



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

(21) **PI0709770-0 A2**



\* B R P I 0 7 0 9 7 7 0 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 27/02/2007  
(43) Data da Publicação: 26/07/2011  
(RPI 2116)

(51) *Int.Cl.:*  
E21B 47/10 2006.01

(54) Título: **SISTEMA E MÉTODO PARA DETECÇÃO DE RUPTURA EM POÇOS DE PETRÓLEO**

(30) Prioridade Unionista: 06/04/2006 US 11/398,942

(73) Titular(es): Geo Estratos S.A. de C.V.

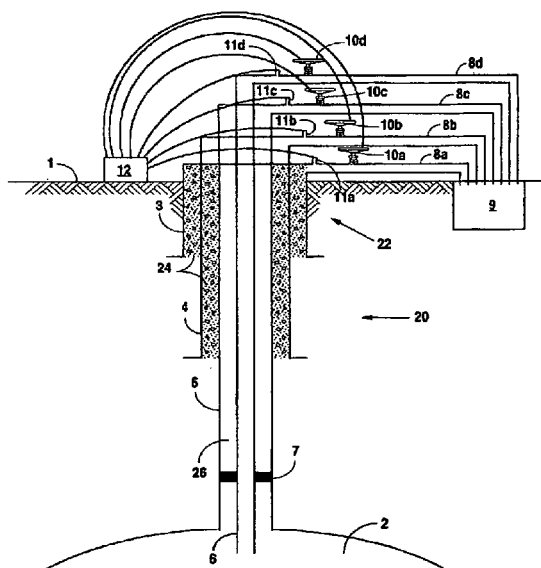
(72) Inventor(es): Vicente Gonzalez Davila

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel Shores

(86) Pedido Internacional: PCT US2007005100 de 27/02/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/126515 de 08/11/2007

(57) **Resumo:** SISTEMA E MÉTODO PARA DETECÇÃO DE RUPTURA EM POÇOS DE PETRÓLEO Um método e sistema para detectar e localizar uma ruptura de um tubo em poços de petróleo de múltiplos tubos colocados um dentro do outro usando válvulas de pressão e sensores de pressão. O método compreende as etapas de: conectar pelo menos dois dos tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro a um reservatório de acumulação para permitir transferência de fluido do poço para o reservatório; vedar os tubos de poço para manter a pressão nos mesmos; medir um parâmetro de pressão dentro de cada um dos ditos pelo menos dois tubos de poço até o dito parâmetro de pressão indicar uma estabilização de pressão nos mesmos; alterar a pressão dentro de um dos tubos de poço; medir um parâmetro de pressão dentro dos outros tubos de poço; e estabilizar a pressão no tubo de poço dentro do qual a pressão foi alterada anteriormente.



## “SISTEMA E MÉTODO PARA DETECÇÃO DE RUPTURA EM POÇOS DE PETRÓLEO”

### INTRODUÇÃO

Este é um pedido não provisório dizendo respeito ao conteúdo do pedido de patente mexicano NL/a/2005/000067, e reivindicando prioridade para ele, depositado em 7 de setembro de 2005, o qual está incorporado neste documento pela referência.

### ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

#### 1. Campo da Invenção

A invenção diz respeito ao campo de produção de óleo bruto e, mais especificamente, a um sistema e método para detectar e localizar uma ruptura de um tubo em um poço de petróleo de múltiplos tubos colocados um dentro do outro por meio do uso e medições de sensores de pressão e válvulas de pressão. As frases “poço de petróleo”, “poço de produção”, “poço de hidrocarboneto” e “poço de óleo” são usadas de forma sinônima por todo este pedido, e incluem a produção de petróleo tanto na forma líquida quanto gasosa.

#### 2. Informação Antecedente

Um poço de produção de hidrocarboneto típico é compreendido de um tubo de produção alojado dentro de um ou mais tubos de revestimento, todos os quais são de uma maneira geral alinhados concentricamente. Estes poços de hidrocarboneto típicos emanam uma pressão de poço natural que é diferente da pressão atmosférica, a qual operadores de poço usam, entre outras coisas, para remover os fluidos e gases de hidrocarboneto de dentro do poço. Esta pressão de poço natural pode ser gerada sobre um grande volume da formação, e tentará escapar pelo caminho de resistência mínima para a superfície. Assim, a pressão de poço natural pode naturalmente fluir para dentro dos tubos de poço do poço de hidrocarboneto. Esta pressão pode então ser usada para detectar uma ruptura entre dois tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, tal como descrito neste documento.

Enquanto que o tubo de produção transfere hidrocarbonetos para a superfície, tubos de revestimento circundantes servem primariamente para reforçar a perfuração de poço principal. Os tubos de revestimento são usualmente cimentados no lugar, embora o anular entre o tubo de produção e o tubo de revestimento mais interno possa em vez disto ser selado da zona de produção de hidrocarboneto com um obturador, o qual é uma ferramenta de fundo de poço comum usada para isolar uma produção de um anular de poço dos líquidos e gases de hidrocarboneto.

De uma maneira geral, o tubo de produção e os tubos de revestimento são feitos de aço, o qual é suscetível à oxidação e corrosão ao longo do tempo que pode fazer com que o poço de óleo vazze fluido ou gases de hidrocarboneto através dos tubos de revestimento e para dentro do solo circundante. Estes hidrocarbonetos vazados podem eventualmente e-

mergir no nível do solo e, à medida que eles se deslocam através do solo, causam um impacto ambiental prejudicial à superfície e à água e solo subterrâneos, assim como aos animais selvagens, durante a migração para a superfície. Tal vazamento também pode causar um acúmulo de óleo bruto de má aparência na superfície.

5           Inúmeras patentes Estados Unidos abordam a detecção de vazamentos dentro de poços de produção. Por exemplo, a patente Estados Unidos 3.776.032 revela um método de proteger um poço contra um influxo de gás ou de líquido. O processo de detecção envolve o uso de pulsos de lama de pressão provenientes de um par de transdutores acústicos, os quais geram sinais na forma de ondas de pressão, tanto antes de a lama de perfuração ser  
10           circulada para a broca de perfuração quanto depois de a lama de perfuração ser circulada através da broca de perfuração. A diferença, se alguma, entre os dois pulsos é então convertida em um sinal e transmitida para a superfície.

