



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

**(11) PI 0804823-1 B1**

**(22) Data do Depósito: 05/11/2008**

**(45) Data de Concessão: 11/09/2018**



---

**(54) Título:** EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO

**(51) Int.Cl.:** G01F 1/34; G01L 11/02

**(73) Titular(es):** PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS. SURCO TECNOLOGIA INDUSTRIAL LTDA.

**(72) Inventor(es):** JOSE LUIZ ARIAS VIDAL; RENATA MERCANTE BORN; JOÃO LUIZ DOS SANTOS LORENZO; JOSÉ BAZA QUINTANILLA

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 05/11/2008

## **EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**

### **CAMPO DA INVENÇÃO**

A presente invenção se refere a um dispositivo que conjuga em um  
5 único conjunto a medição tanto da temperatura e pressão quanto da vazão  
em poços de petróleo, sendo tais medidas feitas em tempo real por meio  
de sensores ópticos. O dispositivo usa venturi insertável, o qual permite  
medir a vazão do poço, com a vantagem de permitir a sua substituição  
sempre que um venturi com características diferentes do que está sendo  
10 usado for necessário. A invenção se aplica de maneira especial a  
medições em poços de petróleo.

### **FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO**

O uso de fibras ópticas como sensores / transmissores para a  
medição das mais variadas grandezas físicas e químicas é uma tecnologia  
15 que se encontra em franco desenvolvimento. Face às suas características  
de baixo peso, flexibilidade, longa distância de transmissão, baixa  
reatividade do material, isolamento elétrico, imunidade eletromagnética,  
longa vida útil, além de dispensar circuitos eletrônicos e elementos  
mecânicos móveis no local de medição, quando combinadas com o uso de  
20 Redes de Bragg, tornam a fibra óptica extremamente vantajosa para  
medições em locais de difícil acesso. Essa é uma situação comum, por  
exemplo, na exploração de poços de produção de petróleo.

### **TÉCNICA RELACIONADA**

Tendo em vista o aproveitamento dessas características das fibras  
25 ópticas foram desenvolvidos transdutores para medição de temperatura e  
pressão, descrito no documento de patente brasileiro **PI 0403240-3**, e  
transdutores empregados para a medição de vazão, descrito no  
documento de patente brasileiro **PI 0403786-3**, com o uso de fibra óptica.

Mas, faltavam, ainda, dispositivos adequados para a aplicação  
30 desses transdutores na medição da pressão, temperatura e vazão em

poços de petróleo. Inicialmente foi desenvolvido um protótipo que utilizava dois mandris separados para aplicar os transdutores ópticos descritos nos documentos acima citados: um mandril para medir somente pressão e temperatura e outro mandril para medir vazão. Essa configuração

5 apresentava três problemas: um problema estava na medição da pressão e temperatura na coluna, já que o mandril que mede pressão e temperatura só mede estas grandezas no anular do poço de petróleo, pois só existia uma tomada de pressão. Outro problema estava na medição simultânea das três grandezas, já que era necessário utilizar alguns

10 conectores ópticos para que estes dois mandris fossem conectados entre si. Com a presença de conectores ópticos, as perdas ópticas eram muito maiores e o sinal óptico se tornava fraco, além de ser muito mais trabalhoso e difícil de montar e o último problema é que o mandril de vazão só podia ser utilizado para poço de injeção de fluido e não para

15 poço de produção.

Buscou-se resolver os problemas constatados na técnica anterior através da criação de um novo mandril com uma configuração capaz de permitir o alojamento em sua estrutura tanto do sensor de pressão e temperatura quanto do sensor de vazão, permitindo que as medições

20 fossem feitas simultaneamente em poços de petróleo *onshore* e *offshore* de forma compacta. Além disso, o novo mandril torna menos trabalhoso e mais eficaz sua montagem, pois não há necessidade de se utilizar conectores ópticos. O novo mandril também pode ser utilizado tanto para poços de injeção quanto para poços de produção.

25 Além disso, a invenção é capaz de medir a pressão e a temperatura tanto no anular como na coluna do poço de petróleo, visto que o sensor utilizado é diferente do descrito na patente **PI 0403240-3**. O sensor usado é conhecido como **2P2T** (dupla pressão e temperatura).

Tendo em vista que é comum que tais mandris estejam instalados

30 em tubulações a mais de 1.000 metros de profundidade, foi desenvolvida,

também, uma ferramenta especial conhecida como ferramenta “GS” que tem a finalidade de realizar a inserção e extração de venturis insertáveis que se fixam de maneira removível no mandril sem que o mandril híbrido seja retirado do fundo do poço. Esta ferramenta “GS” trabalha em conjunto com a já conhecida operação por arame (**wire line**).

### **SUMÁRIO DA INVENÇÃO**

A presente invenção compreende um equipamento para medição de temperatura, pressão e vazão em poços de petróleo. Consta de um único mandril híbrido em que são montados um transdutor duplo para medir pressão e temperatura na coluna e no anular e um transdutor de diferencial de pressão, para a medida de vazão. Nesta configuração existem quatro tomadas de pressão: duas para medir pressão interna na coluna e externa no anular e duas para medir diferença de pressão interna na coluna (vazão). Adicionalmente monta-se um tubo venturi insertável que se fixa de maneira removível no mandril. Nessa configuração é necessário realizar uma única emenda óptica cabo-sensor para que ambos os sensores sejam conectados em série, o que torna o sistema compacto, otimizando assim a montagem, tornando-a muito mais rápida e eficaz.

O mandril híbrido da presente invenção é constituído, essencialmente, por um corpo superior, um corpo central, um corpo inferior, tampas central e laterais, um venturi insertável, transdutor de dupla pressão e temperatura, e transdutor de pressão diferencial. Tal configuração permite que vários mandris sejam intercalados na coluna de produção, possibilitando medições em diferentes níveis no interior do poço.

### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

A **Figura 1** mostra uma vista lateral do mandril híbrido da invenção.

A **Figura 2** mostra uma vista superior do mandril híbrido da invenção.

A **Figura 3** mostra um corte conforme indicado na Figura 2.

A **Figura 4** mostra uma vista explodida do mandril híbrido.

A **Figura 5a** mostra vista em perspectiva do venturi tipo *pack off*.

A **Figura 5b** mostra vista lateral do *pack off*.

5 A **Figura 5c** mostra um corte conforme indicado na Figura 5b.

A **Figura 6a** mostra uma vista em perspectiva da ferramenta de inserção e extração (GS).

A **Figura 6b** mostra uma vista explodida da ferramenta GS.

A **Figura 6c** mostra uma vista lateral da ferramenta GS montada.

10 A **Figura 6d** mostra um corte conforme indicado na Figura 6c.

A **Figura 7a** mostra uma vista em perspectiva do venturi de injeção.

A **Figura 7b** mostra uma vista lateral do venturi de injeção.

A **Figura 7c** mostra um corte conforme indicado na Figura 7b.

15 A **Figura 8a** mostra uma vista em perspectiva do venturi de produção.

A **Figura 8b** mostra uma vista explodida do venturi de produção.

A **Figura 8c** mostra uma vista lateral parcialmente em corte do venturi de produção.

20 A **figura 9** mostra uma perspectiva da tampa central, com a parte inferior voltada para cima.

### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA CONCRETIZAÇÃO PREFERIDA**

Visando facilitar a compreensão do invento, sua descrição detalhada será feita com base nas figuras que acompanham este relatório e dele é parte integrante.

25 Conforme pode ser observado nas Figuras 1 a 4, o equipamento para medição, objeto da presente invenção, é montado em um mandril híbrido (30) constituído, essencialmente, dos seguintes componentes: corpo superior (1), corpo central (2), corpo inferior (3) tampa central (5), tampas laterais (4), venturi insertável (12), transdutor duplo (7) de pressão  
30 e temperatura, e transdutor (18) de pressão diferencial. Dadas às altas

pressões a que o mandril híbrido (30) deve suportar, além de temperaturas relativamente elevadas, ele deve ter estrutura e elementos de fixação adequados a tal situação, como será detalhado ao longo do presente relatório.

