicamente (5) 20 ou acionada por ROV (20); controlada e operada remotamente, a partir da UP; acoplada a um conjunto de válvulas de bloqueio, a jusante e montante da bomba (4) ou (5), de modo a ser possível succionar e despressurizar um lado da válvula (29) retornando o fluido para o outro lado da dita válvula (29) ou por uma linha auxiliar (31). Um conector (17) conecta o 25 módulo de conexão (26) com um equipamento submarino o linha qualquer;

3 – Sistema de despressurização de linhas de fluxo e equipamentos instalados no pé do *riser* (32), caracterizado por:

 - uma bomba, elétrica (4) ou acionada hidraulicamente (5) ou acionada por ROV (20), operada remotamente a partir da UP, é conectada 30 a um ponto de sucção no pé do *riser* (32) e pela sua descarga conectada,

através de uma linha auxiliar (31), ao próprio *riser* (27) ou a UP. Uma válvula de bloqueio do *riser* (33) é utilizada quando a linha auxiliar (31) é conectada ao próprio *riser* (27).

5 4 – Árvore de Natal Molhada (2) conectada e integrada com um sistema de despressurização, caracterizada por:

- o sistema de despressurização, concretizado pela bomba (4) ou (5) (20) e válvulas de bloqueio, pode estar integrado e localizado na capa (1) ou no módulo de conexão (26) ou na própria ANM (2), interligando-se à UP através de uma linha auxiliar (31); de modo a ser possível succionar e
10 despressurizar uma linha de anular (24) com descarga de fluídos para a coluna de produção (25) ou para a linha de produção (23) ou para a linha auxiliar (31); ou alterando a posição de válvulas succionar e despressurizar a linha de produção (23) com descarga de fluídos para a
15 coluna de produção (25) ou para a linha de anular (24) ou para a linha auxiliar (31);

- a linha auxiliar (31) é utilizada tanto para prover retorno de fluído da descarga da bomba (4) ou (5), como para acesso ao anular do poço.

20 5 - Árvore de Natal Molhada (2) conectada e integrada com um sistema de despressurização, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por:

- produzir simultaneamente por uma linha de produção (23) e uma linha de anular (24), de diâmetro igual ou próximo, possibilitando passagem de *pig*.

25 6 - Árvore de Natal Molhada (2) conectada e integrada com um sistema de despressurização, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por:

- um separador, gás líquido, é instalado dentro do poço, abaixo do suspensor, também conhecido por *tubing hanger*, de uma ANM (2);

30 - líquido é escoado pela linha de produção (23) e gás pela linha de anular (24);

- através de uma bomba (4) ou (5) e a linha auxiliar (31) é possível despressurizar tanto da linha de produção (23) como da linha de anular (24), reduzindo o risco de bloqueios por hidrato.

5 7 – Sistema de despressurização de equipamentos e linhas submarinas, de acordo com a reivindicação 1, 2 e 4; caracterizado por:

- uma linha auxiliar (31) retorna o fluido movimentado pela bomba (4) ou (5);

- uma linha de fluido motriz (16) aciona a bomba (5).

10 8 – Sistema para despressurização de equipamentos e linhas submarinas, de acordo com a reivindicação 1, 2 e 4; caracterizado por possuir:

- um umbilical integrado (30), construído com pelo menos uma linha auxiliar (16), de pequeno diâmetro, por exemplo: 1 ½”; recebe a descarga de uma bomba (4) ou (5) e escoa até a UP.

15 9 – Sistema para despressurização de equipamentos e linhas submarinas, de acordo com a reivindicação 1, 2 e 4; caracterizado por:

- um umbilical integrado (30) construído com pelo menos uma linha auxiliar (16), de pequeno diâmetro, recebe a descarga de uma bomba (4) ou (5) e escoa até a UP. Tal umbilical integrado (30) possui também uma
20 linha de fluido motriz (16) para acionar a bomba (5).

