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

(11) **PI 0621814-8 B1**

**(22) Data do Depósito:** 08/08/2006

**(45) Data de Concessão:** 01/08/2017

**(54) Título:** EQUIPAMENTO DE ABERTURA DE MICRO-TÚNEIS, EQUIPAMENTO DE ABERTURA DE TÚNEIS, COLUNA DE PERFURAÇÃO E MÉTODO PARA INSTALAÇÃO DE PRODUTO DE TUBO

**(51) Int.Cl.:** E21B 7/08; E21B 7/04; E21B 7/20; E21B 7/30; E21B 10/00; E21B 12/00; E21B 21/12; E21D 9/08; E21B 7/28; E21B 17/18

**(30) Prioridade Unionista:** 16/06/2006 AU 2006903269

**(73) Titular(es):** VERMEER MANUFACTURING COMPANY

**(72) Inventor(es):** ANDIS SALINS; STUART HARRISON

"EQUIPAMENTO DE ABERTURA DE MICRO-TÚNEIS, EQUIPAMENTO DE ABERTURA DE TÚNEIS, COLUNA DE PERFURAÇÃO E MÉTODO PARA INSTALAÇÃO DE PRODUTO DE TUBO"

Campo Técnico

Esta invenção diz respeito à perfuração subterrânea e, mais particularmente, a um sistema e equipamento para abertura de micro-túneis melhorado.

Neste documento, considera-se que "abertura de micro-túneis" compreende perfuração horizontal sem valas de um orifício da ordem de 600 milímetros ou menos.

Antecedentes da Invenção

Modernas técnicas de instalação permitem instalação subterrânea de serviços exigidos para infra-estrutura comunitária. Serviços de esgoto, água, eletricidade, gás e telecomunicações estão sendo cada vez mais instalados debaixo do solo para maior segurança e para criar arredores visualmente mais agradáveis que não ficam desordenadas com serviços abertos.

Atualmente, o método mais utilizado para trabalhos subterrâneos é escavar uma vala aberta. Isto é, onde uma vala é aberta pela superfície superior e, então, depois da inserção de tubos ou de cabo ótico, é reenchida. Este método é razoavelmente prático em áreas de construções novas, onde a ausência de edifícios, estradas e infra-estrutura não fornece um obstáculo para este método. Entretanto, em áreas que suportam construção existente, uma vala aberta apresenta óbvias desvantagens, grandes interrupções de rodovias e alta possibilidade de destruição da infra-estrutura existente (isto é, utilidades previamente enterradas). Também, quando uma vala aberta é completada e reenchida, a mudança resultante na estrutura do solo raramente dá um resultado final satisfatório, já que, freqüentemente, o local da vala afunda. Valas abertas também são inseguras para pedestres e trabalhadores.

Um outro conceito empregado para trabalhos subterrâneos é aquele da abertura de um orifício subterrâneo horizontal. Diversos métodos empregam esta filosofia, já que, no geral, ela supera as questões de interrupção de estradas e da infra-estrutura descritas em relação às valas abertas. Entretanto, mesmo estes métodos têm seus problemas inerentes.

Um método é a perfuração direcional horizontal (HDD). Neste método, um dispositivo de perfuração fica situado na superfície do solo e abre um furo no solo em um ângulo oblíquo em relação à superfície do solo. Tipicamente, um fluido de perfuração escoa através da coluna de perfuração, sobre a ferramenta de perfuração, e de volta ao furo de perfuração a fim de remover cascalho e sujeira. Depois que a ferramenta de perfuração alcança uma profundidade desejada, então, a ferramenta é direcionada ao longo

de uma trajetória substancialmente horizontal para criar um furo de perfuração horizontal. Depois que o comprimento desejado do furo de perfuração é obtido, então, a ferramenta é direcionada para cima para abrir caminho até a superfície. Então, um escareador é anexado na coluna de perfuração, que é puxada de volta através do furo de perfuração, escareando assim o furo de perfuração em um maior diâmetro. É comum anexar uma linha de utilidade ou outro conduíte na ferramenta de escareamento de forma que ele seja arrastado através do furo de perfuração juntamente com o escareador. Um grande problema com este método é que o mecanismo de direção é extremamente impreciso e inadequado para aplicações em grade. A ação de interromper e iniciar utilizada pelo operador resulta em um orifício que não é completamente reto. O operador não tem maneiras de saber exatamente onde o furo vai, o que pode resultar em dano às utilidades existente. Isto pode apresentar uma ameaça à segurança, particularmente se os serviços na área forem de uma natureza volátil.

Um outro método é o método do deslocamento piloto. Este método usa uma coluna de perfuração empurrada dentro do solo e girada por uma estrutura de macaco. Um teodolito é focalizado ao longo da coluna de perfuração como um ponto de referência para manter a linha na grade. Este sistema não é precisamente dirigido. A inclinação no nariz é apontada na direção pretendida. A posição da cabeça é monitorada através de uma estação total com um conjunto de grade e linha, e medindo este ponto em relação a um alvo montado na cabeça da coluna piloto. Se as condições do solo forem homogêneas e as condições absolutamente perfeitas, será produzido um orifício satisfatório. Infelizmente, raramente este é o caso. No geral, as condições do solo são variáveis, e o tubo piloto tenderá a se dirigir para a qualquer que seja a direção do solo que oferecer a menor resistência, independente da direção na qual se dirige o tubo. Como, no geral, as colunas de perfuração são curtas, freqüentemente, o tempo para furar é curto, com repetidas conexões tornando o processo cansativo. Uma vez que o orifício alcança o eixo de recepção, verrumas são anexadas e puxadas de volta ao longo do orifício para deslocar os escombros para dentro do eixo de recepção. Então, isto deve ser manualmente removido, o que é demorado. Abertura de micro-túneis tipo lama utiliza reticulação de lama para transportar a remoção de escombros por todo o processo de instalação. Duas linhas são alimentadas por meio de um eixo de partida ao longo do orifício. Os tubos são guinchados por meio de uma estrutura de macaco hidráulico para dentro do orifício. Água é forçada ao longo do tubo de alimentação até a face de corte ou cortante onde a lama de escombros de rocha e barro é forçada de volta ao longo do tubo de retorno. Apesar de dispor de um bom grau de precisão, este sistema exige um eixo estrutural que precisa de uma massiva quantidade de força para empurrar os tubos. Isto resulta

em um fosso do eixo do macaco grande e oneroso, que é demorado para construir. O peso e tamanho absolutos dos componentes os tornam lentos para conectar e inconvenientes para o uso. Se a unidade ficar danificada ou presa no orifício, o único método disponível para recuperar a unidade será cavar sobre o local da cabeça de perfuração.

Em uma forma de máquina de perfuração mostrada pelo pedido de patente US 2004/0108139 de Davies e correspondente à patente australiana 2003262292, é divulgada uma máquina abertura de micro-túneis com uma cabeça de tunelamento com uma broca de perfuração que é forçada em uma direção horizontal por um propulsor hidráulico. A direção da cabeça é guiada por laser. O feixe atinge um alvo na cabeça e uma câmera transmite uma imagem do alvo para um operador localizado na entrada do túnel. O operador ajusta a direção pela admissão de água e pela drenagem de água de um par de bate-estacas no interior da cabeça, o que move a broca de perfuração para cima e para baixo, ou para a esquerda e para a direita. É divulgada uma versão semi-automática na qual um microprocessador ajusta a direção até que o operador assuma o controle. Em particular, a invenção é reivindicada como um sistema guia para a cabeça de perfuração de uma máquina abertura de micro-túneis do tipo que perfura em uma direção e inclinação selecionadas usando guia de feixe de laser que tem a parte mais extrema do acionamento da broca de perfuração ajustável em duas direções em 90 °, em que a parte mais extrema do acionamento tem um alvo para o feixe de laser, dispositivo para conduzir uma imagem do alvo e a posição do golpe de laser a um operador situado remotamente em relação à cabeça de perfuração, e dispositivo de entrada para o operador ajustar a direção da parte mais extrema do acionamento.

A principal abordagem do controle direcional do equipamento divulgado do pedido de patente US2004/0108139 de Davies é ter o eixo de acionamento conectado em sua extremidade distal na aresta de corte de uma maneira que permite que o eixo de acionamento se mova como exigido, e permitir que o elemento de corte seja redirecionado para a posição correta determinada pelo sistema direcional controlado por laser. Entretanto, esta forma de equipamento coloca toda a tensão em um eixo de acionamento móvel alongado retido pelos cilindros e, portanto, aumenta facilmente o risco de ruptura. Claramente, há uma necessidade de fornecer um sistema melhorado para diminuir a chance de ruptura dos componentes da cabeça de perfuração.

Percebe-se que os presentes métodos de tunelamento subterrâneo são inconvenientes, imprecisos e exigem repetidas interrupções das operações de perfuração em função da remoção de resíduo e dos efeitos de aquecimento. Além do mais, há um inerente atraso resultante da substituição das partes dos sistemas de perfuração convencionais, já que, usualmente, eles exigem que a ferramenta de perfuração seja recuperada

do local e retornada para a fábrica de montagem. A recuperação em si pode ser inconveniente e onerosa, particularmente, se um novo orifício de acesso vertical for exigido para recuperar a ferramenta. Isto pode danificar a estrada ou serviços sob os quais o túnel perfurado se estende. Sistemas presentes adicionais não podem permanecer precisos na direção de perfuração fixa, o que é freqüentemente necessário quando for detectada uma obstrução enterrada, ou forem encontradas condições de solo alteradas.

Sumário da Invenção

De acordo com a invenção, são fornecidos um equipamento e um método para perfuração subterrânea em grade e, mais particularmente, são fornecidos sistema e equipamento para abertura de micro-túneis melhorados.

Neste documento, considera-se que abertura de micro-túneis compreende perfuração horizontal sem valas de um orifício da ordem de 600 milímetros ou menos. Isto é particularmente relevante para a insurgência de tubos da ordem de cerca de 300 milímetros.

As desvantagens da atual tecnologia abertura de micro-túneis são significativas e foram superadas, ou pelo menos atenuadas, pela presente invenção, incluindo uma ou mais das seguintes melhorias, e ainda outras melhorias entendidas a partir da descrição.

Uma primeira melhoria fundamental é o uso de um revestimento externo com canais de fluxo e a haste de acionamento nele montada, e que permite que todo o cabeamento e sistema de mangueiras sejam montados em uma cavidade externa, que, desse modo, permite cabeamento contínuo em uma pluralidade de hastes de perfuração intermediárias revestidas.

Uma segunda melhoria fundamental é a incorporação da linha de transmissão na câmara de vácuo. A incorporação de rotação no vácuo alcança múltiplos objetivos. Primeiramente, a área com vácuo pode ser drasticamente aumentada e, assim, pode maximizar a capacidade das máquinas em remover escombros em tal maior produtividade. Em segundo lugar, o componente de rotação da haste de perfuração gera calor. A remoção deste calor da área do laser é crítica para a precisão do laser. Pela combinação da rotação na área com vácuo, todo o calor gerado é imediatamente removido e, portanto, o laser não é afetado.

Uma terceira melhoria fundamental é o mecanismo de direção da haste de perfuração revestida que usa projeções radiais que encaixam o invólucro de direção para direcionar a cabeça de perfuração e para impedir qualquer força indevida na cabeça de perfuração centralmente montada no revestimento.

Uma quarta melhoria fundamental é a estrutura modular da cabeça de perfura-

ção em uma pluralidade de módulos tipo disco que pode ser criada por ataque ácido, perfuração ou fundição externas diretas ou congêneres, e que pode ser combinada em invólucros cilíndricos para formar uma cabeça de perfuração facilmente montada.

Uma quinta melhoria fundamental são os componentes modulares do dispositivo de acionamento que permitem que unidades rotativas diferentes sejam usadas com uma unidade propulsora que fornece tração linear, bem como capacidades de impulso. Isto permite o casamento das unidades rotativas com o material que está sendo perfurado e com o tamanho do tubo que está sendo inserido e, adicionalmente, permite o escareamento invertido em um maior diâmetro depois que o orifício inicial foi precisamente feito.

Descrição Resumida dos Desenhos

A fim de que a invenção seja mais facilmente entendida, será descrita uma modalidade apenas a título de ilustração em relação aos desenhos, nos quais:

A figura 1 é uma vista em perspectiva de um dispositivo de acionamento de um sistema e equipamento de abertura de micro-túneis de acordo com a invenção que inclui um módulo de empuxo e módulo de rotação montados em um sistema de armação e que inclui adicionalmente um vácuo para auxiliar no retorno da lama;

A figura 2 é uma vista em perspectiva explodida de uma cabeça de perfuração que pode ser acionada pelo dispositivo de acionamento da figura 1 para uso no sistema e equipamento de abertura de micro-túneis de acordo com a invenção;

A figura 3 é uma vista frontal de uma cabeça de perfuração encerrada com dispositivo de corte frontal que pode ser acionado pelo dispositivo de acionamento da figura 1 para uso no sistema e equipamento de abertura de micro-túneis de acordo com a invenção;

A figura 4 é uma vista seccional transversal da cabeça de perfuração encerrada com dispositivo de corte frontal da figura 3 através da seção A-A;

A figura 5 é uma vista seccional transversal da cabeça de perfuração encerrada com dispositivo de corte frontal da figura 3 através da seção B-B;

A figura 6 é uma vista seccional transversal da cabeça de perfuração encerrada com dispositivo de corte frontal da figura 3 através da seção C-C;

A figura 7 mostra vistas em perspectiva frontal e traseira do módulo de direção da cabeça de perfuração da figura 2;

A figura 8 é uma vista lateral do módulo de direção da figura 7 e uma vista seccional transversal através da seção B-B;

A figura 9 mostra vistas em perspectiva frontal e traseira do módulo do mancal da cabeça de perfuração da figura 2;

A figura 10 é uma vista lateral e uma vista seccional transversal de um eixo de perfuração;

A figura 11 mostra vistas em perspectiva frontal e traseira da bucha do mancal da cabeça de perfuração da figura 2;

A figura 12 é uma vista lateral da bucha do mancal frontal da figura 11 e uma vista seccional transversal através da seção A-A;

A figura 13 é uma vista seccional transversal da cabeça de perfuração encerrada que mostra a trajetória do fluido de pressão através dos módulos até o módulo do mancal, e a bucha do mancal frontal que suporta o braço de corte frontal;

A figura 14 é uma vista em perspectiva de uma haste de acionamento para extensão entre o dispositivo de acionamento da figura 1 e a cabeça de perfuração da figura 2;

A figura 15 é uma vista em perspectiva invertida da haste de acionamento da figura 6;

A figura 16 são vistas de extremidade da haste de acionamento das figuras 14 e 15 que mostram extremidades casadas macho e fêmea;

A figura 17 é uma vista em perspectiva detalhada da haste de perfuração das figuras 14 e 15 que mostra o mecanismo de travamento articulado;

A figura 18 é uma vista em perspectiva traseira de um escareador de precisão auxiliado por vácuo que mostra o dispositivo de conexão na haste de perfuração e a face de corte voltada para trás;

A figura 19 é uma vista em perspectiva frontal de um escareador de precisão auxiliado por vácuo da figura 18 que mostra o dispositivo de conexão no tubo produto a ser instalado;

A figura 20 é uma vista em perspectiva traseira de um escareador de precisão auxiliado por vácuo da figura 18; e

A figura 21 é uma vista seccional transversal através da seção A-A da figura 20 de um escareador de precisão auxiliado por vácuo da figura 18 que mostra as passagens internas de fluido de pressão, a cavidade de vácuo, o canal de ar, o eixo de acionamento de entrada, o conjunto de engrenagem planetária, o cubo do mecanismo de corte e o suporte.

Descrição Detalhada da Invenção

Em relação aos desenhos, é mostrado um equipamento e sistema abertura de micro-túneis que compreendem um sistema de acionamento 11, uma seção de cabeça de perfuração 20 e hastes de perfuração intermediárias 41 que permitem a extensão do orifício criado pela seção de cabeça de perfuração acionada pelo sistema de aciona-

mento.

O sistema de acionamento 11 mostrado na figura 1 inclui uma fonte de energia e um sistema de trilha para permitir acionamento linear limitado da fonte de energia. O sistema de trilha inclui um sistema de engrenagem tipo pinhão e cremalheira 12 para permitir que pressão de empuxo linear seja mantida ao longo do comprimento da trilha. A fonte de energia inclui um módulo de empuxo hidráulico 13 que alterna um módulo de rotação 14 alojado na caixa propulsora no eixo de lançamento. O tubo produto pode ser tanto empurrado quanto puxado no lugar para a conclusão da tubulação.

Na frente do módulo de rotação 14 são anexadas hastes de perfuração intermediárias revestidas 41, tal como mostrado nas figuras 14 e 15.

Na extremidade distal da última haste de perfuração intermediária 41 está anexada uma cabeça de perfuração 20 mostrada na vista explodida da figura 2 e nas vistas seccionais transversais nas figuras 4, 5 e 6. Como tal, um conjunto rotor de perfuração 21, conectado na extremidade do eixo de perfuração ou na haste de perfuração 22 e conectando as hastes de perfuração intermediárias 23, forma uma coluna de perfuração contínua que é acionada pelo dispositivo de acionamento externo 11 compreendendo o módulo de empuxo hidráulico 13, que alterna um módulo de rotação 14 e é linearmente móvel no sistema de engrenagem tipo pinhão e cremalheira 12.

O revestimento 42 das hastes de perfuração intermediárias 41 e o revestimento da cabeça de perfuração 20 formados pelo invólucro de direção M6 e pelo invólucro traseiro M5 formam uma cobertura contínua da coluna de perfuração contínua com orifícios ou canais internos contínuos definidos. Em particular, um canal de vácuo 51, mostrado particularmente na figura 16, pode ser formado por inúmeras cavidades contínuas que se estendem ao longo do comprimento das hastes de perfuração intermediárias 41 até a cabeça de perfuração 20. Este canal de vácuo 51 tem vedações de vácuo na extremidade de conexão fêmea 46 para manter o vácuo entre as hastes de perfuração intermediárias longitudinalmente encaixadas e alinhadas. Neste canal de vácuo 51 ficam localizadas as hastes de perfuração intermediárias 41 conectadas. Um canal de ar separado 52 é formado por inúmeras cavidades contínuas separadas que se estendem ao longo do comprimento das hastes de perfuração 41 intermediárias até a cabeça de perfuração 20. Isto forma um canal linear com o qual o laser de controle pode penetrar na cabeça de perfuração 20. Pela separação da haste de perfuração de geração de calor 22 do canal de laser linear e pelo efeito de resfriamento da lama de retorno ao longo do canal de vácuo 51 cria-se um mecanismo de direção altamente efetivo e preciso.