          A patente Estados Unidos 4.114.721 revela um par de detectores acústicos se deslocando através de um poço para detectar som indicativo de um vazamento de revestimento.  
15           Os fluidos ou gases de hidrocarboneto se deslocam através de uma ruptura no revestimento, o ruído acústico é monitorado em duas localizações dentro da perfuração de poço. Os sinais provenientes dos monitores são transmitidos para a superfície e usados para determinar a localização da ruptura.

          A patente Estados Unidos 4.101.827 revela um método de detectar vazamentos em  
20           um tubo subterrâneo que é feito de um isolador. O processo envolve encher parcialmente o tubo com um fluido eletricamente condutivo (tal como água de torneira), passar uma corrente elétrica através do fluido para estabelecer um gradiente de tensão ao longo do comprimento do fluido no tubo, então analisar o gradiente resultante para determinar a localização do vazamento. A fonte de tensão é conectada a um primeiro eletrodo, o qual é imerso no  
25           líquido em uma extremidade de tubo, e a um segundo eletrodo, o qual é impelido para dentro do solo. Este método envolve inserir um fio no tubo subterrâneo a fim de determinar de forma apropriada a queda de potencial através do gradiente. O operador de poço determina a localização do vazamento pela medição do comprimento de fio inserido no tubo subterrâneo na localização da queda de potencial, isto é, o ponto de tensão mínima.

30           A patente Estados Unidos 5.548.530 revela um sistema de detecção de vazamento ultra-sônico de alta precisão não intrusivo para tubulações usadas para identificar desenvolvimento de vazamentos mesmo muito diminutos. O sistema localiza estes vazamentos dentro de diversos metros da sua real localização em um segmento da tubulação entre duas estações locais do sistema de detecção de vazamento. Vazamentos são localizados e suas  
35           localizações determinadas pelos seus efeitos na pressão da tubulação e o efeito da mudança de pressão na densidade de líquido. A patente Estados Unidos 6.442.999 inclui uma estação mestre para a qual estas estações locais transmitem dados de onda sônica a fim de

executar cálculos para determinar a presença de um vazamento e sua localização.

A patente Estados Unidos 6.530.263 revela um sistema para localizar vazamentos em uma tubulação usando registradores que são posicionados ao longo da tubulação em intervalos espaçados. Estes registradores detectam e armazenam dados de som produzido dentro da tubulação e transferem os dados de som armazenados para um sistema de computador para análise. A localização de vazamentos é derivada desta análise.

A patente Estados Unidos 6.595.038 revela um aparelho para determinar a posição de um vazamento em um tubo subterrâneo para fluido ou gás usando sensores acústicos. Um primeiro sensor é acoplado ao tubo enquanto que um segundo sensor é móvel acima do tubo. Ambos os sensores detectam som transportado ao longo das paredes do tubo ou ao longo do fluido no tubo. Com base na leitura de som, a localização do vazamento pode ser determinada.

A patente Estados Unidos 6.668.619 revela um método e aparelho para localizar a fonte de um vazamento em uma tubulação usando técnicas de filtragem de padrão de casamento. Estas filtragens de padrão de casamento fazem distinção entre ruído de fundo e perturbações de pressão geradas por outras fontes não de vazamento. Este método usa sinais acústicos para determinar se um vazamento existe e onde ele está localizado.

A patente Estados Unidos 6.650.125 revela localizar vazamentos de fluidos condutivos, tais como água ionizada, de estruturas não condutivas, tais como tubos, por meio do uso de um gerador de carga. O gerador carrega e descarrega o fluido condutivo, e um detector portátil do tipo capacitivo detecta a carga variável que é induzida no fluido.

Embora a técnica anterior revele diversos métodos complexos para detectar rupturas em tubulação, a técnica atual não revela um método de detectar rupturas em um poço de produção de hidrocarboneto de múltiplos tubos colocados um dentro do outro que seja simples, barato e preciso. Além disso, a técnica anterior revela métodos para detecção de ruptura que exigem dispor ferramentas e equipamento embaixo no furo de poço, o que complica o processo de detecção de ruptura. Portanto, existe uma necessidade de um sistema e método de baixo custo e simples para localizar vazamentos de óleo bruto nestes poços de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção proporciona um sistema e método para detectar e localizar rapidamente e de forma eficiente rupturas em poços de óleo de múltiplos tubos colocados um dentro do outro enquanto minimizando ou eliminando os efeitos adversos resultantes da contaminação de hidrocarboneto. O método identifica rupturas nos tubos de produção e de revestimento, referidos coletivamente neste documento como "tubos de poço", a fim de fornecer um dispositivo eficiente de evitar desenvolvimento de problemas ambientais perigosos provenientes do aço deteriorado. "Localizar" rupturas, tal como usado neste documento, se

refere a determinar em qual tubo de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro existe uma ruptura, se existir alguma.

A presente invenção revela, entre outras coisas, um método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro que é compreendido de um tubo de produção, através do qual hidrocarbonetos fluem, e de pelo menos um tubo de revestimento, o qual circunda o tubo de produção e reforça a perfuração de poço do poço. Podem existir muitos tubos de revestimento, cada um alojado dentro do tubo de revestimento do próximo maior diâmetro. Um poço de produção de múltiplos tubos inclui um poço com um tubo de produção e um tubo de revestimento e um poço com um tubo de produção e múltiplos tubos de revestimento.

De uma maneira geral, o anular entre o primeiro (ou mais interno) tubo de revestimento e o tubo de produção é não enchido, mas selado da zona de produção de hidrocarboneto com um obturador, o qual é uma ferramenta de fundo de poço comum usada para este propósito. O obturador isola o anular de um poço de hidrocarboneto contra a pressão e fluxo de gases e líquidos provenientes da zona de produção de hidrocarboneto. Os tubos de revestimento remanescentes são tipicamente enchidos com cimento para fornecer estabilidade estrutural aumentada. Estes tubos de poço, significando coletivamente tanto o tubo de produção quanto quaisquer tubos de revestimento, se estendem a partir da zona de produção através da superfície e são ligados a uma árvore de válvulas, a qual permite que os tubos de poço sejam alterados da sua configuração alojada e redirecionados para várias localizações acima da superfície.