10 – Sistema de despressurização da: linha de produção (23) ou linha de anular (24) ou ANM (2), caracterizado por:

- num primeiro alinhamento, para despressurização da linha de produção (23), a sucção da bomba (4) ou (5) é ligada em um ponto a jusante da válvula S1 da ANM (2); e a descarga da bomba (4) ou (5) é
25 ligada a jusante da válvula S2;

- num segundo alinhamento, para despressurização da linha de anular (24), a sucção da bomba (4) ou (5) é ligada em um ponto a jusante da válvula S2 da ANM (2); e a descarga da bomba (4) ou (5) é ligada a
30 jusante da válvula S1;

- um conjunto de válvulas de bloqueio na sucção: (12) e (13), e na descarga: (14) e (15), selecionam qual será o alinhamento da operação de despressurização, isto é: primeiro ou segundo alinhamento;

5 11 – Sistema para despressurização de equipamentos e linhas submarinas, de acordo com as reivindicações 1, 2 e 4, caracterizado por:

- uma linha de fluido motriz (16), que pode estar integrada com o umbilical eletro hidráulico (18) ou linha de anular (24) transporta fluido motriz para acionar remotamente uma bomba hidráulica (5), localizada no fundo do mar, acoplada a um equipamento ou linha submarina.

10 12 – Sistema para despressurização de equipamentos e linhas submarinas, de acordo com as reivindicações 1, 2 e 4; caracterizado por:

- uma bomba elétrica (4) é acionada remotamente, através de um cabo de potência elétrica (3), que pode estar integrado com o umbilical eletro hidráulico (18) ou linha de anular (24);

15 13 – Sistema para despressurização de linhas de produção (23) e anular (24), de acordo com as reivindicações: 1, 2, 3 e 4, caracterizado por:

20 - a sucção do despressurizador, concretizado por uma bomba (4) ou (5) ou (6), é interligada a um ou mais pontos onde se pretende promover a despressurização;

- válvulas posicionadas a montante e a jusante do despressurizador submarino provêm seletividade dos pontos a serem despressurizados e os pontos para onde serão direcionados os fluídos removidos.

25 14 – Sistema para despressurização de equipamentos e linhas submarinas, de acordo com as reivindicações: 1, 2, 3 e 4, caracterizado por:

- todas as válvulas de bloqueio poderão possuir atuador, elétrico ou hidráulico, de forma a possibilitar a operação remota das mesmas.

15 – Sistema para despressurização de equipamentos e linhas submarinas, de acordo com as reivindicações 1, 2, 3 e 4; caracterizado por:

5 - um medidor de fluxo volumétrico (FM) é instalado, por exemplo: na sucção da bomba (4) ou (5) para monitorar a evolução da dissolução do hidrato.

16 – Sistema para despressurização de linhas de produção (23) e anular (24), de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado por:

10 - estar conectado e integrado com um equipamento submarino do tipo *manifold*.

17 – Base de conexão de linhas, conhecidas como PLET ou PLEM, conectada com um sistema de despressurização de linhas de fluxo e equipamentos, caracterizada por:

15 - uma bomba (4) ou (5) ou (20) succiona um ponto no pé do *riser* (32) ou na própria base e retorna o fluido bombeado para o trecho a jusante da sucção e da válvula de bloqueio do *riser* (33).

18 – Base de conexão de linhas, conhecidas como PLET ou PLEM, conectada com um sistema de despressurização de linhas de fluxo e equipamentos, caracterizada por:

20 - uma bomba (4) ou (5) ou (20) succiona um ponto no pé do *riser* (32) ou na própria base e retorna o fluido bombeado para uma linha auxiliar (31) que está ligada a UP.

19 – Sistema de despressurização localizado do lado interno do pé do *riser* (32), descido e instalado por dentro de um *riser* (27), caracterizado por:

25 - uma bomba (4) ou (5), acionada remotamente a partir da UP, é descida e alimentada por um cabo (34).

- um obturador (19) faz a vedação entre a sucção e a descarga da bomba (4) ou (5).

