



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

(21) PI0617505-8 A2



(22) Data de Depósito: 19/10/2006  
(43) Data da Publicação: 26/07/2011  
(RPI 2116)

(51) Int.CI.:  
B63G 8/08 2006.01  
B63H 11/16 2006.01

(54) Título: VEÍCULO SUBMERGÍVEL, MÉTODO PARA OPERAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, USO DE UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, MÉTODO PARA ATRACAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, E, MÉTODO PARA MANOBRAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL

(30) Prioridade Unionista: 19/10/2005 GB 0521292.3

(73) Titular(es): Go Science Limited

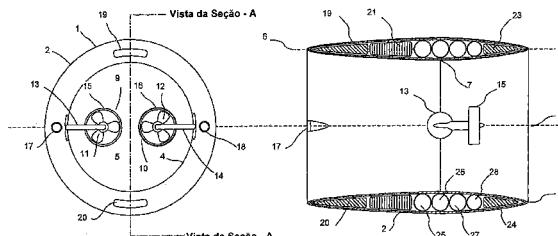
(72) Inventor(es): Harry george Dennis Gosling

(74) Procurador(es): Momsen, Leonards & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT GB2006003901 de 19/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/045887 de 26/04/2007

(57) Resumo: VEÍCULO SUBMERGÍVEL, MÉTODO PARA OPERAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, USO DE UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, MÉTODO PARA ATRACAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, E, MÉTODO PARA MANOBRAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL. Um veículo submersível tendo um casco externo o qual define um eixo de casco e se mostra substancialmente em coroa circular quando visto ao longo do eixo do casco, o interior da coroa circular definindo um duto o qual é aberto em ambas as extremidades de forma que quando o veículo é submerso em um líquido, o líquido inunda o duto. O veículo, incluindo adicionalmente dispositivos para rolar o veículo sobre o eixo do casco. Um sistema de controle de flutuação pode ser provido, e o casco externo pode ser varrido em relação ao eixo do casco. Vários métodos de manobra e uso do veículo são descritos.



“VEÍCULO SUBMERGÍVEL, MÉTODO PARA OPERAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, USO DE UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, MÉTODO PARA ATRACAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, E, MÉTODO PARA MANOBRAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL”

5 A presente invenção se refere a um veículo submersível; e a métodos de operação, atracando e manobrando tal veículo. Deveria ser notado que nessa especificação o termo “submersível” é pretendido para cobrir veículos de superfície os quais são apenas parcialmente submersos, quando em uso, assim como os veículos os quais são completamente submersos em  
10 água (ou qualquer outro líquido) quando em uso. A invenção também se refere a um planador de brinquedo submersível.

Um veículo subaquático de passagem interna é descrito em US 5438947. O veículo tem hélices montadas na passagem, e um leme para controlar a direção de andamento do veículo. O veículo é projetado com uma  
15 baixa relação de aspecto para habilitar o veículo a viajar em alta velocidade.

Um primeiro aspecto da presente invenção provê um veículo submersível tendo um casco externo que define um eixo de casco e parece substancialmente coroa circular quando visto ao longo do eixo do casco, o interior da coroa circular definindo um duto o qual é aberto em ambas as extremidades, de forma que, quando o veículo é submerso em um líquido, o líquido inunda o duto. O veículo incluindo adicionalmente dispositivos para rolar o veículo sobre o duto.

Quando em uso, o veículo pode ser rolado sobre o duto através de menos que uma revolução, ou através de uma pluralidade de revoluções. O  
25 veículo pode rolar simetricamente sobre o eixo do casco, ou pode rolar sobre o duto, de uma maneira excêntrica, particularmente se o centro de gravidade for compensado a partir do eixo do casco.

Convencionalmente, uma forma substancialmente em coroa circular tem sido considerada indesejável porque ela resulta em um veículo

que pode ser instável em rolamento (isto é, rotação sobre o duto). Entretanto, o inventor reconheceu que essa propriedade não atua necessariamente em detrimento de muitas aplicações (envolvendo particularmente veículos autônomos ou não manejados) e pode ser explorado desde que rolamento gere momento angular e ofereça maior estabilidade como uma consequência. Além do mais, rolamento de veículo pode ser combinado com correntes de oceano prevalecendo para gerar forças maiores, as quais servem para reduzir deriva lateral para fora do eixo do veículo, em troca de aumentos no levantamento hidrodinâmico ou no empuxo para baixo, como corresponderia aos vetores da corrente oceânica e rolamento do veículo. Tais reduções na deriva lateral podem ser valiosas onde a navegação precisa do veículo entre dois ou mais pontos são exigidas. Também, o rolamento do veículo pode ser utilizado para alcançar duas varreduras dimensionais de um sensor, onde rolamento contínuo em combinação com movimento linear ao longo do eixo do veículo é utilizado por um dispositivo de sensor para capturar informação a partir de um campo de visão projetado retangular. A largura do campo de visão retangular é determinada pela magnitude do setor no qual o sensor captura informação; e o comprimento do campo de visão retangular é determinado pelo comprimento do trajeto axial do veículo. Tipicamente, o setor subentenderia um ângulo menor do que 180°, mas em uma extensão desse método o sensor do dispositivo do sensor pode capturar informação além de 180° e até 360°. Nesse caso, o campo de visão projetado será continuo em torno de dois planos dimensionais subentendidos pelo movimento de rolamento do veículo. Em tal exemplo, o dispositivo de sensor captura dados de uma maneira síncrona em relação à sua atitude angular, de forma que linhas sucessivas podem ser formadas com registro preciso entre elas. Em uma configuração preferida, extensão sintética da abertura do sensor em duas dimensões é alcançada pelo processamento adequado de dados do sensor. Neste exemplo particular, um dos fatores de limitação no desempenho no

processamento de abertura sintética é perda de resolução devido à imprecisão entre posição de veículo atual e estimada através do período de captura de dados. Como consequência, tais sistemas têm introduzido equipamento de navegação inercial para aumentar a precisão pelo qual a posição e atitude do veículo podem ser estimadas. Configurações preferidas da invenção, entretanto, adotam, ao invés, um projeto mais elegante e menos dispendioso que aumenta a estabilidade básica do veículo, aumentando seu momento angular e, portanto, reduzindo a extensão da deriva tanto na posição do veículo ou na atitude sem recurso para correção complexa ou algoritmo de estimação. Portanto, nas configurações preferidas descritas abaixo, vários dispositivos são providos para controlar o rolamento do veículo sobre o duto e outros elementos de controle de atitude.

Os dispositivos para rolamento do veículo sobre o duto podem ser, por exemplo, um sistema de propulsão (tal como um sistema de propulsão de vetor de empuxo gêmeo); uma ou mais superfícies de controlo tais como barbatanas; um sistema de controle inercial; ou um sistema de controle de flutuação o qual é movido para porto ou estibordo em volta do casco sob controle do motor.

Um segundo aspecto da invenção provê um veículo submersível tendo um casco externo que define um eixo de casco e parece substancialmente coroa circular quando visto ao longo do eixo do casco, o interior da coroa circular definindo um duto o qual é aberto em ambas as extremidades, de forma que, quando o veículo é submerso em um líquido, o líquido inunda o duto. O veículo incluindo adicionalmente um sistema de controle de flutuação.

Um terceiro aspecto da invenção provê um veículo submersível tendo um casco externo que define um eixo de casco e parece substancialmente coroa circular quando visto ao longo do eixo do casco, o interior da coroa circular definindo um duto o qual é aberto em ambas as

extremidades, de forma que, quando o veículo é submerso em um líquido, o líquido inunda o duto em que pelo menos parte do casco externo é varrida em relação ao eixo do casco.

Um quarto aspecto da invenção provê um veículo submersível 5 tendo um casco externo que define um eixo de casco e parece substancialmente coroa circular quando visto ao longo do eixo do casco, o interior da coroa circular definindo um duto o qual é aberto em ambas as extremidades, de forma que, quando o veículo é submerso em um líquido, o líquido inunda o duto, em que o casco tem uma área projetada  $S$ , e um 10 diâmetro externo máximo  $B$  normal para o eixo do casco, e em que a razão  $B^2/S$  seja maior que 0.5.

O relativamente grande diâmetro do casco habilita uma ordem de dois ou mais sensores para serem bem espaçados separados no casco, provendo uma grande linha de base do sensor. Dessa maneira a efetiva 15 acuidade da ordem do sensor aumenta na proporção do comprimento da linha de base do sensor. Também, a relativamente alta razão  $B^2/S$  dá uma razão alta do levantamento sobre resistência ao avanço, habilitando o veículo para ser operado eficientemente como um planador.

Um quinto aspecto da invenção provê um veículo submersível 20 tendo um casco externo que define um eixo de casco e parece substancialmente coroa circular quando visto ao longo do eixo do casco, o interior da coroa circular definindo um duto o qual é aberto em ambas as extremidades, de forma que, quando o veículo é submerso em um líquido, o líquido inunda o duto.

Um sexto aspecto da invenção provê um sistema de propulsão 25 para um veículo submersível. O sistema de propulsão incluindo duas ou mais montagens de acionamento montadas axi-simétricas alojadas em um jaqueta flexível substancialmente em coroa circular.

Um sétimo aspecto da invenção prove um método para operar

um veículo submersível tendo duas ou mais montagens de acionamento montadas axi-simetricamente, o método incluindo alternar as montagens de acionamento axi-simetricamente de forma a impelir o veículo através de um líquido.

5                   Um oitavo aspecto da invenção provê um veículo submersível tendo um casco externo que define um eixo de casco e parece substancialmente coroa circular quando visto ao longo do eixo do casco, o interior da coroa circular definindo um duto o qual é aberto em ambas as extremidades, de forma que, quando o veículo é submersido em um líquido, o líquido inunda o duto; e um sistema de propulsão de empuxo gêmeo, incluindo um ou mais pares de dispositivos de propulsão, cada par incluindo um primeiro dispositivo montado em pivô em um primeiro lado do eixo do casco, e um segundo dispositivo de propulsão montado em pivô em um segundo lado do eixo de casco oposto ao primeiro dispositivo de propulsão.

10                  Tipicamente, cada dispositivo de propulsão gera um vetor de empuxo o qual pode ser variado, independentemente do outro dispositivo de propulsão, através do giro do pivô do dispositivo. Tipicamente, cada dispositivo é montado de forma que possa girar sobre um eixo em um ângulo, (preferivelmente de 90°) para o eixo do casco. Os dispositivos de propulsão 15 podem ser, por exemplo, hélices giratórias ou barbatanas alternantes. Os dispositivos de propulsão podem estar dentro do duto, ou fora do duto, mas, em conformidade com o eixo externo.

20                  Um nono aspecto da invenção provê um planador de brinquedo submersível tendo um casco externo que define um eixo de casco e parece substancialmente coroa circular quando visto ao longo do eixo do casco, o interior da coroa circular definindo um duto o qual é aberto em ambas as extremidades, de forma que, quando o planador de brinquedo é submersido em um líquido, o líquido inunda o duto.

25                  Os seguintes comentários se aplicam a todos os aspectos da

invenção.

Em configurações preferidas da invenção, o duto provê uma área de seção transversal da proa baixa para reduzir a resistência ao avanço, enquanto redução adicional de resistência ao avanço é assegurada pela 5 redução de vórtices de esteira induzidos, que poderiam de outra maneira ser mais significativos quando induzidos por uma asa de planar convencional, ou, arranjo de estabilizador de leme horizontal. As paredes do duto são preferivelmente moldadas de forma a gerar levantamento hidrodinâmico de 10 uma maneira eficiente, a qual pode ser usada para ajudar o movimento do veículo através do líquido.

Uma vantagem adicional do duto é que a superestrutura (tal como os dispositivos de propulsão) pode ser mais seguramente alojada no duto, habilitando o casco externo para apresentar uma superfície externa adaptada relativamente lisa, a qual serve para reduzir o risco de dano ou perda 15 através de impacto ou complicações com outros objetos submersos.

Configurações da invenção provêm um perfil substancialmente em coroa circular com aumento da rigidez da estrutura do veículo comparado a outros baseados em asas planares convencionais. Essa vantagem pode ser concretizada tanto na redução de custo para um veículo com parâmetros 20 hidrodinâmicos semelhantes, ou na capacidade de mergulho mais fundo, onde tanto o casco em coroa circular ou recipientes de pressão toroidal contidos no casco irão prover melhor resiliência a tensões de cambamento.

O duto pode ser completamente fechado ao longo de todo ou parte de seu comprimento, ou parcialmente aberto com uma abertura ao longo 25 de seu comprimento. O duto pode também incluir aberturas ou portas para ajudar ou modificar seu desempenho hidrodinâmico sob algumas condições de desempenho.

Varias configurações da invenção serão descritas agora na forma de exemplo com referência aos desenhos anexados, nos quais:

Figura 1a é uma visão frontal de um primeiro veículo impelido com suas hélices em uma primeira configuração;

Figura 1b é uma seção transversal do veículo, tomada ao longo do eixo do casco e ao longo da linha A-A na Figura 1;

5 Figura 2; e uma visão frontal do veículo com suas hélices em uma segunda configuração;

Figura 2b é uma seção transversal do veículo tomada ao longo da linha A-A na Figura 2a;

10 Figura 3a é uma visão traseira de um segundo veículo com hélices;

Figura 3b é uma seção transversal do veículo tomada ao longo de uma linha A-A na Figura 3a;

Figura 4a é uma visão traseira de um terceiro veículo com hélices;

15 Figura 4b é uma seção transversal do terceiro veículo com hélice, tomada ao longo de uma linha A-A na Figura 4a;

Figura 4c é uma seção transversal do veículo tomada ao longo de uma linha B-B na Figura 4a;

20 Figura 5a é uma visão frontal de um primeiro veículo planador;

Figura 5b é uma visão lateral de um primeiro veículo planador;

Figura 5c é uma visão plana do primeiro veículo planador;

25 Figura 5d é uma visão lateral de outro planador onde palhetas do mesmo tipo são incluídas dentro das aberturas sobre as elevações dos anéis;

Figura 6 a é uma visão em perspectiva de um recipiente de pressão alternativo;

Figura 6b é uma visão lateral de um recipiente de pressão alternativo;

Figura 7 é uma visão em perspectiva de um sistema de controle de atitude alternativo;

Figura 8 é uma visão frontal de um quarto veículo com hélices em uso;

5 Figura 9a é uma seção transversal do primeiro veículo com hélices tomada ao longo da linha A-A na Figura 1, no processo de atracamento;

Figura 9b mostra o veículo depois do atracamento;

10 Figura 9c é uma visão ampliada mostrando um sistema de recarga elétrica indutivo;

Figura 10 é uma seção transversal mostrando uma alternativa da estrutura de atracamento;

Figura 11 é uma visão esquemática de um veículo rebocado amarrado com uma estrutura de atracamento alternativa adicional;

15 Figura 12a é uma visão frontal de um veículo planador;

Figura 12 b é uma visão lateral do veículo;

Figura 12 c é uma visão plana do veículo;

Figura 13a é uma visão frontal do quarto veículo com hélices;

Figura 13b é uma visão lateral do veículo;

20 Figura 14a é uma visão frontal de um segundo veículo rebocado amarrado;

Figura 14b é uma visão lateral do veículo;

Figura 15a é uma visão axial de um sistema de controle de flutuação toroidal;

25 Figura 15b é uma visão axial de um sistema de controle de flutuação helicoidal;

Figura 15c é uma visão lateral do sistema da Figura 15 b; e

Figura 15d é uma visão lateral seccional de um sistema de controle de flutuação adicional.

Com referencia às Figuras 1a e 1b, um veículo submersível 1 tem um casco externo 2 o qual é evoluído a partir de um perfil de hidrofólio de fluxo laminar (mostrado na Figura 1b) como um corpo de revolução ao redor de um eixo de casco 3. Portanto, o casco externo 2 parece coroa circular quando visto ao longo do eixo de casco como mostrado na Figura 1a. Uma parede interna 4 da coroa circular define um duto 5 o qual é aberto para a proa e popa de forma que quando o veículo é submersido em água ou qualquer outro líquido, a água inunda o duto e flui através do duto conforme o veículo se move pela água, gerando levantamento hidrodinâmico.