5 O corpo superior (1) e o corpo inferior (3) são fixados cada um em uma extremidade do corpo central (2), formando uma peça única. Para garantir a estanqueidade, são usados anéis de vedação (8) do tipo *o' ring*, como mostrado com maior detalhe na Figura 4.

Em sua face superior o corpo central (2) apresenta dois orifícios (19)  
10 – mostrados em detalhe da Figura 4 – os quais se comunicam com o interior do venturi insertável (12) – mostrado em detalhe na Figura 3 – e com o transdutor (18) de pressão diferencial, para permitir que ele faça a leitura do diferencial de pressão; e um terceiro orifício (20), que se comunica com o interior do mandril híbrido (30) e com o transdutor duplo  
15 (7) de pressão e temperatura, de modo a permitir que ele faça a leitura de pressão e temperatura na coluna do poço. O corpo central (2) tem, ainda, furos roscados (21) na sua face superior para fixação dos parafusos (6) da tampa central (5) e dos parafusos (9) dos transdutores (18) de pressão diferencial e (7) de dupla pressão e temperatura.

20 Como pode ser mais bem visualizado na Figura 4, no corpo central (2) estão fixadas também as guias (22) para encaixe de anéis (não mostrados) que guiam a passagem da fibra óptica (não mostrada) através dos rasgos (24) das tampas laterais (4) para o furo (26) da tampa central (5). O transdutor (7) de dupla pressão e temperatura e o transdutor (18) de  
25 pressão diferencial são fixados ao corpo central (2) por meio dos parafusos de fixação (9).

Para garantir uma completa vedação entre o corpo central (2) e a tampa central (5) é usado um anel (15), de formato substancialmente retangular. Com este mesmo objetivo, são colocados anéis tipo *o' rings* (10  
30 e 11) em todos os parafusos (6) no espaço entre a tampa central (5) e o

corpo central (2). Como um reforço adicional de vedação, os parafusos (6) que prendem a tampa central (5) podem receber arruelas de vedação (14). Da mesma forma, é conveniente que sejam colocados anéis de vedação (40) junto aos orifícios (19 e 20) para garantir a perfeita vedação entre o

5 corpo central (2) e os dois transdutores (7 e 18).

O corpo inferior (3) e superior (1) tem como finalidade principal permitir a conexão do mandril híbrido (30) da presente invenção à coluna de produção de petróleo, apresentando para tanto rosca externa na extremidade do corpo inferior (3) e rosca interna na extremidade do corpo

10 inferior (1). Eles recebem cada um uma tampa lateral (4), que é fixada por meio dos parafusos de fixação (6). As tampas laterais (4) apresentam ranhuras (24) em sua face inferior para permitir a passagem do cabo de fibra óptica até o interior do mandril híbrido (30).

Nas laterais dos corpos central (2), superior (1) e inferior (3) são

15 aplicadas ranhuras (23), onde são encaixados os cabos de fibra óptica (não mostrados) para protegê-los contra possíveis danos durante o manuseio do dispositivo (vide Figura 1). Após a colocação dos cabos nas ranhuras (23), elas recebem tampas (13), que são afixadas por parafusos (27), respectivamente, nos corpos central (2), superior (1) e inferior (3),

20 para manter os cabos adequadamente presos.

Como ilustrado em detalhe na Figura 9, a tampa central (5) apresenta um rebaixo (25) ao longo de sua face inferior, que começa próximo a uma extremidade e termina próximo à outra extremidade. Em cada extremidade da tampa central o rebaixo se comunica com o exterior

25 por meio de um furo (26 e 26'). Os furos (26 e 26') coincidem com os rasgos (24) das duas tampas laterais (4), para a passagem da fibra óptica (vide Figura 3). Nos locais coincidentes com o transdutor (18) de pressão diferencial e transdutor (7) de dupla pressão e temperatura, o rebaixo (25) se alarga, para permitir o encaixe dos mesmos. Dentro do rebaixo (25)

30 existem, ainda, dois ressaltos (28), para enrolar a fibra óptica. A tampa

central (5) apresenta, ainda, um orifício (36) (vide Figura 4) coincidente com o transdutor duplo (7) de pressão e temperatura de modo a permitir que ele faça a leitura de pressão e temperatura no anular onde o mandril híbrido (30) está inserido. Entre a tampa central (5) e o transdutor duplo (7) é inserido um anel de vedação (39), de modo a isolar interferências com a leitura feita pelo transdutor duplo (7) da pressão e temperatura no exterior do mandril híbrido (30). Caso necessário, o orifício (36) pode ser fechado com um bujão (37) e um anel tipo *o' ring* (38).

O venturi insertável (12) apresenta-se de dois tipos: um para injeção (12a), mostrado nas Figuras 7a a 7c, e outro para produção (12b), mostrado nas Figuras 8a a 8c. O primeiro para ser usado nas operações de injeção de fluidos nos poços e o segundo para ser usado nas operações de extração de petróleo. Qualquer dos dois tipos tem a mesma construção básica. Externamente têm um perfil cilíndrico e internamente apresentam uma redução da seção reta, para produzir o efeito venturi. Além desses dois tipos, também foi desenvolvido um outro tipo de venturi conhecido como *pack off* (29), mostrado nas Figuras 5a a 5c. Este *pack off* é um tipo de venturi cego que tem a finalidade de proteger os sensores ópticos para que os mesmos não sejam danificados quando a coluna de produção do poço de petróleo é pressurizada para se assentar o obturador (*packer*).

O venturi insertável (12a) de injeção apresenta várias ranhuras ao longo de seu diâmetro externo. Uma primeira ranhura (16) se comunica com quatro furos que partem da seção de menor diâmetro do venturi e, após a montagem do venturi insertável (12a) no mandril híbrido (30), fica alinhada com um dos dois orifícios (19). Próximas a essa primeira ranhura estão duas outras ranhuras (31), uma de cada lado, que recebem *o' rings* para produzir uma perfeita vedação contra a parede interna do mandril híbrido (30), de modo a isolar interferências com a leitura feita pelo transdutor (18) de pressão diferencial. Mais à esquerda fica uma quarta

ranhura (32) que, após a montagem do venturi insertável (12a) no mandril híbrido (30), fica alinhada com o segundo dos dois orifícios (19). Desta ranhura saem quatro ranhuras longitudinais (33) que vão até quatro rasgos (34) transversais, os quais se comunicam com o interior do venturi insertável (12a) em sua seção de maior diâmetro. Após a montagem do venturi insertável (12a) no mandril híbrido (30), um desses rasgos transversais (34) fica alinhado com o orifício (20), permitindo ao transdutor duplo (7) de pressão e temperatura, medir temperatura e pressão no interior da coluna do poço. No caso do transdutor duplo (7), o alinhamento de um dos rasgos transversais (34) com o orifício (20) junto ao venturi insertável (12) só existe para que a tomada de pressão não seja obstruída, ou seja, para que haja a comunicação do transdutor duplo (7) com a coluna do poço. Ainda, a pressão reinante nesse ponto, é transmitida através do rasgo transversal (34), da ranhura longitudinal (33) e da quarta ranhura (32) ao segundo dos dois orifícios (19), permitindo ao transdutor (18) de pressão diferencial medir a pressão diferencial entre a maior e a menor seção do venturi. À esquerda dos rasgos transversais (34) fica uma quinta ranhura (35) que também recebe um *o' ring*. Esse *o' ring*, junto com o *o' ring* à esquerda da primeira ranhura (16) produzem uma segunda área vedada para evitar interferências com as leituras dos dois transdutores (7 e 18).

O venturi insertável (12b) de produção possui configuração igual ao venturi insertável (12a) de injeção, porém, com seu perfil girado em 180° e apresentando maior dimensão. Como precisa resistir à forte pressão de baixo para cima exercida pelo petróleo em extração, o venturi insertável (12b) recebe um prendedor (42) com travas (43) que tem o objetivo de prendê-lo no mandril híbrido (30), impedindo que o petróleo em extração o empurre. O prendedor (42) é encaixado no venturi insertável (12b), como indicado nas Figuras 8a e 8b. A maior dimensão do venturi insertável (12b) de produção se deve ao acréscimo desse prendedor (42).

