



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

(21) **PI0612134-9 A2**

(22) Data de Depósito: 12/06/2006
(43) Data da Publicação: 19/10/2010
(RPI 2076)



(51) *Int.Cl.:*
C10J 3/06
C10B 1/04
C01B 3/32
B01J 8/00

(54) Título: **APARELHO DE GERAÇÃO DE GÁS**

(30) Prioridade Unionista: 13/06/2005 US 60/689.539

(73) Titular(es): SOCIETE BIC

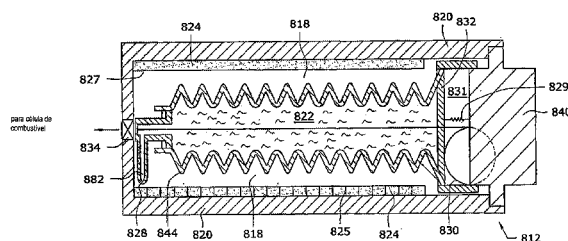
(72) Inventor(es): ANDREW J. CURELLO, ANTHONY SGROI, JR,
CONSTANCE R. STEPAN, FLOYD FAIRBANKS, MICHAEL
CURELLO

(74) Procurador(es): Bhering Advogados

(86) Pedido Internacional: PCT US2006023025 de 12/06/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/135896 de 21/12/2006

(57) Resumo: APARELHO DE GERAÇÃO DE GÁS. Um aparelho de geração de gás (10) inclui uma câmara de reação (18) contendo um componente de combustível sólido (24) e um componente de combustível líquido (22) que é introduzido na câmara de reação por uma trajetória de fluido, como um tubo, bocal ou válvula. O fluxo do combustível líquido para o combustível sólido é auto-regulador. Outras modalidades do aparelho de geração de gás são também descritas.





PI0612134-9

APARELHO DE GERAÇÃO DE GÁS

ANTECEDENTES

A presente invenção refere-se genericamente a fontes de combustível para células de combustível. Em particular, a presente invenção refere-se a cartuchos de combustível para células de combustível configuradas para produzir um gás de combustível sob demanda.

Células de combustível são dispositivos que convertem diretamente energia química de reagentes, isto é, combustível e oxidante, em eletricidade de corrente contínua (CC). Para um número crescente de aplicações, as células de combustível são mais eficientes do que a geração de energia convencional, como combustão de combustível fóssil e mais eficiente do que armazenagem de energia portátil, com baterias de íon de lítio.

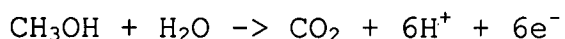
Em geral, a tecnologia de célula de combustível inclui uma variedade de células de combustível diferentes, como células de combustível alcalino, células de combustível eletrólito de polímero, células de combustível de ácido fosfórico, células de combustível de carbonato fundido, células de combustível de óxido sólido e células de combustível de enzima. As células de combustível mais importantes atualmente podem ser divididas em várias categorias gerais, a saber (i) células de combustível que utilizam hidrogênio comprimido (H_2) como combustível, (ii) células de combustível de membrana de permuta de prótons (PEM) que utilizam álcoois, por exemplo, metanol (CH_3OH), hidretos de metal, por exemplo, boroidreto de sódio ($NaBH_4$), hidrocarbonetos ou outros combustíveis reformados em combustível de hidrogênio, (iii) células de combustível PEM que podem consumir combustível não hidrogênio diretamente ou células de combustível de oxidação direta, e (iv) células de combustível de óxido sólido (SOFC) que convertem diretamente combustíveis de hidrocarboneto em eletricidade em temperatura elevada.

Hidrogênio comprimido é genericamente mantido sob

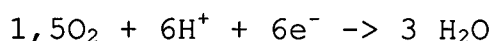
pressão elevada, e é portanto, difícil de manipular. Além disso, grandes tanques de armazenagem são tipicamente necessários, e não podem ser feitos suficientemente pequenos para dispositivos eletrônicos de consumidor. Células de combustível de reformar, convencionais, exigem reformadores e outros sistemas de vaporização e auxiliares para converter combustível em hidrogênio para reagir com oxidante na célula de combustível. Os recentes avanços tornam o reformador ou células de combustível de reformar promissores para dispositivos eletrônicos de consumidor. As células de combustível de oxidação direta, mais comuns, são células de combustível de metanol direto ou DMFC. Outras células de combustível de oxidação direta incluem células de combustível de etanol direto e células de combustível de ortocarbonato tetrametil direto. DMFC, onde metanol é reagido diretamente com oxidante na célula de combustível, é a célula de combustível mais simples e potencialmente menor, e tem também aplicação promissora de energia para dispositivos eletrônicos de consumidor. SOFC convertem combustíveis de hidrocarboneto, como butano, em calor elevado para produzir eletricidade. SOFC requer temperatura relativamente elevada na faixa de 1000°C para que a reação de célula de combustível ocorra.

As reações químicas que produzem eletricidade são diferentes para cada tipo de célula de combustível. Para DMFC, a reação químico-elétrica em cada eletrodo e a reação geral para uma célula de combustível de metanol direto são descritos como a seguir:

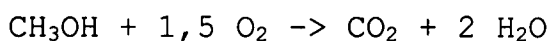
Meia-reação no anódio:



Meia-reação no catódio:



A reação de célula de combustível global:



Devido à migração dos íons de hidrogênio (H^+) através do PEM a partir do anódio através do catódio e devido à incapacidade dos elétrons livres (e^-) passarem através do

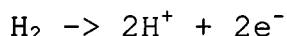
PEM, os elétrons fluem através de um circuito externo, desse modo produzindo uma corrente elétrica através do circuito externo. O circuito externo pode ser utilizado para acionar muitos dispositivos eletrônicos de consumidor, úteis, como
 5 telefones móveis ou celulares, calculadoras, assistentes pessoais digitais, computadores laptop e ferramentas de energia, entre outros.

DMFC é discutido nas patentes norte-americanas 5.992.008 e 5.945.231, que são incorporadas a título de referência na
 10 íntegra. Genericamente, o PEM é feito de um polímero, como Nafion® disponível junto à DuPont, que é um polímero de ácido sulfúrico perfluorado tendo uma espessura na faixa de aproximadamente 0,05 mm a aproximadamente 0,50 mm, ou outras membranas apropriadas. O anódio é tipicamente feito de um
 15 suporte de papel carbono Teflonizado com uma camada fina de catalisador, como platina-rutênio, depositado sobre o mesmo. O catódio é tipicamente um eletrodo de difusão de gás no qual partículas de platina são ligadas a um lado da membrana.

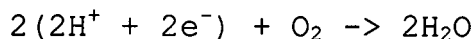
Em uma célula de combustível de hidreto de metal
 20 químico, boroidreto de sódio é reformado e reage como a seguir:



Meia-reação no anódio:



25 Meia-reação no catódio:



Catalisadores apropriados para essa reação incluem platina e rutênio, e outros metais. O combustível de hidrogênio produzido a partir da reformação de boroidreto de
 30 sódio é reagido na célula de combustível com um oxidante, como O_2 , para criar eletricidade (ou um fluxo de elétrons) e subproduto de água. O subproduto de borato de sódio (NaBO_2) também é produzido pelo processo de reformar. Uma célula de combustível de boroidreto de sódio é discutida na patente US
 35 4.261.956, que é aqui incorporada a título de referência.

Uma das características mais importantes para aplicação

de célula de combustível é armazenagem de combustível. Outra característica importante é regular o transporte de combustível para fora do cartucho de cartucho até a célula de combustível. Para serem comercialmente úteis, células de
5 combustível como sistemas de DMFC ou PEM devem ter a capacidade de armazenar combustível suficiente para atender o uso normal dos consumidores. Por exemplo, para telefones móveis ou celulares, para computadores laptop, e para assistentes pessoais digitais (PDAs), células de combustível
10 necessitam acionar esses dispositivos pelo menos pelo mesmo tempo das baterias atuais, e preferivelmente por muito mais tempo. Adicionalmente, as células de combustível devem ter tanques de combustível facilmente substituíveis ou reabastecíveis para minimizar ou evitar a necessidade de
15 recargas demoradas exibidas por baterias recarregáveis atuais.

Uma desvantagem dos geradores de gás hidrogênio conhecidos é que após início da reação o cartucho de gerador de gás não pode controlar a reação. Desse modo, a reação
20 continuará até que o fornecimento dos reagentes esgote ou a fonte do reagente seja manualmente fechada.

Por conseguinte, há um desejo de se obter um aparelho gerador de gás hidrogênio que seja capaz de auto-regular o fluxo de pelo menos um reagente para dentro da câmara de
25 reação.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Um aspecto da invenção é dirigido a um aparelho de geração de gás, que inclui uma câmara de reação contendo um componente de combustível sólido e um reservatório contendo
30 um componente de combustível líquido. Uma trajetória de fluido para introduzir o componente de combustível líquido na câmara de reação é fornecida. A introdução do componente de combustível líquido é em resposta a uma pressão dentro da câmara de reação.

35 Outro aspecto da invenção é dirigido para um aparelho de geração de gás, onde o fluxo de reagente líquido para a

câmara de reação é de auto-regulagem.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Esses e outros aspectos, características e vantagens da presente invenção tornar-se-ão mais bem entendidos quando a
5 seguinte descrição detalhada for lida com referência aos desenhos em anexo nos quais caracteres similares representam partes similares por todos os desenhos, onde:

A figura 1 é uma vista esquemática em seção de um aparelho de geração de gás de acordo com a presente invenção;

10 A figura 2 é uma vista esquemática em seção de uma modalidade alternada do aparelho de geração de gás da figura 1;

A figura 3 é uma vista esquemática em seção de uma modalidade alternada de um aparelho de geração de gás de
15 acordo com a presente invenção;

A figura 4 é uma vista esquemática em seção de uma modalidade alternada do aparelho de geração de gás da figura 3;

A figura 5 é uma vista esquemática em seção ainda de
20 outro aparelho de geração de gás de acordo com a presente invenção utilizando um tubo de fluxo coberto por um rolo absorvente;

A figura 6 é uma vista esquemática em seção transversal de uma modalidade alternada do rolo absorvente do aparelho de
25 geração de gás mostrado na figura 5;

A figura 7 é uma vista esquemática em seção de outra modalidade alternada de um aparelho de geração de gás de acordo com a presente invenção tendo um corpo inflável;

A figura 8 é uma vista esquemática em seção do aparelho
30 de geração de gás mostrado na figura 7 onde o corpo inflável está em uma configuração expandida;

A figura 9 é uma vista esquemática em seção de outra modalidade alternada de um aparelho de geração de gás de acordo com a presente invenção tendo um reservatório de
35 solução e uma câmara de reação separada incluindo um elemento de tela;

A figura 10 é uma vista esquemática em seção do aparelho de geração de gás mostrado na figura 9 onde o elemento de tela é avançado dentro da câmara de reação;

5 A figura 11 é uma vista esquemática em seção de outra modalidade alternada de um aparelho de geração de gás de acordo com a presente invenção tendo uma tubulação com uma pluralidade de canais de fluxo de diâmetro variável;

10 A figura 12 é uma vista esquemática em seção de outra modalidade alternada de um aparelho de geração de gás de acordo com a presente invenção tendo uma tubulação com uma pluralidade de válvulas disparadas de pressão;

A figura 13 é uma vista esquemática em seção de outra modalidade alternada de um aparelho de geração de gás de acordo com a presente invenção onde a câmara de componente de
15 fluido líquido é uma bexiga deformável acionada por mola e a figura 13A é uma vista em perspectiva de um conduto de fluido alternado; e

A figura 14 é uma vista esquemática em seção de outra modalidade alternada de um aparelho de geração de gás de
20 acordo com a presente invenção tendo um tubo de regulagem de pressão de diâmetro pequeno conectando um reservatório de componente de combustível líquido a um tablete de combustível sólido.

DESCRIÇÃO DETALHADA

25 Como ilustrado nos desenhos em anexo e discutido em detalhe abaixo, a presente invenção é dirigida a uma fonte de combustível, que armazena combustíveis de célula de combustível, como metanol e água, mistura de metanol/água, misturas de metanol/água de concentrações variáveis, metanol
30 puro, e/ou clatratos de metila descritos nas patentes US 5.364.977 e 6.512.005 B2, que são incorporados aqui a título de referência na íntegra. Metanol e outros álcoois são utilizáveis em muitos tipos de células de combustível, por exemplo, DMFC, células de combustível de enzima e células de
35 combustível reformado, entre outros. A fonte de combustível pode conter outros tipos de combustíveis de células de

combustível, como etanol ou álcoois, hidretos de metal, como boroidretos de sódio, outros produtos químicos que podem ser reformados em hidrogênio, ou outros produtos químicos que podem melhorar o desempenho ou eficiência de células de combustível. Combustíveis também incluem eletrólito de hidróxido de potássio (KOH), que é utilizável com células de combustível de metal ou células de combustível alcalino, e podem ser armazenados em fornecimentos de combustível. Para células de combustível de metal, combustível tem a forma de partículas de zinco carregadas de fluido imersas em uma solução de reação eletrolítica de KOH, e os anódios nas cavidades de células são anódios em partículas formados das partículas de zinco. A solução eletrolítica de KOH é descrita no pedido de patente publicado norte-americano 2003/0077493, intitulado "Method of using fuel cell system configured to provide power to one or more loads," publicado em 24 de abril de 2003, que é incorporado aqui a título de referência na íntegra. Os combustíveis também podem incluir uma mistura de metanol, peróxido de hidrogênio e ácido sulfúrico, que flui além de um catalisador formado em chips de silício para criar uma reação de célula de combustível. Além disso, os combustíveis incluem uma mistura de metanol, boroidreto de sódio, um eletrólito e outros compostos, como aqueles descritos nas patentes US 6.554.877, 6.562.497 e 6.758.871, que são incorporadas a título de referência na íntegra. Adicionalmente, os combustíveis também incluem aqueles que são parcialmente dissolvidos em solvente e parcialmente suspensos em solvente, descritos na patente US 6.773.470 e aqueles que incluem tanto combustível líquido como combustíveis sólidos, descritos no pedido de patente publicada dos Estados Unidos número 2002/076602. Combustíveis apropriados também são descritos em um pedido provisional US intitulado "Fuels for hydrogen-generating cartridges", depositado em 13 de junho de 2005, tendo o número serial 60.689.572. Essas referências são também incorporadas a título de referência na íntegra.

Os combustíveis também incluem um hidreto de metal como boroidreto de sódio (NaBH_4) e água, discutidos acima. Os combustíveis podem incluir ainda combustíveis de hidrocarboneto, que incluem, porém não são limitados a butano, querosene, álcool e gás natural, descrito no pedido de patente publicado norte-americano 2003/0096150, intitulado "Liquid hereto-interface fuel cell device", publicado em 22 de maio de 2003, que é aqui incorporado a título de referência na íntegra. Os combustíveis também podem incluir oxidantes líquidos que reagem com combustíveis. A presente invenção não é, portanto, limitada a nenhum tipo de combustível, soluções eletrolíticas, soluções oxidantes ou líquidos ou sólidos contidos no fornecimento ou de outro modo utilizados pelo sistema de célula de combustível. O termo "combustível" como utilizado aqui inclui todos os combustíveis que podem ser reagidos em células de combustível ou na fonte de combustível, e inclui, porém não é limitado a, todos os combustíveis apropriados acima, soluções eletrolíticas, soluções oxidantes, gases, líquidos, sólidos e/ou produtos químicos e misturas dos mesmos.

Como utilizado aqui, o termo "fonte de combustível" inclui, porém não é limitado a, cartuchos descartáveis, cartuchos reabastecíveis/reutilizáveis, recipientes, cartuchos que residem no interior do dispositivo eletrônico, cartuchos removíveis, cartuchos que estão fora do dispositivo eletrônico, tanques de combustível, tanques de reabastecimento de combustível, outros recipientes que armazenam combustível e as tubagens conectadas aos tanques de combustível e recipientes. Embora um cartucho seja descrito abaixo em combinação com as modalidades exemplares da presente invenção, observa-se que essas modalidades também são aplicáveis a outros fornecimentos de combustível e a presente invenção não é limitada a nenhum tipo específico de fonte de combustível.

A fonte de combustível da presente invenção também pode ser utilizada para armazenar combustíveis que não são

utilizados em células de combustível. Essas aplicações incluem, porém não são limitadas a, armazenar hidrocarbonetos e combustíveis de hidrogênio para micro motor de turbina-gás construído em chips de silício, discutido em "Here comes the
5 microengines" publicado no The Industrial Physicist, (dezembro 2001/janeiro 2002) nas páginas 20-25. Como utilizado no presente pedido, o termo "célula de combustível" também inclui micromotores. Outras aplicações incluem armazenar combustíveis tradicionais para motores de combustão
10 interna, e hidrocarbonetos, como butano para isqueiros de bolso e utilidade e propano líquido.

