



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

(21) **PI0616890-6 A2**

(22) Data de Depósito: 06/10/2006
(43) Data da Publicação: 05/07/2011
(RPI 2113)



★ B R P I O 6 1 6 8 9 0 A 2 ★

(51) *Int.Cl.:*
C02F 1/469 2006.01
B01D 61/44 2006.01

(54) Título: **APARELHO DE TRATAMENTO DE FLUIDO, E, MÉTODOS DE TRATAMENTO DE UM FLUIDO, DE FILTRAÇÃO DE FLUIDO EM UMA CÉLULA ELETROQUÍMICA, E DE OPERAÇÃO DE UMA CÉLULA ELETROQUÍMICA**

(30) Prioridade Unionista: 06/10/2005 US 60/724456,
17/07/2006 US 60/831703

(73) Titular(es): PIONETICS CORPORATION

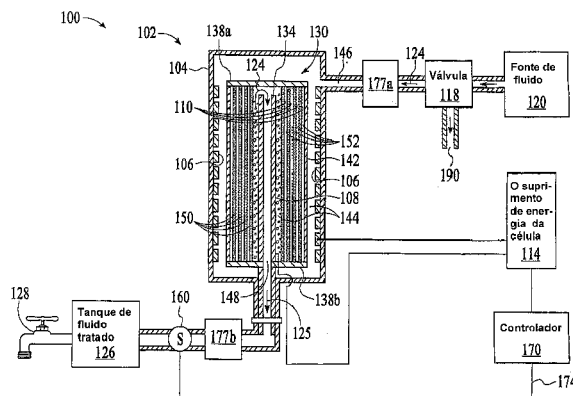
(72) Inventor(es): Ashok Kumar Janah, Christine Ellen Vogdes,
Eric David Nyberg, James Crawford Holmes

(74) Procurador(es): MOMSEN LEONARDOS & CIA

(86) Pedido Internacional: PCT US2006039297 de 06/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/044609 de 19/04/2007

(57) Resumo: APARELHO DE TRATAMENTO DE FLUIDO, E, MÉTODOS DE TRATAMENTO DE UM FLUIDO, DE FILTRAÇÃO DE FLUIDO EM UMA CÉLULA ELETROQUÍMICA, E DE OPERAÇÃO DE UMA CÉLULA ELETROQUÍMICA. Um aparelho de tratamento de fluido (100) para tratar um fluido compreende uma célula eletroquímica (102) tendo orifícios para fluido (124, 125) para receber e liberar fluido, e uma passagem de fluido conectando os orifícios com uma membrana de troca iônica divisora de água (110) exposta ao fluido na passagem. Primeiro e segundo eletrodos (106, 108) são posicionados ao redor da membrana (11). O aparelho compreende também um controlador (170) para controlar e operar um suprimento de energia (114) e sistema de válvula (118). O suprimento de energia (114) supre uma corrente aos primeiro e segundo eletrodos (106, 108) a uma densidade de corrente suficientemente alta para resultar em bacteriostase, desativação, ou uma redução nos microorganismos no fluido. O controlador (170) também pode operar um conjunto de células para deionizar fluido e regenerar as células.



“APARELHO DE TRATAMENTO DE FLUIDO, E, MÉTODOS DE TRATAMENTO DE UM FLUIDO, DE FILTRAÇÃO DE FLUIDO EM UMA CÉLULA ELETROQUÍMICA, E DE OPERAÇÃO DE UMA CÉLULA ELETROQUÍMICA”

5 Referência cruzada

O presente pedido é uma continuação do pedido provisório US 60/724.456, depositado em 6 de outubro de 2005, e pedido provisório US 60/831.703, depositado em 17 de julho de 2006. ambos os quais aqui incorporados em sua inteireza pela referência.

10 Fundamentos

Modos de realização da presente invenção referem-se ao tratamento de fluidos em células eletroquímicas para controlar níveis de íons, particulados, e microorganismos no fluido, e para regenerar células.

Aparelhos de tratamento de fluido compreendendo células de
15 troca iônica eletroquímica podem ser usados para o tratamento de fluido para, por exemplo, trocar íons seletivamente presentes nos fluidos, remover contaminantes de água potável, reduzir sólidos dissolvidos totais (TDS), tratar fluidos de rejeito industrial ou perigosos e dessalinizar água salgada, entre outros usos. Células de troca iônica eletroquímica têm membranas divisoras
20 de água, de troca iônica entre eletrodos faceados em uma célula. Quando uma corrente é aplicada aos eletrodos por um suprimento de energia à célula, a água é irreversivelmente dissociada em íons H^+ e OH^- no limite entre as camadas de troca de cátion e anion das membranas, fazendo com que cátions e anions sejam trocados da corrente de fluido passando através da célula.
25 Células eletroquímicas podem ser regeneradas sem usar produtos químicos perigosos simplesmente pela inversão do potencial elétrico aplicado enquanto lavando a célula com um fluido. Além disso, para obter operação contínua, duas ou mais células eletroquímicas podem ser conectadas para permitir tratamento de fluido em uma CE enquanto outras células são regeneradas.

Quando o potencial elétrico inverso é aplicado, as membranas são regeneradas sem o uso de produtos químicos. A célula tem também uma válvula para controlar o fluxo de fluidos durante processos de tratamento e regeneração.

5 Sistemas eletroquímicos podem ser usados para controlar seletivamente o nível de íons no fluido tratado, mas, tipicamente, não removem sedimento e particulados da corrente de fluido. Os sólidos tipicamente encontrados em fluidos como água de poço ou mesmo água tratada urbana, incluem particulados e sedimentos, como areia ou poeira.
10 Água urbana pode conter também chumbo ou outros íons de metal pesado que devem ser removidos. Sistemas de rejeitos industriais também podem usar redução de matéria particulada. Adicionalmente à remoção de íons do fluido, é desejável também remover esses particulados da corrente de fluido. Fluidos com alto teor de sólidos também podem entupir membranas limitando seu
15 ciclo operacional e bloqueando orifícios das células eletroquímicas.

 Outro problema é o fato de água dura de poços ou de suprimento de água urbana poder conter também compostos dissolvidos, como, por exemplo, compostos de cálcio, magnésio ou manganês, e sais de bicarbonato ou sulfato. Estes sais podem se precipitar na célula e tubulação
20 durante ciclos do processo. Por exemplo, compostos de carbonato de cálcio dissolvidos podem se precipitar e acumular sobre paredes, tubulações e membranas da célula exigindo substituições ou limpezas freqüentes destes componentes. Acúmulo de crostas nos cartuchos, células ou tubulação aumenta exigências de pressão de entrada de fluido e reduz velocidades de
25 fluxo através da célula. Compostos de cálcio dissolvidos que se precipitam durante regeneração de membrana também entopem a membrana com crostas ou particulados, reduzindo o desempenho da célula.

Nos processos de tratamento de fluido, é também desejável reduzir o nível de microorganismos, como germes, micróbios e mesmo vírus,

presentes na corrente de fluido tratada. Falha em desinfetar apropriadamente água potável pode ter conseqüências severas. Por exemplo, criptosporo, um contaminante de água potável, causou doença em mais de 40.000 pessoas em Milwaukee, Wisconsin. Esses micróbios podem estar presentes no fluido original antes do tratamento e/ou ser gerados presentemente e adicionados à corrente de fluido durante o próprio processo de tratamento de fluido. Microorganismos presentes no fluido original podem ser removidos por bacteriólise convencional, desinfecção ou esterilização do fluido antes do tratamento de fluido por troca iônica. O crescimento microbiano gerado dentro do aparelho de tratamento de fluido também pode ser reduzido pela limpeza periódica do sistema de tratamento de fluido. Entretanto, essas limpezas são muitas vezes ineficazes devido a só removerem os bio-resíduos orgânicos formados sobre as paredes internas dos sistemas de tratamento de fluido, uma vez que muitas das superfícies internas dos componentes desses sistemas são de acesso difícil. Além disso, o esfregamento das superfícies internas do aparelho para remover completamente a película fortemente aderida pode resultar em arranhões aos quais bio-películas formadas posteriormente são ainda mais fortemente aderidas e, conseqüentemente, mais difíceis de remover.

Processos de regeneração de membrana também podem ser de execução demorada e usar fluido ou energia elétrica excessivos para regeneração. Reduzir o tempo de regeneração de uma membrana permite que a célula seja usada por um maior número de ciclos de processo por unidade de tempo. A minimização da energia necessária para regenerar membranas tanto reduz custos de energia como minimiza formação de crosta que é tipicamente promovida por gradiente de te. Em aplicações de filtração de água, volume excessivo de fluido de rejeito durante regeneração adiciona ainda mais custos operacionais. Em aplicações industriais, o fluido usado para regenerar as membranas pode ser dispendioso e difícil de ser achado ou ser perigoso -

particularmente em sistemas de filtração de produtos químicos e, assim, difícil de ser descartado sob aos regulamentos de proteção ambiental. Desse modo, é desejável otimizar processos de regeneração de membrana para reduzir tempo de regeneração, e consumo de energia e de fluido.

5 Outros problemas surgem no tratamento de fluido para aplicações de água potável. Durante o ciclo de regeneração, a água é passada através da célula para remover íons e carrear sólidos residuais. Entretanto, uma pequena porção da corrente de água de regeneração pode se tornar aprisionada na célula após o processo de regeneração ter terminado. Quando o
10 usuário liga subsequente a célula pela primeira vez, a célula descarrega o fluido aprisionado residual que pode conter sedimentos, ser colorido ou ter um gosto desagradável. O mesmo problema surge quando o orifício é fechado quando a célula não está em uso, o que pode fazer com que o fluido residual na célula se torne ionizado com íons permeando para fora da célula e para a
15 água de célula estagnada, sendo perdido, desse modo, o benefício do processo. Além disso, variações na qualidade do fluido passando através da célula podem afetar tanto o ciclo de tratamento como de regeneração. A composição iônica, dureza, pH, pressão e outras características da fonte de água em suprimentos de água urbana varia freqüentemente durante o dia ou
20 de uma cidade para outra. Temperaturas ambientes mais elevadas de água podem alterar as propriedades de tratamento e regeneração da água aquecida ou resfriada. Além disso, quando níveis normais de potência de eletrodo de célula são aplicados a correntes de fluido de entrada quente, o fluido de saída pode apresentar temperaturas excessivamente elevada. A variabilidade na
25 quantidade de sais de cálcio duros na água de entrada também pode causar flutuações indesejáveis no tratamento e regeneração de fluido.

É desejável ter um aparelho de tratamento de fluido compreendendo uma célula eletroquímica que possa tratar fluidos eficazmente para controlar o nível de íons no fluido, remover sedimentos e particulados, e

tratar fluidos que variam no teor ou tipo de íon, dureza, pH, temperatura e pressão. É também desejável ser capaz de regenerar membranas mais rapidamente, de modo completo, e com consumo reduzido de fluido e dispêndio de energia elétrica. É ainda desejável desativar e impedir reprodução, remover, ou reduzir os níveis de microorganismos no fluido.

Desenhos

As características, aspectos e vantagens dos sistemas, aparelhos e métodos aqui descritos se tornarão melhor entendidos com respeito à descrição a seguir, desenhos e reivindicações anexas, todos os quais provêm exemplos ilustrativos dos sistemas, aparelhos e métodos. Entretanto, deve ser entendido que cada uma das características aqui descritas pode ser usada por ela mesma ou em qualquer combinação seletiva, não meramente no contexto de nenhum dos desenhos particulares ou qualquer combinação de características descrita, onde:

a fig. 1 é uma vista esquemática de um modo de realização de um aparelho de tratamento de fluido compreendendo uma célula eletroquímica tendo eletrodos posicionados o redor das membranas;

a fig. 2A é uma vista em seção de topo esquemática da célula eletroquímica da fig. 1 mostrando um cartucho tendo membranas com espaçadores integrais enrolados em espiral ao redor de um tubo de núcleo;

a fig. 2B é uma vista esquemática explodida em perspectiva de um modo de realização de uma célula eletroquímica tendo membranas enroladas ao redor de eletrodos tubulares que podem aplicar potencial na célula para desativar microorganismos na corrente de fluido ao atravessar as membranas;

a fig. 3A é uma vista explodida em perspectiva esquemática de um modo de realização de uma célula eletroquímica compreendendo eletrodos ao redor de uma membrana mostrando a aplicação de um campo elétrico perpendicular à membrana para obter uma queda de potencial elétrico

através da membrana;

a fig. 3B é uma vista explodida em perspectiva esquemática de um modo de realização de uma célula eletroquímica compreendendo membranas e eletrodos circulares;

5 a fig. 3C é uma vista em seção esquemática de um modo de realização de uma célula eletroquímica compreendendo dois eletrodos internos e dois eletrodos externos;

a fig. 3C1 é uma vista em seção esquemática de um eletrodo anodo dimensionalmente estável compreendendo um substrato eletricamente condutor com um revestimento superficial, e tendo um revestimento isolante parcial sobre porções adjacentes do eletrodo;

a fig. 4A é um bloco-diagrama esquemático de um controlador compreendendo um módulo de controle e um suprimento de energia a eletrodo para operar a célula eletroquímica da fig. 1;

15 a fig. 4B é um diagrama de circuito de um suprimento de voltagem em CC apropriada para uso no suprimento de energia a da fig. 4A;

a fig. 5 é uma vista lateral de um sensor de fluxo compreendendo um sensor eletromagnético e um conjunto de turbina magnética;

20 a fig. 6 é um gráfico mostrando a contagem de placa de bactéria heterotrófica versus o número de ciclos de célula eletroquímica para a célula eletroquímica das figs. 2A e 2B;

a fig. 7 é um gráfico mostrando a redução logarítmica em bactéria E. Coli em função de CC aplicada através da célula a uma vazão de 0,25l/min através da célula (fig. 7A), e a uma vazão de 0,5l/min através da célula (fig. 7B);

a fig. 9A é uma vista esquemática em seção transversal de um filtro de sedimento;

a fig. 9B é uma vista esquemática em seção transversal de um

filtro por osmose inversa;

a fig. 10 é uma vista esquemática em seção transversal de um filtro de carvão ativado;

a fig. 11A é uma vista esquemática em seção transversal de uma célula antimicrobiana com uma célula ultravioleta;

a fig. 11B é um diagrama esquemático de uma célula antimicrobiana compreendendo uma célula de solução salina saturada e uma válvula de controle;

a fig. 12 é um bloco-diagrama esquemático de um modo de realização de um aparelho de tratamento de fluido compreendendo uma pluralidade de células eletroquímicas;

a fig. 13 é uma vista lateral em seção de uma válvula motorizada adequada para uso no sistema de válvula usado para regular o fluxo de fluido através do aparelho de tratamento de fluido;

a fig. 14 é uma vista lateral em seção de uma válvula solenóide adequada para uso no sistema de válvula;

a fig. 15 é uma vista esquemática de um modo de realização de um aparelho de tratamento de fluido tendo célula eletroquímica duplas e suprimento de energia duplo, um sistema de válvula solenóide e vários filtros;

a fig. 16 é uma vista esquemática de outro modo de realização de um aparelho de tratamento de fluido tendo células eletroquímicas duplas, um único suprimento de energia, um sistema de válvula solenóide e vários filtros;

a fig. 17 é um gráfico dos volumes de fluido de jorro e corrente suprida aos eletrodos ao longo do tempo;

a fig. 18 é um gráfico de um ciclo de regeneração de uma célula eletroquímica mostrando o tempo de rajada e corrente suprida aos eletrodos com o tempo decorrido no ciclo de regeneração;

a fig. 19 é fluxograma esquemático de um aparelho de

tratamento de fluido tendo um regulador de fluido e sensor de fluxo no caminho de fluxo de um par de células eletroquímicas;

a fig. 20 pé um fluxograma esquemático de um aparelho de tratamento de fluido tendo um restritor de fluxo no caminho de fluxo das células eletroquímicas;

a fig. 21 é um gráfico de % de íons removida do fluido passado através da célula para diferentes períodos de tempo de corrente de deionização suprida aos eletrodos após o fluxo de fluido deionizado da célula ter terminado;

a fig. 22 é um gráfico da condutividade da água tratada para ciclos do processo de deionização ocorridos em uma célula eletroquímica quando (a) fluido compreendendo água dura é usado para regenerar a célula, (b) fluido compreendendo água suave é usado para regenerar a célula e (c) fluido compreendendo água deionizada é assada através da célula em um fluxo inverso através do orifício para fluido deionizado;

a fig. 23 é um gráfico da condutividade do fluido regenerado ou de rejeito produzido saído da célula ao longo do tempo quando correntes de regeneração diferentes são aplicadas aos eletrodos;

a fig. 24 é um gráfico da percentagem de sólidos dissolvidos totais (TDS) reduzida no fluido deionizado produzido para células regeneradas com os menores níveis de corrente de regeneração da fig. 23; e

a fig. 25 é um gráfico do nível de cloro total no fluido produzido medido em função do íon cloro presente no fluido de entrada e vazão.