Ressalte-se que o venturi insertável (12a) de injeção recebe pressão de cima para baixo do fluido sendo injetado no poço e, por isso, não precisa ter travas porque uma diferença sutil de diâmetro no final do corpo do venturi de injeção assenta o venturi no mandril, impedindo que o venturi  
5 insertável (12a) de injeção seja empurrado pelo fluido.

O transdutor (7) do tipo dupla pressão e dupla temperatura, chamado **2P2T**, permite medir pressão e temperatura tanto no anular como na coluna de produção em um poço de petróleo. A leitura deste transdutor (7) é feita utilizando-se um equipamento de leitura óptica,  
10 também conhecido como sistema de aquisição de dados, descrito no documento de patente brasileiro **PI 0403268-3**.

A leitura da pressão e da temperatura no anular e na coluna é feita pelo sistema de aquisição de dados óptico, descrito na patente brasileira **PI 0403268-3**, que lê a variação do comprimento de onda da Rede de  
15 Bragg dos sensores ópticos e através de uma equação de calibração, esta variação do comprimento de onda é transformada em pressão e temperatura.

Ocorre um procedimento similar com a vazão: o sistema de leitura óptico lê a variação do comprimento de onda em duas tomadas, essa  
20 diferença de comprimento de onda é transformada através de uma equação de calibração para diferença de pressão. Pela equação de Bernoulli, já conhecida na física, a diferença de pressão é transformada em vazão.

O transdutor (18), para medida de pressão diferencial é similar ao  
25 descrito no documento de patente brasileiro **PI 0403786-3**.

O mandril híbrido (30) da presente invenção trabalha com venturis insertáveis (12), que têm diferentes valores de betas (o beta significa a relação entre o maior e o menor diâmetro do venturi), de modo a adequá-  
lo à vazão do poço onde está instalado. Os venturis insertáveis (12) que  
30 são utilizados nos mandris híbridos podem possuir diferentes betas que

correspondem a vazões diferentes. Dentre os vários tipos de venturis insertáveis (12), os mais comuns são os de beta 0,21; 0,4; 0,5 e 0,6 (produção e injeção de cada um).

O princípio de funcionamento da medida de vazão é o seguinte: a  
5 passagem do fluxo através do venturi gera por meio das diferenças de velocidades nas tomadas de pressões internas, um diferencial de pressão entre o maior e o menor diâmetro do venturi (betas). Essa diferença de pressão é medida no transdutor diferencial de pressão óptico que transduz a diferença de pressão em variação de comprimento de onda. O sistema  
10 de leitura de superfície mede esta variação, e em função das constantes de calibração deste sensor transforma a variação do comprimento de onda óptico em medida diferencial de pressão. Com base na medida do diferencial de pressão, se calcula por meio das equações de venturi a vazão propriamente dita. A medida de vazão pode ser pelo fluxo  
15 ascendente ou descendente, ou seja, de acordo com o sentido do fluxo o sensor pode medir em ambas as direções. Os venturis insertáveis (12) do mandril híbrido (30) são construídos para vários tipos de betas (relação matemática entre o menor e o maior diâmetro do venturi).

Uma ferramenta especial foi desenvolvida para inserir e extrair os  
20 venturis insertáveis (12), chamada ferramenta GS (17), a qual é mostrada nas Figuras 6a a 6d, e é utilizada em conjunto com a já conhecido operação por arame (*wire line*). Esta ferramenta GS (17) desce, assenta, coloca e retira qualquer tipo de venturi insertável (12), inclusive o venturi cego *pack off* (29), na posição de descida. Possui garras (44) em sua  
25 ponta que são projetadas para assentar e travar no pescoço de pescaria interno (55) – mostrado em detalhe na Figura 7c - do venturi insertável (12). A ferramenta GS (17) é usada simplesmente introduzindo as garras (44) e a alma (45) dentro do pescoço de pescaria interno (55) do venturi insertável (12). As garras (44) se retraem comprimindo a mola (46) da  
30 garra ao topar na parte superior chanfrada do venturi insertável (12), e se

escondem na alma (45). As garras (44), ao alcançarem a restrição e devido à expansão da mola (46), engatam-se dentro da restrição do pescoço de pescaria interno (55) do venturi insertável (12) pronto para aplicação (colocação do venturi insertável). Quando o venturi insertável  
5 (12) é devidamente colocado em seu lugar de fixação, são feitas percussões para baixo rompendo o pino de cisalhamento (47) e a alma (45) move-se para baixo escondendo as garras (44) com a expansão da mola (46) que mantém a alma na posição inferior.

Para se retirar o venturi insertável (12), deve-se colocar um novo  
10 pino de cisalhamento (47) e descer a ferramenta GS (17). Quando a ferramenta GS (17) encontra a restrição do venturi insertável (12), são realizados sucessivos golpes ou percussões para baixo até ocorrer o engate do venturi insertável (12) na ferramenta GS (17). Quando a ferramenta GS (17) encaixa no venturi insertável (12), este é puxado para  
15 cima e retirado. Por estas características, a ferramenta GS (17) pode ser utilizada em operações de pescaria externa.

Compõem, ainda, a ferramenta GS (17) o pescoço de pescaria (48), o parafuso de fixação (49), o sub superior (50), a mola (51) do cilindro, o retentor (52) da mola, o retentor (53) das garras, e o cilindro (54).

20 O pescoço de pescaria (48) é projetado de forma que caso a ferramenta GS (17) solte do *wire line*, seja possível recuperá-la mediante a pescaria externa. O parafuso de fixação (49) serve para evitar o desenroscar do pescoço de pescaria (48) da alma (45), ou seja, para não afrouxar o pescoço de pescaria (48) da alma (45). O sub superior (50) é a  
25 parte superior que se desloca da ferramenta GS (17). A mola do cilindro (51) serve para deslocar toda a parte móvel da ferramenta GS (17). O retentor (52) da mola é uma parte da ferramenta GS (17) que mantém a mola comprimida junto ao pino de cisalhamento (47). O retentor (53) das garras serve para manter as garras (44) corretamente posicionadas e  
30 eqüidistantes. O cilindro (54) é a parte externa da ferramenta GS (17) que

movimenta todas as partes móveis da ferramenta GS (17).

### **Exemplo de aplicação**

O equipamento para medição de dupla temperatura e pressão e vazão em poços de petróleo foi submetido aos testes de qualificação realizados numa câmara termohiperbárica que reproduz as condições de um poço de petróleo sob carregamentos térmicos e de pressão hidrostática interna e externa. O termo pressão interna é utilizado em referência a uma pressão aplicada no interior do mandril híbrido (coluna), ao passo que o termo pressão externa se refere a uma pressão aplicada no interior da câmara termohiperbárica, porém, externa ao mandril híbrido (anular). No teste hidrostático a pressão interna foi aplicada no valor de 7500 psi por 10 minutos à temperatura ambiente, registrando as medições de temperatura e pressão dos transdutores de referência da câmara. Em seguida, a pressão foi zerada e a temperatura elevada a 90°C. Aplicou-se então 7500 psi por 10 minutos e rapidamente a pressão foi zerada. Como o mandril híbrido não apresentou vazamentos ou perda de pressão o mesmo foi considerado aprovado. A pressão externa foi aplicada no valor de 7500 psi por 10 minutos à temperatura ambiente, registrando as medições de temperatura e pressão dos transdutores de referência da câmara. Em seguida, a pressão foi zerada e a temperatura elevada a 90°C. Aplicou-se então 7500 psi por 10 minutos e zerou-se rapidamente a pressão. Como o mandril híbrido não apresentou vazamentos ou perda de pressão o mesmo foi considerado aprovado.

Embora o EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO E RESPECTIVA FERRAMENTA DE MANUSEIO que acaba de ser descrito com relação aos exemplos e desenhos anexados, seja a forma de realização preferida da invenção, compreender-se-á que diversas modificações poderão ser introduzidas sem se sair do âmbito de sua proteção, podendo alguns elementos ser substituídos por outros com a mesma função técnica, em

especial os materiais utilizados, suas dimensões, formas e proporções.