O sistema e equipamento de abertura de micro-túneis inclui adicionalmente:

a) cabeça de perfuração com bucha do mancal fluido e construção modular;

b) hastes de perfuração revestidas com sistema de resfriamento interno;

c) escareador de extração e retirada;

d) módulo de empuxo de pinhão e cremalheira com unidade de rotação;

e) sistema de carga de haste;

f) sistema de controle de microprocessador.

Na escavação, em uso de um eixo de lançamento, a base do eixo será preparada para a instalação da máquina de perfuração. Tipicamente, o eixo terá um ponto de início de tubo invertido já marcado e uma linha inspecionada. Um laser será ajustado no eixo na traseira extrema na linha e na grade. Tipicamente, tábuas espessas são colocadas ao longo da base do eixo horizontalmente na grade. O dispositivo de acionamento de abertura de micro-túneis 11, incluindo o módulo de empuxo 13 e a unidade de rotação 14, é abaixado no eixo e ajustado na linha e na grade.

A cabeça de perfuração 20 é abaixada no eixo, e linhas 44 de dados, hidráulicas e de fluido de pressão são anexadas na cabeça de perfuração 20. O tamanho da cabeça de perfuração e as condições do solo são inseridos no painel de controle que seleciona parâmetros apropriados para velocidade e força de empuxo de acionamento, velocidade e torque da rotação de perfuração, fluxo e pressão do vácuo, e fluxo do fluido de pressão. A cabeça de perfuração é anexada no adaptador de empuxo de vácuo montado na unidade de rotação. Uma vez ajustada no modo de lançamento, a unidade de vácuo é iniciada e o fluido de perfuração pressurizado é atuado para ser ejetado na face de perfuração. A cabeça de perfuração é lançada para dentro da face da terra.

O orifício é feito por meio de uma combinação de ferramentas de corte rotativas e auxiliado pela ejeção de fluido pressurizado. Este fluxo de fluido pressurizado, que também age como um mancal fluido, é mostrado em negrito na figura 13. Durante a perfuração, a cabeça de perfuração 20 é propulsionada para dentro do solo com a lama/escombro sendo movida pelo vácuo para dentro do tubo de vácuo 15 e para dentro de um tanque de resíduo para remoção. Uma vez que a cabeça de perfuração está completamente no solo, a empuxo, rotação, vácuo e fluido de pressão são interrompidos. A cabeça de perfuração é desanexada do adaptador de empuxo a vácuo, e o trole de empuxo com unidade de rotação retorna para a posição de partida.

Uma vez na posição de partida, uma haste de perfuração intermediária 41 é carregada tanto manualmente com um guindaste quanto por meio do uso do carregador de haste automatizado. Uma vez que a haste de perfuração fica no leito do módulo de empuxo, o trole de empuxo e a unidade de rotação são iniciados em baixa velocidade, baixo empuxo e baixo torque, respectivamente, para encaixar a haste de perfuração. O encaixe da haste é automático em que a haste de perfuração tem pinos auto-alinhados

48 que alinham precisamente a haste tanto na cabeça de perfuração quanto na máquina de perfuração. Mediante completo alinhamento e adicional deslocamento para frente, os travamentos auto-articulados (mostrados em detalhes na figura 17) encaixam por trás dos pinos de travamento para realizar uma conexão sólida. Mangueiras e linhas de controle (44) são inseridas na cavidade côncava (43) da cobertura ou revestimento externo 42 que revestem a haste de perfuração 23. Vácuo e fluido de pressão reiniciam com o processo de perfuração revertendo para a velocidade, empuxo e torque de perfuração pré-ajustados. Este processo continua até que o ponto final do orifício final seja alcançado.

A operação da máquina abertura de micro-túneis é realizada remotamente por meio de uma caixa de controle que exibe todos os ajustes de pressão e de velocidade atuais. A caixa de controle é computadorizada e integra o controle da direção, do módulo de empuxo, da unidade de rotação, da unidade de vácuo e do fluido de pressão. O operador pode ajustar qualquer um dos ajustes paramétricos para se adequar perfeitamente às condições de solo atuais. Tanto o processo de perfuração quanto o processo de direção podem ser automatizados por meio do uso de software de computador integrado, e também podem ser manualmente controlados. Por todo o processo de perfuração, a posição de perfuração é monitorada por meio do laser que atinge um alvo posicionado na cabeça de perfuração 20 e visualizado através do uso de circuito fechado de televisão (CCTV), de forma que o operador ou pacote de software constantemente dirija a cabeça de perfuração para manter o laser no centro do alvo.

Uma vez que o orifício está completo, há três opções: progredir as hastes de perfuração para dentro do eixo de recepção durante a inserção dos tubos cravados; recuar o eixo de lançamento enquanto reboca um tubo diretamente atrás dele; ou remover as hastes de perfuração antes da inserção do tubo.

Atualmente, a indústria abertura de micro-túneis somente permite a escavação para frente. A presente invenção é o único sistema abertura de micro-túneis que incorpora retro-escareamento de precisão. Da forma mostrada nas figuras 18 a 21, há provisão de que a cabeça de perfuração 20 seja substituída por um retro-escareador 60 que é similarmente conectado na haste de perfuração intermediária 41 e acionado pela coluna de perfuração e pelo dispositivo de acionamento externo. Entretanto, em vez do conjunto rotor de perfuração voltado para frente 21 de diâmetro similar ao da cabeça de perfuração 20, há um conjunto escareador voltado para trás 61 de diâmetro maior do que o do revestimento intermediário 42. O tubo pode ser instalado pelo retro-escareamento e pela anexação do tubo no alojamento de extremidade cilíndrica aberta 65 montado na ponta extrema do retro-escareador 60. Desse modo, à medida que o

retro-escareador 60 é arrastado de volta pelo dispositivo de acionamento 11, enquanto realiza perfuração rotativa com o conjunto escareador voltado para trás 61 de maior diâmetro, um tubo do mesmo diâmetro ou de menor diâmetro é arrastado ao longo do orifício ampliado e nele disposto.

O retro-escareamento permite o uso de escareadores de baixo custo para abrir o orifício para instalações de tubos com diferentes tamanhos. O retro-escareamento também utiliza cabeça de perfuração e haste de perfuração de um tamanho para cada módulo, o que, por sua vez, simplifica o processo de carga da haste e reduz o custo geral do equipamento.

Olhando para o equipamento com mais detalhes, o sistema inclui:

Sistema de guia com um laser que atinge um alvo, que é monitorado para manter constantemente uma posição precisa;

Vácuo: uso do vácuo permite operação limpa, rápida extração que minimiza a re-trituração, e o vácuo também reduz área do volume ocupada pela unidade de extração;

Fluido de pressão: permite maior vida útil do mecanismo de corte, criando ainda maior opção por meio do uso do fluido de perfuração quando lida com diferentes condições de perfuração;

Hastes de perfuração: fornece a capacidade de empurrar e puxar dispositivo que pode cortar em ambas as direções. Essencialmente, isto permite que a máquina faça um orifício piloto preciso no empuxo direto da linha e, então, corte para trás ou abra o orifício à medida que se recua. Como a linha e a grade do orifício já estão determinadas, as ferramentas exigidas são simples e econômicas, o que permite que a máquina seja mais versátil através uma ampla faixa de tamanhos de orifício a custo mínimo. O recuo no abertura de micro-túneis é exclusivo. Pelo uso somente de haste de perfuração de um tamanho para cada unidade, a estrutura de macaco pode ser customizada para automatizar a carga e a descarga das hastes de perfuração. Com carga e descarga das hastes de perfuração automatizadas, o sistema reduziu a necessidade de entrada humana durante a operação. Isto aumenta a segurança no local de trabalho.

O módulo de empuxo, que é instalado no eixo de lançamento, pode fornecer 300 kN de força de empuxo e recuo com 2,5 metros de ciclo em um espaço longitudinal de 3,0 metros. O módulo de empuxo usa engrenagem tipo pinhão e cremalheira para uma maior relação de ciclo por comprimento retraído. Ele fornece uma alta capacidade de carga com força positiva. Pressão, força e velocidade são completamente ajustáveis tanto para empuxo quanto para recuo, e têm um ciclo programável com interrupções limites ajustáveis para o conjunto de trole. No geral, o módulo de empuxo permite rápida

queda nas caixas para a unidade de rotação.

Uma variedade de módulos de rotação pode ser seletivamente utilizada com o módulo de empuxo de acordo com as exigências. De forma ideal, módulos de rotação fornecem um diâmetro de perfuração, pela maximização de energia hidráulica disponível, girando em velocidades (rpm) ideais pela manutenção de velocidades (m/min) de superfície ideais da face de corte para utilizar melhor a faixa operacional do insertos de corte de tungstênio e carboneto, e pela manutenção da relação face de corte/área de vácuo mais desejável. Outros tamanhos de módulos de rotação também podem ser usados, mas com menos eficiência.

Cada módulo de rotação compreende seu próprio motor hidráulico (baixa velocidade/alto torque, alta velocidade/baixo torque, unidade seletiva automática de duas velocidades, ou outro) acoplado por meio de um conjunto de trem de acionamento (corrente e rodas dentadas, caixa de marcha simples, caixa de engrenagem planetária ou outro) para girar um eixo de acionamento com uma extremidade sextavada que deve ser acoplado na coluna de perfuração no interior das hastes de perfuração.

Cada módulo de rotação também inclui um adaptador de empuxo a vácuo para conexão nas hastes de perfuração. Este adaptador de empuxo a vácuo incorpora os recursos adequados para cada haste de perfuração, que são o método de vedação por vácuo, o alinhamento da haste de perfuração, a conexão da transmissão de torque da coluna de perfuração, a face de empuxo e a conexão de recuo. O adaptador de empuxo a vácuo também aloja todos os mecanismos de fixação e de desconexão hidráulicos para as hastes de perfuração.

A máquina abertura de micro-túneis alveja de forma extremamente precisa instalações de tubo sem vala de pequeno diâmetro, particularmente < 600 mm, e, mais particularmente, < 300 mm. Isto é alcançado pelo rastreamento de um laser que atinge um alvo na cabeça de perfuração, que é monitorado por meio de CCTV na cabeça de perfuração e, então, dirigido dessa maneira para manter a linha e a grade. Um conjunto de bucha de fluido exclusivo transmite água e empuxo à face de corte rotativa, em que a água de pressão e escombro do corte subseqüente são misturados em uma lama para remoção por extração a vácuo.

A cabeça de perfuração utiliza um sistema de direção radial que pode fazer mudanças direcionais diretamente variáveis para abrir de forma contínua e precisa o furo de perfuração. A cabeça de perfuração progride através do solo pela conexão de subseqüentes hastes de perfuração entre a cabeça de perfuração e o módulo de empuxo até que o comprimento do orifício final seja alcançado. Estas hastes de perfuração são tanto revestidas quanto abertas e combinam eixo de rotação/coluna de perfuração,

vácuo, ar e canais de controle que fornecem trabalhos mecânicos e de controle. Componentes hidráulicos, água e dados são remotamente controlados e utilizados pelo operador no painel de controle remoto, e são conduzidos por linhas e mangueiras de pressão.

O conjunto rotor de corte frontal consiste em tungstênio, carboneto ou outros insetos de metal rígido sinterizados alojados tanto axialmente quanto radialmente em uma variedade de tipos de face. A forma da face de corte frontal varia consideravelmente com as condições do solo, e pode ter forma chata, pilotada ou cônica e ser construída para se adequar.

Todos os rotores de corte frontal são projetados para que cortes grandes o suficiente para bloquear potencialmente a cavidade de vácuo da cabeça de perfuração sejam mantidos à frente dos mecanismos de corte para processamento adicional (mistura, corte, esmerilhamento ou fragmentação). Uma vez que os cascalhos são pequenos o suficiente, eles podem passar além da face do mecanismo de corte para extração a vácuo.

Uma face de corte de argila terá uma multiplicidade de raios (varia de 3 a 6) possivelmente conectados novamente em um bordo externo. A principal consideração é a consistência da argila, já que as aberturas através da face de corte são calculadas para restringir os escombros de cascalho na frente do mecanismo de corte até que fique pequeno o suficiente para poder caber na câmara de vácuo da cabeça de perfuração. Quando a argila é macia, fica fácil perfurar, mas ela se acumula e pode ocasionar entupimentos se o mecanismo de corte correto não for escolhido.

Uma face de corte de xisto será similar à versão para argila, mas as aberturas da face são modificadas para permitir re-trituração frontal do material picado grande antes da extração a vácuo.

No geral, uma face de corte de rocha compreende uma face do mecanismo de corte com três, seis ou nove conjuntos de cilindros cônicos com aberturas periféricas (usualmente três) para cortar a extração de escombros. Utilizando múltiplos cilindros cônicos de pequeno diâmetro, cada conjunto de três é escalonado em distância e ângulo em relação à face frontal. O conjunto interno de três cones que fica mais para frente, o conjunto intermediário radialmente deslocado em relação ao conjunto interno em 60 graus e atrasado em 25–100 % do diâmetro de corte, e o conjunto final novamente inclinado radialmente em relação ao conjunto intermediário em 60 graus para realinhar a parte cônica interna com as linhas centrais do conjunto interno de cones, e atrasado em relação à face intermediária em outros 25–100 % do diâmetro de corte. Então, a face do mecanismo de corte cilíndrico tem o benefício da capacidade de direção contínua, maior

estabilidade nas condições de solo não homogêneas, e maior taxa de cavacos, resultando em menor tempo de re-trituração antes da extração de escombros a vácuo.

Tecnologia de perfuração de fundo de poço tem usado cilindros "tricone" para cortar rocha por décadas. Eles são disponíveis em uma variedade de classificações – formação macia, média e rígida. Um cilindro tricone utiliza três cilindros cônicos, eqüiespaçados em 120 graus, instalados com insertos de metal rígidos, cada qual girando ao redor de seu próprio eixo de suporte. A forma cônica de cada cilindro, afunilada para dentro do centro da face de corte, girado ao redor de um eixo geométrico inclinado em 60 graus para frente na direção do centro do mecanismo de corte, resulta em um diâmetro de corte de face chata completa. É muito difícil que a grande face de corte chata resultante mantenha estabilidade em solo não homogêneo e, em função do tamanho dos três cilindros exigido para obter o diâmetro de corte completo, freqüentemente, a distância axial deslocada antes de qualquer resposta de direção é metade do diâmetro de corte.

Todos os rotores de corte frontais têm orifícios ou portas de fluido de pressão. Orifícios são feitos radialmente até o centro do mecanismo de corte para coincidir com a criação de orifícios do eixo de perfuração. Orifícios adicionais são feitos axialmente a partir tanto da face frontal quanto da face traseira do mecanismo de corte. Estes orifícios são dimensionados com aproximadamente 2 mm de diâmetro para permitir extrema pressão na face para melhores qualidades de corte e de mistura com mínimo uso do fluido de pressão. Um chanfro interno fica disposto nos orifícios frontais para aumentar a área de superfície somente na abertura para permitir ejeção de entupimento. Orifícios traseiros são direcionados para trás na direção da cabeça de perfuração para auxiliar na limpeza de todos os resíduos do canal de ar e da cavidade de vácuo.

Todos os rotores de corte frontais têm uma cavidade central para conexão com o eixo de perfuração na cabeça de perfuração. Esta cavidade é rosqueada tanto com uma rosca trapezoidal quanto com uma rosca acme que pega sobre um ressalto no eixo, ou um hexágono oco para o arranjo de conexão rápida usado em conjunto com um cone rosqueado frontal e parafuso de transversal. Ambos os tipos se acomodam para transmissão de fluido de pressão através do eixo e do mecanismo de corte.

A cabeça de perfuração aciona o rotor de corte frontal por meio do eixo de perfuração. A frente do eixo é um acionamento hexagonal macho, com 75 – 100 % através de dimensão chata do comprimento do hexágono, com uma extensão rosqueada frontal, no geral, 50–75 % através da dimensão chata do diâmetro do hexágono, e 75–100 % do diâmetro rosqueado em comprimento.

A haste de perfuração é radialmente perfurada (por exemplo, 3 orifícios com di-

âmetro de 5 mm em 120 graus) através das faces do acionamento final sextavadas através de um orifício axial maior central (por exemplo, diâmetro de 8 mm–12 mm). Este orifício axial é perfurado como um orifício cego no eixo de perfuração até o comprimento correspondente à posição da bucha de fluido frontal. Aqui, uma outra série de orifícios radiais menores é perfurada para encontrar com o orifício axial (por exemplo, 3 orifícios com diâmetro de 5 mm em 120 graus). Estes orifícios são retificados (por exemplo, diâmetro côncavo de 8–10 mm) para eliminar toda degradação de vedação do eixo rotativo.

A bucha do mancal fluido frontal encapsula esta seção média frontal da haste de perfuração e fornece um local de suporte centralizado que pode suportar altas forças radiais e de empuxo combinadas. Os orifícios radiais retificados da haste de perfuração são longitudinalmente alinhados com a ranhura de distribuição de fluido de pressão radial interna da bucha do mancal fluido.

Esta ranhura é por sua vez alimentada com fluido de pressão dos orifícios radiais (por exemplo, 6 orifícios com diâmetro de 5 mm eqüiespaçados em 60 graus). Fluido não pode escapar até a traseira da bucha de fluido em função de uma vedação em copo U energizada colocada na traseira do módulo do mancal M1. O fluido de pressão é proporcionalmente distribuído – através do orifício axial do eixo de perfuração até o rotor de corte frontal, criando pressão contrária para distribuir até a área do espaço anular entre o diâmetro exterior da haste de perfuração e o diâmetro interior da bucha de fluido. Isto é alcançado pelo grande ângulo da espiral, ranhuras multi-início de baixa profundidade usinadas no interior da bucha de fluido (por exemplo, ranhuras de triplo início, inclinação de 20 mm, profundidade de 0,5 mm com raio côncavo de 1,5 mm). Então, este fluido de pressão é canalizado até uma ranhura espiral helicoidal na face frontal da bucha (por exemplo, ranhura de face única com inclinação de 10 mm que diminui continuamente para a direita, profundidade de 0,5 mm com raio côncavo de 1,5 mm). Essencialmente, este efeito de canalização separa hidrostaticamente o eixo da bucha tanto radialmente quanto axialmente, para neutralizar as forças da face de direção e de empuxo. O relacionamento é linearmente proporcional em que, quanto maior a carga, mais rígidas as faces agem uma contra a outra, fornecendo uma maior vedação hidrostática que, por sua vez, age para repelir os dois componentes. Preferivelmente, tem-se um suporte que transfere carga mecânica, fornece uma articulação rotativa do fluido de pressão, e lubrifica e resfria continuamente a si mesmo. Este método permite uma construção de eixo muito forte com mínimos pontos de tensão na coluna de ascensão, e com excelente transporte do fluido de pressão.