Aparelhos de geração de hidrogênio conhecidos, apropriados, são descritos no pedido de patente norte-americana co-pendente, comumente pertencente no. 10/679.756
15 depositado em 6 de outubro de 2003; 10/854.540; depositado em 26 de maio de 2004; 11/067.167, depositado em 25 de fevereiro de 2005; e 11/066.573, depositado em 25 de fevereiro de 2005. As descrições dessas referências são incorporadas aqui a título de referência na íntegra.

20 O aparelho de geração de gás da presente invenção pode incluir uma câmara de reação tendo um primeiro reagente opcional e um reservatório tendo um segundo reagente. Os primeiro e segundo reagentes podem ser um hidreto de metal, por exemplo, boroidreto de sódio, e água. Os dois reagentes
25 podem estar na forma gasosa, líquida, aquosa ou sólida. Preferivelmente, o primeiro reagente armazenado na câmara de reação é um hidreto de metal sólido ou boroidreto de metal, e o segundo reagente é água opcionalmente misturada com aditivos e catalisadores. Um dos reagentes pode incluir
30 clatratos de metila, que incluem essencialmente metanol encerrado ou retido no interior de outros componentes. Água e hidreto de metal da presente invenção reagem para produzir gás hidrogênio, que pode ser consumido por uma célula de combustível para produzir eletricidade. Outros reagentes
35 apropriados são discutidos abaixo, e são descritos no pedido '540, anteriormente incorporado a título de referência acima.

Adicionalmente, o aparelho de geração de gás pode incluir um dispositivo ou sistema que é capaz de controlar o transporte de um segundo reagente a partir do reservatório para a câmara de reação. As condições operacionais dentro da câmara de reação e/ou reservatório, preferivelmente uma pressão dentro da câmara de reação, são capazes de controlar o transporte do segundo reagente para a câmara de reação. Por exemplo, o segundo reagente no reservatório pode ser introduzido na câmara de reação quando a pressão dentro da câmara de reação for menor do que um valor predeterminado, preferivelmente menor do que a pressão no reservatório, e mais preferivelmente menor do que a pressão no reservatório por uma quantidade predeterminada. É preferível que o fluxo do segundo reagente a partir do reservatório para dentro da câmara de reação seja auto-regulado. Desse modo, quando a câmara de reação atinge uma pressão predeterminada, preferivelmente uma pressão predeterminada acima da pressão no reservatório, o fluxo do segundo reagente a partir do reservatório para dentro da câmara de reação pode ser parado para parar a produção de gás hidrogênio. Similarmente, quando a pressão da câmara de reação é reduzida abaixo da pressão do reservatório, preferivelmente abaixo da pressão no reservatório por uma quantidade predeterminada, o segundo reagente pode fluir a partir do reservatório para dentro da câmara de reação. O segundo reagente no reservatório pode ser introduzido na câmara de reação por qualquer método conhecido incluindo, porém não limitado a, bombeamento, osmose, ação capilar, diferencial de pressão, válvula(s), ou combinações dos mesmos.

Com referência à figura 1, um sistema de fonte de combustível 10 é mostrado. O sistema 10 inclui um aparelho de geração de gás 12 e é configurado para ser conectado a uma célula de combustível (não-mostrada) através de um conduto de combustível 16 e uma válvula 34. Preferivelmente, o conduto de combustível 16 se inicia dentro do aparelho de geração de gás 12, e a válvula 34 é disposta em uma parede lateral 21b

do mesmo. O conduto de combustível 16 é preferivelmente um tubo flexível tendo um comprimento total que é levemente mais curto do que o comprimento do aparelho de geração de gás 12.

Dentro de suas paredes laterais, o aparelho de geração de gás 12 inclui preferivelmente três câmaras distintas: um reservatório de componente de combustível fluido 44, uma câmara de reação 18, e um espaço vazio 45, com a câmara de reação 18 vedavelmente, porém deslizavelmente disposta entre o reservatório 44 e o espaço vazio 45. O reservatório 44 é preferivelmente um espaço formado entre uma parede lateral 21a e uma primeira parede lateral 20a da câmara de reação 18. O reservatório 44 pode também incluir, entretanto, uma bexiga ou recipiente de fluido similar. Um componente de combustível fluido 22, preferivelmente água e/ou um aditivo/catalisador, reside dentro do reservatório 44. Os componentes de combustível fluido e aditivos apropriados, adicionais, são adicionalmente discutidos aqui. Embora o componente de combustível fluido 22 possa ser pressurizado, preferivelmente é não pressurizado. O espaço vazio 45 é preferivelmente um espaço vazio no lado oposto da câmara de reação 18. Catalisadores/aditivos apropriados para os combustíveis ou reagentes incluem, porém não são limitados a agentes anticongelantes (por exemplo, metanol, etanol, propanol e outros álcoois), catalisadores (por exemplo, cloreto de cobalto e outros catalisadores conhecidos), agentes de ajuste de pH (por exemplo, ácidos como ácido sulfúrico e outros ácidos comuns).

A câmara de reação 18 inclui, preferivelmente quatro paredes laterais 20a-d feitas de um material impenetrável por fluido, como aço inoxidável ou plástico. A câmara de reação 18 é vedada dentro das paredes laterais do aparelho por elementos deformáveis 38, que podem ser anéis-O ou gaxetas. A câmara de reação 18 é fixada na parede lateral do aparelho posterior 21b por uma mola de propensão 30. A mola de propensão 30, que pode ser qualquer mola apropriada conhecida na técnica, provê uma força que propende a câmara de reação

18 em direção ao reservatório 44. A mola 30 pode ser substituída por um líquido ou gás pressurizado, como butano, propano, ou isopropano, e o espaço vazio 45 pode ser aberto para o ambiente quando a mola 30 é utilizada para minimizar o acúmulo de um vácuo parcial.

Disposto dentro da câmara de reação 18 está um componente de combustível sólido 24. O componente de combustível sólido 24 é preferivelmente um tablete de NaBH_4 . Entretanto, grânulos, grãos ou outras formas de material sólido são também apropriados. Componentes de combustível sólido apropriados adicionais são adicionalmente discutidos aqui. Cargas, aditivos e outros agentes e produtos químicos podem ser adicionados ao combustível sólido NaBH_4 para melhorar seu contato com o reagente líquido.

Um ponto de conexão 17 para conduto de combustível 16 é formado na parede lateral traseira 20c da câmara de reação 18. O ponto de conexão 17 pode simplesmente ser um furo através da parede lateral traseira 20c, preferivelmente localizado em ou próximo ao topo do mesmo. Em tal caso, o conduto de combustível 16 é preferivelmente fixado de forma segura a ou dentro do ponto de conexão 17, como com um adesivo. Entretanto, o ponto de conexão 17 pode incluir também um bocal sobre o qual o conduto de combustível 16 pode ser encaixado por pressão e então opcionalmente fixo com um adesivo ou material similar. Além disso, opcionalmente, uma membrana permeável a gás, impermeável a líquido 32 pode ser afixada sobre o lado voltado para a câmara de reação do ponto de conexão 17. A membrana 32 evita que líquidos ou subprodutos sejam transferidos para a célula de combustível através do conduto de combustível 16. Cargas ou espuma podem ser utilizados em combinação com a membrana 32 para reter líquidos ou subprodutos e reduzir obstrução. A membrana 32 pode ser formada de qualquer material impermeável a líquido, permeável a gás conhecido por uma pessoa versada na técnica. Tais materiais podem incluir, porém não são limitados a, materiais hidrofóbicos tendo um grupo alceno. Exemplos mais

específicos incluem, porém não são limitados a: composições de polietileno, politetrafluoroetileno, polipropileno, poliglactina (VICRY®), dura-máter liofilizada ou combinações dos mesmos. O elemento permeável a gás 30 pode compreender também uma membrana permeável a gás/impermeável a líquido cobrindo um elemento poroso. Os exemplos de tal membrana são CELGARD® e GORE-TEX®. Outros elementos permeáveis a gás, impermeáveis a líquido utilizáveis na presente invenção incluem, porém não são limitados a, Fluoreto de polivinilideno SURBENT® (PVDF) tendo um tamanho poroso de aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 0,45 μm , disponível junto a Millipore Corporation. O tamanho de poro de SURBENT® PVDF regula a quantidade de água e/ou metanol que sai do sistema. Os materiais como material do tipo de suspiro eletrônico tendo 0,2 μm hidro, disponível junto à W.L. Gore, também podem ser utilizados na presente invenção. Adicionalmente, hastes com 0,63 cm de diâmetro tendo um tamanho de poro de aproximadamente 10 μm , discos com 5,08 cm de diâmetro com uma espessura de aproximadamente 0,3 μm , a partir da GenPore, e material poroso sinterizado e/ou cerâmico tendo um tamanho de poro menor do que aproximadamente 10 μm a partir da Applied Porous Technologies Inc. são também utilizáveis na presente invenção. Além disso, materiais nanograss, a partir da Bell Labs, são também utilizáveis para filtrar o líquido. Nanograss controla o comportamento de minúsculas gotículas de líquido pela aplicação de cargas elétricas em superfícies de silício especialmente construídas que lembram lâminas de grama. Adicionalmente, ou alternativamente, os materiais permeáveis a gás, impermeáveis a líquido descritos no pedido de patente US 10/356.793 são também utilizáveis na presente invenção, todos os quais são aqui incorporados a título de referência na íntegra. Tal membrana 32 pode ser utilizada em qualquer uma das modalidades discutidas aqui.

Uma válvula de introdução 26 é disposta em uma parede lateral da câmara de reação oposta, 20a. A válvula de

introdução de fluido 26, que é preferivelmente uma válvula de retenção, controla a comunicação do componente de combustível fluido 22 a partir do reservatório 44 para dentro da câmara de reação 18. A válvula 26 pode ser qualquer válvula simples, aberta por pressão conhecida na técnica, como uma válvula de retenção ou uma válvula tendo um diafragma responsivo por pressão, que abre quando uma pressão limite é atingida. Dentro da câmara de reação 18, a válvula 26 inclui preferivelmente um bocal 28 para dispersar o componente de combustível fluido 22 dentro da câmara de reação 18. Como será reconhecido por aqueles versados na técnica, a válvula 26 pode ser opcionalmente omitida, como mostrado na figura 2. Nessa modalidade, que é igual em todos os aspectos à modalidade mostrada na figura 1, um furo de diâmetro pequeno 28a atua como o bocal acionado por pressão para dispersar componente de combustível fluido 22 para dentro da câmara de reação 18. O furo 28a é preferivelmente localizado no fundo da câmara 18 para minimizar a migração de gás para dentro do reservatório 44. Alternativamente, o componente de combustível sólido 24 pode ser posicionado adjacente ao furo 28a para minimizar a migração de gás para dentro do reservatório 44.

Quando gás hidrogênio é necessitado pela célula de combustível, válvula de ligar/desligar ou de fechamento 36, como mostrado na figura 1, é aberta. A válvula de ligar/desligar 36 pode ser qualquer válvula conhecida na técnica, incluindo porém não limitado a, válvula solenóide, válvula de retenção, etc., e pode ser aberta manualmente pelo usuário ou pelo controlador controlando a célula de combustível. Para gerar gás a ser utilizado como combustível para a célula de combustível, o componente de combustível fluido 22 é transferido para dentro da câmara de reação 18 para reagir com componente de combustível sólido 24. O aparelho de geração de gás 12 faz isso automaticamente. A mola 30 empurra a câmara de reação 18 em direção ao reservatório 44 com uma força constante F . A força F ,

combinada com a pressão hidrostática HP dentro do reservatório 44, cria uma pressão de reservatório total P_{22} no lado do reservatório 44 da válvula 26. Enquanto a válvula de ligar/desligar 36 é aberta, a pressão da câmara de reação P_{18} dentro da câmara de reação 18 é dinamicamente ciclada de alto para baixo à medida que gás é criado e então transferido através do conduto de combustível 16. Quando a pressão de reservatório total P_{22} é maior do que a pressão de câmara de reação P_{18} , a válvula 26 abre e o componente de combustível fluido 22 flui para dentro da câmara de reação 18, que move em direção à parede lateral 21a. Quando a diferença entre a pressão de reservatório total P_{22} e a pressão de câmara de reação P_{18} cai abaixo do ponto de disparo para a válvula 26, a válvula 26 fecha e a câmara de reação 18 pára de se mover enquanto o gás acumula dentro da mesma. Quando a pressão da câmara de reação P_{18} atinge uma pressão de disparo TP, a válvula de combustível 34 abre, e o gás combustível começa a fluir para fora da câmara de reação 18. Quando gás combustível suficiente foi transferido para fora da câmara de reação 18, a válvula de fluido 26 abre e componente de combustível fluido adicional 22 entra na câmara de reação 18 enquanto o gás está ainda sendo transferido para fora da câmara de reação 18 através do conduto de combustível 16. Eventualmente, a pressão de câmara de reação P_{18} cai abaixo da pressão de disparo TP para manter aberta a válvula de transferência de combustível 34. Isso permite que gás combustível se acumule dentro da câmara de reação 18 para eventualmente fechar a válvula de transferência de fluido 26. Esse ciclo é resumido abaixo na tabela 1.

Tabela 1: ciclo de pressão de aparelho de geração de gás quando a válvula 36 abre

Equilíbrio de pressão	Condição de válvula de transferência de fluido 26	Condição de válvula de transferência de fluido 34	Movimento da câmara de reação 18
$P_{22} > P_{18}$	ABERTA	ABERTA	Em direção ao reservatório 22
$P_{22} = P_{18}$	FECHADA	FECHADA	Nenhum
$P_{22} \leq P_{18}$	FECHADA	ABERTA	Nenhum
$P_{22} > P_{18}$	ABERTA	ABERTA	Em direção ao reservatório 22
$P_{22} > P_{18}$	ABERTA	FECHADA	Em direção ao reservatório 22

A figura 3 mostra outra modalidade de uma fonte de combustível 210 incluindo um aparelho de geração de gás 212 onde um componente de combustível fluido 222, similar ao componente de combustível fluido 22 discutido acima, é retido em um reservatório 244 e transferido para uma câmara de reação 218 contendo um componente de combustível sólido 224, similar ao componente de combustível sólido 24 discutido acima. Nessa modalidade, a câmara de reação 218 é formada de três paredes laterais 220a-c. Uma parte inferior da câmara de reação 218 é vedada por um transportador de combustível sólido 225, que encaixa ajustada e deslizavelmente entre as paredes laterais 220b, 220c. O transportador de combustível sólido 225 é vedado na abertura por elementos deformáveis 238, que podem ser anéis-O, gaxetas ou similares. Alternativamente, o transportador de combustível sólido 225 pode ele próprio ser formado de um material deformável de vedação apropriada, embora o transportador 225 seja preferivelmente feito de um material rígido como aço inoxidável ou plástico. O transportador 225 inclui uma porção de recipiente aberta cheia de componente de combustível sólido 224, como um tablete ou grânulos de boroidreto de sódio.

O transportador 225 é propendido para dentro da câmara de reação 218 por uma mola de propensão 230, que pode ser qualquer tipo de mola conhecida na técnica. A mola de propensão 230 é montada de forma fixa sobre uma base 231,

como uma parede lateral da fonte de combustível 210, célula de combustível, ou outra plataforma similar, e a mola de propensão 230 provê uma força constante sobre o transportador 225.

5 É fixado de forma segura a uma parte inferior do transportador 225 um braço de manivela 242. O braço de manivela 242 estende-se a partir da parte inferior do transportador 225, através de uma abertura vedada no reservatório 244, e termina como um bujão 240 posicionado
10 sobre ou um furo de transferência de fluido 226 formado na interface do reservatório 244 e câmara de reação 218. Embora o braço de manivela 242 possa ser feito de qualquer material rígido que não reagirá com componente de combustível fluido 222, o bujão 240 inclui preferivelmente um revestimento
15 exterior de um material deformável, como borracha ou silicone, capaz de vedar o furo 226.

Através da parede lateral superior 220a, o furo de transferência de fluido 226 conecta o reservatório de componente de combustível fluido 244 com a câmara de reação
20 218. Similar à modalidade discutida acima com relação à figura 1, a extremidade do furo de transferência de fluido 226 voltada para dentro da câmara de reação 218 forma preferivelmente um bocal 228 de modo que qualquer componente de combustível fluido que passa através do furo de
25 transferência de fluido 226 é disperso dentro da câmara de reação 218. É também disposto na parede lateral superior 220a uma válvula de transferência de combustível 234 que conecta a câmara de reação a um conduto de combustível 216. Similar à válvula 34 discutida acima, a válvula de transferência de
30 combustível 234 é preferivelmente uma válvula acionada por pressão como uma válvula de retenção, e é opcionalmente coberta por uma membrana permeável a gás, impermeável a líquido 232, que pode ser qualquer membrana conhecida na técnica.