Como mostrado na Figura 1b, o perfil de hidrofólio afila-se para fora a partir de uma extremidade de proa estreita 6 para um ponto mais largo 7, em seguida afila-se para dentro mais rapidamente para uma extremidade da popa 8. Nesta configuração particular, o ponto mais largo 7 é posicionado aproximadamente a dois terços de distância da distância entre a proa e a extremidade da popa. A seção de hidrofólio particular pode ser modificada em variantes deste e de outros veículos de forma a modificar os coeficientes de momento de levantamento, resistência ao avanço e afastamento de acordo com uma margem particular de regimes de fluxo como determinado pela margem apropriada de números Reynolds que podem ser validos dentro de uma variedade de aplicações.

Um par de propulsores 9, 10 é simetricamente montado nos lados opostos do eixo do casco. Os propulsores incluem hélices 11, 12 as quais são montadas em eixos de suporte em forma de L, 13,14 os quais em troca são montados para o casco alinhados com o ponto mais largo 7 como mostrado na Figura 1b. As hélices são montadas em ovéns, 15, 16 de maneira que sua eficiência é aumentada. Cada eixo em forma de L é montado em pivô no casco de forma que possa ser girado em 360 graus referente ao casco sobre um eixo paralelo ao eixo de afastamento do veículo, provendo, portanto, propulsão de vetor de empuxo. Ambos o ovém e o eixo em forma de L têm

uma seção de hidrofólio usando uma razão entre comprimento e altura de corda semelhante àquela descrita para o casco externo. Assim, por exemplo, os propulsores 8, 9 podem ser girados entre a configuração co-direcionada mostrada nas Figuras 1<sup>a</sup> e 1b, na qual ela provê uma força de empuxo para impelir o veículo para frente e ao longo do eixo do casco, para a configuração direcionada contra, mostrada nas Figuras 2 a e 2b, nas quais elas determinam que o veículo role continuamente ao redor do eixo do casco. Setas V na Figura 2 a ilustram movimento do veículo, e setas L na Figura 2 a ilustram fluxo de líquido. Segue, portanto, que esta configuração particular usa quatro motores dentro do sistema de propulsão: dois motores elétricos DC sem escova para acionar as hélices, e dois motores elétricos DC para acionar os eixos de suporte em forma de L, sobre os quais os motores das hélices são montados onde um mecanismo de redução de uma transmissão à engrenagem helicoidal mecânica é usado para transferir acionamento e cargas entre o motor e os eixos em forma de L. Tipos de motor alternativos tais como motores escalonados podem ser usados para o esquema posterior, desde que as cargas operacionais sejam consistentes com a capacidade dos motores.

Para prover para um mínimo de afastamento de volta aberta ou estabilidade de guinada, o centro de gravidade do veículo (CofG) está localizado na frente do centro de pressão hidrodinâmica, onde uma maior estabilidade é alcançada por maior separação entre esses centros. Entretanto, a localização precisa não é crítica, uma vez que a estabilidade adicional pode ser provida por um sistema de controle de atitude de volta fechada (não mostrado) que pode ser combinado com o sistema de propulsão do veículo. Em tais circunstâncias estabilidade pode ser sacrificada para agilidade pela operação do veículo com sua CofG no centro ou além do centro de pressão hidrodinâmica. De forma semelhante, a posição dos propulsores pode ser ajustada tanto para frente em direção à proa, ou para trás em direção à popa, em que a dinâmica do veículo pode ser adequadamente ajustada.

Tal um sistema de controle de atitude inclui (i) um dispositivo que mede aceleração linear em três eixos ortogonais; e (ii) um dispositivo que mede aceleração angular em três eixos ortogonais; e (iii) um dispositivo que mede orientação em dois ou três eixos ortogonais; e (iv) um dispositivo que combina os sinais a partir desses dispositivos e calcula sinais de demanda que estimulam o sistema de propulsão acima mencionado, de acordo com o movimento dinâmico do veículo particular ou estabilidade desejada naquele momento. O dispositivo de orientação pode incluir um sensor de gravidade, ou um sensor que detecta o vetor do campo magnético da terra, ou ambos. O veículo pode incluir também um sistema de navegação que estima a posição do veículo em qualquer momento particular com relação a alguma posição de referência inicial. Uma configuração preferida de tal sistema de navegação inclui um dispositivo processador que opera com dados providos por um sistema de controle de atitude descrito acima e também em outros dados opcionais onde sensores específicos que fornecem tais dados podem também ser incluídos no veículo para propósitos de navegação. Tais sensores podem incluir (i) um dispositivo recebedor do Satélite de Posicionamento Geoestacionário – (Geostationary Positioning Satellite) (GPS), e (ii) um ou mais transpondores acústicos ou dispositivos de comunicação. O dispositivo de GPS é usado para derivar uma estimativa da posição do veículo em latitude, longitude e elevação quando na superfície. O transpondor acústico ou dispositivo de comunicações transmite e recebe sinais acústicos a fim de estabelecer sua posição relativa a um ou mais transpondores correspondentes ou dispositivos de comunicação localizados dentro do meio líquido local. Em uma configuração preferida o dispositivo de processamento inclui um algoritmo específico descrito como um filtro kalman que estima a posição relativa ou absoluta do veículo baseado nos dados variáveis providos a partir dos dispositivos dos sistemas de navegação e controle de atitude.

Nesta configuração particular o veículo é projetado com um

pequeno grau de flutuação positiva. O centro da flutuação (CofB) pode ser posicionado em qualquer parte entre um mínimo onde o CofB se estende coincidente com o centro de gravidade, e um máximo onde o CofB se estende dentro do volume de um cone invertido sobre o CofG, e onde o ápice do cone 5 junta o CofG e onde a base do cone é subtendido pela parte superior do casco em coroa circular.

Em uma configuração particular o cone é inclinado tal que nenhuma parte do seu volume se estende atrás do plano vertical que bifurca o eixo do veículo e coincide com o CofG. Quando o CofB se estende dentro 10 deste cone e é separado do CofG, o veículo adotará um afastamento positivo sob condições estáticas e portanto pode plainar a partir da profundidade para a superfície sob forças derivadas apenas das combinações de flutuações positivas e levantamento hidrodinâmico a partir do casco em coroa circular, e onde alguma distância lateral útil do trajeto é ganha pelo caminho de 15 aplainamento raso de veículo.

Isso permite para conservação oportunística de energia dentro da loja de bateria de um veículo pelo reuso de forças gravitacionais dentro do seu ciclo de missão. O trajeto de aplainamento do veículo pode também ser aumentado adotando-se hélices (não mostrado) que podem ser dobradas para 20 se estender paralelas ao eixo do casco quando não em uso, ou por omissão do ovém de hélice, em cujos casos a resistência ao avanço do veículo será adicionalmente minimizada.

O veículo pode incluir também células de energia solar (não mostrado) colocadas ao redor do corpo externo ou do casco, onde uma vez 25 mais o casco em coroa circular provê uma implementação eficiente, uma vez que sua área de superfície externa é relativamente grande quando comparada a um veículo cilíndrico ou massa similar. Em tal configuração as células solares são conectadas eletricamente a um circuito de carga que recarrega a energia estocada nas células recarregáveis localizadas dentro dos estoques de

bateria. Isso permite recarregamento oportuno e planejado dos estoques de energia dos veículo usando energia solar quando o veículo é operado ou fixado na ou perto da superfície do mar.

Nesta configuração o CofB pode ser fixado em alguma localização estática no já mencionado cone volumétrico, ou o CofB pode ser dinamicamente ajustado por um mecanismo de controle para posições em volta do cone. Em qualquer caso o CofB é controlado por uma localização ou um ou mais elementos de lastro positivamente flutuantes localizados dentro da seção toroidal do casco em coroa circular. Na configuração onde são usados dois elementos de lastro, os elementos podem ser co-locados dentro do toróide em cujo caso a flutuação estática do veículo será um máximo; ou os dois elementos de lastro podem estar localizados em volta da toróide de uma maneira tal que ambos o CofB e o CofG do veículo fiquem no eixo do casco, em cujo caso a estabilidade estática do veículo será zero.

Então o veículo pode usar o seu sistema de propulsão para induzir giro em volta do seu eixo de casco, e o veículo pode ajustar a posição do seu CofB em relação ao seu CofG. O veículo pode, portanto, adaptar seu movimento dinâmico ao viajar sem giro, quando a separação máxima entre CofB e CofG seja desejável. Entretanto, o veículo pode também adaptar seu movimento dinâmico quando giro é induzido. Com ou sem movimento ao longo do eixo do casco, quando separação mínima relativa ao eixo do casco entre CofG e CofB seja desejável no evento em que um deseja minimizar excentricidade no rolamento.

Os propulsores de empuxo de vetor provêm o dispositivo para movimento ao longo do eixo do casco, tanto para frente como de reverso, e giro ou rolamento em volta do eixo do casco, e lance ou guinada sobre o CofG do veículo. Como descrito anteriormente, é claro que os dois propulsores podem ser contra-direcionados a fim de induzir o rolamento do veículo. Os dois propulsores podem ser também co-direcionados. Por

exemplo, quando ambos são direcionados para baixo de forma que os seus vetores de empuxo fiquem acima do CofG, a seguir o veículo lançará o nariz para baixo. De forma semelhante, quando os dois propulsores são direcionados para cima de maneira que seus vetores de empuxo ficam abaixo do CofG, a seguir o veículo lançará o nariz para cima. Também, fica claro que, graus variados de propulsor lançam em relação ao veículo e cada um pode ser usado para alcançar o lance, rolamento e guinada do veículo. Guinar pode também ser induzido pela aplicação de empuxo diferencial quando são adotadas taxas diferenciais de revolução de hélice. Portanto, pode ser visto que o veículo está apto para submergir, voltar, rolar e aparecer debaixo de seu próprio controle autônomo.

O veículo pode ser dirigido de uma maneira especial quando o veículo está girando e quando a posição do CofG está co-alinhada com o eixo propulsor de rotação. Com referencia à Figura 2b, se nós definimos uma direção vertical como sendo vertical na página, então na posição mostrada na Figura 1a o veículo está em um ângulo de rolamento de 0 grau com o propulsor 9 direcionado para cima e o propulsor 10 direcionado para baixo. Se o movimento para baixo é exigido, então o propulsor 9 é pulsado quando o veículo está entre 350 graus e 10 graus (ou algum outro arco limitado no qual o propulsor 9 é direcionado, geralmente, para cima) e a hélice 10 é pulsada quando o veículo está entre 170 graus e 190 graus (ou qualquer outro arco limitado no qual o propulsor 10 é direcionado geralmente para cima). O veículo integra o vetor de empuxo em volta do arco, e experimenta uma aceleração linear que induz trajeto normal ao eixo do casco (neste caso para baixo). Isso habilita o veículo girando para ser movido precisamente em um plano que fica normal para o eixo do casco.

Portanto, é claro que o veículo tem um alto grau de manuseabilidade, desde que sua propulsão de empuxo de vetor pode ser colocada em taxas de alto giro sob controle dinâmico. Também é claro que o

veículo tem um alto grau de estabilidade. No primeiro exemplo, quando movimento é ao longo do eixo do casco, então, velocidades relativamente altas podem ser alcançadas com hélices de contra rotação que cancelam o torque induzido, enquanto propulsores contra - direcionados fornecem 5 estabilidade de rolamento adicional. No segundo exemplo, quando o movimento de giro em volta do eixo do casco é induzido, então o momento angular é aumentado e mais uma vez a estabilidade do veículo é aumentada, onde isso pode ser medido como uma redução na atitude do veículo ou erros de posição, quando sujeito a forças externas.

10 A proa do veículo transporta um par de câmeras de vídeo 17, 18, para evitar colisão e para aplicações de imagens. O diâmetro relativamente grande do casco habilita as câmeras para estarem bem espaçadas separadamente, provendo assim uma linha de base estereoscópica que provê por estimativa de faixa precisa por medição da paralaxe entre 15 objetos localizados dentro de ambos os campos de visão das câmeras. Um transmissor de sonar 19 e um receptor de sonar 20 são providos para o sonar sentir e fazer imagens. Novamente a linha de base larga é uma vantagem. O casco externo 2 contém um espaço interior o qual pode ser visto na Figura 1a. Este casco exterior é fabricado preferencialmente a partir de um material 20 composto duro usando vidro e filamentos de fibra de carvão laminados alternadamente entre camadas de resina de epóxi. Alternativamente, um casco mais barato, menos resiliente pode ser moldado a partir de um polímero duro tal como poliuretano ou polietileno de alta densidade. É também possível fabricar o casco externo de alumínio, devendo o casco ser pressurizado. O 25 espaço interior pode ser inundado por meio de pequenas perfurações (não mostradas) no casco externo, ou pode ser pressurizado. O espaço interior aloja um par de pacotes de baterias 21,22, um par de sensores de popa, 23, 24 e quatro recipientes de pressão toroidal 25-28 afastados ao longo do eixo do casco. Os recipientes de pressão contêm os eletrônicos do veículo, alguns

elementos do subsistema de propulsão e outros itens, e são unidos por braços axiais (não mostrado). Nesta configuração particular os dispositivos de pressão toroidal são fabricados preferencialmente a partir de compostos duros usando vidro ou filamentos de fibra de carvão enrolados de forma helicoidal em volta do toróide e alternadamente laminados entre camadas de resina de epóxi. Alternativamente os dispositivos de pressão toroidal podem ser fabricados a partir de um grau de metal adequado tal como alumínio, aço inoxidável ou galvanizado, ou titânio.

O comprimento do casco ao longo do eixo do casco 10 corresponde a corda da seção do hidrofólio, e este é indicado em (a) na Figura 2 a, enquanto o diâmetro ou vão através do duto em suas duas extremidades é indicado em (b). A relação de aspecto (AR) do casco é descrita como segue:

$$AR=2B^2/S$$

onde B é o vão do casco (definido pelo diâmetro externo máximo do casco) e onde S é a área projetada do casco.

15 Se nós tomamos o vão B como sendo aproximadamente igual a (b), e a área S como sendo aproximadamente igual a (b) x (a), então AR é aproximadamente  $2(b)/(a)$ . No veículo da Figura 2b, o AR é aproximadamente 1.42, embora esse número possa ser modificado em outra configuração onde a aplicação pode demandar outras relações. É evidente que 20 a forma do veículo pode ser ajustada por simples variação no seu diâmetro toroidal para refletir veículos estreitos onde a relação de aspecto é baixa, ou para refletir veículos largos onde a relação de aspecto é alta. Em qualquer caso específico, vantagens podem ser obtidas pelo ganho, sob certas circunstâncias, uma vez que coeficientes relativamente altos de levantamento 25 podem ser alcançados usando-se uma forma toroidal com relação de aspecto baixa, enquanto ótimas relações de declive de aplainamento, ou relações equivalentes de levantamento sobre resistência ao avanço podem ser alcançadas usando-se uma forma toroidal com relação de aspecto alto.

O casco externo é projetado para minimizar seu coeficiente de avanço em um regime de fluxo de fluido determinado pela margem dos números de Reynolds que descrevem a operação do veículo dentro de cenários particulares. O casco externo inclui uma subcamada (mostrada na 5 Figura 1b com tracejado transversal), e uma camada de crosta externa (não mostrada).

Um segundo veículo 30 é mostrado nas Figuras 3 a e 3b. O veículo é idêntico ao veículo 1, mas emprega um sistema de propulsão de vetor de empuxo bio-mimético de barbatanas gêmeas ao invés de um sistema 10 de propulsão de vetor de empuxo de hélices gêmeas. Neste caso o sistema de propulsão consiste de um par de barbatanas 31, 32 as quais são montadas em pivô no casco externo em direção à extremidade da popa podendo girar por apenas abaixo de 180 graus entre uma primeira (alojar) posição mostrada em linha sólida nas Figuras 3 a e 3b, e uma segunda posição mostrada em linha 15 tracejada na Figura 3b. Cada uma das barbatanas é girada por um motor sem escova elétrico DC isolado e mecanismo de redução de engrenagem mecânico o qual preferencialmente incluiria um acionador helicoidal (não mostrado), e pode ser acionado de vários modos. Nesta configuração as barbatanas são 20 fabricadas a partir de um grau particular de poliuretano para produzir alguma flexão sob carga em movimento de alternância, onde cada flexão serve para direcionar um vórtice de onda propulsora para trás a partir de cada barbatana, de maneira mais eficiente.

