

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

(21) **PI 0721740-4 A2**

(22) Data de Depósito: 31/05/2007
(43) Data da Publicação: 13/02/2013
(RPI 2197)



(51) *Int.Cl.:*
F21V 33/00

(54) **Título:** COMUTADOR ÓTICO

(73) **Titular(es):** Christopher E. Cox, Raleigh L. Cox

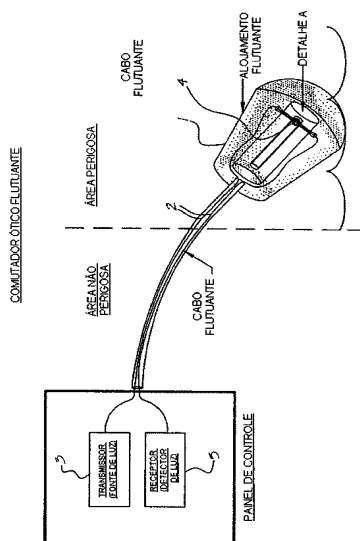
(72) **Inventor(es):** Christopher E. Cox, Raleigh L. Cox

(74) **Procurador(es):** Flávia Salim Lopes

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2007070122 de
31/05/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/147415de
04/12/2008

(57) **Resumo:** COMUTADOR ÓTICO. Um comutador ótico tendo um alojamento [1], uma fonte de luz [3] e um detector de luz [5]. A fonte de luz [3] e o detector de luz [5] estão localizados distantes do alojamento. A fonte de luz [3] é conectada ao alojamento comum primeiro guia de luz [2], e o detector de luz [5] é conectado ao alojamento com um segundo guia de luz [2]. O primeiro e o segundo cabo de guia de luz extremidades distais posicionadas através do alojamento e são alinhadas óticamente, mas separadamente por uma folga. O comutador inclui um dispositivo para interromper o feixe de luz.



COMUTADOR ÓTICO

CAMPO DA INVENÇÃO

A invenção se refere aos comutadores usados principalmente em ambientes de risco, tal como os comutadores usados na detecção de nível de líquido em tanques ou comutadores para ativar equipamento dentro de um ambiente perigoso.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Muitos ambientes de trabalho apresentam perigos de explosão ou apresentam um risco de choque elétrico. Um ambiente perigoso é uma estação de bombeamento ou um tanque que contém gases ou líquidos e substâncias químicas perigosas e/ou inflamáveis ou voláteis a serem bombeados. Comutadores flutuantes normalmente são usados em aplicações desse tipo para detectar o nível para ativação de uma bomba (vide Figura 2), mas os comutadores flutuantes geralmente têm corrente elétrica que passa através de fios e um comutador alojado dentro do flutuador, tal como um comutador de mercúrio localizado no flutuador. Os fios a partir do comutador flutuante se estendem até um painel de controle (ou outro dispositivo) localizado externo ao tanque ou poço e estão localizados fora da área de risco. Alguns painéis de controle especiais são à prova e explosão e podem estar localizados na área de risco. À medida que os líquidos sobem no tanque, o flutuador se inclina e uma esfera ou líquido condutivo, tal como mercúrio, se desloca e faz contato com um comutador elétrico ou contatos de algum tipo fazendo com que o comutador seja ativado. A corrente elétrica então passa a partir do painel de controle através dos fios, até o comutador, completando o

circuito. Todos esses apresentam um risco de centelha, e se ocorrer uma ruptura no isolamento ao longo do percurso elétrico, uma explosão pode ocorrer.

Alguns tanques contendo líquidos ou gases inflamáveis
5 utilizam detecção ultra-sônica de nível que envia uma rajada sônica para a superfície do líquido e então de volta. O tempo de trânsito do feixe é usado para determinar o nível de líquido (alguns dispositivos alternativos utilizam radar ou irradiação de micro-ondas como um módulo
10 de energia em vez de uma onda sonora, e são usadas outras tecnologias de detecção na detecção de nível, por exemplo, transdutores de pressão submersíveis, magnetostrições, borbulhadores, capacitância, etc.). Nenhuma corrente elétrica é usada dentro do tanque ou poço e o transmissor e
15 o receptor estão localizados externos à atmosfera de risco, normalmente montados na superfície externa do tanque, com o dispositivo de detecção posicionado no tanque. Essa técnica geralmente não é usada para sinalizar remotamente um dispositivo, tal como um sinal para engatar/desengatar uma
20 bomba (tal como uma bomba dosificadora) em níveis discretos, uma vez que esses detectores de nível detectarão todos os níveis de fluido exigindo circuitos lógicos adicionais para selecionar uma altura ou nível predeterminado para operação de uma bomba, desse modo
25 aumentando a complexidade e o custo de tal sistema.

Em alguns ambientes de risco, recipientes à prova de explosão são usados para conter equipamento ou dispositivos que podem apresentar um possível risco de formação de centelha, tais como controles, bombas, motores, etc. Embora
30 as bombas ou outros dispositivos localizados em um ambiente

perigoso possam ser contidos em um alojamento à prova de explosão, esses dispositivos devem ser ativados ou desativados por sinais elétricos (por exemplo, proporcionando energia ao dispositivo). A ativação é feita remotamente a partir do ambiente perigoso para reduzir a possibilidade de explosão. Portanto, quando um operador está no local, o operador não pode manualmente ativar/desativar o dispositivo dentro da área de risco a menos que o dispositivo de ativação esteja em um alojamento à prova de explosão. Seria desejável ter um comutador localizado dentro do ambiente perigoso que pudesse ser usado para manualmente ativar/desativar o dispositivo dotado de energia, e ter o comutador não apresentando um risco de formação de centelha, e que não tivesse que estar localizado em um alojamento à prova de explosão.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A invenção é um comutador oticamente ativado para uso em um ambiente perigoso (ambientes não perigosos também são considerados) e em uma modalidade, os componentes de ativação do comutador são contidos em um alojamento flutuável e usados para sinalizar a necessidade de operar uma bomba ou outro dispositivo. Conforme discutido, um comutador é um dispositivo tendo um status (ligado/desligado, realizar/interromper, aberto/fechado ou outro indicador de status) que pode ser usado para controlar um dispositivo elétrico. A invenção do comutador utiliza um feixe de luz a partir de um transmissor localizado fora da atmosfera de risco ("fora do ambiente de risco" inclui um local dentro de um recipiente ou alojamento à prova de explosão) o qual se desloca através

de um cabo transportador de luz, fibra, tubo ou guia de luz (todos considerados como um "guia de luz") até um meio de comutação localizado em uma área de risco. Com base na posição ou "status" do comutador (percurso ótico interrompido, ou percurso ótico completo), a luz pode se deslocar até um detector ou receptor de luz acionado por energia localizado fora da área de risco, o qual detecta o status do comutador, e conjunto de circuitos pode atuar em relação ao status para ativar ou desativar um dispositivo acionado por energia, tal como uma bomba ou motor. Vários meios de desligar ou interromper o percurso de luz podem ser utilizados. O controlador ao qual o comutador é conectado pode ser configurado para ativar uma bomba ou dispositivo a partir da detecção da luz ou detecção da falta de luz.

OBJETIVOS DA INVENÇÃO

Um objetivo da invenção é o de ter um comutador que não utilize qualquer fonte de corrente elétrica ou resistência elétrica no local de comutação.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 ilustra um flutuador oticamente ativado.

A Figura 1A é um detalhe do flutuador da Figura 1.

A Figura 2 ilustra um flutuador convencional.

A Figura 3 ilustra um flutuador oticamente ativado tendo um comutador amortecido.

A Figura 4 é uma vista em seção transversal do comutador da Figura 3.

A Figura 4A é um detalhe do conjunto separador do flutuador da Figura 4.

A Figura 5 ilustra um comutador operador mecanicamente

ou manualmente.

A Figura 6 ilustra outra modalidade de um comutador flutuante.

A Figura 7 ilustra outra modalidade de um comutador flutuante com um anel de retardo.

A Figura 8 ilustra um cabo para um comutador de amarração incorporado em flutuador.

A Figura 9 ilustra uma luz e um comutador ótico de limite de carga em um ambiente perigoso.

A Figura 10 é um diagrama de circuito representativo incorporando o comutador, e usado para acionar um dispositivo.

A Figura 11 ilustra uma vista superior de uma ampola com duas fibras óticas paralelas do mesmo lado onde as duas fibras são oticamente alinhadas por intermédio da posição da barra refletiva na posição A e onde as duas fibras são oticamente não-alinhadas (ou oticamente interrompidas) por intermédio da posição da barra refletiva na posição B.

A Figura 12 é um desenho mostrando um eletroímã usado para retardar a operação do comutador através de uma faixa de movimento pré-selecionada.

A Figura 13A ilustra a operação de um flutuador de ângulo aberto quando a câmara da bomba enche.

A Figura 13B ilustra a operação de um flutuador de ângulo aberto quando a câmara de bomba é esgotada.

A Figura 14 ilustra uma modalidade de flutuador do comutador usando um conjunto separador de inserto acionador.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

É mostrada na Figura 1 uma modalidade da invenção em

um flutuador. A invenção inclui um alojamento 1, dois guias de luz 2 (em seguida descritos como cabos de fibras ópticas), uma fonte de luz 3, e um meio para interromper ou modificar o alinhamento, aqui mediante interposição de um objeto entre as extremidades distais. O alojamento mostrado tem uma seção interior. Os dois cabos 2 são posicionados no alojamento 1. Cada cabo termina no alojamento flutuante 1 ou dentro do mesmo. As extremidades terminais (ou distais) dos cabos são posicionadas no alojamento próximas entre si, porém separadas por uma folga 10 (vide Figura 1, detalhe A). A folga 10 é geralmente posicionada no conjunto separador 6 dentro do alojamento 1. O conjunto separador fixa a relação das extremidades terminais de cabo e mantém a folga, embora essa relação possa ser fixada através do uso do alojamento isoladamente. A folga pode variar em tamanho, com 0,01-0,5 polegadas sendo adequado para a maioria das aplicações, mas poderia ser maior. Alguns detectores de luz podem detectar a presença da irradiação de luz através de uma folga de até 4 polegadas. As extremidades dos dois cabos de fibra ótica devem estar "oticamente alinhadas", isto é, a luz emitida a partir de uma extremidade terminal se deslocará através da folga (possivelmente ao longo de um percurso em ziguezague se material refletivo, tais como espelhos, forem empregados para defletir apropriadamente o feixe emitido) e uma porção da luz transmitida entrará na extremidade terminal do segundo cabo. A porção que entra deve ser suficiente para poder detectar a presença de irradiação de luz por intermédio do detector de luz. Por exemplo, os dois cabos podem ser paralelos com uma superfície refletiva de 45

graus posicionada nas extremidades da fibra, de modo que as duas fibras, enquanto paralelas, estão "oticamente alinhadas". As duas extremidades de cabo podem estar deslocadas por uma distância e ainda assim estarem oticamente alinhadas se luz suficiente for capturada e transmitida através do cabo conectado ao detector de luz para ativar o receptor de luz. Em parte, o grau de deslocamento dependerá da sensibilidade do detector de luz e da intensidade da fonte. Cabos e detectores adequados podem ser encontrados em www.fiberopticproducts.com: com fontes tais como E97 (nanômetros 660 vermelhos, claros) e detector D92. Utilizando-se essas fontes e detectores, a fonte de luz ainda pode ser detectada com um deslocamento de uma polegada através de uma folga de aproximadamente 1 polegada.