35 Similar à modalidade discutida acima com relação à figura 1, a operação do aparelho de geração de gás 212 é

preferivelmente controlada automaticamente ou ciclada pelo equilíbrio entre as pressões e forças dentro do aparelho 212. A pressão de câmara de reação P_{218} muda dinamicamente devido à produção de gás combustível dentro da câmara de reação 218 e a transferência daquele gás combustível para uma célula de combustível (não-mostrada) através da válvula de transferência de combustível 234. A mola 230 provê uma constante F para cima no transportador 225. Quando a força a partir de P_{218} é maior do que F , o transportador 225 é empurrado para baixo, desse modo movendo o braço de manivela 242 para baixo também. Eventualmente, o transportador 225 se moverá longe o suficiente devido ao P_{218} elevado para empurrar o bujão 240 para o lugar, desse modo interrompendo o fluxo de componente de combustível fluido para dentro da câmara de reação 218. A válvula de transferência de combustível 234 é aberta somente quando P_{218} é maior do que uma pressão de disparo TP .

Preferivelmente, a câmara de reação 218 é carregada com combustível ou gás inerte de modo que o estado inicial do transportador 225 seja em uma posição para baixo e a mola 30 seja comprimida. Alternativamente, o usuário pode retirar a vedação manualmente do bujão 240 por meio mecânico conhecido (por exemplo, lingüetas de puxar, slides, etc.) ou bujão 240 é automaticamente removido quando fixado na célula de combustível, de modo que não é necessária nenhuma pressão inicial.

Em uma modalidade, o componente de combustível fluido 222 é armazenado em uma bexiga (não-mostrada) e reservatório 244 é pressurizado por gás comprimido, gás liquefeito, espuma comprimida ou mola acionada, de modo que o componente de fluido 222 possa sair do reservatório 244 quando o reservatório 244 é posicionado em qualquer orientação.

Além disso, preferivelmente, P_{218} é mais elevado do que TP para a válvula 234. Quando conectado a uma célula de combustível, gás é transferido para fora da câmara de reação 218, desse modo reduzindo P_{218} . Eventualmente, gás suficiente

é transferido de tal modo que F a partir da mola 230 supere a força a partir de P_{218} e empurre o transportador 225 para cima, desse modo desconectando o bujão 240 a partir do furo de transferência de fluido 226 através do braço de manivela 242. O fluido 222 é então pulverizado para dentro da câmara de reação 218 através do bocal 228. Entretanto, o gás continua a ser transferido para fora da câmara de reação 218 através da válvula 234 até que P_{218} caia abaixo de TP . Quando a válvula fecha, a pressão na câmara de reação 218 começa a acumular até que a força a partir de P_{218} supere F a partir da mola 230, e o bujão 240 novamente conecte o furo de transferência de fluido 226. Esse ciclo é resumido na Tabela 2.

Tabela 2: ciclo de pressão para aparelho de geração de gás quando a válvula 36 está aberta

Equilíbrio de força	Condição do furo de transferência de fluido 26	Condição de válvula de transferência de combustível 234	Movimento do transportador 225
$F < P_{218}$	FECHADA	ABERTA	Nenhum
$F = P_{218}$	FECHADA	ABERTA	Nenhum
$F > P_{218}$	ABERTA	ABERTA	Nenhum
$F > P_{218}$	ABERTA	ABERTA	Em direção à câmara de reação 218
$F > P_{218}$	ABERTA	FECHADA	Em direção à câmara de reação 218
$F < P_{218}$	ABERTA	FECHADA	Em direção à base 231

Outro dispositivo para controlar a pressão da câmara de reação 218 é colocar uma célula de combustível secundária 214' em uma parede lateral 220b, como mostrado na figura 3. A célula de combustível secundária 214' consome hidrogênio em excesso para minimizar a pressão P_{218} quando a válvula de fechamento 236 está fechada. Como mostrado, a célula de combustível secundária 214' é posicionada na parede lateral 220b com o lado de anódio 211 voltado para a câmara de reação 218 e em contato com o gás hidrogênio no mesmo e com o lado de catódio 209 voltado para o ar ambiente e em contato com

oxigênio. Preferivelmente, uma porta de cobertura móvel 213 é fornecida para cobrir o lado de catódio quando o aparelho de geração de gás está em operação para evitar que ar atinja a célula de combustível 214' de modo que hidrogênio não seja desperdiçado em consumo pela célula de combustível secundária 214' quando desejado pela célula de combustível principal (não-mostrada). Quando o usuário ou controlador abre a válvula 236, a porta 213 é movida para cobrir a célula de combustível secundária 214'. Quando o usuário ou controlador fecha a válvula 236 (ou quando a pressão P_{218} excede um nível limite) a porta 213 é movida para permitir que ar contate o lado de catódio para consumir hidrogênio em excesso. Um dispositivo de consumo de energia elétrica, como um resistor 215, diodo emissor de luz, ou circuito de consumo e/ou dissipação de eletricidade similar, é fornecido como mostrado esquematicamente para consumir a eletricidade produzida pela célula de combustível 214'. A célula de combustível secundária 214' e a cobertura 213 podem ser utilizadas com qualquer uma das modalidades da presente invenção.

A figura 4 mostra um aparelho de geração de gás similar, 212, ao mostrado e discutido acima com relação à figura 3. Nessa modalidade, entretanto, em vez de um braço de manivela conectado diretamente com uma parte inferior do transportador 225, um eixo 247 é fixado de forma articulada à parte inferior do transportador 225 e a uma roda de manivela 246. Uma mola de propensão 230 é fixada de forma segura à roda de manivela 246 em uma extremidade e a uma base sólida 231 na outra. A mola de propensão 230 provê uma força constante F que tende a empurrar a roda de manivela 246 em uma direção horária.

Um braço de manivela 242 é fixado de forma segura à roda de manivela 246 em uma extremidade inferior da roda de manivela 246. Uma extremidade superior do braço de manivela 242 é fixo de forma articulada a um tubo 241 em um ponto de fixação 239 contendo um bujão deslizável 240. A outra extremidade do tubo 241 é fixado de forma articulada em um

ponto de acesso 237 acima do furo de transferência de fluido 226. O bujão 240 pode ser de qualquer material ou formato, desde que o bujão 240 possa se mover facilmente dentro do tubo 241 e conectar o furo 226.

5 À medida que a roda de manivela 246 gira, o braço de manivela 242 se move no plano vertical. Quando a roda de manivela 246 é girada no sentido horário, o braço de manivela 242 se move para baixo em direção à base 231. Esse movimento para baixo do braço de manivela 242 puxa o tubo 241 de modo
10 que o ponto de fixação 239 seja posicionado abaixo do ponto de acesso 237. Quando o tubo 241 é orientado desse modo, o bujão 240 desliza em direção ao ponto de fixação 239, desse modo desconectando o furo 226. Quando a roda de manivela 246 é girada em uma direção anti-horária, o braço de manivela 242
15 se move em uma direção ascendente, para longe da base 231. O tubo 241 é novamente inclinado de tal modo que o ponto de fixação 239 seja posicionado acima do ponto de acesso 237. Quando o tubo 241 é orientado desse modo, o bujão 240 desliza em direção ao ponto de acesso 237, desse modo conectando o
20 furo 226.

 Como com a modalidade mostrada na figura 3, esse processo é preferivelmente controlado automaticamente pelos equilíbrios de força e pressão dentro do aparelho de geração de gás 212. Por exemplo, a câmara de reação 218 é
25 preferivelmente carregada inicialmente de tal modo que a força devido a P_{218} dentro da câmara de reação 218 empurra para baixo no transportador 225, longe o bastante de modo que o braço de manivela 242 incline o tubo 241 até um ponto em que o bujão 240 deslize em direção ao ponto de acesso 237 e
30 conecte o furo 226. Além disso, P_{218} está acima de TP, de modo que a válvula 234 abra quando conectada à célula de combustível e o gás combustível flua para fora da câmara de reação 218. Nesse ponto, a geração de gás dentro da câmara de reação 218 diminui a velocidade e eventualmente pára fazendo
35 com que P_{218} diminua. P_{218} eventualmente diminui a um ponto onde a força a partir de P_{218} não mais é suficiente para

superar F , que faz com que a roda de manivela 246 gire no sentido horário. Esse movimento inclina o tubo 241 através do braço de manivela 242 de modo que o bujão 240 desliza em direção ao ponto de fixação 239, desse modo desconectando o furo de transferência de fluido 226, o que permite que o componente de combustível fluido 222 flua para dentro da câmara de reação 218 através do bocal 228. O gás é novamente gerado dentro da câmara de reação 218. O gás é removido a partir da câmara de reação 218 através da válvula 234 em uma faixa que é preferivelmente mais lenta do que a taxa na qual o gás continua a ser gerado dentro da câmara de reação 218, de modo que P_{218} continua a acumular. Se P_{218} cair abaixo de TP , a válvula 234 fecha, o que permite que gás se acumule dentro da câmara de reação 218. Esse ciclo de força e pressão é resumido na Tabela 3.

Tabela 3: ciclo de pressão de aparelho de geração de gás quando a válvula 36 está aberta

Equilíbrio de força	Condição de furo de transferência de fluido 226	Condição de válvula de transferência de combustível 234	Rotação da roda 246
$F < P_{218}$	FECHADA	ABERTA	Nenhuma
$F = P_{218}$	FECHADA	ABERTA	Nenhuma
$F > P_{218}$	ABERTA	ABERTA	CCW
$F > P_{218}$	ABERTA	FECHADA	CCW
$F < P_{218}$	ABERTA	FECHADA	CW

A figura 5 mostra ainda outro aparelho de geração de gás 312 tendo uma câmara de reação 318 definida por paredes laterais 320, similares àqueles descritas acima com relação às figuras 1-4. Uma válvula de transferência de combustível 334, como uma válvula de retenção, atravessa uma das paredes laterais 320 para permitir que gás combustível formado dentro da câmara de reação 318 passe através do mesmo e para dentro de um conduto de combustível 316, similar ao conduto de combustível descrito acima com relação às figuras 3 e 4.

Um tubo de transferência de fluido 350 entra na câmara de reação 318 através de uma parede lateral preferivelmente uma parede lateral superior. O tubo de transferência de fluido é fixado em uma extremidade a um reservatório que
5 retém um componente de combustível fluido (não-mostrado). O componente de combustível fluido é preferivelmente similar aos componentes de combustível fluido descritos acima.

O tubo de transferência de fluido 350 estende-se para dentro da câmara de reação 318. Em direção à extremidade
10 livre do tubo de transferência de fluido 350 vários furos de canal de fluxo 352 são formados ao longo do comprimento do tubo de transferência de fluido 350. O componente de combustível de fluido é transferido através do tubo de transferência de fluido 350 de modo que o componente de
15 combustível fluido possa fluir para fora dos furos de canal de fluxo 352.

Cobrindo os furos de canal de fluxo 352 está uma cobertura formada de um componente de combustível sólido 324 e um material 354 que rapidamente absorve o componente de
20 combustível fluido e puxa o mesmo através do componente de combustível sólido 324. Preferivelmente, o componente de combustível sólido 324 tem a forma granular de modo que o componente de combustível fluido possa passar facilmente através. Preferivelmente, o material 354 é capaz de absorver
25 líquido, porém que permite a passagem de gás através do material. Um exemplo de tal material é felpa de papel contendo cristais de poliacrilato de sódio; tal material é comumente utilizado em fraldas. Outros exemplos incluem, porém não são limitados a, cargas e espumas. Em uma
30 modalidade, mostrada na figura 6, várias camadas de componente de combustível sólido 324a, 324b e material 354a, 354b são enrolados em torno do tubo de transferência de fluido 350. Entretanto, uma quantidade tão pequena quanto uma camada pode ser utilizada. À medida que o componente de
35 combustível fluido é puxado através do componente de combustível sólido, o gás combustível é formado e passa

através do material 354 e para dentro da câmara de reação 318. Além disso, o fluido pode contatar uma carga ou espuma primeiramente, e então ser transferido para o combustível sólido através da ação capilar.

5 Cristais de poliacrilato de sódio formam um gel com água e o gel de água podem reagir com um hidreto de metal, como mostrado no pedido de patente norte-americana co-pendente comumente pertencente intitulado "Fuel compositions for fuel
10 cells and gas-generators utilizing same" tendo o número de série 60/782.632, e depositado em 15 de março de 2006. O pedido '632 é incorporado aqui a título de referência na íntegra.

Uma válvula de controle de fluido 326 é preferivelmente disposta dentro do tubo de transferência de fluido 350 para
15 controlar o fluxo do componente de combustível fluido através para os canais de fluxo 352. A válvula de controle de fluido 326 é preferivelmente uma válvula acionada por pressão que é aberta e fechada em resposta à pressão P_{318} na câmara de reação 318. Um tubo de transferência de pressão 356 permite a
20 exposição de uma pequena porção do gás combustível formado dentro da câmara de reação 318 para a válvula de controle de fluido. Quando P_{318} é mais elevado do que a pressão de disparo para a válvula de controle de fluido 326, a válvula de controle de fluido 326 fecha e interrompe o fluxo do
25 componente de combustível fluido através do tubo de transferência de fluido 350. Quando P_{318} cai abaixo da pressão de disparo para a válvula de controle de fluido 326, a válvula de controle de fluido 326 abre e permite mais componente de combustível fluido para dentro do tubo de
30 transferência 350.

Similarmente, a operação da válvula de transferência de combustível 334 é controlada também por P_{318} . Quando P_{318} é
mais elevado do que uma pressão de disparo TP para a válvula de transferência de combustível 334, então a válvula de
35 transferência de combustível 334 abre para permitir que gás combustível flua através do conduto de combustível 316 e para

dentro da célula de combustível. Quando P_{318} cai abaixo da pressão de disparo para válvula de transferência de combustível 334, então a válvula de transferência de combustível 334 fecha, o que permite acúmulo de pressão de gás dentro da câmara de reação. Como com as modalidades discutidas acima, a câmara de reação é preferivelmente carregada após fabricação de modo que a produção de gás possa ser iniciada.

As figuras 7 e 8 mostram ainda outra modalidade de um aparelho de geração de gás 412 de uma fonte de combustível 410. Nessa modalidade uma câmara de reação 418 é definida por uma bexiga expansível 458. A bexiga expansível 458 pode ser feita de qualquer tipo de material capaz de expandir e contrair sem a aplicação de forças externas. Por exemplo, a bexiga expansível 458 pode ser uma estrutura semelhante a balão feita de borracha ou látex. Alternativamente, a bexiga expansível 458 pode ser feita de um material plástico que pode ser endurecido a calor para retornar a sua configuração original quando esvaziado, como PET.

A bexiga expansível 458 é preferivelmente suspensa próximo ao centro do aparelho de geração de gás 412 em um suporte 460. A bexiga expansível 458 também circunda vedavelmente uma gaiola 462 cheia de um componente de combustível sólido como boroidreto de sódio que estende a partir do suporte 460. Preferivelmente, o componente de combustível sólido é granular, embora um tablete sólido ou cápsula também possa ser utilizado. A gaiola 462 pode ser feita de qualquer material inerte no componente de combustível sólido e um componente de combustível líquido 422 que também é disposto dentro da bexiga expansível 458. Por exemplo, a gaiola 462 pode ser feita de aço inoxidável ou plástico. Furos 464 são formados na gaiola 462 de modo que componente de combustível líquido 422 possa entrar em contato com o componente de combustível sólido. O componente de combustível líquido 422 é similar aos componentes de combustível líquido discutidos nas modalidades acima.

Uma segunda extremidade da bexiga expansível 458 é fixada em um conduto de combustível 416, que é configurado para transferir gás combustível formado dentro da câmara de reação 418 para uma célula de combustível. O conduto de combustível 416 é similar àqueles condutos de combustível discutidos acima com relação às modalidades mostradas nas figuras 3-6. Uma válvula de transferência de combustível 434, preferivelmente uma válvula acionada por pressão como uma válvula de retenção, é configurada para controlar o escoamento de gás combustível a partir da câmara de reação 418.

Em operação, a bexiga expansível 458 está inicialmente em uma configuração dobrada, como mostrado na figura 7. Quando dobrada, o componente de combustível líquido 422 está em contato com a gaiola 462. Como tal, o componente de combustível líquido 422 pode fluir através dos furos 464 para reagir com o componente de combustível sólido. Gás combustível como hidrogênio é produzido. À medida que gás combustível se acumula dentro da câmara de reação 418, a bexiga expansível 458 expande. Quando o RCP dentro da câmara de reação 418 excede uma pressão de disparo TP para a válvula de transferência de combustível 434, a válvula de transferência de combustível 434 abre para permitir a transferência de gás combustível a partir da câmara de reação 418 para a célula de combustível. Quando a bexiga expansível 458 atinge um tamanho crítico, como mostrado na figura 8, todo componente de combustível líquido 422 coleta na parte inferior da bexiga expansível 458 e não mais está em contato com o componente de combustível sólido dentro da gaiola 462. Como tal, reação adicional entre componente de combustível líquido 422 e componente de combustível sólido não pode ocorrer até que gás suficiente tenha sido transferido para fora da câmara de reação 418 da célula de combustível. Uma válvula de descarga simples opcional, 430, pode ser incluída para evitar pressurização em excesso da bexiga expansível 458, como por sangria do gás combustível para a atmosfera.

Como será reconhecido por aqueles versados na técnica, o aparelho de geração de gás 412 funciona em qualquer orientação.