Descrição

Modos de realização do presente sistema, aparelho e métodos são capazes de tratar um fluido para extrair, substituir ou adicionar íons ao fluido, remover partículas e sedimentos, e desativar ou reduzir os níveis de microorganismos no fluido. Embora exemplos de modos de realização do

aparelho de tratamento de fluido sejam providos para ilustrar a invenção, eles não devem ser suados para limitar O escopo da invenção. Por exemplo, o aparelho de tratamento de fluido pode incluir outro aparelho que não as células eletroquímicas ou arranjos de células aqui descritos, como seria
5 aparente a alguém experiente na técnica. Além disso, em adição ao tratamento da água, que está descrito como um modo de realização exemplificativo aqui, o aparelho de tratamento de fluido pode ser suado para tratar outros fluidos, como fluidos de solvente ou baseados em olé, lamas químicas e água de rejeito. Desse modo, os modos de realização ilustrativos aqui descritos não
10 devem ser usados para limitar o escopo da presente invenção.

Um exemplo de modo de realização de um aparelho 100 capaz de tratar um fluido por troca iônica está mostrado na fig. 1. O aparelho 100 compreende uma célula eletroquímica 102, que inclui um alojamento 104 envolvendo pelo menos dois eletrodos 106, 108 e uma ou mais membranas de
15 troca iônica 110, m como membranas de toca iônica de divisão de água. Um suprimento de energia 114 é provido para eletrizar os eletrodos 106, 108 pelo suprimento de uma corrente ou voltagem aos eletrodos 106, 108. Um sistema de válvula 118 controla o suprimento de fluido de uma fonte de fluido 120 para prover uma corrente de fluido afluente 124 à célula. O fluido tratado sai
20 da célula 102 como uma corrente de fluido tratado ou efluente 125 que pode ser armazenado em um tanque de fluido tratado 128 e/ou liberado de um dispositivo de dispensar 128. Aparelhos de troca iônica eletroquímica estão descritos na patente US 5.788.812, emitida para Nyberg ET AL, pedido de patente US 10/130.256, também de Nyberg ET AL., e pedido de patente US
25 11/021.931, de Holmes ET AL., cedidos comunitariamente, todos aqui incorporados em sua integralidade pela referência.

Os eletrodos 106, 108 da célula 102 são fabricados de materiais eletricamente condutores, como metal ou liga metálica, que são resistentes à corrosão em ambientes químicos de pH alto ou baixo formados

durante a polarização positiva e negativa dos eletrodos 106, 108, na operação da célula 102. Eletrodos adequados 106, 108 podem ser fabricados de materiais resistentes à corrosão, como titânio ou nióbio, e podem ter um revestimento externo de um metal nobre, como platina. A forma dos eletrodos 106, 108 depende do projeto da célula eletroquímica 102 e da condutividade da corrente de fluido 124 passando através da célula 102. Formas adequadas dos eletrodos 106, 108 incluem, por exemplo, arames, rolos e lâminas de malha de arame com furos. Os eletrodos 106, 108 são arranjados para prover uma queda de potencial elétrico através das membranas 110 quando da aplicação de uma corrente aos eletrodos 106, 108.

Em um modo de realização, mostrado nas figs. 1B e 1C, a célula 102 compreende um cartucho 130 contendo um par de eletrodos 106, 108 enrolados em arames sobre um tubo elevador central 109 no centro do cartucho 130 e o enrolamento com arame externo ao cartucho adjacente à parede interna do alojamento 104. Os eletrodos são localizados ao redor de uma pilha de membranas divisoras de água enroladas em espiral 110 que são laminadas e enroladas em conjunto por um tubo formador de rede externa (não mostrado. Na célula 102c, a corrente de fluido 124 escoava entre as camadas de membrana do exterior para o interior do alojamento, e para o topo do elevador 109, e sai pelo fundo da célula, ou o fluxo de fluido pode ocorrer na direção oposta. A diferença de potencial elétrico aplicada entre os dois eletrodos 106, 108, através da pilha de membranas enroladas em espiral 110. Vantajosamente, o cartucho 130 provê uma alta densidade ou eficácia de acondicionamento de membranas empilhadas 110 entre os dois eletrodos 106, 108 em uma menor área de projeção, a também permite fácil substituição ou limpeza de membranas pela mudança do cartucho 130.

Os eletrodos 106, 108 podem ter também outras formas, como esferas concêntricas, placas paralelas, redes de arame tubular, discos, ou mesmo formas cônicas, dependendo da aplicação. Por exemplo, a fig. 3A

mostra uma célula de placa paralela 102a compreendendo um par de eletrodos 106, 108 que são placas paralelas sobre cada lado de uma membrana divisória de água 110. Em vez de uma membrana 110, uma pluralidade de membranas empilhadas 110 também pode ser usada nesta célula. Na célula de placa paralela 102a, a corrente de fluido 124 escoa perpendicular e através, ou, entre as suportes das membranas 110. Como outro exemplo, uma célula de disco 102b conforme mostrado na fig. 3B, compreende um par de eletrodos 106, 108 compreendendo discos sobre cada lado de um empilhamento de membranas divisórias de água 110. Na célula de disco 102b, a corrente de fluido 124 escoa através das membranas 110 e é assistida pela gravidade. A queda de potencial elétrico é aplicada entre os dois discos de eletrodos 106, 108. As membranas 110 são modeladas como discos circulares e também podem ter separadores (não mostrados) entre eles.

Outra versão ainda da célula eletroquímica 101 compreende dois eletrodos internos 108a, b e/ou dois eletrodos externos 106a, b conforme mostrado na fig. 3C. A célula tradicional 102 usa um único eletrodo interno 108 e um único eletrodo externo 106 que são alternadamente operados como o anodo e catodo, dependendo de se a célula está no modo de deionização ou regeneração. Entretanto, na versão de célula de eletrodo duplo, um primeiro par de eletrodos interno e externo 108a, 106a, respectivamente, são, cada um, compostos do mesmo primeiro material. O segundo par de eletrodos interno e externo 108b, 106b, respectivamente, são, cada um, compostos do mesmo segundo material que um material diferente do primeiro material. O suprimento de energia 114 da célula 102 aplica uma corrente para operar o primeiro par de eletrodos interno e externo 108a, 106a, exclusivamente como um anodo, (por exemplo, durante uma etapa de deionização), e o segundo par de eletrodos interno e externo 108b, 106b que são feitos de um material diferente, exclusivamente como um catodo (por exemplo, durante uma etapa de regeneração). Em operação, o suprimento de energia 114 desconecta o

eletrodo não utilizado de modo que ele flutue. Por exemplo, se uma corrente tiver sido suprida ao eletrodo interno 108a e eletrodo externo 106a, o eletrodo interno 108b e eletrodo externo 106b seriam desconectados para reduzir correntes parasitas entre os eletrodos.

5 O primeiro par de eletrodos interno e externo 108a, 106a, operados como anodos, são ambos feitos de um material que reduz corrosão de um eletrodo anódico que, de outro modo, ocorreria pelo ataque químico por íons particulares no fluido atraídos para um eletrodo de polaridade positiva. Eletros anodos adequados 108a, 106b, são anodos dimensionalmente
10 estáveis, ou DSAs. Estes eletrodos anodos provêm uma vida global mais longa, menos manutenção, ou custos operacionais de célula mais baixos. Em uma versão, cada eletrodo anodo dimensionalmente estável 108a, 106a compreende um substrato eletricamente condutor 107a com um revestimento superficial 107b, conforme mostrado na fig. 2C1. O revestimento superficial
15 107b pode ser uma imperfeição contendo solução de sólido contendo pelo menos um óxido de metal precioso e pelo menos um óxido metálico de “válvula”. Nestas soluções de sólido substitutivas, um átomo intersticial de metal válvula, que é orientado na estrutura de rede cristalina de óxido metálico de válvula de rutilo característica, é substituído por um átomo de
20 metal precioso. Esta estrutura tem propriedades condutores de eletricidade em contraste com as misturas físicas dos dois óxidos, que poderia ser um isolador. As soluções de sólido substitutivas, em adição a serem eletricamente condutoras, também podem ser catalisadoras ou eletrocatalisadoras. Metais de válvula adequados incluem titânio, tântalo, nióbio e zircônio, e o metal
25 precioso implantado pode incluir platina, rutênio, paládio, irídio, ródio e ósmio. A relação molar de metal válvula para metal precioso varia tipicamente, de 0:2 a cerca de 5:1, por exemplo, 2:1. O substrato eletricamente condutor 107a também é feito do metal válvula. Um exemplo desse eletrodo DAS compreende um substrato de titânio 107a tendo um

revestimento superficial 107b compreendendo uma solução de sólido de dióxido de titânio e dióxido de rutênio. O substrato de titânio 107a é resistente à corrosão em um ambiente clorado que permite que a estrutura mantenha sua tolerância dimensional durante sua vida, diferente, por exemplo, de anodos feitos de grafite. Outro exemplo é eletrodo DAS que é resistente à erosão em ambientes de íon de oxigênio, e é composto de um substrato de titânio 107a tendo um revestimento 107b compreendendo múltiplas camadas de diferentes metais ou uma camada de óxido metálico eletroquimicamente ativo. Os eletrodos interno e externo 108b, 106b, operados como catodos, também são feitos de um material resistente à erosão, o que aumenta sua vida útil como catodos com uma polaridade negativa em um fluido iônico. Materiais resistentes à erosão adequados para os eletrodos catodos 108b, 106b incluem carbono e aço inox.

Os eletrodos duplos interno e externo 108a,b 106a,b, um adequado para uso como um catodo e o outro como um anodo, podem ser posicionados adjacientemente, de modo a ficarem na mesma região geral da célula 102. Em uma versão, os eletrodos duplos internos 106a, b têm, ambos, a mesma forma, tamanho e configuração, e os eletrodos duplos 108a, b são também essencialmente os mesmos eletrodos duplos internos e externos 108a,b, 106a,b. Em uma versão, ambos eletrodos catódicos interno e externo 108b, 106b são feitos de aço inox e ambos os eletrodos anódicos interno e externo 108a, 106a são eletrodos DAS feitos de dióxido de titânio e rutênio.

Em outra versão ainda, os eletrodos internos 108a,b são posicionados lado a lado e têm um revestimento isolante sobre porções adjacentes de cada um dos eletrodos internos, e os eletrodos externos 106a, b também são posicionados lado a lado e tem um revestimento isolante 107c sobre porções adjacentes de cada um dos eletrodos externos. O revestimento isolante 107c pode ser um revestimento cerâmico, por exemplo, como plasma óxido de alumínio ou dióxido de titânio borrifados. O revestimento 107c pode

ser fino, por exemplo, pode ter uma espessura menor do que 100 micra.

Com referência novamente às figs. 2A e 2B, o cartucho 130 é posicionado dentro do alojamento 104 da célula eletroquímica 102. O alojamento 104 tem um orifício de entrada ou afluente 146 para introduzir um fluido de entrada em uma corrente de fluido afluente 124 à célula e um orifício de saída ou de deionização 148 para liberar um fluido de saída tratado em uma corrente de fluido efluente 125. O cartucho 130 compreende uma parede interna tubular hidraulicamente prosa 134, como um tubo de rede rígido, sobre o qual membranas 110 são laminadas, e tampas terminais 138a,b montadas sobre cada extremidade da parede interna tubular 134. O cartucho 130 pode ser desenhado para uma variedade de padrões de flux, por exemplo, fluxo de ponta a ponta (paralelo à parede interna tubular 134) ou fluxo de dentro para fora (fluxo radia para/de a parede interna tubular 134). A luva externa 142 da parede interna tubular 134 que contém a membrana laminada, e as tampas terminais 138a,b são desenhadas para prover uma passagem para o fluido 144 que provê o desejado padrão de flux substancialmente por toda a superfície da membrana. Por exemplo, a corrente de fluido 124 para que a corrente de fluido 124 flua radialmente pra ou da parede interna tubular 134, através de ambas as superfícies interna e externa de cada membrana texturizada 110, as tampas terminais 138a,b vedam as extremidades das membranas enroladas em espiral 110 para impedir que o fluido seja desviado da superfície da membrana 110 em seu trajeto do orifício 146 para o orifício 148. AS membranas 110 também podem ser arranjadas no cartucho 130 para prover uma passagem de fluido 144 do orifício 146 para o 148. A corrente de fluido 124 flui além de ambas as camadas de troca de cátion e anion 150, 152 de cada membrana 110 na passagem de fluido 144. De preferência, a passagem 144 forma um caminho unitário e contíguo que é conectado transpassantemente em uma seqüência ininterrupta q estendendo continuamente do orifício 146 até o orifício 148.

Em uma versa, a membrana de troca iônica 110 é divisora de água e é também conhecida como uma membrana bipolar, dupla ou laminar. A membrana de troca iônica divisora de água 110 compreende uma camada de troca de cátion 150 e uma camada de troca de anion 152, que são unidas em uma interface de membrana 156, conforme mostrado nas figs. 2A e 2B. Na versão mostrada, a camada de troca de cátion 150 faceia o primeiro ou eletrodo externo 106 e a camada de troca de anion 152 faceia o segundo ou eletrodo interno 108. Neste modo de realização, três membranas 110 são enroladas em espiral para formar um arranjo de fluxo paralelo, o que significa que o fluido pode fluir do orifício 146 para o orifício 148 em três passagens equivalentes 144 que se situam entre as membranas 110. Para qualquer padrão de fluxo, por exemplo, paralelo ou radial em relação à it 134, uma ou mais membranas 110 podem ser enroladas em um arranjo paralelo para variar a queda de pressa através do cartucho 130 e o número de membranas 110 que está sendo enrolado em um padrão de fluxo paralelo selecionado para prover a queda de pressão desejada através da célula 102. Embora as membranas 11 sejam geralmente enroladas bem ajustadas uma contra a outra, por clareza de ilustração as membranas 110 estão mostradas enroladas frouxamente com espaços ente elas.

A camada de troca de cátion 150 e a camada de troca de anion 152 contêm materiais de troca de cátion e anion, respectivamente, tipicamente em forma de sólidos ou géis contendo íons que são substituíveis por outros íons que reagem quimicamente com íons específicos para remover os íons da corrente de fluido 124. Por exemplo, materiais de troca de cátion e anion adequados podem incluir polímeros de ligação cruzada ou na ou estruturas inorgânicas como zeólitas. Materiais de toca de cátion trocam cátions sem mudança permanente à estrutura do material, e podem incluir, por exemplo, grupos de ácidos. Materiais de troca de cátion adequados podem compreender um ou mais grupos funcionais de ácidos capazes de trocar cátions como -

COOM, $-\text{SO}_3\text{M}$, $-\text{PO}_3\text{M}_2$ e $-\text{C}_6\text{H}_4\text{OM}$, onde M é um cátion (por exemplo, hidrogênio, sódio, cálcio ou íon de cobre). Materiais de troca de cátion também incluem aqueles compreendendo grupos neutros ou ligantes que unem cátions através de coordenação em vez de ligações eletrostáticas ou iônicas (por exemplo, piridina, fosfeto e grupos de sulfetos), e grupos compreendendo grupos de formação de complexos ou de quelatos por exemplo, aqueles derivados de ácido aminofosfórico, ácido aminocarboxílico e um ácido hidroxâmico. Materiais de troca de anion trocam anions sem mudança permanente à suas estruturas, e podem q, por exemplo, grupos básicos. Outros materiais de troca de anion adequados podem compreender um ou mais grupos funcionais básicos capazes de trocar anions como $-\text{NR}_3\text{A}$, $-\text{NR}_2\text{HA}$, $-\text{PR}_3\text{A}$, $-\text{SR}_2\text{A}$ ou $\text{C}_5\text{H}_5\text{NHA}$ (piridina), onde R é um alquil, anil ou outro grupo orgânico e A é um anion (por exemplo, hidróxido, carbonato, cloreto ou íon de sulfato).