A cabeça de perfuração funciona para acionar o rotor de corte frontal por meio de uma haste de perfuração. A posição do furo de perfuração é monitorada na cabeça

de perfuração por meio de um conjunto de laser no eixo de lançamento indicando uma posição em um alvo montado na cabeça de perfuração. Uma câmera na cabeça de perfuração é direcionada no alvo, e transmite uma imagem de vídeo para uma tela de vídeo visualizada pelo operador da máquina. O operador controla todas as mudanças de direção exigidas. A direção é alcançada pela alteração da posição da face de corte em relação ao furo de perfuração.

A tecnologia anterior era fabricar uma cabeça de perfuração cilíndrica e mover a face de corte. Um método de direção é pivotar a parte frontal da cabeça de perfuração verticalmente e horizontalmente. Embora efetivo na direção, isto exigia que o alvo do laser ficasse situado em uma distância considerável em relação à face de corte. Quanto mais para trás fosse a posição do alvo do laser, mais distância era exigida que se perfurasse antes de uma atualização do atual local da face do orifício.

Um outro método de direção é mover o eixo de perfuração na cabeça de perfuração. Isto tem a vantagem de poder montar o alvo de laser adicionalmente para frente na cabeça de perfuração e, portanto, fornecer um alvo mais preciso para a posição da face do orifício. Entretanto, a montagem a pivô destes mecanismos de direção fornece uma fraca direção com altas taxas de falha e maior manutenção.

Estes métodos de direção anteriores são fisicamente grandes e inconvenientes e, em função do material hidráulico exigido para cada cilindro hidráulico, tornam este método inadequado para projetos de cabeça de perfuração de pequeno diâmetro. A invenção envolve a construção de uma cabeça de perfuração modular para maior resistência e menor tamanho.

A cabeça de perfuração é de um projeto modular segmentado para minimizar o tamanho total, ao mesmo tempo alcançando máximas resistência e durabilidade. Cada módulo é centralizado e fica retido pelo próximo módulo por espichos escalonados macho e fêmea. A fixação de cada módulo alcança alinhamento angular e fixação axial. Cada módulo é projetado para seu propósito em particular na cabeça de perfuração, e todos os componentes hidráulicos, fluido, ar e canais de vácuo são interconectados por meio das vedações de face escalonada. É este método de construção que permite o uso de criação de orifícios com pressão integrada, projeto de suporte confiável, máxima área de vácuo, bom sistema de canais de ar, máxima posição para frente da área do alvo do laser e indicador de prumo para indicação visual de inclinação da cabeça.

A cabeça de perfuração e o módulo de direção para uso no sistema abertura de micro-túneis têm um invólucro de direção M2 axialmente montado na haste de acionamento 22 de uma maneira a permitir o movimento radial, e com uma pluralidade de pistões montada radialmente que pode encaixar na superfície interna do invólucro de dire-

ção M6 de maneira tal que o controle da projeção da pluralidade de pistões montada radialmente controle a direção do invólucro de direção.

Da forma particularmente mostrada na figura 8, a pluralidade de pistões radialmente montados é incluída em um módulo de direção circular que se instala ao redor da haste de perfuração e com orifícios radiais a partir dos quais os pistões radialmente montados se projetam. O módulo de direção circular inclui um efeito de roda de raios com os orifícios radiais que se estendem, pelo menos parcialmente, ao longo dos raios radiais que se estendem. Preferivelmente, existem cavidades entre os raios para permitir trajetórias axiais. O módulo de direção circular inclui orifícios próximos do centro radial e que pode receber água ou fluido hidráulico para acionar os pistões para se projetar a partir dos orifícios radiais e para encaixar na superfície interna do invólucro de direção.

Da forma mostrada na figura 2, a cabeça de perfuração inclui uma construção modular com uma pluralidade de elementos tipo disco circulares para alinhamento axial e apoio e montagem em um invólucro cilíndrico, em que cada um dos elementos tipo disco circular é criado pela construção direta do orifício, e o alinhamento e apoio axial criam canais axiais e radiais contínuos que permitem o fluxo do fluido, canal de retorno de resíduo a vácuo, e fluxos de controle.

Um dos elementos tipo disco circular forma um módulo de mancal M1 na frente da cabeça de perfuração com trajetórias de fluxo para fornecer jatos de fluido que se estendem axialmente para auxiliar no corte e trajetória de fluxo que se estendem radialmente para auxiliar na aquaplanagem dos mancais do dispositivo de corte rotativo.

Um dos elementos tipo disco circular forma um módulo de direção M2 na frente da cabeça de perfuração com trajetórias de fluxo para fornecer jatos de fluido que se estendem axialmente para controlar a projeção dos pistões para encaixar no cilindro externo e alterar a direção da cabeça de perfuração.

Um dos elementos tipo disco circular forma um módulo espaçador M3 na cabeça de perfuração com trajetórias de fluxo para fornecer trajetórias de fluxo que se estendem axialmente até os módulos adjacentes.

Um dos elementos tipo disco circular forma um módulo de montagem M4 na traseira da cabeça de perfuração com trajetórias de fluxo para fornecer trajetórias de fluxo que se estendem axialmente e que pode formar montagem não rígida da base do cilindro externo.

A haste de perfuração 22 e as hastes de perfuração intermediárias 23 conectadas são um eixo de acionamento da haste de aço, com extremidades sextavadas macho e fêmea para realizar a conexão e resistir às forças de torção. A haste de perfuração e as hastes de perfuração intermediárias conectadas ficam retidas em ambas as placas

de extremidade da haste de perfuração pelos mancais de bucha da haste traseira. A haste de perfuração e hastes de perfuração intermediárias conectadas são alojadas em uma seção tubular que se estende axialmente 51 para separar os mancais do escombro através da seção de vácuo. O alojamento da coluna de perfuração da seção tubular que se estende axialmente fica completamente localizado na câmara de vácuo, circundado pelo canal de vácuo e pelas cavidades de vácuo. Ele é completamente circundado pelo vácuo que funciona para absorver o calor criado pela coluna de perfuração rotativa, transferindo-o diretamente para os cascalhos da lama e dos escombros, e para retorno de fluido da cabeça de perfuração e, por sua vez, para o tanque de resíduo de vácuo.

O feixe de laser usado para a orientação da cabeça de perfuração desloca através do canal de ar de topo protegido 52. É a efetiva remoção de calor e a criação de um ambiente estável de laser que minimiza as transições quente–frio, em outras circunstâncias inevitáveis, em cada conexão da haste de perfuração. Em hastes de perfuração anteriores, estas transições quente–frio ocasionavam consecutiva e culminante refração do laser, levando a um furo de perfuração impreciso.

Durante a conexão, as hastes de perfuração 23, 23 são impulsionadas juntamente. O adaptador de empuxo de vácuo tem dois pinos cônicos de combinação 48 na placa de extremidade da haste de perfuração macho 47 ao redor do eixo geométrico longitudinal da haste, centralizados verticalmente ao redor do acionamento, e deslocados eqüidistantes ao redor do plano horizontal. Estes pinos de combinação têm um afunilamento cônico na frente e se alinham com dois orifícios 49 na placa de extremidade da haste de perfuração fêmea 46 ao redor do eixo geométrico longitudinal da haste. À medida que os pinos são adicionalmente inseridos, a haste de perfuração é alinhada ao plano horizontal; a haste de perfuração e as hastes de perfuração intermediárias hexagonais conectadas são alinhadas e adicionalmente inseridas até que as duas faces da placa de extremidade casem.

Consecutivamente, durante este processo de alinhamento, faz-se com que as alavancas articuladas montadas na placa de extremidade fêmea pivotem ao redor do eixo geométrico da bucha pivô, movendo radialmente para fora do diâmetro da placa de extremidade, permitindo que o diâmetro principal dos pinos de combinação passe as alavancas articuladas. Uma vez que os Pinos de Combinação passam o diâmetro principal, as alavancas articuladas podem pelo efeito mola sair de suas posições originais, movendo entre os pinos de combinação e a placa de extremidade fêmea, travando assim a conexão e permitindo tanto empuxo quanto recuo sob carga. Uma vez que as placas de extremidade da haste de perfuração estão casadas face a face, o espaço de vácuo e laser é vedado em função das vedações elastoméricas inseridas nas ranhuras

fresadas da placa fêmea.

Em relação às figuras 2, 4 e 5, o módulo do mancal M1 é composto por um disco circular com um orifício escalonado central para a localização da bucha do mancal fluido frontal. O alojamento é perfurado transversalmente para desviar de um orifício ou porta de fluido de pressão axial originado do lado da haste de perfuração, conectado em um orifício radialmente perfurado que, por sua vez, se conecta em uma ranhura radial no interior do orifício central. Duas ranhuras radiais menores adicionais – uma para a traseira e uma para a frente da ranhura do canal – fornecem alojamento para vedações em anel o que completam esta cavidade e direciona todo o fluido de pressão através dos orifícios radiais perfurados através da bucha de fluido. A cavidade de pressão radial também se conecta em um orifício radial vertical instalado com um plugue embutido que direciona algum fluido para o Espaço anular entre o anel de direção e o invólucro de direção M6. Na traseira do módulo do mancal M1 fica uma vedação em copo U auto-energizada retida por uma bucha de metal macio para completar a cavidade de vedação frontal.

Da forma mostrada nas figuras 2, 6, 7 e 8, o módulo de direção M2 compreende um disco circular com um orifício central através do qual a haste de perfuração passa. No topo e para os lados estão canais de ar estão. Na base está a cavidade de vácuo. Há quatro furações radiais, orifícios e contra-orifícios eqüiespaçados ao redor da circunferência do disco. Quatro orifícios de óleo independentes axialmente perfurados a partir da traseira do alojamento e escareados com a vedação de face entram na parte inferior da perfuração radial em cada um dos quatro orifícios. Estes orifícios alojam os pistões de direção com vedações de alta pressão. Com óleo hidráulico pressurizado que entra em todas estas cavidades, o pistão associado é radialmente forçado para fora, fornecendo força para mover o invólucro de direção M6. O pistão fica retido da ejeção pelo alojamento em um anel de gaxeta de vedação escalonado que incorpora um ressalto da haste do pistão e vedação auxiliar que, por sua vez, é retida por uma arruela interna no orifício escalonado.

O invólucro de direção M6 compreende uma seção tubular oca com uma seção de retorno escalonada da extremidade frontal que reduz um diâmetro interno, então, afunilado tanto internamente quanto externamente na direção da frente. Este retorno escalonado frontal é enfrentado em relação à frente do módulo do mancal M1, e o orifício interno principal tem folga anular completa ao redor da circunferência do conjunto de anel de direção, permitindo que o invólucro se mova radialmente em qualquer direção. À medida que um pistão no módulo de direção M2 é atuado, o invólucro de direção M6 é radialmente forçado e se move com o pistão que se estende. Por sua vez, à medida que

o lado oposto do invólucro de direção M6 se move na direção do conjunto de anel de direção, o pistão radialmente oposto àquele atuado retrai, permitindo a próxima manobra de direção. O mesmo se aplica ao outro conjunto de pistões que agem ao redor de um eixo geométrico em 90 graus em relação ao primeiro conjunto de pistões. Esta atuação nos eixos geométricos de movimento de 2 cilindros, tanto independentemente quanto juntamente, permite que a cabeça de perfuração altere a posição do seu eixo e mecanismo de corte em relação ao orifício perfurado, fornecendo, assim controle de direção.

A cabeça de perfuração hidraulicamente dirigida tem um sistema rápido para a troca das ferramentas de corte. Capacidades de rocha foram melhoradas com o projeto de um sistema de cilindro de roca para a unidade abertura de micro-túneis.

A cabeça de perfuração foi modificada para acomodar o sistema de haste de perfuração coberto e foi projetada para permitir a introdução de direção automatizada. O projeto segmentado da cabeça de perfuração permite resistência e durabilidade ao mesmo tempo em que aumenta a capacidade de manter o posicionamento da cabeça de perfuração por meio de bate-estacas hidráulicos que mantêm uma posição de uma parte circular em um segundo anel circular que fornece máxima resistência em mínimo espaço.

O eixo de perfuração deve girar livremente sob altas cargas, e fluido de pressão deve ser transferido para a face de perfuração. O uso de fluidos em alta pressão fora da face de perfuração permite maior vida útil da ferramenta, ao mesmo tempo também dando a capacidade de lavar solo pegajoso.

A tecnologia anterior era reter o eixo nos mancais de aço, tanto de roletes cônicos quanto mancais de esferas com mancal de empuxo tipo agulha. Isto resolvia a questão da rotação mecânica, mas trazia consigo todo um excesso de problemas associados para lidar com a vedação de mancais contra a penetração de escombros de cascalho e de água, ambos ingredientes fatais para os mancais. A manutenção aumenta à medida que as vedações e os mancais devem ser substituídos regularmente. Se um mancal emperrar, ele interrompe todo o processo de perfuração, a cabeça de perfuração precisa ser removida para reparo, ocasionando tempo ocioso e atrasos não planejados no canteiro.

A tecnologia anterior para transmissão de fluido de pressão é com um conjunto de articulação rotativa de pressão, que gira ao redor do eixo geométrico do eixo. A construção da articulação rotativa teria desenho tubular com duas vedações de pressão axialmente opostas para reter uma câmara de pressão central na articulação rotativa. Um orifício de entrada rosqueado entre radialmente nesta câmara de pressão central, escoa ao redor do eixo geométrico da cavidade através de um orifício radial perfurado no eixo

de perfuração, então, através de um orifício axial no eixo de perfuração até a face frontal. Este desenho exigia retenção externa do alojamento da articulação rotativa para impedi-lo de girar com o eixo de perfuração, ocasionando cargas laterais radiais na face interna, por sua vez, ocasionando falha de vedação e, portanto, vazamento. As vedações precisavam ter uma alta pré-carga para acomodar alta pressão, e desgastavam ranhuras no eixo de perfuração, ocasionando vazamento. A articulação rotativa ficaria localizada atrás da posição do alvo, então, toda a aspersão de água proveniente dos vazamentos prejudicaria o aspecto visual do alvo. O tamanho pretendido do uso de instalações de tubo do alojamento da articulação rotativa com cotovelos para colocar a mangueira axialmente perto do eixo de perfuração é exagerado para ser usado em cabeças de perfuração de pequeno diâmetro, e a montagem e manutenção de mangueira e instalações será inoportuna, na melhor das hipóteses.

A invenção implica na construção de uma cabeça de perfuração com desenho modular com cavidades de transporte de fluido de pressão integradas. Adicionalmente, a invenção inclui o uso de uma bucha do mancal fluido para agir como o mancal da haste de perfuração frontal e a articulação rotativa em uma montagem. A bucha do mancal fluido fica retida no módulo do mancal M1 por três parafusos sem cabeça (eqüiespaçados em 120 graus). Fluido de pressão direcionado para a ranhura de distribuição no módulo do mancal M1 é vedado de escape por trás do interior do orifício da bucha escalonada e do diâmetro externo da bucha do mancal fluido por meio de duas vedações de anel O em cada lado da ranhura de distribuição. Esta ranhura de distribuição do módulo do mancal M1 fica longitudinalmente alinhada com orifícios radiais (por exemplo, 6 orifícios com diâmetro de 5 mm eqüiespaçados em 60 graus) ao redor do perímetro da bucha do mancal fluido. Estes orifícios entram no diâmetro interno da bucha e são interconectados em uma ranhura de distribuição radial interna na bucha do mancal fluido. O fluido não pode escapar pela traseira da bucha de fluido em função de uma vedação em copo U energizada colocada na traseira do módulo do mancal M1.

A bucha do mancal fluido encapsula uma seção média frontal da haste de perfuração e fornece um local de suporte centralizado que pode suportar grandes forças radiais e de empuxo combinadas. Os orifícios retificados da haste de perfuração são longitudinalmente alinhados com a ranhura de distribuição de fluido de pressão radial interna da bucha do mancal fluido.

O fluido de pressão é proporcionalmente distribuído – através dos orifícios radiais no eixo de perfuração, conectando em um orifício radial através do rotor de corte frontal, criando contrapressão para distribuição na área do espaço anular entre o diâmetro externo da haste de perfuração e o diâmetro interno da bucha de fluido. Isto é alcan-

çado por ranhuras multi-início com grande ângulo espiral e pouca profundidade usinadas no interior da bucha de fluido a partir da borda frontal da ranhura de distribuição até a face frontal da bucha de fluido (por exemplo, ranhuras de início triplo, com inclinação de 20 mm e profundidade de 0,5 mm com raio côncavo de 1,5 mm).

Então, este fluido de pressão é canalizado em uma ranhura espiral helicoidal na face frontal da bucha (por exemplo, ranhura de face única que diminuir continuamente para a direita com profundidade de 0,5 mm e com raio côncavo de 1,5 mm). Essencialmente, este efeito de canalização separa hidrostaticamente o eixo da bucha, tanto radialmente quanto axialmente, para neutralizar as forças de direção de e de empuxo de face. O relacionamento é linearmente proporcional, em que, quanto maior a carga, mais rígidas as faces agem uma contra a outra, fornecendo uma maior vedação hidrostática que, por sua vez, age para repelir os dois componentes.

Conseqüentemente, tem-se um suporte que transfere cargas mecânicas, fornece uma articulação rotativa de fluido de pressão, e lubrifica e resfria continuamente a si mesmo. Este método permite uma construção de eixo muito forte com mínimos pontos de tensão na coluna de ascensão, com excelentes cargas de suporte radial e axial, com excelente resistência ao impacto, com excelente transporte do fluido de pressão, com mínimos custos de montagem e de manutenção, e que é substituível no campo.

Em última análise, a posição do alvo na frente extrema da cabeça de perfuração melhora a capacidade de as brocas ficarem extremamente precisas e responsivas às mudanças posicionais. O uso de fluidos em alta pressão fora da face de perfuração permite maior vida útil das ferramentas, ao mesmo tempo dando também a capacidade de lavar solo pegajoso. A capacidade de correr fluidos de perfuração na face de corte cria maiores eficiências no corte e auxilia as capacidades através de variadas condições de solo. O suporte frontal combina alta carga axial e suporte de empuxo com um fluido em alta pressão e sistema de lubrificação integrado.

As hastes de perfuração são inseridas e conectadas consecutivamente no módulo de empuxo para permitir a progressão do furo de perfuração, ainda mantendo a coluna de perfuração, o vácuo, o canal de ar, componentes hidráulicos, pressão e conexão de linha de dados. A haste de perfuração transmite torque da unidade de rotação montada no módulo de empuxo para a cabeça de perfuração na face do orifício por meio de uma haste de perfuração e de hastes de perfuração intermediárias conectadas. A haste de perfuração também transmite empuxo da unidade de rotação montada no módulo de empuxo para a cabeça de perfuração na face do orifício por meio de um tubo de vácuo.