Conforme mostrado no detalhe A da Figura 1, o conjunto separador 6 inclui geralmente uma câmara interna 6A com uma extremidade terminal de cabo de fibra 2 posicionada adjacente à parede ou na parede da câmara interior e a outra extremidade terminal de cabo de fibra ótica 2 posicionada em uma parede oposta da câmara interna 6A, com as duas extremidades oticamente alinhadas. O conjunto separador é geralmente um conjunto removível a partir do interior do flutuador com os cabos posicionados no conjunto. O requerente acredita que seja mais eficiente construir o conjunto separador com os cabos fixados e inseridos no flutuador, do que utilizar apenas um interior oco com os cabos inseridos nas paredes interiores ou fixados nas paredes interiores do flutuador, embora tal modelo seja aproveitável e esteja dentro do escopo da

invenção. O conjunto separador não é exigido, mas é preferido. Por exemplo, é mostrado na Figura 4 um conjunto separador 6, compreendendo uma ampola de vidro ou de plástico claro 5. A ampola contém uma barra deslizável, esfera, ou cilindro (ou outro formato) 10A, e tem os dois guias de luz acoplados em lados opostos do exterior da ampola através do uso de uma forquilha ou colar 11. O conjunto separador 6 seria posicionado no interior do flutuador, normalmente o conjunto separador será posicionado fixamente no interior do flutuador tal como com epóxi ou um ajuste por fricção. Conforme mostrado na Figura 4, um colar 12 é usado para fixar a ampola em posição no interior do flutuador, e em alguns casos o colar 12 funciona como peso adicional para modificar a flutuação e o centro de gravidade do flutuador conforme necessário. O peso pode ser chumbo ou outro material denso, por exemplo, partículas de aço encerradas em um material resistente à corrosão (preferivelmente um material amigável em termos ambientais). A forquilha 11 e colar 12 poderiam ser combinados (não mostrado). Um detalhe da forquilha 11 é mostrado na Figura 4, detalhe A. Em uma modalidade de não-flutuador, o conjunto separador pode não ser preferido.

Um conjunto separador alternativo é mostrado na Figura 14. O separador é um acionador plano 60, construído de plástico flexível. Cliques 61 são formados na pá para segurar a ampola e os cabos óticos. O acionador 60 é inserido na metade inferior do alojamento 1A e fixado em posição. O acionador pode ser fixado mediante fixação da base do acionador na porção de alojamento 1A, deixando a porção superior do acionador livre para flexionar. O topo

do alojamento 1B é então fixado na parte inferior 1A, tal como mediante solda de RF. Conforme mostrado, o topo do acionador 60 não é fixado no topo do alojamento de flutuador 1B, para permitir que o topo do acionador (onde a ampola está localizada) flexione em resposta às forças de choque. Por exemplo, sabe-se que os operadores "limpam" os flutuadores mediante balanço do flutuador pela amarração e batendo o flutuador na parede.

Na modalidade mostrada na Figura 1, o alojamento 1 é flutuável, e os cabos "amarram" o alojamento 1 em um ponto fixo permitindo que o flutuador suba e desça com os meios para uma gama de elevações. Os dois cabos de fibra 2 são contidos em uma estrutura de cabo único, posteriormente descrita. Um dos cabos de fibras óticas é conectado a uma fonte de luz 3, e o outro cabo é conectado a um detector de luz 5. A fonte de luz 3 pode ser qualquer fonte adequada, tal como um laser, um bulbo de luz incandescente, luz solar, diodo de emissão de luz, e luz geralmente se refere a qualquer irradiação eletromagnética, mas para fibras óticas, preferivelmente a fonte de luz consistirá em luz visível, luz infravermelha, luz solar, e luz ultravioleta; mais preferivelmente, luz a partir de 300 nanômetros a aproximadamente 30.000 nanômetros em frequência. Preferivelmente a fonte de luz 3 e o receptor ou detector de luz 5 estarão localizados externos à área de risco em um painel de controle ou outro dispositivo (eles não têm que estar localizados juntos), e apenas os cabos de fibras óticas se deslocarão para a área de risco até o alojamento 1.

Conforme mostrado no Detalhe A da Figura 1, a câmara

interna 6A do conjunto separador 6 cria a folga necessária entre as extremidades terminais dos cabos de fibras óticas 2. Localizado dentro da câmara interna 6A está um meio para interromper o alinhamento ótico 10, tal como uma esfera ou barra ou cilindro rolante ou deslizável, ou um fluido opaco posicionado dentro da câmara interna enchendo parcialmente a câmara. Se o alojamento flutuar, em certo nível o alojamento flutuante se inclinará (uma vez que ele é amarrado pela ação do cabo que é ligado a um peso fixo interno ou externo, o alojamento é fixado a outro dispositivo estacionário com um cabo ou amarração) e quando ele se inclina o meio para interromper o alinhamento ótico se deslocará dentro da câmara interna devido às forças gravitacionais. Se o grau de movimento for suficiente, o meio para interromper o alinhamento ótico bloqueará (ou desbloqueará) a trajetória de luz entre as duas extremidades terminais dos cabos de fibras óticas 2. Adicionalmente, se o alojamento 1 for um dispositivo fixo (isto é, ele não flutua nos meios, mas é fixado em uma altura desejada), o meio para interromper o alinhamento ótico pode ser um braço flutuante ou uma barreira flutuante posicionada na câmara interna 6A do alojamento. À medida que o nível de água sobe até o nível do alojamento, o braço ou barreira flutuante subirá (muito semelhante a um comutador de limite de carga, flutuante) para bloquear o feixe de luz (ou desbloquear o feixe de luz). Nesse caso, o comutador terá um meio para fixar a elevação do alojamento, tal como um prendedor, para fixar o alojamento em uma estrutura no ambiente perigoso, tal como uma bomba dosadora ou ao recipiente armazenando o material perigoso. Por

exemplo, na Figura 6 é mostrada uma modalidade onde o alojamento é um invólucro cilíndrico 100 com um interior oco central 101 que é aberto nas duas extremidades para o ambiente externo. O alojamento seria fixado em posição no ambiente perigoso. Retido no interior está um corpo flutuante opaco 102. As duas extremidades do interior oco 101 podem ter um filtro de malha cobrindo as aberturas que retêm o corpo flutuante no interior oco. Posicionados em lados opostos do interior 101 estão os dois cabos óticos 104A e B. À medida que sobe o fluido na câmara, o corpo flutuante 102 sobe e bloqueará a trajetória ótica entre os dois cabos 104A e B. Conforme mencionado acima, os cabos não têm que estar em lados opostos, mas devem ser ou óticamente alinhados, ou poderem ser óticamente alinhados.

Com um comutador em um alojamento flutuante, as fibras óticas flexionarão quando o flutuador sobe e desce. Durante um período de tempo, a flexão das fibras óticas pode resultar em fratura ou corte das fibras, potencialmente destruindo o funcionamento do comutador. Para ajudar a aliviar isso, é preferido um modelo de cabo de amarração razoavelmente forte. É mostrado na Figura 8 um modelo adequado 250. Os cabos de fibras óticas conjugadas 150 (mostrado aqui como revestido com um revestimento de polivinilcloreto (PVC) 100 de 1 mm de diâmetro) são posicionados no interior de um membro de revestimento externo 300, aqui uma camisa à prova d'água de PVC extrudado de 0,020 polegadas de espessura, usada para resistência. Mais do que duas fibras óticas podem estar localizadas no cabo. Os cabos de fibras óticas ou guias de luz são empregados em um material de enchimento 160 no

interior do revestimento extrudado 300. Conforme mostrado na Figura 8, o material de enchimento é composto de fibras de polipropileno finas semelhantes a cabelo, todas contidas em um envoltório de papel 200. Conforme construído, o interior do cabo de amarração 250 é substancialmente preenchido, deixando muito pouca liberdade de movimento para as fibras óticas no interior. No modelo mostrado, é preferido que ambas as fibras óticas sejam revestidas para prevenir curto-circuito do comutador no cabo (particularmente para o uso de cabos de incandescência lateral (não preferidos), ou para cabos de incandescência de extremidade, isso pode não ser necessário). Para longas extensões de amarração, pode ser preferido incluir um cabo de reforço forte, tal como um cabo de aço, Kevlar, de fibra de carbono, etc. dentro da estrutura de cabo de amarração ou ligado à mesma. É mostrado na Figura 8 um cabo que aloja duas fibras óticas. O cabo pode conter mais do que duas fibras.

Na modalidade de flutuador contendo o comutador ótico, o flutuador pode alcançar uma posição onde o flutuador "vibrará" entre uma trajetória ótica aberta ou posição "bloqueada" ou uma trajetória ótica fechada ou posição "completa" devido às instabilidades inerentes em uma modalidade de flutuador. Por exemplo, a posição do flutuador pode tremular devido às ondas de superfície no ambiente de fluido. Essa tremulação do flutuador pode fazer com que o meio deslizável ou rolante interrompa o alinhamento ótico (ou o ativador de comutador) localizado no interior do flutuador para se mover para frente e para trás, fazendo com que o status do comutador se desloque

rapidamente entre aberto e fechado (observar, comutador "aberto" pode ser interpretado como trajetória bloqueada ou trajetória completa, dependendo de como o dispositivo conectado ao conjunto de circuitos do comutador seja configurado para responder ao status do comutador). Para reduzir a "vibração" do comutador um comutador amortecido pode ser empregado mediante inclusão de um meio para amortecer o ativador do comutador ou o meio para interromper o alinhamento ótico. O comutador ótico pode ser amortecido através de uma variedade de meios. Por exemplo, na modalidade mostrada na Figura 4, detalhe A, a ampola pode ser preenchida ou parcialmente preenchida com um fluido de amortecimento 110, tal como óleo mineral ou outro fluido claro ou transmissor de luz. O fluido na ampola tem duas finalidades, lubrificação (para ajudar a impedir que o meio rolante ou deslizável interrompa a partir da ação de raspar nas paredes da ampola e possivelmente modificar as características óticas das paredes da ampola) e atua como uma força de amortecimento, criando um arrasto na barra ou esfera reduzindo os movimentos súbitos da barra ou esfera. Quando um fluido de amortecimento é utilizado, é preferido separar o fluido dos guias de luz (tal como mediante ter o fluido contido em uma ampola) para evitar a contaminação das extremidades distais de guia de luz por intermédio do fluido de amortecimento. A quantidade de fluido na ampola pode variar de umas poucas gotas até completamente cheia.

Alternativamente, uma barra, esfera, cilindro, ou outra estrutura deslizável poderiam ser usados com os lados da estrutura tornados ásperos (ou as paredes interiores da ampola poderiam ser tornadas ásperas ou ter cristas

adicionadas) para criar uma área de superfície adicional resultando em forças de fricção adicionais se opondo a um movimento súbito da barra. Por exemplo, é mostrado na Figura 7 um anel ou espaço anular posicionado na câmara de conjunto separador 6. Uma esfera rolante é usada como o membro deslizável. O anel na câmara de alojamento garante que uma esfera posicionada na câmara não se deslocará a partir da posição A (não bloqueada) para a posição B (bloqueada) sem um movimento suficientemente amplo do alojamento para permitir que a esfera role sobre a crista criada pelo anel. A posição final da esfera não seria alterada por flutuações insignificantes na posição do flutuador. Além disso, um recipiente no formato de ampulheta pode ser usado, onde pelo gargalo da ampulheta pode passar a esfera deslizável, cilindros segmentados especialmente projetados, outra estrutura móvel, ou outro dispositivo de bloqueio de luz (por exemplo, líquido opaco). Nesse caso, o formato da câmara é usado para controlar a vibração do comutador.