Tal como usado em um poço de hidrocarboneto de múltiplos tubos colocados um dentro do outro típico, o método da presente invenção compreende as etapas de conectar pelo menos dois dos tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro a um reservatório de acumulação para permitir transferência de fluido do poço para o reservatório; vedar os tubos de poço para manter a pressão nos mesmos; alterar a pressão dentro de um dos tubos de poço; medir um parâmetro de pressão dentro dos outros tubos de poço; e estabilizar a pressão no tubo de poço dentro do qual a pressão foi alterada anteriormente. Além disso, as etapas de alterar, medir e estabilizar podem ser aplicadas especificamente com referência a cada um dos tubos de poço que compreendem o poço, significando que a pressão dentro de cada tubo de poço pode ser alterada, um parâmetro de pressão dos outros tubos medido e então a pressão pode ser estabilizada. Embora a seqüência preferida seja iniciar com o tubo de poço mais interno - o tubo de produção - e aplicar seqüencialmente estas etapas a cada um dos tubos de poço em uma seqüência progressivamente para fora, o método pode ser aplicado aos tubos de poço em uma ordem diferente.

Embora o método possa ser aplicado manualmente, o método é executado de for-

ma mais eficiente de modo automático do que manualmente. Assim, um outro aspecto do método envolve um controlador de sistema executando as etapas de vedar, alterar, medir e estabilizar do método. O controlador de sistema é um computador configurado para acionar válvulas de pressão e receber as leituras de parâmetro de pressão provenientes dos sensores de pressão.

De acordo com um aspecto do método, a etapa de conectar os tubos de poço a um reservatório de acumulação é realizada pela ligação de pelo menos dois tubos de descarga aos tubos de poço, um tubo de descarga sendo conectado entre cada tubo de poço e o reservatório de acumulação. Os tubos de descarga permitem aos fluidos de hidrocarboneto fluir para dentro do reservatório de acumulação e serem coletados por ele, o qual é tipicamente incorporado como um recipiente de metal portátil. Este fluxo de saída de fluido ocorre quando à pressão de poço natural é permitido fluir livremente pelo tubo de produção. Algumas vezes fluidos de hidrocarboneto também fluirão pelos tubos de revestimento, dependendo de, por exemplo, se existir uma ruptura entre um tubo de revestimento e o tubo de produção ou se um obturador vedando de outro modo o anular entre estes tubos de poço tiver rompido. O reservatório de acumulação recebe este fluido de hidrocarboneto residual dos tubos de poço para, entre outras coisas, impedir contaminação do solo circundante.

Além disso, de acordo com um outro aspecto do método, válvulas de pressão e sensores de pressão são colocados entre os tubos de poço e o reservatório de acumulação para controlar transmissão de pressão entre eles e para monitorar a pressão dentro dos tubos de poço durante aplicação do método de detecção de ruptura. Quando em uma configuração fechada, uma válvula de pressão impedirá transmissão de pressão através dela; quando em uma configuração aberta, uma válvula de pressão permitirá transmissão de pressão através dela. Por causa de o método exigir a medição de um parâmetro de pressão dentro dos tubos de poço quando eles estão selados, os sensores de pressão são posicionados entre os tubos de poço e as válvulas de pressão. Os sensores de pressão monitoram e indicam um parâmetro de pressão de dentro dos tubos de poço aos quais eles estão ligados. Se as válvulas de pressão e os sensores de pressão são primeiro colocados entre as extremidades dos tubos de descarga antes de ligar os tubos de descarga entre os tubos de poço e o reservatório de acumulação, a subetapa de interpor as válvulas de pressão e sensores de pressão ocorre contemporaneamente com a subetapa de ligar do método.

De acordo com um outro aspecto do método, a etapa de vedar é compreendida adicionalmente da etapa de impedir transmissão de fluido ou de pressão entre os tubos de poço e o reservatório de acumulação. Isto pode ser realizado, por exemplo, pelo deslocamento de válvulas de pressão interpostas para a posição fechada.

De acordo com um outro aspecto do método, depois de vedar os tubos de poço, o operador de poço (ou o controlador de sistema, tal como descrito mais tarde neste docu-

mento, quando o método é executado automaticamente) mede um parâmetro de pressão dentro de todos os tubos de poço até que o parâmetro de pressão dentro de todos os tubos de poço seja constante, o que significa que a pressão dentro dos tubos de poço está em equilíbrio. A pressão dentro de um dos tubos de poço é então alterada dentro de um dos tubos de poço. Parâmetros de pressão são então medidos a partir dos tubos remanescentes, e estes parâmetros de pressão são então comparados com os parâmetros medidos anteriormente. O operador de poço (ou o controlador de sistema) interpreta então uma mudança nos parâmetros de pressão a partir das medições anteriores como uma ruptura no tubo de poço no qual a pressão foi alterada.

10 Por causa de poços de produção de hidrocarboneto emanarem uma pressão de poço natural diferente da pressão atmosférica, um outro aspecto do método envolve usar a pressão de poço natural para o método de detecção de ruptura. De acordo com um outro aspecto da presente invenção, a etapa de alterar compreende adicionalmente a etapa de abrir uma válvula de pressão colocada entre o tubo de poço dentro do qual a pressão é para ser alterada e o reservatório de acumulação. Pela abertura da válvula de pressão, a pressão dentro do tubo, a qual é causada pelo menos parcialmente pela transmissão de pressão de poço natural para dentro do tubo de poço, muda porque a pressão é transmitida através de um tubo de descarga e para fora deste. A mudança de pressão dentro do tubo será transmitida para um ou mais dos outros tubos de poço se rupturas estiverem presentes entre eles.