As figuras 9 e 10 mostram ainda outra modalidade de um
5 aparelho de geração de gás 512 de uma fonte de combustível 510 adaptada para ser conectada a uma célula de combustível (não-mostrada), através de um conduto de combustível 516. O aparelho de geração de gás 512 inclui duas câmaras formadas dentro das paredes laterais 520, uma câmara de componente de
10 combustível líquido, pressurizado, 544 e uma câmara de reação 518. Paredes laterais 520 são preferivelmente formadas de um material inerte a um componente de combustível líquido 522, como água ou água com aditivos, contida na câmara de componente de combustível líquido pressurizado 544 e um
15 componente de combustível sólido 524, como boroidreto de sódio, contido na câmara de reação 518. Um conduto de transferência de fluido 588 conecta câmara de componente de combustível líquido pressurizado 544 e câmara de reação 518. Como com as modalidades discutidas acima, uma válvula de
20 transferência de combustível 534, preferivelmente uma válvula acionada por pressão como uma válvula de retenção, e uma válvula de ligar/desligar 36 (não-mostrada) à jusante da válvula 534 permitem a transferência de combustível a partir da câmara de reação 518 para o conduto de combustível 516 e
25 sobre uma célula de combustível.

Um pistão propendido por mola 584 é disposto de forma vedável e deslizável, inicialmente, em ou próximo ao topo da câmara de componente de combustível líquido pressurizado 544. Preferivelmente, o pistão 584 é vedado com um material de
30 vedação lubrificante 586, como vaselina, embora outros componentes de vedação como anéis-O ou gaxetas possam ser utilizados. Uma mola de propensão 530 provê uma força contínua F no pistão 584 de modo que o componente de combustível líquido 522 esteja sendo forçado constantemente
35 em direção à câmara de reação 518. Similar à discussão acima, a mola 530 pode ser substituída por um material pressurizado,

como hidrocarboneto gasoso/líquido, por exemplo, butano, propano ou isopropano.

Um tubo de fluido flexível 582 é conectado de forma fluida ao conduto de transferência de fluido 588, discutido
5 abaixo, e termina em um bocal ou abertura 528 dentro da câmara de reação 518. O componente de combustível fluido 522 passa seletivamente através do tubo de fluido flexível 582 para dentro da câmara de reação 518. O tubo de fluido flexível 582 passa através ou está em contato com um pistão
10 de malha 580. O pistão de malha 580 é propendido em direção ao componente de combustível 524 por uma mola de propensão 572. A mola de propensão 572 provê uma força contínua sobre o pistão de malha 58 para propender o mesmo para dentro do componente de combustível 524 em direção ao conduto de
15 combustível 516. O pistão de malha 580 é mantido em contato com o componente de combustível sólido 524, que é preferivelmente formado de grânulos que são demasiadamente grandes para passarem através da malha de pistão 580, pela mola 572. Entretanto, como o componente de combustível fluido
20 522 flui para dentro da câmara de reação 518 através do bocal 528 e reage com o combustível sólido 524, como mostrado na figura 10 tanto o gás combustível como uma pasta 590, por exemplo, borato aquoso, é formado. A pasta 590 pode fluir através da malha de pistão 580 para acumular embaixo do
25 pistão de malha 580. A mola 572 empurra então continuamente o pistão malha 580 para o componente de combustível sólido de porção não reagida, 524. Como tal, o componente de combustível fluido que flui para fora do bocal 528 está continuamente em contato com o componente de combustível
30 sólido novo 524 que é relativamente livre dos subprodutos.

Similar às modalidades discutidas acima, o aparelho de geração de gás 512 também é auto-regulado. O diafragma 574, uma mola opcional 573, e a válvula 526, posicionados abaixo do pistão malha 580, são expostos à pressão P_{518} dentro da
35 câmara de reação 518. Um conduto de fluido 575 é formado através do diafragma 574 e conecta de forma fluida o conduto

de fluido 588 com o tubo flexível 582. À medida que a pressão acumula dentro da câmara de reação 518, uma pressão de disparo, TP, do diafragma 574 é eventualmente atingida. Quando a pressão de disparo do diafragma 574 é atingida, o

5 diafragma 574 deforma para fechar a válvula 526 (não-mostrada) desse modo interrompendo o fluxo do componente de combustível fluido para dentro da câmara de reação 518. O gás combustível flui para fora da válvula de transferência de combustível 534 até que P_{518} diminua para abaixo de TP, onde o

10 diafragma 574 abre novamente para novamente iniciar a produção de gás combustível pela introdução do componente de combustível líquido adicional 522 para dentro da câmara de reação 518. A mola 573 auxilia o diafragma 574 a retornar para a posição aberta. A válvula 526 pode ser qualquer

15 válvula que possa abrir e fechar à medida que o diafragma 574 reage a P_{518} , por exemplo, válvula de retenção.

A figura 11 mostra ainda outra modalidade de um aparelho de geração de gás 612 adaptado para ser conectado a uma célula de combustível (não-mostrada) através de um conduto de

20 combustível 616. Nessa modalidade, uma câmara de reação 618 contém uma quantidade de um componente de combustível sólido 624, que está preferivelmente na forma granular ou em pó. A câmara de reação 618 inclui duas paredes laterais opostas 620, que são feitas de um material não reativo, sólido

25 similares às paredes laterais 20 como discutido acima. Entretanto, uma parte inferior 680 da câmara de reação 618 é preferivelmente feita de um material não reativo poroso, como uma malha ou uma folha de material com furos dispostos através da mesma. Fibra de vidro é um de muitos materiais

30 apropriados para uso como a parte inferior 680. Os poros da parte inferior 680 são dimensionados de tal modo que os grãos individuais do componente de combustível sólido 624 não podem passar através dos mesmos.

Um topo 632 da câmara de reação 618 é preferivelmente

35 formado de uma membrana permeável a gás, impermeável a líquido, como a membrana 32 como descrito acima com relação à

figura 1. Os exemplos de uma membrana apropriada incluem CELGARD® e GORE-TEX®. Um reservatório de gás combustível 619 é posicionado adjacente à membrana superior 632 para receber através do mesmo o gás combustível produzido dentro da câmara de reação 618. Uma válvula 634, como uma válvula de retenção, controla o escoamento do gás combustível a partir do reservatório de gás combustível 619 para o conduto de combustível 616. A válvula 634 pode ser qualquer tipo de válvula conhecida na técnica e é de desenho e função similares à válvula 34 como descrito acima com relação à figura 1.

Uma tubulação 679 é posicionada adjacente à parte inferior 680. Preferivelmente vários canais de fluxo 652a-f são formados na tubulação 679. Como será reconhecido por aqueles versados na técnica, o número de canais de fluxo variará amplamente dependendo de fatores que incluem o tipo de combustível, o tipo de célula de combustível, e o dispositivo sendo acionado pela célula de combustível. Preferivelmente, o número de canais de fluxo varia de 2 a aproximadamente 100, e mais preferivelmente, de aproximadamente 50 a aproximadamente 75.

Canais de fluxo 652a-f são conectados de forma fluido a um tubo alimentador 650 através do qual um componente de combustível fluido (não-mostrado) é fornecido a partir de um reservatório (não-mostrado). O fluxo inicial de fluido através do tubo alimentador 650 é preferivelmente controlado por um controlador (não-mostrado) que sinaliza uma necessidade de combustível adicional e abre uma válvula (não-mostrada) disposta entre o reservatório de fluido e tubo alimentador 650. Alternativamente, um usuário pode iniciar o fluxo acionando um comutador para abrir essa válvula. A tubulação 679 é configurada para permitir que somente um canal de fluxo 652a-f receba o componente de combustível fluido a partir do tubo alimentador 650 em qualquer momento dado de modo que áreas diferentes do componente de combustível sólido 624 sejam reagidas sucessivamente. Em

outras palavras, se o componente de combustível fluido estiver fluindo através do canal de fluxo 652a, os canais de fluxo 652a-f não contêm componente de combustível fluido de modo que o componente de combustível sólido 624 disposto
5 acima dos canais de fluxo não usados 652a-f permaneça seco e não reagido.

O uso dessa série de canais de fluxo 652a-f é preferivelmente obtido em parte pela provisão de cada canal de fluxo com um diâmetro que é diferente dos outros canais de
10 fluxo. Preferivelmente, o canal de fluxo 652a tem o maior diâmetro, com cada canal de fluxo sucessivo tendo um diâmetro levemente menor que avança na direção de fluxo. Em outras palavras, o diâmetro do canal de fluxo 652b é maior do que o diâmetro do canal de fluxo 652c, e assim por diante. Como
15 sabido na técnica, o fluido flui na trajetória de resistência mínima. À medida que o diâmetro mais estreito do canal de fluxo seguinte a jusante está essencialmente limitando o fluxo do fluido, o fluido tende a seguir a trajetória através do maior canal disponível. Por exemplo, se apresentado com
20 uma trajetória de fluxo através do canal de fluxo 652a ou canal de fluxo 652b, grande parte do fluido fluirá através do canal de fluxo 652a.

Essa tendência do fluido de fluir através do maior canal disponível é opcionalmente intensificada pela configuração do
25 tubo alimentador 650 com uma construção escalonada, onde o diâmetro do tubo alimentador 650 aumenta levemente pouco antes de atingir o próximo canal de fluxo sucessivo 652. Por exemplo, como o tubo alimentador 650 é relativamente estreito nas proximidades do canal de fluxo relativamente largo 652a,
30 o fluido no tubo alimentador 650 tenderá a entrar no canal de fluxo 652a em vez de continuar a fluir ao longo do tubo alimentador 650.

À medida que o componente de combustível fluido flui para dentro da câmara de reação 618 através do canal de fluxo
35 652a, o componente de combustível fluido reage com o combustível sólido 624. Por exemplo, se o componente de

combustível sólido 624 for boroidreto de sódio e o componente de combustível fluido for água ou água dopada, então gás hidrogênio e uma pasta de borato aquoso é produzida. Se a pasta não for removida da boca do canal de fluxo 652a, a
5 pasta tende a endurecer como concreto. Essa pasta endurecida eventualmente obstrui totalmente o canal de fluxo 652a. Como o canal de fluxo 652a está agora bloqueado, o fluido no tubo alimentador 650 fluirá para a próxima trajetória disponível, canal de fluxo 652b. Embora um pouco do fluido possa fluir
10 além do canal de fluxo 652b, acredita-se que essa quantidade de fluxo seja insuficiente para fluir para dentro de qualquer um dos canais de fluxo restantes 652c-f até que o canal de fluxo 652b esteja também obstruído com pasta endurecida. Esse processo continua até que todos os canais de fluxo 652a-f
15 sejam obstruídos e/ou todo componente de combustível sólido 624 seja consumido.

Opcionalmente, uma segunda malha 681 é disposta na entrada de cada um dos canais de fluxo 652a-f. A segunda malha 681 tem um tamanho de poro muito pequeno de modo que
20 fluido possa fluir através da mesma, porém qualquer pasta que poderia escapar da câmara de reação 618 é capturada de modo a não contaminar o componente de combustível fluido ou obstruir o tubo alimentador 650. Como será reconhecido por aqueles versados na técnica, outros parâmetros hidráulicos de canais
25 de fluxo 652 podem ser também alterados para manipular a tendência do fluido de escolher uma trajetória de fluxo específica, como a altura dos canais de fluxo, onde cada canal a jusante sucessivo é mais alto do que o canal de fluxo anterior. Qualquer combinação de parâmetros hidráulicos pode
30 ser utilizada.

Com referência à figura 12, outra configuração para um aparelho de geração de gás 712 que permite acesso a canais de fluxo sucessivos 752a-f é mostrada. Nessa modalidade, que é similar à modalidade mostrada na figura 11, acesso aos canais
35 de fluxo a jusante 752b-f é controlado por uma série de válvulas 753a-e. As válvulas 753a-e são preferivelmente

válvulas acionadas por pressão como válvulas de retenção ou válvulas de diafragma. À medida que o fluido flui através de um tubo alimentador 750, todas as válvulas 753a-e são fechadas de modo que o fluido deve fluir para dentro do canal de fluxo 752a. Como descrito acima, o canal de fluxo 752a obstruirá com pasta endurecida. Quando o canal de fluxo 752a é bloqueado, a pressão do fluido no tubo alimentador 750 aumentará até que a primeira válvula 753a seja aberta. O fluido pode fluir agora para dentro do canal de fluxo 752b. Preferivelmente, após a válvula 753a ser aberta, não fechará novamente, como por ter um elemento frangível interno, visto que a pressão de fluxo tipicamente diminui após abertura da nova trajetória de fluxo. Como será reconhecido por aqueles versados na técnica, cada válvula 753a-e pode ser opcionalmente substituída por uma membrana frangível. Esse processo de obstruir canais de fluxo 752a-f e abertura de válvulas ou quebra de membranas frangíveis continua até que todos os canais de fluxo 752a-f sejam obstruídos e/ou todo componente de combustível sólido 724 seja usado.

Com referência à figura 13, é mostrado ainda outro aparelho de geração de gás 812. Similar a modalidades anteriores, uma câmara de reação 818 está contida em um alojamento 820. O alojamento 820 pode ser feito de qualquer material capaz de conter uma reação de geração de gás, preferivelmente um material inerte à reação, como plástico ou aço inoxidável. Uma extremidade do alojamento 820 é vedada com um bujão 840. O bujão 840 é feito de qualquer material capaz de vedar o alojamento 820 contra o escapamento de gás produzido durante reação ou componente de combustível líquido 822. A extremidade oposta do alojamento 820 inclui uma válvula 834, que leva à célula de combustível (não-mostrada) ou um conduto que leva à célula de combustível (não-mostrada). A válvula 834 é similar a outras válvulas discutidas aqui e é preferivelmente uma válvula de retenção ou uma válvula de fechamento.

Um componente de combustível sólido 824 como boroidreto

de sódio reveste as paredes laterais do alojamento 820. Preferivelmente, o componente de combustível sólido 824 está em forma de pó ou granular, embora o componente de combustível sólido 824 possa estar na forma de tablete. Se o

5 componente de combustível sólido 824 for fornecido na forma de pó ou granular, uma tela ou malha 827 é disposta sobre o componente de combustível sólido 824. O tamanho de poro da malha 827 é suficientemente pequeno para permitir acesso do

10 componente de combustível líquido 822 ao componente de combustível sólido 824 enquanto retém o componente de combustível sólido 824. Além disso, o componente de combustível sólido 824 pode ser dividido em vários compartimentos por divisores 825. Os divisores 825 são feitos de um material capaz de vedar cada compartimento de modo que

15 o componente de combustível líquido 822 não possa migrar de um divisor para o seguinte. Opcionalmente, os grânulos do componente de combustível sólido 824 podem ser encerrados em um material de liberação com tempo, onde materiais de liberação com tempo diferente são utilizados, como materiais

20 solúveis em água de espessuras variáveis. Como tal, um pouco do componente de combustível sólido 824 pode ser utilizado rapidamente, enquanto o componente de combustível sólido restante 824 é reservado para uso em um ponto posterior em tempo.

25 O componente de combustível líquido 822 é preferivelmente água ou um gel à base de água, similar aos componentes de combustível líquido discutidos acima. O gel à base de água pode ser formado pela mistura de água com um composto hidrofílico, como cristais de poliacrilato de sódio.

30 Gel de água é discutido acima e descrito no pedido de patente '632, anteriormente incorporada a título de referência. O componente de combustível líquido 822 está contido em uma bexiga 844. A bexiga 844 é feita de um material deformável que é substancialmente inerte ao componente de combustível

35 líquido 822, como borracha, silicone, ou plástico com parede delgada. Preferivelmente, a bexiga 844 é configurada com uma

pluralidade de corrugações para permitir que a bexiga 844 dobre mais facilmente e em um modo controlado.

Conectado de forma fluida à bexiga 844 está um conduto de fluido 882 que termina em um bocal 828. O conduto de fluido 882 e bocal 828 fornecem uma trajetória de fluido para orientar o componente de combustível líquido 822 a uma seção específica do componente de combustível sólido 824, como um único compartimento. Preferivelmente, o conduto de fluido 882 e bocal 828 são componentes de diâmetro relativamente pequeno, de modo que somente uma pequena quantidade de componente de combustível líquido 822 possa ser dispensada em qualquer ponto dado em tempo. Como mostrado na figura 13A, enquanto o bocal 828 é mostrado como um bocal de ponto único na figura 13, o bocal 828' conectado ao conduto de fluido 882' pode incluir múltiplas saídas, como, por exemplo, um anel oco conectado de forma fluida à bexiga 844 tendo múltiplos furos formados na mesma que servem como saídas de fluido múltiplas e simultâneas.