Outro meio para lidar com a vibração do comutador é o de permitir que a luz pisque, lampeje ou pulse periodicamente, e uma mudança no status do comutador é detectada pela presença ou pela ausência de um número adequado de pulsos. Por exemplo, se a trajetória de luz for inicialmente bloqueada, e o status mudar, a mudança será observada após a detecção de muitos pulsos consecutivos de luz (detecção de, digamos 5, lampejos consecutivos, detectando a presença ou ausência de um número predeterminado de lampejos através de um intervalo de tempo predeterminado ajuda a reduzir a vibração do comutador); se

a trajetória de luz não for bloqueada, então uma mudança no status seria detectada após a detecção da ausência de certo número de pulsos ou lampejos de luz por um intervalo de tempo predeterminado. Isso geralmente não é preferido uma vez que aumenta a complexidade do conjunto de circuitos ligados ao comutador, mas pode ser útil onde a vida útil da fonte de luz é um problema.

Outro meio para lidar com a vibração do comutador é não usar uma fonte de luz constantemente "ativa". Em vez disso, a fonte pode permanecer inativa até que o comutador seja "sondado" em relação ao seu status. Por exemplo, os meios eletrônicos ligados ao comutador, tal como um controlador (por exemplo, PLC ou microcontrolador), pode interrogar o status do comutador a cada segundo, e ligar a fonte de luz uma vez por segundo por um tempo designado, e "procurar" o status de retorno, por exemplo, luz bloqueada ou luz presente na fibra ótica de retorno. Alternativamente, a luz pode permanecer ligada, e o status do comutador sondado no detector de luz. Outra vez, isso não é preferido, uma vez que aumenta a complexidade do conjunto de circuitos ligado ao comutador. Para reduzir a vibração do comutador, a mudança no status do comutador deve ser consistente por um período de tempo selecionado.

Outro método de reduzir a vibração do comutador é o de usar eletroímãs posicionados adequadamente no conjunto separador em conjunto com um cilindro ou barra ou estrutura deslizável composta de material magneticamente interativo. É mostrado na Figura 12 um desenho ilustrando um movimento de um cilindro ou lingote interativo magnético deslizável (aqui um cilindro de aço inoxidável formado a frio de 3/16

polegadas de diâmetro por meia polegada de comprimento 18-18 (algumas vezes denotado como aço inoxidável da série 300 tendo aproximadamente 18% de cromo e 8% de níquel)) em uma ampola, e um eletroímã do tipo "ferradura" posicionado no interior do flutuador onde as duas extremidades da ferradura se aproximam dos lados ou das extremidades da ampola. O eletroímã no formato de ferradura é mostrado para fins de explanação e não é preferido. À medida que o flutuador se desloca da posição A através da posição D, girando "no sentido para cima", o lingote "gruda" na ampola, próximo ao eletroímã, digamos próximo ao pólo N do eletroímã. Antes da posição E ou na posição E, a força gravitacional supera a força magnética e o lingote desliza no sentido para baixo, desse modo desbloqueando a trajetória ótica através da ampola. Quando o flutuador gira a partir da posição E no sentido para baixo (não mostrado), o lingote outra vez grudará na ampola, próximo ao pólo S do eletroímã no formato de ferradura, e será liberado quando o flutuador retornar para uma posição antes da posição A ou na posição A. Conforme aqui usado, um meio de interação magnético fraco que para um determinado eletroímã e lingote ou estrutura móvel (ou vice-versa, onde o eletroímã se desloca), a força magnética exercida entre o lingote ou dispositivo e o eletroímã é insuficiente para superar a força gravitacional atuando sobre o lingote, desse modo permitindo que o lingote seja liberado em certo ponto quando a posição do lingote se aproxima da vertical, conforme mostrado na Figura 12.

O ponto de liberação efetivo do lingote pode variar mediante modificação da força do eletroímã, o peso do

lingote, ou a propriedade de magnetização do material do lingote. Em uso, a localização dos eletroímãs pode variar. Por exemplo, na Figura 12, detalhe A, dois eletroímãs M1 e M2 podem ser posicionados na extremidade ou próximos a cada extremidade da ampola ou câmara (interna ou externa à câmara) (mediante uso de dois magnetos de forças diferentes, o ponto de liberação do lingote em uma rotação no sentido ascendente pode ser diferente do ponto de liberação em uma rotação descendente). Outras configurações são possíveis, por exemplo, utilizando um único eletroímã do tipo de rosca única, posicionado em torno do meio da câmara ou um eletroímã de barra posicionado próximo ao meio da câmara, ou utilizando um eletroímã como o lingote e posicionando material fracamente magnético em cada extremidade da ampola ou câmara.

O uso do eletroímã e lingote magneticamente interativo permite que o comutador permita em sua última configuração (por exemplo, trajetória ótica completa ou trajetória ótica interrompida) através de uma faixa selecionada. Isso permite que o flutuador opere como um comutador flutuante de "ângulo aberto". É mostrada na Figura 13 uma operação de comutador de bomba de ângulo aberto, típica. Na Figura 13A, a câmara de bomba é preenchida com fluido e a bomba permanece "desligada" até que o flutuador alcance a posição B. Na posição B, a bomba é ligada. Conforme mostrado na Figura 13B, a bomba permanece "ligada" enquanto o fluido é bombeado para fora até que a posição A seja atingida, em cujo momento a bomba é desligada.

O comutador conforme descrito utiliza guias de luz oticamente alinhados e um meio para interromper o

alinhamento ótico mediante interposição de um objeto. Alternativamente, os guias de luz podem ser alinhados oticamente por intermédio de uma trajetória de luz que deflete a partir de um membro móvel refletivo, tal como uma barra refletiva. Movimento suficiente do objeto deslizável destrói a trajetória de deflexão e, portanto, resulta em não-alinhamento das extremidades distais dos guias de luz. Nessa configuração, o ativador de comutador (a barra deslizante, cilindro, esfera, etc.) é o meio para interromper o alinhamento ótico a partir do movimento adequado. Por exemplo, as fibras podem ser paralelas, porém deslocadas, posicionadas no exterior da ampola, conforme mostrado na Figura 11. Posicionada na ampola está uma barra refletiva deslizável (a ampola pode ter uma trilha para o deslizamento da barra, ou pode ser adequadamente moldada (por exemplo, prisma retangular), para manter a orientação da barra na ampola, contudo, se o receptor for sensível, um cilindro refletivo ou esfera pode ser usado em uma ampola cilíndrica, uma vez que alguma luz dispersa será detectada por um detector sensível, tal como o detector D92). Quando a barra é interposta entre as extremidades distais (posição A), a superfície refletiva cria alinhamento ótico. Quando a barra não é interposta, o alinhamento ótico é destruído (posição B).

Em vez de mover um objeto entre as extremidades distais de fibra ótica, para modificar o alinhamento ótico, uma extremidade (ou ambas as extremidades das fibras poderiam ser móveis entre uma primeira posição de alinhamento ótico das extremidades distais e uma segunda posição de não-alinhamento ótico, tal como mediante

deslocamento de uma extremidade (por exemplo, tendo aquela extremidade montada em uma barra deslizante) para se deslocar suficientemente de modo que o alinhamento ótico seja interrompido, ou tendo ambas as extremidades se deslocando para alinhar as extremidades distais ou para interromper o alinhamento ótico, tal como mediante movimento de ambas as fibras em união até que um objeto fixo seja interposto entre as duas extremidades de fibra. Esses arranjos não são preferidos, uma vez que o movimento das fibras impõe tensão sobre as fibras e movimento repetido pode resultar em fratura das fibras.

Um alojamento flutuante 1 pode ser construído em qualquer número de formas. Tal forma seria de usar espuma em um molde de duas partes, encerrando o conjunto separador no interior (ou mediante soldagem de dois semiflutuadores em conjunto). O alojamento também poderia ser construído de duas metades fundidas juntas mediante cola ou calor, com o conjunto separador localizado dentro do alojamento. Qualquer objeto que flutue poderia ser perfurado ou entalhado e o conjunto separador (se empregado) poderia ser inserido no interior e então vedado utilizando-se qualquer número de meios, incluindo métodos de moldagem de injeção de plástico.

O receptor ou detector 5 poderia estar localizado externo à área de risco em um painel de controle ou outro dispositivo e não é exigido que esteja localizado com a fonte de luz. Qualquer número de dispositivos comercialmente disponíveis que sejam sensíveis à energia da luz; tal como os dispositivos contendo um foto sensor ou foto transistor; são adequados como um detector ou receptor

de luz. A presença ou ausência de luz, através do comutador, detectada no receptor, é indicativa da posição do alojamento flutuante no ambiente. O status do comutador pode ser utilizado como um meio de sinalização para realizar uma tarefa específica tal como dar partida ou parar uma bomba.

A invenção não é limitada a uma modalidade de flutuador. Por exemplo, os componentes de comutador (alojamento, guias de luz, meio para interromper o alinhamento ótico e fonte de luz e detector de luz) podem ser usados como qualquer tipo de comutador. Por exemplo, é mostrado na Figura 5 um comutador de dispositivo. O comutador tem um alojamento 200 (aqui uma chapa com dois flanges eretos) dentro do qual um primeiro guia de luz 201 e um segundo guia de luz 202 são montados e separados por uma folga, porém alinhados óticamente. Um dos guias de luz é conectado a uma fonte de luz, o outro a um detector de luz. Um cursor 210 é montado de forma deslizante na chapa. O cursor é móvel entre posições (por exemplo, posição A, bloqueando transmissão, e posição B, permitindo a transmissão) entre os guias de luz 202 e 201. A Figura 5 ilustra um tipo de comutador de "cursor", porém qualquer tipo de dispositivo comutador pode empregar os componentes óticos, incluindo um comutador do tipo interruptor de ação de cotovelo, comutador do tipo botão de pressão, comutador do tipo giratório, comutador do tipo oscilador, comutador ativado por chave, comutador de limite de carga, comutador de proximidade ou outro tipo de comutador manualmente ou mecanicamente operado onde a operação do comutador oculta ou bloqueia a trajetória de luz ou de outro modo interrompe

o alinhamento ótico (ou conforme descrito por último modifica as características transmitidas da luz de origem) entre os dois guias de luz, embora a ativação manual ou mecânica (por exemplo, operação de retransmissão do 5 ativador de comutador) ao contrário de operação pela ação da gravidade por intermédio de um comutador flutuante.

Como um comutador de uso geral, o comutador ótico pode incorporar um meio para modificar as características recebidas de um feixe de luz, permitindo que o comutador 10 tenha múltiplos "status", em vez de apenas ligado ou desligado. Tal comutador poderia ser usado para controlar dispositivos com ajustes selecionáveis (tal como selecionando a velocidade de um motor) ou se a variação permitida for uma variação analógica, o comutador pode 15 operar como um "comutador redutor de luz" ou comutador continuamente variável. Por exemplo, uma barra deslizante poderia ser um filtro de densidade escalonada ou um filtro de transmissão escalonada, tal como aquele disponível através da Edmund Optics (www.edmundoptics.com) como modelo 20 de números 147-524, 147-525, 147-526 ou 147-527. Esses modelos têm onze regiões de diferentes características de transmissão (por exemplo, diferente densidade, desse modo modificando as características de amplitude de luz transmitida). Nessa modalidade, a barra deslizável não 25 bloqueia totalmente a trajetória de luz em todas as posições na barra, mas geralmente permite transmissão parcial através da barra. Portanto, a posição relativa da barra com relação às extremidades do cabo dentro do conjunto separador ou interior do flutuador pode ser 30 determinada com base em uma quantidade de luz recebida pelo

receptor de luz após a passagem através da barra. Portanto, a quantidade de luz transmitida através da barra pode ser usada para permitir que o dispositivo funcione como um comutador de múltiplas posições, para controlar dispositivos que têm posições que podem ser selecionadas.