15 Desta maneira, uma ruptura pode ser detectada pela comparação de parâmetros de pressão medidos antes e depois da pressão dentro de um tubo de poço ser alterada para determinar se pressão foi transmitida através de uma ruptura em um tubo de revestimento no qual a pressão foi transmitida.

De acordo com um outro aspecto da presente invenção, a etapa de estabilizar

25 compreende adicionalmente a etapa de fechar a válvula de pressão aberta anteriormente. Pelo fechamento da válvula de pressão aberta anteriormente, a pressão dentro dos tubos de poço estabilizará de novo e fornecerá um ponto de referência com o qual futuras mudanças de pressão podem ser comparadas.

O parâmetro de pressão medidos dentro dos tubos de produção ou de revestimento

30 podem ser a pressão dentro dos tubos, a taxa de mudança de pressão dentro dos tubos, ou qualquer outra medição que possa indicar com segurança uma ruptura em um tubo.

A presente invenção também revela um sistema de detecção de ruptura para uso em um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro. O sistema é compreendido de pelo menos dois tubos de descarga, um reservatório de acumulação, pelo menos duas válvulas de pressão e pelo menos dois sensores de pressão. Cada um dos tubos de descarga é ligado ao tubo de produção ou a um dos tubos de revestimento (referidos

35 coletivamente como os tubos de poço) do poço de produção e, na outra extremidade de ca-

da um dos tubos de descarga, ao reservatório de acumulação. A ligação dos tubos de poço ao reservatório de acumulação necessita somente ser suficiente para permitir transferência de fluido do tubo de descarga para dentro do reservatório de acumulação. As válvulas de pressão são colocadas entre os tubos de poço e o reservatório de acumulação, e são usadas para seletivamente impedir ou permitir transmissão de pressão dos tubos de poço. Cada uma das válvulas de pressão impede transmissão de pressão quando em uma configuração fechada e permite transmissão de pressão quando em uma configuração aberta. Cada sensor de pressão mede um parâmetro de pressão dentro do tubo de poço ao qual ele é ligado de forma operável.

10 De acordo com um outro aspecto da presente invenção, o sistema de detecção de ruptura compreende adicionalmente um controlador de sistema que é ligado de forma operável a um ou mais de os sensores de pressão e as válvulas de pressão. O controlador de sistema aciona então as válvulas de pressão conectadas de forma operável e recebe dados provenientes dos sensores de pressão conectados de forma operável de acordo com um  
15 programa predefinido, o qual pode incorporar o método de detecção de ruptura da presente invenção descrita neste documento. De acordo com um outro aspecto do sistema, o controlador de sistema também gera saída que indica quais tubos, se alguns, do poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro estão rompidos. Neste sentido, "localizar" uma ruptura significa determinar dentro de qual tubo de poço de um poço de hidrocarboneto de múltiplos tubos colocados um dentro do outro existe uma ruptura, se existir alguma. Além disso, e de acordo com um outro aspecto da presente invenção, o controlador de sistema admite entrada de usuário e aciona opcionalmente uma ou mais válvulas de pressão do sistema de detecção de ruptura de acordo com a entrada de usuário e gera saída indicando a presença e localização de quaisquer rupturas com base nos parâmetros de  
20 pressão medidos pelos sensores de pressão e transmitidos para o controlador de sistema.

#### DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A presente invenção assim como objetivos e recursos adicionais da mesma estão expostos de forma mais clara e completa na descrição a seguir da modalidade preferida, a qual deve ser lida com referência aos desenhos anexos, em que:

30 A figura 1 mostra uma vista seccional de um poço de produção de hidrocarboneto de múltiplos tubos colocados um dentro do outro típico, o qual é de técnica anterior;

A figura 2 mostra uma vista seccional do sistema de detecção de ruptura revelado instalado no poço de hidrocarboneto de múltiplos tubos colocados um dentro do outro da figura 1; e

35 A figura 3 mostra um diagrama de blocos de um método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de hidrocarboneto de múltiplos tubos colocados um dentro do outro.

### DESCRIÇÃO DA MODALIDADE PREFERIDA

A figura 1 mostra uma vista seccional de um poço de produção de hidrocarboneto de múltiplos tubos colocados um dentro do outro típico 20, o qual é conhecido na técnica anterior. O poço de produção 20 é perfurado em uma superfície de solo 1 e é compreendido dos tubos de poço colocados um dentro do outro 22 usados em combinação para produzir hidrocarbonetos. Os tubos de poço 22 são compreendidos adicionalmente de um tubo de produção 6 e de uma pluralidade de tubos de revestimento 3 a 5. O tubo de produção 6 se estende de cima da superfície de solo 1 através do solo para uma zona de depósito de hidrocarboneto 2, da qual fluidos e gás de hidrocarboneto são removidos para a superfície.

Um primeiro tubo de revestimento 5 encerra o tubo de produção 6, e o espaço anular entre o primeiro tubo de revestimento 5 e o tubo de produção 6 é selado da zona de depósito de hidrocarboneto 2 por meio de um obturador 7. O primeiro tubo de revestimento 5 é alojado dentro de um segundo tubo de revestimento 4, o qual por sua vez é alojado dentro de um terceiro tubo de revestimento 3. O cimento 24 enche o anular entre os dois tubos de revestimento mais externos 3, 4 para retê-los no lugar. Embora a figura 1 mostre somente três tubos de revestimento 3 a 5, um poço de produção de múltiplos tubos típico pode ter mais ou menos destes tubos de revestimento. De forma similar, os tubos de revestimento 3 a 5 podem não ser reforçados com cimentação ou outro material de reforço. Cada um dos tubos de poço 22 é ligado a uma árvore de válvulas (não mostrada na figura 1) através da qual cada tubo de revestimento 3 a 5 e o tubo de produção 6 dentro do poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro 20 pode ser acessado na superfície de solo 1.