20 – Sistema de despressurização localizado no pé do interior do *riser* (32), de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por:

- na estrutura do cabo (34) é instalado e integrado um sistema de aquecimento: elétrico, resistivo, capacitivo ou indutivo; de forma a aquecer o fluido da descarga da bomba (4) ou (5) e evitar a formação de hidrato no trecho ascendente do *riser* (32).

21 – Sistema de despressurização localizado no interior do pé do *riser* (32), de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por:

- na estrutura do cabo (34) é instalado e integrado uma mangueira para injeção de fluido inibidor de hidrato na descarga da bomba (4) ou (5), evitando a formação de hidrato no trecho ascendente do *riser* (32).

22 – Um sistema submarino de produção composto por equipamentos e linhas de fluxo submarinas, caracterizado por:

- um ou mais equipamentos submarinos são conectados a pelo menos um sistema de despressurização, concretizado por bombas (4) ou (5) ou (20);

- um ou mais risers (27) são conectados a pelo menos um sistema de despressurização; concretizado por bombas (4) ou (5) ou (20).

23 – Um sistema de despressurização concretizado por uma bomba (4) ou (5), controlado e operado remotamente de uma unidade de produção, para prevenção e remoção de hidrato, aplicável a poços submarinos individuais ou grupo de poços e suas respectivas linhas de fluxo, em campos de petróleo no mar.

24 – Um umbilical integrado (30) construído com pelo menos uma linha de auxiliar (31) e uma linha de fluido motriz (16) conectado e integrado com equipamentos e sistema de despressurização, submarinos.

25 – Método de prevenção e remoção de hidratos, caracterizado por:

- despressurização de equipamentos e linhas, por múltiplos pontos de desconexão;

- o progresso da despressurização é acompanhada pela monitoração de medidores de vazão (FM) e indicadores de pressão conectados aos equipamentos submarinos.