### REIVINDICAÇÕES

- 1- **EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, caracterizado por compreender um único mandril híbrido (30) onde são alocados um sensor
- 5 óptico de dupla pressão e temperatura e um sensor de pressão diferencial, o qual é constituído pelos seguintes componentes: corpo superior (1), corpo central (2), corpo inferior (3), tampa central (5), duas tampas laterais (4), venturi insertável (12), transdutor duplo (7) de pressão e temperatura e transdutor (18) de pressão diferencial, no qual:
- 10 – o corpo superior (1) e o corpo inferior (3) são fixados cada um em uma extremidade do corpo central (2), formando uma peça única;
- o venturi insertável (12) é fixado, de modo removível, no interior do corpo central (2);
- o corpo superior (1), corpo central (2), corpo inferior (3) têm sua
- 15 superfície superior plana, na qual são fixadas uma das tampas laterais (4), a tampa central (5) e a segunda tampa lateral (4);
- o transdutor duplo (7) de pressão e temperatura e o transdutor (18) de pressão diferencial são fixados à face superior do corpo central (2), ficando inseridos dentro de um rebaixo (25) da tampa central (5).
- 20 **2- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o corpo central (2) apresentar, em sua face superior, dois orifícios (19) que se comunicam com o interior do venturi insertável (12) e com o transdutor (18) de pressão diferencial, para
- 25 permitir que ele faça a leitura do diferencial de pressão, e um terceiro orifício (20), que se comunica com o interior do mandril híbrido (30) e com o transdutor duplo (7) de pressão e temperatura de modo a permitir que ele faça a leitura de pressão e temperatura na coluna do poço.
- 30 **3- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a

reivindicação 1, **caracterizado por** o corpo central (2) ter, ainda, furos roscados (21) na sua face superior para fixação dos parafusos (6) da tampa central (5) e dos parafusos (9) do transdutor (18) de pressão diferencial e do transdutor (7) de dupla pressão e temperatura.

5 **4- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a tampa central (5) apresentar um orifício (36) coincidente com o transdutor duplo (7) de pressão e temperatura de modo a permitir que ele faça a leitura de pressão e  
10 temperatura no anular onde o mandril híbrido (30) está inserido.

**5- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** os corpos inferior (3) e superior (1) terem como finalidade principal permitir a conexão do mandril híbrido (30)  
15 à coluna de produção de petróleo, apresentando para tanto rosca externa na extremidade do corpo inferior (3) e rosca interna na extremidade do corpo inferior (1).

**6- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** as tampas laterais (4) terem ranhuras (24) em sua face inferior para permitir a passagem das fibras ópticas pelo interior do mandril híbrido (30).  
20

**7- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a tampa central (5) apresentar um rebaixo (25) ao longo de sua face inferior, que começa próximo a uma extremidade e termina próxima à outra extremidade; em cada extremidade da tampa central (5) o rebaixo se comunica com o exterior por meio de furos (26, 26') cada qual coincidindo com o rasgo (24) das duas tampas  
25 laterais (4), para a passagem da fibra óptica; nos locais coincidentes com  
30

os transdutores (18) de pressão diferencial e (7) de dupla pressão e temperatura, o rebaixo (25) se alarga, para permitir o encaixe dos mesmos; apresentar, dentro do rebaixo (25), dois ressaltos (28) para enrolar a fibra óptica.

5 **8- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o venturi insertável (12) ser inserido e retirado do mandril híbrido (30) por meio de uma ferramenta especial chamada ferramenta GS (17).

10 **9- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** uso de dois tipos de venturi insertável (12), um para injeção (12a), e outro para produção (12b) sendo o primeiro para ser usado nas operações de injeção de fluidos nos poços e o  
15 segundo para ser usado nas operações de extração de petróleo.

**10- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado por** qualquer dos dois tipos ter a mesma construção básica, externamente um perfil cilíndrico e internamente  
20 apresentam uma redução da seção reta para produzir o efeito venturi.

**11- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado por** o venturi insertável (12a) de injeção apresentar várias ranhuras ao longo de seu diâmetro externo, sendo que:

25 – uma primeira ranhura (16) se comunica com quatro furos que partem da seção de menor diâmetro do venturi e, após a montagem do venturi insertável (12a) no mandril híbrido (30), fica alinhada com um dos dois orifícios (19);

– duas outras ranhuras (31), próximas a essa primeira ranhura, uma de  
30 cada lado, recebem o' rings para produzir uma perfeita vedação contra

a parede interna do mandril híbrido (30), de modo a isolar interferências com a leitura feita pelo transdutor (18) de pressão diferencial;

– uma quarta ranhura (32), mais à esquerda, que após a montagem do venturi insertável (12a) no mandril híbrido (30), fica alinhada com o segundo dos dois orifícios (19);

– desta quarta ranhura (32) saem quatro ranhuras longitudinais (33) que vão até quatro rasgos (34) transversais, os quais se comunicam com o interior do venturi insertável (12a) de injeção em sua seção de maior diâmetro e, após a montagem do venturi insertável (12a) de injeção no mandril híbrido (30), um desses rasgos transversais (34) fica alinhado com o orifício (20), permitindo ao transdutor duplo (7) de pressão e temperatura, medir temperatura e pressão na coluna do poço de petróleo;

– a pressão reinante nesse ponto a montante do venturi é transmitida, através do rasgo transversal (34), da ranhura longitudinal (33) e da quarta ranhura (32) ao segundo dos dois orifícios (19), permitindo ao transdutor (18) de pressão diferencial medir a pressão diferencial entre a maior e a menor seção do venturi;

– à esquerda dos rasgos transversais (34) fica uma quinta ranhura (35) que também recebe um *o' ring*, o qual junto com o *o' ring* à esquerda da primeira ranhura (16) produzem uma segunda área vedada para evitar interferências com as leituras dos dois transdutores (7 e 18).

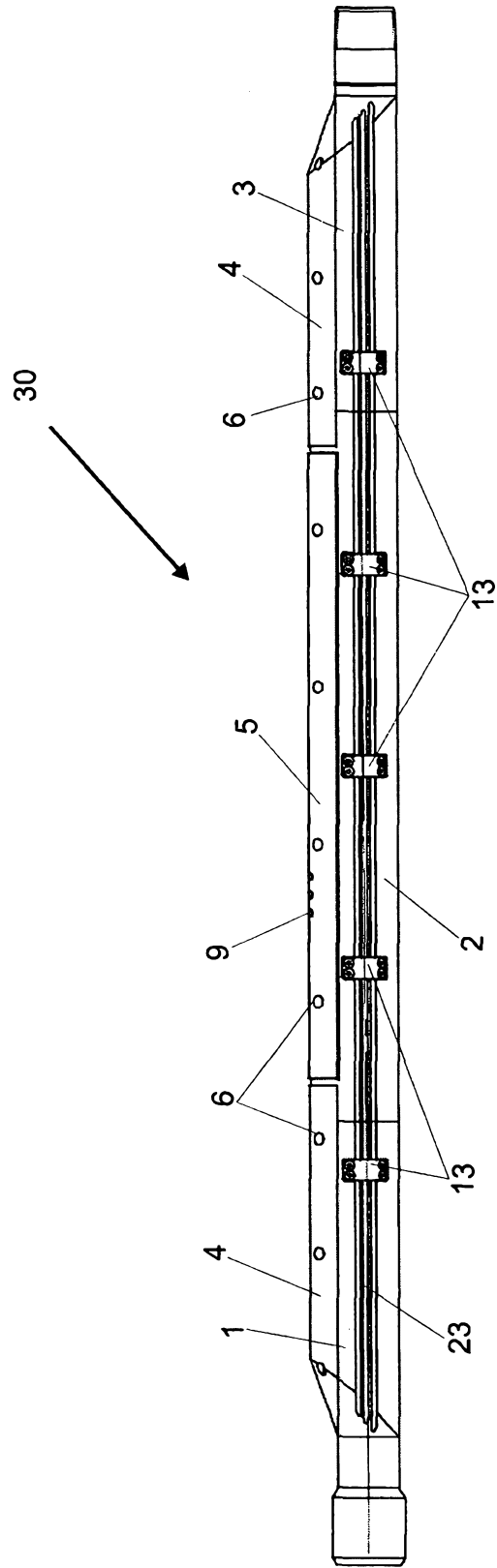
**12- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por o venturi insertável (12b) de produção possuir configuração igual ao venturi insertável (12a) de injeção, porém, com seu perfil girado em 180° e com maior dimensão devido a receber um prendedor (42) com travas (43) para prendê-lo no mandril híbrido (30), impedindo que o petróleo em extração o empurre.