A figura 2 mostra a modalidade preferida da presente invenção, um sistema de detecção de ruptura para uso em um poço de hidrocarboneto de múltiplos tubos colocados um dentro do outro. Os tubos de descarga 8a a 8d conectam os tubos de poço 22 do poço de hidrocarboneto de múltiplos tubos típico 20 mostrado na figura 1 a um reservatório de acumulação 9. Os tubos de descarga 8a a 8d são ligados aos tubos de poço 22 de uma tal maneira a fim de vedar cada um dos tubos de poço 22 contra entrada ou escape de gás e líquido na junção entre os tubos de poço 22 e os tubos de descarga 8a a 8d. A ligação dos tubos de descarga 8a a 8d ao reservatório de acumulação necessita somente ser suficiente para permitir fluxo de saída de hidrocarboneto dos tubos para entrar no reservatório de acumulação 9 e permanecer assim contido.

Colocadas entre as extremidades de cada um dos tubos de descarga 8a a 8d estão as válvulas de pressão 10a a 10d para impedir o fluxo de líquidos e gases através dos tubos de descarga 8a a 8d e para dentro do reservatório de acumulação 9. Quando fechadas, as válvulas de pressão 10a a 10d impedem transmissão de fluido ou pressão dos tubos de poço 22 para o reservatório de acumulação 9. Os sensores de pressão 11a a 11d, os quais são colocados entre os tubos de poço 3 a 6 e as válvulas de pressão 10a a 10d medem e indi-

cam a pressão dentro dos tubos de poço 22.

Tal como mostrado adicionalmente na figura 2, um controlador de sistema 12 é conectado de forma operável a cada um dos sensores de pressão 11a a 11d de uma tal maneira a fim de permitir ao controlador de sistema 12 receber seletivamente um parâmetro de pressão medido pelos sensores de pressão 11a a 11d. De forma similar, o controlador de sistema 12 é conectado a cada uma das válvulas de pressão 10a a 10d de uma tal maneira a fim de permitir ao controlador de sistema 12 abrir ou fechar seletivamente cada uma das válvulas de pressão 10a a 10d. Na modalidade preferida, o controlador de sistema 12 é conectado de forma operável tanto para abrir quanto fechar as válvulas de pressão 10a a 10d e monitora os sensores de pressão 11a a 11d de acordo com um programa predefinido.

A figura 3 ilustra graficamente, por meio de diagrama de blocos, a aplicação preferida do método de detecção de ruptura para o poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro com  $n$  tubos de poço onde o método é executado automaticamente por um controlador de sistema, e onde a válvula de pressão <sub>$n$</sub>  representa a válvula de pressão colocada entre o tubo de poço <sub>$n$</sub>  e um reservatório de acumulação para impedir ou permitir transmissão de pressão através dela. A aplicação do método começa por primeiro ligar 100 cada um de um tubo de descarga, um sensor de pressão e uma válvula de pressão entre cada tubo de poço de um poço de múltiplos tubos colocados um dentro do outro e o reservatório de acumulação. Tal como descrito anteriormente neste documento, os sensores de pressão devem estar em posições sobre o "tubo de poço", ao lado da válvula de pressão, assim um parâmetro de pressão dentro dos tubos de poço pode ser medido quando as válvulas de pressão estão em uma configuração fechada. Esta aplicação do método de detecção de ruptura da presente invenção começa pela alteração da pressão dentro do tubo de poço mais interno 102, para o qual  $n = 1$ . Depois da etapa inicial de ligação 100, o controlador de sistema veda 102 os tubos de poço para manter a pressão dentro daqueles tubos. Subseqüentemente, o controlador de sistema mede e registra 106 parâmetros de pressão de dentro de cada tubo de poço e espera até que a pressão dentro de todos os tubos tenha estabilizado 108. Começando com o tubo mais interno (onde  $n = 1$ ), o qual é um tubo de produção, o controlador de sistema a seguir abre 110 a válvula de pressão ligada de forma operável a ele, a qual libera a pressão de dentro do tubo de poço através do tubo de descarga ligado, alterando assim a pressão dentro de tubo de poço <sub>$n$</sub> . O controlador de sistema a seguir mede e registra 112 uma pressão dentro de todos os tubos de poço até que o parâmetro de pressão dentro de todos os tubos esteja estabilizado 114, e então fecha a válvula de pressão 116. Se o controlador de sistema determinar 118 que nem todos tubos foram testados, o controlador de sistema segue para o próximo tubo 122 e repete as etapas para cada um dos tubos de poço do poço de hidrocarboneto. Depois de o controlador de sistema determinar que todos os tubos de poço foram testados 118, o controlador de sistema gera a

saída indicando os resultados do método de detecção de ruptura 120.

A presente invenção está descrita em termos de uma modalidade ilustrativa preferida na qual um poço de produção de hidrocarboneto de múltiplos tubos colocados um dentro do outro descrito especificamente e sistema de detecção de ruptura estão descritos. Os versados na técnica reconhecerão que modalidades alternativas do sistema de detecção de ruptura, e aplicações alternativas do método de detecção de ruptura, podem ser usadas na execução da presente invenção.

Além disso, a presente invenção não está limitada para uso somente em poços de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro com um número predeterminado de tubos de revestimento, tubos de produção, ou outros tubos. O sistema e método são igualmente aplicáveis para detecção de ruptura independente do número de tubos de revestimento e de produção.

Outros aspectos e vantagens da presente invenção podem ser obtidos de um estudo desta revelação e dos desenhos, juntamente com as reivindicações anexas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, cada um dos ditos tubos de poço sendo ou um tubo de produção ou um tubo de revestimento, **CARACTERIZADO** pelo fato de que  
5 compreende as etapas de:

primeiro, conectar pelo menos dois tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro a um reservatório de acumulação para permitir transferência de fluido para ele;

segundo, vedar os ditos pelo menos dois tubos de poço para manter pressão nos  
10 mesmos;

terceiro, medir um parâmetro de pressão dentro de cada um dos ditos pelo menos dois tubos de poço até o dito parâmetro de pressão indicar uma estabilização de pressão nos mesmos;

quarto, alterar a pressão dentro de um dos ditos pelo menos dois tubos de poço;

quinto, medir um parâmetro de pressão interna dentro de cada um do restante dos  
15 ditos pelo menos dois tubos de poço; e

sexto, estabilizar a pressão dentro do dito um dos ditos pelo menos dois tubos de poço.