Em vez de modificar o grau de transmissão de luz através da barra, outros parâmetros poderiam ser usados para modificar as características recebidas da luz de origem, tal como polarização ou frequência. Por exemplo, se a barra tiver quatro regiões de cores diferentes, a luz transmitida através da barra variará em cor ou frequência com base na posição da barra com relação à fonte de luz. A posição relativa da barra (conforme detectada pela recepção de uma cor ou frequência diferente de luz) pode então ser usada para realizar diferentes funções (por exemplo, dar partida na bomba 1, dar partida na bomba 2, etc.). Uma graduação contínua ou analógica nas características de transmissão poderia ser usada em vez de uma barra escalonada como um comutador do tipo "reductor de luz" para controlar um motor de velocidade variável. Outro tipo de comutador de tipo continuamente variável ou reductor de luz teria dois filtros de polarização, um fixo e outro giratório, com as extremidades distais das fibras alinhadas através das lentes polarizadas. Mediante rotação de um dos filtros de polarização (tal como mediante ativação mecânica ou manual do ativador de comutador), a amplitude da luz transmitida pode ser variada de uma forma contínua. Tudo o mencionado acima é considerado como um meio para modificar as características recebidas de um feixe de luz. O "meio para interromper o alinhamento ótico" também é um "meio

para modificar as características recebidas de um feixe de luz" uma vez que a modificação é a não-transmissão ou não-recepção do feixe de luz por intermédio da operação de não-alinhamento das extremidades distais ou mediante interposição de um objeto opaco claro entre as extremidades distais.

Adicionalmente, o comutador ótico pode acomodar "comutadores de três vias" ou comutadores do tipo de múltiplos pólos, múltiplos cursos. Fontes de luz/receptores ou fibras de luz podem ser necessárias para uma aplicação específica. Por exemplo, para um comutador de três vias, cada comutador tem três extremidades distais de fibra (aqui denotadas como a fonte, a comum, e a viajante). A fibra ótica "viajante" deve se estender entre dois comutadores.

Cada comutador de três vias contém um espelho ou outra superfície refletiva que proporciona alinhamento ótico dentro do comutador entre o "fio de origem" e a viajante ou comum dentro de cada comutador, e interrompe o alinhamento ótico com a trajetória não selecionada. Isto é, o feixe de luz em um comutador de três vias tem duas rotas possíveis através do comutador, e a rota através do comutador seleciona o percurso (mediante movimento do ativador de comutador). Outra vez, em vez de mover uma superfície refletiva, a fibra ótica poderia ser movida por intermédio da operação do comutador.

Geralmente, para as modalidades de comutador descritas, o alojamento (ou pelo menos aquela porção contendo as extremidades distais das guias de luz e a folga entre as mesmas (tal como o conjunto separador) será substancialmente à prova de luz, e é preferido que o

próprio alojamento seja substancialmente à prova de luz com o ativador ou acionador de comutador (o cursor, botão de pressão, chave de ação de cotovelo, etc.), para operação manual, se estendendo através do alojamento. As extremidades distais dos guias de luz estão localizadas no interior do alojamento para manter os componentes óticos do comutador isolados das fontes de luz externas (tal como a luz ambiente) o que poderia proporcionar uma falsa leitura. Se a luz ambiente não for um problema (por exemplo, a fonte de luz de frequencia não-comum, ou rajadas de luz forem utilizadas, as fibras altamente direcionais são usadas, etc.), o alojamento não precisa ser à prova de luz, e é usado simplesmente para definir uma folga entre as extremidades distais dos guias de luz, tal como mostrado na Figura 5.

O comutador conforme descrito poderia ser posicionado dentro do ambiente perigoso, tal como adjacente (ou fixado no) um alojamento à prova de explosão contendo um dispositivo (por exemplo, um motor ou uma bomba no interior do alojamento à prova de explosão). A fonte de luz, e o detector de luz, utilizados pelo comutador podem estar localizados em um painel de comutação remota ou outro dispositivo remoto, e localizado separadamente se desejado. Alternativamente, a fonte e o detector podem estar localizados no interior do alojamento à prova de explosão, e os guias de luz a partir do comutador (dentro do ambiente perigoso) encaminhados para o interior do alojamento à prova de explosão através de um conector à prova de explosão (o interior de um recipiente à prova de explosão é considerado como estando distante do ambiente perigoso).

Vide a Figura 9, que mostra um interruptor de luz de ação de cotovelo, ótico, 1000, operando um acessório de luz 1002, localizado em um ambiente, e é ligado por fio 1004, através de um conduto à prova de explosão ou utilizando fio à prova de explosão, a um painel 1003 localizado fora do ambiente perigoso (a luz pode ser ligada por fios a um painel à prova de explosão no ambiente perigoso). O acessório de luz 1002 está em um alojamento à prova de explosão, porém o comutador ótico 1000 não é. As extremidades proximais dos guias de luz 1005 do comutador ótico estão localizadas no painel 1003 e conectadas à fonte de luz e ao detector de luz. O status do comutador é detectado no painel 1003, tal como através do uso de um circuito (um circuito adequado é mostrado na Figura 10), cujo circuito fornecerá energia ou removerá a energia do acessório de luz com base no status detectado do comutador. Desse modo, um operador localizado no ambiente perigoso pode desativar ou ativar o dispositivo elétrico no ou próximo do próprio dispositivo, em vez de em um painel de comutação remota ou ativação utilizando um alojamento à prova de explosão, dispendioso, para o comutador. A Figura 9 mostra também um comutador ótico de limite de carga 1010. Esse comutador ótico pode ser conectado ao painel 1003 utilizando guias de luz 1005 (não mostrado). Esse comutador de limite de carga é ativado por um braço de nível 1100 de uma válvula ou outro dispositivo que ativa ou desativa o comutador ótico de limite de carga 1010.

O circuito na Figura 10 mostra a fonte de luz (E97) e o detector de luz (D92) com as fibras óticas correspondentes conectadas a uma modalidade de flutuador do

comutador ótico. O circuito é projetado para ter o relé desenergizado quando a fibra ótica de retorno estiver no escuro, isto é, quando o detector falhar em detectar luz na fibra ótica de retorno. Se a luz for detectada, o relé é energizado, fechando o comutador 90, o qual é usado para conectar a energia ao acessório de luz localizado na região de risco.

Desse modo, os componentes acionados por energia do comutador ótico são eletricamente isolados do ambiente de risco, e a única energia presente dentro do ambiente de risco é o feixe de luz. Em um ambiente de risco, tal comutador ótico apresenta uma alternativa segura e econômica aos comutadores convencionais utilizando um contato elétrico no ambiente de risco que apresenta uma fonte potencial de centelha elétrica e ignição dentro do ambiente de risco.

REIVINDICAÇÕES

1. Comutador ótico flutuante caracterizado pelo fato de compreender um alojamento tendo um interior, o alojamento e os componentes do comutador no alojamento interior sendo flutuáveis em um fluido desejado, um primeiro e um segundo guia de luz, cada um tendo uma extremidade proximal e uma distal, as extremidades distais do primeiro e do segundo guia de luz sendo posicionadas no alojamento e as extremidades distais sendo separadas por uma folga dentro do interior, a extremidade proximal do primeiro guia de luz sendo conectável a uma fonte remota de luz a partir do alojamento, a extremidade proximal do segundo guia de luz sendo conectável a um detector remoto de luz a partir do alojamento, o comutador ótico flutuante tendo ainda um meio para modificar as características recebidas de um feixe de luz ("meio para modificar"), o meio para modificar sendo adaptado para ser móvel com relação a pelo menos uma das extremidades distais dos guias de luz entre uma primeira posição A e uma segunda posição B em resposta ao movimento do alojamento, onde as extremidades distais são alinhadas óticamente em pelo menos uma das posições A ou B, e onde o primeiro e o segundo guia de luz sendo acoplados ao alojamento e adaptado para curvar-se entre as extremidades distal e proximal com o movimento do alojamento.

2. Comutador ótico flutuante caracterizado pelo fato de compreender um alojamento, uma fonte de luz acionada por energia e um detector de luz acionado por energia, a fonte de luz e o detector de luz localizados distantes do alojamento, a fonte de luz conectada ao alojamento com um

primeiro guia de luz, o detector de luz conectado ao alojamento com um segundo guia de luz, o primeiro e o segundo guia de luz tendo extremidades distais posicionadas no alojamento e as extremidades distais sendo adjacentes
5 porém separadas por uma folga e um meio para modificar uma característica transmitida de um feixe de luz, o meio para modificar uma característica transmitida de um feixe de luz adaptado para ser móvel com relação a pelo menos uma das extremidades distais entre uma primeira posição A e uma
10 segunda posição B, as extremidades distais sendo oticamente alinhadas em pelo menos uma da primeira posição A ou segunda posição B, sendo o alojamento flutuável e o primeiro e o segundo guia de luz sendo posicionados para curvar-se entre as extremidades distal e proximal com o
15 movimento do alojamento.

3. Comutador ótico flutuante, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que as extremidades distais dos guias de luz estão localizadas em um conjunto separador posicionado no alojamento, o conjunto
20 separador tendo uma porção interior, o conjunto separador tendo ainda um meio para amortecer o meio para modificar.

4. Comutador ótico flutuante, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o meio para modificar modifica a amplitude, a frequência ou a
25 polarização de um feixe de luz.

5. Comutador ótico flutuante, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o meio para amortecer o meio para modificar, é um fluido localizado no interior do conjunto separador.

30 6. Comutador ótico flutuante, de acordo com a

reivindicação 5, caracterizado pelo fato do conjunto separador compreender uma ampola.

7. Comutador ótico flutuante, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o meio para
5 modificar é um fluido opaco posicionado no interior do conjunto separador.

8. Comutador ótico flutuante caracterizado pelo fato de compreender um alojamento tendo um interior, o alojamento e os componentes do comutador no alojamento
10 interior sendo flutuáveis em um fluido desejado, um primeiro e um segundo guia de luz, cada um tendo uma extremidade proximal e uma distal, uma fonte de luz acionada por energia e um detector de luz acionado por energia, a fonte de luz e o detector de luz localizados
15 distantes do alojamento, a fonte de luz conectada à extremidade proximal do primeiro guia de luz, o detector de luz conectado à extremidade proximal do segundo guia de luz, o primeiro e o segundo guia de luz tendo extremidades distais posicionadas no alojamento e uma das extremidades
20 distais sendo móvel entre uma primeira posição de alinhamento ótico com a segunda extremidade distal e uma segunda posição de alinhamento não-ótico com a segunda extremidade distal, em resposta ao movimento do alojamento e onde o primeiro e o segundo guia de luz são acoplados ao
25 alojamento e adaptados para curvarem-se entre as extremidades distal e proximal com o movimento do alojamento, o alojamento sendo flutuável em um fluido desejado.

9. Comutador ótico flutuante, de acordo com a
30 reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o meio para

modificar é um meio para modificar o alinhamento ótico das extremidades distais.

10. Comutador ótico flutuante, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de ter ainda um
5 cabo flexível acoplado ao alojamento, sendo que o primeiro e segundo guia de luz são parcialmente dispostos no cabo.

11. Comutador ótico flutuante, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ter ainda um
10 meio magnético interagindo fracamente com um material para retardar o movimento relativo do meio para modificar uma característica transmitida de um feixe de luz com relação pelo menos a uma das extremidades distais.

12. Comutador ótico flutuante, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de ainda
15 compreender uma inserção de palheta a qual possui uma aba superior, uma aba lateral e uma aba inferior, uma porção superior, e uma porção inferior, a porção superior da palheta sendo livre para curvar-se no interior do alojamento, as extremidades distais do primeiro e segundo
20 guia de luz sendo montadas na palheta.

13. Comutador ótico flutuante, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de compreender uma
bomba sendo ativada quando o meio para modificar está localizado em uma das posições A ou B, e desativada quando
25 o meio para modificar está na outra das posições A ou B.

14. Comutador ótico flutuante, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que as
extremidades distais adjacentes do primeiro e segundo guia de luz são paralelas.