Em um modo as barbatanas são alternadas fora da fase de gerar um movimento de remo que aciona o veículo para frente ao longo do 25 eixo do casco. Em outro modo, as barbatanas são acionadas de uma maneira alternada, mas desta vez na fase com cada uma novamente para acionar o veículo para frente ao longo do eixo do casco.

Em outro modo, as barbatanas são acionadas de uma maneira alternada, mas desta vez com os centros de seus arcos alternantes deslocados

para cima e para baixo do plano horizontal descrito pelo eixo do casco e o eixo do pivô da barbatana, e assim fazendo o acionar o veículo para frente e induzir rolamento, onde o rolamento pode ser em qualquer direção, dependendo do deslocamento relativo das barbatanas alternantes.

5 Em outro modo, as barbatanas são acionadas de uma maneira alternada, mas desta vez em fase de uma com a outra, e mais uma vez com o centro do arco alternante deslocado para cima e para baixo do plano de pivô axial anteriormente descrito. Esse modo impele o veículo para frente, mas, causa também rotação de afastamento sobre o CofG, e assim pode ser usado 10 para o veículo afundar ou vir à tona. Quando usado em combinação com o modo de rolamento do veículo, então esse modo acoplará e produzirá guinada do veículo.

Este projeto de propulsão bio-mimetizada permite freqüência variável continuamente e magnitude de sinais de excitação para cada 15 barbatana propulsora, e também seleção variável continuamente de centros de alternância de arcos de barbatana, e também faseamento variável continuamente entre barbatanas. O projeto alcança, portanto, boa eficiência propulsora em baixas velocidades, e também boa eficiência propulsora em altas velocidades.

20 Outra configuração desse esquema usa barbatanas alternantes semelhantes, mas, neste projeto particular três dobradiças articuladas adicionais são incluídas aproximadamente na metade do caminho entre o pivô da barbatana e a cauda da barbatana. Essas dobradiças articuladas são fabricadas em aço inoxidável e acionadas de uma maneira alternada com 25 faseamento cuidadosa em relação à excitação provida no pivô da barbatana. Este projeto produz uma onda de trajeto que começa no pivô da barbatana com amplitude x na dobradiça articulada, a qual então procede para a cauda da barbatana com amplitude y, e onde y é maior que x. Usando este projeto, os modos de operação descritos anteriormente são replicados, como são suas

vantagens na operação, mas, em que a eficiência propulsora é aumentada por faseamento cuidadoso do pivô e sinais de acionamento de excitação da dobradiça articulada a fim de alcançar uma onda propulsora de trajeto.

Um terceiro veículo impelido 40 é mostrado nas Figuras 4 a-c.

5 O veículo é semelhante ao veículo mostrado nas Figuras 3 a e 3b, e também emprega um sistema de propulsão bio-mimetizado de vetor de empuxo de duas barbatanas gêmeas. Um par de barbatanas axi-simétrico 41, 42 é montado na popa, em conformidade com o eixo em coroa circular. As barbatanas são idênticas e uma 42 é mostrada na seção transversal na Figura 10 4c. A camada da crosta do casco externo termina em 43, mas, a subcamada inclui um material elastomérico como poliuretano. A barbatana contém uma moldura estrutural incluindo uma chapa próxima do ponto de origem 44 e uma chapa distal 45 unidas em um pivô 46. Um par de protuberâncias 47,48 engaja lados opostos de parte da chapa distal do caminho ao longo do 15 comprimento. Uma linha 49 é presa a ambas as extremidades do pivô 46, e passa sobre uma roldana acionada 50. Açãoamento da roldana 50 faz a chapa próxima do ponto de origem 44 girar sobre as protuberâncias 47, 48 e as chapas distais girar sobre o pivô 46, como mostrado nas linhas pontilhadas. Alternando a roldana 50, a barbatana 42 também recíproca, Duas linhas 20 adicionais (não mostrado) são usadas para controlar os cantos da cauda da barbatana superior e inferior de forma que os cantos da cauda da barbatana podem ser guiados independentemente dentro de cada propulsor, e independentemente de qualquer propulsor, de tal maneira que torção da asa do hidrofólio positivo ou negativo é dada efetivamente a qualquer ponta de 25 barbatana. Esse método prove o veículo com agilidade substancial.

Uma configuração alternativa deste mecanismo de acionamento propulsor usa dois eletroímãs 51, 52, localizados em qualquer lado da chapa distal, os quais são estimulados por injeção de corrente em volta das bobinas, localizadas nos eletroímãs, de forma que o faseamento

alternado de tais sinais em qualquer eletroímã induz a uma ação de alternância na chapa próxima. Um dispositivo de controle (não mostrado) controla a excitação dos eletroímãs, e também controla a excitação do motor que aciona a roldana 50 e chapa distal com uma ação de alternância semelhante, embora o faseamento relativo das chapas distal e próxima alternantes seja cuidadosamente mantido pelo dispositivo de controle de forma que uma onda propulsora de trajeto é liberada pelo propulsor. É claro que outras variantes podem ser implementadas nesse esquema, incluindo a provisão de rara terra ou imãs semelhantes na chapa próxima, e arranjos alternantes onde as 10 posições dos imãs e eletroímãs são invertidas.

Uma diferença primária nesta configuração de propulsão de bio-mimetismo com casco em coroa circular é que batidas de barbatanas podem ser executados axi-simetricamente, o que aumenta a eficiência propulsora do veículo. Mais uma vez os modos de propulsão descritos 15 anteriormente podem ser replicados com este projeto com a exceção de que o rolamento do veículo seja induzido por acionamento assimétrico do canto da cauda da barbatana. As chapas podem ser rígidas, ou podem ser projetadas para dobrar, tanto quanta flexibilidade for considerada para o faseamento dos sinais de excitação. Uma vez mais propulsão é 20 alcançada pela excitação e faseamento acionado das chapas distal e próxima e linhas de canto de barbatana de cauda tal como um par alternante de ondas propulsoras em trajetória axi-simétrica é transferido da base de cada barbatana para cada cauda de barbatana.

Como descrito anteriormente, este projeto de propulsão de bio-mimetismo em combinação com o casco em coroa circular libera muitos 25 graus de desembaraço afinando sua eficiência de propulsão.

Deveria ficar claro que o número de propulsores de barbatanas com o casco em coroa circular como mostrado na Figura 4 a, 4b e 4c pode facilmente ser estendido para algum número maior n, onde no caso limite os

propulsores de barbatanas se mesclam em volta da circunferência da cauda do veículo, para formar um propulsor de bio-mimetismo em coroa circular, contínuo e de acordo, flexível.

Uma configuração particular de tal propulsor de bio-mimetismo em coroa circular, contínuo e de acordo, flexível é descrito a seguir. As montagens de acionamento descritas acima para o veículo propulsor de barbatana dual axi-simétrica são replicados em volta da parte traseira da coroa circular de forma que  $n=10$ , tal que as chapas distal e próxima são alojadas em um invólucro de poliuretano elástico em conformidade que se prenda na parte traseira da coroa circular do veículo. Nenhuma linhas adicionais são incluídas para barbatanas de canto de cauda são incluídas, uma vez que essas se tornam redundantes quando o propulsor de barbatana está completamente envolvido em uma coroa circular em conformidade e flexível.

As chapas próxima e distal são acionadas como descrito anteriormente, tal que uma onda de trajetória axi-simétrica contínua, propulsora e progressiva é excitada a partir da base da coroa circular flexível para sua cauda de forma a acionar o veículo para frente ao longo do eixo do casco. Controle do avanço e guinada torna-se trivial nesta configuração, uma vez que o controle circunferencial completo da coroa circular flexível é possível, e excitação das chapas próxima e distal pode ser feita de uma maneira independente.

Um veículo planador 100 é mostrado nas Figuras 5 a-c. O casco do veículo tem uma construção em coroa circular como mostrado na Figura 5 a, e adota uma forma de varrer- para - trás para minimizar a resistência ao avanço do veículo; para reduzir energia liberada nos redemoinhos da esteira; para prover estabilidade no avanço e na guinada; e para prover um mecanismo moderno para controle de atitude. Figura 5b é uma visão da elevação de porta do veículo, enquanto 5 c descreve uma visão

plana do veículo com linhas tracejadas indicando a forma do perfil do hidrofólio. O casco externo usa construção semelhante e aloja vários sensores, pacotes de bateria e recipientes de pressão em comum com os veículos mostrados nas Figuras 1-4, mas, por evidencia esses não são mostrados.

5 O casco tem quatro vértices de proa 101-104 e quatro vértices de popa 105-108 os quais são separados por 90 graus ao redor da periferia do casco.

10 Um motor de flutuação (não mostrado) é alojado no casco externo e pode ser acionado ciclicamente, de forma que o veículo, alternadamente afunde e volte a tona. Através de um ajuste cuidadoso da posição relativa do CofB e CofG o veículo pode ser inclinado conforme afunda e volta à tona, e então as forças de levantamento são geradas pela forma do casco externo de forma a dar um componente de movimento para frente. Isso habilita o veículo 100 a operar como um plainador com poderes 15 de flutuação, o qual pode ser usado unicamente ou em frotas auto-monitoradas e pode ser programado para amostras de área grande do oceano ou leito do mar ou costa sem intervenção das equipes de apoio local.

20 Nesta configuração particular o veículo adota uma configuração de energia muito baixa, uma vez que a resistência ao avanço hidrodinâmico é minimizado, e propulsão de motor contínua não é provida uma vez que sua força motiva é derivada de um motor de flutuação que troca seu estado apenas duas vezes durante cada ciclo de mergulho e levantamento, e então o consumo de energia elétrica é assim minimizado.

25 Em que planadores de oceano clássicos modificam suas flutuações ajustam a posição da massa ao longo de seus eixos, esta configuração particular mantém fixa a massa e modifica sua flutuação e localização do CofB pelo ajuste de seu motor de flutuação ao longo de uma coroa circular (não mostrada) que se assenta no casco em coroa circular do veículo e segue a forma de varrer-para-trás do casco. Conforme o veículo se

move para cima, o motor de flutuação adjacente à barbatana superior de proa 101, de forma que Cofb se estende para frente do CofG, resultando em uma configuração de “nariz para cima”. Movimento do motor de flutuação para aportar ou ficar a estibordo em volta do casco sob o controle do motor irá 5 tanto rolar o veículo em volta do eixo do casco e também mover o CofB a popa do CofG, em cujo ponto o veículo será inclinado com “nariz para baixo”. O motor de flutuação é então tornado negativamente flutuante e o veículo irá aplinar para baixo no oceano. Em um tempo pré-determinado ou profundidade o motor de flutuação transversa ao redor de sua coroa circular e 10 o veículo inicia rotação ao redor do eixo do casco, e CofB se move para frente sobre o eixo do casco através de 90° em rotação do casco, em cujo ponto o veículo será inclinado com nariz para cima, flutuação se tornará positiva e o veículo aplinará em direção à superfície do oceano.

O veículo pode incluir também um ou mais dispositivos que 15 irão extrair energia do termoclinio através de mergulho para a profundidade e escalada para a superfície, onde gradientes térmicos de 20°C ou mais podem ser antecipados em muitos oceanos entre 0 e 600m de profundidade, e onde 75% do volume do oceano têm temperaturas de 4° ou menos, enquanto temperaturas da superfície do oceano podem exceder 30° ou mais.

Tal dispositivo de colher energia é uma configuração particular de um sistema de controle de flutuação 900 como descrito na figura 15 a -15 d em que o material de troca de fase sensitiva de temperatura, (PCM), (i) é alojado dentro de uma câmara (a) que forma parte do recipiente de pressão toroidal, e onde vários tubos de alumínio toroidal (b) também 20 residem dentro desta câmara. A parede da câmara também é feita de alumínio e é incluída em uma camada estrutural composta isolada como uma espuma sintética ou neoprene e resina epóxi combinada com vidro ou filamento de fibra de carbono, onde tais filamentos seriam helicoidalmente enrolados em volta da forma toroidal da câmara, e onde tais materiais mantêm baixa

condutividade térmica entre as superfícies interior e exterior. As duas câmaras toroidais isoladas (c), (d) são incluídas onde tais câmaras podem ser toróides isolados ou podem ser uma parte do toróide anterior, onde sua estrutura pode ser dividida em três ou mais setores ao redor de seu eixo toroidal.

5 Conexões de câmara (a) com uma porta externa que abre para a água do mar, de forma que a água do mar pode entrar em uma seção da câmara a qual também inclui uma membrana de condutividade térmica baixa ou conexão de vedação de pistão para manter uma barreira física isolada entre câmara (a) e água do mar. Câmara (a) também se conecta com uma câmara de gás de alta pressão (j) a qual também se conecta com a água do mar via duas membranas flexíveis isoladas por um volume de líquido, e por outra válvula. 10 Conexões de câmara (c) com duas portas e duas válvulas (h) que se conectam com tubos de alumínio dentro da câmara (a). O recipiente de pressão toroidal pode incluir também uma câmara de gás de baixa pressão opcional (k) com 15 uma montagem de membrana flexível e uma porta de conexão para o líquido externo. Câmara (d) também se conecta com duas portas e duas válvulas (h) que se conectam aos tubos de alumínio, e podem incluir também uma disposição de semicondutor termoelétrico (TES) e dispositivos de efeito Peltier (e) onde cada lado de tais dispositivos manteria um trajeto de 20 resistência térmica baixa para a água do mar externa ou para fluido interno. Câmaras (c) e (d) também incluem portas e válvulas que abrem para a água do mar.

Um dispositivo de controle (f) e uma ou mais bombas de fluido (g) são usadas para abrir e controlar as válvulas e portas na seqüência 25 com a operação do veículo. Câmara (c) é cheia ou completada com água morna quando perto da superfície, enquanto câmara (d) é cheia ou completada com água do mar fria quando em profundidade. O dispositivo de controle (f) pode ser usado também para estimular o (TES) (e) dispositivo com uma diferença de potencial aplicado às suas duas junções semicondutoras a fim de

baixar a temperatura do fluido na câmara (d) durante a iniciação do veículo, quando operando perto da superfície do mar. Alternativamente, um único dispositivo de lastro pode ser usado para iniciar o primeiro ciclo de mergulho do veículo ao invés.

5 O dispositivo de controle (f) opera as portas, válvulas e bombas quando perto da superfície líquida para pressurizar o gás seco (1) usando o volume expandido do material de troca de fase (i) o qual está exposto a temperaturas de superfície morna via tubos (b) e ao reservatório morno (c) e ao líquido externo. Depois da pressurização da câmara (j) e gás 10 (l) suas válvulas são fechadas de forma que a energia é estocada, O veículo pode descender usando flutuação negativa inativa, ou usando um dispositivo de lastro transitório, ou por modulação da sua densidade pela exposição do PCV (i) a baixas temperaturas usando o dispositivo de controle (f) e a câmara reservatório (d) ou TES (e) ou combinação das mesmas. Em configurações 15 preferidas, o reservatórios (c), (d) e tubos (b) e bombas ajudam na circulação da água do mar a fim de minimizar ineficiência devida aos gradientes de temperatura local. A queda resultante na temperatura ao redor do PCM é mantida eficientemente pela acoplagem fechada dos tubos de alumínio (b) dentro do volume do PCM, o que causa uma mudança de fase do líquido para 20 o sólido no COM e correspondente redução no volume o qual aumenta a densidade do veículo de forma que ele se torna mais pesado do que a água do mar, e, portanto, descende.