2. Método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 1,  
20 **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

a dita etapa de medir um parâmetro de pressão dentro de cada um dos ditos pelo menos dois tubos de poço é repetida até o dito parâmetro de pressão interna estabilizar; e

a dita etapa de medir um parâmetro de pressão dentro de cada um do restante dos  
25 ditos pelo menos dois tubos de poço é repetida até o dito parâmetro de pressão interna estabilizar.

3. Método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 2,  
30 **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita etapa de conectar compreende adicionalmente a etapa de ligar pelo menos dois tubos de descarga entre os ditos pelo menos dois tubos de poço e o dito reservatório de acumulação, existindo um tubo de descarga ligado entre cada um dos ditos pelo menos dois tubos de poço e o dito reservatório de acumulação, a ligação sendo suficiente para impedir entrada ou saída de fluidos ou gases em um ponto de ligação da ligação dos ditos pelo menos dois tubos de poço.

4. Método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 3,  
35 **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita etapa de conectar compreende adicionalmente

as etapas de:

colocar pelo menos duas válvulas de pressão entre os ditos pelo menos dois tubos de poço e o dito reservatório de acumulação, as ditas pelo menos duas válvulas de pressão impedindo transmissão de pressão através dos ditos pelo menos dois tubos de descarga quando as ditas pelo menos duas válvulas de pressão estão em uma configuração fechada, e as ditas pelo menos duas válvulas de pressão permitindo transmissão de pressão através dos ditos pelo menos dois tubos de descarga quando as ditas pelo menos duas válvulas de pressão estão em uma configuração aberta, cada válvula de pressão sendo configurável separadamente; e

10 colocar pelo menos dois sensores de pressão entre os ditos pelo menos dois tubos de poço e as ditas pelo menos duas válvulas de pressão, existindo um dos ditos pelo menos dois sensores de pressão colocado entre cada um dos ditos pelo menos dois tubos de poço e cada uma das ditas pelo menos duas válvulas de pressão.

15 5. Método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 4, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a dita etapa de vedar compreende adicionalmente a etapa de impedir transmissão de fluido ou pressão entre os ditos pelo menos dois tubos de poço e o dito reservatório de acumulação.

20 6. Método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 5, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a dita etapa de impedir compreende adicionalmente a etapa de fechar as ditas pelo menos duas válvulas de pressão.

25 7. Método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 6, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a dita etapa de alterar compreende adicionalmente a etapa de abrir uma das ditas pelo menos duas válvulas de pressão.

30 8. Método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 7, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a dita etapa de estabilizar compreende adicionalmente a etapa de fechar a dita uma das ditas pelo menos duas ditas válvulas de pressão.

35 9. Método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 8, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito parâmetro de pressão interna dentro de cada um do restante dos ditos pelo menos dois tubos de poço é a taxa de mudança da pressão.

10. Método de detectar uma ruptura entre tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 8, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito parâmetro de pressão interna dentro de cada um

do restante dos ditos pelo menos dois tubos de poço é a pressão.

11. Método de detectar uma ruptura entre tubos de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as ditas terceira, quarta, quinta e sexta etapas são executadas por um controlador de sistema.

12. Método de detectar uma ruptura entre tubos de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as ditas etapas de medir são executadas continuamente por um controlador de sistema.

13. Sistema de detecção de ruptura para um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro, o dito poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro incluindo pelo menos dois tubos de poço, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

pelo menos dois tubos de descarga, cada um dos ditos pelo menos dois tubos de descarga sendo ligado a um dos ditos pelo menos dois tubos de poço;

um reservatório de acumulação para acumular hidrocarbonetos descarregados dos tubos de poço durante detecção de ruptura, o dito reservatório de acumulação sendo ligado aos ditos pelo menos dois tubos de descarga em um modo para permitir transferência de fluido de hidrocarboneto para ele através dos ditos pelo menos dois tubos de descarga;

pelo menos duas válvulas de pressão, uma das ditas pelo menos duas válvulas de pressão sendo colocada entre cada um dos ditos pelo menos dois tubos de poço; e

pelo menos dois sensores de pressão, um dos ditos pelo menos dois sensores de pressão sendo colocado entre cada um dos ditos pelo menos dois tubos de poço e cada uma das ditas pelo menos duas válvulas de pressão.

14. Sistema de detecção de ruptura, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente um controlador de sistema, o dito controlador de sistema sendo ligado de forma operável a pelo menos um dos ditos pelo menos dois sensores de pressão para receber deste um parâmetro de pressão.

15. Sistema de detecção de ruptura, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos uma das ditas pelo menos duas válvulas de pressão é acionável pelo dito controlador de sistema.

16. Sistema de detecção de ruptura, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito controlador de sistema aciona a dita pelo menos uma das ditas pelo menos duas válvulas de pressão de acordo com um programa predefinido.

17. Sistema de detecção de ruptura, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito programa predefinido determina qual das ditas