A tecnologia anterior era ter a seção de tubo de vácuo alinhada longitudinal-

mente com a coluna de perfuração situada abaixo dela, no geral, para ficar na inversão do furo de perfuração. Isto permite a extração de escombros de cascalho por vácuo.

O tubo de vácuo tem buchas de mancal montadas em cada extremidade ao longo da haste de perfuração e do eixo geométrico das hastes de perfuração intermediárias conectadas para reter a haste de perfuração e as hastes de perfuração intermediárias conectadas, e ganchos macho e fêmea em cada extremidade para conexão por meio de um pino manual inserido em dois orifícios tanto verticalmente quanto horizontalmente alinhados. A coluna de perfuração fica exposta, ocasionando possível ferimento ao operador pelo eixo rotativo. O método de conexão com inserção de pino manual é cansativo, e a extração do pino depois da conclusão do orifício é difícil.

O método de conexão manual exigia folga para permitir a conexão manual. Esta folga entre as hastes de perfuração subseqüentes permite que cada haste gire ligeiramente ao redor do seu próprio eixo geométrico em decorrência do torque rotativo da coluna de perfuração. Esta rotação, possivelmente apenas 1 grau por haste, extrapola o erro adicionalmente do furo de perfuração. Erro final em um orifício de mais de 100 m pode ter uma rotação de 50 graus, o que ocasiona uma posição de alvo imprecisa em relação ao ponto de início. Então, esta posição do alvo fica potencialmente fora em até 100 mm.

O furo de perfuração não é perifericamente suportado, ocasionando desmoronamento do solo em certas condições do solo, bloqueando assim o laser e a visualização do alvo, e interrompendo a operação de perfuração. Os mancais estão diretamente sob a posição do laser, ocasionando seções quentes em cada extremidade da haste de perfuração e uma seção mais resfriada entre os mancais. Estas transições quente–frio ocasionam consecutiva e culminante refração do laser, levando a um furo de perfuração impreciso.

O sistema abertura de micro-túneis usa um revestimento montado na haste de perfuração que inclui pelo menos dois orifícios ou cavidades que se estendem axialmente, em que líquido é axialmente transportado ao longo de uma dos ditos duros ou cavidades que se estendem axialmente sob pressão até a cabeça de perfuração para auxiliar na perfuração, e a lama resultante é retornada por vácuo ao longo do outro dos ditos orifícios ou cavidades que se estendem axialmente. Entretanto, como hastes de perfuração estão completamente revestidas, e são ligeiramente menores do que o diâmetro da cabeça de perfuração, a máquina abertura de micro-túneis pode ser efetiva em condições de solo desmoronante, e em solo macio ou rígido abaixo do nível da água. O volume da extração de vácuo ou de escombro de lama na haste de perfuração fornece mínima restrição para aumentar a produtividade e o comprimento das linhas alcançá-

veis. Com todos os componentes móveis revestidos, a haste de perfuração é mais segura para uso.

A rotação no vácuo ou escombro de lama elimina calor dos mancais, minimizando a distorção do laser e o desgaste e ruptura do equipamento. O espaço do laser é encerrado para estabilidade do feixe. Fornece fluxo de ar para equalizar a temperatura e a umidade, com operação mais precisa. Sistema de alinhamento automático acelera e simplifica a operação. Sistema de fixação automática, para união positiva, suporta carga completa tanto na direção direta quanto na direção invertida. O sistema de fixação mantém forte vedação do vácuo. A bolsa de mangueiras e linha de dados completamente encapsulada protege linhas de dados e de pressão sensíveis.

O escareador de extração e retirada é usado para aumentar o tamanho de um furo de perfuração de abertura de micro-túneis. Isto é vantajoso para os operadores, já que cabeça de perfuração e hastes de perfuração abertura de micro-túneis de um tamanho podem ser usados em conjunto com um escareador de extração e retirada em vários tamanhos de orifício, ainda mantendo boa produtividade. Uma vez que a cabeça de perfuração alcança o eixo de recepção, a cabeça de perfuração é removida da extremidade da haste de perfuração e substituída pelo escareador de extração e retirada. O tubo produto a ser instalado pode ser acoplado no adaptador de retirada de tubo montado na traseira. Agora, a perfuração é começada em modo invertido ou de retirada. A coluna de perfuração é acoplada em uma engrenagem de dentes retos de acionamento que gira três engrenagens planetárias fixamente montadas na placa de empuxo a vácuo. A engrenagem de dentes retos é combinada no interior de uma engrenagem de anel interno que é fixa no cubo do mecanismo de corte, permitindo que o cubo do mecanismo de corte gire em uma velocidade mais baixa, mas com maior torque do que seu acionamento de entrada. O cubo do mecanismo de corte é montado no adaptador de retirada do tubo por meio de empuxo e mancais radiais. Esta modalidade permite que a haste de perfuração e o tubo de retirada permaneçam rotatoriamente fixos, e que o cubo do mecanismo de corte escareador possa girar ao redor do eixo geométrico longitudinal em um maior torque. Tipicamente, o cubo do mecanismo de corte é côncavo em sua face de corte, de forma que, à medida que ele é retirado do solo, lama e escombros sejam oferecidos à entrada do canal de vácuo ou de lama para evacuação.

Entende-se que a descrição exposta é de uma modalidade preferida e que é incluída somente como ilustração. Ela não é limitante da invenção. Claramente, versados na técnica entendem variações do sistema e equipamento de abertura de micro-túneis, e tais variações estão incluídas no escopo desta invenção definido nas seguintes reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Equipamento de abertura de micro-túneis, **CARACTERIZADO** pelo fato de que inclui uma seção de cabeça de perfuração (20) conectada a uma extremidade distal de uma ou mais hastes de perfuração (41) intermediárias, que podem ser acionadas por um dispositivo de acionamento externo (11), e em que a adição de hastes de perfuração (41) intermediárias adicionais forma uma coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias que permite a extensão do furo de perfuração criado pela seção de cabeça de perfuração (20), em que cada uma das hastes de perfuração (41) intermediárias inclui um eixo de acionamento (23) montado dentro de um revestimento (42), em que cada um dos revestimentos (42) define uma pluralidade de cavidades que se estendem axialmente, e em que as cavidades dos revestimentos (42) das hastes de perfuração (41) intermediárias na coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias se alinham para formar uma pluralidade de canais contínuos separados que se estendem ao longo do comprimento da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias.

2. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de acionamento externo (11) inclui um módulo de empuxo (13), que move linearmente as uma ou mais hastes de perfuração (41) intermediárias, e um módulo de rotação (14) que gira os eixos de acionamento (23), que, por sua vez, giram uma face cortante da seção de cabeça de perfuração (20).

3. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente um dispositivo de direção tendo elementos capazes de se projetar seletivamente através de dispositivo de controle para direcionar o movimento de um invólucro de direção (M6) e, desse modo, direcionar a seção de cabeça de perfuração (20).

4. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de direção inclui uma pluralidade de canais que se estendem de forma substancialmente radial, cada um com uma protuberância hidraulicamente móvel, podendo ser movida pelo dispositivo de controle para redirecionar o invólucro de direção (M6) e, desse modo, redirecionar a seção de cabeça de perfuração (20).

5. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de direção inclui quatro canais que se estendem de forma substancialmente radial em um componente de anel modular próximo à cabeça de perfuração (20) com espaçamento angular de aproximadamente 90° entre os canais radiais.

6. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que um primeiro canal dos canais contínuos permite que o

ar seja axialmente transportado para a cabeça de perfuração (20), em que um segundo canal dos canais contínuos é usado para remover resíduos do furo sendo perfurado com o auxílio de vácuo externo, e em que líquido de perfuração também é axialmente conduzido da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias para a seção de cabeça de perfuração (20) para facilitar operações de perfuração.

7. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a seção de cabeça de perfuração (20) é dimensionada para instalar tubos tendo diâmetros menores que 600 mm.

8. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreende adicionalmente um dispositivo de controle incluindo um laser provendo um feixe direcionado através de um dos canais contínuos para auxiliar no direcionamento preciso da seção de cabeça de perfuração (20), em que o canal contínuo provê um ambiente protegido separado para o feixe de laser.

9. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que um primeiro canal dos canais contínuos é conectado a um dispositivo de vácuo externo e forma uma trajetória de retorno de lama, com lama líquida axialmente transportada ao longo do primeiro canal contínuo entre a cabeça de perfuração (20) e o dispositivo de acionamento externo (11), em que um segundo canal dos canais contínuos forma uma passagem de ar através da qual um laser de controle de direção pode ser direcionado.

10. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as hastes de perfuração intermediárias (41) incluem conectores macho e fêmea em extremidades respectivas para permitir conexão de extremidade em extremidade dos revestimentos (42) das hastes de perfuração (41) intermediárias para formar uma única haste de perfuração (41) contínua.

11. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os respectivos conectores macho e fêmea garantem respectivo alinhamento das cavidades que se estendem axialmente formando os canais contínuos, e em que os respectivos conectores macho e fêmea permitem que uma carga de retirada seja transferida entre os revestimentos (42) das hastes de perfuração (41) intermediárias interconectadas.

12. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os revestimentos (42) definem um invólucro externo cilíndrico que suporta um orifício sendo perfurado, em que os eixos de acionamento (23) estão localizados dentro de seções de tubo dos revestimentos (42) que definem um primeiro canal dos canais contínuos, e as seções de tubo, por sua vez, são alojadas dentro de um segundo canal dos canais contínuos usado para lama de pressão, retorno de lama ou vácuo

para formar um canal de escape de calor para o calor criado pela rotação dos eixos de acionamento (23).

13. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos um dos canais contínuos é definido por rebaixos côncavos (43) axialmente alongados de lados abertos definidos por superfícies externas dos revestimentos (42) para permitir a recepção de uma linha de controle formada em seções mais longas do que a pelo menos uma pluralidade dos revestimentos (42) de modo que, em uso, a conexão de seções de linha de controle possa ocorrer depois que uma pluralidade de conexões dos revestimentos (42) formar a extensão da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias.

14. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que um primeiro canal dos canais contínuos recebe uma linha de controle e um segundo canal dos canais contínuos forma uma passagem de ar através da qual um laser de controle de direção pode ser direcionado.

15. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a seção de cabeça de perfuração (20) inclui uma haste de acionamento (22) para girar uma face cortante, em que a seção de cabeça de perfuração (20) inclui um invólucro de direção (M6) axialmente montado na haste de acionamento (22) de uma maneira que permita movimento radial e tendo uma pluralidade de pistões radialmente montados capazes de encaixar na superfície interna do invólucro de direção (M6) de modo que o controle da projeção da pluralidade de pistões radialmente montados controle a direção do invólucro de direção (M6), em que os pistões radialmente montados estão incluídos em um módulo de direção (M2) circular instalado ao redor da haste de perfuração (41) e tendo orifícios radiais a partir dos quais os pistões radialmente montados se projetam, e em que o módulo de direção circular inclui um efeito de roda de raios com os orifícios radiais se estendendo pelo menos parcialmente ao longo dos raios que se estendem radialmente e das cavidades entre os raios para permitir trajetórias axiais, em que as hastes de perfuração (41) intermediárias incluem eixos de acionamento (23) para transferir torque do acionamento (11) externo para a haste de acionamento (22), e em que o módulo de direção (M2) é conectado aos revestimentos (42) das hastes de perfuração (41) intermediárias.

16. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente orifícios de fluido de perfuração posicionados dentro do invólucro de direção (M6) para descarregar resíduos de dentro do invólucro de direção (M6).

17. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente inclui um escareador de retirada (60) que pode substituir a seção de cabeça de perfuração (20) para aumentar de

forma precisa o tamanho de um furo previamente perfurado, em que as hastes de perfuração (41) intermediárias incluem eixos de acionamento (23) que transferem torque do acionamento externo (11) para o escareador de retirada (60), em que os eixos de acionamento (23) são montados de forma rotativa dentro de revestimentos (42), em que os revestimentos (42) são conectados por dispositivo que permite que uma carga de retirada seja transferida através dos revestimentos (42) do acionamento externo (11) para o escareador de retirada (60).

18. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a seção de cabeça de perfuração (20) inclui um rotor de corte frontal tendo uma cavidade central para conexão com um eixo de perfuração (22) acionado pelos eixos de acionamento (23) das hastes de perfuração (41), a cavidade central tendo planos que se encaixam em planos do eixo de perfuração (22), o equipamento de abertura de micro-túneis incluindo adicionalmente um cone rosqueado frontal que é rosqueado no eixo de perfuração (22) para reter o rotor de corte frontal no eixo de perfuração (22).

19. Equipamento de abertura de micro-túneis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que um primeiro canal dos canais define uma passagem de ar alinhada com um alvo de direção posicionado próximo à seção de cabeça de perfuração (20), e um segundo canal dos canais é usado para vácuo em resíduos do furo sendo perfurado, ou é usado para prover fluido de perfuração à seção de cabeça de perfuração (20) ou é usado para receber uma linha de controle de direção.

20. Equipamento de abertura de túneis, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

uma pluralidade de hastes de perfuração (41) intermediárias, que podem ser conectadas juntas para formar uma coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias, cada haste de perfuração (41) intermediária incluindo um eixo de acionamento (23) montado de forma rotativa dentro de um revestimento (42) incluindo um revestimento (42) que envolve o eixo de acionamento (23), os revestimentos (42) incluindo partes externas adaptadas para alinhar um orifício sendo perfurado pelo equipamento de abertura de túneis, as partes externas definindo cavidades externas tendo lados abertos para fora que se estendem ao longo dos comprimentos dos revestimentos (42), as cavidades externas sendo alinhadas umas com as outras quando as hastes de perfuração (41) intermediárias são conectadas juntas de modo que as cavidades externas cooperam para definir um canal externo contínuo que se estende ao longo de um comprimento da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias, e os eixos de acionamento (23) das hastes de perfuração (41) intermediárias sendo conectados uns aos outros quando as hastes de perfuração (41) intermediárias são conectadas juntas para permitir que torque seja transferido através da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias;

uma cabeça de perfuração (20) posicionada adjacente a uma primeira extremidade da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias; e

um acionamento externo (11) posicionado adjacente a uma segunda extremidade da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias.

21. Coluna de perfuração, **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:

primeira e segunda hastes de perfuração (41) interconectadas que definem um eixo central, as primeira e segunda hastes de perfuração (41) incluindo eixos de acionamento (23) alinhados ao longo do eixo central, as primeira e segunda hastes de perfuração (41) também incluindo revestimentos (42) alongados que se estendem ao longo do eixo central, os eixos de acionamento (23) sendo montados de forma rotativa dentro dos revestimentos (42), os revestimentos (42) definindo cavidades que se estendem axialmente através dos revestimentos (42) em uma localização deslocada do eixo central, a primeira haste de perfuração (41) incluindo uma projeção axial que se projeta axialmente para fora a partir de uma extremidade do revestimento (42) da primeira haste de perfuração (41) em uma localização deslocada do eixo central, a segunda haste de perfuração (41) incluindo um receptor de projeção em uma extremidade do revestimento (42) da segunda haste de perfuração (41) em uma localização deslocada do eixo central, a projeção axial sendo axialmente recebida dentro do receptor de projeção para prover alinhamento entre a cavidade da primeira haste de perfuração (41) e a cavidade da segunda haste de perfuração (41).

22. Método para instalação de produto de tubo, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

perfurar um furo empurrando uma face cortante rotativa através do solo pela adição progressiva de hastes de perfuração (41) a uma coluna de hastes de perfuração (41), em que as hastes de perfuração (41) incluem revestimentos (42) externos para transferência de empuxo para a face cortante e eixos de acionamento (23) internos para transferência de torque para a face cortante;

monitorar a direção da coluna de perfuração usando um laser direcionado através da coluna de hastes de perfuração (41) para um alvo localizado adjacente à face cortante;

depois que o furo tiver sido perfurado, substituir a face cortante pelo retro-escareador (60); e

alargar o furo puxando o retro-escareador (60) de volta através do furo com os revestimentos (42), aplicando, ao mesmo tempo, torque ao retro-escareador (60) com os eixos de acionamento (23).

23. Equipamento de abertura de túneis, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

uma pluralidade de hastes de perfuração (41) intermediárias, que podem ser conectadas juntas para formar uma coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias, cada has-

te de perfuração (41) intermediária incluindo um eixo de acionamento (23) montado de forma rotativa dentro de um revestimento (42), os eixos de acionamento (23) das hastes de perfuração (41) intermediárias sendo conectados uns aos outros quando as hastes de perfuração (41) intermediárias são conectadas juntas para permitir que torque seja transferido através da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias;

um elemento de corte tendo uma face cortante localizada em uma extremidade distal da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias;

um conjunto de ferramentas de perfuração para transferir torque do eixo de acionamento (23) da haste de perfuração (41) intermediária mais distal para o elemento de corte;

uma montagem de pistão tendo uma região central e um anel externo, a montagem de pistão incluindo uma pluralidade de elementos radiais que se estendem a partir da região central para o anel externo, a região central definindo uma primeira abertura axial central através da qual o conjunto de ferramentas de perfuração se estende, a montagem de pistão também definindo segundas aberturas axiais deslocadas de um eixo central da montagem de pistão e localizadas entre os elementos radiais, a montagem de pistão sendo fixa em relação aos revestimentos (42) das hastes de perfuração (41) intermediárias;

uma pluralidade de pistões radiais montados dentro dos elementos radiais da montagem de pistão; e

um invólucro de direção (M6) que envolve o anel externo da montagem de pistão, em que os pistões podem ser radialmente estendidos e retraídos em relação à montagem de pistão para provocar o movimento do invólucro de direção (M6) em relação à montagem de pistão.

24. Equipamento de abertura de túneis, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

uma pluralidade de hastes de perfuração (41) intermediárias, que podem ser conectadas juntas para formar uma coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias, cada haste de perfuração (41) intermediária incluindo um eixo de acionamento (23) montado de forma rotativa dentro de um revestimento (42), os eixos de acionamento (23) das hastes de perfuração (41) intermediárias sendo conectados uns aos outros quando as hastes de perfuração (41) intermediárias são conectadas juntas para permitir que torque seja transferido através da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias;

um elemento de corte tendo uma face cortante localizada em uma extremidade distal da coluna de hastes de perfuração (41) intermediárias;

um conjunto de ferramentas de perfuração para transferir torque do eixo de acionamento (23) da haste de perfuração (41) intermediária mais distal para o elemento de corte;

uma montagem de pistão através da qual o conjunto de ferramentas de perfuração se estende;

uma pluralidade de pistões radiais montados dentro da montagem de pistão;

um invólucro de direção (M6) que envolve a montagem de pistão, em que os pistões podem ser radialmente estendidos e retraídos em relação à montagem de pistão para provocar o movimento do invólucro de direção (M6) em relação à montagem de pistão; e

o equipamento de abertura de túneis incluindo um orifício de descarga para descarregar líquido dentro do invólucro de direção (M6) para remover resíduos de dentro do invólucro de direção (M6).