A seleção de materiais de troca de cátion e anion adequados para uma membrana de troca iônica 110 depende da aplicação da membrana 110. Por exemplo, na deionização de uma cor de solução baseada em água, uma membrana 110 compreendendo camadas de troca de cátion 150 compreendendo $-\text{SO}_3\text{M}$ ou grupos de ácido carboxílico ($-\text{COOH}$), e uma camada de troca de anion 152 tendo grupos $-\text{NR}_3\text{A}$, como trimetil ($-\text{NCH}_3$) ou trietil amônio (grupos de $-\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$), é um modo de realização preferido. Essas membranas 110 incham prontamente na água, provendo, desse modo, menores resistências elétricas e maiores taxas de transporte de massa por uma larga faixa de pH. Materiais de troca de anion compreendendo grupos de base fraca ou de ácidos são preferidos quando for necessária regeneração de troca de íon particularmente eficaz. Por exemplo, $-\text{NR}_2\text{HA}$ reagirá com OH^- em uma reação bastante favorável para formar $-\text{NR}_2$, H_2O , e expelir A^- . Como outro exemplo, a para a remoção seletiva de íons de cálcio ou de cobre de um líquido contendo outros íons, por exemplo, íon de sódio, grupos de troca de

íon, como -COOM, ou um grupo de formação de quelatos, como ácido aminocarboxílico, são preferidos. Estes grupos de ácidos fracos oferecem o benefício adicional de regeneração particularmente eficaz devido à reação fortemente favorável de $-(\text{COOM})_n\text{M}$ com H^+ para formar $-(\text{C})\text{H}$ e expelir M^{+n} , onde M é um íon metálico.

A membrana de troca iônica divisora de água 110 pode ser texturizada com um padrão de repetição de três formas tridimensionais, como arranjos de picos e vales, cujos exemplos de modos de realização estão descritos em “MEMBRANAS DE TROCA IÔNICA TEXTURIZADAS”, de Hawkins ET AL., pedido de patente US 10/900.256, depositado em 26 de julho de 2004, aqui incorporado em sua integridade pela referência. As características texturizadas podem ser um arranjo ordenado de sulcos e cristas linearmente espaçados e paralelos a um caminho de fluxo do corrente de fluido 124 passando através da célula. As características texturizadas têm, geralmente, dimensões da ordem de micra.

As membranas 110 podem ser enroladas e espiral com ou sem os espaçadores 154 providos sobre a superfície externa da camada de troca de cátion ou de anion 150, 152, respectivamente, separando esta da camada adjacente, conforme mostrado nas figs. 2A e 2B. Os espaçadores 154 podem ser feitos de um material dielétrico fibroso, como um polímero, por exemplo, polietileno ou polipropileno, e têm uma espessura entre cerca de 0,01 e 5mm, ou, mais tipicamente, de cerca de 0,1mm. Os espaçadores 154 separam as membranas texturizadas 110 uma da outra para permitir melhor escoamento do fluido através das membranas 110. O cartucho 130 compreende diversas membranas 110 com espaçadores 154 que são enrolados em espiral ao redor de uma parede interna tubular 134 que é tipicamente cilíndrica.

Um controlador 170 controla a operação do aparelho 100 e supre sinais de controle e energia aos vários componentes do aparelho 100. Em uma versão, o controlador 170 compreende um suprimento de energia 114

e um módulo de controle 140, conforme mostrado na fig. 4A. O suprimento de energia 114 é capaz de gerar voltagens para despachar energia aos componentes do aparelho de toca 100. Os níveis de voltagem gerados pelo suprimento de energia 114 são selecionáveis para despachar energia para os

5 componentes do aparelho 100 dependendo, por exemplo, dos requisitos dos componentes, as condições operacionais do aparelho de troca iônica 100, ou outros fatores. O módulo de controle 140 é capaz de gerar e receber sinais e instruções para, individual ou coletivamente, operar os componentes do aparelho de troca iônica 100. O módulo de controle 140 compreende circuitos

10 eletrônicos e código de programa para receber, avaliar e enviar sinais. Por exemplo, o módulo de controle 140 pode compreender (i) um chip de circuito integrado programável ou uma CPU (não mostrada), (ii) uma memória (não mostrada) como uma memória de acesso aleatório e memória armazenada, (iii) dispositivos periféricos de entrada e saída (não mostrados, como teclados

15 e mostradores, e (iv) placas de interface de hardware (não mostradas) compreendendo placas de entrada e saída analógicas ou digitais e placas de comunicação. O módulo de controle 140 pode compreender também instruções de código de programa armazenadas na memória e capazes de controlar e monitorar a célula de troca iônica 102, suprimento de energia 114

20 e outros componentes do aparelho de troca iônica 100. O código de programa pode ser escrito em qualquer linguagem de programação convencional de computador. Código de programa adequado é entrado em um único ou múltiplos arquivos usando um editor de texto convencional e armazenado ou configurado na memória. Se o texto de código entrado for em uma linguagem

25 de alto nível, o código é compilado, e o código de compilador resultante é, então, ligado com um código-objeto de rotinas de biblioteca pré-compiladas. Para executar o código de objeto compilado, ligado, o usuário invoca o código de objeto, fazendo com que a CPU leia e execute o código para efetuar as tarefas identificadas no programa.

Em uma versão, o módulo de controle 140 compreende um microcontrolador 152. O microcontrolador 152 é, tipicamente, um dispositivo único integrado que compreender diversos dos componentes do módulo de controle 140. Por exemplo, o microcontrolador 152 pode compreender uma CPU, memória, código de programa, circuitos de entrada e saída, e outros circuitos que podem ser especializados ou adaptados a tarefas particulares. O microcontrolador 152 é vantajoso, devido a encapsular um grau relativamente elevado de funcionalidade em um único componente programável. Um exemplo de microcontroladores disponíveis comercialmente adequados 152 são série de microcontroladores 152 PICmicro®, como, por exemplo, o Microcontrolador de 28/40-Pinos de 8 bit CMOS Flash PIC16F87X, disponibilizado por Microchip, localizada em Chandler, Arizona. Outro exemplo de um microcontrolador comercialmente disponível adequado é o 68000, disponibilizado por Motorola Corp., Fênix, Arizona.

Em uma versão, o suprimento de energia 114 e uma porção do módulo de controle 140, como o microcontrolador 152, podem, em conjunto, formar um suprimento de energia controlado. O suprimento de energia controlado combina a geração de voltagem e corrente para despachar energia aos componentes do aparelho de troca iônica 100 com a funcionalidade de programação e controle do microcontrolador 152. O suprimento de energia controlado também pode fazer parte de um controlador 170 tendo um módulo de controle 140 e outros componentes além do microcontrolador 152.

O suprimento de energia de eletrodo 114 serve para converter uma fonte de CA 158 em uma saída de CC para carregar os eletrodos da célula 106, 108 e ativar tratamento de fluido em uma célula de tratamento eletroquímico 102. A magnitude da voltagem de CC aplicada ente os eletrodos 106, 108 afeta o transporte de massa iônica na célula 102, por meio do que voltagens maiores correspondem a uma maior transporte de massa iônica, e menores voltagens correspondem a um menor transporte de massa

iônica. DE modo a regular as propriedades do fluido tratado, o suprimento de energia de eletrodo 114 tem que ser capaz de despachar uma voltagem de CC selecionável. Uma saída de voltagem de CC aceitável, por exemplo, é uma voltagem de CC pulsativa, tendo uma amplitude e uma oscilação. Em uma
5 versão, a oscilação tem um valor entre 10% a cerca de 50% do valor de tempo médio da voltagem de CC durante um período de tempo predeterminado e o suprimento de energia 114 de eletrodo é capaz de gerar a voltagem de CC que tem um nível de voltagem tipicamente selecionável na faixa de cerca de 0V a cerca de 330V, ou de cerca de 30 volts a 300volts. A polaridade da voltagem
10 aplicada aos eletrodos também afeta a operação, por meio do que uma polaridade corresponde a tratamento de fluido e uma polaridade inversa corresponde à regeneração de célula eletroquímica.

De modo a apresentar estas características, o suprimento de energia 114 tem que compreender certos elementos, ou seja: um suprimento
15 de voltagem de CC 164 capaz de retificar e multiplicar a voltagem de entrada de CA, um seletor de nível de voltagem 165 com circuito de temporização, um detector de corrente 232, um seletor de polaridade 218, e tem que ser controlado por um controlador 170 capaz de interpretar informação de sensor e produzir sinais de comando apropriados para os seletores de nível de
20 voltagem 185 e de polaridade 216.

Um modo de realização de um sensor de suprimento de voltagem de CC 160 apropriado para uso no suprimento de energia 114 da fig. 4A está mostrado na fig. 4B. O sensor de suprimento de voltagem de CC 160 compreende um retificador 168 e um multiplexador 172. O retificador 168
25 compreende um circuito paralelo de avanço no sentido do relógio de elementos de circuito controlador de porta que são oticamente acoplados a um circuito de sinal de temporização. Os elementos de controle de circuito de porta são SCRs 176a,b. Uma possível vantagem de SCRs sobre diodos normais de Schockley é sua propriedade de travamento, que permite que os

mesmos sejam desligados até serem ligados pelo suprimento de uma voltagem à porta do SCR 176. Os SCRs 176a,b são ligados em resposta a um pulso de disparo e permitem que corrente passe para sua direção avante sobre a porção da forma de onda de CA que ocorre após os SCRs 176 serem ligados. Os

5 SCRs 176 continuarão a passar corrente após a voltagem da porta ser removida e até que a voltagem de CA aplicada caia abaixo de seu valor de limiar de condução e, depois, serão ligados novamente.

O seletor de nível de voltagem 165 compreende um circuito de temporização que escolhe o pulso de disparo para ter uma duração suficiente

10 para permitir que o SCR 176 de condução seja ativado. O circuito paralelo de sentido do relógio avante compreende eficazmente dois retificadores 168 arranjados em orientações opostas, e, assim, o sinal de voltagem de saída compreende pulsos positivos e negativos. Ou seja, cada elemento de retificador, ou seja, cada SCR, produz pelo menos parte de uma voltagem

15 retificada de meia onda tendo uma polaridade que opões uma polaridade da pelo menos pare da voltagem retificada de meia onda produzida pelo outro elemento de retificador, por exemplo, o outro SCR. No modo de realização mostrado, os SCRs 176a,b podem ser suados para modular a quantidade de energia despachada para o multiplicador de voltagem e, assim, a energia e a

20 voltagem disponíveis do suprimento de energia 114.

A saída do retificador 168 serve como uma entrada para o multiplicador de voltagem 172, que retifica e multiplica a entrada. O multiplicador 172 compreende dois diodos 208a, b que estão conectados à saída do retificador 168, um capaz de passar corrente a partir da saída e o

25 outro capaz de passar corrente para dentro da saída. Os terminais dos diodos 208a, b são conectados a dois capacitores 212a, b, e os terminais dos capacitores 212a, b são conectados ao pino neutro 171 da entrada da C. A.. A voltagem de saída é tomada para incluir ambos os capacitores 212a, b entre seus pinos. Quando o sinal de entrada é um pulso de voltagem positivo, a

corrente flui através do diodo 208a à frente, para dentro do capacitor 212a e para fora do pino neutro 171 da entrada de C. A., carregando, o capacitor 212a. Quando o sinal de entrada é um pulso de voltagem negativo, a corrente flui através do diodo reverso 208b, para fora do capacitor 212b, e para fora do pino neutro 171, carregando desse modo o capacitor 212b. Se a potência disponível ao circuito é mais alta do que sua potência de saída, os capacitores 212a, b serão carregados para dar uma voltagem combinada de saída duas vezes o valor da voltagem do sinal de entrada cortado da C. A. Caso necessário, a voltagem de saída de pode ser mais intensificada aplicando-se a saída do multiplicador de voltagem a outro par de capacitores, entretanto, a corrente disponível é limitada pela entrada de potência pelo retificador.

Em uma versão, o detector de corrente 232 compreende um resistor na linha de saída D.C. que, quando a corrente é passada através dele, tem uma voltagem que é ópticamente acoplada a um fototransistor (não mostrado). O fototransistor passa voltagem quando luz é aplicada e produz um sinal de voltagem que é relacionado à corrente fluindo entre os terminais dos eletrodos 106, 108. Este sinal é enviado ao controlador 170, que é capaz de interpretar a entrada e de sinalizar o circuito de temporização do seletor do nível de voltagem 165 para controlar a corrente fornecida à célula 102.

A temporização do disparo do pulso fornecido ao retificador 168 afeta a voltagem de saída da fonte de alimentação DC e é fornecido pelo seletor de nível de voltagem 165. Em uma versão da fonte de energia 114, o seletor de nível de voltagem 165 compreende um detector de cruzamento zero (não mostrado), uma rede de capacitor & resistor comutado (não mostrada) e um temporizador (não mostrado). O detector de cruzamento zero está conectado à fonte de C. A. e produz um pulso cada vez que ele vê a fonte da C.A. passar por zero volt. O circuito de capacitor e resistor define uma constante de tempo RC, e tem uma resistência que é ajustável pelo controlador 170, tornando a constante de tempo ajustável. O temporizador lê e

combina a saída pulsada do detector de cruzamento zero com a constante de tempo do circuito de capacitor e resistor dentro de uma saída de disparo de pulso eficazmente cronometrada. Um chip geralmente disponível chamado 555 é um chip de sincronismo apropriado.

5 Os sistemas de tratamento de fluidos 100 que têm duas células 102a, b são mostrados na FIG. 12, exigem que o controlador 170 seja capaz de sensorear e controlar a potência fornecida a ambas as células 102a, b. Quando uma fonte de alimentação 114 é usada para operar duas células 102a, b, as células 102a, b pode ser supridas com o mesmo valor de voltagem. 10 Entretanto, o seletor de polaridade 216 permite que as células funcionem com polaridades opostas, isto é, uma célula no modo de tratamento enquanto a outra célula está no modo de regeneração. Em um modo de realização, o seletor de polaridade 216 compreende um comutador de relé de duplo pólo e dupla emissão.

15 Em um modo de realização, a carga sobre a fonte de alimentação 114 é diminuída, na operação de células múltiplas, provendo-se uma fonte de alimentação separada 114a, b para cada célula 102a, b. Em versões do sistema de tratamento de fluido 100 tendo mais de uma fonte de alimentação 114, o controlador 170 é configurado para controlar 20 separadamente as fontes de alimentação 114a, b.

Em um modo de realização, a longevidade do sistema 100 pode ser aumentada provendo-se duas fontes de alimentação diferentes, uma para conduzir as células na direção à frente para o tratamento de fluido e uma para conduzir as células na direção inversa durante a regeneração. Além 25 disso, desde que o fluido que sai da célula da regeneração é descartado, a voltagem da fonte de alimentação da regeneração não precisa ser controlada e ajustada finamente. Assim, os parâmetros de projeto da fonte de alimentação da regeneração são relaxados e uma fonte de alimentação DC mais barata, mais suja, pode ser fornecida para a regeneração.

Sensores

O aparelho de troca iônica 100 compreende tipicamente um ou mais sensores 160 para sensorar uma propriedade de um componente do aparelho 100, ou para detectar um evento ou medir uma propriedade. Os

5 sensores 160 podem ser de tipos diferentes, tais como um sensor de fluxo, sensor da pressão, sensor de condutibilidade iônica ou um sensor de temperatura. O controlador 170 recebe sinais dos sensores 160 através da linha 174 que conecta os sensores 160 ao controlador 170, e pode usar estes

10 sinais para gerar sinais de controle para a fonte de alimentação 114. Por exemplo, o microcontrolador 152 do controlador 170 pode igualmente gerar o sinal de seleção de polaridade em resposta aos sinais oriundos do sensor 160. Em outra versão, o controlador 170 pode usar uma combinação de sinais, tais como aqueles gerados pela fonte de alimentação 114 e o sensor 160, para gerar uma série de sinais de controle para a fonte de alimentação 114. Como

15 um exemplo, o controlador 170 pode gerar um sinal de seleção de tempo constante e um sinal de seleção de polaridade que evolui no tempo em resposta às condições no aparelho 100 sensoradas pelo sensor 160 e às condições na fonte de alimentação 114 ou aparelho 100 comunicadas pela fonte de alimentação 114 ao controlador 170, por exemplo, comunicadas pelo

20 sinal de detecção de corrente.