25 Quando uma determinada profundidade é alcançada o dispositivo de controle (f) opera as portas, válvula e bomba para liberar o gás pressurizado (1) de forma a mover e encher uma membrana flexível e deslocar certo volume de líquido externo, de forma que a densidade do veículo de torne positiva comparadas ao líquido externo, de forma que o veículo começa sua ascensão. Durante a ascensão o dispositivo de controle (f) opera as portas, válvulas e bombas para transferir água morna do mar da

câmara (c) para a câmara (a) via tubos (b), e mais uma vez circular a água do mar entre essas duas câmaras. O aumento resultante na temperatura em volta do PCM determina uma transição de fase do sólido para o líquido, e um aumento correspondente no volume o qual baixa a densidade do veículo mais 5 adiante de forma que sua ascensão possa ser acelerada.

Numerosos materiais de mudança de fase podem ser utilizados dentro de tal dispositivo, tal que parafinas, ácidos gordurosos ou hidrato de sal onde o material ou a mistura particular de materiais poderia ser escolhida de forma que sua mudança de fase particular ocorreria dentro da faixa de 10 temperaturas a serem encontradas nos termoclínicos, e mais tipicamente então aquela mudança de fase de material entre sólido e líquido deveria ocorrer entre 8C e 16C, embora a faixa precisa pudesse ser selecionada para coincidir com os perfis de profundidade antecipados e com as temperaturas locais do oceano.

15 A invenção assegura vantagem sobre dispositivos de controle de flutuação alternativos através de integração do material de mudança de fase em um recipiente de pressão toroidal onde geometrias locais e materiais se combinam para prover um dispositivo altamente eficiente para modulação da densidade do veículo durante transito através o termoclínio.

20 Uma configuração adicional deste dispositivo de colher energia extrai energia adicional a partir do termoclínio a fim de aumentar a eficiência operacional e resistência do veículo. Nessa configuração alternativa o TES (e) localizado na câmara (d) e dispositivo de controle (f) combinam-se para gerar uma diferença de potencial entre as duas junções de semicondutor do TES quando uma temperatura diferencial é mantida entre os seus lados 25 opostos, os quais com certeza são alcançados seqüencialmente durante ciclos de mergulho e ascensão sucessivos. A diferença potencial é derrotada por uma ordem de super capacitores e então para o depósito de bateria do veículo através alguma troca de alta freqüência DC para conversor DC que minimiza

suas perdas elétricas e alcança uma eficiência em transferência em excesso de 90%. Este dispositivo adicional de colher energia pode ser modificado também tal que o TES ocupe uma barreira entre câmara fria (d) e câmara morna (c), como mostrado nas figuras 15 a e 15 d.

5 O veículo pode, ao invés, acomodar um ou muitos dispositivos de controle de flutuação alternativo, incluindo gás pressurizado e sistemas de tanque, ou bomba hidráulica, ou acionador de motor elétrico e sistemas de válvula de pistão onde energia estocada é usada para evacuar fisicamente a água do mar de um volume prescrito no veículo.

10 Uma vantagem adicional deste sistema de controle de flutuação é extensibilidade, onde a forma toroidal pode ser evoluída para diâmetros maiores, e onde toróides podem ser usados em grupos como descrito na figura 15 d. Uma configuração adicional desse esquema evolui o dispositivo de controle de flutuação toroidal como mostrado na figura 15 a 15 para uma hélice como descrito nas figuras 15b e 15c. Essa solução mantém a forma toroidal e arquitetura básica, mas, estende sua capacidade linearmente, o que serve para prevenir volumes de deslocamentos maiores dentro da estrutura eficiente a qual estaria de outra maneira, incômoda e difícil nos veículos subaquáticos grandes.

20 Embora a configuração descrita acima use apenas flutuação como sua fonte de propulsão motiva, está claro que outras configurações podem ser descobertas que aumentem a baixa energia do veículo com barbatanas de bio-mimetismo ou dispositivos de propulsão circunferencial como descrito acima para os veículos 30, 40. Também o veículo de baixa energia descrito aqui pode ser aumentado por hélice e dispositivos propulsores como descoberto para o veículo 1 acima.

25 Em outra configuração de veículo plainador de baixa energia, o motor de flutuação pode ser fixo, e a massa é movida em vez de em volta de um recipiente de pressão, embaixo do controle do motor, para mover

eficientemente o CofG para frente ou para trás e consequentemente induzir atitudes de avanço para cima e avanço para baixo. Em uma configuração adicional, ambos a massa e o motor de flutuação podem ser movidos em volta da coroa circular.

5 O veículo pode ser aumentado também por células de energia solar como descrito anteriormente para outros veículos, de forma a preencher seu estoque de energia interna quando perto da superfície do mar e, portanto, para estender seu período de missão no mar.

10 Fica claro também que o veículo pode ser modificado para implementar planadores de vários tamanhos. A construção em coroa circular é vantajosa neste ponto e oferece resiliência estrutural e assim veículos desta forma podem ser construídos com envergadura de 30 m a 60 m ou mais.

15 Figuras 6a e 6b são visões em perspectiva e laterais de um recipiente de pressão alternativo 150, semelhante ao recipiente de pressão mostrado nas Figuras 1 a e 1b. Um par de recipientes de pressão toroidal relativamente grandes 151, 152 é conectado um ao outro por braços axiais 153-156. Um par de recipientes de pressão toroidal relativamente pequeno, 157, 158 é posicionado à popa e à proa de recipientes de alta pressão 151, 152 e conectados por braços axiais 159-164. Os braços axiais podem eles mesmos ser recipientes de pressão, de forma que toda a estrutura forneça um recipiente único, contínuo, ou os braços axiais podem ser membros estruturais sólidos em cujos casos os toróides formam quatro recipientes de pressão divididos isolados. A forma toroidal habilita mergulho profundo sem massa ou custo excessivos.

20 Figura 7 é uma visão em perspectiva de um sistema de controle de atitude inercial 200. Uma moldura de suporte em coroa circular 201 é montada dentro de um recipiente de pressão toroidal. O sistema 200 é ilustrado com uma moldura “plana”, adequada para ser ajustada em um correspondentemente “plano” recipiente de pressão toroidal, por exemplo, em

um dos recipientes 1, 30 ou 40. Entretanto, o sistema pode ser adaptado para se ajustar em uma das configurações de recipientes “varridas” descritas aqui por ajustes adequados da forma à moldura 200.

Um primeiro par de massas 202, 203 é montado em uma moldura por respectivos eixos os quais ligam perpendiculares ao eixo do casco. Um segundo par de massas 204, 205; e montado na moldura por respectivos eixos os quais ligam paralelos ao eixo do casco. Cada massa pode ser girada independentemente por um respectivo motor (não mostrado) sobre o seu eixo respectivo.. Acelerando as massas 202, 203, uma aceleração angular oposta e igual é dada ao veículo, dando controle de avanço. Acelerando as massas 204, 205, uma aceleração angular oposta e igual é dada ao veículo, dando controle de rolamento na configuração da Figura 7. A configuração de avanço e rolamento fornece controle de guinada.

Figura 8 mostra um veículo 210 o qual é uma variante do primeiro veículo 1. O veículo 210 é idêntico ao veículo 1, mas, incorpora adicionalmente, um transmissor sônico 211 e sensor 212. Uma visão em perspectiva de uma superfície é mostrada abaixo do veículo. A superfície 213 é paralela ao eixo do casco. O veículo é transladado na direção do eixo do casco e indicado por seta próxima à superfície 213. O veículo é também rolado continuamente sobre o eixo do casco, como indicado pelas setas V. O transmissor 211 emite um raio 214 o qual percorre um trajeto helicoidal, e percorre uma serie de faixas 215, através da superfície. O receptor 212 tem um eixo sensor o qual segue um trajeto helicoidal correspondente e percorre uma serie de faixas correspondentes através da superfície. Um dispositivo de controle (não mostrado) aumenta a resolução efetiva da imagem capturada pelo sensor 212 ao processar os dados do sensor a partir de faixas sucessivas para alcançar extensão sintética da abertura do sensor em duas dimensões.

Um princípio semelhante pode ser empregado em um veículo alternativo (não mostrado) no qual o transmissor e sensor são orientados com

seus raios paralelos ao eixo do casco, e o veículo faz movimento de translação em direção paralela a uma superfície em um ângulo para o eixo do casco. Neste caso o raio percorre um trajeto curvo ao invés de uma série de faixas na superfície.

5 A falta de superestrutura externa habilita o veículo 1 a ser atracado como mostrado nas Figuras 9 a e 9b. Um atracadouro tem uma parede interna cilíndrica 230 mostrada em seção transversal. O atracadouro pode ser formado em um casco de navio abaixo da linha de água, ou em uma estrutura fixa tal como porto ou estrutura de litoral. O veículo 1 se move em 10 um atracadouro movendo (como indicado pela seta V) ao longo do seu eixo de casco até que o veículo seja incluído dentro do atracadouro como mostrado na Figura 9b. Fazendo rolamento no veículo conforme ele faz translação dentro do atracadouro provê estabilidade adicionada e habilita posicionamento preciso. O veículo pode ser manobrado invertendo suas 15 hélices de forma que ele deixe o atracadouro.

Figura 9c mostra parte de um sistema de recarga elétrica indutiva. Uma bobina primária em coroa circular 231 na doca acopla indutivamente com uma segunda bobina em coroa circular 232 no veículo para recarga das baterias do veículo.

20 Em um segundo arranjo de atracamento mostrado na Figura 10, o atracadouro tem uma projeção 240 a qual é recebida no duto 5 e se apóia contra a parede interna do casco para prendê-la no lugar.

25 Um terceiro arranjo de atracamento é mostrado na Figura 11 como um veículo alternativo 260, semelhante em forma ao veículo 100. Nesse caso, o atracadouro cilíndrico é substituído por uma projeção cilíndrica oca 250 a qual é mostrada em seção transversal (apesar de que o veículo 260 não estar em seção transversal). A projeção 250 é recebida no duto e se apóia contra a parede interna do casco para prendê-la no lugar. Neste caso o veículo 260 é uma variação rebocada do projeto da “asa varrida” da Figura 5b com

uma corda 261 presa à barbatana da proa 262. Não há superestrutura (por exemplo, hélices ou barbatanas) no duto de forma que projeção 250 pode passar completamente através do duto. O veículo é manobrado angulando a projeção para baixo de forma que o veículo aplaina para fora da projeção sob a força da gravidade. Um sistema de recarga indutiva pode ser empregado de uma maneira semelhante no Figura 9c.

Figuras 12a, 12b, e 12c são visões de lado de porta e de frente planas, de um sexto veículo 600. O casco do veículo é varrido com relação ao eixo do casco 601, em comum com o veículo mostrado na Figura 5 a-5c, mas, neste caso o casco tem uma porção varrida para frente transportando uma barbatana de proa 602 e uma barbatana de popa 603; e uma porção de varredura para trás transportando uma barbatana de proa 604 e uma barbatana de popa 605. O veículo opera como um planador e carrega um motor de flutuação (não mostrado) e um sistema de controle de atitude inercial (não mostrado) semelhante na estrutura ao sistema mostrado na Figura 7. Assim o veículo tem uma forma externa totalmente de acordo com nenhuma superestrutura qualquer além do duto ou se projetando para o exterior do veículo.

Figuras 13a e 13b são visões de lado de porta e de frente planas, de um veículo 700. O veículo é mostrado com um sistema de propulsão de um tipo mostrado na Figura 1, com propulsores de vetor de empuxo gêmeos 705, 706, um dos ovéns 708 sendo visível na Figura 13b. O veículo é puxado por uma corda para um navio mãe, (não mostrado) por um sistema de corda de couraça incluindo uma corda de porta 701 mostrada na Figura 17b e uma corda de estibordo (não mostrada) presa ao casco em uma posição equivalente no lado de estibordo. As cordas se combinam para formar uma única couraça de corda que provê transferência de dados, e transferência de cargas de arrasto durante a operação. O veículo tem um par de dispositivos de propulsão adicionais 702, 703 os quais são descarga fixamente montada

com a superfície externa do casco externo, e provê um controle de avanço. Um sensor 704 é mostrado na popa do veículo.

Figuras 14a e 14b são visões de lado de porta e de frente de um veículo 800. O veículo é rebocado por corda para um navio mãe (não mostrado) e rebocado por uma única corda 801 a qual também pode transmitir dados para o veículo ou do veículo. A corda 801 é presa preferencialmente ao casco por um pivô (não mostrado) apesar de que um esquema de rédea alternativo pode também ser usado satisfatoriamente. Quatro barbatanas são ajustadas na popa do casco. Barbatana superior 802, barbatana inferior 804 são mostradas na Figura 14b, mas, a barbatana de estibordo está escondida. Cada uma das quatro barbatanas pode ser girada como indicado pela linha tracejada para as barbatanas 802, 803 para efetuar controle de avanço e guinada. O veículo 800 é mais rígido e menos susceptível para atingir agitação do que uma asa -V. É também mais eficiente que uma asa-V devido ao baixo arrasto induzido e estabilidade de avanço limitada porque o momento de avanço corretivo é maior.

Os veículos descritos abaixo podem ser usados para explorações submarinas autônomas não tripuladas, fazendo imagens, inspecionando, mapeando e monitorando ciência do oceano. Nesse caso, veículos impelidos podem ser da ordem de 500 mm de diâmetro e 600 mm de comprimento, e a versão de planador pode ser de duas a quatro vezes maior. Entretanto, o projeto de veículo básico é graduável e pode ser utilizado em muitos veículos pequenos com envergaduras medidas em poucos centímetros, a veículos oceânicos muito grandes com envergadura medida em dezenas de metros. O veículo pode acomodar uma variedade de configurações de sensores, incluindo: lasers; geofones; hidrofones; projetores de transdutores de sonar de alta freqüência; sensores eletromagnéticos; escaneador de linhas e dois sensores de imagens dimensionais. Os veículos são também adequados para: atracar ou estacionar em tubos, ou portos, ou garagens; ou operações de

abaixas e levantar em leitos líquidos.

A estabilidade induzida por rolamentos contínuos habilita o veículo para “plainar”: isto é para manter substancialmente nenhum movimento de translação. Isto está em contraste com veículos submarinos autônomos convencionais os quais perdem estabilidade em baixa velocidade. Em quanto operando no modo de “plainar”, um sistema de realimentação pode sentir a aproximação do veículo de um objeto externo e controlar a posição do veículo em resposta à proximidade sentida, por exemplo, gerando pequenas quantidades de empuxo como exigido para manter o veículo em uma distância fixa fora do objeto.

Uma aplicação alternativa para os veículos descritos aqui é transporte de grande volume de materiais volumosos (tais como óleo cru), no qual o interior do casco é cheio com esse material. Nesse projeto o comprimento do casco em coroa circular pode ser de 20 metros, enquanto o diâmetro externo pode ser diminuído em 10 metros. O material é contido tanto em recipientes de pressão toroidal interna, ou no casco externo ou em ambos. A razão de tamanho e/ou de aspecto do veículo será aumentada como exigido. Por exemplo, onde um veículo grande de carga útil precisa ser levado, uma seção de carga útil estendida poderia ser configurada como um vão toroidal que seria ajustado em algum ponto ao longo do eixo do veículo. Em aplicações desse tipo, onde o veículo é inclinado em um ângulo para uma corrente do oceano o veículo pode derivar com certeza para o lado, devido ao arrasto e forças de levantamento induzido pela corrente do oceano. Entretanto, continuando o rolamento do veículo sobre seu eixo, as forças laterais criadas pela corrente do oceano são reduzidas. Ao invés, forças maiores são geradas com tendência a açãoar o veículo para cima ou para baixo, mas não para o lado.

Uma alternativa adicional de aplicação para veículos desse tipo é submergir o veículo em uma tubulação cheia de líquido (por exemplo,

uma tubulação de água de utilitário ou uma tubulação de óleo) para inspeção, reparo ou outros propósitos. Neste caso, o diâmetro do veículo será escolhido para ser suficientemente pequeno para ser acomodado na tubulação.

Alternativamente, em uma aplicação de posição de cabo submarino, um veículo muito grande pode ser especificado de forma que longos cabos possam ser transportados dentro do casco externo e manobrados dentro do veículo. Por exemplo, um veículo poderia transportar um vão de estiva toroidal aberto em volta do qual o cabo reboque submarino pesado seria enrolado, aonde um vão poderia formar uma seção toroidal dentro de um veículo grande. Uma configuração particular deste veículo, portanto, emprega um casco em coroa circular com comprimento de 5,6metros, e um diâmetro externo de 4 metros. O sistema de propulsão é como descrito anteriormente para o veículo menor, e o giro é induzido junto com o movimento axial a fim de manobrar e estender o cabo submarino autonomamente.