**13- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA**

**TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** uso de um terceiro tipo de venturi, conhecido como *pack off* (29), que é um tipo de venturi cego e tem a finalidade de proteger os sensores ópticos para que os mesmos não sejam danificados quando a coluna de produção do poço de petróleo é pressurizada para se assentar o obturador.

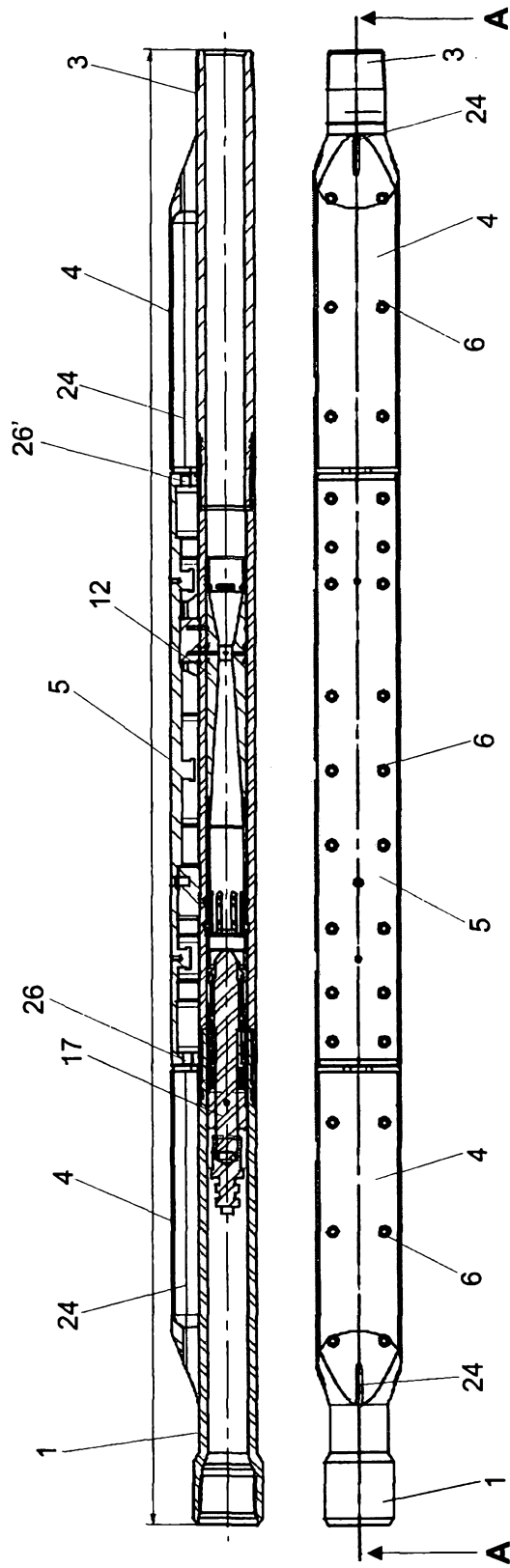
**14- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a estrutura do mandril híbrido (30), os elementos de união de suas várias partes e os elementos de vedação entre suas várias partes serem adequados a suportar altas pressões e temperatura elevadas.

**15- EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO ÓPTICA DE DUPLA TEMPERATURA E PRESSÃO E DE VAZÃO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** nas laterais dos corpos central (2), superior (1) e inferior (3) haver ranhuras externas (23), onde são encaixados os cabos de fibra óptica sendo que após a colocação dos cabos nas ranhuras (23), elas recebem tampas (13), que são afixadas, respectivamente, nos corpos central (2), superior (1) e inferior (3), de forma a manter os cabos adequadamente presos.