Uma mola 830 é disposta na extremidade da bexiga 844 oposta ao conduto de fluido 882 e bocal 828. A mola 830 é preferivelmente uma mola de força constante. A mola 830 pode ser qualquer tipo de mola capaz de fornecer uma força de tração constante, como uma mola de relógio ou plana. Preferivelmente, a mola 830 é feita de um material substancialmente inerte ao componente de combustível líquido 822, como plástico ou aço inoxidável. Uma extremidade da mola 830 estende-se através de uma extremidade da bexiga 844 para ser fixa de forma segura à extremidade oposta da bexiga 844 em ou perto do conduto de fluido 882. Como tal, a mola 830 puxa a extremidade do bocal da bexiga 844 em direção ao bujão 840. A tração da mola 830 comprime a bexiga 844, desse modo forçando o componente de combustível líquido 822 através do conduto de fluido 882 e para fora do bocal 828 para ser introduzido no componente de combustível sólido 824. Gás é produzido dentro da câmara de reação 818. Quando a pressão dentro da câmara de reação 818 atinge um valor limite, a

válvula 834 abre para permitir que o gás seja transferido para a célula de combustível. Alternativamente, a válvula 834 é uma válvula de fechamento e pode ser aberta por um usuário ou um controlador. À medida que a bexiga 844 esvazia, o bocal 5 828 se move em direção ao bujão 840 como discutido adicionalmente abaixo, desse modo assegurando que o componente de combustível líquido seja introduzido em uma nova seção do componente de combustível sólido 824.

À medida que a mola 830 puxa a bexiga 844, gás é 10 produzido continuamente pela introdução do componente de combustível líquido 822 no componente de combustível sólido 824. Entretanto, pode não ser desejável produzir gás sem cessar. Por exemplo, quando a válvula de fechamento como a válvula 834 é fechada, a produção de hidrogênio deve parar. 15 Tal válvula pode ser manualmente acionada, como pelo usuário ou através de um controlador que monitora o uso de combustível pela célula de combustível. Quando tal válvula de fechamento é fechada, gás não pode ser transferido para fora do alojamento 820 para a célula de combustível. Como tal, a 20 pressão a partir do gás produzido acumulará dentro da câmara de reação 818 ou alojamento 820. Enquanto a pressão pode ser descarregada, por exemplo, com uma válvula de retenção de descarga de pressão (não-mostrada) ou uma célula de combustível secundária, como discutido acima, disposta nas 25 paredes laterais do alojamento 820, a produção de gás deve parar após fechamento de uma válvula de fechamento.

Como tal, o aparelho de geração de gás 812 é dotado preferivelmente de uma luva sensível à pressão 832 configurada para parar o enrolamento da mola 830. A luva 30 sensível à pressão 832 é fornecida adjacente ao bujão 840 e é adjacente a pelo menos uma porção da mola 830. A luva sensível à pressão 832 é feita preferivelmente de um material rígido facilmente girado pela pressão dentro do alojamento 820, como plástico, resina, metal ou similar. A luva sensível 35 à pressão 832 é disposta deslizavelmente dentro do alojamento 820 separada do bujão 840 para criar uma abertura 831 de modo

que a luva sensível à pressão 832 seja livre para girar dentro do alojamento 820 para dentro e para fora da abertura 831. A luva sensível à pressão 832 é propendida para longe do bujão 840 por uma mola 829, que pode ser qualquer tipo de mola conhecida na técnica, como uma mola de compressão espiralada ou um hidrocarboneto líquido ou gasoso.

Após a pressão dentro da câmara de reação 818 atingir um nível limite, a força fornecida pela mola 829 que propende a luva sensível à pressão 832 para longe do bujão 840 é superada de modo que a luva sensível à pressão 832 gire em direção ao bujão 840. Ao fazer isso, a luva sensível à pressão 832 comprime a mola 830, desse modo evitando que a mola 830 enrole ainda mais. Como tal, a mola 830 pode não mais puxar a bexiga 844 e nenhum componente de combustível líquido adicional é expelido da bexiga 844. Quando gás é novamente liberado do alojamento 820 para diminuir a pressão dentro do mesmo abaixo do nível limite, a mola 829 expande e a luva sensível à pressão 832 é girada de volta para sua posição original, desse modo liberando a mola 830. A mola 830 novamente pode puxar a extremidade do bocal da bexiga 844, e gás adicional pode ser produzido.

Ainda outro aparelho de geração de gás 912 é mostrado na figura 14. O aparelho de geração de gás 912 inclui um alojamento 920 similar aos alojamentos para o outro aparelho de geração de gás mostrado e discutido acima. O alojamento 920 é genericamente configurado para definir uma câmara de reação 918 contendo um componente de combustível sólido 924, como boroidreto de sódio, e uma câmara de componente de combustível líquido 944 contendo um componente de combustível líquido 922, como água. Como será reconhecido por aqueles versados na técnica, qualquer um dos componentes de combustível sólido ou líquido discutidos nessa aplicação são apropriados para uso com essa modalidade.

Um pistão 980 disposto deslizavelmente dentro do alojamento 920 divide o interior do alojamento 920 em câmara de componente de combustível líquido 944 e câmara de reação

918. O pistão 980 é disposto de forma vedável dentro do alojamento 920. Como tal, o pistão 980 é feito preferivelmente de um material deformável que é não reativo com o componente de combustível líquido 922, componente de 5 combustível sólido 924 ou gás produzido pela reação entre os mesmos, e é coberto com um material semelhante a gel que intensifica os aspectos de vedação do pistão 980 e facilita o movimento de deslizamento do mesmo, como vaselina. Alternativamente, como mostrado na figura 14, o pistão 980 10 pode ser feito de qualquer material rígido que é similarmente não reativo como o material deformável discutido acima, porém inclui pelo menos um elemento de vedação 938, como borracha ou anel-O de silicone ou um material lubrificante semelhante a gel como vaselina. Uma escora 981 ou estrutura similar é 15 fornecida adjacente ao pistão 980 dentro da câmara de reação 918 de modo que o pistão 980 seja deslizável somente em direção à câmara de componente de combustível líquido 944. A escora 981 é preferivelmente um disco ou placa côncava de metal ou plástico cujas bordas são afiadas e pode agarrar ou 20 fixar contra as paredes laterais do alojamento 920 para evitar movimento na direção oposta à concavidade.

Uma extremidade do alojamento 920 é vedada com um bujão 940 de tal modo que a câmara de componente de combustível líquido 944 seja definida pelo bujão 940, alojamento 920 e 25 pistão 980. O bujão 940 é feito de qualquer material capaz de vedar o alojamento 920 contra o escapamento de gás produzido durante reação ou componente de combustível líquido 922, como borracha, silicone ou similar. O componente de combustível líquido 922 enche preferivelmente inteiramente a câmara de 30 componente de combustível líquido 944. Além disso, o componente de combustível líquido 922 pode ser pressurizado com hidrogênio ou um gás combustível similar de modo que o fluxo de componente de combustível líquido 922 para fora da câmara de componente de combustível líquido 944 é 35 intensificado. O gás pressurizado pode estar contido em uma bexiga elástica disposta dentro da câmara de componente de

combustível líquido 944 e configurado para expandir a fim de expelir o componente de combustível líquido 922 a partir da câmara de componente de combustível líquido 944. Opcionalmente, uma válvula de retenção ou válvula de descarga de pressão (não-mostrada) é fornecida nas paredes laterais do alojamento 920 que definem a câmara de componente de combustível líquido 944 que permite que ar ou outros gases ambientais para dentro da câmara de componente de combustível líquido 944 evitem a formação de um vácuo dentro da mesma e possivelmente parando o movimento do pistão 980.

A extremidade oposta do alojamento 920 inclui um segundo bujão 935 que é de construção similar e materiais como bujão 940. Como tal, a câmara de reação 918 é definida pelo segundo bujão 935, alojamento 920 e pistão 980. Entretanto, uma válvula 934 é disposta no segundo bujão 935 para criar uma trajetória de fluxo para a célula de combustível (não-mostrada) ou um conduto levando à célula de combustível (não-mostrada). A válvula 934 é similar a outras válvulas discutidas aqui e é preferivelmente uma válvula de fechamento ou uma válvula de retenção configurada para abrir somente quando a pressão dentro da câmara de reação 918 atinge um nível limite. O componente de combustível sólido 924 é disposto nas paredes laterais do alojamento 920 dentro da câmara de reação adjacente a ou próximo ao segundo bujão 935. Preferivelmente, o componente de combustível sólido 924 tem a forma semelhante a tablete prensada ou de outro modo aderido às paredes laterais do alojamento 920 para formar uma estrutura semelhante a anel. Alternativamente, o componente de combustível sólido 924 pode estar na forma granular ou de pó e retido no lugar contra as paredes laterais do alojamento 920 por uma malha ou tela cujo tamanho de poro é selecionado de tal modo que os grânulos do componente de combustível sólido 924 possam não passar através dos poros, porém que permite que o componente de combustível líquido 922 passe através dos mesmos para reagir com o componente de combustível sólido 924.

Um tubo de transferência de fluido 982 é fornecido através do pistão 980 para conectar de forma fluida a câmara de componente de combustível líquido 944 com a câmara de reação 918. O tubo de transferência de fluido 982 pode ser qualquer tipo de tubagem ou tubo capaz de transferir componente de combustível líquido 922 para o componente de combustível sólido 924. Entretanto, o tubo de transferência de fluido 982 é preferivelmente um tubo rígido, de diâmetro pequeno feito de um material que é substancialmente inerte ao componente de combustível líquido 922, componente de combustível sólido 924 e o gás produzido pela reação entre os mesmos. Preferivelmente, o furo do tubo de transferência de fluido 982 é entre aproximadamente 0,00254 cm e 0,0254 cm; mais preferivelmente, o diâmetro do tubo de transferência de fluido 982 é de aproximadamente 0,0127 cm.

O comprimento do tubo de transferência de fluido 982 é selecionado de tal modo que o movimento do pistão 980 em direção ao bujão 940 resulta somente em uma queda de fluido sendo expelido a partir da extremidade do tubo de transferência de fluido 982 sobre o componente de combustível sólido 924. O tubo de transferência de fluido 982 tem preferivelmente comprimento suficiente de tal modo que quando em uma posição inicial, a extremidade livre do tubo de transferência de fluido 982 estende-se através do componente de combustível sólido 924 até um ponto em ou próximo ao segundo bujão 935. Como tal, quando o pistão 980 se move, o tubo de transferência de fluido 982 é movido para um fornecimento novo de componente de combustível sólido 924. Além disso, na alternativa, o pistão 980 não se move necessariamente, como se o componente de combustível líquido 922 fosse pressurizado com uma bexiga cheia de um hidrocarboneto liquefeito fornecido dentro da câmara de componente de combustível 944. Em tal caso, o hidrocarboneto liquefeito expande em pressão constante para expelir componente de combustível líquido 922 a partir da câmara de componente de combustível líquido 944.

Em operação, o fluxo do componente de combustível líquido 922 é inicialmente acionado, como por um usuário pressurizando o componente de combustível líquido 922 ou perfurando ou removendo um selo que cobre a extremidade livre do tubo de transferência de fluido 982 (não-mostrado). O componente de combustível líquido 922 flui então através do tubo de transferência de fluido 982 para dentro da câmara de reação e cai sobre o componente de combustível sólido 924. O componente de combustível líquido 922 e componente de combustível sólido 924 reagem para produzir hidrogênio. Quando pressão suficiente se acumula dentro da câmara de reação 918, a válvula de retenção 934 abre para permitir que o gás de combustível flua para a célula de combustível (não-mostrada) ou alternativamente, um usuário ou um controlador abre a válvula de fechamento 934. Se a pressão dentro da câmara de reação 918 aumentar ainda mais, uma pressão de câmara de reação P_{918} eventualmente atinge um nível onde a pressão de câmara de reação P_{918} empurra o pistão 980 em direção ao bujão 940. Contudo, aumento adicional em pressão de câmara de reação P_{918} eventualmente evitará que o componente de combustível líquido adicional 922 flua através do tubo de transferência de fluido 982, como quando a pressão de câmara de reação P_{918} é maior do que a pressão de câmara de componente de combustível líquido P_{944} , o componente de combustível líquido 922 não pode fluir para dentro da câmara de reação 918 devido ao gradiente de pressão. Em outras palavras, a pressão da câmara de componente de combustível líquido P_{944} necessita ser mais elevada do que a pressão de câmara de reação P_{918} em pelo menos uma quantidade fixa, como $X \text{ kgf/cm}^2$. O tubo de transferência de fluido 982 é preferivelmente suficientemente longo de tal modo que X é igual a $0,14 \text{ kgf/cm}^2$, por exemplo, para que o fluido flua através do tubo de transferência de fluido 982. Quando a pressão da câmara de reação P_{918} é abaixada, como por transferência para fora da câmara de reação através da válvula 934, o componente de combustível líquido 922

novamente flui através do tubo de transferência de fluido 982 de modo que gás adicional possa ser produzido. Em outras palavras, desde que o hidrogênio produzido seja retirado para fora do aparelho de geração de gás 912 em uma taxa suficiente para manter a pressão de câmara de reação P_{918} relativamente baixa, o componente de combustível líquido 922 continua a ser transportado para a câmara de reação 918.

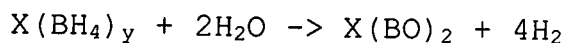
Alguns exemplos dos combustíveis que são utilizados na presente invenção incluem, porém não são limitados a, hidretos de elementos dos Grupos IA-IVA da Tabela Periódica dos Elementos e misturas dos mesmos, como hidretos alcalino ou de metal alcalino, ou misturas dos mesmos. Outros compostos, como hidretos de alumínio-metal alcalino (alanatos) e boroidretos de metal alcalino também podem ser empregados. Exemplos mais específicos de hidretos de metal incluem, porém não são limitados a, hidreto de lítio, hidreto de alumínio lítio, boroidreto de lítio, hidreto de sódio, boroidreto de sódio, hidreto de potássio, boroidreto de potássio, hidreto de magnésio, hidreto de cálcio, e sais e/ou derivados dos mesmos. Os hidretos preferidos são boroidreto de sódio, boroidreto de magnésio, boroidreto de lítio, e boroidreto de potássio. Preferivelmente, o combustível contendo hidrogênio compreende a forma sólida de NaBH_4 ou $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$, ou composto de clatrato de metanol (MCC) é um sólido que inclui metanol. Na forma sólida, NaBH_4 não hidrolisa na ausência de água e, portanto melhora a vida de armazenagem do cartucho. Entretanto, a forma aquosa de combustível contendo hidrogênio, como NaBH_4 aquoso, também pode ser utilizada na presente invenção. Quando uma forma aquosa de NaBH_4 é utilizada, a câmara contendo o NaBH_4 aquoso também inclui um estabilizador. Estabilizadores exemplares podem incluir, porém não são limitados a, metais e hidróxidos de metal, como hidróxidos de metal alcalino. Os exemplos de tais estabilizadores são descritos na patente US 6.683.025, que é incorporada aqui a título de referência na íntegra. Preferivelmente, o estabilizador é NaOH .

A forma sólida do combustível contendo hidrogênio é preferida em relação à forma líquida. Em geral, combustíveis sólidos são mais vantajosos do que combustíveis líquidos porque os combustíveis líquidos contêm proporcionalmente

5 menos energia do que os combustíveis sólidos e os combustíveis líquidos são menos estáveis do que os combustíveis sólidos similares. Por conseguinte, o combustível mais preferido para a presente invenção é boroidreto de sódio em pó aglomerado ou em pó.

10 De acordo com a presente invenção, o componente de combustível fluido é capaz de reagir com o componente de combustível sólido contendo hidrogênio na presença de um catalisador opcional para gerar hidrogênio. Preferivelmente, o componente de combustível fluido inclui, porém não é

15 limitado a, água, álcoois, e/ou ácidos diluídos. A fonte mais comum de componente de combustível fluido é água. Como indicado acima e na formulação abaixo, água pode reagir com um combustível contendo hidrogênio, como NaBH_4 na presença de um catalisador opcional para gerar hidrogênio.



Onde X inclui, porém não é limitado a Na, Mg, Li e todos os metais alcalinos, e Y é um número inteiro.

O componente de combustível fluido também inclui aditivos opcionais que reduzem ou aumentam o pH da solução. O

25 pH do componente de combustível fluido pode ser utilizado para determinar a velocidade na qual hidrogênio é produzido. Por exemplo, aditivos que reduzem o pH do componente de combustível fluido resultam em uma taxa mais elevada de geração de hidrogênio. Tais aditivos incluem, porém não são

30 limitados a, ácidos, como ácido acético e ácido sulfúrico. Inversamente, aditivos que elevam o pH podem diminuir a taxa de reação até o ponto onde quase nenhum hidrogênio se desprende. A solução da presente invenção pode ter qualquer valor de pH menor do que 7, como um pH de aproximadamente 1 a

35 aproximadamente 6 e, preferivelmente, a partir de aproximadamente 3 até aproximadamente 5.

Em algumas modalidades exemplares, o componente combustível fluido opcionalmente inclui um catalisador que pode iniciar e/ou facilitar a produção de gás hidrogênio pelo aumento da taxa na qual o componente de combustível fluido reage com o componente de combustível. O catalisador dessas modalidades exemplares inclui qualquer formato ou tamanho que seja capaz de promover a reação desejada. Por exemplo, o catalisador pode ser pequeno o bastante para formar um pó ou pode ser tão grande quanto a câmara de reação, dependendo da área superficial desejada do catalisador. Em algumas modalidades exemplares, o catalisador é um leito catalisador. O catalisador pode ser localizado dentro da câmara de reação ou próximo à câmara de reação, desde que pelo menos um componente de combustível fluido ou componente de combustível sólido entre em contato com o catalisador.