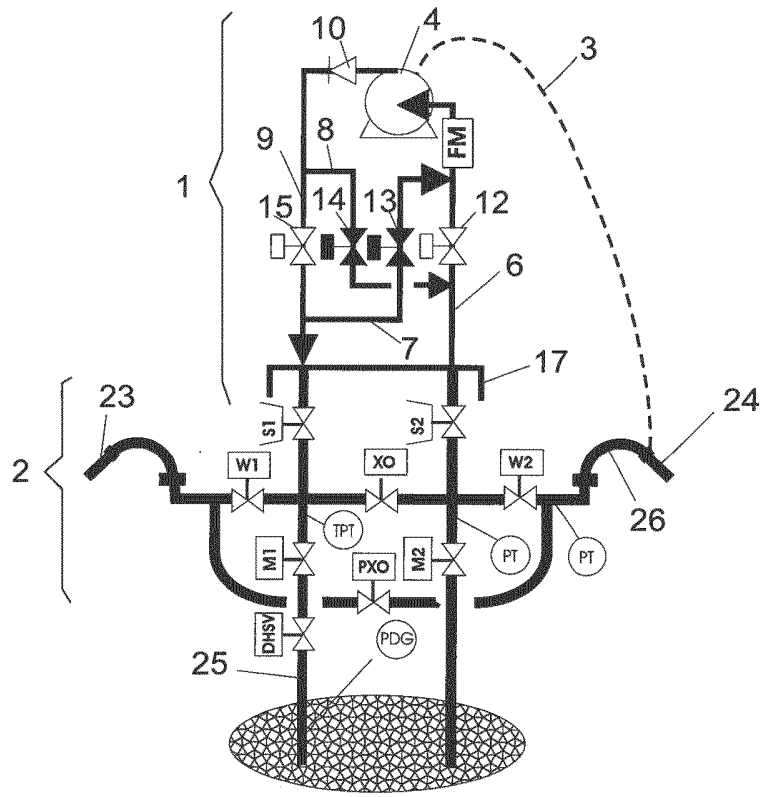


Fig. 1A

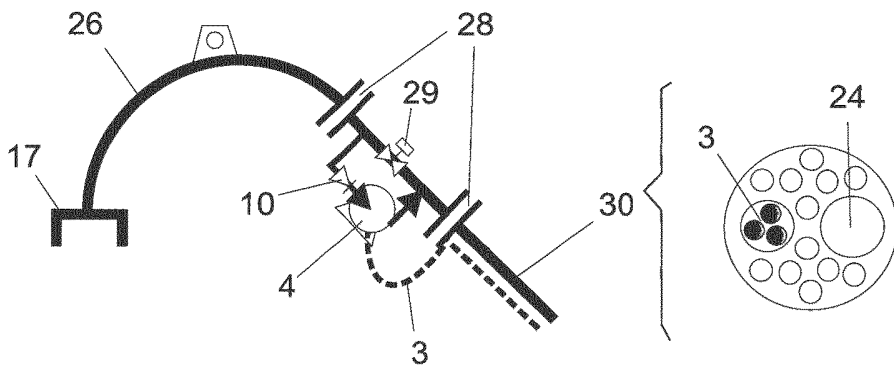


Fig. 1B

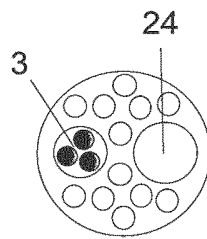


Fig. 1C

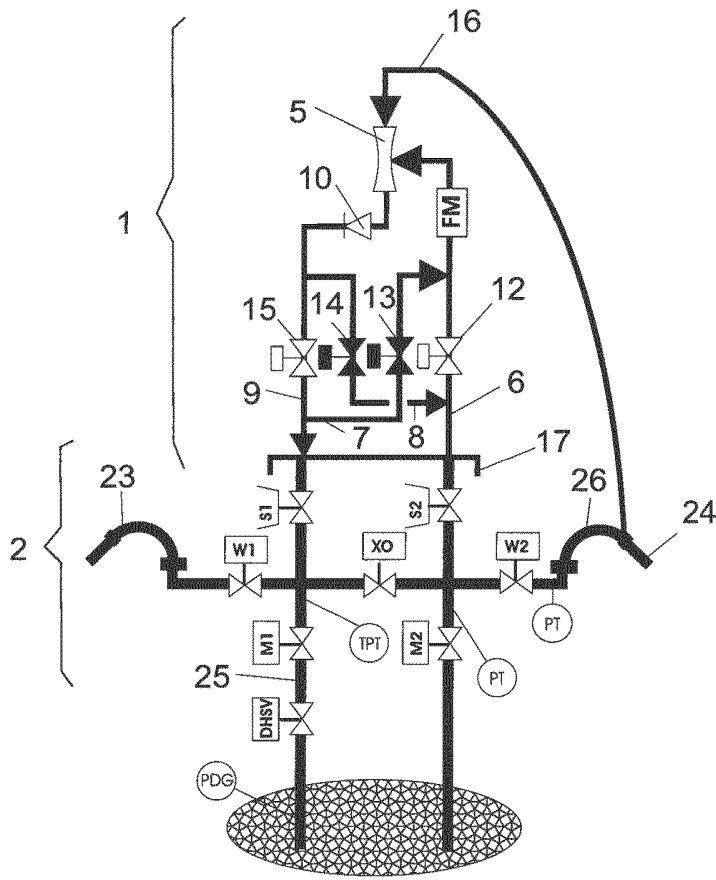


Fig. 2A

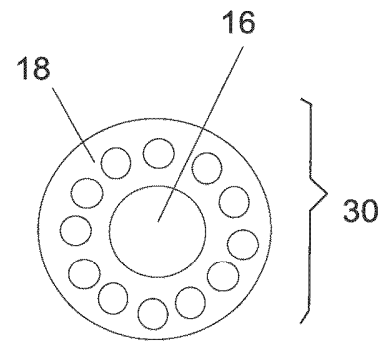


Fig. 2C

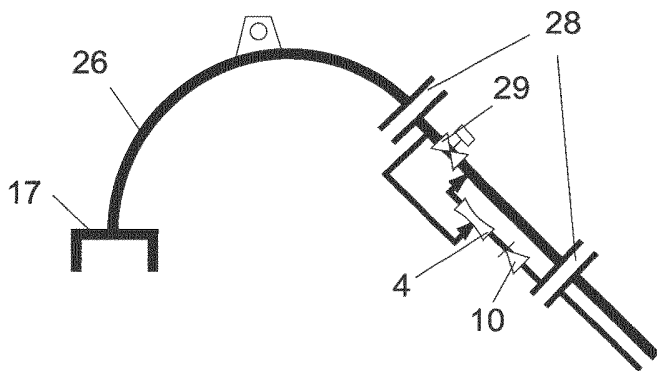


Fig. 2B

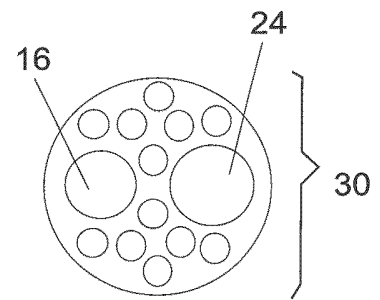