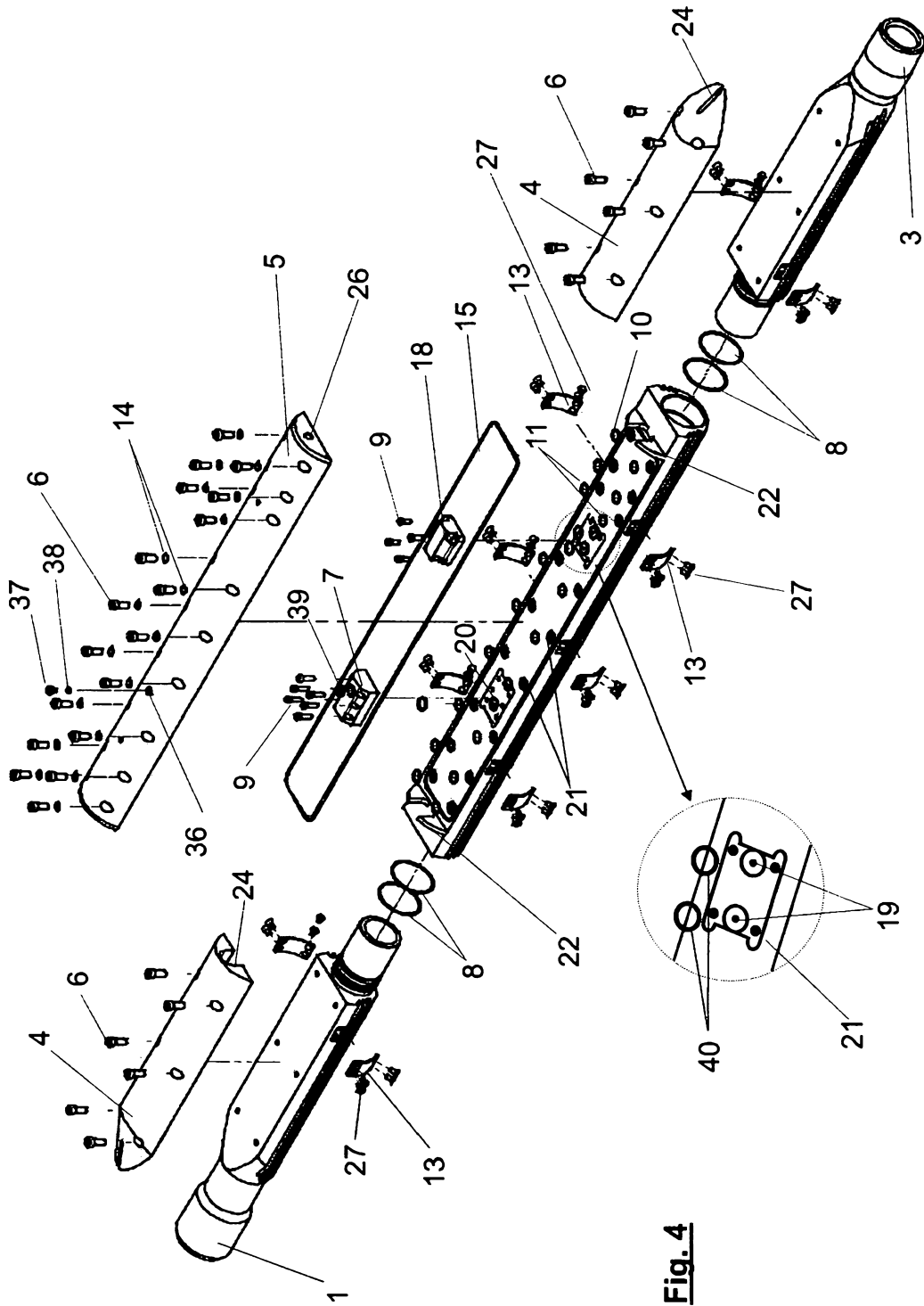


**Fig. 1**

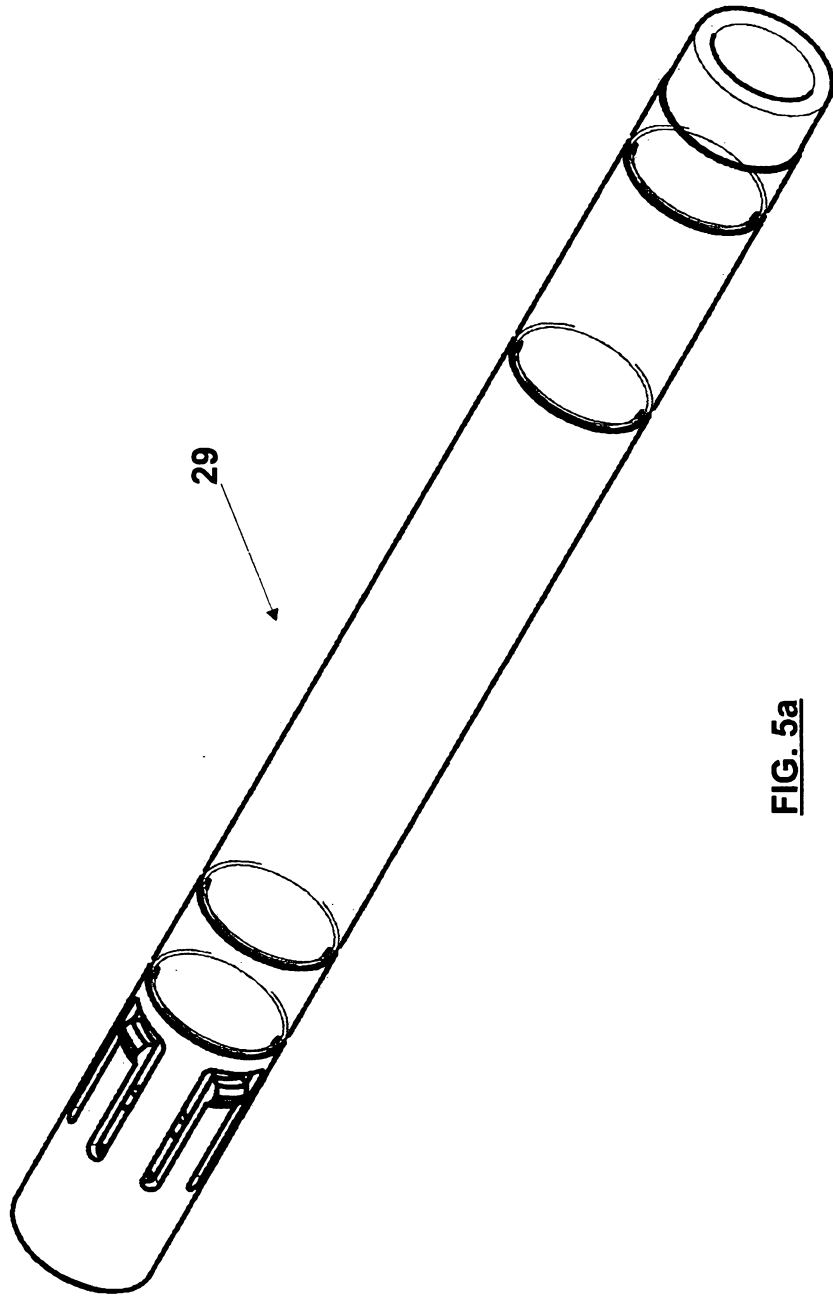
**Fig. 3 - corte AA**



**Fig. 2**



**Fig. 4**



**FIG. 5a**

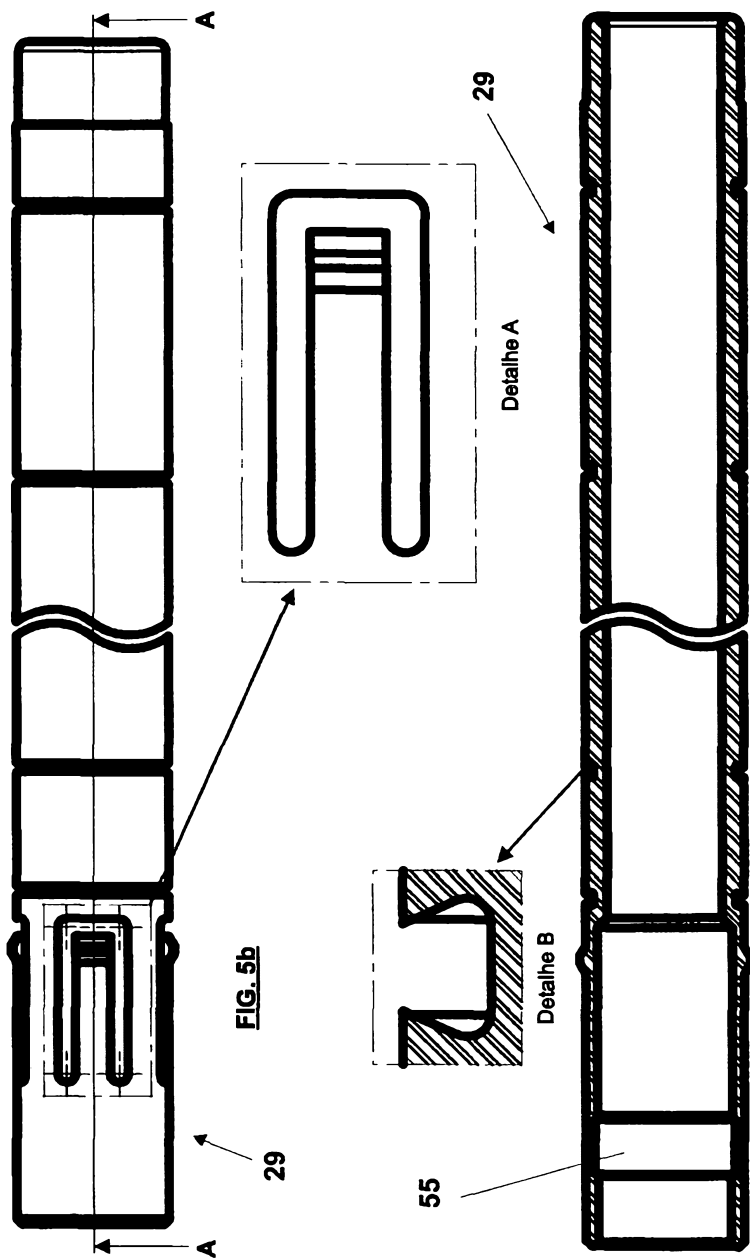
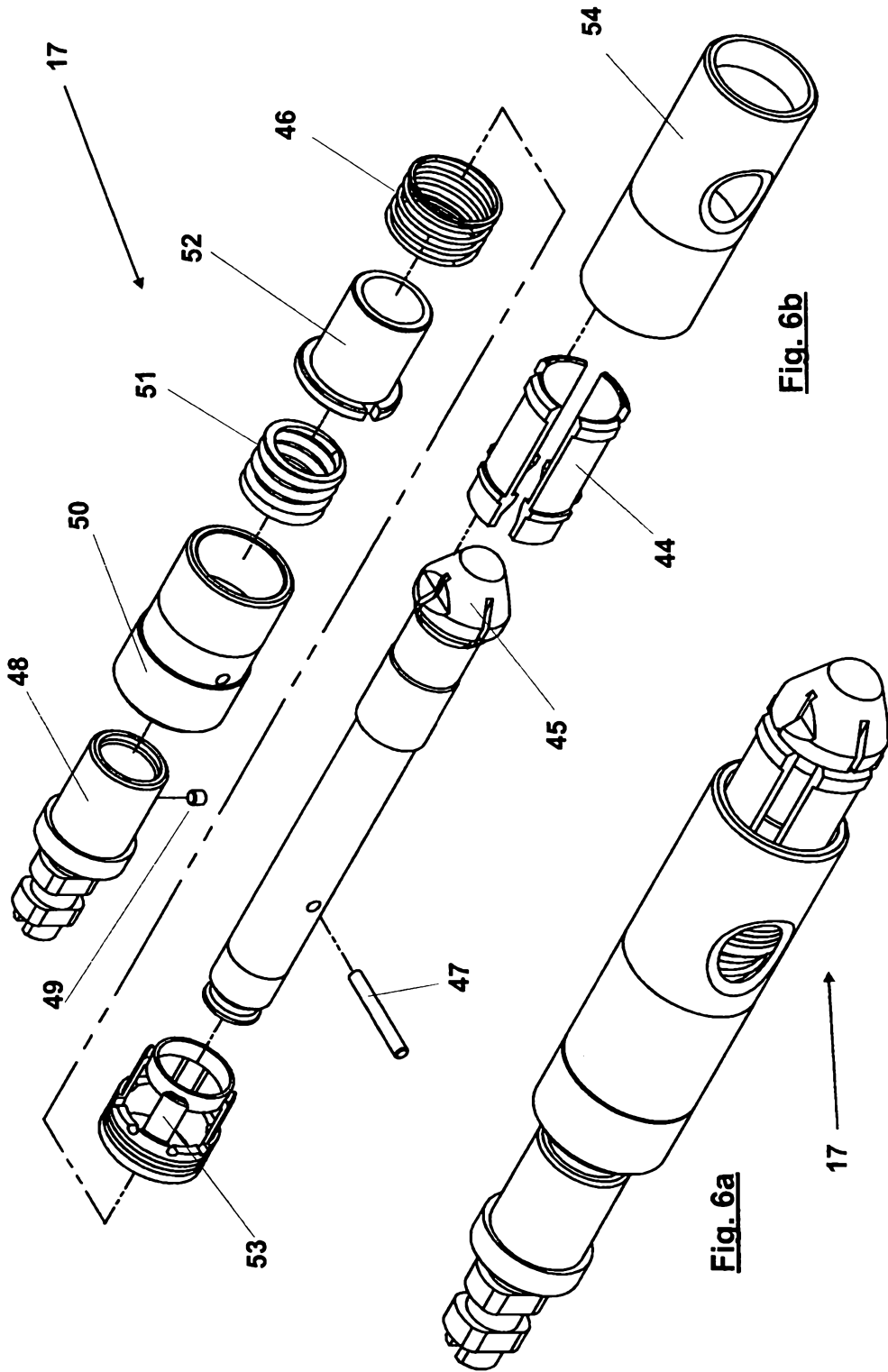