Ao invés de ser operado como um veículo completamente submersível submersido, os veículos acima descritos podem ser projetados para operar como veículos de superfície os quais são apenas parcialmente submersíveis quando em uso. Neste caso, câmeras e sensores de radio são fixados no topo da crosta em coroa circular externa e sensores de sonar são localizados em volta da parte mais baixa do casco toroidal. O veículo de superfície tem uma construção e propulsão semelhantes aos veículos descritos anteriormente e podem ser implementados usando qualquer das formas toroidais com ou sem varredura. A vantagem significativa oferecida pela forma em coroa circular do casco é a estabilidade aumentada enquanto operando na ou perto da superfície, quando a forma toroidal com baixo CofG e volumes distribuídos provê um movimento perfurador de onda eficiente o qual é resiliente para distúrbios causados pelas ondas, vento ou concha, muito mais do que seria alcançado pelos recipientes de superfície tradicionais. É de particular importância, quando operações de vigilância, captação de imagens,

ou mapeamento ficariam de outra forma, comprometidas pelo movimento inesperado do sensor surgindo das ondas, vento ou impacto de conchas. Além do mais, os esquemas de propulsor de vetor de empuxo gêmeo mostrados nas Figuras 2 a e 2b, 3 a e 3b, e 4 a e 4b, permitem para ajuste da superfície de topo do veículo e altura de sensores associados acima da superfície do mar.

Em configurações alternativas adicionais de cada um dos veículos acima mencionados a coroa circular pode incluir portas ou aberturas 110, 111, e palhetas rígidas 112, 113, 114 em cada lado de suas duas elevações. Em um exemplo descrito na figura 5d, as palhetas rígidas podem ser giradas ao redor de dobradiças 115, 116 as quais são localizadas em seções de barra toroidal as quais formam parte da estrutura do veículo, onde três tais palhetas podem ser usadas em cada uma das duas ou mais seções de barra toroidal em cada porta e lados dos anéis de estibordo. Embora a Figura 5d descreva uma configuração particular onde as aberturas e palhetas são contidas dentro dos anéis, poderia ficar claro que este princípio pode ser aplicado também na configuração inversa (não mostrada) onde as palhetas formam parte das bordas de arrastar e conduzir dos anéis.

Um dispositivo de controle associado é usado para acionar independentemente ou relaxar as palhetas de acordo com os objetivos imediatos do veículo e prevalecendo as condições do local. Quando relaxadas as palhetas reduzem os efeitos de correntes de fluxo transversal permitindo que o fluido eficiente flua ao redor das palhetas e através dos anéis. As palhetas superiores e inferiores devem ser ajustadas dinamicamente pelo dispositivo de controle para introduzir efetivamente torção de asa positiva ou negativa em qualquer ou em todos os quartis do toróide, com afastamentos modulados, com momentos de guinada e rolamento da forma da asa e, portanto, pode ser usado para estabilizar o veículo ou para induzir afastamento ou guinada ou rolamento rápidos. Em um exemplo, as palhetas são acionadas por um motor elétrico sem escova que fica dentro de um anexo

vedado usando um mecanismo de engrenagem de razão de redução para que a atuação da palheta em +ou – 90° de trajeto possa ser alcançada dentro de aproximadamente 0,5 segundos. É obvio que os pares de palhetas centrais rígidas podem ser usados também de uma maneira semelhante. Em outro exemplo, as palhetas rígidas podem girar em volta de um eixo o qual é orientado normal para a superfície de toróide, e as quais aproximadamente seccionam o CofG do veículo, e onde dois eixos e palhetas rígidas associadas são incluídas, e onde e os eixos de ambos os eixos subtendem um ângulo de 90°, e onde os eixos de ambos os eixos ao alinhados a 45° com relação a um plano vertical que coincide com o eixo do veículo. Mais uma vez as palhetas rígidas podem ser relaxadas, ou podem ser acionadas de forma a mover o fluido em uma direção subentendida pelo plano descrito pelos eixos de dois eixos como acoplados às palhetas rígidas. Neste exemplo, as palhetas rígidas e eixos podem ser acionados diretamente pelos motores elétricos DC sem escova, ou podem ser acionados indiretamente usando um mecanismo de razão de redução de engrenagem mecânica.

A alta simetria rotacional das formas de casco (como visto ao longo do eixo do casco) descrita aqui dá vantagens onde o veículo deve ser operado em um modo de rolamento contínuo. Entretanto, a invenção cobre também configurações alternativas da invenção (não mostrado) incluindo:

- configurações nas quais as paredes internas e/ou externas do casco externo não parecem circulares como vistas ao longo do eixo do casco. Por exemplo, o casco externo pode ter uma forma em coroa circular poligonal (quadrada, hexagonal etc)
- configurações nas quais o duto é dividido em dois ou mais dutos separados por repartições adequadas.
- configurações nas quais o casco externo ele mesmo define dois ou mais dutos separados
- configurações nas quais o casco externo é evoluído a partir

de um hidrofólio de fluxo laminar como um corpo de revolução em volta do eixo do casco por um ângulo menor do que 360 graus. Neste caso, o duto será parcialmente aberto com uma abertura processando ao longo de seu comprimento. Tornando o ângulo maior que 180 graus, e preferivelmente 5 perto de 360 graus, o casco permanecerá substancialmente em coroa circular de forma a prover levantamento hidrodinâmico em qualquer ângulo do rolamento.

Figuras 5a-d e 12a-12c ilustram um planador submersível com um motor de controle de flutuação, mas em uma configuração alternativa, os 10 perfis de casco mostrados nas Figuras 5<sup>a</sup>-5d ou Figuras 5<sup>a</sup>-5c podem ser usadas em um planador de brinquedo submersível, por exemplo, em uma piscina. O perfil do planador da Figura 5d (sem as palhetas) é preferível nesta aplicação.

## REIVINDICAÇÕES

1. Veículo submersível, caracterizado pelo fato de ter um casco externo o qual define o eixo do casco e parece substancialmente coroa circular quando visto ao longo do eixo do casco, o interior da coroa circular definindo um duto o qual é aberto em ambas as extremidades de forma que quando o veículo é submersido em um líquido, o líquido inunda o duto, compreendendo ainda dispositivos para rolamento do veículo sobre o duto.  
5
2. Veículo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo para rolamento do veículo sobre o duto está posicionado no duto.  
10
3. Veículo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o dispositivo para rolamento do veículo sobre o duto inclui um sistema de propulsão.  
15
4. Veículo de acordo com reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o sistema de propulsão tem simetria rotacional sobre o eixo do casco.  
15
5. Veículo de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que o sistema de propulsão inclui um ou mais pares de dispositivos de propulsão, cada par incluindo um primeiro dispositivo montado em pivô em um primeiro lado do eixo do casco, e um segundo dispositivo montado em pivô em um segundo lado do eixo de casco oposto ao primeiro dispositivo.  
20
6. Veículo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o dispositivo para rolamento do veículo sobre o duto inclui uma ou mais superfícies de controle.  
25
7. Veículo de acordo com reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o dispositivo para fazer rolamento do veículo sobre o duto inclui um ou mais pares de superfícies de controle, cada uma compreendendo uma primeira superfície de controle em um primeiro lado do eixo do casco, e uma segunda superfície de controle em um segundo lado do eixo do casco oposto à primeira

superfície de controle.

8. Veículo de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que a ou cada superfície de controle inclui uma barbatana.

5 9. Veículo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o dispositivo para rolamento do veículo sobre o duto inclui um sistema de controle inercial incluindo uma ou mais massas, cada uma das quais pode ser acelerado de forma a das uma aceleração igual e oposta ao veículo.

10 10. Veículo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de compreender ainda um sistema de controle de flutuação.

15 11. Método para operar um veículo submersível como definido em qualquer das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de compreender: submersão do veículo em um líquido, pelo qual o líquido inunda o duto, e rolamento do veículo sobre seu eixo de casco através de uma pluralidade de revoluções.

12. Método de acordo com reivindicação 11, caracterizado pelo fato de compreender ainda a manutenção do veículo com substancialmente nenhum movimento translacional ainda rolando do veículo sobre seu eixo.

20 13. Método de acordo com reivindicação 11, caracterizado pelo fato de compreender inclinação do veículo em um ângulo para uma corrente no líquido ainda rolando o veículo sobre seu eixo, assim gerando forças maiores.

25 14. Método de acordo com reivindicação 11, caracterizado pelo fato de compreender ainda pulsão em um sistema de propulsão sobre um arco limitado de revolução do veículo.

15. Método de acordo com reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o veículo inclui um sensor, e o método adicionalmente inclui translação do veículo ainda rolando o veículo sobre seu eixo, e adquirindo dados do sensor a partir do sensor mais de uma vez por revolução.

16. Método de acordo com reivindicação 15, caracterizado pelo fato de compreender ainda o processamento de dados do sensor a partir de revoluções sucessivas para alcançar extensão sintética da abertura do sensor em duas dimensões.

5 17. Método de acordo com reivindicação 11, caracterizado pelo fato de compreender ainda o sentido de proximidade do veículo em relação a um objeto externo e controlando a posição do veículo em resposta à proximidade sentida.

10 18. Método de acordo com reivindicação 11, caracterizado pelo fato de compreender ainda um cabo se estendendo a partir do veículo.

19. Uso de um veículo submersível como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de compreender submergir o veículo em um tubo cheio de líquido, para inspeção, reparo ou outros propósitos.

20 20. Método para atracar um veículo submersível como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de compreender inserir o veículo em um atracadouro substancialmente cilíndrico.

21. Método para atracar um veículo submersível como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de compreender a inserção uma projeção da doca dentro do tubo.

20 22. Método para manobrar um veículo submersível como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de compreender a manobra do veículo a partir de uma doca substancialmente cilíndrica.

25 23. Método para manobrar um veículo submersível como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de manobrar o veículo a partir de uma projeção de doca recebida no duto.