O catalisador da presente invenção pode incluir um ou mais metais de transição a partir do Grupo VIIIB da Tabela Periódica dos Elementos. Por exemplo, o catalisador pode incluir metais de transição como ferro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), rutênio (Ru), ródio (Rh), platina (Pt), paládio (Pd), ósmio (Os), irídio (Ir). Adicionalmente, metais de transição no Grupo IB, isto é, cobre (Cu), prata (Ag), e ouro (Au), e no Grupo IIB, isto é, zinco (Zn), cádmio (Cd), e mercúrio (Hg), também podem ser utilizados no catalisador da presente invenção. O catalisador também pode incluir outros metais de transição incluindo, porém não são limitados a, escândio (Sc), titânio (Ti), vanádio (V), cromo (Cr), e manganês (Mn). Catalisadores de metal de transição úteis na presente invenção são descritos na patente US 51804.329, que é incorporada aqui a título de referência na íntegra. O catalisador preferido da presente invenção é CoCl_2 .

Alguns dos catalisadores da presente invenção podem ser genericamente definidos pela seguinte fórmula:



Onde M é o cátion do metal de transição, X é o ânion, e "a" e "b" são números inteiros de 1 a 6 que são necessários

para equilibrar as cargas do complexo de metal de transição.

Cátions apropriados dos metais de transição incluem, porém não são limitados a ferro (II) (Fe^{2+}), ferro (III) (Fe^{3+}), cobalto (Co^{2+}), níquel (II) (Ni^{2+}), níquel (III) (Ni^{3+}), rutênio (III) (Ru^{3+}), rutênio (IV) (Ru^{4+}), rutênio (V) (Ru^{5+}), rutênio (VI) (Ru^{6+}), rutênio (VIII) (Ru^{8+}), ródio (III) (Rh^{3+}), ródio (IV) (Rh^{4+}), ródio (VI) (Rh^{6+}), paládio (Pd^{2+}), ósmio (III) (Os^{3+}), ósmio (IV) (Os^{4+}), ósmio (V) (Os^{5+}), ósmio (VI) (Os^{6+}), ósmio (VIII) (Os^{8+}), irídio (III) (Ir^{3+}), irídio (IV) (Ir^{4+}), irídio (VI) (Ir^{6+}), platina (II) (Pt^{2+}), platina (III) (Pt^{3+}), platina (IV) (Pt^{4+}), platina (VI) (Pt^{6+}), cobre (I) (Cu^+), cobre (II) (Cu^{2+}), prata (I) (Ag^+), prata (II) (Ag^{2+}), ouro (I) (Au^+), ouro (III) (Au^{3+}), zinco (Zn^{2+}), cádmio (Cd^{2+}), mercúrio (I) (Hg^+), mercúrio (II) (Hg^{2+}), e similares.

Ânions apropriados incluem, porém não são limitados a, hidreto, (H^-), fluoreto (F^-), cloreto (Cl^-), brometo (Br^-), iodeto (I^-), óxido (O^{2-}), sulfeto (S^{2-}), nitreto (N^{3-}), fosfeto (P^{4-}), hipoclorito (ClO^-), clorito (ClO_2^-), clorato (ClO_3^-), perclorato (ClO_4^-), sulfito (SO_3^{2-}), sulfato (SO_4^{2-}), sulfato de hidrogênio (HSO_4^-), hidróxido (OH^-), cianeto (CN^-), tiocianato (SCN^-), cianato (OCN^-), peróxido (O_2^{2-}), manganato (MnO_4^{2-}), permanganato (MnO_4^-), dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), carbonato (CO_3^{2-}), carbonato de hidrogênio (HCO_3^-), fosfato (PO_4^{2-}), fosfato de hidrogênio (HPO_4^-), fosfato de diidrogênio (H_2PO_4^-), aluminato ($\text{Al}_2\text{O}_4^{2-}$), arsenato (AsO_4^{3-}), nitrato (NO_3^-), acetato (CH_3COO^-), oxalato ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$), e similares. Um catalisador preferido é cloreto de cobalto.

Em algumas modalidades exemplares, o aditivo opcional, que está no componente de combustível de fluido e/ou na câmara de reação, é qualquer combinação que é capaz de evitar substancialmente o congelamento de ou redução do ponto de congelamento do componente de combustível fluido e/ou do componente de combustível sólido. Em algumas modalidades exemplares, o aditivo pode ser uma composição à base de álcool, como um agente anticongelante. Preferivelmente, o aditivo da presente invenção é CH_3OH . Entretanto, como

mencionado acima, qualquer aditivo capaz de reduzir o ponto de congelamento do componente de combustível fluido e/ou componente de combustível sólido pode ser utilizado.

5 Outras modalidades da presente invenção serão evidentes para aqueles versados na técnica a partir da consideração do presente relatório descritivo e prática da presente invenção aqui descrita. Pretende-se que o presente relatório
10 descritivo e exemplos sejam considerados como exemplares somente com um verdadeiro escopo e espírito da invenção sendo indicado pelas reivindicações a seguir e equivalentes das mesmas.

Embora seja evidente que as modalidades ilustrativas da invenção aqui descritas cumpram os objetivos da presente invenção, é reconhecido que inúmeras modificações e outras
15 modalidades podem ser idealizadas por aqueles versados na técnica. Por exemplo, quaisquer das válvulas aqui podem ser acionadas por um controlador eletrônico como um microprocessador. Além disso, nas modalidades que incluem tanto uma válvula de retenção (34, 234, 334, 434, 534, 634,
20 834, 934) e/ou uma válvula de fechamento 936, 834, 934) uma ou ambas as válvulas podem ser omitidas e/ou a válvula de retenção e válvula de fechamento podem ser intercambiadas. Adicionalmente, característica(s) e/ou elemento(s) a partir de qualquer modalidade podem ser utilizados individualmente
25 ou em combinação com característica(s) e/ou elemento(s) a partir de outra(s) modalidade(s). Portanto, será entendido que as reivindicações apenas pretendem cobrir todas essas modificações e modalidades, que estariam compreendidas no espírito e escopo da presente invenção. Todas as publicações
30 discutidas aqui, incluindo porém não limitadas a patentes, pedidos de patente, artigos, e livros, são incorporadas a título de referência na íntegra.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de geração de gás, **caracterizado** por compreender:

5 uma câmara de reação contendo um precursor de combustível sólido;

um reservatório contendo um precursor de combustível líquido;

uma trajetória de fluido para introduzir o precursor e combustível líquido na câmara de reação, e

10 um meio para controlar a introdução de uma porção predeterminada do precursor de combustível líquido, cuja porção é menor do que todo precursor de combustível líquido, no precursor de combustível sólido na câmara de reação.

2. Aparelho de geração de gás, **caracterizado** por 15 compreender:

uma câmara de reação contendo um precursor de combustível sólido;

um reservatório contendo um precursor de combustível líquido; e

20 uma trajetória de fluido para introduzir o precursor de combustível líquido na câmara de reação, em que uma porção predeterminada do precursor de combustível líquido, cuja porção é menor do que todo precursor de combustível líquido, é introduzida no precursor de combustível sólido na câmara de 25 reação em resposta à uma pressão dentro da câmara de reação.

3. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a câmara de reação é uma câmara móvel disposta entre o reservatório e uma câmara vazia.

30 4. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a trajetória de fluido compreende um bocal disposto em uma parede lateral da câmara móvel.

35 5. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que o bocal compreende uma válvula.

6. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que o bocal compreende uma abertura.

5 7. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que a câmara móvel é propendida em direção ao reservatório.

10 8. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a câmara de reação é conectada a uma válvula de transferência de combustível por um tubo flexível.

9. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a câmara móvel é conectada a um braço.

15 10. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o braço é configurado para estender para dentro do reservatório de modo que quando a câmara móvel é movida, o braço veda a trajetória de fluido.

20 11. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** por compreender ainda uma roda que conecta a câmara móvel ao braço e um bujão conectado operativamente ao braço, em que o bujão veda a trajetória de fluido quando a câmara é movida.

25 12. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o bujão é disposto de forma móvel dentro de um tubo conectado articuladamente ao braço e conectado de forma articulada e fluida à trajetória de fluido, em que o bujão move para vedar a trajetória de fluido quando a câmara é movida.

30 13. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a trajetória de fluido compreende um elemento tubular tendo uma extremidade livre que se estende para dentro da câmara de reação, em que pelo menos um orifício é disposto na
35 extremidade livre, e em que o precursor de combustível sólido e um material de torcida são conectados à extremidade livre.

14. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que o material de torcida compreende cristais de poliacrilato de sódio em uma matriz fibrosa.

5 15. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** por compreender ainda uma válvula de controle de fluido disposta dentro do elemento tubular e um tubo de transferência de pressão conectando a câmara de reação e o elemento tubular de modo que a válvula
10 de controle de fluido possa ser disparada pela pressão dentro da câmara de reação.

16. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a câmara de reação compreende uma bexiga expansível contendo tanto o
15 precursor de combustível sólido como o precursor de combustível líquido, e em que a trajetória de fluido é formada em uma luva que separa o precursor de combustível sólido a partir do precursor de combustível líquido, e em que o precursor de combustível líquido está em contato com o
20 precursor de combustível sólido de modo que uma reação ocorre entre o precursor de combustível líquido e o precursor de combustível sólido para produzir um gás quando a bexiga expansível está em uma configuração dobrada, e em que o precursor de combustível líquido não está em contato com o
25 precursor de combustível sólido de modo que substancialmente nenhum gás é produzido quando a bexiga expansível foi inflada em um diâmetro predeterminado.

17. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato de que a bexiga
30 expansível está na configuração dobrada quando a pressão na câmara de reação está abaixo de um nível predeterminado de modo que gás adicional é produzido, e em que a bexiga expansível é inflada quando a pressão na câmara de reação está acima de um nível predeterminado.

35 18. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** por compreender ainda uma

trajetória de transferência de fluido configurada para transferir o gás produzido pela reação para uma célula de combustível.

19. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** por compreender ainda:

um pistão de malha disposto de forma deslizável dentro da câmara de reação em contato com o precursor de combustível sólido, em que o pistão de malha é configurado para permitir que um subproduto de uma reação entre o precursor de combustível sólido e precursor de combustível líquido passe através do mesmo;

um tubo flexível se estendendo através do pistão de malha, em que o tubo flexível é a trajetória de fluido; e

uma mola propendendo o pistão de malha em direção ao precursor de combustível sólido.

20. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado** pelo fato de que a mola empurra o pistão de malha através do subproduto para um local de precursor de combustível sólido novo à medida que precursor de combustível sólido é consumido pela reação.

21. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** por compreender ainda um pistão disposto deslizavelmente entre a câmara de reação e o reservatório, em que a trajetória de fluido compreende um elemento tubular de diâmetro pequeno que se estende através do pistão.

22. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** por compreender uma escora disposta dentro da câmara de reação e adjacente ao pistão, em que a escora é configurada para permitir que o pistão se mova somente em direção ao reservatório.

23. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** por compreender ainda uma bexiga disposta dentro do reservatório, em que a bexiga é configurada para expandir para expelir o precursor de combustível líquido a partir do reservatório.

24. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que a bexiga contém um hidrocarboneto líquido.

5 25. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** pelo fato de que o elemento tubular é dimensionado para evitar que o precursor de combustível líquido flua através do elemento tubular até que se obtenha um diferencial de pressão limite entre o reservatório e a câmara de reação.

10 26. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que o reservatório é uma bexiga deformável com uma mola de força constante fixada de forma segura a uma primeira extremidade da bexiga, em que a mola de força constante puxa
15 continuamente a primeira extremidade da bexiga em direção a uma segunda extremidade da bexiga para expelir o precursor de combustível líquido através da trajetória de fluido.

27. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 26, **caracterizado** por compreender ainda uma
20 luva acionada por pressão, em que a luva acionada por pressão é configurada para evitar que a mola de força constante enrole quando a pressão na câmara de reação atinge uma pressão limite.

28. Aparelho de geração de gás, de acordo com a
25 reivindicação 26, **caracterizado** pelo fato de que a trajetória de fluido compreende um bocal conectado de forma fluido à bexiga.

29. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que o bocal
30 inclui um único orifício de saída.

30. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que o bocal inclui uma pluralidade de orifícios de saída.

31. Aparelho de geração de gás, de acordo com a
35 reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a trajetória de fluido compreende múltiplas trajetórias de fluxo, em que

as múltiplas trajetórias de fluxo são conectadas de forma fluida de tal modo que a trajetória de combustível líquido flui através de cada trajetória de fluxo seqüencialmente.

5 32. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 31, **caracterizado** pelo fato de que cada uma das múltiplas trajetórias de fluxo tem um diâmetro diferente.

10 33. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 32, **caracterizado** pelo fato de que os diâmetros das múltiplas trajetórias de fluxo diminuem seqüencialmente enquanto uma câmara fornecida embaixo das múltiplas trajetórias de fluxo aumenta em diâmetro seqüencialmente.

15 34. Aparelho de geração de gás, de acordo com a reivindicação 31, **caracterizado** pelo fato de que cada uma das múltiplas trajetórias de fluxo é dotada de uma válvula, em que a válvula é configurada para limitar acesso à sua trajetória de fluxo associada até que se obtenha uma pressão limite.

Fig. 1

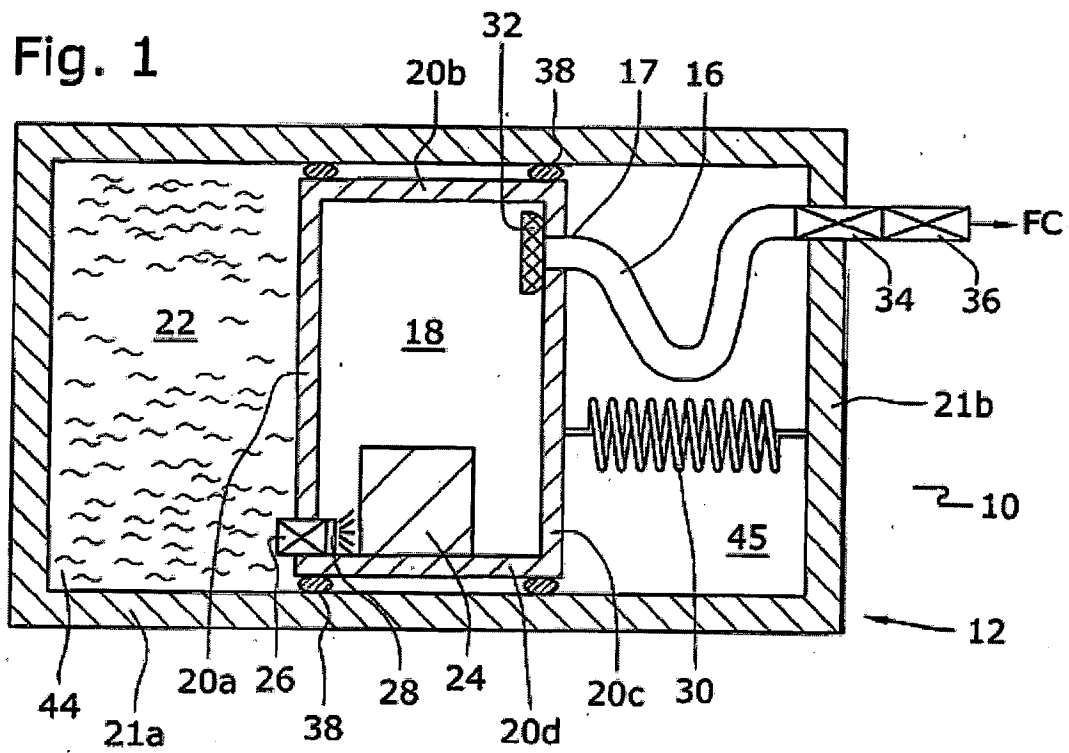
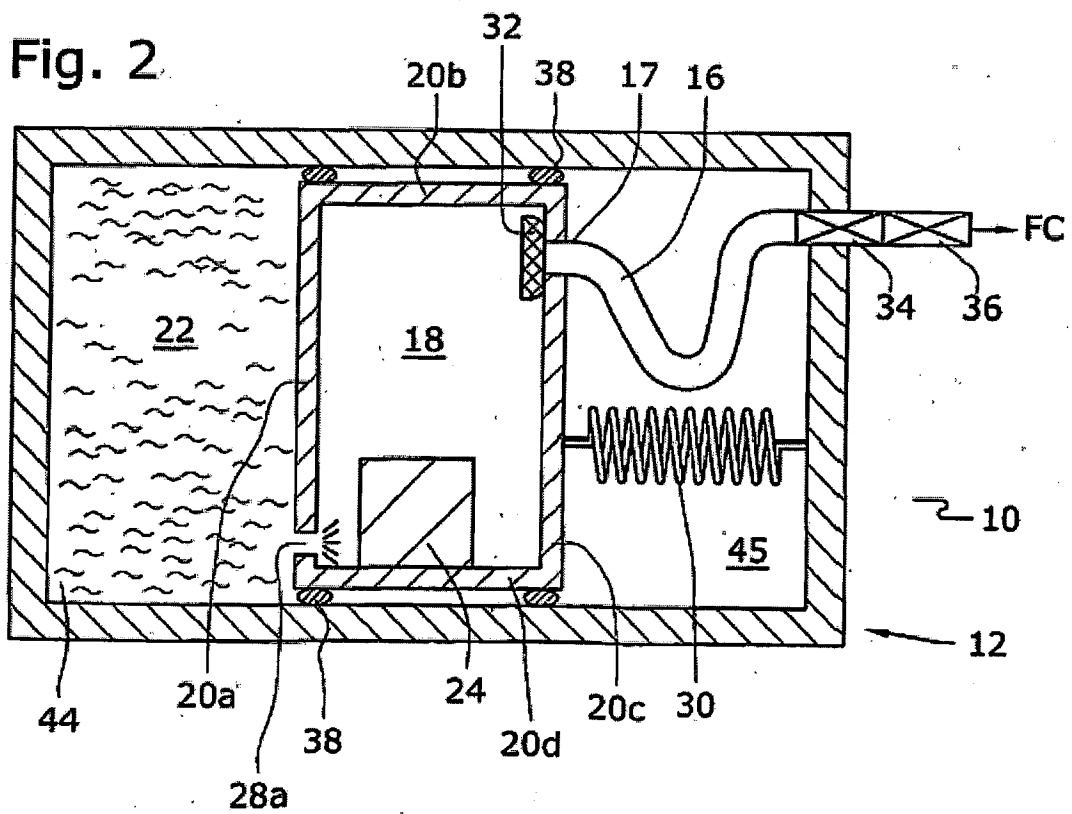


Fig. 2.