FIG. 5c - corte AA



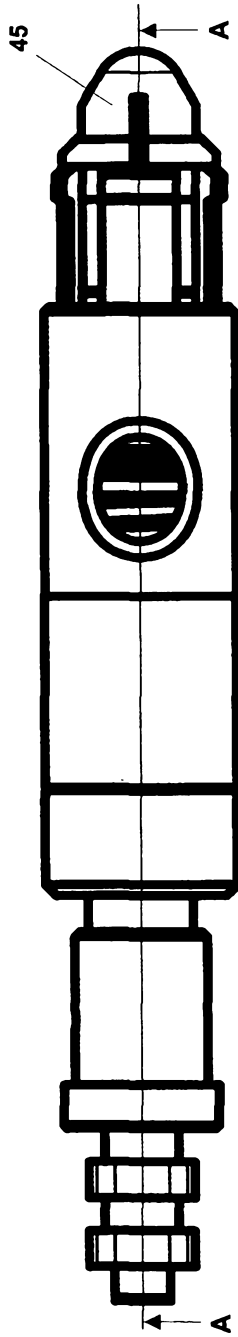


Fig. 6c

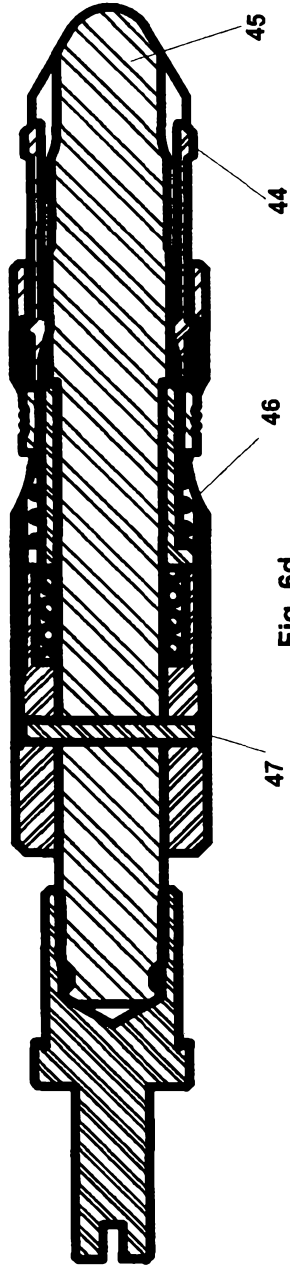
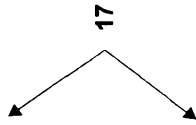
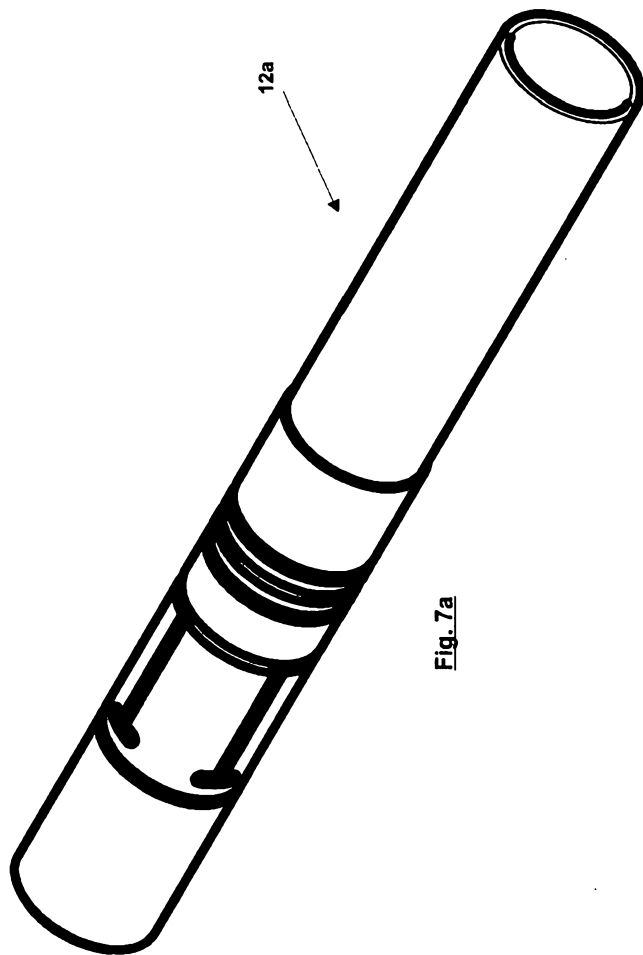