30 15. Método para detectar o nível de um líquido em um

ambiente com tendência à explosão, perigoso, o método caracterizado pelo fato de compreender as etapas de empregar o comutador ótico flutuante, conforme definido na reivindicação 1 ou 2, em um ambiente com tendência à explosão, perigoso, e emitir uma luz a partir da fonte de luz localizada distante do ambiente com tendência à explosão, perigoso para transmissão pelo primeiro guia de luz, e examinar o segundo guia de luz com o receptor de luz em um local distante do ambiente com tendência à explosão, perigoso para a presença ou ausência de uma luz.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o ambiente de risco está dentro de uma estação de bombeamento ou tanque de tratamento.

17. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a fonte de luz emite luz em pulsos em intervalos periódicos e a etapa de examinar o segundo guia de luz com o receptor de luz é realizada para detectar na presença ou ausência de um número predeterminado de pulsos de luz por um intervalo de tempo predeterminado.

18. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a etapa de emitir luz a partir da fonte de luz é realizada mediante solicitação de um controlador.

19. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a etapa de examinar o segundo guia de luz com o receptor de luz é realizada mediante solicitação de um controlador.

COMUTADOR ÓTICO FLUTUANTE

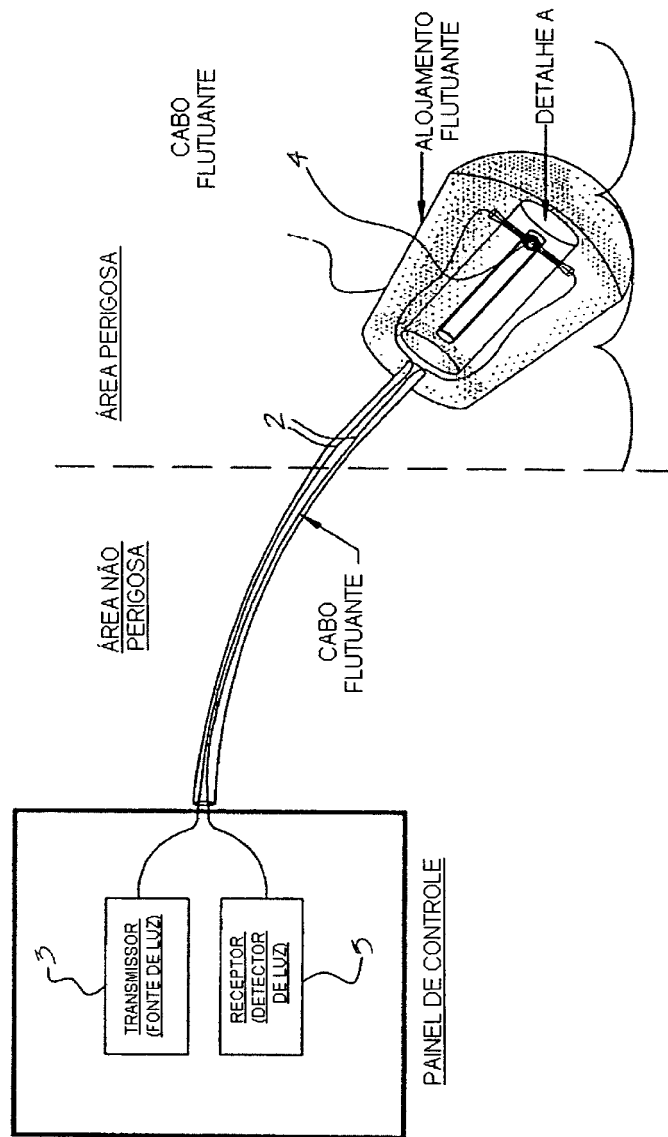


FIGURA 1

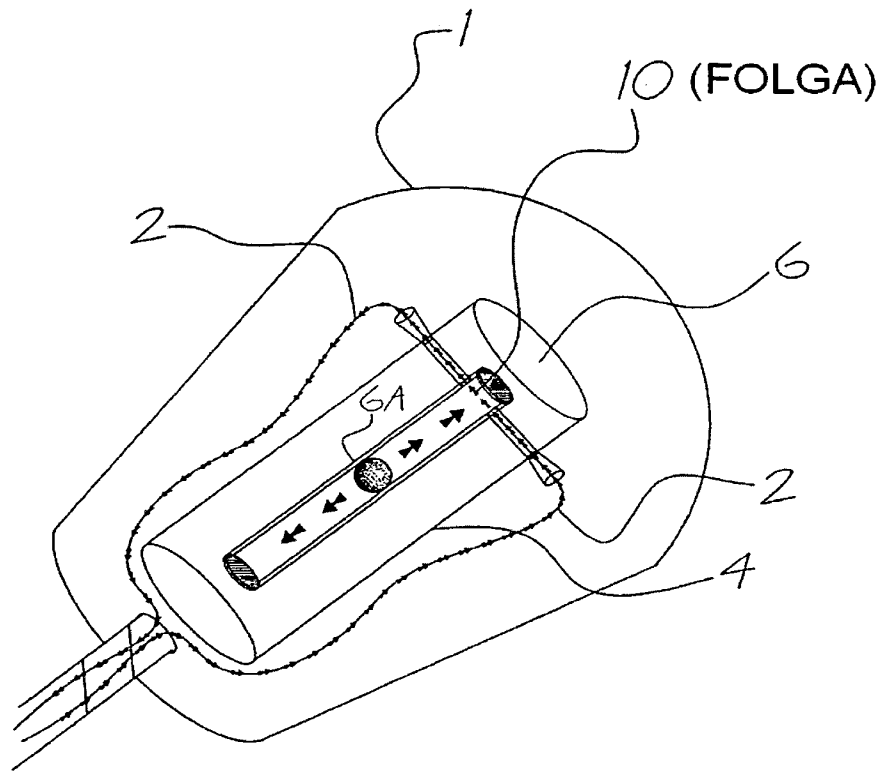


Figura 1
Detalhe A

COMUTADOR FLUTUANTE CONVENCIONAL

FLUXO DE CORRENTE