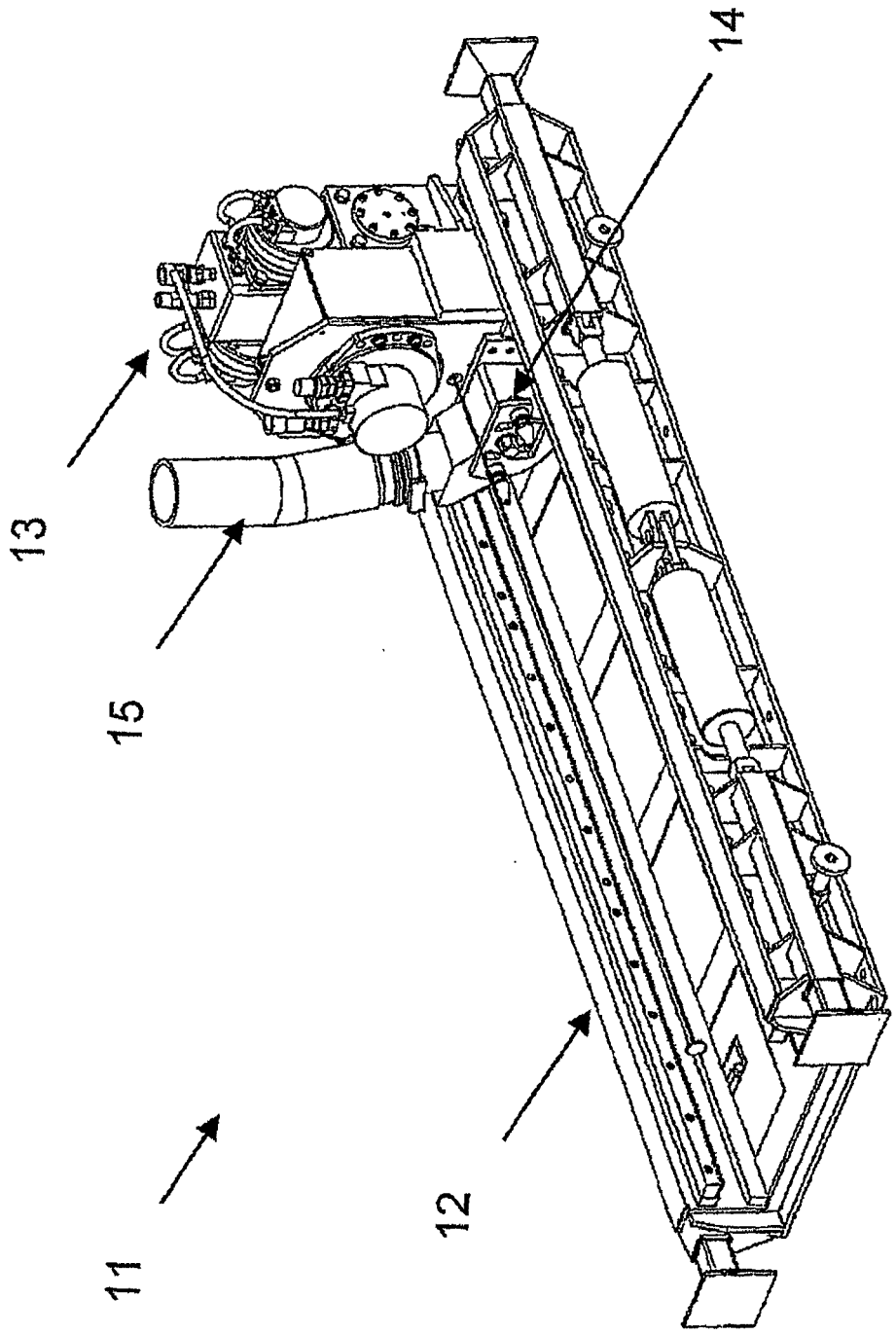



FIGURA 1

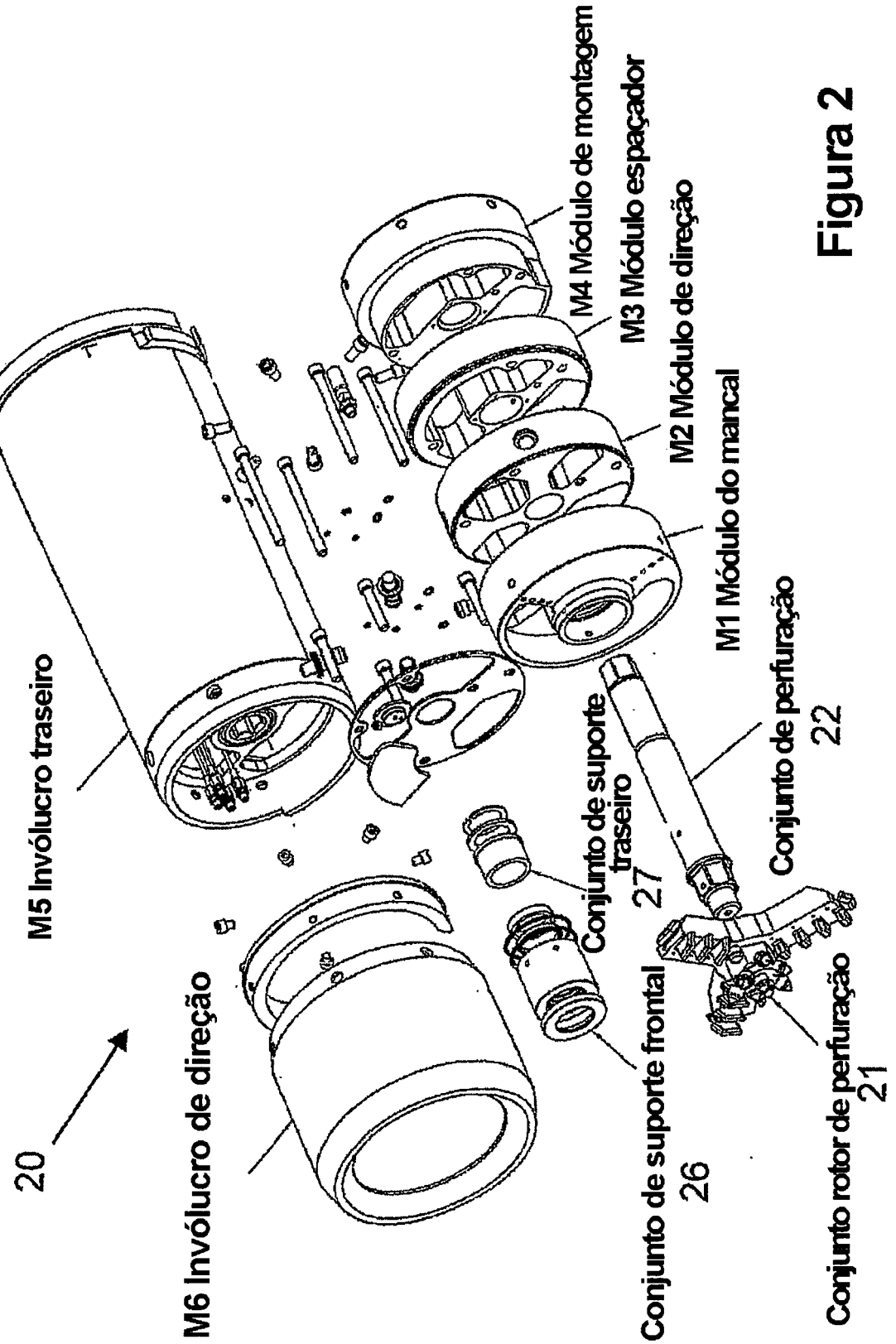

20
M5 Invólucro traseiro
M6 Invólucro de direção
M4 Módulo de montagem
M3 Módulo espaçador
M2 Módulo de direção
M1 Módulo do mancal
Conjunto de suporte traseiro
27
Conjunto de perfuração
22
Conjunto de suporte frontal
26
Conjunto rotor de perfuração
21

Figura 2

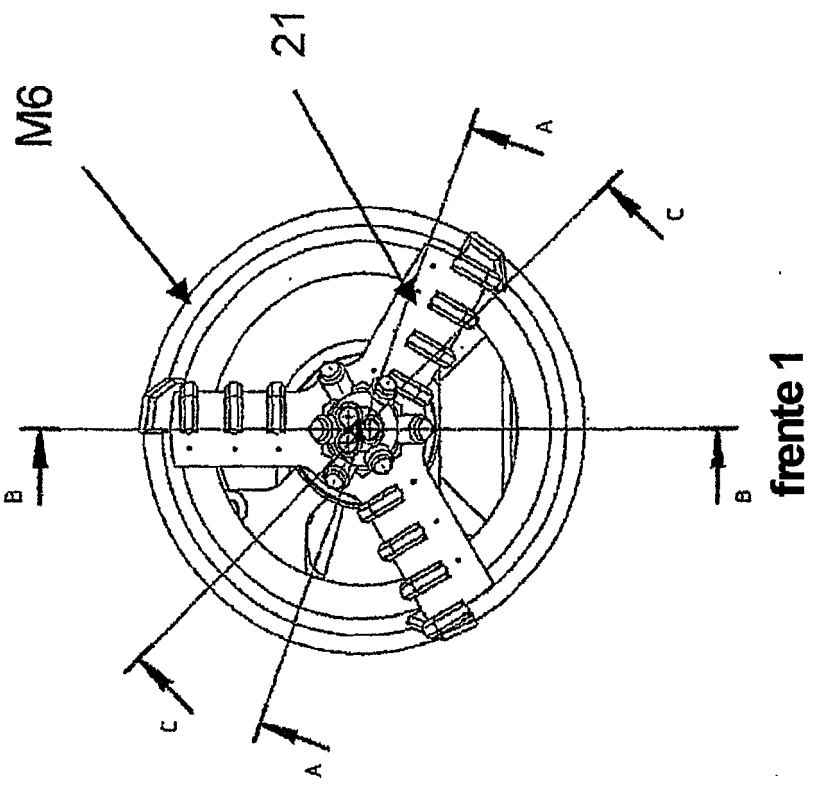



Figura 3

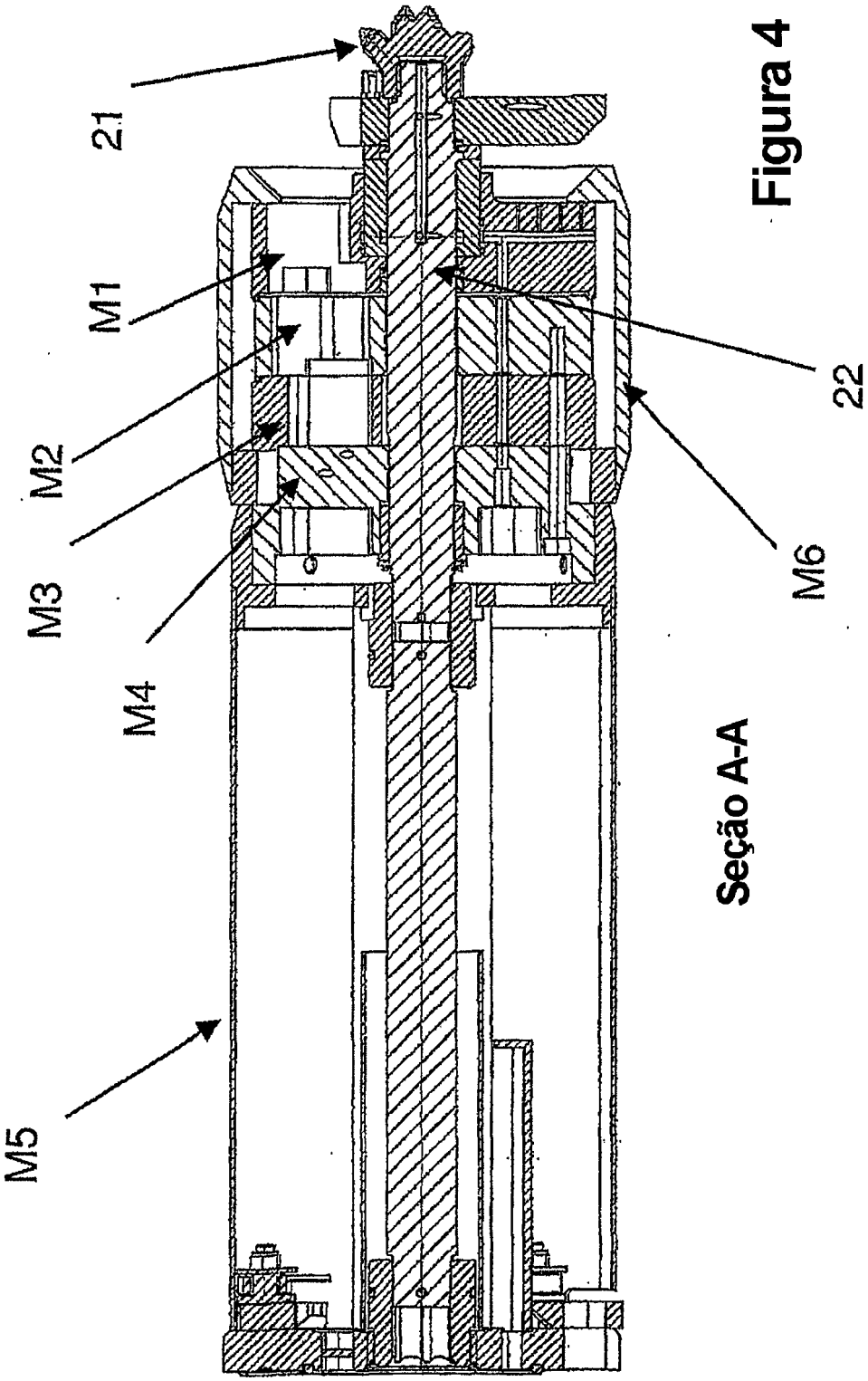



Figura 4

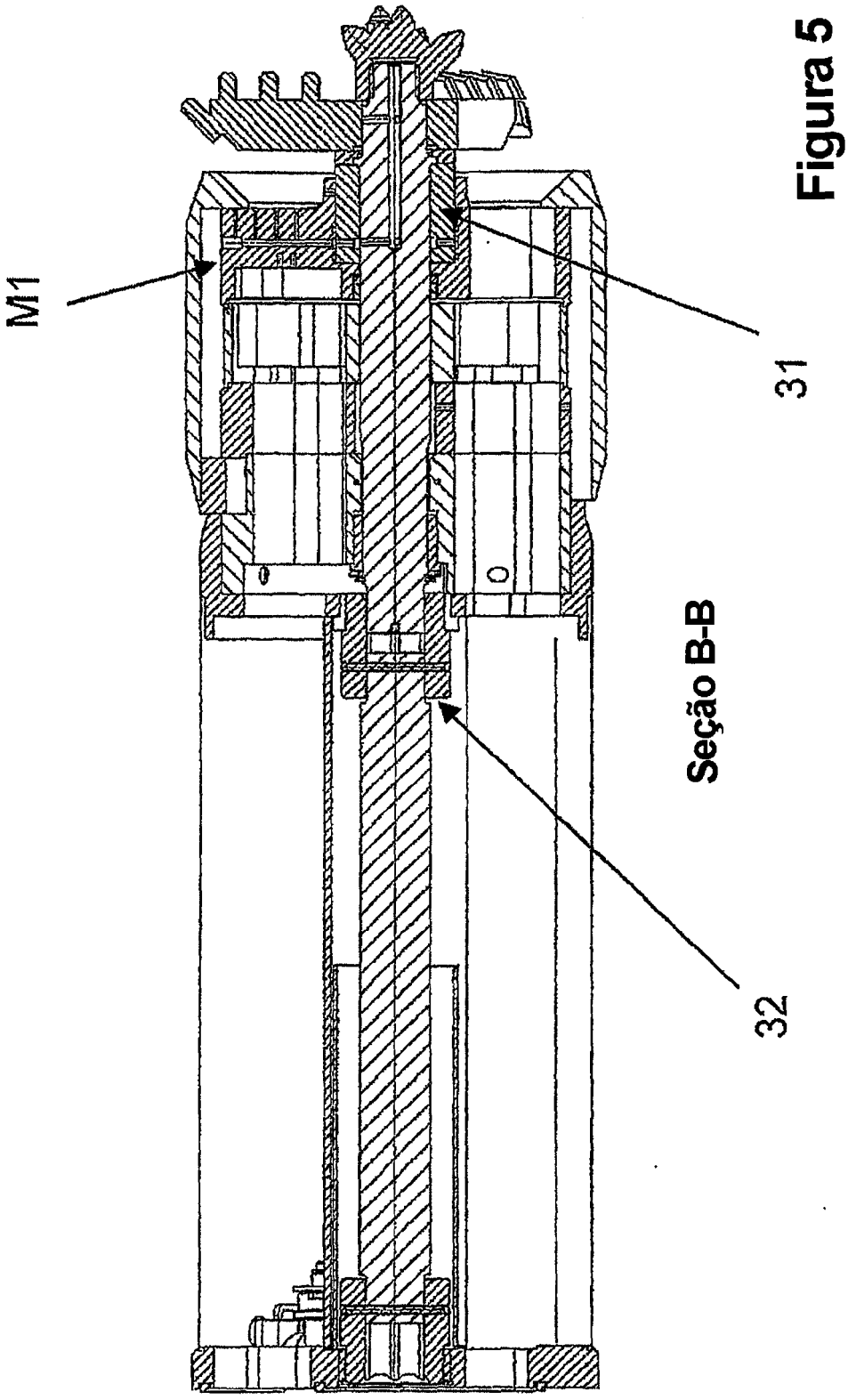
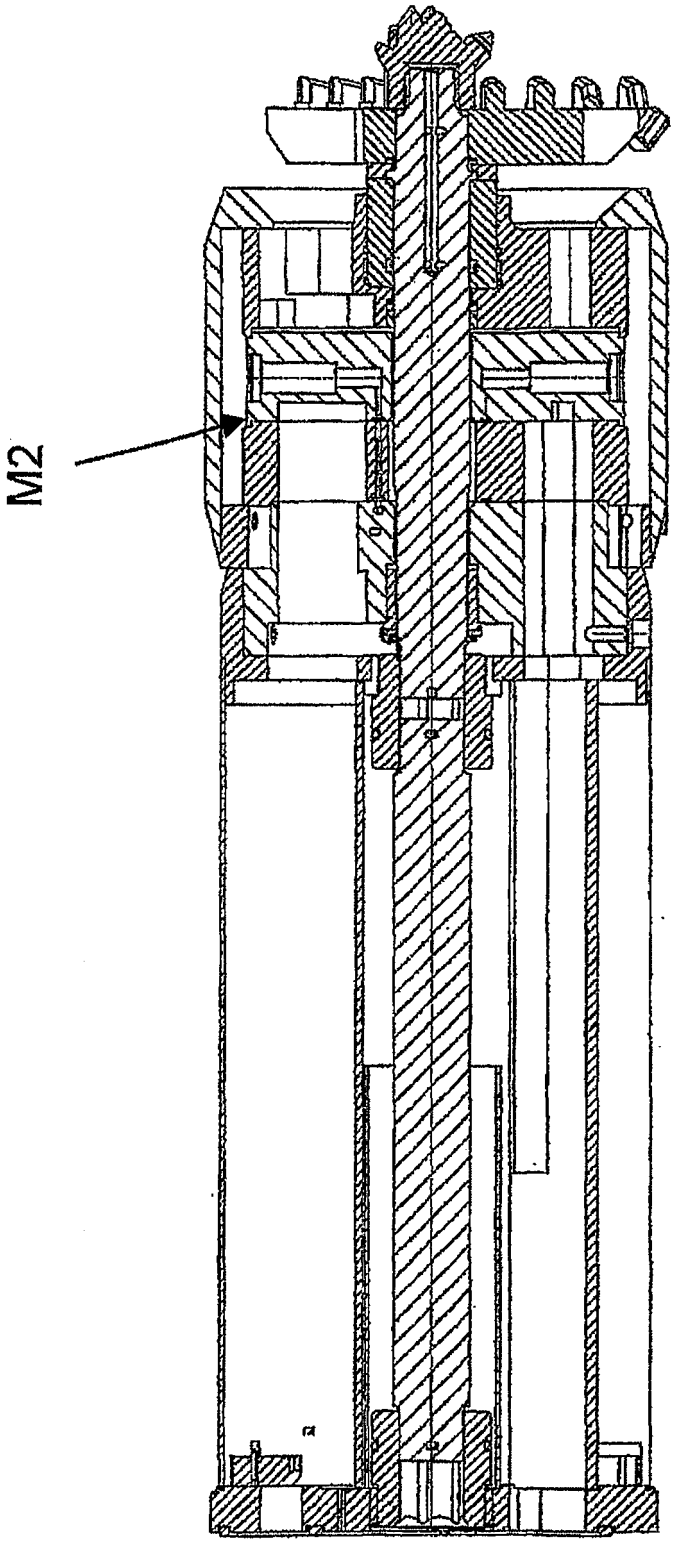