Fig. 2D

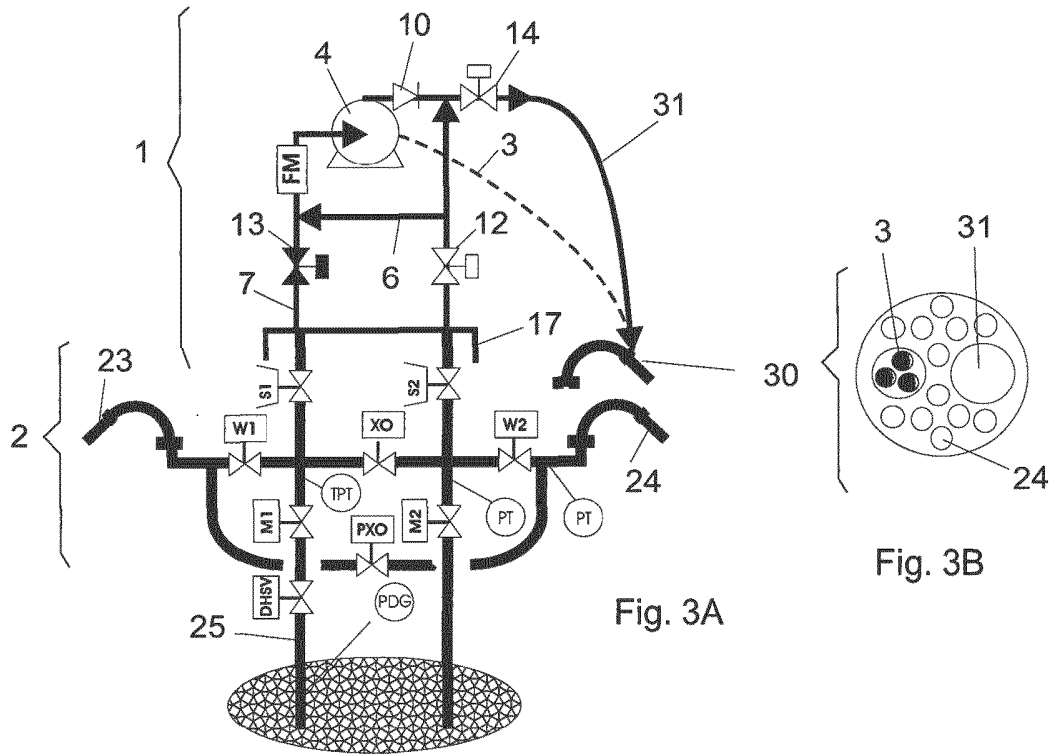


Fig. 3A

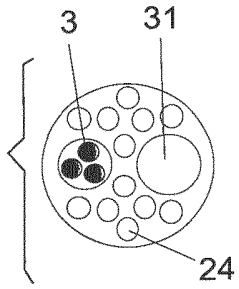


Fig. 3B

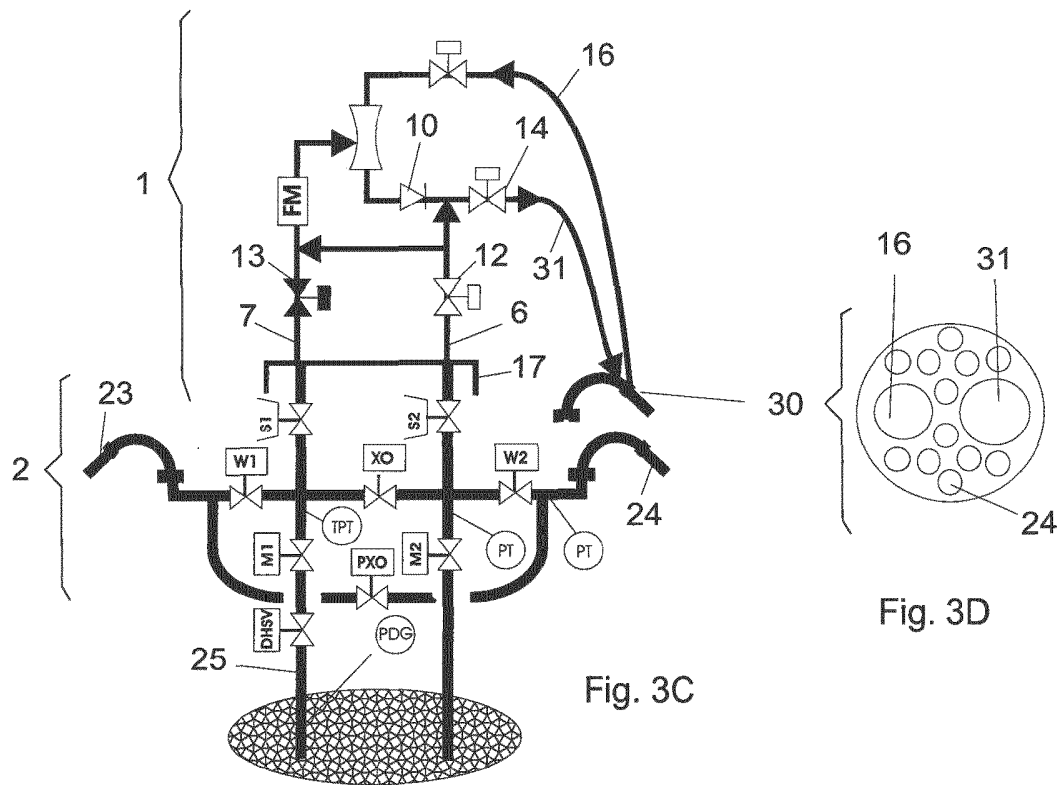


Fig. 3C

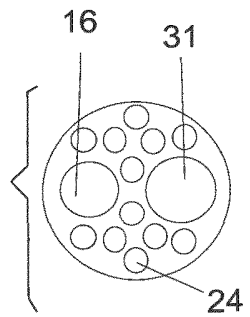


Fig. 3D

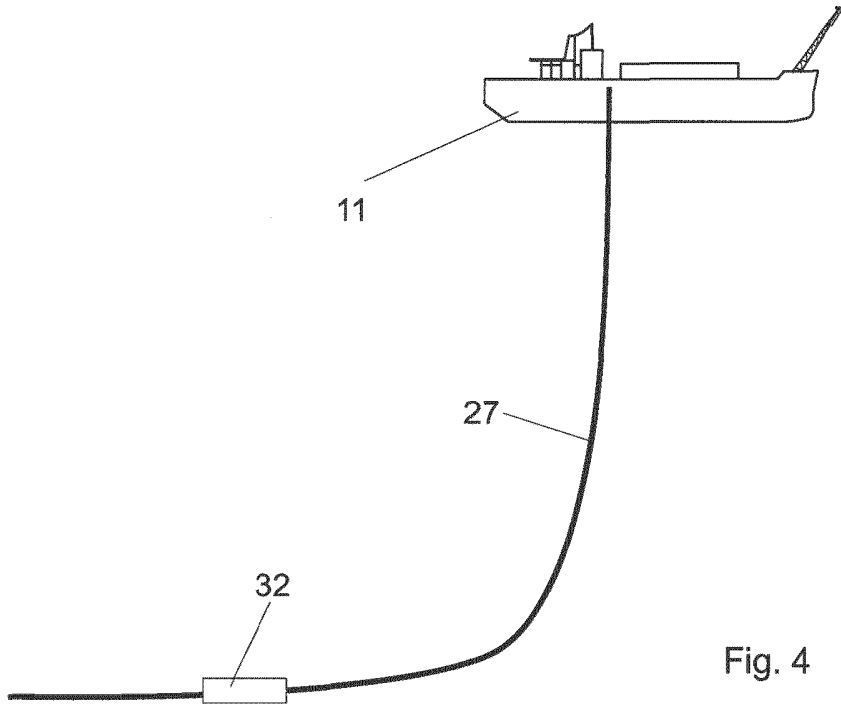


Fig. 4

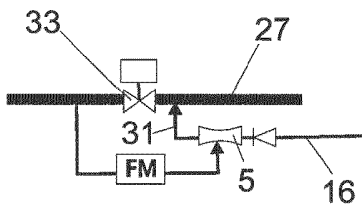


Fig. 4A

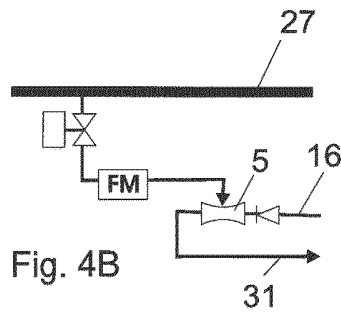