ELÉTRICA ATIVADA

FLUXO DE CORRENTE
DESATIVADA

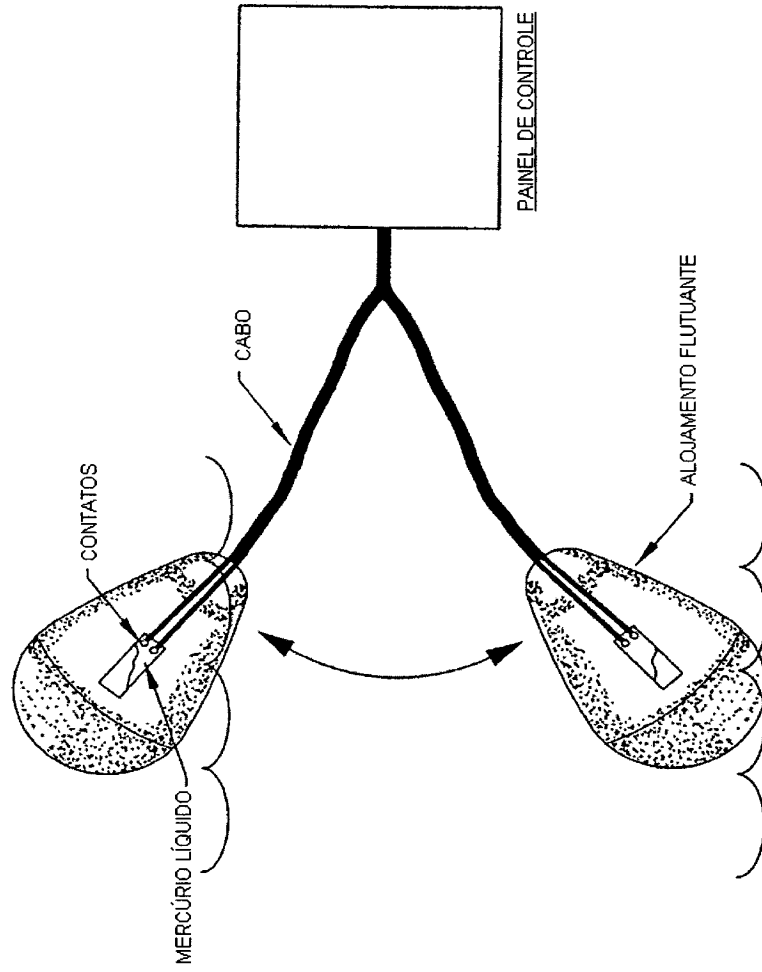


FIGURA 2

COMUTADOR ÓTICO FLUTUANTE

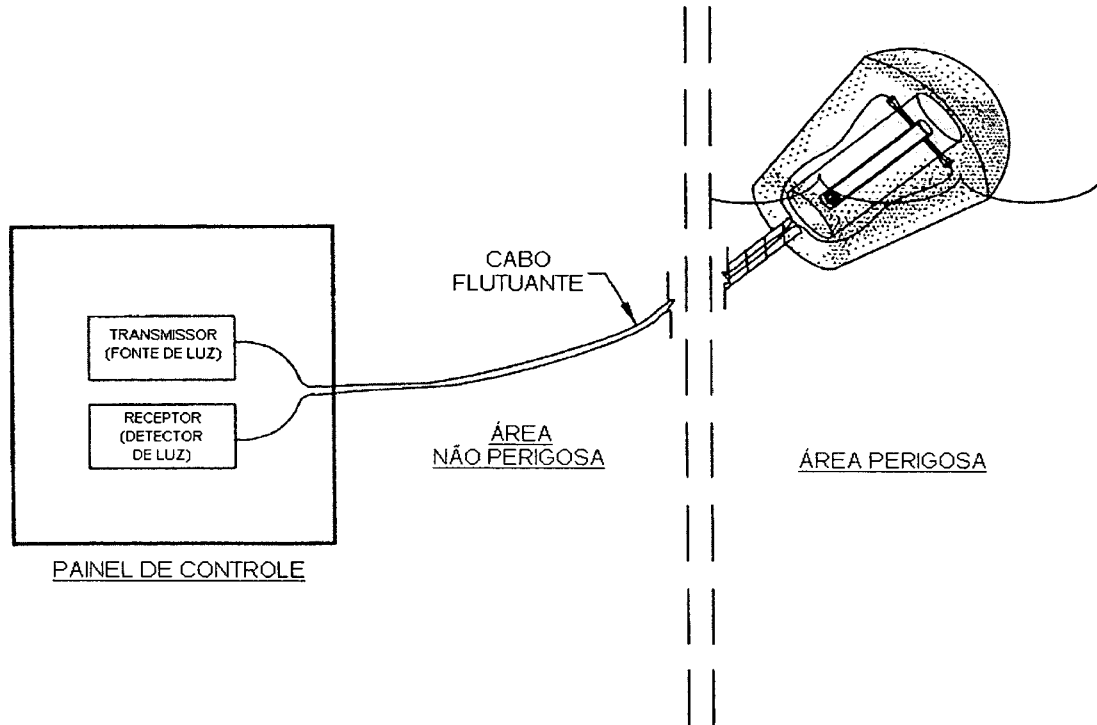


FIGURA 3

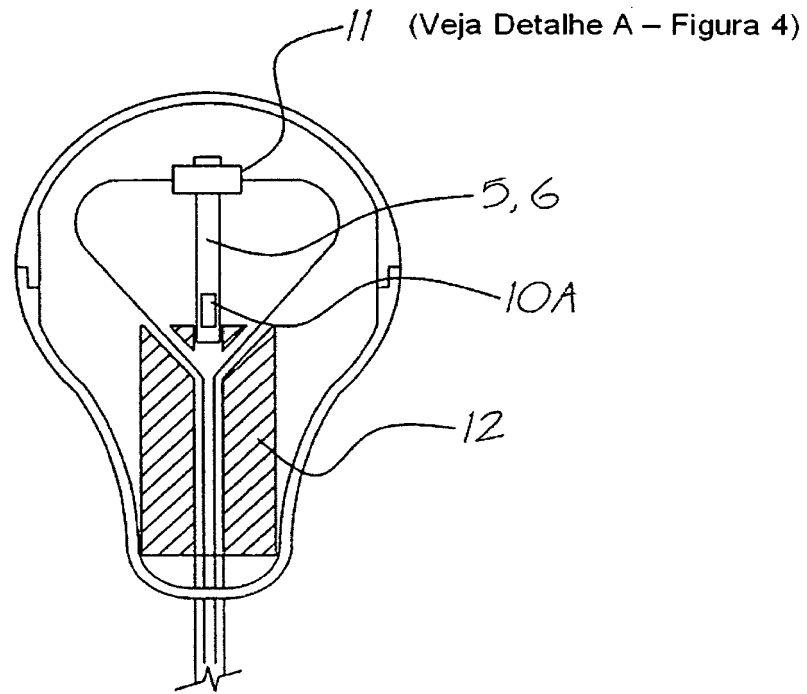


Figura 4

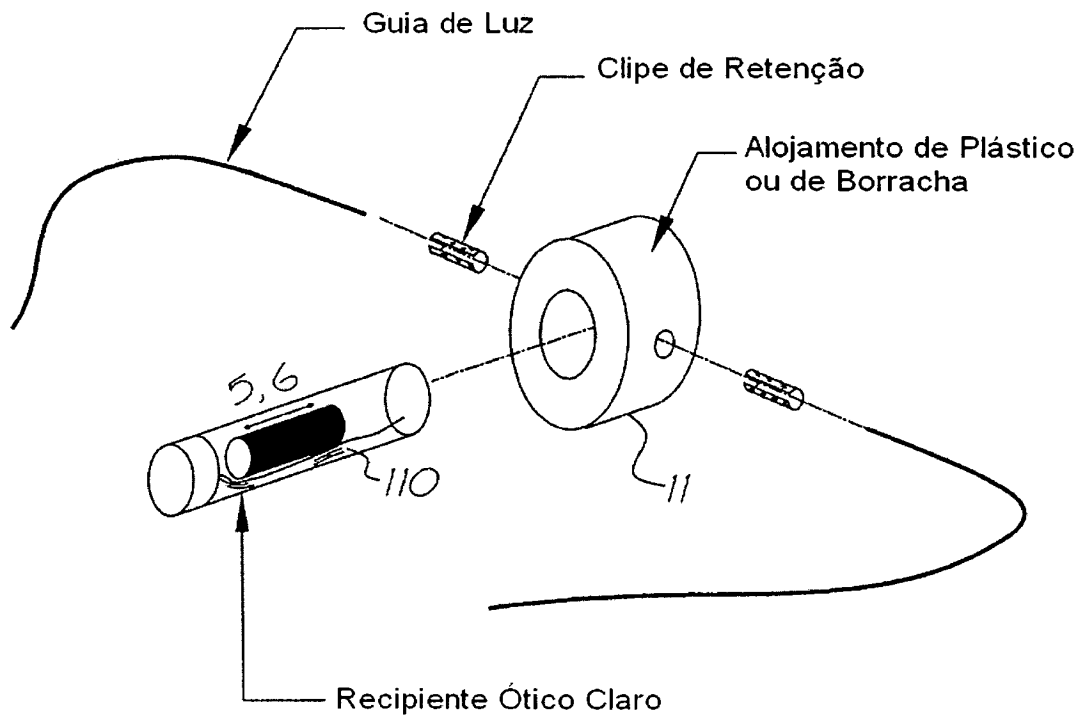


Figura 4
Detalhe A

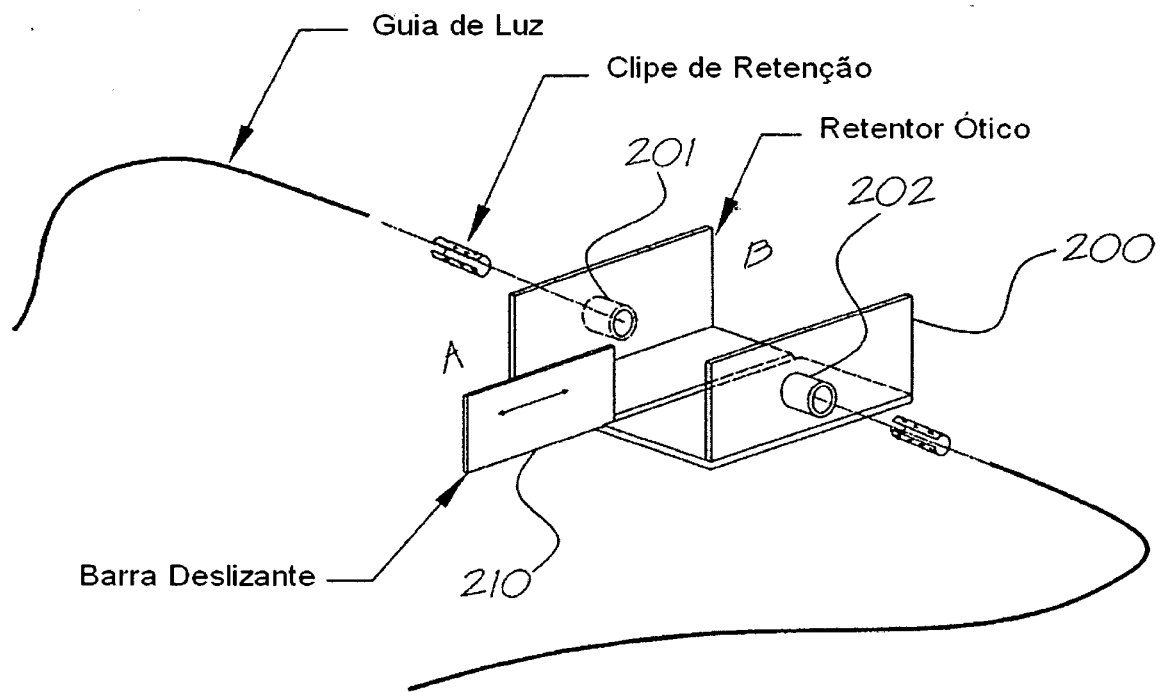


Figura 5

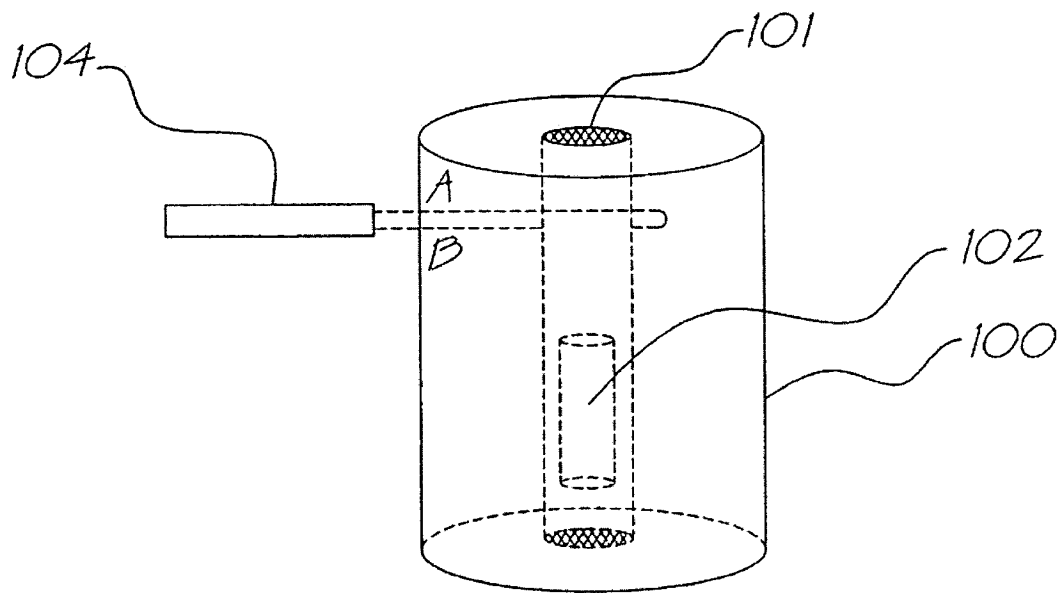


Figura 6

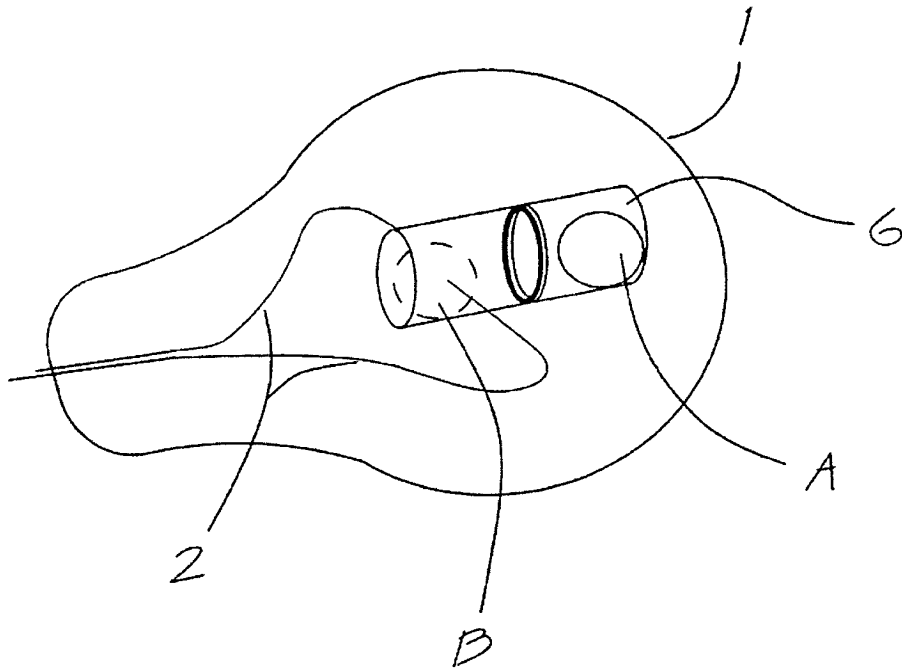


Figura 7

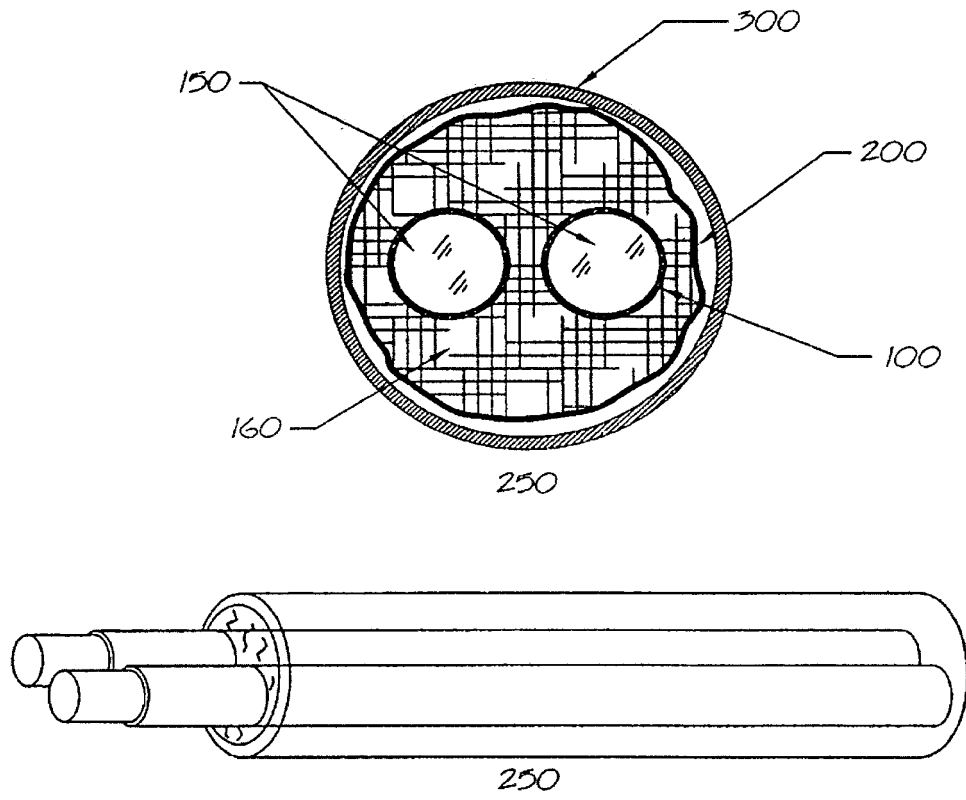


Figura 8

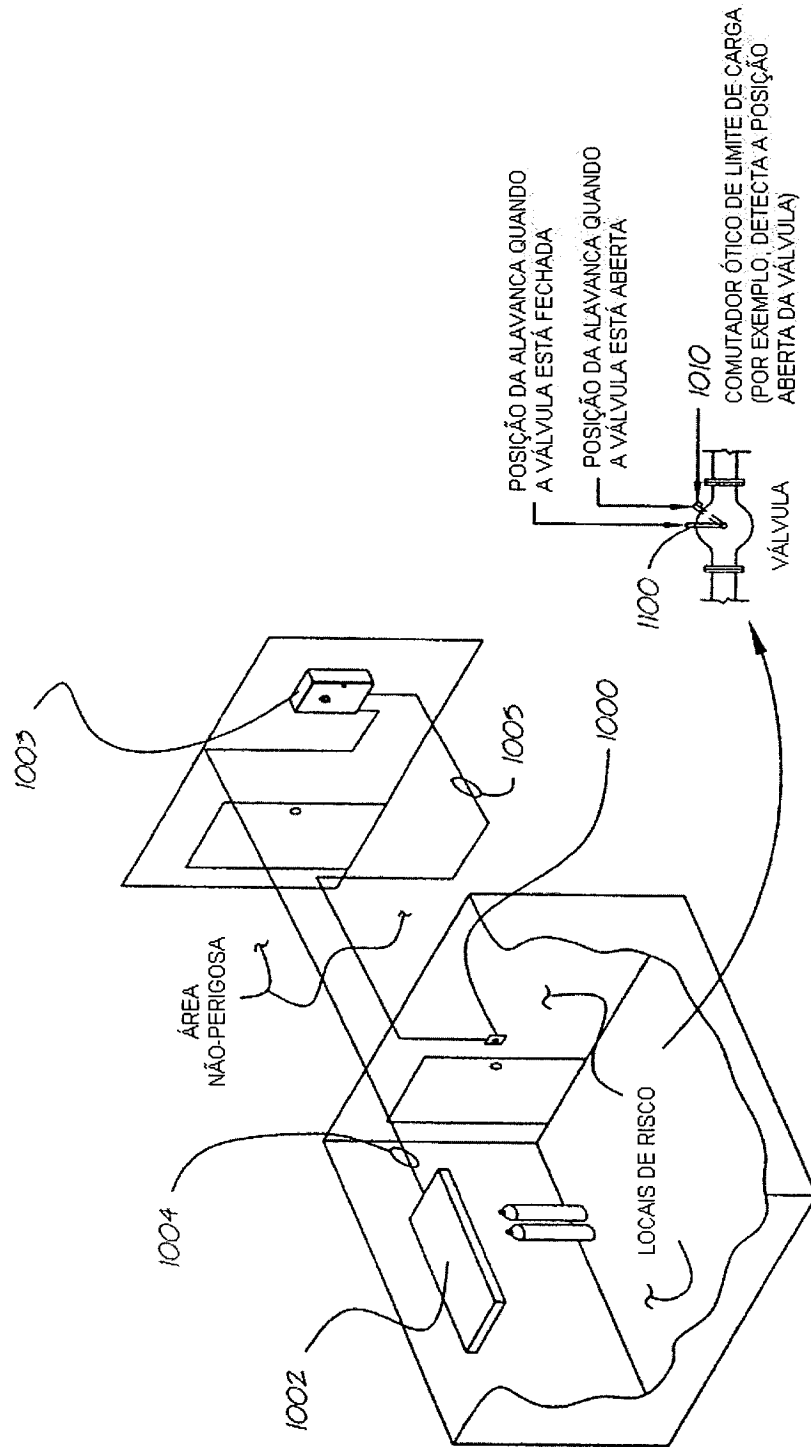


Figura 9

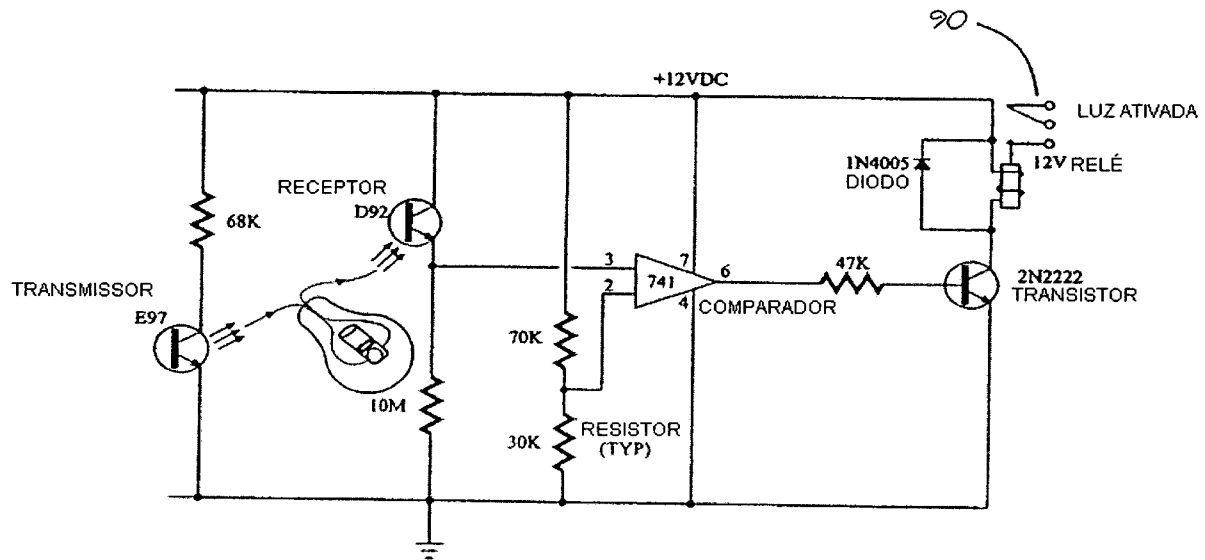


Figura 10

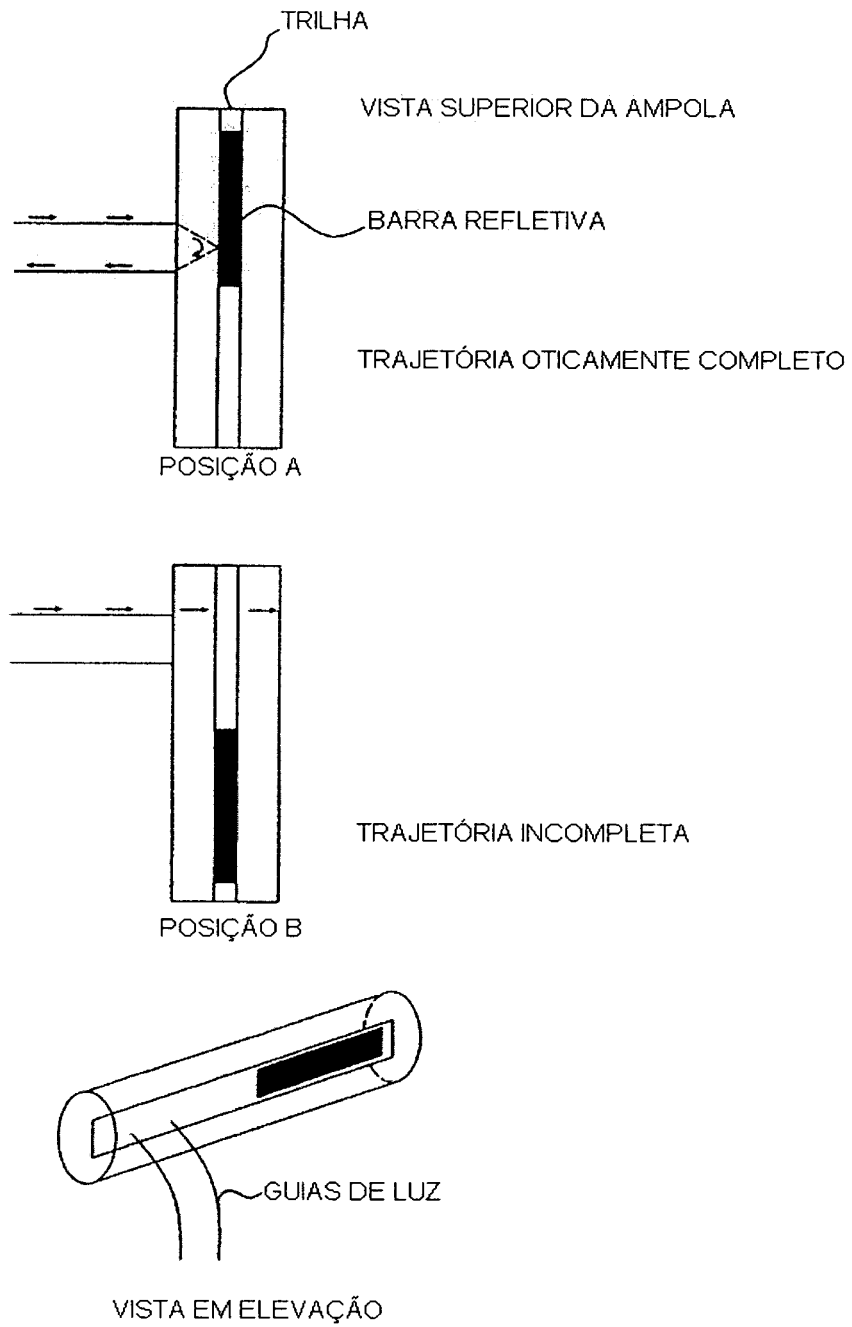


Figura 11

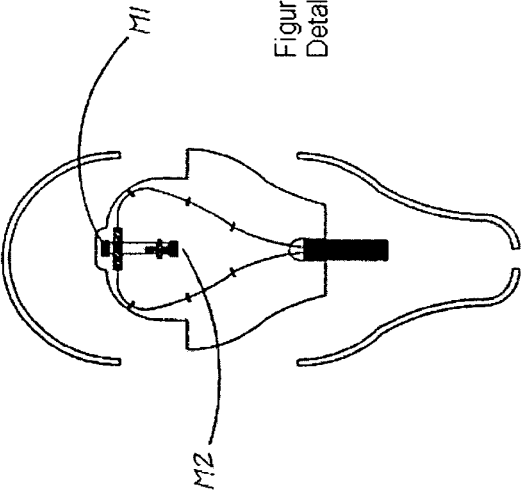


Figura 12
Detalhe A

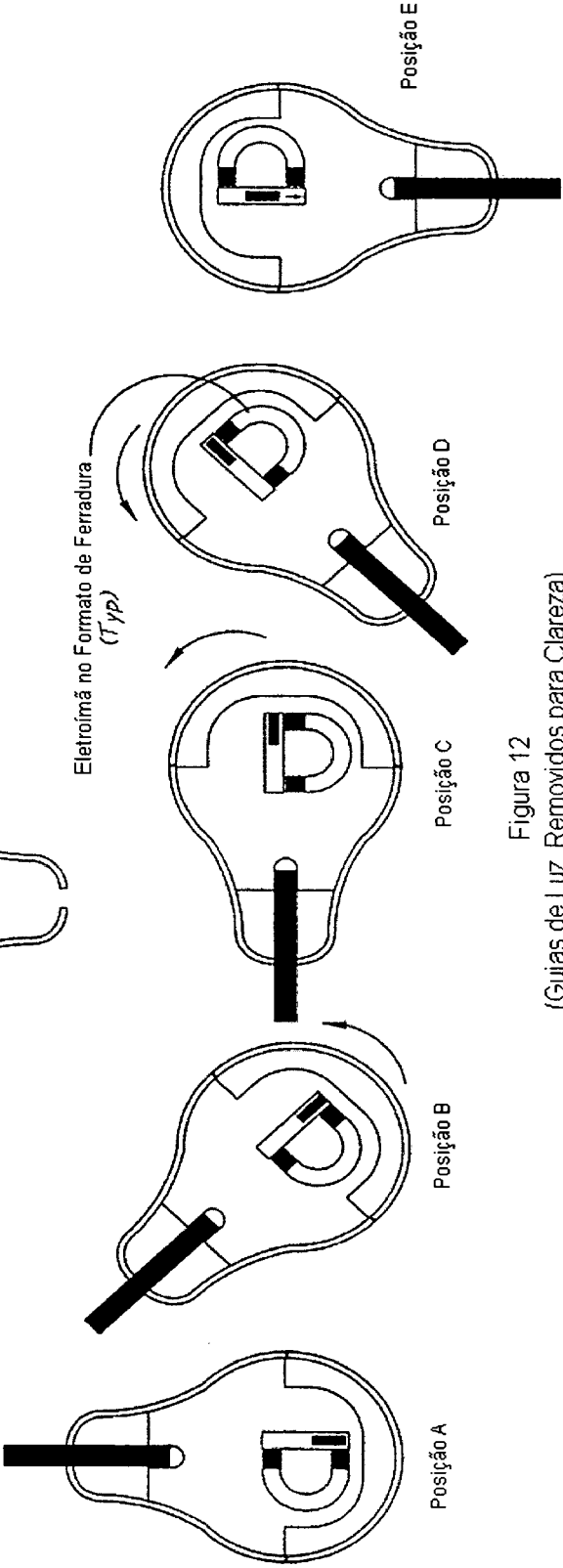


Figura 12