Figura 5




Seção C-C

Figura 6

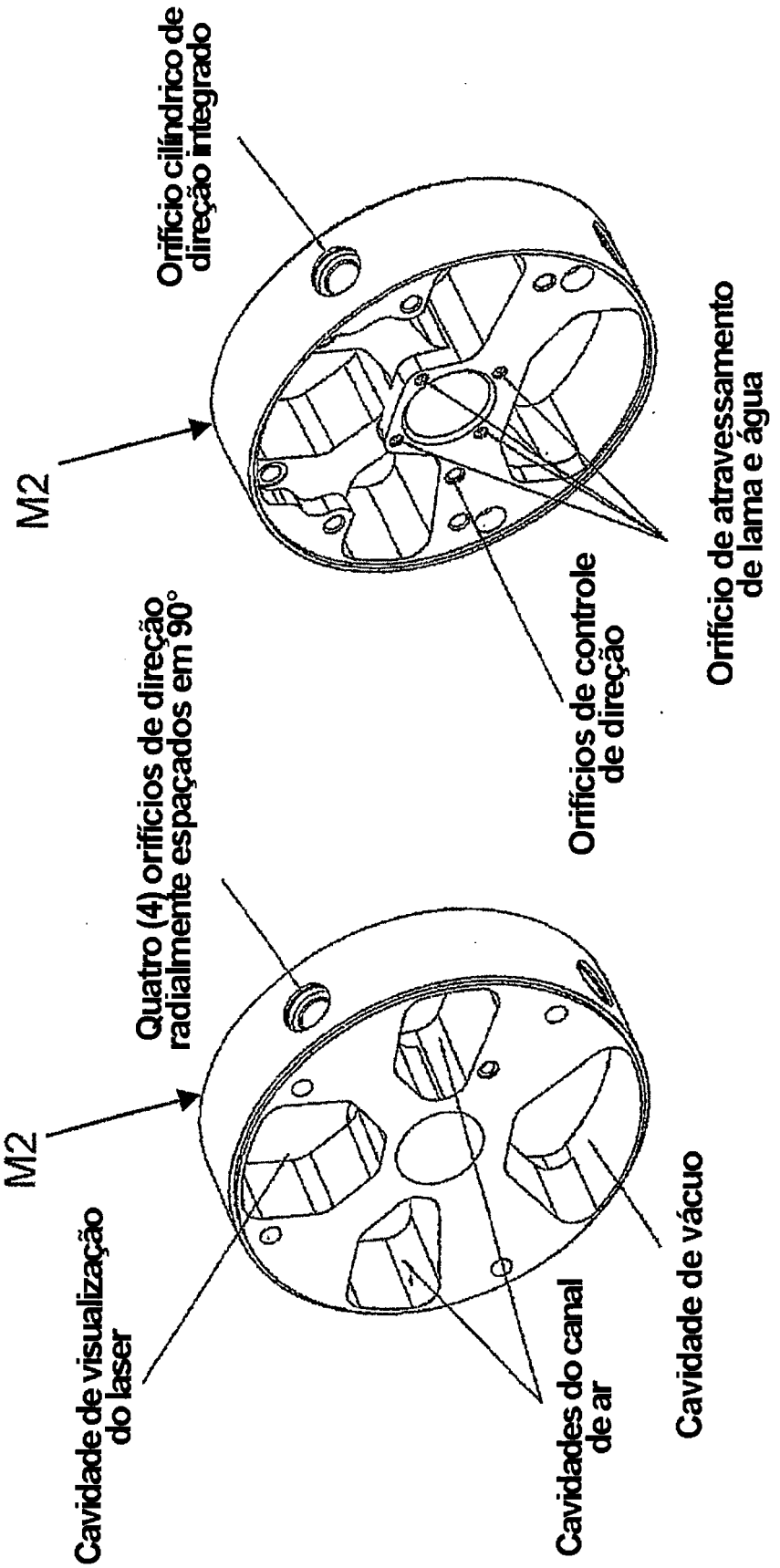

M2
Cavidade de visualização do laser
Quatro (4) orifícios de direção radialmente espaçados em 90°
Cavidades do canal de ar
Cavidade de vácuo
M2
Orifício cilíndrico de direção integrado
Orifícios de controle de direção
Orifício de atravessamento de lama e água

Figura 7

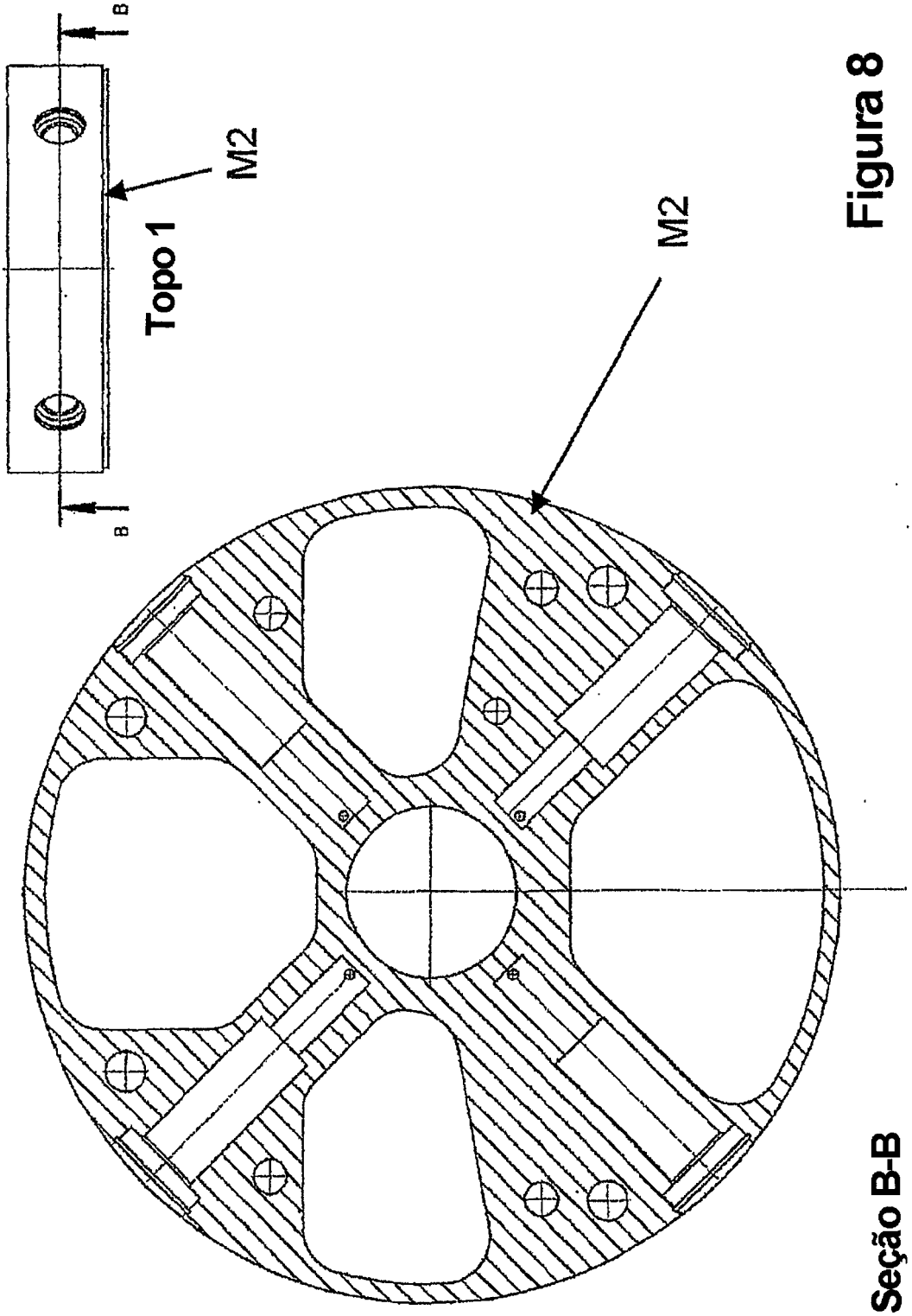



Figura 8

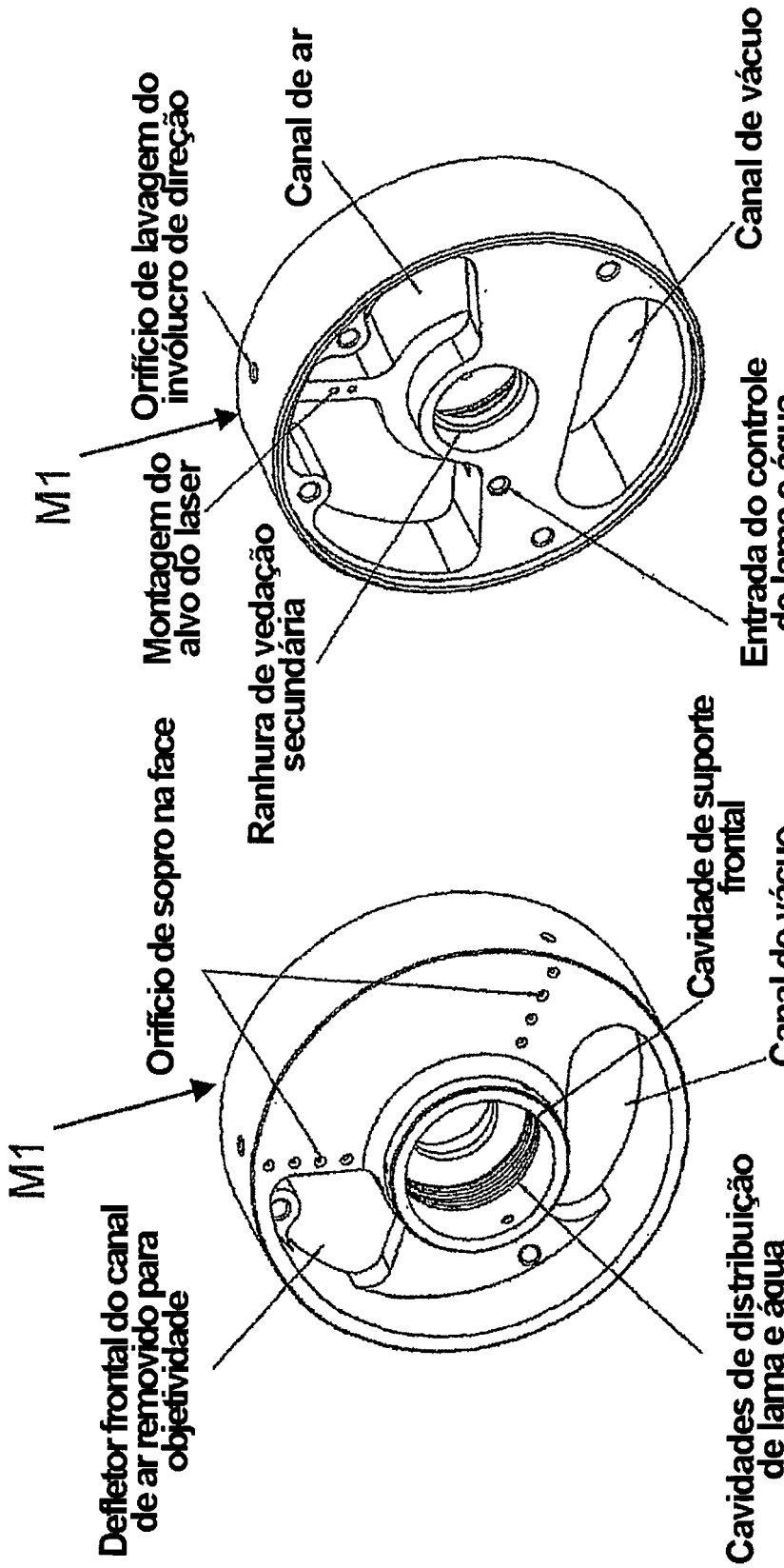

M1
Defletor frontal do canal de ar removido para objetividade
Orifício de sopro na face
Cavidades de distribuição de lama e água
Canal de vácuo
Cavidade de suporte frontal
M1
Ranhura de vedação secundária
Montagem do alvo do laser
Orifício de lavagem do invólucro de direção
Canal de ar
Entrada do controle de lama e água
Canal de vácuo