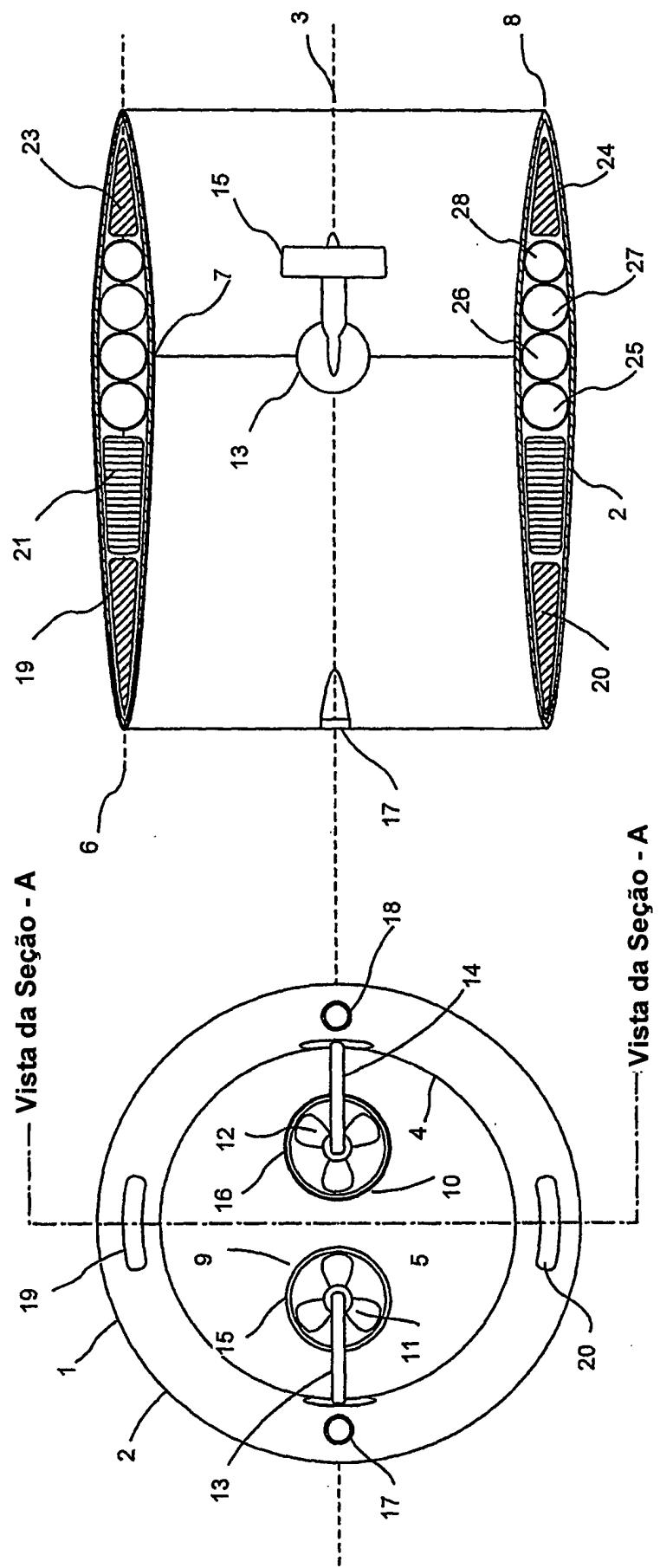


Figura 1b

Figura 1a

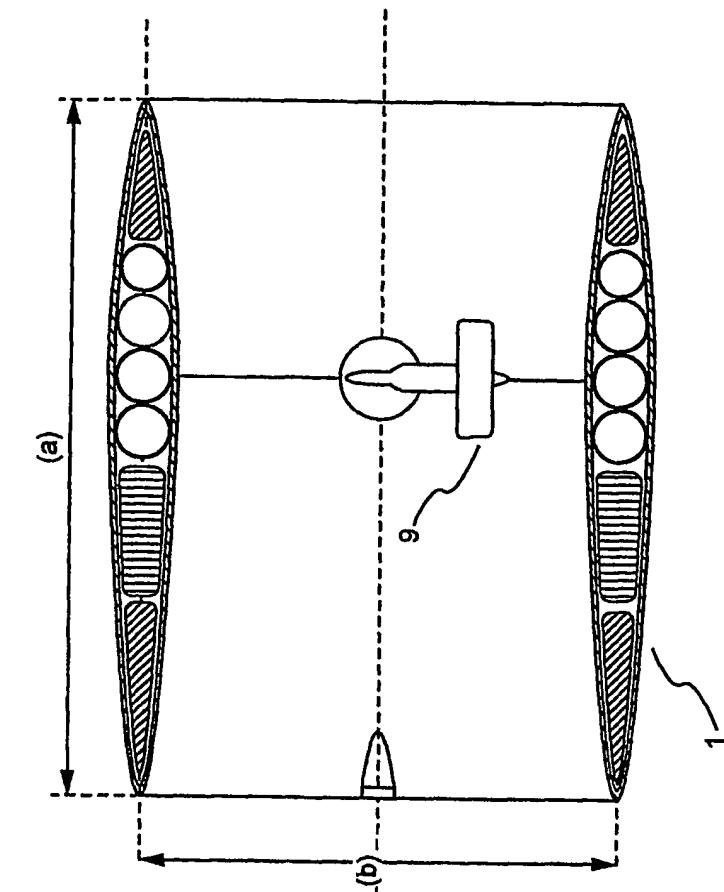


Figura 2b

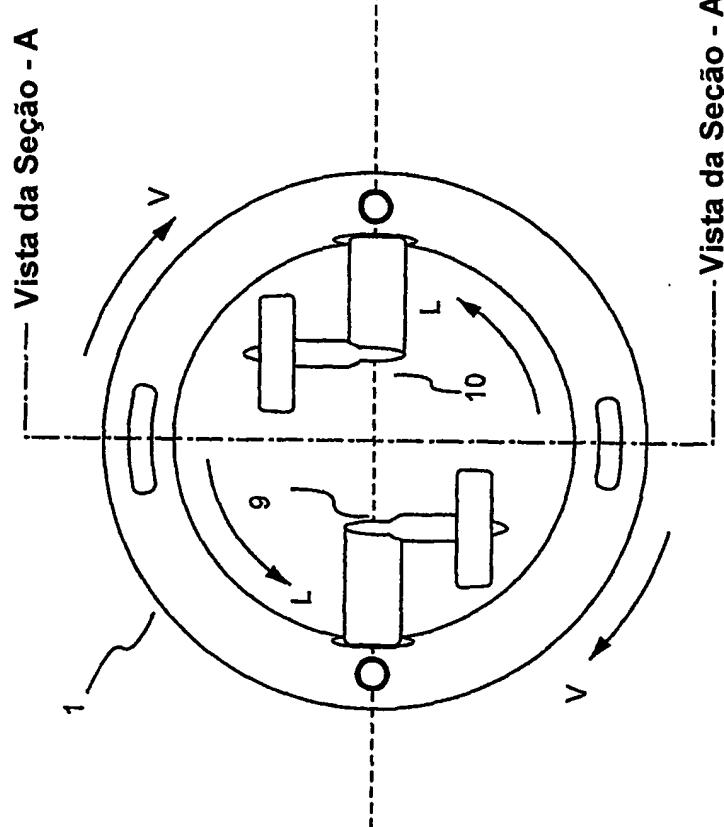


Figura 2a

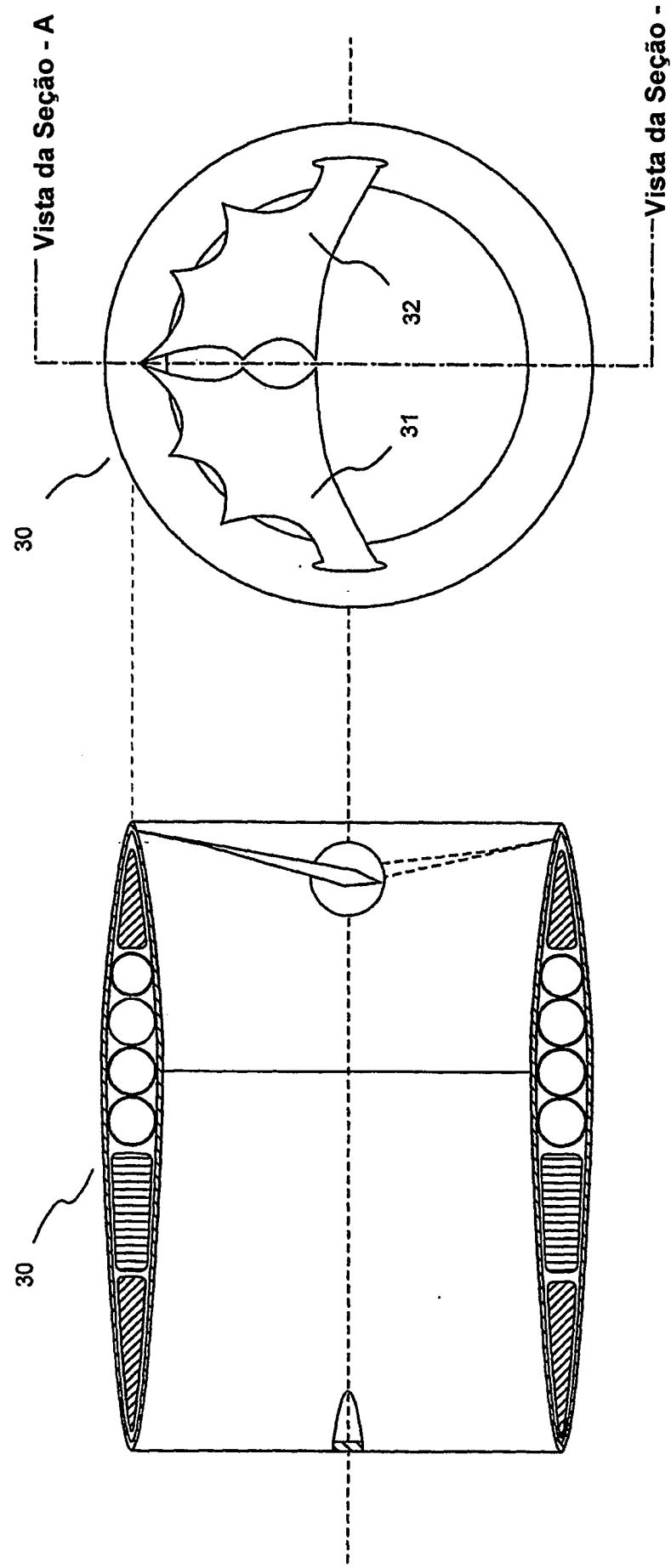
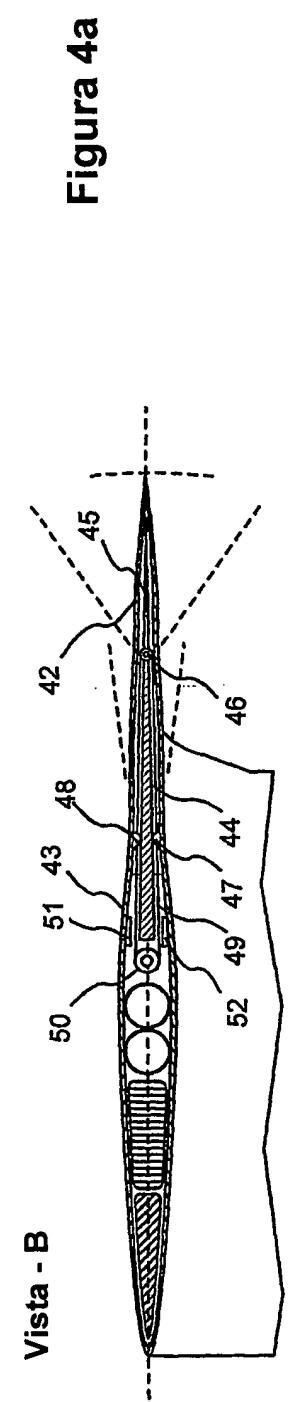
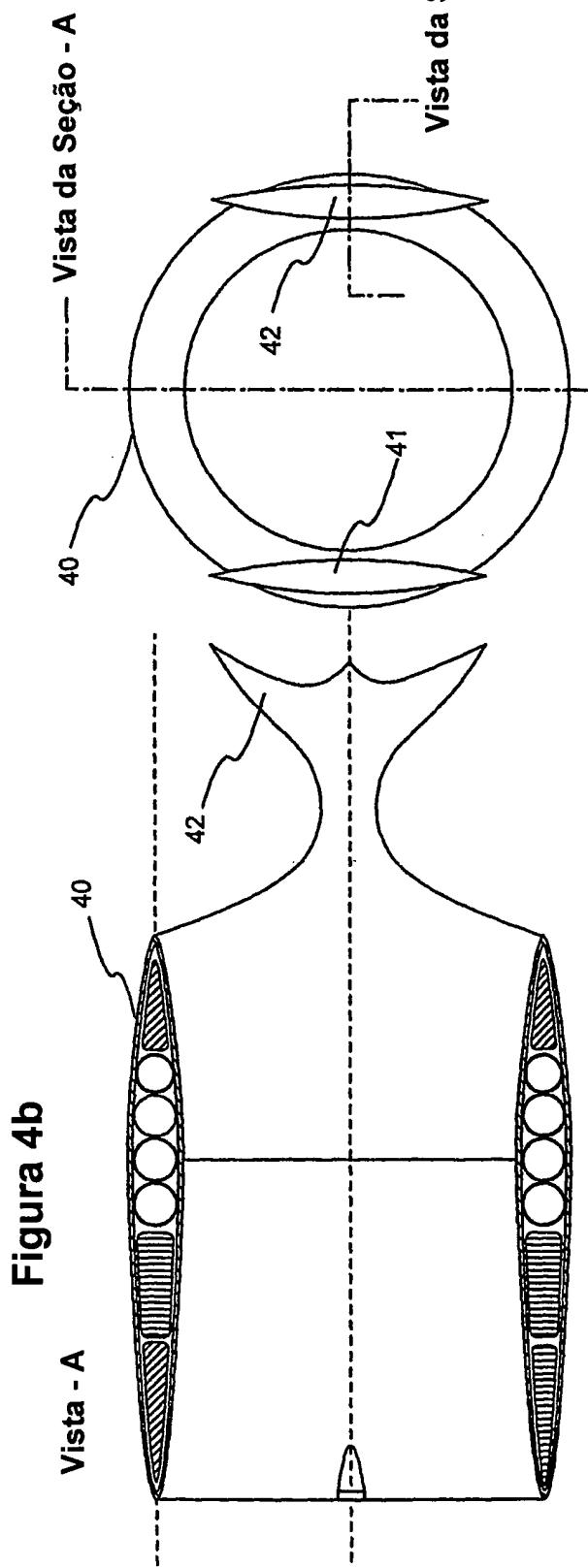


Figura 3a

Figura 3b



**Figura 4c**

Figura 5a

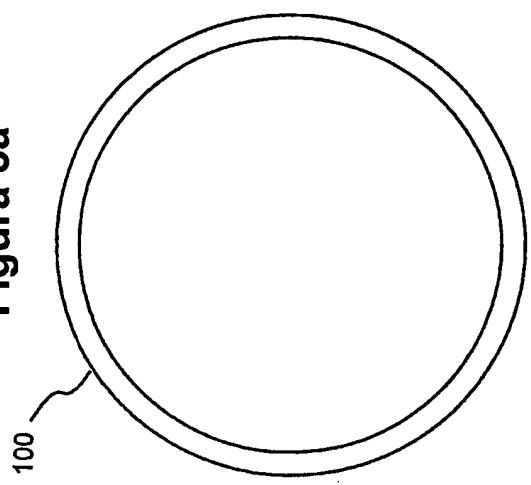
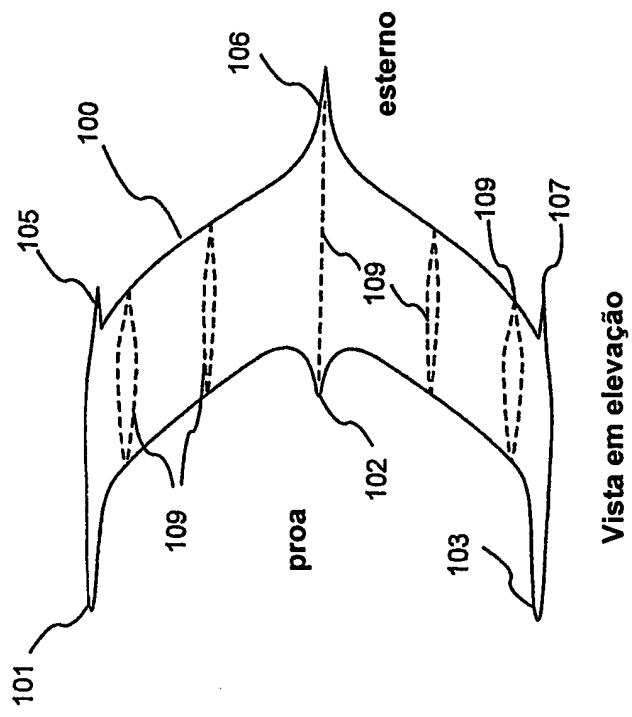