(Guias de Luz, Removidos para Clareza)

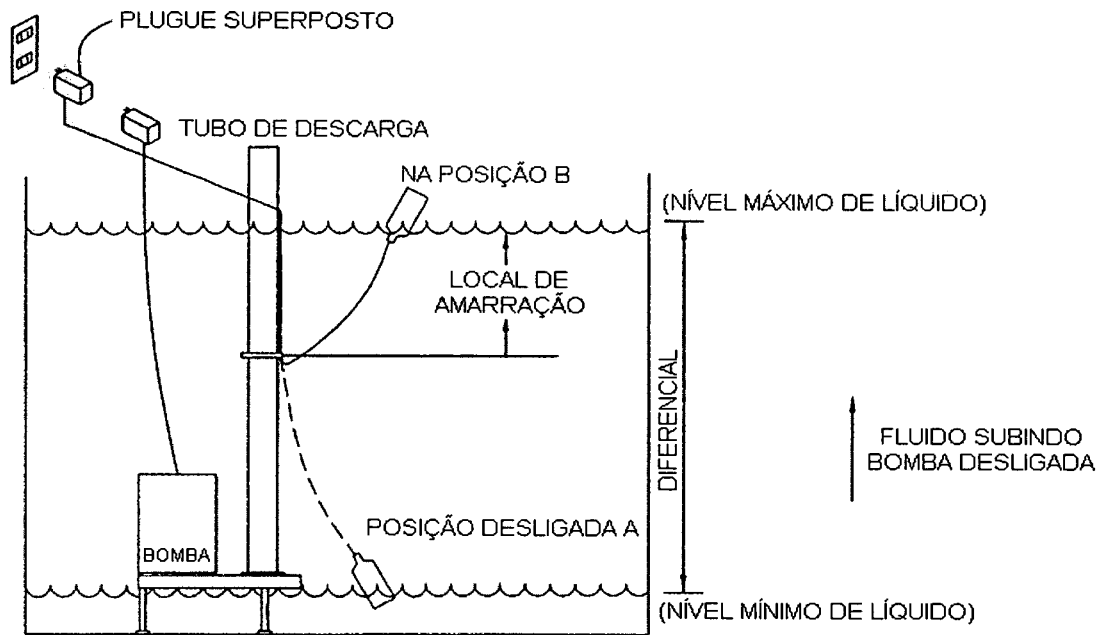


FIGURA 13A

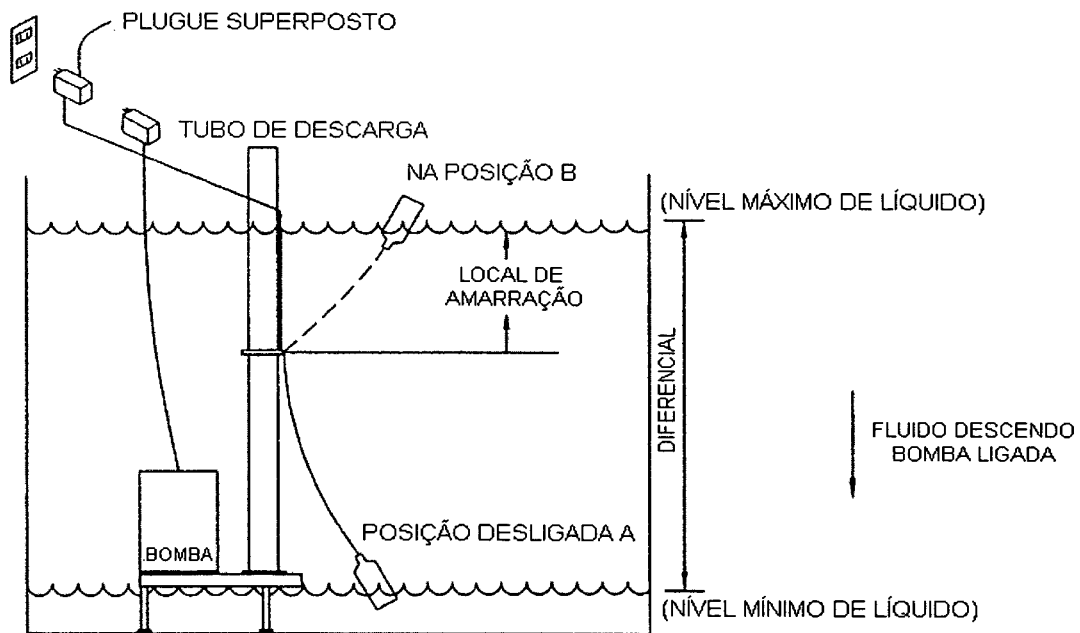


FIGURA 13B

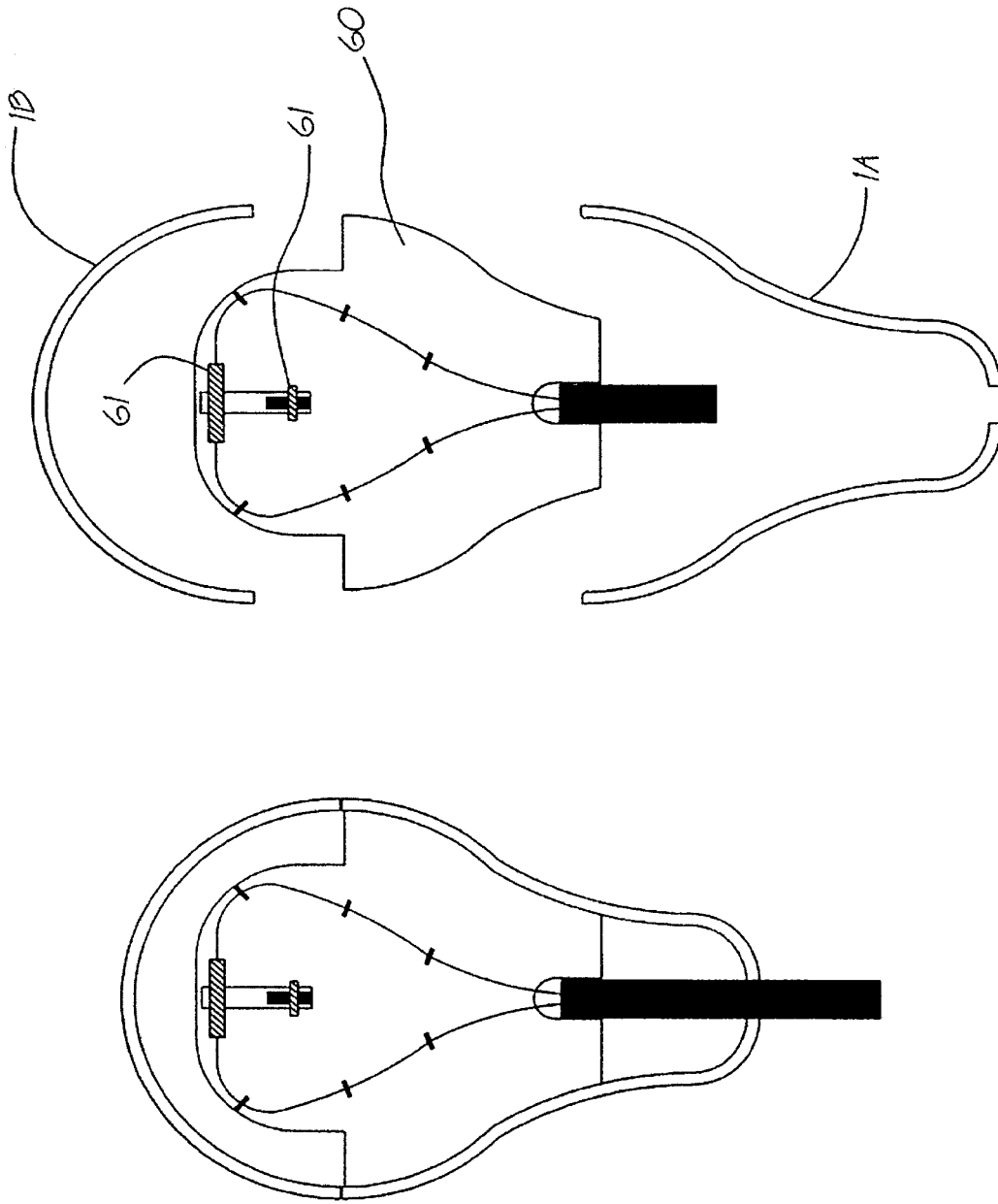


Figura 14

RESUMO**COMUTADOR ÓTICO**

Um comutador ótico tendo um alojamento [1], uma fonte de luz [3] e um detector de luz [5]. A fonte de luz [3] e o detector de luz [5] estão localizados distantes do alojamento. A fonte de luz [3] é conectada ao alojamento com um primeiro guia de luz [2], e o detector de luz [5] é conectado ao alojamento com um segundo guia de luz [2]. O primeiro e o segundo cabo de guia de luz têm extremidades distais posicionadas através do alojamento e são alinhados óticamente, mas separadamente por uma folga. O comutador inclui um dispositivo para interromper o feixe de luz.