Figura 9

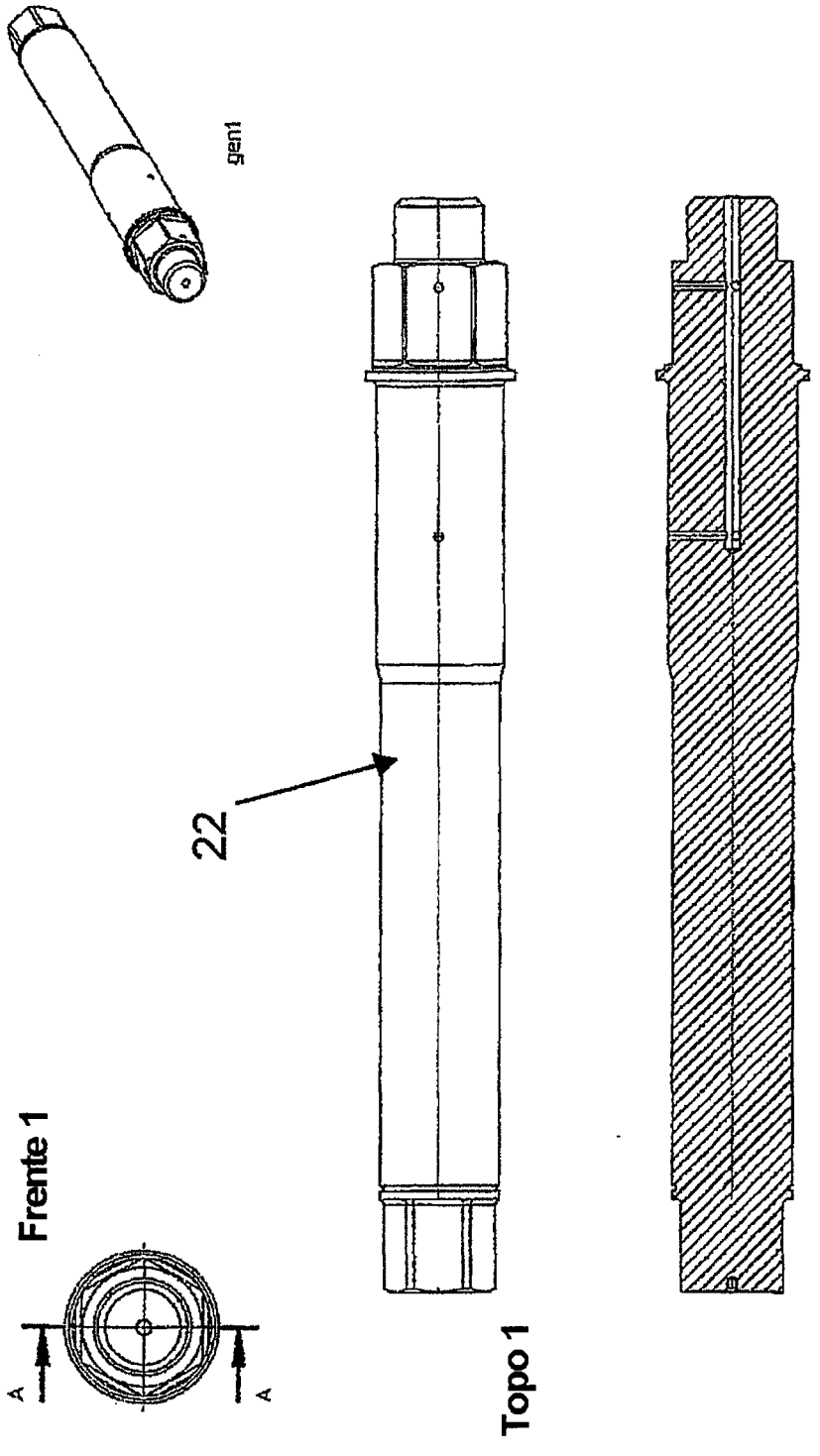



Figura 10

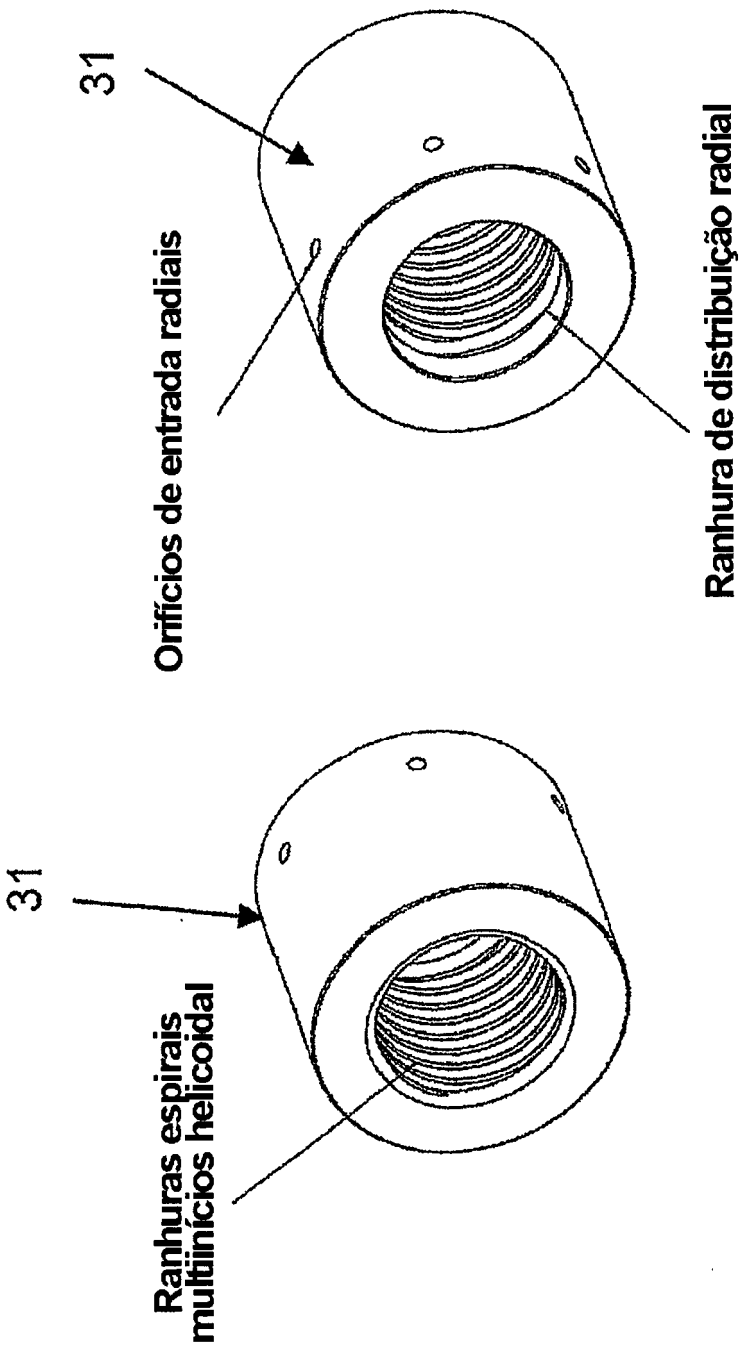
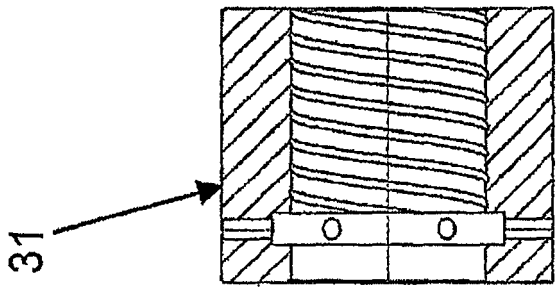
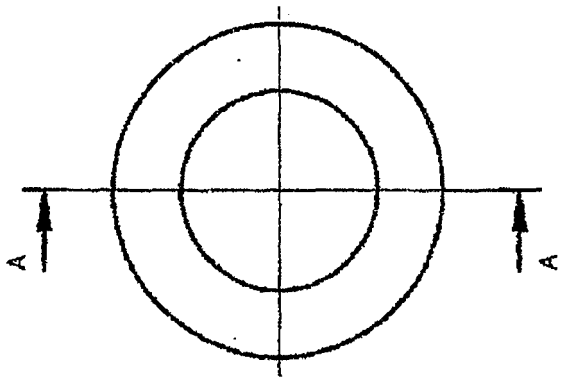

31
Orifícios de entrada radiais
Ranhura de distribuição radial
31
Ranhuras espirais multiinícios helicoidal

Figura 11

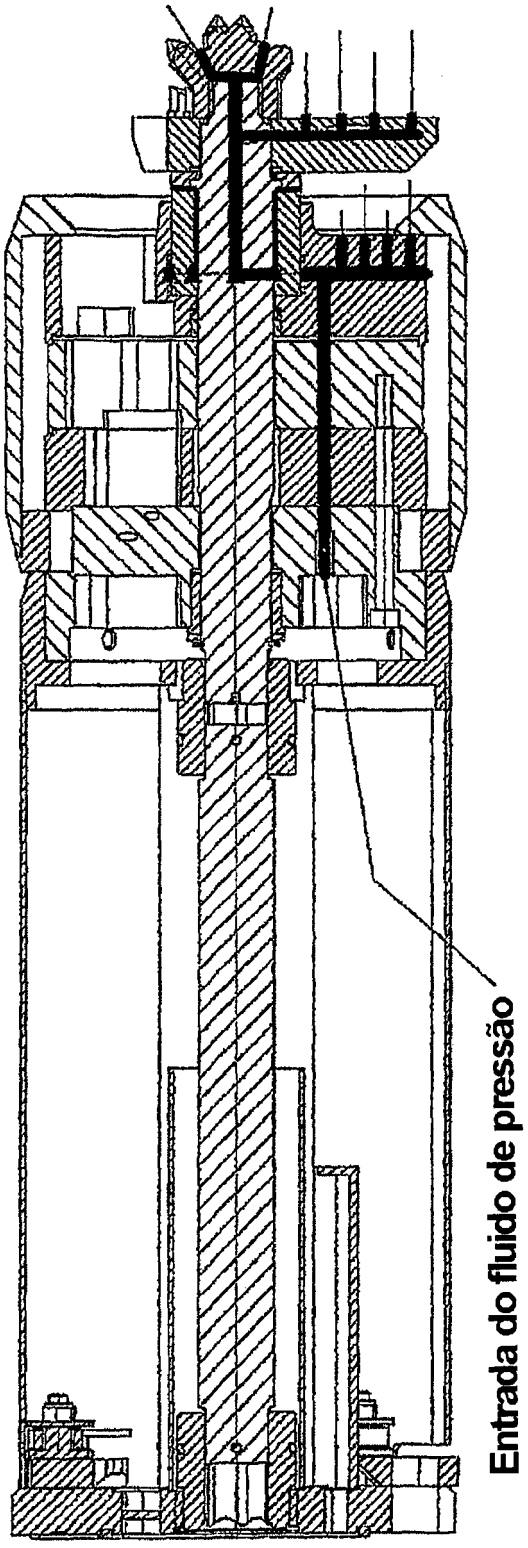



Seção A-A




Frente 1

Figura 12




Seção A-A

Figura 13

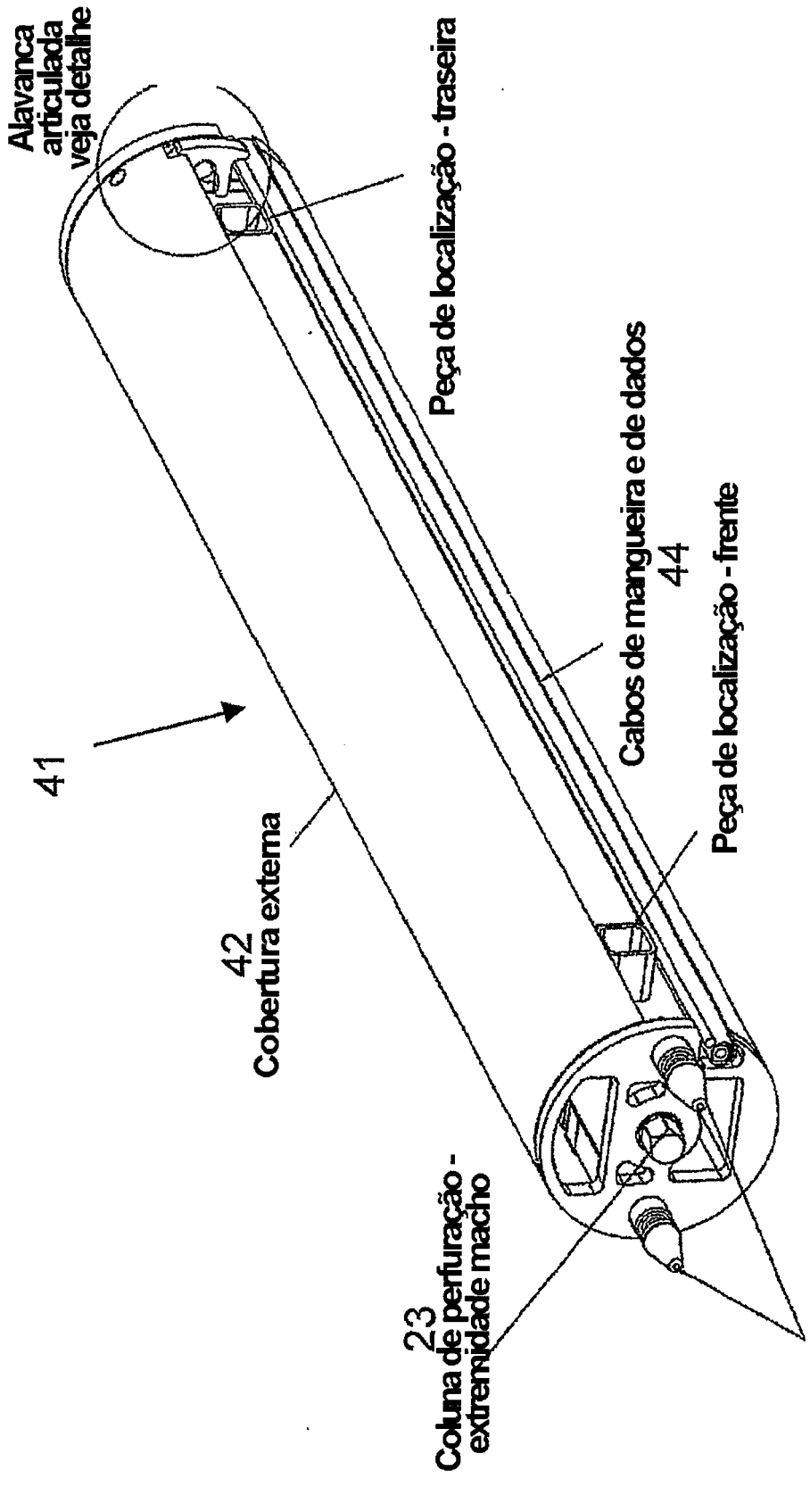

Alavanca articulada veja detalhe
Peça de localização - traseira
41
Cabos de mangueira e de dados
44
Peça de localização - frente
42
Cobertura externa
23
Coluna de perfuração - extremidade macho
Pinos de combinação
48

Figura 14

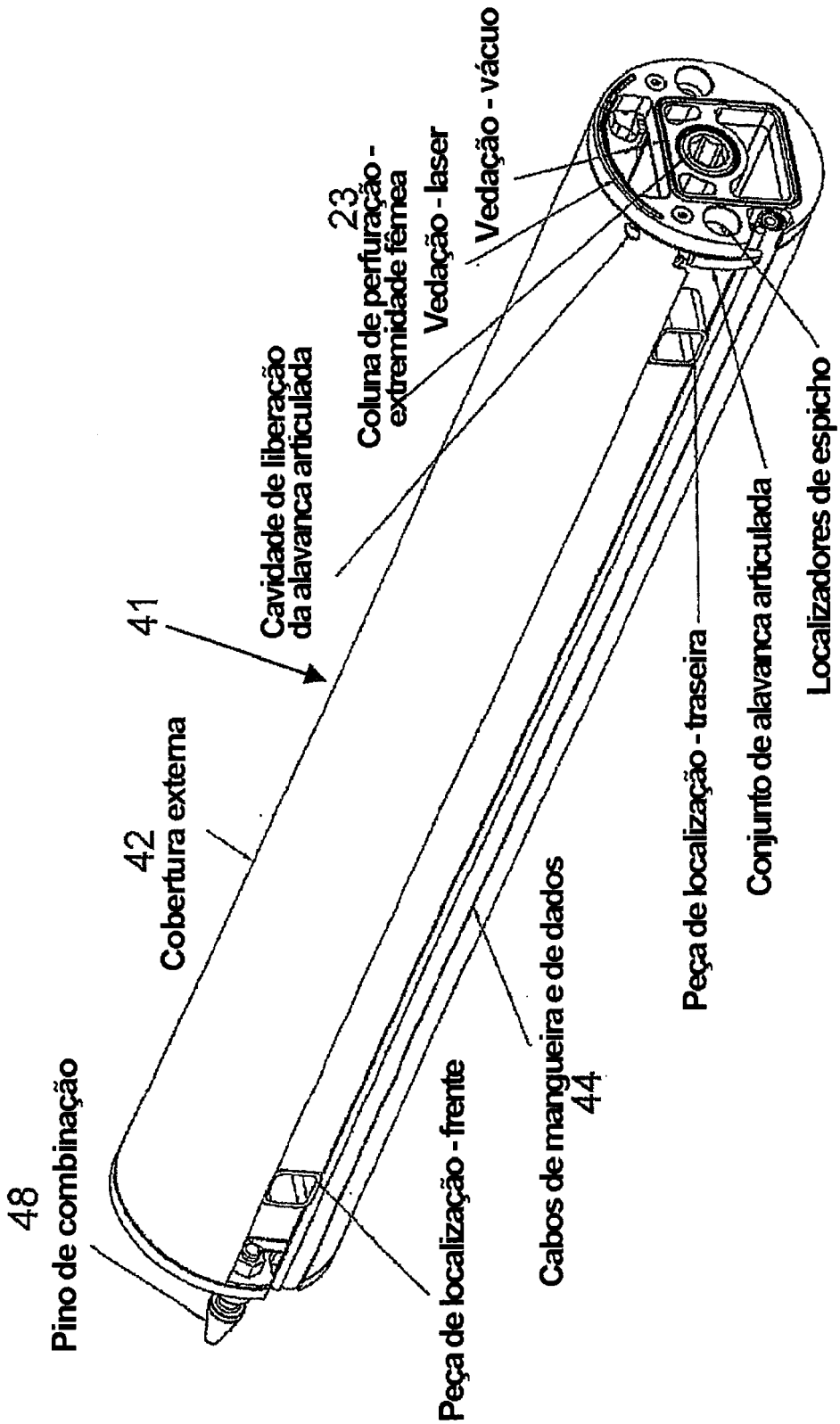

48
Pino de combinação
42
Cobertura externa
41
Cavidade de liberação da alavanca articulada
23
Coluna de perfuração - extremidade fêmea
Vedação - laser
Vedação - vácuo
Peça de localização - frente
Cabos de mangueira e de dados
44
Peça de localização - traseira
Conjunto de alavanca articulada
Localizadores de espicho
49