Um sensor 160 compreendendo um sensor de fluxo de fluido 204 pode ser posicionado ao longo da corrente de fluido 125. Em um modo de realização, um sensor de fluxo de fluido apropriado 204 compreende uma turbina 143 que é orientada para girar ou se mover de outra maneira com a

25 corrente de fluido como mostrado na FIG. 5. Na versão mostrada, a turbina 143 compreende um rotor 205 tendo uma lâmina em espiral que se enrola ao redor de um eixo que está suspenso entre dois rolamentos 207. O eixo 209 é mantido em uma orientação fixa no tubo por braços (não mostrados) que se estendem a partir da parede interna do tubo e são conectados aos rolamentos

207. A lâmina em espiral 206 pode ser pelo menos duas lâminas 206 que são conectadas integralmente ao rotor 205 ao longo de juntas arqueadas de modo que as lâminas 206 não sejam planas, mas se enrolem ao redor do corpo do rotor 205 e tenham um passo. Os rolamentos 207 são contornados em uma
5 forma cônica para permitir que a corrente de fluxo seja defletida pela superfície externa do cone para ser direcionada em direção às lâminas em espiral 206 da turbina 143. A turbina 143 igualmente compreende um ímã 208 que é embutido no rotor 205 e orientado de modo que uma linha juntando os pólos Norte e Sul do ímã se encontre aproximadamente perpendicular ao eixo
10 de rotação do rotor. A relação de rotação do rotor 205 e do ímã 208 é proporcional à relação de rotação das lâminas 206 que é dependente do fluxo de fluido através do tubo. Um sensor eletromagnético (não mostrado) é posicionado sobre, ou embutido na parede do tubo adjacente ao rotor 205 e sensoreia a frequência de oscilação do campo magnético do ímã da turbina. O
15 sensor eletromagnético (não mostrado) produz um sinal de taxa de fluxo compreendendo uma voltagem para o controlador 170. A voltagem de saída do sensor 204 é uma função da frequência rotativa e, por isto, é igualmente uma função da taxa de fluxo de fluido através do tubo de saída 151. Um sensor apropriado é um sensor de Efeito Hall que produz uma voltagem que
20 oscila com uma frequência que corresponda à frequência rotativa da turbina. Embora seja descrito um tipo de sensor de fluxo 204, deve-se notar que outras configurações de sensores de fluxo são igualmente possíveis.

O controlador 170 usa o sinal da taxa de fluxo do sensor do fluxo de fluido 204 para determinar a taxa de fluxo de fluido que passa
25 através dos tubos e das células 102a, b, e esta informação de taxa de fluxo pode ter numerosas finalidades diferentes: Por exemplo, o controlador 170 pode usar o nível do sinal da taxa de fluxo para controlar as fontes de alimentação 114a, b para ajustar a corrente elétrica aplicada aos eletrodos das células 102a, B. Desta maneira, a corrente aplicada aos eletrodos pode ser

ajustada para conseguir níveis mais elevados de desativação do microorganismo, ou ajustar a potência da corrente aplicada aos eletrodos em relação à taxa de fluxo através das células 102a, b.

Um sensor 160 que é um sensor da pressão pode igualmente
5 ser provido para produzir um sinal de pressão ao controlador 170 que seja proporcional à pressão do fluido no aparelho 100. No uso, quando a pressão no tubo de saída diminui, o controlador 170 pode ligar o funcionamento do aparelho de tratamento de fluido 100 para prover uma corrente de fluido tratado 125. Entretanto, quando a saída é fechada, a pressão se acumula na
10 saída e o controlador 170 pode desligar a operação da célula eletroquímica 102.

O sensor 160 pode igualmente ser um sensor da condutibilidade iônica que meça direta ou indiretamente a concentração de íons no fluido que está sendo tratado pelo aparelho de troca iônica 100. O
15 sensor da condutibilidade iônica pode medir, por exemplo, a concentração, espécies, ou relações das concentrações de íons no fluido tratado. O sensor 160 pode ser colocado em determinados pontos na corrente do fluido tais como, por exemplo, na entrada 146 ou na tomada 148 da célula eletroquímica de troca iônica 102, ou em uma combinação destas posições ou de outras. O
20 sensor da condutibilidade iônica é igualmente útil para determinar e controlar a concentração total de sólidos dissolvidos (TDS) na corrente do fluido tratado 125. Alternativamente, o sensor 160 da condutibilidade iônica pode ser um sensor de íon específico que detecte uma espécie iônica particular, por exemplo, nitrato, arsênico ou chumbo. O sensor de íon específico pode
25 ser, por exemplo, ISE (eletrodo seletivo de íon). Geralmente, é preferido colocar o sensor da condutibilidade iônica tão a montante quanto possível para obter-se a medida mais inicial. Neste modo de realização, quanto mais cedo a medida do sensor possa ser determinada, mais precisamente a concentração iônica do fluido tratado pode ser controlada. O microcontrolador

152 do controlador 170 pode gerar um sinal de seleção em tempo constante que é relacionado a ambos os sinais a partir da fonte de alimentação 114, tais como o sinal de detecção de corrente, e um sinal a partir do sensor de íon bem como um sinal da concentração iônica. O controlador 170 pode igualmente
5 controlar a fonte de alimentação 114 para controlar uma corrente elétrica fornecida aos eletrodos 106, 108 da célula 102 em resposta a um sinal da concentração iônica recebido de um sensor.

Um sensor 160 compreendendo um sensor de temperatura pode igualmente ser provido para sensorear a temperatura do fluido e gerar
10 um sinal de temperatura. O sensor de temperatura mede uma temperatura do fluido dentro ou fora da célula 102 e gera um sinal de temperatura que contém informação sobre a temperatura do fluido. O controlador 170 recebe o sinal de temperatura e ajusta o valor da corrente aplicada aos eletrodos 106, 108 em resposta ao sinal de temperatura, em qualquer um, ou em ambos os ciclos de
15 deionização e regeneração. Por exemplo, o controlador 170 pode instruir a fonte de alimentação 114 para mudar o valor da corrente por etapas de, por exemplo, pelo menos, aproximadamente 20%. Em uma versão preferida, o valor da corrente é mudado de, pelo menos, cerca de 20% para cada 10°C que a temperatura medida do fluido esteja acima ou abaixo da temperatura de
20 25°C. Como um exemplo, em resposta a um sinal de medida de temperatura, o controlador 170 pode instruir a fonte de alimentação 114 para reduzir a corrente passada através da célula 102 de um primeiro nível para um segundo nível que seja pelo menos cerca de 20% mais baixo do que o primeiro quando a temperatura do fluido for, pelo menos, cerca de 10°C acima de 25°C
25 (temperatura ambiente). Por exemplo, o controlador 170 pode ser programado para reduzir a corrente do primeira para o segundo nível quando a temperatura for pelo menos cerca de 45°C. A corrente pode igualmente ser reduzida continuamente pela detecção de uma temperatura do fluido que seja, pelo menos, cerca de 20°C mais alta do que a temperatura ambiente. Por exemplo,

a corrente pode continuamente ser reduzida em decréscimos de miliampères, até o segundo nível de corrente desejado ser alcançado. Vantajosamente, este método controla a temperatura do fluido tratado na célula 102 para assegurar que o fluido não seja aquecido a temperaturas excessivamente altas durante a deionização. Isto é particularmente útil nas aplicações de água para beber onde a saída de água quente pode ser indesejável.

Em uma versão alternativa, o controlador 170 ajusta a corrente passada através da célula 102 para manter uma temperatura de fluido pré-especificada. Por exemplo, esta versão pode ser útil quando é desejável produzir uma água mais morna ou mais refrigerada da célula 102. O controlador 170 é programado para ajustar o nível de corrente aplicado através da célula 102, por exemplo, aumentando ou diminuindo a corrente, para controlar a temperatura do fluido. O valor da corrente pode ser ajustado em relação à temperatura medida na célula 102 e/ou à temperatura do fluido desejada.

Um sensor de temperatura apropriado é um par termoeletrico posicionado ou no caminho do fluxo de fluido ou tocando o tubo de fluido. O par termoeletrico pode ser um par termoeletrico tipo J ou K. O sensor de temperatura pode igualmente ser um termistor, tal como um construído do óxido de metal sinterizado em uma matriz de cerâmica que mude a resistência elétrica com a temperatura.

Desativação de microorganismos

Em uma versão da presente invenção, o controlador 170 envia um sinal de controle à fonte de alimentação 114 para controlar a saída de potência para os eletrodos 106, 108. O controlador 170 é capaz de controlar a fonte de alimentação 114 para aplicar através dos primeiros e segundos eletrodos 106, 108, da célula 102, corrente tendo uma densidade de corrente que seja suficientemente alta para desativar microorganismos na corrente de fluido 124 que passa através da passagem de fluido 144 da célula 102. Para

uma taxa de fluxo dada, se a corrente de desativação for demasiado baixa, os microorganismos presentes na célula 102 e o fluido de entrada retêm sua capacidade de multiplicar ou reproduzir após o fluido passar através da célula 102, o que é indesejável. Entretanto, o processo de desativação não é apenas
5 uma função da corrente passada através dos eletrodos 106, 108, mas também da densidade de corrente que passa através das membranas 110 da célula 102. Determinou-se que níveis baixos de densidade de corrente resultarão em, ou desativação insuficiente, ou nenhuma, dos microorganismos. Entretanto, níveis excessivamente altos de densidade de corrente não são desejáveis
10 porque tais níveis levam ao consumo excessivo de corrente elétrica, e podem igualmente danificar as propriedades de troca iônica das membranas 110.

A bacteriostase dentro da célula 102 é conseguida quando os microorganismos, tais como bactérias, são desativados nas superfícies dentro da célula 102. Isto resulta nos níveis de microorganismos permanecerem os
15 mesmos, ou até reduzirem-se em número, na célula, com o tempo. Pode-se obter bacteriostase sem reduzir os níveis de microorganismos ativos quando o fluido de entrada passa através da célula. Uma célula ou sistema bacteriostático não mostrará um aumento de bactérias na água que passa através dele por um intervalo de tempo, por exemplo, por muitas semanas ou
20 meses. Uma célula, não-bacteriostática desenvolverá bactérias sobre suas superfícies internas, que são então descartadas e adicionadas ao fluido quando ele passa através da célula. Com tempo, a concentração de bactérias aumenta dentro da célula, resultando em um aumento dos níveis de bactérias na água tratada em um intervalo de tempo. Por isto, preferivelmente, uma corrente que
25 tenha uma densidade de corrente suficientemente alta para resultar em bacteriostase da célula 102, que é a desativação dos microorganismos sobre as superfícies internas das células, é aplicada através dos primeiros e segundos eletrodos 106, 108 pela fonte de alimentação 114, que é controlada pelo controlador 170. A densidade de corrente da corrente aplicada através do

fluido é suficientemente alta para provocar bacteriostase de modo que, por um período de tempo de uso, o fluido de saída da célula 102 compreende um nível de microorganismos que permanece constante ou é reduzido.

Adicionalmente é vantajoso desativar microorganismos na
5 água que entra, por exemplo, os níveis de bactérias ou de vírus, quando a água passa através da célula 102. Neste exemplo, o primeiro nível de um microorganismo na entrada de fluido é reduzido a um segundo nível no fluido de saída que é, por exemplo, pelo menos cerca de 90% mais baixo do que o primeiro nível, ou, até mesmo, pelo menos cerca de 99%, ou 99.99%, ou
10 99.9999% mais baixo. Por exemplo, os primeiros e segundos níveis podem ser níveis de bactérias de *E. coli*, vírus MS-2, ou outros microorganismos.

Um método comum de determinar o número bacteriano ativo é um método viável de contagem de placa. Neste método, uma amostra do fluido em que as bactérias ou outros microorganismos devem ser contados é
15 diluída em uma solução que não prejudique o micróbio, e, contudo, não suporte seu crescimento de modo a não crescerem durante a análise. Por exemplo, um volume da amostra de fluido é diluído primeiramente 10 vezes no amortecedor e completamente misturado. Na maioria dos casos, uma porção de 0,1-1,0 ml desta primeira diluição é diluída então mais 10 vezes,
20 dando uma diluição total de 100 vezes. Este processo é repetido até que uma concentração que seja estimada em cerca de 1000 células bacterianas por ml do fluido seja alcançada. Na técnica placa de dispersão, as diluições mais elevadas tendo a densidade bacteriana mais baixa são, então, espalhadas com um bastão de vidro estéril dentro de um meio sólido, tal como o ágar para as
25 bactérias heterotróficas, que suporta o crescimento destes micróbios. O espalhamento do fluido sobre a placa deve embeber o ágar para impedir que o derramamento do fluido sobre a superfície provoque o desenvolvimento conjunto de colônias. A necessidade de placas secas restringe tipicamente o volume de dispersão a 0,1 ml ou menos. Um segundo método viável para

contar as bactérias é a técnica de derramamento na placa, que consiste em misturar uma porção da diluição com ágar derretido e derramar a mistura em uma placa de petri. Em qualquer dos casos, a diluição da amostra é alta o bastante para que células individuais sejam depositadas no ágar estas originando colônias. Contando-se cada colônia, o número total de unidades de formação de colônias (CFUs) na placa é determinado. Multiplicando esta contagem pela diluição total da solução, é possível encontrar o número total de CFUs na amostra do fluido, que pode ser uma amostra do fluido de entrada ou uma amostra do fluido de saída.

Em um exemplo, os primeiros e segundos níveis são definidos como unidades de formação de colônia por 100 ml de fluido. Em uma versão, o controlador 170 ajusta a densidade de corrente para obter um segundo nível compreendendo menos unidades de formação de colônias por 100 ml do fluido de saída do que o primeiro nível de unidades de formação de colônias por 100 ml do fluido de entrada. A densidade de corrente é suficientemente alta para impedir substancialmente um aumento nas unidades de formação de colônias por 100 ml no fluido de saída. Como outro exemplo, o controlador 170 controla a fonte de alimentação para aplicar aos primeiros e segundos eletrodos 106, 108, uma corrente tendo uma densidade de corrente que seja suficientemente alta para prover um fluido de saída tendo um segundo nível de unidades de formação de colônias por 100 ml que seja pelo menos cerca de 90% mais baixo do que o primeiro nível de formação de unidades de colônia por 100 ml do fluido de entrada.

Os primeiros e segundos níveis de microorganismos ativos podem igualmente ser definidos como contadores de placa das bactérias heterotróficas. Embora as bactérias possam ser heterotróficas, que se alimentam de carbono, elas pode igualmente ser de outros tipos, tais como as que se alimentam de enxofre. Contagens de placa de bactérias heterotróficas são usadas para contar as bactérias ativas que se alimentam de carbono.

Quando o fluido de entrada compreende um primeiro nível de microorganismo compreendendo uma contagem de placa de bactérias heterotróficas de, pelo menos, cerca de 500 Cfu/ml, o controlador 170 ajusta a densidade de corrente suficientemente alta para prover um fluido de saída tendo uma contagem de placa de bactérias heterotróficas menor do que cerca de 450 Cfu/ml. O controlador 170 pode igualmente controlar a fonte de alimentação 114 para aplicar aos primeiros e segundos eletrodos 106, 108, uma corrente tendo densidade de corrente suficientemente alta para prover um fluido de saída tendo uma contagem de placa de bactérias heterotróficas que seja, pelo menos, 50 Cfu/ml menor do que a contagem de placa de bactérias heterotróficas do fluido de entrada. Em uma versão, o controlador 170 ajusta a densidade de corrente suficientemente alta para prover um fluido de saída tendo, pelo menos, uma redução logarítmica da contagem de placa de bactérias para um tempo de residência do fluido de, pelo menos, 0,05 minutos, ou mesmo duas reduções logarítmicas da contagem da placa de bactérias.