Fig. 6d



**Fig. 7a**

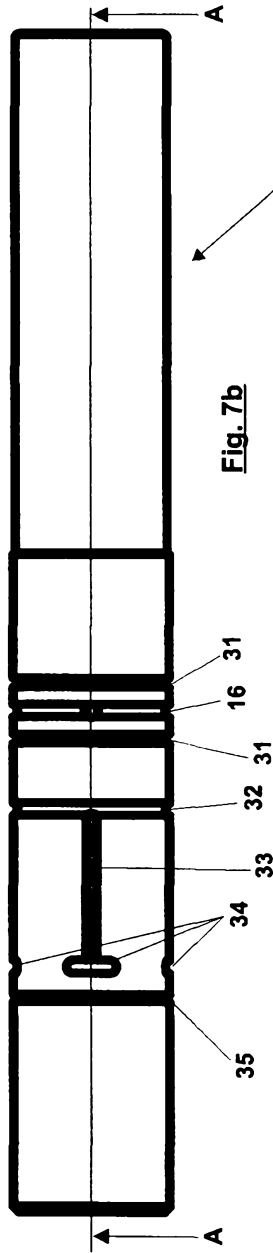


Fig. 7b

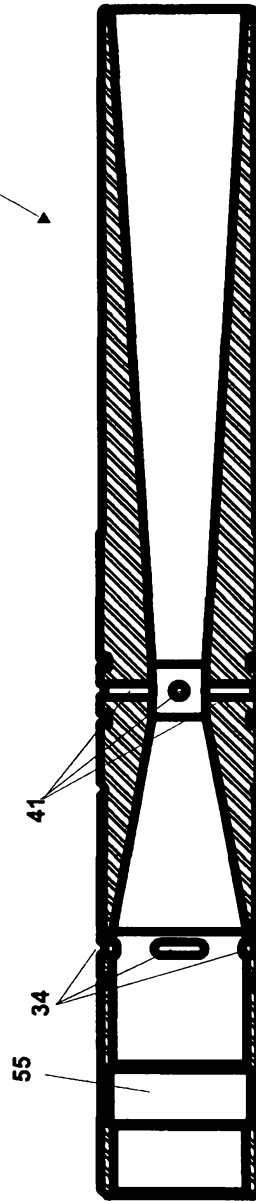
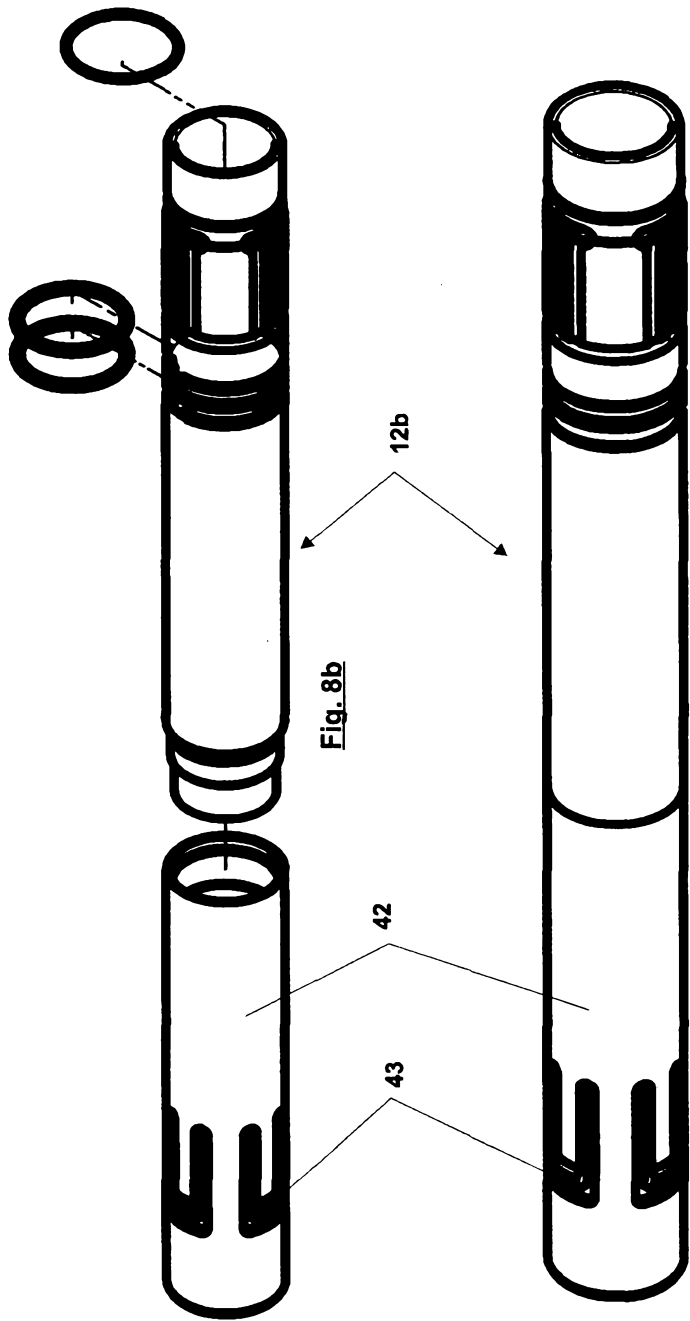
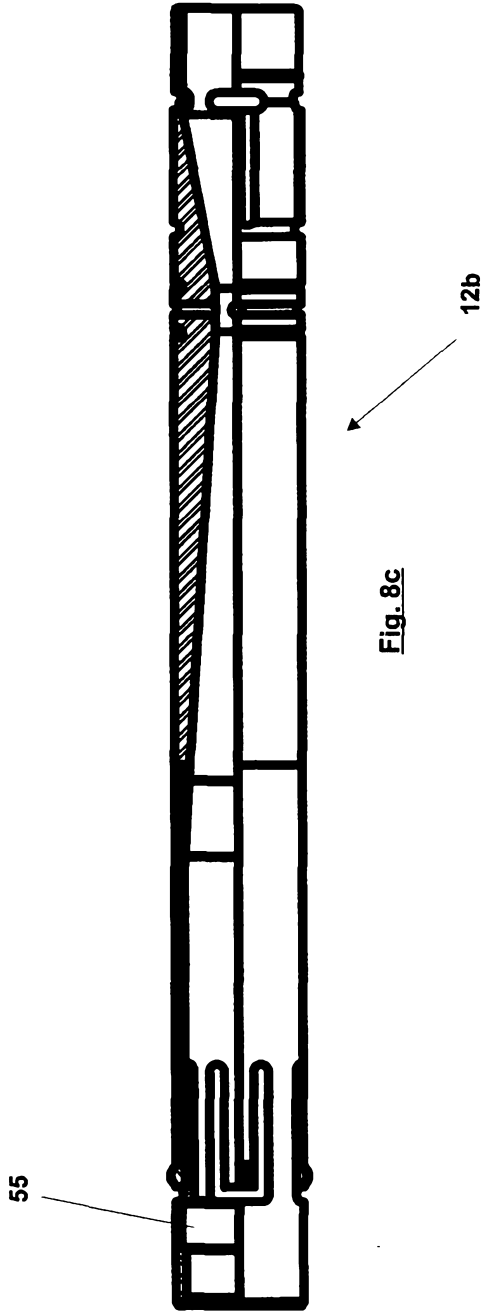
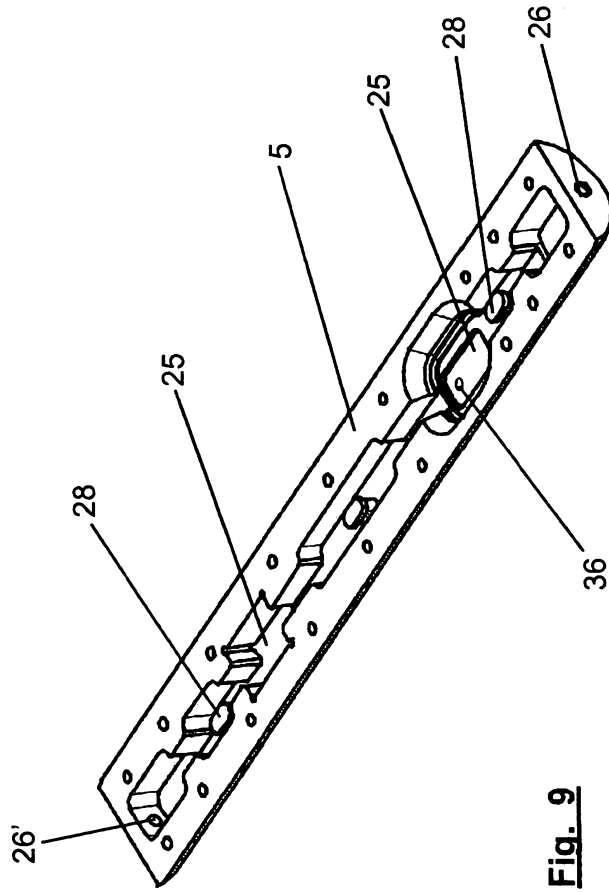


Fig. 7c







**Fig. 9**