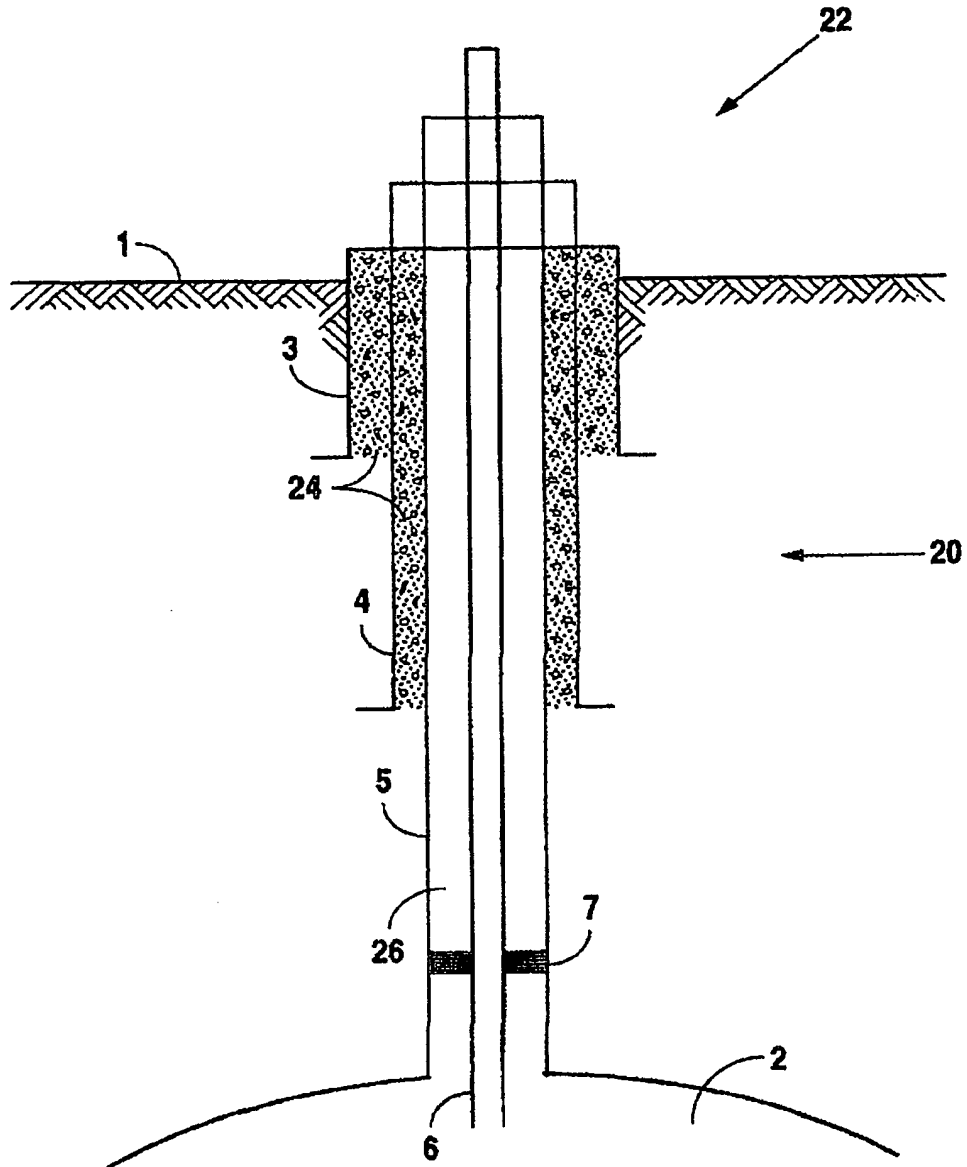
pelo menos duas válvulas de pressão acionar com base nos ditos dados recebidos dos ditos pelo menos dois sensores de pressão.

18. Sistema de detecção de ruptura, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito programa predefinido gera saída indicando se uma ruptura está presente e a localização de qualquer ruptura dentro do dito poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro.

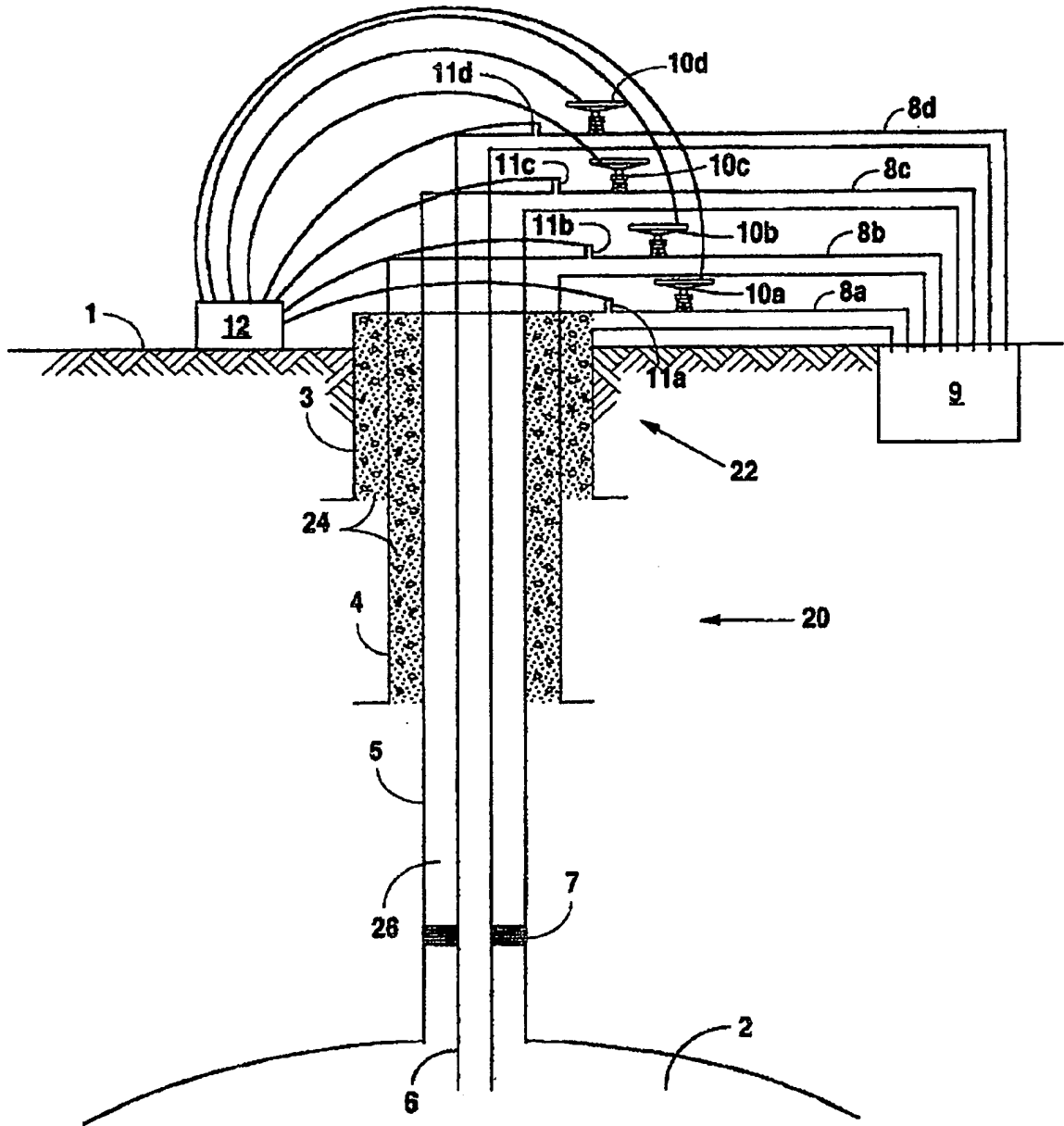
19. Sistema de detecção de ruptura, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