Em referência aos exemplos de células mostrados nas FIGS. 3A e 3B, o eletrodo 106 nestas células 102a, b tem uma área exposta $A_{\square 1}$ que é exposta à corrente do fluido 124 na célula, o segundo eletrodo 108 têm uma área exposta A_{E2} , e a membrana 110 tem uma área exposta A_M . Nestas células, as áreas expostas A_{E1} , A_{E2} , e A_M são substancialmente similares uma a outra para prover um cálculo relativamente fácil da densidade de corrente média. A densidade de corrente média da membrana para um envoltório ou camada de membrana dada é a corrente total da célula dividida pela área da membrana para este envoltório ou camada. O controlador 170 controla a fonte de alimentação 114 para aplicar uma corrente através do primeiro eletrodo 106 para prover uma densidade de corrente média selecionada em relação a qualquer uma ou mais das áreas expostas A_{E1} , A_{E2} ou A_M . Outra maneira de descrever a bacteriostase da célula ou os parâmetros de desativação do

microorganismo é com o uso de uma queda do potencial elétrico. A corrente aplicada aos eletrodos 106, 108 passa através do fluido para formar uma queda do potencial elétrico através das membranas 110 no fluido. O campo elétrico gerado pela queda de potencial é perpendicular ao plano das membranas 110, e a uma queda normalizada do potencial elétrico baseada no número das membranas 110 entre os eletrodos 106, 108 pode ser usada para conseguir uma medida da corrente aplicada através de uma pilha de membranas 110.

Na célula cilíndrica 102 mostrada nas FIGS, 2B e 2C, para uma diferença do potencial elétrico dado aplicada aos eletrodos 106, 108, a densidade de corrente e o campo elétrico aumentam, ambos, gradualmente na direção do eletrodo interno 108 porque é menor em diâmetro do que o eletrodo externo 106. Nesta célula 102, o primeiro eletrodo 106 tem uma área exposta A_{E1} que é exposta à corrente do fluido 124, o segundo eletrodo 108 tem uma área exposta A_{E2} , e a membrana 110 tem uma faixa de áreas expostas A_M , relevante para o cálculo da densidade de corrente porque um dispositivo típico empregará camadas múltiplas de membranas entre os eletrodos 106, 108. As áreas expostas A_{E1} , A_{E2} , e A_M são diferentes uma da outra, porque os eletrodos 106, 108 e a membrana 110 têm cada um deles, formas diferentes. Por isto, a densidade de corrente no fluido e a queda do potencial elétrico em relação às membranas é selecionada como o menor dos valores calculados da camada da membrana adjacente aos dois eletrodos 106 e 108. O controlador 170 controla a fonte de alimentação 114 para aplicar uma corrente através dos eletrodos 106, 108 que, tem um fluxo de campo elétrico médio substancialmente perpendicular à superfície da membrana. Para uma célula em espiral tal como a célula 102, a área da membrana usada para calcular a densidade da corrente é a área da camada mais externa. Naturalmente para uma placa e uma armação de célula construídas a partir de camadas de membranas múltiplas todas tendo mesmas áreas de superfície, o

cálculo da densidade de corrente é direto.

Baseado nestas observações, uma faixa preferida da densidade de corrente média para as células 102a e 102b é de cerca de 0,01 a cerca de 20 mNcm² ou mesmo de cerca de 0,01 a cerca de 10 mNcm². Uma densidade de corrente apropriada para uma célula de membrana enrolada em espiral é de cerca de 0,2 a cerca de 10 mNcm². Uma queda do potencial elétrico médio apropriada por camada de membrana é de cerca de 0,05 a cerca de 20 V por camada de membrana. Mais preferencialmente, a queda do potencial elétrico é de cerca de 0,5 V a cerca de 10 V por camada de membrana. Como um exemplo, para a célula 102 mostrada na FIG.2A, a corrente passada através dos eletrodos 106, 108 pode ser de cerca de 0,1 a cerca de 4 ampères durante a operação de uma célula que tem uma altura de 15 cm. Nesta célula, a área da membrana de cartucho mais interna é cerca de 200 cm² e a área da membrana mais externa é cerca de 500 cm². A densidade da corrente é calculada a partir da maior destas duas áreas, ou 500 cm², e a faixa de densidades de corrente é de 0,2mNcm² na extremidade inferior, e 8 mA/cm² na extremidade superior.

Os níveis selecionados de densidade de corrente aplicados através dos primeiros e segundos eletrodos 106, 108 ao fluido em qualquer uma das células 102 resultam na bacteriostase ou em uma redução na concentração de microorganismos ativos, que incluem micróbios tais como bactérias e vírus, na corrente do fluido 124.

A desativação é um estado em que os microorganismos são incapazes de reproduzir neutralizando, deste modo, eficazmente seus efeitos prejudiciais em criaturas vivas. A desativação não significa necessariamente que os microorganismos sejam removidos da solução ou que sejam todos mortos na célula. Entretanto, a desativação é suficiente para desinfetar a corrente do fluido 124, porque impede que os microorganismos se reproduzam e assim causem a doença.

Células antimicrobiana

O fluido que está sendo tratado eletroquimicamente pode igualmente ser exposto a um agente antimicrobiano em uma célula antimicrobiana 177a para aumentar adicionalmente os níveis de desinfecção obtidos no fluido de saída. A célula antimicrobiana 177a pode ser posicionada antes da célula eletroquímica 102 (como mostrado), após a célula 102, na própria célula 102, ou colocada ao longo do caminho de uma pequena corrente de fluido desviado. A célula antimicrobiana 177a é usada para adicionar o fluido ou expô-lo, a um agente antimicrobiano via uma fonte de um agente antimicrobiano, para aumentar adicionalmente os níveis de desinfecção obtidos no fluido de saída. O agente antimicrobiano reduz o nível, impede o crescimento, ou limita a reprodução dos micróbios. Micróbios são microorganismos e formas de vida mínimas que incluem, por exemplo, bactérias, vírus, parasitas, cistos, fungos, mofo, bolor e esporos. O agente antimicrobiano pode ser um ou vários dos antibacterianos, antivirais, antifúngicos, antiparasíticos, imunoterapêuticos, antibióticos, quimioterapêuticos e outros agentes. O agente antimicrobiano deve ter toxicidade seletiva, isto é, o agente deve inibir a reprodução de, ou matar micróbios sem liberar compostos perigosos para dentro do fluido tratado.

A célula antimicrobiana 177a pode ser um sistema de gotejamento (não mostrado) que adicione o agente antimicrobiano ao fluido enquanto este passa através de uma célula eletroquímica 102, ela mesmo, ou através de uma célula antimicrobiana 177 que é conectada a uma célula eletroquímica 102. Em um exemplo, o sistema de gotejamento compreende um gotejador de fluido para gotejar um fluido antimicrobiano contendo o agente antimicrobiano dentro do fluido enquanto ele passa através da célula 177a. O gotejador de fluido compreende um recipiente que contém um volume de fluido antimicrobiano substituível, e que possa ser conectado por um encanamento à linha do fluido através da qual o fluido tratado ou não é

passado. Uma válvula de controle do fluxo (não mostrada) pode ser colocada no encanamento para controlar o fluxo do gotejador de fluido para dentro do encanamento. Em um exemplo, o fluido antimicrobiano compreende cloreto de sódio ou cloro. A exposição ao gotejamento deveria adicionar fluido
5 contendo agente antimicrobiano em uma concentração que seja suficientemente alta para permitir a desinfecção de um fluido que é passado através do sistema a uma taxa de fluxo pelo menos de cerca de 2 l/min.

No exemplo mostrado na FIG. 11B, o sistema de gotejamento 227 inclui um encanamento inclinado 246 que desvia uma pequena
10 quantidade da corrente do fluido para dentro da célula 233. O fluido desviado dissolve uma pequena fração das partículas antimicrobianas, tais como as partículas de cloreto de sódio, contidas na célula 233. Uma célula antimicrobiana apropriada 233 é inteiramente carregada com as partículas granuladas 247 de um sal de haleto apropriado, tal como cloreto de sódio, e
15 uma fração da corrente do fluido é desviada para dentro da célula 233 para dissolver pelo menos parcialmente o sal de haleto para formar íons de haleto, por exemplo, íons cloreto do sal de cloreto. As partículas antimicrobianas podem igualmente compreender, por exemplo, um composto contendo um agente antimicrobiano, tal como o sal do cloreto de sódio para liberar íons de
20 cloro no fluido quando ele passa através da célula 233. As partículas antimicrobianas podem igualmente ser encapsuladas em um material de liberação lenta ou sustentada tal como um revestimento que libere lentamente íons do cloro para dentro do fluido. O fluido desviado é retornado à corrente do fluido através de uma válvula de controle 234 que controla a taxa com que
25 o fluido flui através do sistema de gotejamento 227 e com isto, a dose da solução antimicrobiana 229 e partículas antimicrobianas 247 para dentro da corrente do fluido.

Outros sistemas do gotejamento incluem sistemas de micro válvulas que empregam uma micro válvula com tubo capilar fino para liberar

continuamente uma dose muito pequena do agente antimicrobiano dentro da corrente do fluido. Ainda outro sistema de gotejamento compreende um tubo capilar ou um orifício Venturi que igualmente libera lentamente o agente antimicrobiano para dentro da corrente do fluido.

5 As partículas antimicrobianas podem ser geradas de uma fonte de agente antimicrobiano, por exemplo, um composto contendo um agente antimicrobiano, tal como sal de cloreto de sódio para liberar íons de cloro no fluido quando este passa através da célula 177. As partículas antimicrobianas podem ser igualmente encapsuladas em um material de liberação lenta ou
10 sustentada tal como um revestimento que libere lentamente íons de cloro para dentro do fluido.

Ainda em outro exemplo, a célula antimicrobiana 177a contém agente antimicrobiano suspenso em uma membrana antimicrobiana (não mostrada), tal como uma membrana semipermeável ou um filtro poroso. A
15 membrana antimicrobiana é suspensa na célula 177a de modo que o fluido atravessa a célula 177 passando através da superfície da membrana. Ao fazer assim, o fluido captura uma porção pequena do material antimicrobiano contido dentro da membrana. Como um exemplo, um material antimicrobiano apropriado pode ser contido em uma membrana de polímero durante a
20 fabricação da membrana de polímero. Polímeros apropriados que podem servir como meio para uma membrana contendo o agente antimicrobiano incluem poliamida, acrílicos, cloreto de polivinil, metacrilatos de polimetil, poliuretano, celulose etil, e nitro celulosas. O agente antimicrobiano pode ligar-se ionicamente à, ou ser contido por, uma rede de polímero de ligação
25 cruzada. O composto antimicrobiano deveria ser misturado uniforme e homogeneamente com o material precursor do polímero da membrana. A mistura pode ser realizada misturando pós dos polímeros precursores e o material antimicrobiano em um misturador cortante. Os pós podem igualmente ser dispersos em um solvente apropriado e então ser revestidos ou

secos para formar um pó sólido. Solventes apropriados incluem misturas de álcool/água e podem igualmente incluir tensoativos, peptizadores e auxiliares de dispersão. Os agentes antimicrobianos deveriam ser resistentes à temperatura e pressão aplicadas à membrana²⁰ durante sua fabricação.

5 Em outra versão, o agente antimicrobiano é adicionado à própria membrana de troca iônica ou divisora de água 110 de modo que o fluido é exposto ao agente antimicrobiano ao passar através da célula eletroquímica 102. Este sistema evita ter células separadas 177a, b para o agente antimicrobiano. Em uma versão, esta membrana 110 é fabricada
10 adicionando-se o agente antimicrobiano à membrana 110 depois que é fabricada e texturizada. Por exemplo, um agente antimicrobiano pode ser adicionado à mistura de materiais de troca de cátion e de anion que são misturados em um tanque antes de ser pressionado ou laminado em uma membrana divisora de água 110. Os materiais de troca de cátion e de anion
15 podem ser pós que são misturados ao agente antimicrobiano em um misturador cortante para formar uma mistura homogeneizada dos pós. O agente antimicrobiano pode igualmente ser disperso em um solvente apropriado tal como o álcool, água, tensoativos, peptizadores, auxiliares de dispersão e suas misturas; e revestido então em outras partículas da matriz ou
20 secado para dar forma a um pó misturado. O pó misturado é fabricado então dentro de uma membrana por tratamento térmico e pressão em um sistema de laminação. O agente antimicrobiano pode igualmente ser adicionado a uma membrana 110 mergulhando a membrana divisora de água pré-fabricada 110 em uma solução contendo o agente antimicrobiano ou pulverizando uma
25 solução do agente sobre a membrana enquanto ela passa através dos laminadores de fabricação. A membrana altamente porosa e permeável 110 absorve o agente em sua superfície e poros internos. Aplicação do agente antimicrobiano após a fabricação da membrana 110 igualmente reduz a probabilidade do agente se tornar ineficaz pela exposição ao calor, à pressão

ou às outras condições de fabricação da membrana. Os agentes antimicrobianos trocam ou são liberados durante a passagem do fluido através da célula eletroquímica 102 contendo a membrana divisora de água antimicrobiana modificada. Polímeros hidrófilos de cadeias longas que são incorporados à membrana 110 podem igualmente adsorver moléculas de água e facilitam a troca iônica. O agente antimicrobiano deveria estar presente na membrana 110 em uma concentração suficientemente alta para permitir a desinfecção do fluido que passa através da célula em uma taxa de fluxo de, pelo menos, cerca de 2 litros/minuto. Espera-se que as membranas texturizadas contendo agentes antimicrobianos provejam melhor desinfecção do que as membranas não-texturizadas por causa da área de superfície maior destas membranas.

As membranas antimicrobianas 110 podem igualmente incluir nano-materiais, que têm dimensões na ordem dos nanômetros, e que removem ou desativam os microorganismos. Por exemplo, nano-fibras cerâmicas podem ser adicionadas às membranas para filtrar contaminadores. Filtros de nano-fibra de alumina tendo uma carga positiva, que atraem germes carregados negativamente do fluido e retêm o mesmos nas superfícies do filtro são produzidas por Argonide, Sanford, Florida. Escovas do polímero em nano-escala revestidas com moléculas podem ser usadas para capturar e remover metais, proteínas e germes venenosos, e estes materiais são produzidos por eMembrane, Providence, Rhode Island. Nano-colunas de óxido de titânio podem, igualmente, ser usadas para remover micróbios.

O aparelho e métodos acima descritos para incorporar um agente antimicrobiano no aparelho 100 ou na própria célula eletroquímica 102, para tratar a corrente do fluido entrante para remover ou para desativar micróbios, podem ser implementados usando-se um ou vários de muitos agentes antimicrobianos diferentes. Exemplos de agentes antimicrobianos apropriados incluem compostos inorgânicos, que ocorrem naturalmente ou

compostos orgânicos sintetizados, e compostos farmacêuticos. Diversos exemplos destes compostos estão listados aqui, entretanto, deve-se compreender que os compostos listados são exemplos meramente ilustrativos, e a presente invenção não deve ser limitada a estes exemplos, mas, em vez
5 disto, incluir todos os outros agentes antimicrobianos como seria aparente àqueles peritos na técnica.

Vários compostos contendo halogênios e oxidantes fortes são igualmente agentes antimicrobianos eficazes e podem ser incorporados ao aparelho e métodos descritos aqui. Por exemplo, desinfetantes de halogênio
10 como hipoclorito de sódio, operam como agente antimicrobiano eficaz. Agentes antimicrobianos que se tornam eficazes quando tratados dentro da célula eletroquímica incluem o íon cloreto contendo compostos tais como o cloreto de sódio que pode ser dissolvido em um fluido como a água a partir de partículas granuladas de sal adicionadas a um recipiente como descrito aqui.
15 Em uma versão, a célula antimicrobiana 177a compreende uma célula contendo íon halogênio que inclui um recipiente contendo um composto que contém halogênio, tal como o cloreto de sódio na forma granulada ou uma solução saturada de cloreto de sódio em um sistema do gotejamento. Deve-se igualmente notar que os íons cloreto estão freqüente e igualmente, presentes
20 nos reservatórios de água das cidades em quantidades eficazes para aumentar o efeito antibacteriano da célula eletroquímica operada a um fluxo de corrente eletroquímico particular. A concentração dos íons químicos no fluido ou membrana multiplicada pelo tempo de residência gasto pelo fluido para atravessar através da célula antimicrobiana ou da membrana, determina a taxa
25 de desinfecção. Em um exemplo, o íon haleto, tal como um íon cloreto é adicionado ao fluido em uma concentração de, pelo menos, cerca de 15 ppm, ou mesmo pelo menos 60 ppm ou mesmo, pelo menos, 100 ppm.