Fig. 4B

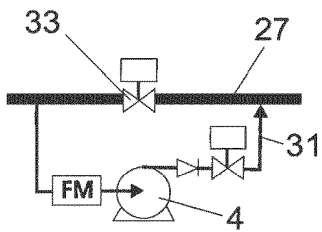


Fig. 4C

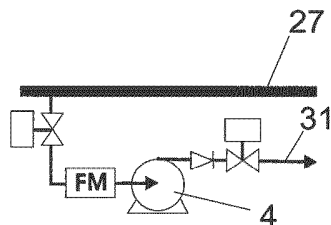


Fig. 4D

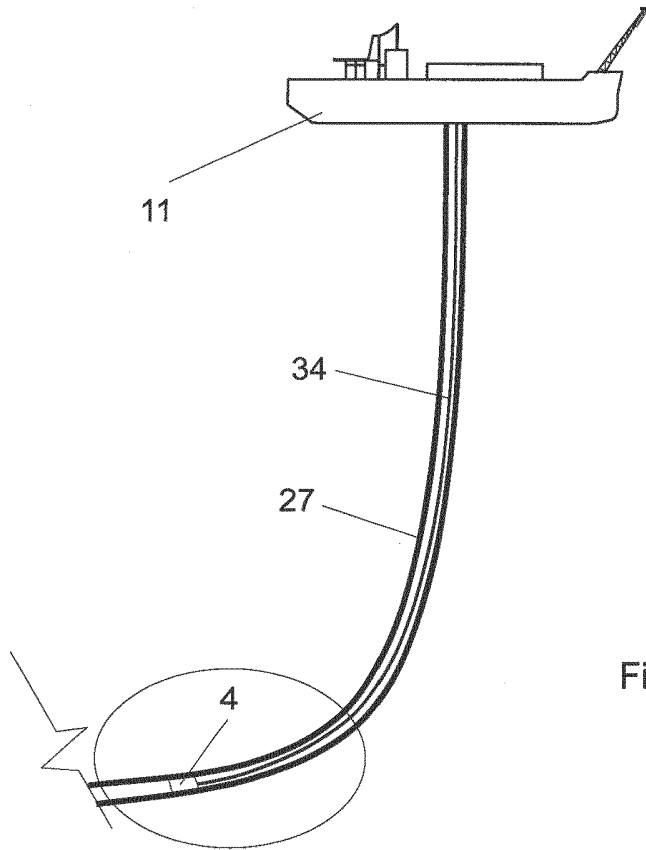


Fig. 5A

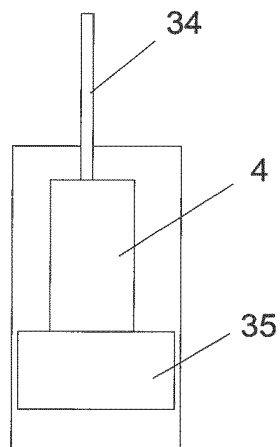


Fig. 5B

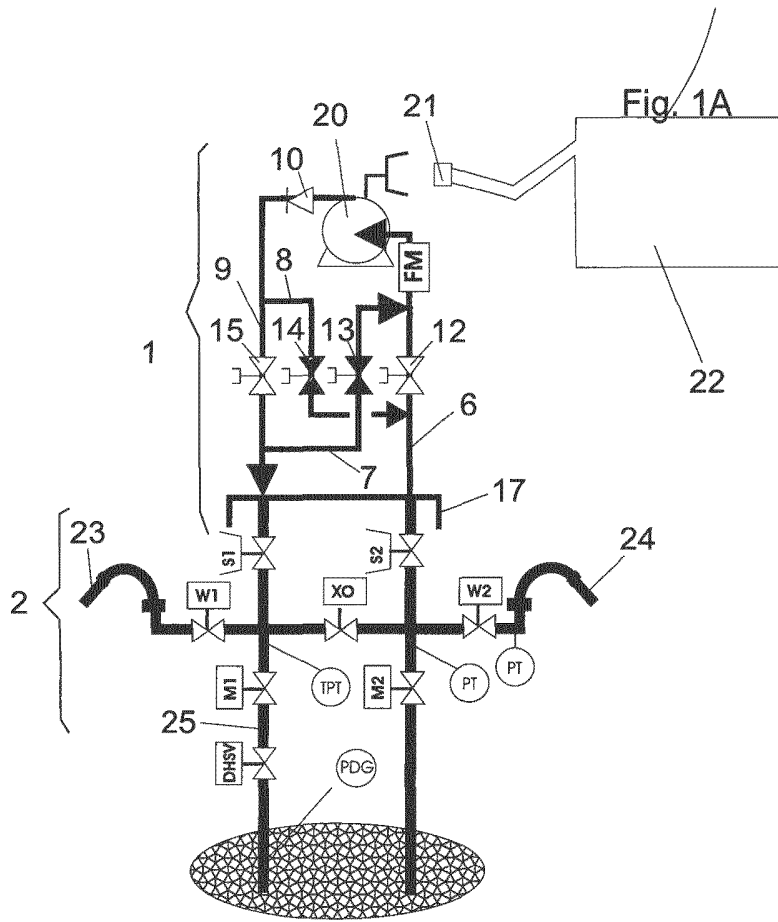


Fig. 6

RESUMO**EQUIPAMENTOS SUBMARINOS CONECTADOS E INTEGRADOS COM SISTEMAS DE DESPRESSURIZAÇÃO**

Uma capa de árvore de natal molhada (1) ou um módulo de conexão
5 (26) ou um conjunto de linhas de fluxo submarinas ou um *riser* (27)
conectados e integrados com sistemas despressurização viabiliza a
produção de petróleo, com menores perdas de produção resultantes de
bloqueio de hidrato.

Em caso de paradas de produção, previstas e não previstas, é
10 possível despressurizar preventivamente equipamentos e linhas
submarinas, com a finalidade de prevenir a formação ou mesmo remover
hidratos, que já tenham se formado.

A operação é remota a partir de uma unidade de produção, não
requerendo o uso de barco ou Sonda. É aplicável tanto em projetos de
15 campos novos como em campos maduros.