o dito controlador de sistema admite entrada de usuário e aciona uma ou mais das ditas pelo menos duas válvulas de pressão com base na dita entrada de usuário; e

o dito controlador de sistema gera saída identificando a presença e localização de uma ruptura dentro do sistema.



*Fig. 1*  
(TÉCNICA ANTERIOR)



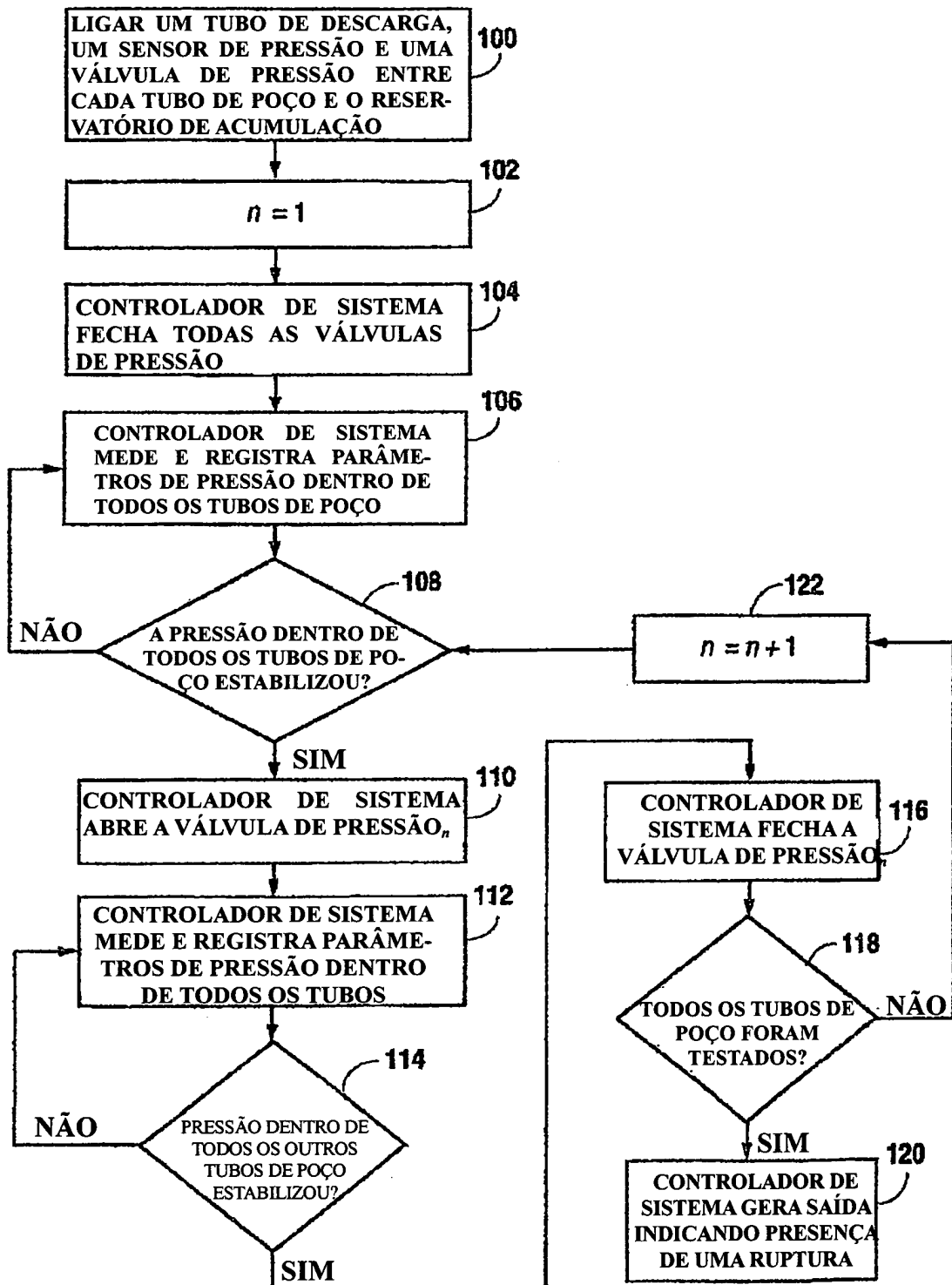


Fig. 3

## RESUMO

"SISTEMA E MÉTODO PARA DETECÇÃO DE RUPTURA EM POÇOS DE PETRÓ-  
LEO"

Um método e sistema para detectar e localizar uma ruptura de um tubo em poços  
5 de petróleo de múltiplos tubos colocados um dentro do outro usando válvulas de pressão e  
sensores de pressão. O método compreende as etapas de: conectar pelo menos dois dos  
tubos de poço de um poço de produção de múltiplos tubos colocados um dentro do outro a  
um reservatório de acumulação para permitir transferência de fluido do poço para o reserva-  
tório; vedar os tubos de poço para manter a pressão nos mesmos; medir um parâmetro de  
10 pressão dentro de cada um dos ditos pelo menos dois tubos de poço até o dito parâmetro de  
pressão indicar uma estabilização de pressão nos mesmos; alterar a pressão dentro de um  
dos tubos de poço; medir um parâmetro de pressão dentro dos outros tubos de poço; e es-  
tabilizar a pressão no tubo de poço dentro do qual a pressão foi alterada anteriormente.