Outros compostos de halogênio podem igualmente ser usados como agentes antimicrobianos. Por exemplo, o agente antimicrobiano pode

igualmente ser uma amina-halogênio, como por exemplo, N-halamina. Grânulos da resina de N-halamina estão disponibilizados no comércio por HaloSource sob a marca registrada HaloPure®. A N-halamina compreende grupos de aminas juntados a halogênio tal como o cloro. Alguns exemplos

5 incluem halamina amida, halamina imida, e halamina amina. Exemplos de desinfetantes N-halamina incluem 1,3 dicloro-2,2,5,5-tetrametilimidazolidina-4-ona e 1 cloro-2,2,5,5-tetrametilimidazolidina-4-ona. Um outro tipo de composto halogênio-amina compreende as cloraminas, que produzem menos compostos orgânicos clorados do que o cloro livre, e conseqüentemente, são

10 mais duradouros e estáveis na célula 102. Em uma versão, a membrana antimicrobiana compreende as cloraminas suspensas em uma malha fina de carbono. Quando um fluido, tal como a água, passa através da membrana é exposto às cloraminas para matar ou desativar micróbios no fluido. A halogênio-amina ou N-halamina pode ser provida a partir de uma halogênio-

15 amina ou de uma célula de N-halamina que seja baseada no sistema de gotejamento descrito acima.

Em outro exemplo, uma resina de troca iônica iodada, que pode ser uma resina catiônica ou aniônica, pode igualmente ser usada para formar a membrana. A resina é carregada pesadamente com iodo elementar e

20 quando a água passa sobre a resina iodada provê uma liberação programada do iodo que cria uma concentração fixa na água tratada. Resinas iodadas são agentes biocidas altamente eficazes que matam ou desativam a maioria dos microorganismos nativos da água, incluindo bactérias, parasitas e vírus. As resinas iodadas permitem uma baixa residência do fluido através da célula

25 porque a água precisa somente ser exposta à resina por um período curto de tempo para se tornar desinfetada eficazmente. Com isto, as resinas iodadas permitem uma taxa de fluxo elevada de fluido através da célula. O iodo é igualmente favorável ao meio ambiente porque tem um baixo potencial de força eletromotiva com materiais orgânicos. O iodo é igualmente menos

inclinado do que outros halogênios a formar complexos orgânicos perigosos, o subproduto principal sendo sal iodado, que é extraído facilmente da água tratada se desejado. A resina iodada pode ser fabricada para prover uma taxa fixa de liberação desejada do iodo no fluido. Quando expostas à água

5 carregada com partículas carregadas negativamente, incluindo a maioria dos micróbios, algumas resinas iodadas compensarão deslocando quantidades ligeiramente maiores de iodo na água contaminada. Esta resina pode igualmente ser combinada com a resina de carvão vegetal ativado e ser usada na própria célula, por exemplo, enquanto um revestimento das paredes da

10 célula, ou mesmo como um espaçador que separa as membranas. A resina de carvão vegetal ativado remove igualmente o cloro da água entrante para impedir a reação do cloro com iodo. Membranas de resina iodada são particularmente úteis para a purificação emergencial da água,

Um oxidante forte pode igualmente atuar como um agente

15 antibacteriano eficaz. Nesta versão, a célula antimicrobiana 177a inclui um recipiente que contém um oxidante presente em forma de composto, por ele mesmo ou na presença de um catalisador ou outra fonte de energização. Por exemplo; a adição de pequenas quantidades de um oxidante tal como peróxido de hidrogênio, H_2O_2 , ele próprio, ao fluido ou água fluindo através

20 da célula 102 pode ser usado para purificar ainda mais o fluido. Neste exemplo, a célula oxidante inclui um recipiente contendo peróxido de hidrogênio. A célula oxidante pode também incluir um recipiente contendo H_2O_2 combinado com prata coloidal (que serve como catalisador antimicrobiano) para prover boa desinfecção. Os produtos químicos presentes

25 na água são oxidados pelo H_2O_2 e os microorganismos são mortos pelo nível aumentado de oxigênio.

Materiais inorgânicos contendo íons metálicos que têm propriedades antimicrobianas incluem íons de metais prata, cobre, níquel, zinco, estanho e ouro. Estes metais podem ser providos ao aparelho sob a

forma de colóides de metal, sais de metal, anidridos de metal, e materiais antimicrobianos de troca metal-íon. Os íons do metal executam a troca iônica com os íons opostos no fluido que são parte do micróbio no fluido, desse modo desativando ou destruindo o micróbio. Íons de metal por contato podem igualmente interromper a transferência e respiração do elétron dentro das células de uma bactéria.

O íon prata é um agente antimicrobiano particularmente eficaz. Como exemplo, agente antimicrobiano compreendendo íon prata mantido em uma matriz de liberação controlada pode ser adicionado a uma membrana 110 durante o processo da fabricação. Por exemplo, uma membrana antimicrobiana pode compreender o íon prata incorporado em uma membrana 110 que serve como um portador. O material de troca iônica é compatível e pode mesmo ser sinérgico com o processo de troca iônica eletricamente acelerada e a migração iônica que ocorre nas células eletroquímicas 102. Mais, a área de superfície maior da membrana 110 aumentaria a área superficial efetiva dos íons prata expostos ao fluido provendo melhor desinfecção. Desde que a célula eletroquímica 102 já é operada para prover um grau de desinfecção ou de desativação do micróbio, a adição de liberação controlada ou troca de íons prata poderia aumentar substancialmente as propriedades benéficas da desinfecção.

Os íons prata são igualmente eficazes contra um espectro amplo de microorganismos que causam o odor, descoloração, rejeitos orgânicos, e outros problemas estéticos. Quando os íons prata contatam as bactérias e os outros micróbios, interrompem a transferência e a respiração do elétron dentro das células. Mais, os íons prata não são tóxicos aos seres humanos e aos animais e podem ser moldados para fornecer liberação controlada para permitir proteção antimicrobiana contínua. A matriz contendo o íon prata pode ser incorporada diretamente dentro das membranas misturando-o com o material da membrana. A matriz do íon prata pode

igualmente ser usada na tubulação antimicrobiana, tal como um tubo rígido de polietileno, que é usado para conectar a válvula(s) 118, células eletroquímicas 102 e outros componentes. A tubulação antimicrobiana inibe a colonização microbiana sobre a superfície interna da tubulação para impedir a formação de algas, limo ou mofo, sobre as paredes da tubulação.

A membrana ou partículas antimicrobianas podem compreender o íon prata incorporado em uma matriz cerâmica que é inerte e serve como um portador como, descrito abaixo. Um tipo de membrana antimicrobiana compreende o íon prata adsorvido sobre a superfície de uma camada de zeólito que opera trocando os íons prata com os íons opostos encontrados no fluido. Um zeólito é um mineral hidratado de silicato de alumínio com uma estrutura "aberta" que pode acomodar uma variedade de íons positivos, como por exemplo, o íon prata, que é mantido um pouco mais frouxamente e pode prontamente ser trocado por outros íons no fluido passando em contacto com a estrutura. Os minerais zeólitos comuns incluem a analcima, a chabazita, a heulandita, a natrolita, a phlllipsita, e a stilbita; e uma fórmula exemplar para a natrolita é $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Os zeólitos têm estruturas cristalinas únicas compreendendo poros internos interconectados com diâmetros controlados na ordem de nanômetros ou menos. A troca iônica exige neutralidade de carga na superfície do zeólito, e os íons prata não são liberados a menos que um cátion esteja presente para a troca. Por isto, quando a superfície de tal membrana está molhada, a superfície contendo o zeólito torna-se ativa para liberar os íons prata a uma concentração antimicrobiana, e então desliga reabastecendo o reservatório de prata quando ele está seco. Um íon prata apropriado a uma matriz de zeólito está disponível no comércio sob o nome comercial AgIONTM. O composto antimicrobiano AgION trabalha proativamente contra um espectro amplo de bactérias, fungos e outros micróbios, e foi provado reduzir as bactérias no produto tratado de tanto quanto 99.999%, ou cinco reduções logarítmicas.

Outro tipo de membrana antimicrobiana compreende o íon prata em uma matriz cerâmica compreendendo fosfato de zircônio. O fosfato de zircônio tem uma estrutura em camada tridimensional com os átomos de prata encontrando-se entre as camadas. A prata é liberada das camadas pela troca iônica com íons do ambiente; entretanto, por a troca iônica poder ocorrer somente nas bordas das camadas, ela provê cinética de liberação controlada. Uma resina apropriada baseada em fosfato de zircônio contendo prata é a AlphaSan® que pode ser obtida de Milliken & Company, de Spartanburg, North Carolina. Ainda outro tipo de membrana antimicrobiana compreende o íon prata em uma matriz do vidro fosfatado. Uma mistura deste vidro e prata é moída e, então, misturada com plásticos ou revestimentos. Quando o vidro se dissolve em uma solução ligeiramente ácida, os íons prata são liberados para prover um efeito antimicrobiano.

A membrana antimicrobiana pode igualmente ser feita usando-se materiais de troca iônica de metais que foram trocados ou carregados com os íons antimicrobianos. Materiais de troca iônica de metais apropriados incluem compostos de zircônio ou fosfato tais como fosfatos de zircônio, fosfatos de hidrogênio, zircônio e sódio e fosfatos metálicos hidrogenados. Vários minerais são igualmente antimicrobianos e estes incluem zeólitos, argilas tais como montmorillonita, alumino-silicatos porosos, e silicatos de magnésio. O agente antimicrobiano pode ter uma composição antimicrobiana ativa que é selecionada de uma faixa ampla de antimicrobianos conhecidos, e materiais apropriados são apresentados em, por exemplo, "Active Packing of Food Applications" A.L. Brody, E.R. Strupinsky, e L.R. Kline, Technomic Publishing Company, Inc, Pensilvânia (2001), que está aqui incorporado em sua totalidade pela referência.

Certos compostos metálicos podem igualmente ser agentes antimicrobianos eficazes bem como agentes formadores de sedimento. Por exemplo, compostos inorgânicos tais como o cálcio e o magnésio servem

como agentes amortecedores que ajudam na formação de flocos ou espuma de sedimento que podem ser removidos do fluido. Altas concentrações de magnésio, por exemplo, colocadas em uma camada na célula, podem igualmente inibir o crescimento de fungo, tal como aspergilo, dióxido de titânio e a cerâmica de titânia são igualmente úteis para a purificação de água e revestimentos antivirais e bactericidas. O sulfato de cobre é outro bom agente antimicrobiano que pode ser usado em algumas membranas formadas em doses suficientemente pequenas para não afetar a saúde de uma pessoa que beba a água tratada do aparelho.

Compostos orgânicos, que podem ser substâncias naturais ou sintetizadas, podem igualmente servir como agentes antimicrobianos. Por exemplo, o ácido benzóico, C_6H_5COOH , e seus sais, inibem o crescimento do mofo, fermento, e de algumas bactérias quando adicionado diretamente ou criado a partir de reações com seus sais de sódio, potássio ou cálcio. Como outro exemplo, ácido sórbico, $C_6H_8O_2$, um composto orgânico natural isolado das bagas verdes da sorveira *Sorbus*, aucuparia, e seus sais, tais como o sorbato de sódio, sorbato de potássio e sorbato de cálcio, são agentes antimicrobianos usados freqüentemente para impedir o crescimento do mofo, fermento e fungos. Os sais são preferidos em relação à forma ácida porque são mais solúveis em água. O pH ótimo para a atividade antimicrobiana está abaixo de pH 6,5 e os sorbatos são usados geralmente em concentrações de 0,025% a 0,10%. Como outro exemplo, alicina, que é um extrato natural do alho é um antibiótico poderoso e um composto antifúngico. Outros compostos orgânicos sintetizados que podem servir como agentes antimicrobianos incluem timol e triclosan. Timol é um derivado do fenol monoterpeneo de cimeno, $C_{10}H_{13}OH$, isomérico com carvacrol e encontrado no óleo de tomilho, que mata esporos fúngicos e mofo. Triclosan é um composto aromático clorado que tem grupos funcionais representativos de ambos os éteres e fenóis, e que é um composto antibacteriano. Triclosan é ligeiramente solúvel

em água, mas solúvel em etanol, éter dietil, e soluções básicas mais fortes tal como hidróxido de sódio 1 M. Triclosan parece matar as bactérias inibindo principalmente a síntese do ácido graxo porque se liga à enzima de reductase de proteína portadora de enoil-acil bacteriano (ENR), que é codificada por FabI.

Compostos farmacêuticos que podem servir como agentes antimicrobianos incluem antibióticos e agentes antivirais. Em uma versão, o agente antimicrobiano é um fármaco, que pode ser antibiótico. A membrana eletroquímica ou outra membrana em uma célula separada pode incorporar os antibióticos dentro da estrutura da membrana quando são adicionados à membrana mergulhando a membrana em um tanque de solução e então secando, ou incorporando dentro da própria matriz da membrana durante sua fabricação. Em uma versão, o agente antimicrobiano adicionado à membrana compreende um antibiótico que tenha um efeito cidal ou de eliminação, ou um efeito estático ou inibidor, sobre uma faixa de micróbios. A faixa dos microorganismos afetados por um antibiótico é expressa como seu espectro de ação. Os antibióticos de espectro amplo são eficazes contra procariotas e matam ou inibem a faixa ampla de bactérias gram-positivas e gram-negativas. Os antibióticos de espectro limitado são eficazes principalmente contra bactérias gram-positivas ou gram-negativas.

Antibióticos apropriados são as tetraciclinas, cloranfenicóis, macrólidos (por exemplo, eritromicina) e os aminoglicosídeos (por exemplo, streptomicina). Geralmente, as tetraciclinas são antibióticos de espectro amplo com uma faixa ampla de atividade contra bactérias gram-positivas e gram-negativas, e são produtos naturais dos Streptomicetos. A tetraciclina, clorotetraciclina e a doxiciclina são os mais conhecidos, e incluem a quelocardina. Cloranfenicol que é um inibidor da síntese da proteína tendo um espectro amplo de atividade e que exerce um efeito bacteriostático contra parasitas intracelulares tais como rickettsiae. O Cloranfenicol inibe a

transferase peptidil da enzima bacteriana para impedir o crescimento da cadeia polipeptídea durante a síntese da proteína. Cefalosporina é um antibiótico de beta lactama produzido por espécies de *Cephalosporium*, e têm uma baixa toxicidade e um espectro mais amplo do que as penicilinas naturais. Monobactamas são particularmente úteis para o tratamento de indivíduos alérgicos. Carbapenemas pode igualmente ser usadas. A bacitracina é um antibiótico de polipeptídeo produzido por *Bacillus* espécies. Cicloserina inibe as fases iniciais da síntese da mureína onde D-alanil-D-alanina é adicionada à corrente lateral crescente do peptídeo. Os Glicopeptídeos tais como o antibiótico vancomicina, parecem inibir ambas as reações de transglicosilação e transpeptização durante o conjunto de mureína.

A eritromicina é ativa contra a maioria de bactérias gram-positivas, *Neisseria*, *Legionella* e *Haemophilus*, mas não contra as *Enterobacteriaceae*. Lincomicina e clindamicina são um grupo variado de inibidores da síntese da proteína e têm atividade similar aos macrólidos.

Aminoglicosídeos são produtos do *Streptomyces* species, tais como a streptomicina, kanamicina, tobramicina e a gentamicina. Estes antibióticos exercem sua atividade ligando-se aos ribossomos bacterianos e impedindo a iniciação da síntese da proteína. Aminoglicosídeos têm sido usados contra uma grande variedade de infecções bacterianas causadas pelas bactérias gram-positivas e gram-negativas. A Kanamicina, gentamicina e tobramicina têm um efeito bactericida porque provêm acumulação citoplasmática que pode ser letal às células, e podem ser usados para tratar infecções por *Pseudomonas*. Amoxicilina e ampicilina ampliaram os espectros contra gram-negativas e são eficazes oralmente. A Meticilina é resistente à penicilinase. O ácido clavulânico é um produto químico adicionado às vezes a uma penicilina semi-sintética.

Os antibióticos de inibidores da membrana da célula operam desorganizando a estrutura ou inibindo a integridade das membranas externas

citoplasmáticas das bactérias. Um exemplo é polimixina, produzida pelo *Bacillus polymyxis*, que é eficaz principalmente contra bactérias gram-negativas e é limitado geralmente ao uso tópico.