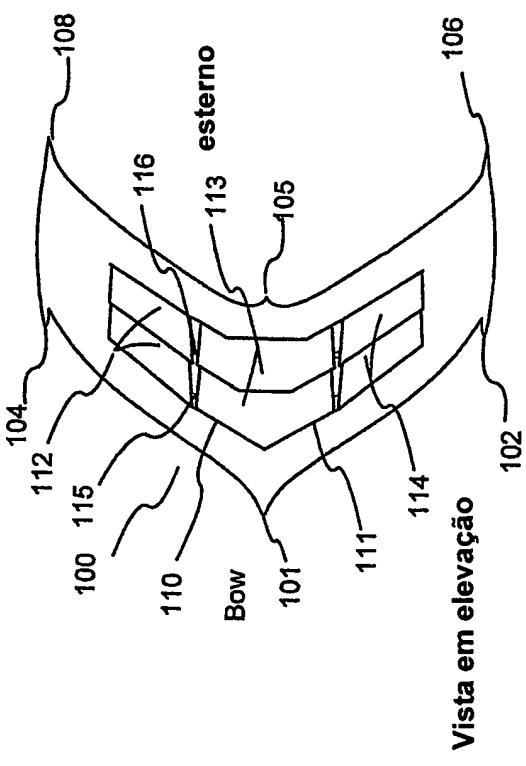
Figura 5b



Vista axial frontal

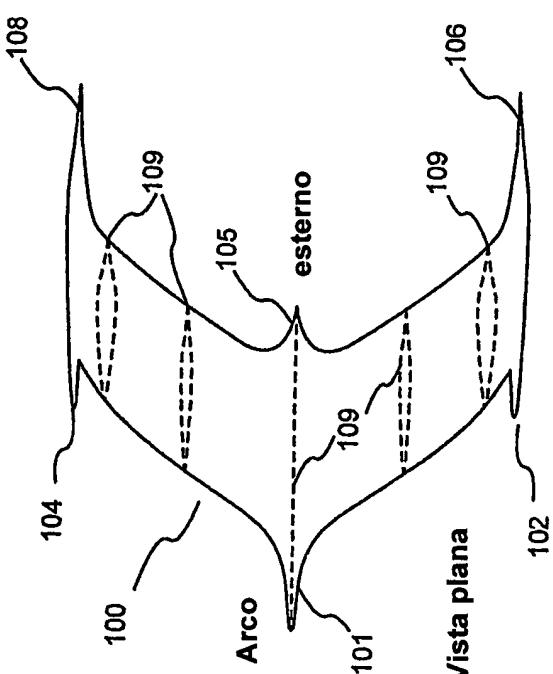
Vista em elevação

Figura 5d

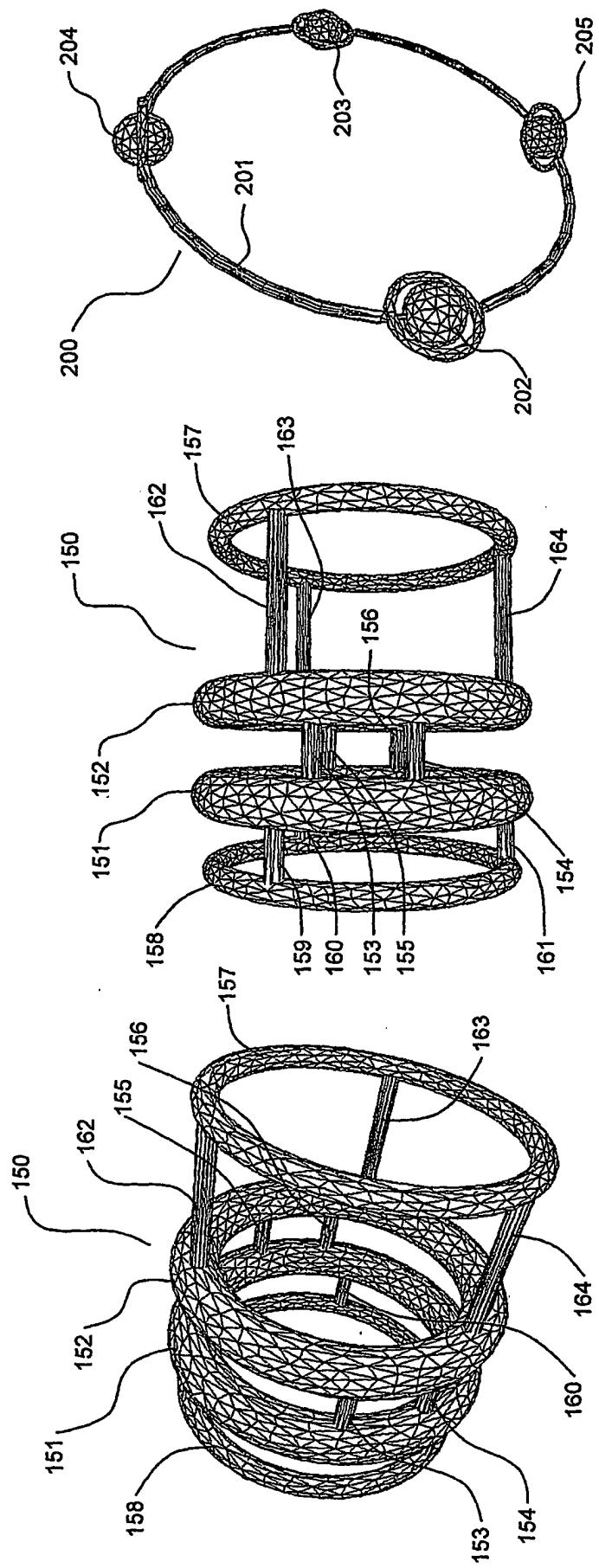


Vista em elevação

Figura 5c



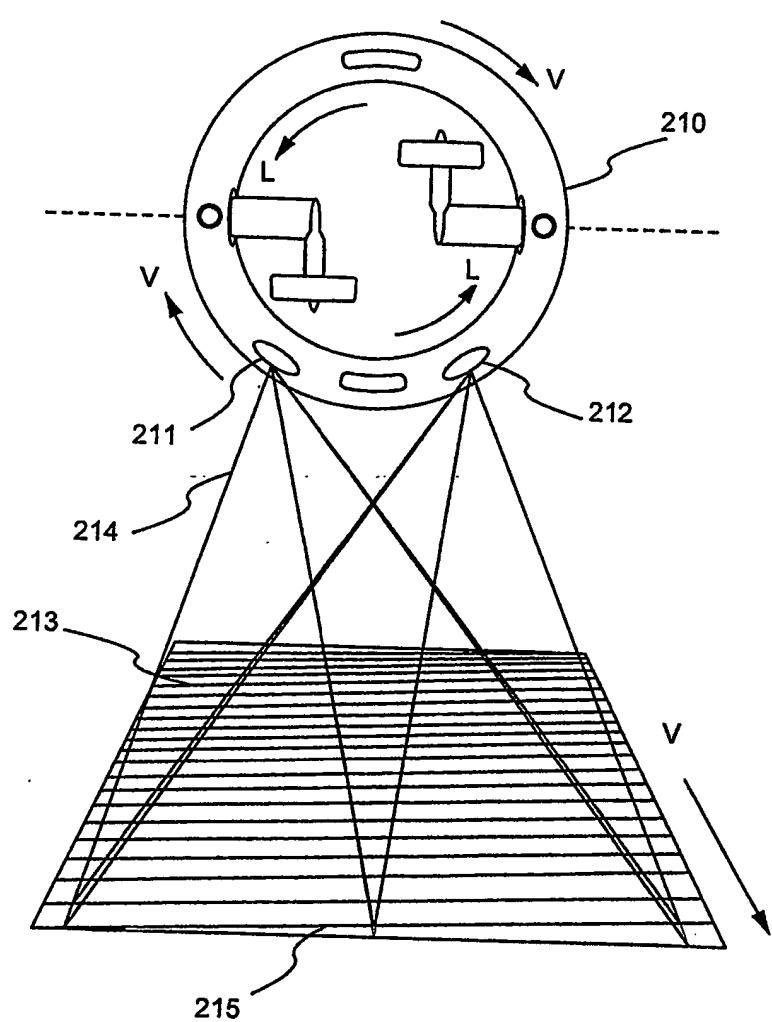
Vista plana



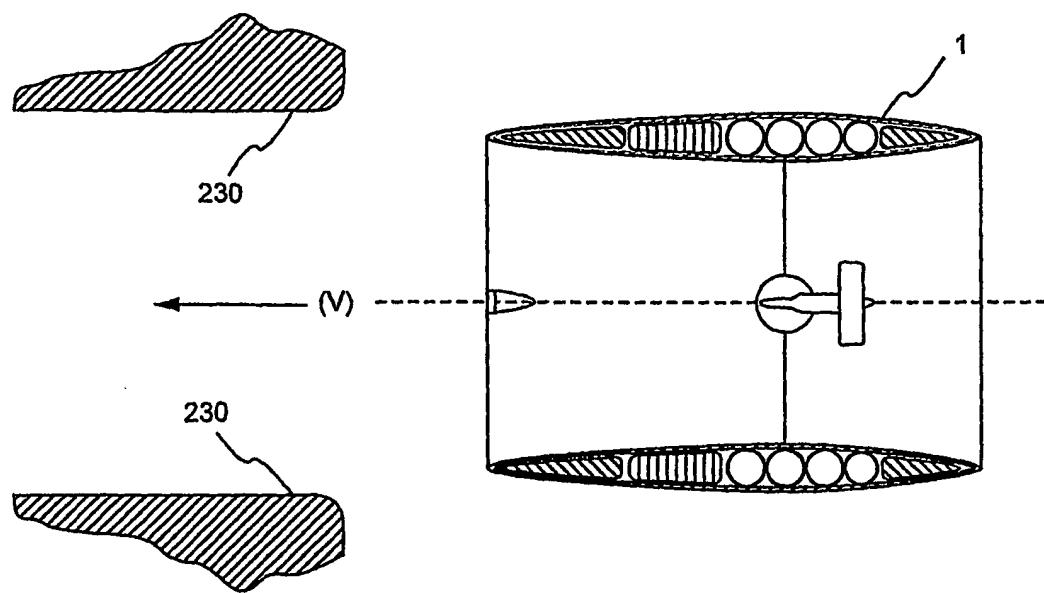
Vista em perspectiva  
**Figura 6a**

Vista em elevação  
**Figura 6b**

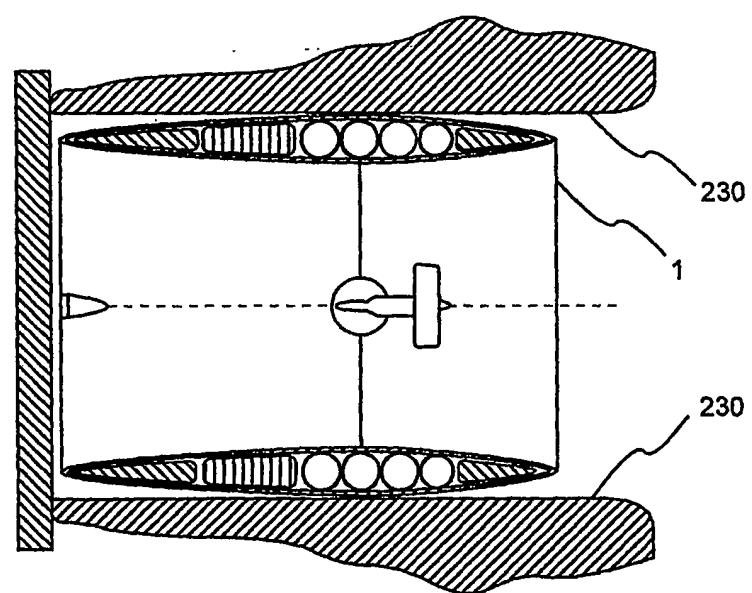
Vista em perspectiva  
**Figura 7**



**Figura 8**



**Figura 9a**



**Figura 9b**

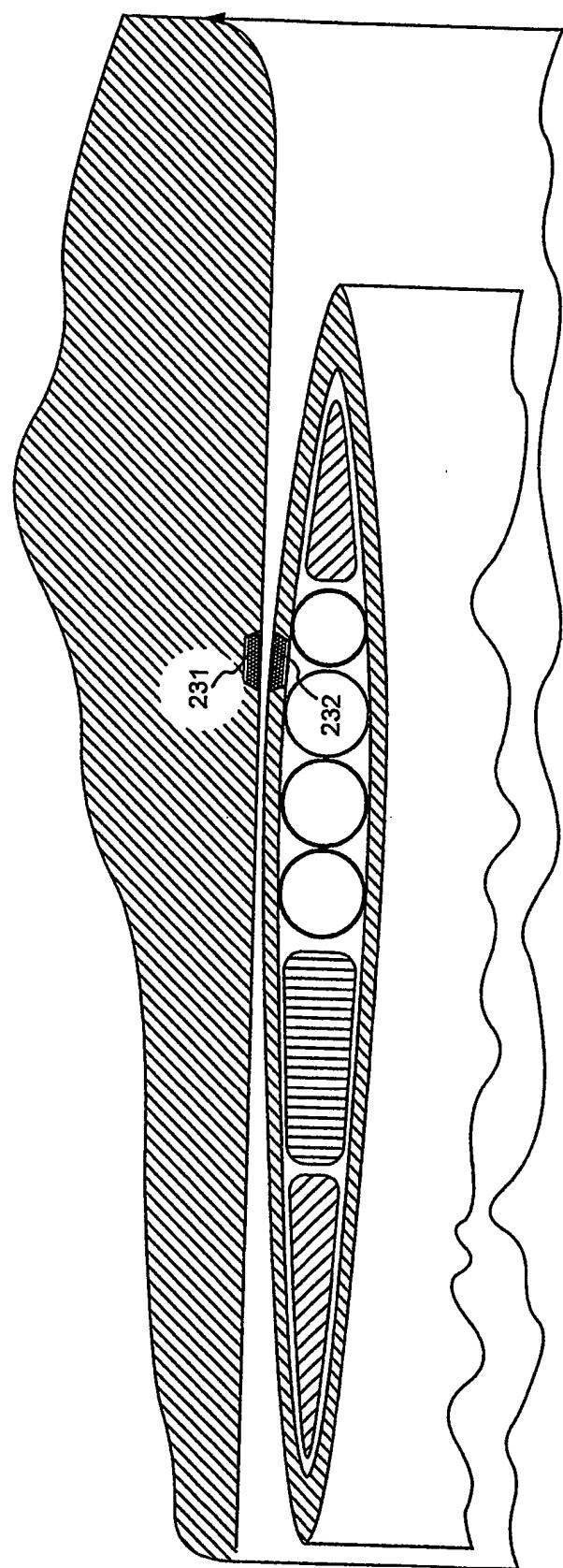
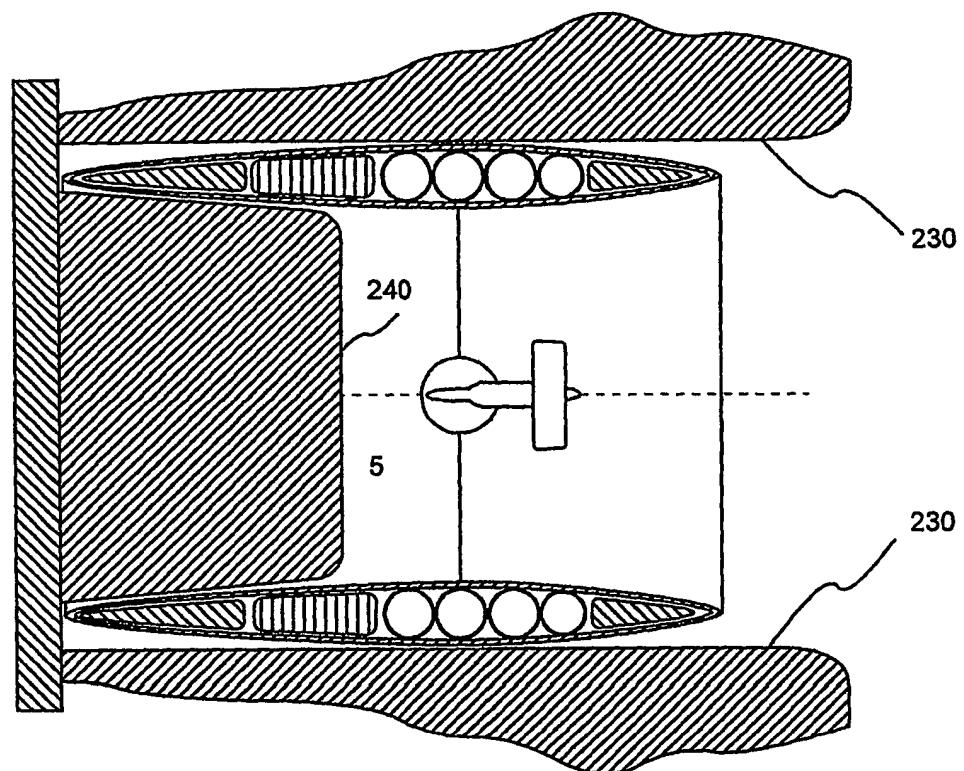
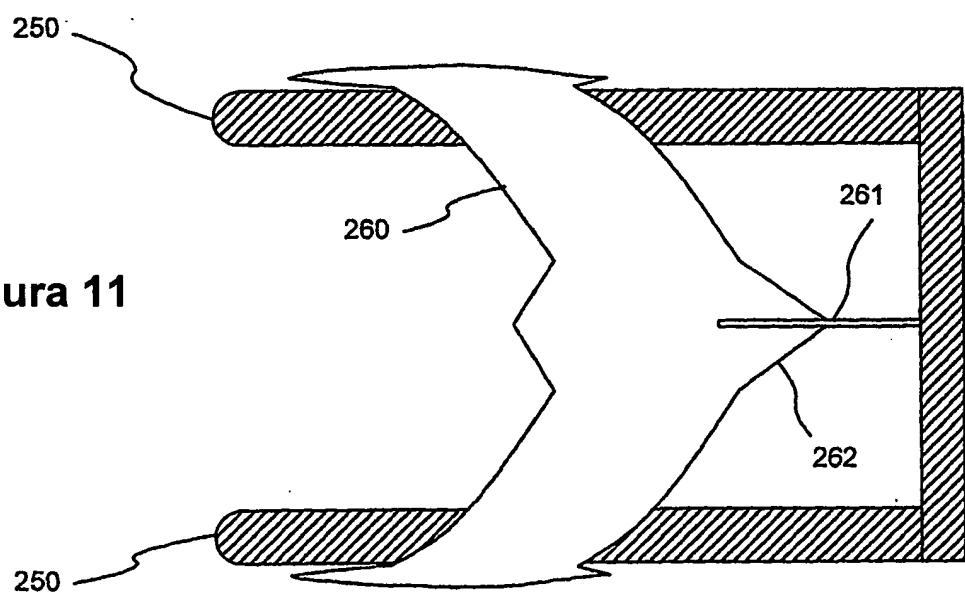