Figura 15

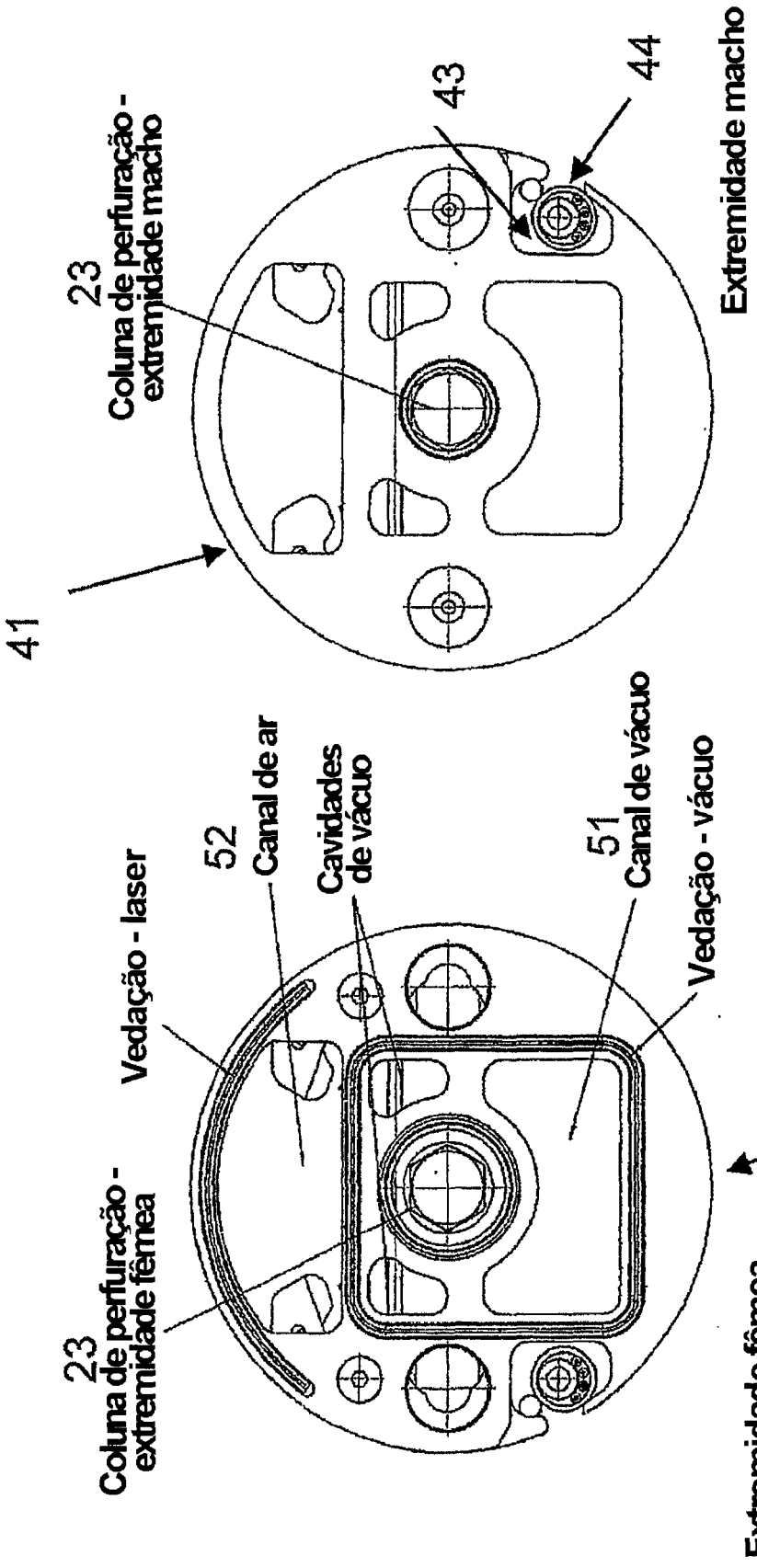
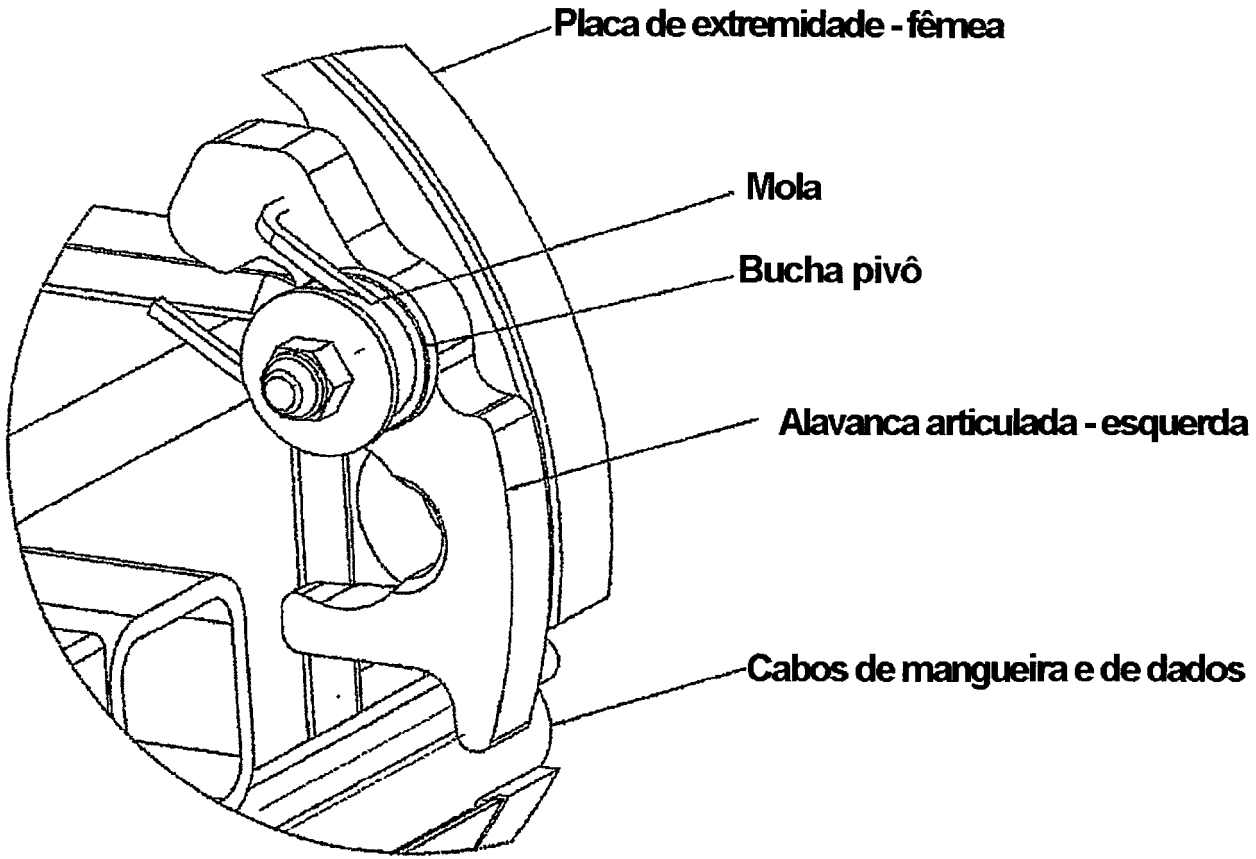

41
23
Coluna de perfuração - extremidade macho
43
44
Extremidade macho
47
Vedação - laser
52
Canal de ar
Cavidades de vácuo
51
Canal de vácuo
Vedação - vácuo
23
Coluna de perfuração - extremidade fêmea
41
Extremidade fêmea
46

Figura 16




Cobertura removida
para objetividade

Figura 17

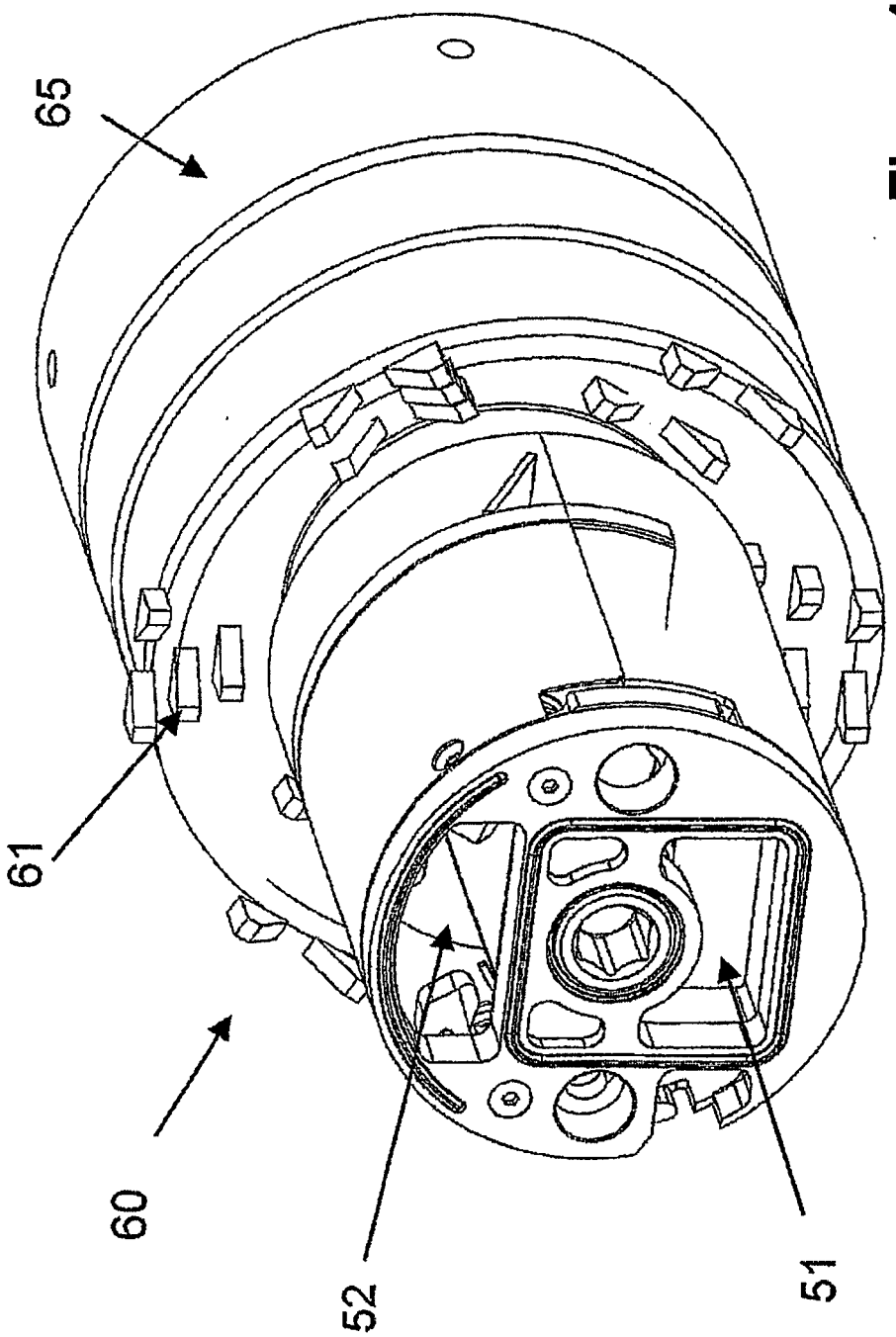



Figura 18

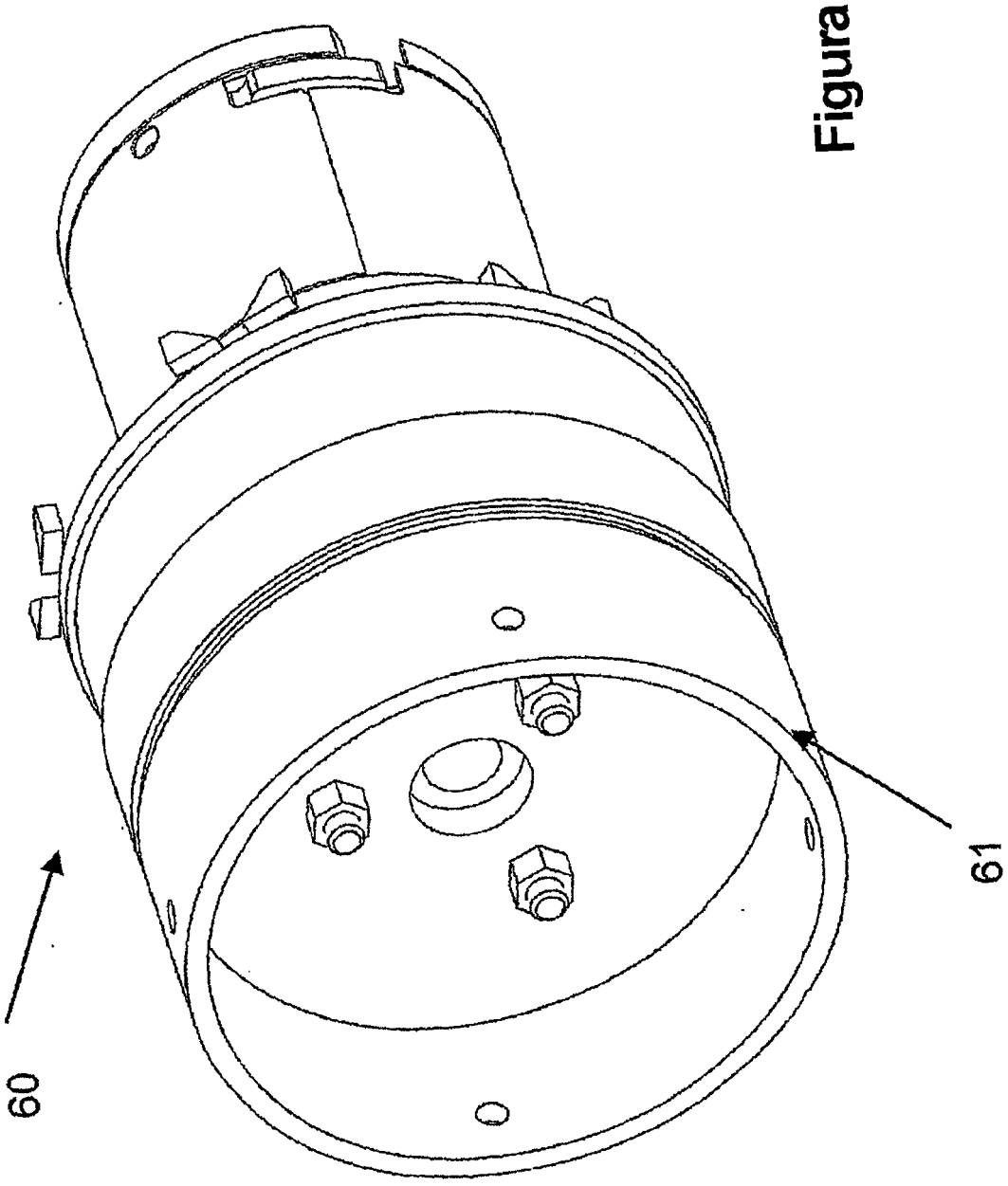



Figura 19

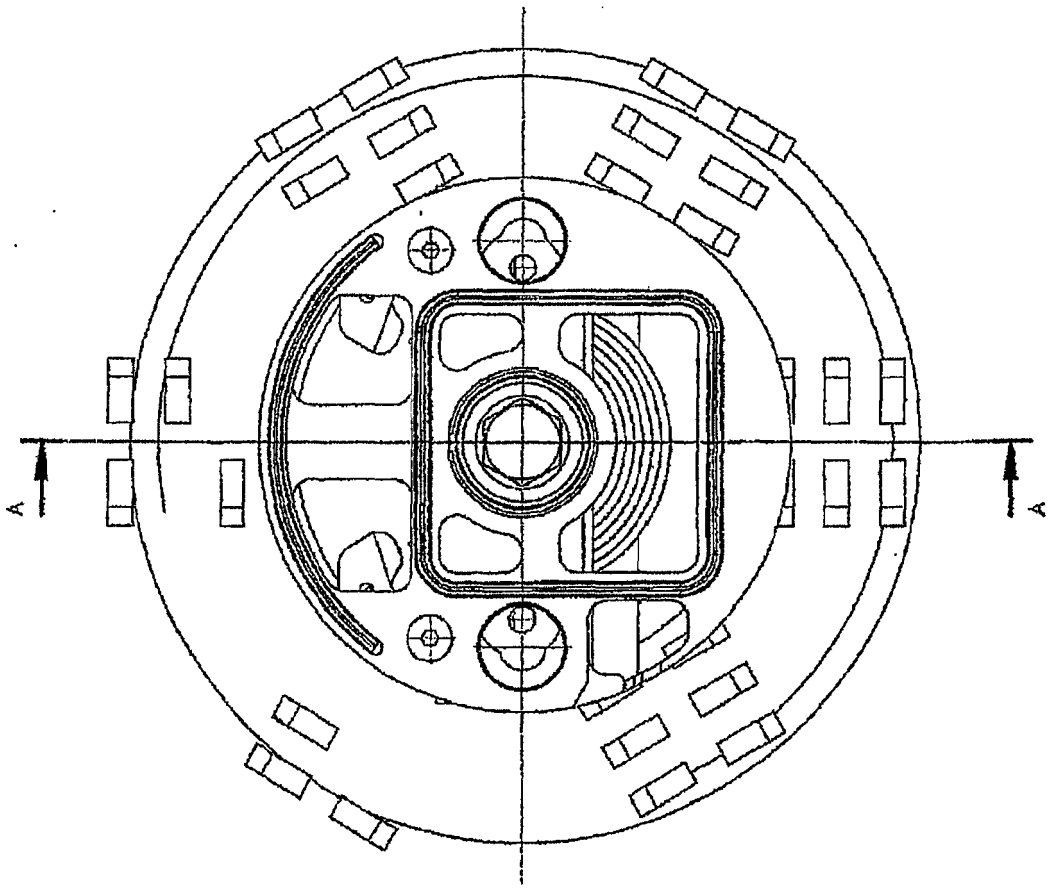



Figura 20

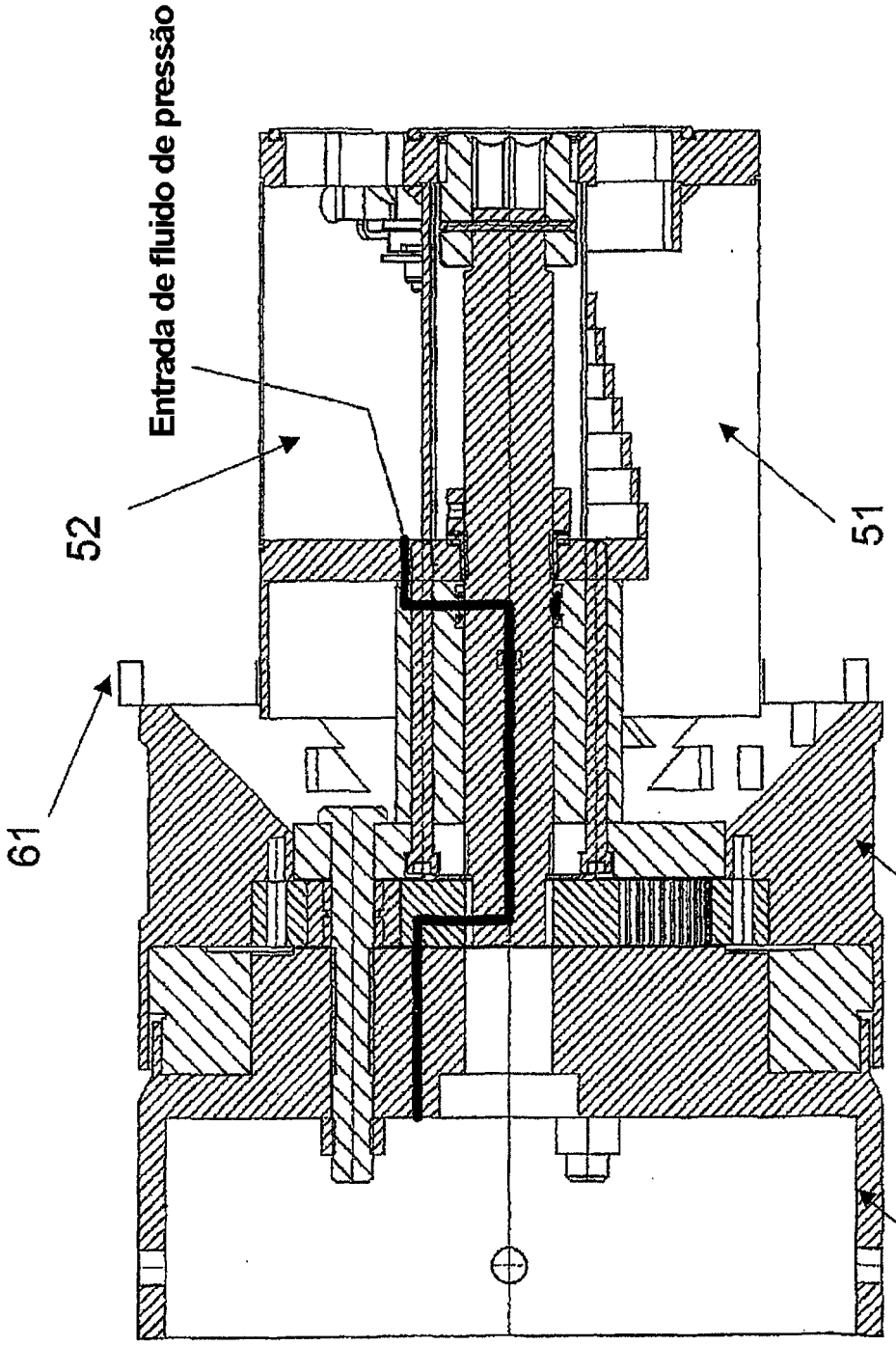



Figura 21