O agente antimicrobiano pode igualmente ser um agente
5 antiviral que destrua ou desative vírus suprimindo sua reprodução e, com isto, sua capacidade de multiplicar e reproduzir. Os agentes antivirais apropriados são descritos em, por exemplo, Antiviral Agents, Vaccines and Immunotherapies, Stephen K. Tying, Marcel Dekker, 2004; e Antiviral Drugs, John S. Driscoll, Wiley, John & Sons, Inc. 2002; ambos aqui
10 incorporados totalmente como exemplos. Os agentes antivirais apropriados incluem inibidores de protease que é uma droga antiviral usada contra o HIV. Outros exemplos incluem a Amantadina que é uma droga sintética que inibe a multiplicação do vírus A da gripe; Rimantadina, também uma droga antigripe A; e foscarnet, um grupo usado para tratar os sintomas do citomegalovirus
15 (CMV), que causa infecção nos olhos.

Em outra versão, a célula antimicrobiana 177a pode ser uma célula ultravioleta 242, como mostrado na FIG. 11A. A radiação ultravioleta 211 é igualmente útil para a desinfecção biológica porque ela esteriliza a água quando passa através dela. A luz UV é absorvida pelas proteínas RNA e ADN
20 nas membranas dos microorganismos 213, e a absorção de UV em doses elevadas leva, em última análise ao rompimento das membranas e morte da célula. Com doses mais baixas de UV, sua absorção pelo ADN pode interromper a capacidade do microorganismo 213 de reproduzir, resultando na desativação do microorganismo 213 porque não pode se reproduzir e, por isto,
25 não pode contaminar. Geralmente, alguns microorganismos mais complexos 213 são mais sensíveis à desativação pela UV. Por isto, os vírus são os menos sensíveis, seguindo-se os esporos bacterianos 214, e finalmente as bactérias 231 que são muito sensíveis. Protozoários, como o *cryptosporidium parvum* e *giardia lamblia*, pareceram ser insensíveis à UV por causa da dificuldade em

penetrar dentro da concha em seu estado de cisto ou oocisto, mas uma vez penetrados, são totalmente sensíveis à radiação UV 211. Assim, a desinfecção pela radiação UV 211 pode agora ser estendida para cobrir quase todos os patogênicos.

5 A radiação ultravioleta 211 é luz que tem comprimentos de onda mais curtos do que 400nm. Esta faixa é subdividida em UVA (320-a-400nm), UVB (280-a-320nm), e UVC (200-a-280nm) A radiação UVC que é chamado igualmente "germicida" é absorvida pelo ADN provocando dano genético e a desativação das bactérias e vírus. A radiação UV 211 com
10 comprimentos de onda abaixo de 200nm é absorvida pela água e pelo ar e somente pode ser transmitida em um vácuo, e assim, é chamado ultravioleta de vácuo. As células UV são disponibilizadas por numerosos fornecedores para a desativação de microorganismos em sistemas de tratamento de fluidos pequenos e grandes A radiação UV 211 é gerada geralmente por lâmpadas de
15 vapor de mercúrio de baixa a média pressão 237. Lâmpadas de mercúrio de pressão baixa geram radiação UV que tem um comprimento de onda primário de 253,7nm. Lâmpadas de mercúrio de pressão média emitem uma faixa mais larga de 200 a 600nm e com uma densidade de potência mais alta.

 A radiação UV 211 é despachada por um período de tempo
20 para dentro do fluido para eliminar os microorganismos 213. A luz UV é eficaz somente quando o organismo é exposto a ela, e o nível de irradiância UV E, na desinfecção por UV determina o nível de desinfecção. Os níveis E desejados podem ser estimados a partir das curvas de resposta de doses UV para os vários microorganismos 213, como por exemplo, o esporo *Bacillus*
25 subtillis ou o vírus MS2-phage. Em um aparelho de feixe colimado, uma suspensão concentrada de microorganismo é semeada a montante do filtro antimicrobiano de UV e, após ser atingido um estado estacionário várias amostras afluentes e efluentes são coletadas para contagens de placa. Do registro da desativação conseguida entre amostras afluentes e efluentes, a

dose UV pode ser obtida lendo-se a dose de UV correspondente à do registro de desativação a partir da curva de resposta da dose UV

Quando um fluido contendo microorganismos 231 entra na célula de ultravioleta 242 contendo lâmpadas UV 238, o fluido é exposto aos níveis de irradiância variável de uma ou diversas lâmpadas dependendo de sua distância a partir da lâmpada UV 238. A exposição ou tempo de residência do fluido depende do caminho específico do fluido através do reator. Cada organismo que passa através desta célula 242 deveria ser exposto a, pelo menos, alguma radiação UV 211. A irradiância UV despachada ao microorganismo multiplicada pelo tempo de exposição, em segundos, resulta na dose de UV oferecida ao organismo. Esta dose é medida então, outra vez, como $\mu\text{W}\cdot\text{sec}/\text{cm}^2$ ou $\text{mW}\cdot\text{sec}/\text{cm}^2$. Uma vez que um watt-second é um joule, a unidade aceita para a dose UV é mJ/cm^2 , embora alguns usem a unidade equivalente $\text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$. A medida da dose de UV envolve todos os fatores que afetam a irradiância UV mencionada acima. A fim de maximizar a dosagem da radiação UV 211 aos microorganismos 231, em uma versão, a parede interna 239 é refletiva à radiação UV 211. Tipicamente, uma dose de 30.000-40.000 $\mu\text{W}\cdot\text{sec}/\text{cm}^2$ é exigida para a desinfecção.

Combinando tratamento UV com tratamento eletroquímico, os níveis de desativação do microorganismo providos pelo aparelho 100 podem ser significativamente melhores do que se a célula eletroquímica 102 é usada per si. A célula UV 242 pode ser colocada após a célula eletroquímica 102a, b para tratar a água que já tenha sido deionizada. Por exemplo, as lâmpadas UV 237 tendem a se sujar com incrustações (por exemplo, carbonato de cálcio) e microorganismos mortos 243. A remoção da matéria particulada pelo filtro de sedimento 181 e cálcio e carbonato pelo filtro de carvão ativado 187, e a desativação substancial dos microorganismos 213 nestas células e na célula eletroquímica 102, antes da água que passar através da célula UV 242, reduzirá a taxa em que a lâmpada UV 237 se suja requerendo, por isto,

limpeza ou substituição. Assim, a colocação de uma célula UV 242 após as células 102a, b permitirá ambos, o uso de um dispositivo mais barato, e desempenho mais baixo para a desativação do microorganismo, e se colocado a jusante das células, aumentará a vida do dispositivo.

5 Em outra versão, a célula antimicrobiana 177b compreende uma célula de tratamento por ozônio. O ozônio pode ser usado para desinfetar os fluidos destruindo microorganismos como a *Escherichia coli* (*E. coli*), *Cryptosporidium*, Poliovírus, *Giardia muris* e *Giardia lamblia*. O ozônio inibe o crescimento, e causa a morte de bactérias gram-negativas e gram-positivas
10 testadas. Ele também remove ferro, sulfeto de hidrogênio e outros contaminantes da água. O ozônio (O_3) tem peso molecular baixo composto de três átomos de oxigênio, que é um alótropo do oxigênio (O_2). O ozônio é um oxidante poderoso e sua reatividade química deriva-se de sua configuração instável dos elétrons que procura elétrons de outras moléculas. Durante sua
15 reação com outras moléculas, o ozônio é destruído e seu hospedeiro é oxidado. O ozônio rompe as membranas celulares das bactérias de modo que os microorganismos não possam ser reativados. Na água, os poluentes de oxidação são oxidados pelo ozônio em temperaturas ambientes sem mudar o pH da água. Isto difere de outros oxidantes tais como o cloro, que exigem o
20 uso de cáustico ou cal para ajustar o pH, alterando assim a qualidade total da água já que subprodutos são deixados nela.

 Em uma célula típica de ozônio, o ozônio ou o oxigênio ativado é borbulhado através do fluido na célula. O ozônio borbulhando através do fluido ou água na célula para manter uma concentração residual de
25 ozônio dissolvido de 0,4 ppm por um tempo de residência do fluido de um mínimo de 4 minutos pode ser usado para prover água para beber desinfetada. Em uma versão, a célula de ozônio opera usando ozônio gerado por elétrons acelerando entre duas placas eletricamente carregadas em um processo chamado de "descarga de coroa." Em outra versão, a luz UV é usada para

gerar o ozônio passando a luz UV através do ar ambiente em uma câmara do ozônio onde a luz UV desassocia as moléculas do oxigênio, que então se recombina como moléculas de ozônio. Uma célula de filtro 177a pode ser usada conjuntamente com a célula de ozônio para remover os microorganismos destruídos e a matéria para manter a estabilidade e render melhor claridade da água.

Os seguintes exemplos demonstram a eficácia da desativação do microorganismo e efeitos antimicrobianos das células eletroquímicas do aparelho 100. Entretanto, o escopo da presente invenção não deve ser limitado aos exemplos aqui apresentados.

EXEMPLO 1

Este exemplo foi conduzido para determinar os níveis correntes em que as células eletroquímicas 102 proveram a desinfecção e as propriedades bacteriostáticas nas quais os microorganismos não reproduziram ou cresceram nas células 102 durante a deionização do fluido nas células 102. Acredita-se que os microorganismos foram eliminados ou mesmo mortos porque o ácido e a base produzidos nos dois eletrodos 106, 108, e dentro de cada membrana divisora de água 110, criaram um ambiente hostil aos microorganismos. As contagem de bactérias na corrente de fluido tratado, foram medidas contando-se colônias das bactérias após a incubação em nutrientes. As bactérias heterotróficas são definidas como aquelas que se alimentam de materiais carbonados. A níveis selecionados da densidade de corrente, a contagem de placa das bactérias heterotróficas (HPC) foi medida como ciclos de serviço por seis semanas, como mostrado na FIG. 6.. A primeira medida foi em 60 ciclos de tratamento da água, onde cada ciclo é um ciclo de deionização de 6 litros seguido por um ciclo de regeneração. O aparelho 100 foi operado a uma taxa de um ciclo cada duas horas, que resultou em uma HPC de apenas 10 Cfu (unidades de formação de colônias) por mililitro que é um valor baixo desejável. As três medidas subsequentes

foram da mesma ordem de grandeza com as HPC variando de aproximadamente 30 a cerca de 60 Cfu/ml. A medida de Cfu é imprecisa, e por isto, os valores dentro de uma ordem de grandeza, uma para a outra (por exemplo, 1 a 10, ou 10 a 100) são considerados essencialmente o mesmos. A
 5 última medida, um valor de 300 Cfu/ml registrado no ciclo 550, ocorreu porque a corrente da célula estava muito baixa ($\sim 10\text{mA}$) devido a uma falha do eletrodo. Isto demonstra a importância da densidade de corrente da célula no desempenho da bacteriostase das células eletroquímicas 102. Sistemas de água municipal tendo cloro residual terão uma HPC menor do que 500 Cfu/ml
 10 o que pode ser satisfeito pelas células eletroquímicas presentes 102.

Assim, em uma versão, o controlador 170 ajusta a densidade da corrente na célula 102 para impedir a contagem de placa das bactérias heterotróficas da água passando através da célula 102 de aumentar por períodos de tempo, o que resulta da desativação dos microorganismos sobre
 15 as superfícies internas da célula

EXEMPLO 2

A desativação das bactérias *E. coli* e do vírus MS-2 enquanto o fluido de entrada 124 passa através da célula 102 como quatro taxas de fluxo está apresentada na FIG. 7. Estes dados foram obtidos no meio de um ciclo de
 20 deionização de 6 litros com o aparelho 100, mostrado na FIG. 12 que tem duas células eletroquímicas 102a, b, com cada célula 102 compreendendo um cartucho 130 com 25cm de altura e tem uma área externa da membrana de 600cm^2 . O aparelho 100 foi configurado para processar fluido, tal como água urbana, para deionizar e tratar a água. O fluido tratado foi uma solução com
 25 750ppm de NaCl compreendendo *E. coli* e vírus MS-2, e a corrente da célula durante a deionização aumentou de 0,1 ampères no início do ciclo de deionização para cerca de 1,0 ampère ao término. Assim, a densidade da corrente aplicada através da célula 102 foi de 0,15 a $1,5\text{ mA/cm}^2$. Determinou-se que o grau de desativação do microorganismo aumentasse

enquanto a taxa de fluxo diminuísse e o tempo de residência do fluido na célula 102 aumentasse. Um nível inesperado e surpreendente de desinfecção de três (99.9%) reduções logarítmicas das bactérias e do vírus foi obtido mesmo na taxa de fluxo mais elevada examinada, de 1,1 litros/min.. Um nível

5 extraordinário de desinfecção de seis reduções logarítmicas (99.9999%) de ambos, bactérias e vírus foi obtido na taxa de fluxo mais baixa examinada, a saber, 0,060 litros/min. A taxa mais baixa de fluxo é suficiente para o status do purificador EPA e é prática para muitas aplicações. Assim, uma densidade de corrente de pelo menos cerca de $0,15 \text{ mA/cm}^2$ proveu, pelo menos, uma

10 redução de seis registros dos microorganismos em 0,060 litros/min ou menos, e proveu até mesmo uma redução de três registros a menos de 1 litro/min usando um aparelho como dimensionado aqui.

Uma duplicação da altura da célula 102 de 25 para 50cm, mantendo-se a mesma densidade de corrente que para a coleta dos dados na

15 FIG. 6, permite a duplicação da taxa de fluxo por célula 102. O tempo de residência do fluido na célula 102 que é um volume de fluido da célula 102 dividida pela taxa de fluxo determina o nível de desinfecção obtido na corrente de fluido. Por exemplo, uma célula 102a como mostrada na FIG. 12, tem um volume vazio de aproximadamente 1 litro, de modo que para uma

20 taxa de fluxo de fluido de 0,060 litros/min, o tempo de residência do fluido na célula 102 é aproximadamente 17 minutos. Como outro exemplo, a uma taxa de fluxo de 1,1 litros/min, o tempo de residência é 0,9 minutos. Por isto, é desejável controlar o tempo de residência na célula eletroquímica 102 para prover o nível desejado de desinfecção. Preferivelmente, o tempo de

25 residência do fluido é, pelo menos, aproximadamente 0,05 minutos, e mais preferencialmente, pelo menos, aproximadamente, 0,3 minutos.

O controlador 170 pode igualmente ajustar a densidade da corrente em relação a um nível predeterminado de microorganismos no fluido que está sendo tratado. Por exemplo, se o nível de microorganismo é

detectado para ter um registro seis pelo método, por exemplo, de contagem de colônias após incubação apropriada com um aparelho 100, então o nível da densidade de corrente pode ser ajustado para, pelo menos, $0,1\text{mA/cm}^2$ com um tempo de residência de aproximadamente 10 minutos. A densidade da corrente pode igualmente ser ajustada em relação a um nível detectado de microorganismos no fluido tratado de modo a ajustar a densidade da corrente e/ou o tempo de residência (taxa de fluxo).

EXEMPLO 3

Um aparelho de tratamento de fluido eletroquímico 100 compreendendo um par das células eletroquímicas 102 a, b, válvula(s) 118, uma fonte de alimentação 114, controlador 170 e sistema da tubulação e não tendo nenhum filtro auxiliar ou células antimicrobiana (tais como 177a, 177b) foi usado para desinfetar água de alimentação tendo uma concentração de entrada de ATCC25922 E. coli de $3-5 \times 10^7$ Cfu/100 ml. A concentração da água de alimentação foi medida com diluições da amostra de 1:20000 e 1:400000 em PBS estéril (Hardy) chapeada sobre placas de ágar mFC de 100mm (Bio-Media BM 3277). As placas foram incubadas por 24 horas em temperatura elevada de acordo com o manual Difco. As colônias azuis de E. coli foram contadas usando-se o contador de colônia eletrônico seguro pela mão (Fisher 07-910-15).

As amostras de água da saída para a contagem de E. coli foram coletadas para cada funcionamento no ponto de um litro e no ponto de cinco litros de uma amostra contínua de seis litros para ambas as células dos aparelhos 100. As amostras (100 ml) foram coletadas em Recipientes de Amostra de Coliformes Corning Brand com Tiosulfato (Fisher 09 73091). Amostras foram analisados pelo método da filtração de membrana usando o sistema da filtração Millipore Microfil (MIAC 01P01) com funis de 100 ml com membrana MICE branca $0,45\mu\text{l}$ (MIHAWG072) e placas de ágar mFC 100mm (Bio- Media BM 3277). As placas foram incubadas por 24 horas em

temperatura elevada de acordo com o manual Difco. Colônias azuis de *E. coli* foram contadas usando o Contador de Colônia Eletrônico seguro pela mão (Fisher 07910-15).