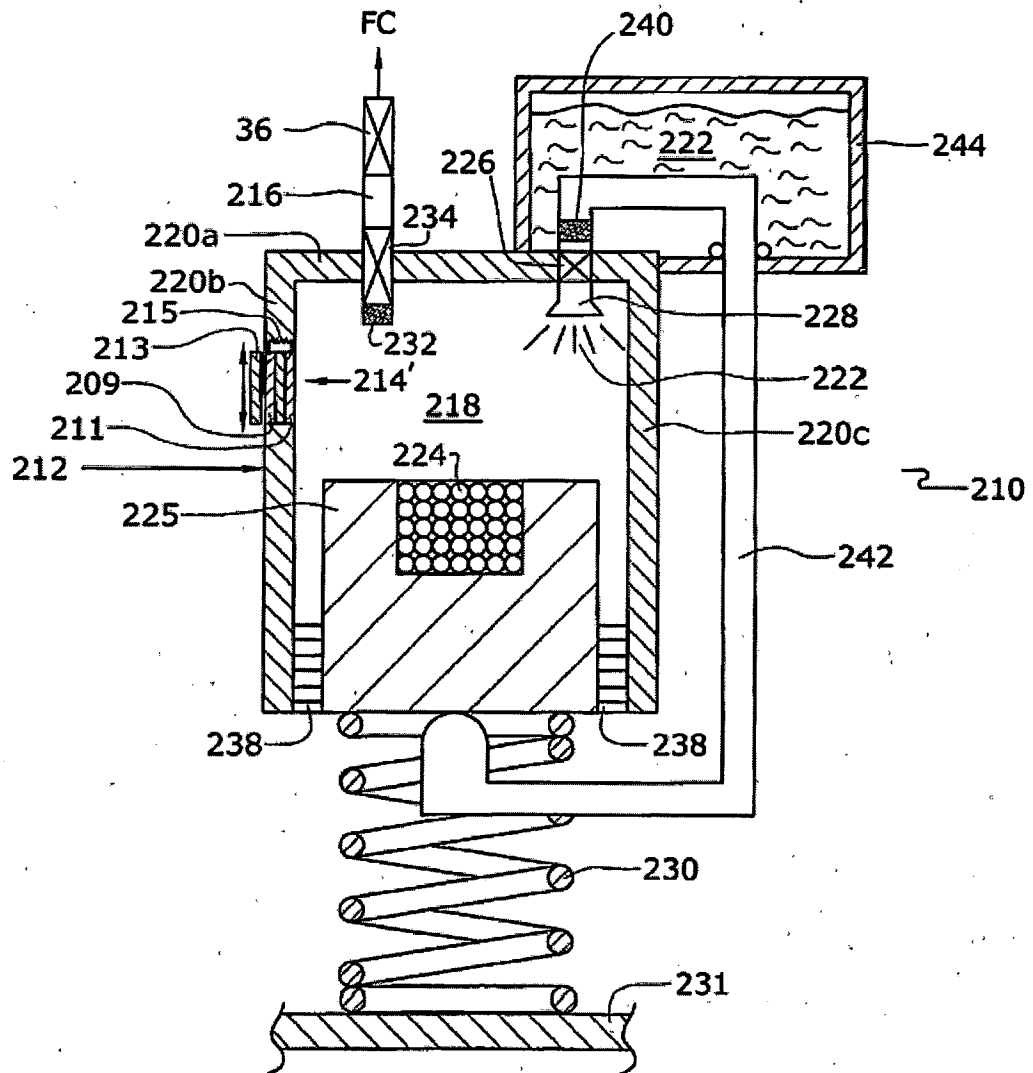
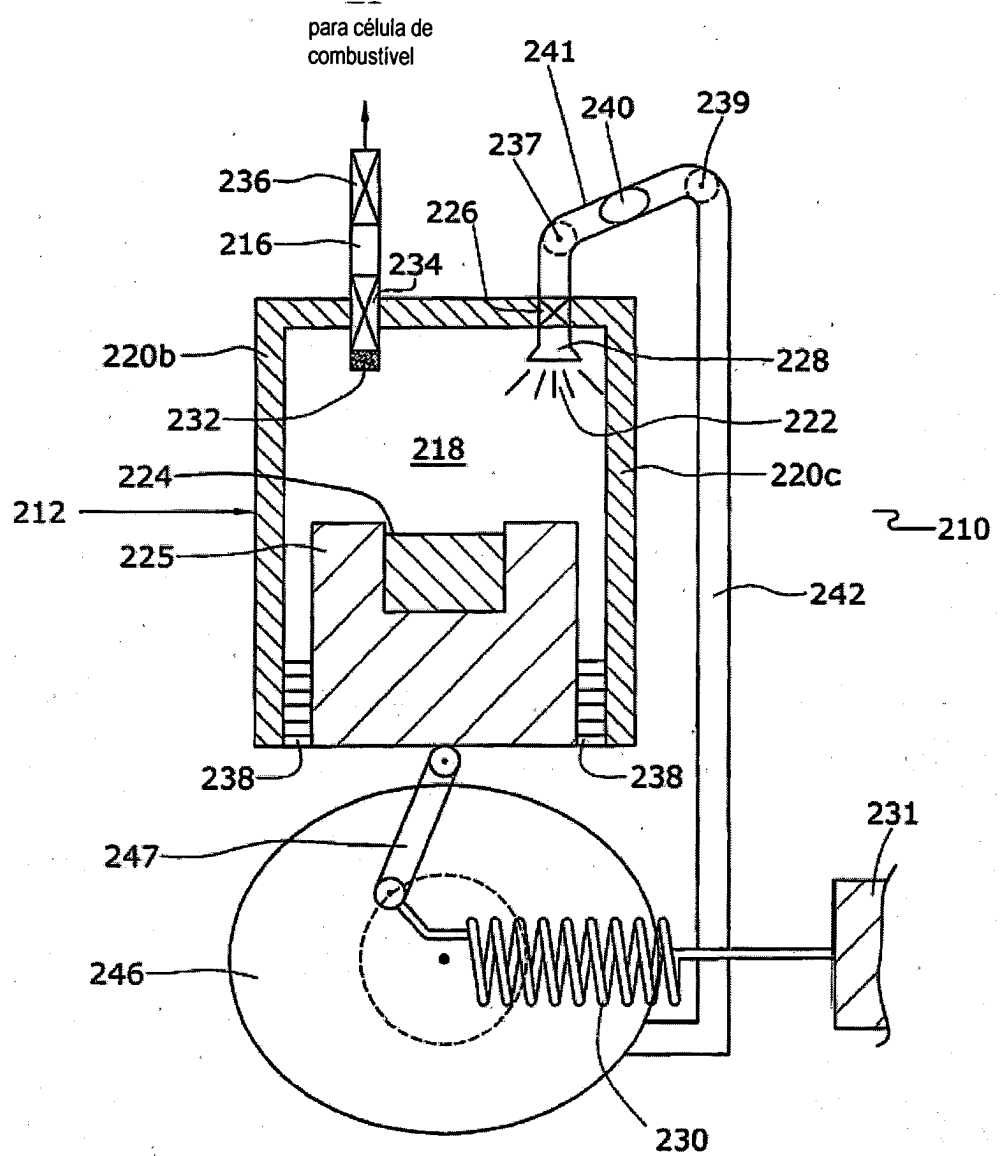


Fig. 3



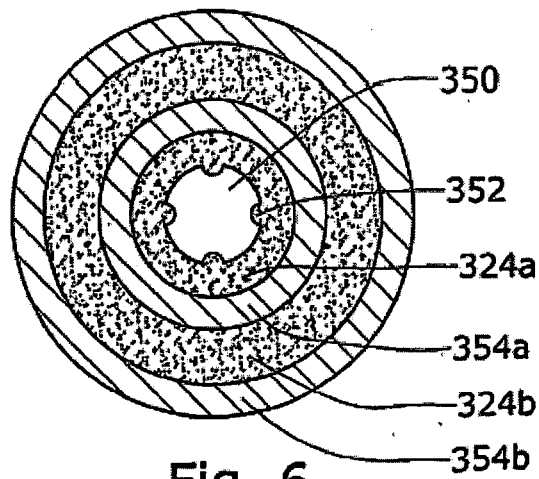
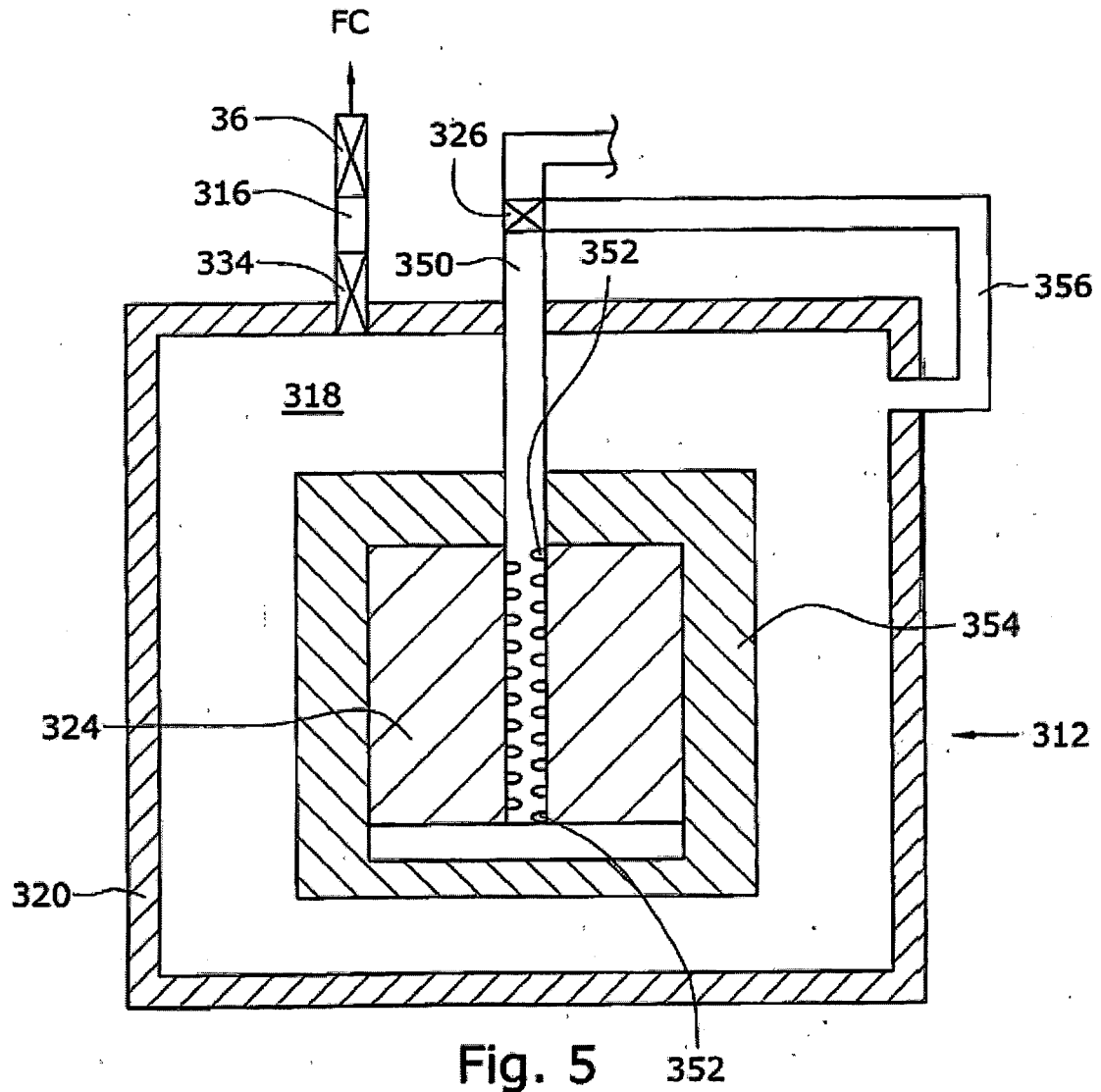