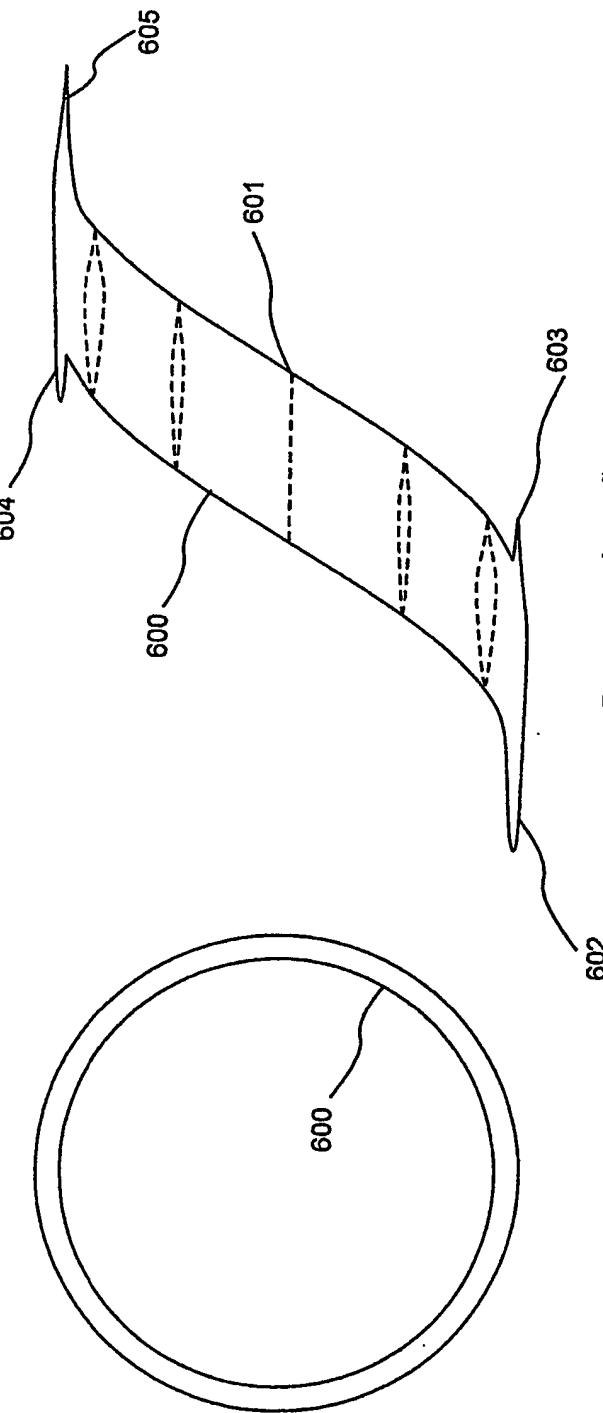
Figura 9c



**Figura 10**

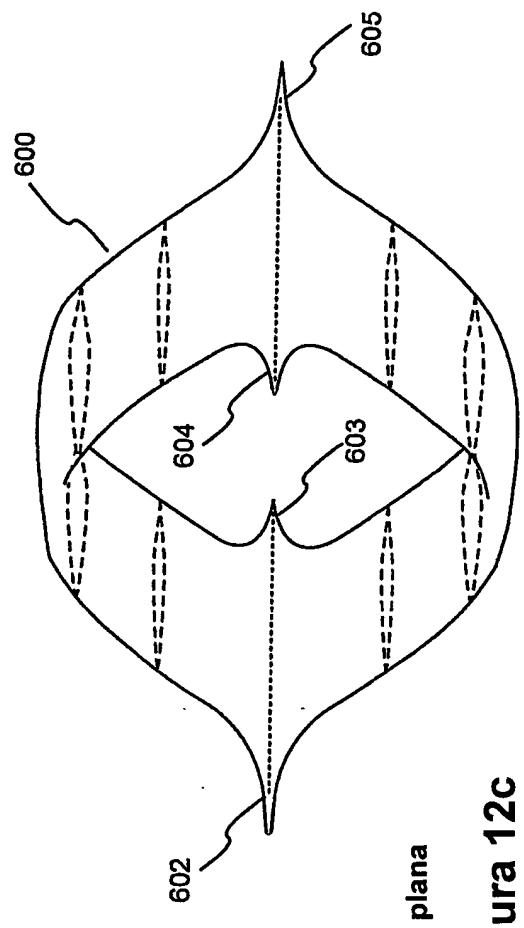


**Figura 11**



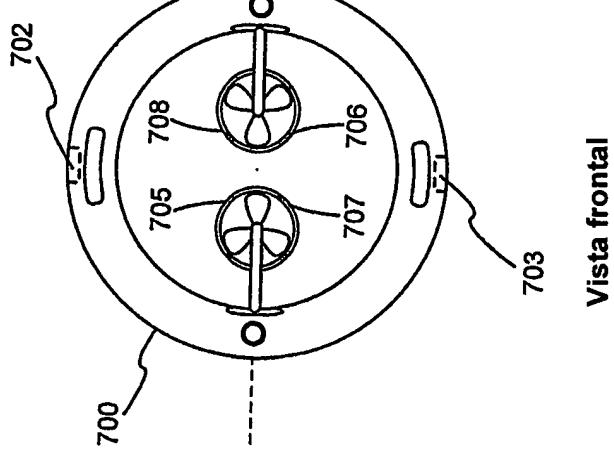
Vista axial frontal  
**Figura 12a**

Porta em elevação  
**Figura 12b**



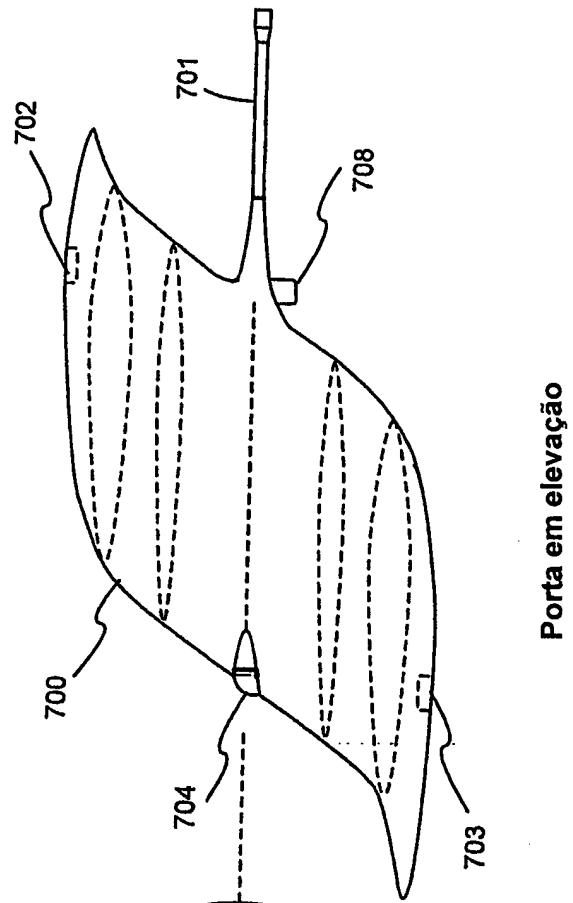
Vista plana  
**Figura 12c**

**Figura 13a**



**Vista frontal**

**Figura 13b**



**Porta em elevação**

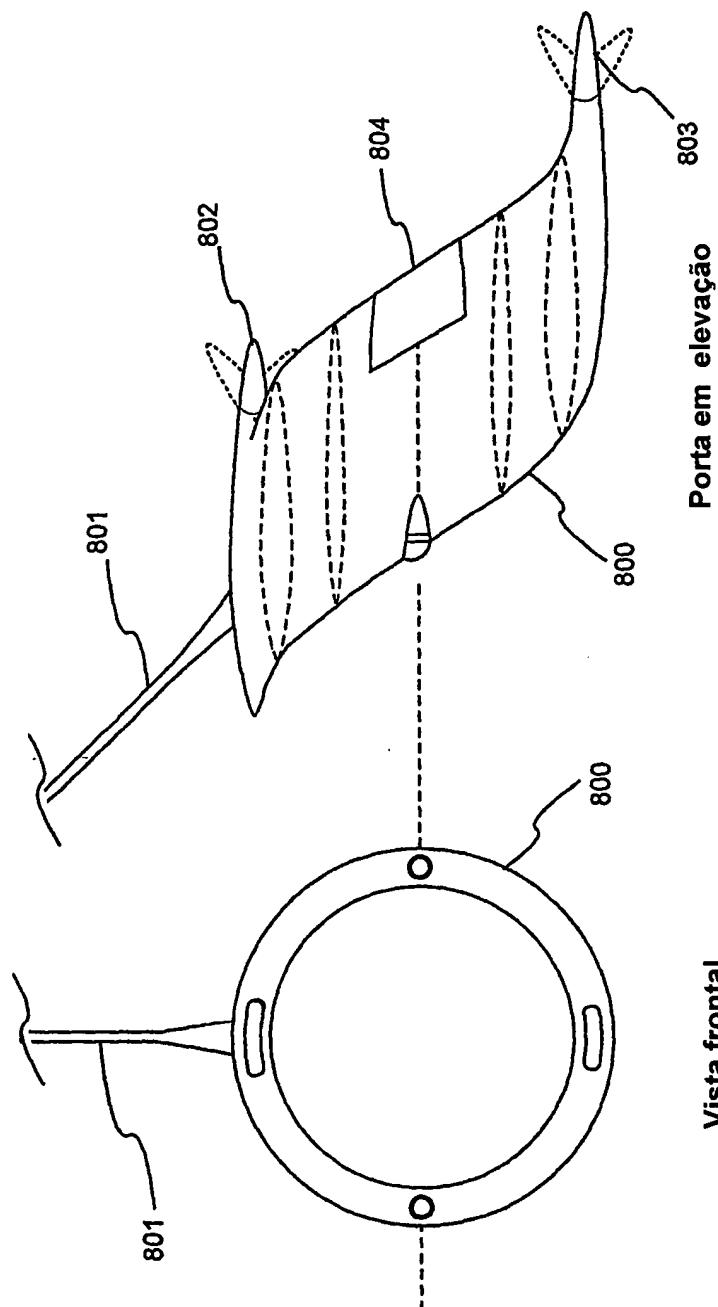
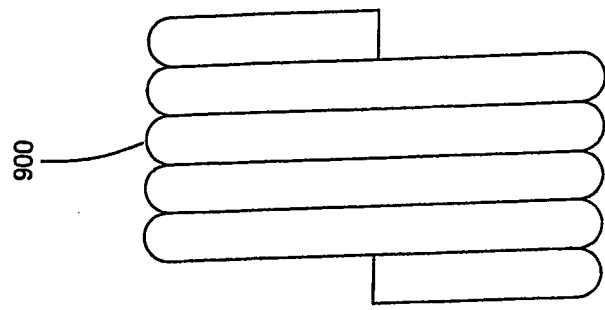


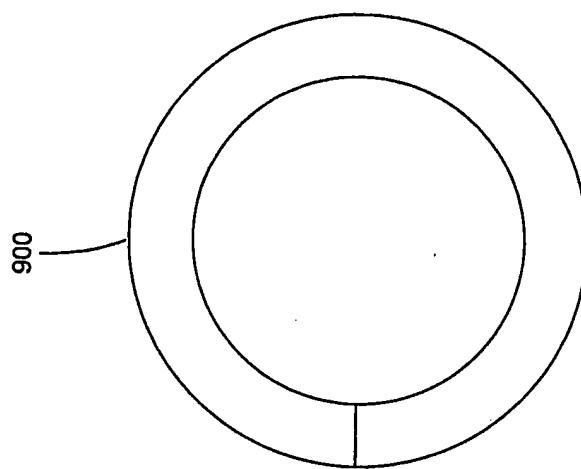
Figura 14b

Figura 14a



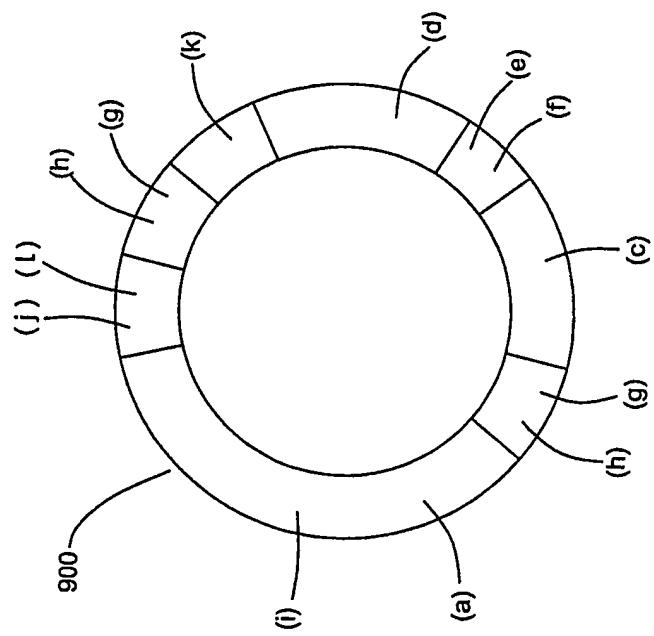
Vista em elevação

**Figura 15c**



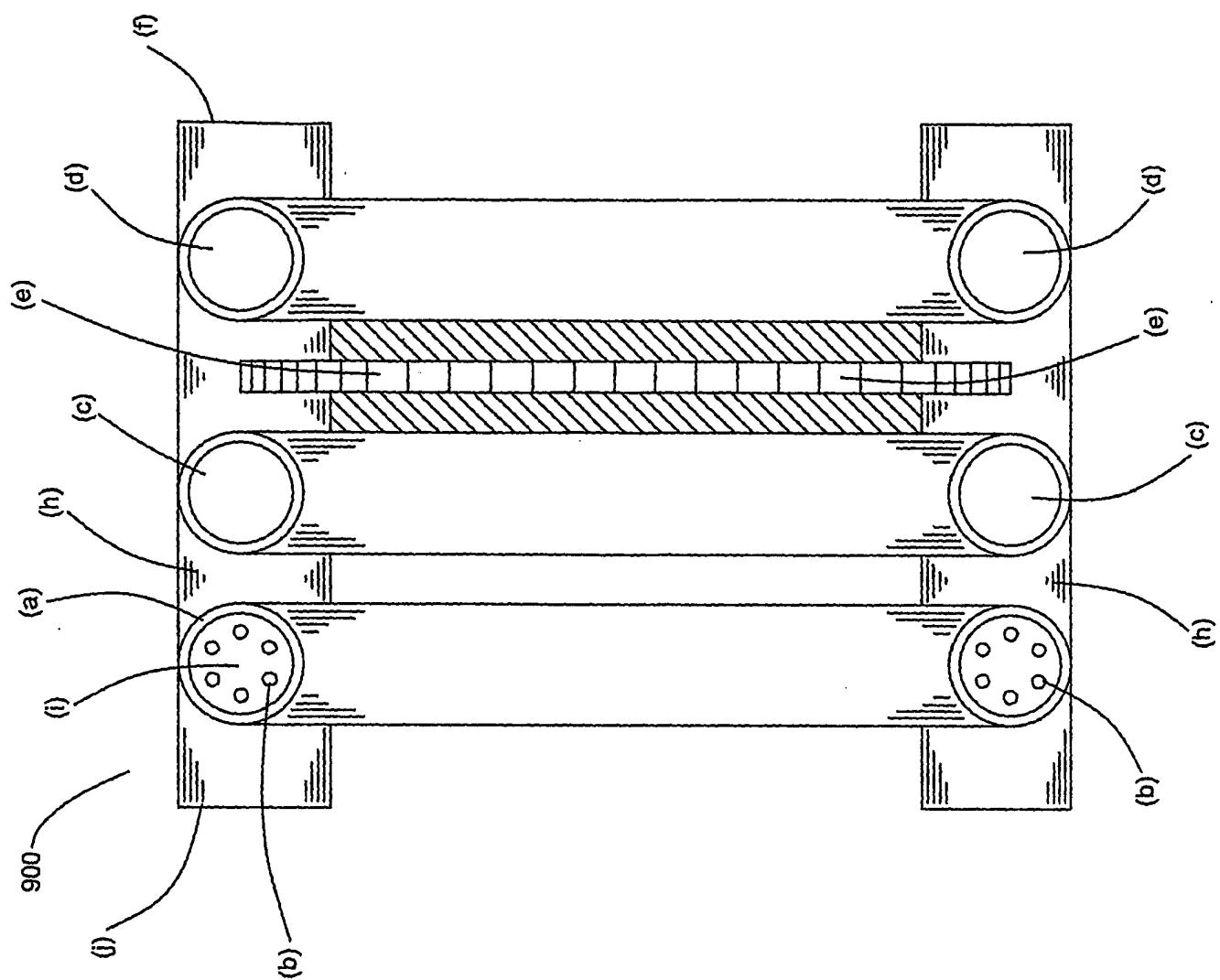
Vista axial

**Figura 15b**



Vista axial

**Figura 15a**



RESUMO

“VEÍCULO SUBMERGÍVEL, MÉTODO PARA OPERAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, USO DE UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, MÉTODO PARA ATRACAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL, E, MÉTODO PARA  
5 MANOBRAR UM VEÍCULO SUBMERGÍVEL”

Um veículo submersível tendo um casco externo o qual define um eixo de casco e se mostra substancialmente em coroa circular quando visto ao longo do eixo do casco, o interior da coroa circular definindo um duto o qual é aberto em ambas as extremidades de forma que quando o  
10 veículo é submerso em um líquido, o líquido inunda o duto. O veículo, incluindo adicionalmente dispositivos para rolar o veículo sobre o eixo do casco. Um sistema de controle de flutuação pode ser provido, e o casco externo pode ser varrido em relação ao eixo do casco. Vários métodos de manobra e uso do veículo são descritos.