Fig. 7

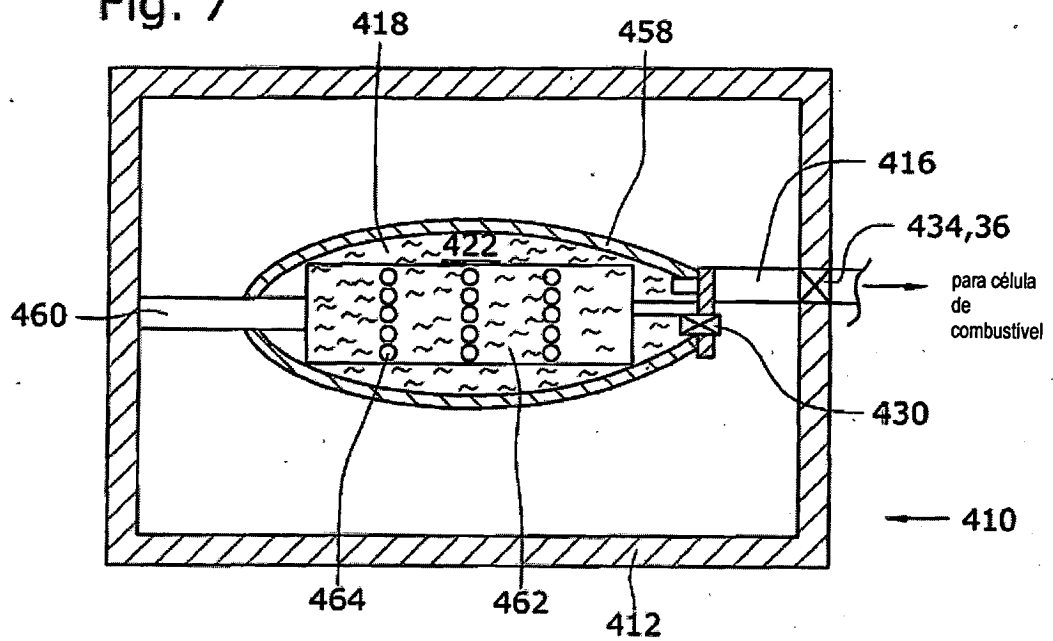


Fig. 8

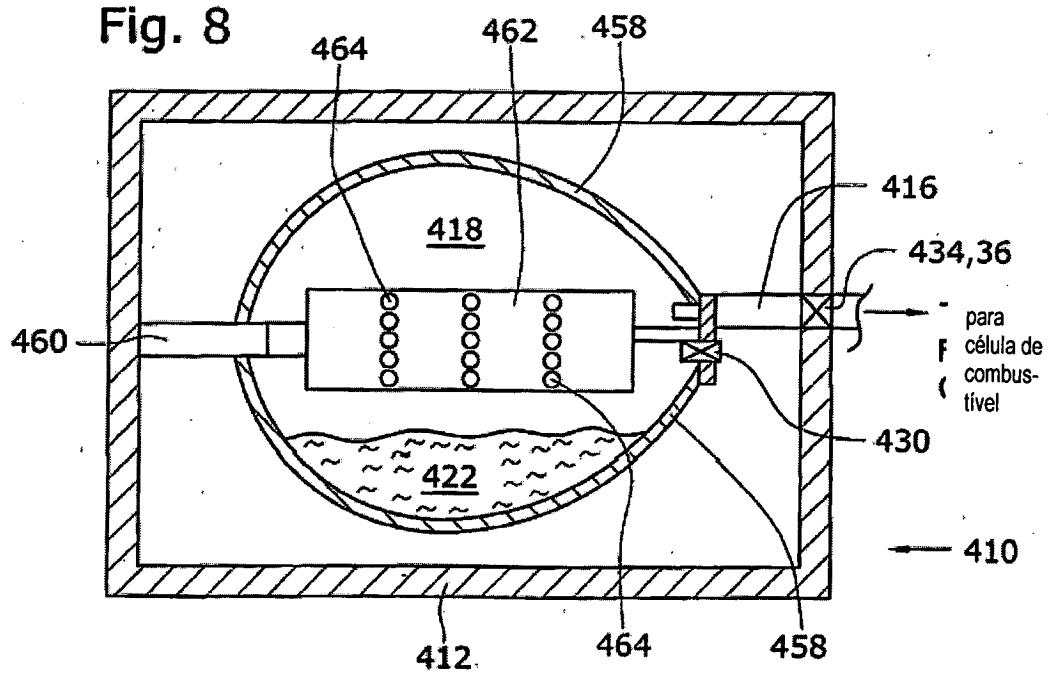


Fig. 9

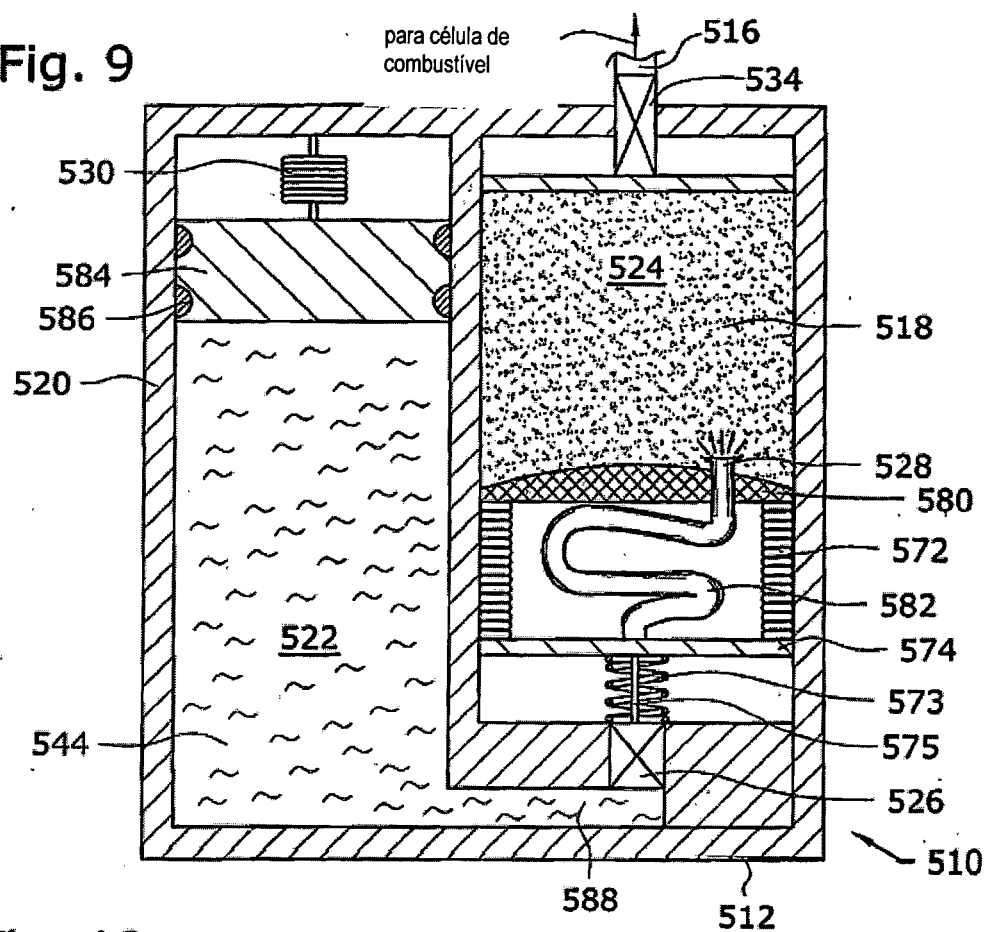
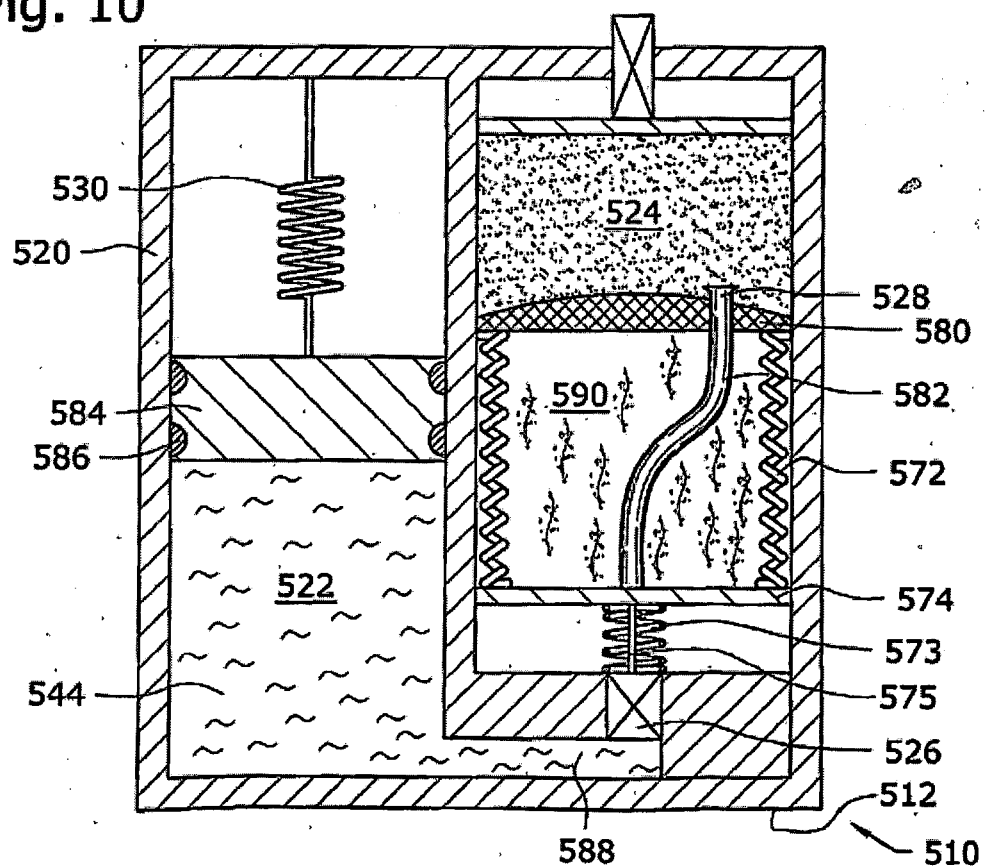


Fig. 10



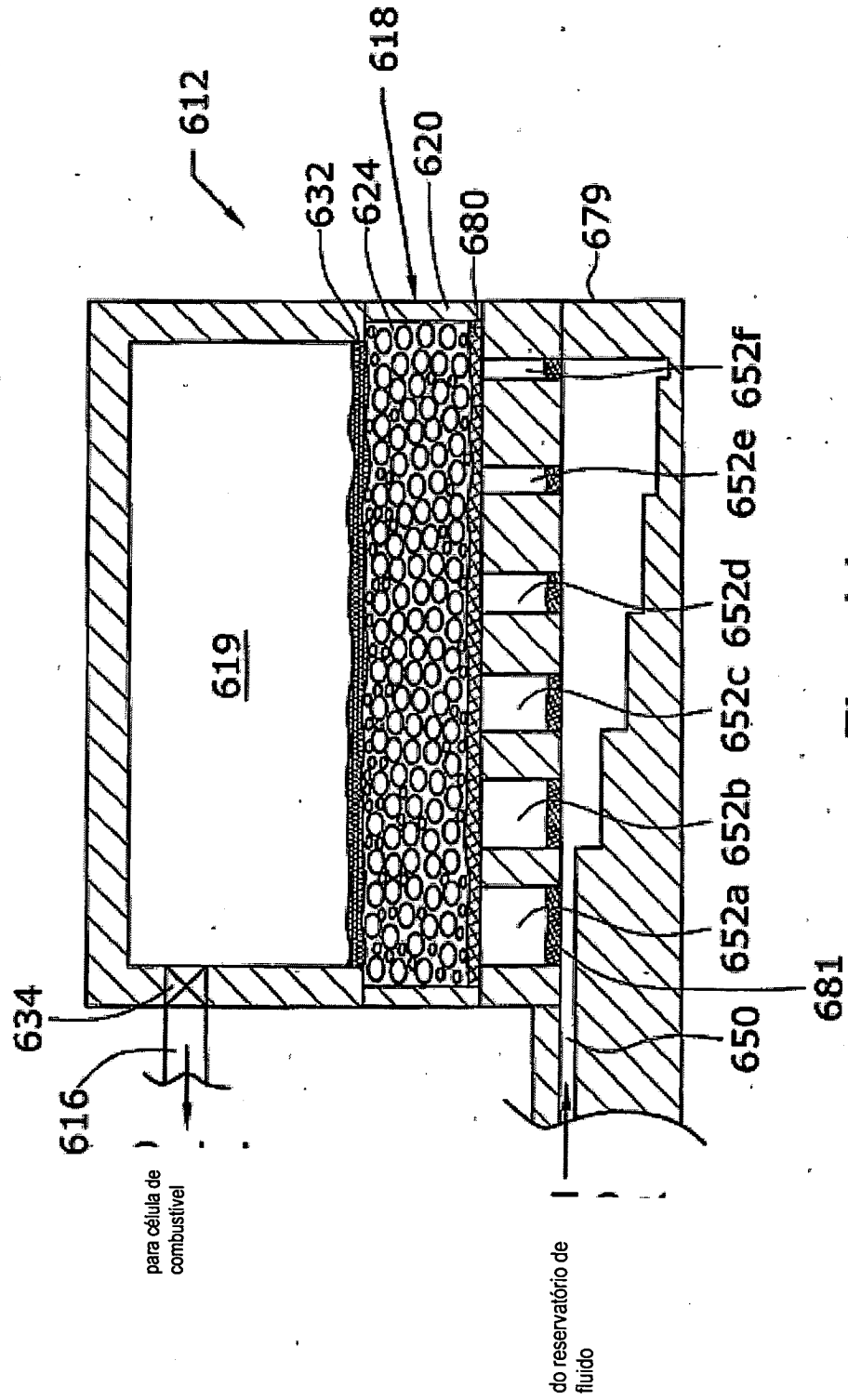


Fig. 11

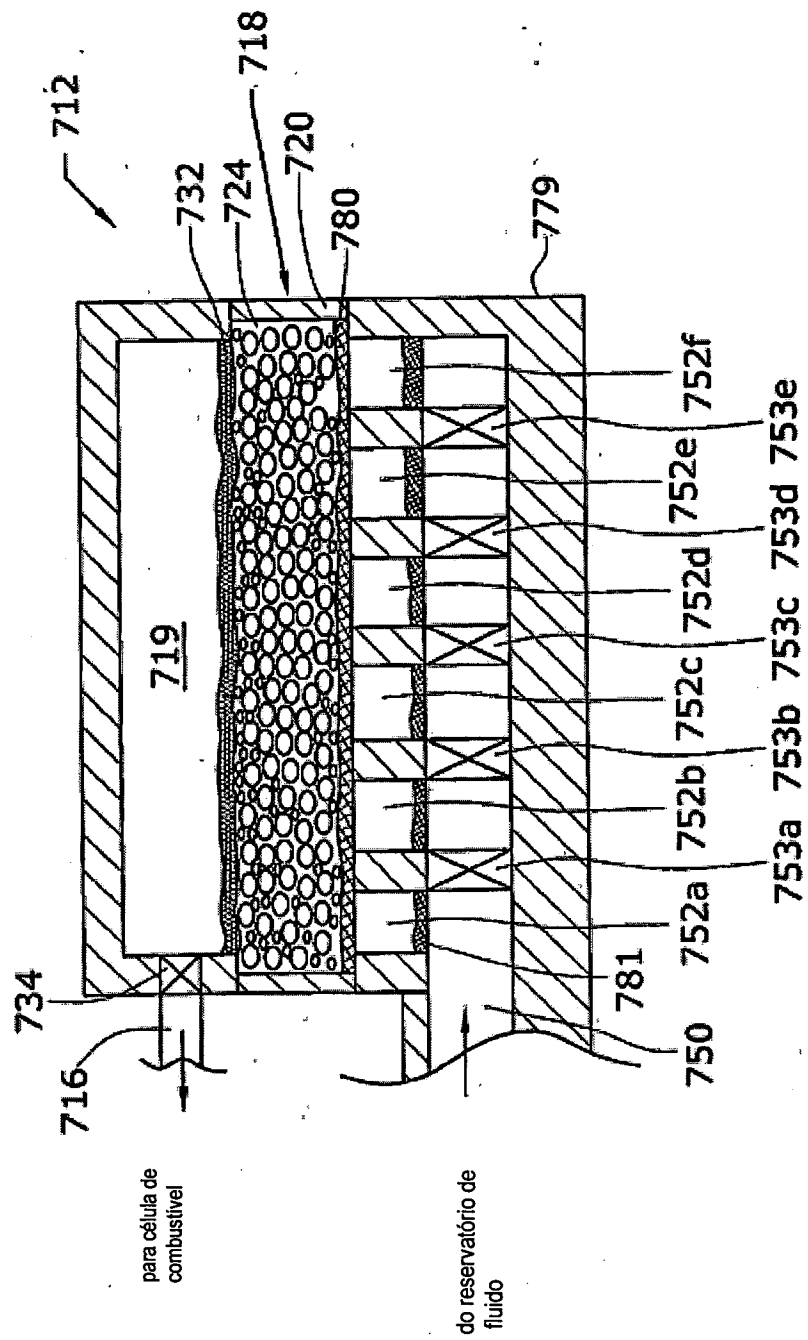


Fig. 12

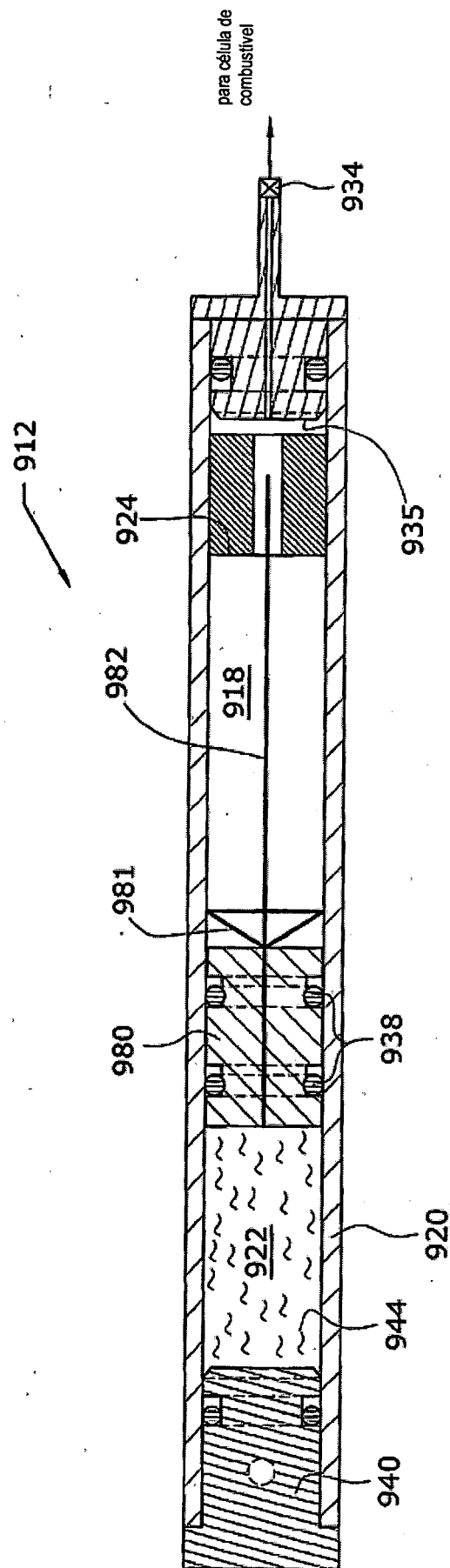


Fig. 14

PI 0612134-9

APARELHO DE GERAÇÃO DE GÁS

Um aparelho de geração de gás (10) inclui uma câmara de reação (18) contendo um componente de combustível sólido (24) e um componente de combustível líquido (22) que é introduzido na câmara de reação por uma trajetória de fluido, como um tubo, bocal ou válvula. O fluxo do combustível líquido para o combustível sólido é auto-regulador. Outras modalidades do aparelho de geração de gás são também descritas.