O nível da desinfecção fornecido pela célula 102 foi medido pela redução logarítmica do *E. coli* como definida pelo REGISTRO 10 da relação da concentração de *E. coli* na água de alimentação (em Cfu/100ml) dividida pela concentração de *E. coli* na água do produto. Por exemplo, se a concentração inicial de *E. Coli* era 10^7 Cfu/100 ml e a contagem final foi 10 Cfu/100 ml, a redução logarítmica é 6.0.

Em uma experiência, a água do produto foi coletada do aparelho 100 com duas células 102a, b, cada uma delas tendo uma altura de aproximadamente 15,6cm, um diâmetro interno da membrana de aproximadamente 3cm, e um diâmetro externo da membrana de aproximadamente 10 cm. As amostras foram coletadas sob uma faixa de ajustes da voltagem de 0 a 300 volts e a um nível da desinfecção de mais de duas reduções logarítmicas de *E. coli* foi considerada a uma voltagem de 50V, correspondendo a 0,8V/ camada de membrana para uma célula em espiral de 60 camadas.

Nesta experiência a água de alimentação continha 150 ppm de íon de cloreto, 150 ppm de bicarbonato de sódio, e 150 ppm de sulfato de magnésio. A condutibilidade medida foi de 850-890 μ S/cm e o pH medido foi 6.5. Os resultados são mostrados abaixo para a redução média do registro para cada condição.

Voltagem	Redução logarítmica em 0.25 taxa de fluxo litro/ mín	Redução logarítmica em 0.50 taxa de fluxo do litro/min.
0	0,5	0,2
50	3,7	2.8
150	4,5	3,3
300	6,2	5,1

EXEMPLO 4

Os dados da experiência no EXEMPLO 3 foram plotados para todos os pontos individuais obtidos no ponto de 1 litro, em uma amostra de 6

litros de cada célula 102. Conforme mostrado na FIG. 8A, e no ponto de 5 litros de uma amostra de 6 litros de cada célula 102 como mostrado na FIG. 8B. O nível de desinfecção como medido por da redução do registro aumenta com a corrente medida na célula 102. Uma redução de mais de 2 registros é obtida mesmo com correntes abaixo de 0,1 Amp CC que corresponde a uma densidade de corrente de 02 mA/cm² no diâmetro externo da célula. A célula não energizada (0 volts) não provê um nível significativo de desinfecção. Os níveis com menos de 1 redução do registro neste teste estão dentro do erro experimental deste procedimento.

EXEMPLO 5

Em outra experiência realizada com o aparelho 100, células 102, e o método descrito no exemplo 3, o nível da desinfecção foi medido como uma função do íon de cloreto presente na água de alimentação. As concentrações de E. coli da água de alimentação variaram de 5 x de 10⁶ a 1,3 x 10⁷ Cfu/100ml. Os resultados para cada entrada na tabela abaixo são de uma média de 4-8 amostras individuais nas mesmas condições. Para todos os níveis de cloreto, a condutibilidade total foi ajustada com a adição de 150 ppm de sulfato de magnésio e de bicarbonato de sódio. A faixa medida da condutibilidade para todas as amostras foi de 430-890µS/cm e a faixa do pH foi de 8,0-8,6. Uma redução de maior de 2 registros foi considerada para todos os níveis de cloreto testados e igualmente na ausência de íons de cloreto.

Nível do íon de cloreto na água de alimentação, ppm	Redução logarítmica em 0,25 taxa de fluxo litro/ mín	Redução logarítmica em 0,50 Taxa de fluxo litro/min
0	3,8	3,2
15	5,8	3,8
60	6,6	5,8
150	6,5	6,3

EXEMPLO 6

Nesta experiência realizada com o aparelho 100, células 102, e o método descrito no exemplo 3, o nível de cloro livre residual na água do produto foi medido em função do íon de cloreto presente na água de

alimentação. Quatro medidas foram feitas para cada funcionamento e os valores na tabela são uma média para diversos funcionamentos feitos em uma faixa de taxas de fluxo (.25-1.0 l/min) e condutibilidade (430-1680 μ S/cm). As amostras foram testadas para concentração de cloro livre usando Clorômetro 1000 (Palintest PT 245/M2) e Palintest DPD1 e 3 reagentes de teste (AP031),

Todas as amostras tiveram um nível da desinfecção uma redução de maior de 2 registros com um resíduo médio do cloro menor do que 0,1 ppm. Nenhum ponto individual na média teve um valor maior do que 0,2 ppm. Os baixos níveis de cloro livre são desejáveis para a produção de água de beber com baixos componentes do gosto e odor.

Nível do íon cloreto na água de alimentação, ppm	Cloro livre médio na água do produto, ppm	Número de amostras Funcionamentos
0.	0	7
15	0.02	4
60	0,07	9
150	0,08	5
360	0,06	1

EXEMPLO 7

Em outra experiência realizada com o aparelho 100, células 102 e o método descritos no exemplo 3, o nível da desinfecção foi medido em função do pH da água de alimentação. Uma única alimentação foi usada para esta experiência com 5.2×10^7 Cfu/100ml e 60ppm de íons de cloreto, condutibilidade de 560 μ S/cm, e pH 8,6. O pH foi então ajustado a 6,4 pela adição de ácido sulfúrico. Cada valor na tabela é uma média de quatro amostras (nos pontos de 1 e 5 litros de uma amostra de 6 litros de cada célula).

	Redução logarítmica a 0,25 litros/min	Redução logarítmica a 0,50 litros/min
pH 6,4	4,9	4
pH 8,6	3,5	2,9

EXEMPLO 8

Em outra experiência realizada com o aparelho 100, células 102, e método descritos no exemplo 3, a concentração de E. coli foi medida no da corrente de rejeito. Nestes funcionamentos, menos de 10 Cfu/100ml de

E. coli foram encontrados na água de rejeito.

Corrida #	Parâmetros da água de alimentação						Média das amostra de E. coli na água de rejeito		
	NaCl (ppm)	Cl- (ppm)	Incom. pH	TDS (µS/cm)	Temp. (°C)	(Cfu/100ml)	(Cfu/100ml)	Redução	Redução log
43	25	15	6,7	410	32	2,40E+06	1,00E+00	2,40E+06	6,4
45	25	15	6,3	410	28	1,84E+07	3,00E+00	6,13E+06	6,8
47	25	15	8,4	370	28	4,00E+06	1,75E+00	2,29E+06	6,4
38	100	60	6,7	470	28	1,52E+07	1,00E+00	1,52E+07	7,2
48	250	150	8,3	830	28	1,08E+07	1,00E+00	1,08E+07	7,0
44	250	150	6,8	830	32	3,60E+06	1,00E+00	3,60E+06	6,6

EXEMPLO 9

Esta experiência foi realizada com o aparelho 100 e o método descrito no exemplo 3, salvo que nenhuma membrana divisora de água estava presente o nível total de cloro na água do produto foi medido em função do íon de cloreto presente na água de alimentação e na taxa de fluxo.

Figura 25 mostra que na ausência da membrana de divisora de água 110, é gerado cloro significativo que permanece na água do produto. Uma célula eletroquímica sem membrana de troca iônica pode ser usada para gerar cloro livre para alimentar na célula eletroquímica 102 com uma membrana 110 para o desempenho melhorado da desinfecção.

Em outra experiência realizada com o aparelho 100, células 102, e método descrito no exemplo 3, o nível da desinfecção foi medido com e sem uma célula antimicrobiana adicional adicionada ao sistema.

A célula antimicrobiana continha 48 g de grânulos de resina combinados com bromo HaloPure®, um composto N-halamina. Seis litros da água do produto foram extraídos continuamente através do aparelho de cada célula 102 seguidas diretamente pela célula de N-halamina a uma taxa de fluxo de 0.5 litros/min. Cada valor na tabela é uma média de quatro amostras (nos pontos de 1 e 5 litros de uma amostra de 6 litros de cada célula).

Nesta experiência a água de alimentação continha 600 ppm de bicarbonato de sódio e 600 ppm de sulfato de magnésio. Os sais adicionais

adicionados foram ou 250ppm de NaCl ou 250 ppm de Na₂SO₄ para atingir um nível total da condutibilidade de 1500 µS/cm. A condutibilidade medida foi 1480-1530 µS/cm e o pH medido foi 7,2-7,3.

EXEMPLO. 10

5 A adição de uma célula adicional de desinfecção ao aparelho 100 proveu desinfecção m com ou sem a presença de cloreto na água de alimenta

Configuração da célula	NaCl ppm	Redução logarítmica à vazão de 0,5 litro/ min
Aparelho	0	1,7
Aparelho + célula de N-halamina	0	7,6
Aparelho	250	4,8
Aparelho + célula de N-halamina	250	7,6

ção.

E

mbora

experiên

15 cias ilustrativas sejam providas para a desativação de microorganismo e para as propriedades antimicrobianas realizáveis para a célula eletroquímica 102, deve-se compreender que outras configurações da célula podem igualmente ser usadas.

Filtros

Em adição às células antimicrobianas, ou como uma alternativa, o aparelho 100 também pode incluir filtros 177b que são providos a jusante da célula eletroquímica 102 (como mostrado), a montante da célula 20 102, ou mesmo na própria célula 102. O filtro 177b pode ser de tipos diferentes, incluindo filtros de sedimento, filtros de carvão, filtros de microporo, filtros bacteriológicos e outros filtros.

Em uma versão, o filtro 177b é um filtro de sedimento 181 que serve para filtrar particulados 197, tais como sólidos suspensos provenientes da corrente de fluido 124, como mostrado na fig. 9. Os particulados 197 25 podem incluir sujeira, areia, e particulados de argila. O fluido passa para dentro do filtro de sedimento 181 e através de uma membrana porosa 198 que forma as paredes do filtro 181. Os particulados tendo um diâmetro maior do que o diâmetro de poro do filtro são capturados dentro da membrana 198. Em

geral, os filtros de sedimento são estimados por um número de “micron” que se refere ao tamanho de partícula que será capturada pelo filtro 181. Eles são adicionalmente classificados como “nominais” ou “absolutos”. Por exemplo, um filtro de 5 micra nominal pode ser suposto capturar 85% das partículas de cinco micra e maiores, enquanto um filtro de 5 micra absoluto pode ser suposto capturar 99% das partículas de 5 micra ou maiores. Em uma versão, o filtro de tipo cartucho tem uma estrutura de poro que filtrará partículas tendo uma dimensão de pelo menos 5 micra. Em uma versão, o filtro de sedimento 181 compreende um de tipo de bolsa. O filtro tipo de bolsa passa o fluido para dentro de uma bolsa 199 e para fora através dos poros 201 da bolsa 199, capturando sujeira e matéria particulada 197 do lado de dentro. Uma outra versão usa um filtro tipo cartucho (não mostrado) onde o cartucho compreende um cilindro oco de material de elemento de filtro poroso que é preso nas extremidades de topo e de fundo. O fluido passa para dentro do centro do elemento de filtro (bolsa ou cartucho) e para fora através dos poros da parede, capturando sujeira e matéria particulada nas paredes e na base do centro oco. O elemento (bolsa ou cartucho) de filtro de sedimento 181 é poroso e pode compreender barbante ou corda enrolado, polipropileno poliéster, celulose cerâmica, fibra de vidro ou algodão. O elemento de filtro fica contido em um alojamento 202 compreendendo um corpo 202b e uma tampa 202a. O alojamento 202 pode compreender plástico moldado, polímero, aço inox, bronze ou cobre. O filtro de sedimento 181 também pode compreender um filtro antimicrobiano, isto é, a membrana porosa do filtro de sedimento compreende uma fonte de um agente antimicrobiano, como descrito aqui.

Uma outra versão do filtro 177b compreende um filtro de carvão ativado 187, como mostrado na fig. 10. O filtro de carvão ativado 187 compreende carvão ativado na forma de partículas, grânulos, ou de um bloco de carvão 221 que filtram as micro-partículas e micróbios contaminantes da

corrente de fluido. O filtro de carvão é encaixotado no alojamento 219 e as partículas, grânulos ou bloco de carvão são circundados por um pré-filtro 223 e um pós-filtro 225 que pode incluir, mas não está limitado a filtros antimicrobianos. O filtro de carvão tem uma tampa 226 para ajudar a

5 direcionar o fluxo da corrente de fluido 125. O carvão ativado tem uma área de superfície elevada que adsorve os contaminantes do fluido que passa por causa da redução na energia de superfície do carvão ativado que ocorre quando essa adsorção tem lugar. O carvão ativado tem um tamanho de poro nominal de, por exemplo, cerca de 1 micron. O carvão ativado também tem

10 uma área de superfície de pelo menos cerca de $1000\text{m}^2/\text{g}$. O carvão ativado atua como uma peneira absorvente para remover cistos, microorganismos, partículas microscópicas, cloro e compostos orgânicos para prover, por exemplo, água tratada tendo um sabor e aparência melhores.

O filtro de carvão ativado 187 pode ser colocado a montante

15 das células eletroquímicas 102 e do filtro antimicrobiano para assegurar que qualquer cultura potencial no filtro de carvão seja desinfetada adicionalmente a jusante. Um aparelho 100 compreendendo células eletroquímicas 102 e um filtro 177b tendo um bloco de carvão com um tamanho de poro nominal de 1 micron foi descoberto para remover uma ampla variação de contaminantes.

20 Em uma outra versão, o filtro de carvão ativado 187 é colocado na tubulação de saída 151 para tratar o fluido deionizado. O filtro de carvão ativado 187 filtra impurezas e contaminantes, tais como moléculas orgânicas grandes, que podem estar dissolvidos ou suspensos na corrente de fluido 125. O carvão ativado também pode ficar localizado dentro do

25 alojamento 219 da própria célula eletroquímica 102, por exemplo, como uma camada no fundo da célula 102. Em uma outra versão, o carvão pode ser incluído como um cobertor de carvão ativado, ou uma camada de partículas aderidas à superfície interna da membrana enrolada em espiral. Nessa versão, o cobertor de carvão ativado deve ser substituído quando o cartucho de

membrana de troca de íon é substituído.

O filtro 177b também inclui um filtro de cerâmica compreendendo poros finos tendo tamanhos de menos de cerca de 10 micra. Os filtros de cerâmica também podem incluir filtros de sub-mícron que
5 filtram partículas tendo tamanhos menores do que abaixo de 0,1 micron. Filtros de cerâmica adequados filtros de micro-poro e nano-material. Os filtros de nano-material contêm materiais tendo dimensões de nanômetros que são usados para remover ou desativar microorganismos. Por exemplo, os filtros de cerâmica podem conter nano-fibras como nano-fibras de alumina;
10 escovas de polímero em nano-escala cobertas com moléculas para capturar e remover metais venenosos, proteínas e germes; e nano-colunas de oxido de titânio. Os filtros também podem incluir filtro de nano-material que, quando submetido a luz ultravioleta, destrói muitos contaminantes como pesticidas, solventes industriais e germes, na corrente de fluido que passa. O filtro
15 cerâmico pode ser descarregado com o fluido na direção inversa de fluxo para limpá-lo. Em alguns casos, pode ser necessária descarga de retorno poderosa para desentupir os poros.

Os filtros 177b também podem ser filtros antimicrobianos que são capazes de matar, desativar ou remover bactérias ou outros
20 microorganismos da corrente de fluido. Combinando-se um filtro antimicrobiano (também conhecido como um filtro bacteriológico) antes ou depois da célula eletroquímica 102 no aparelho 100, as exigências tanto do filtro 177b quanto da célula antimicrobiana 177a podem ser relaxadas enquanto ainda capacitando o aparelho 100 a ir de encontro a um objetivo de
25 desinfecção. Por exemplo, um filtro bacteriológico que provê desinfecção de registro triplo capacitaria a célula 102a, b a prover somente desinfecção de registro triplo, para uma redução de microorganismos total de seis registros. Os filtros bacteriológicos adequados incluem filtros mecânicos como bloco de carvão com um tamanho de poro adequadamente pequeno (< 1 micron), bem

como ultrafiltração, nano-filtração ou membranas de osmose inversa, todos os quais excluem fisicamente microorganismos de vários tamanhos da água de produto. Outros filtros úteis compreendem aditivos que desativam ou matam os microorganismos, por exemplo, prata misturada de alguma forma
5 misturada com meio de carvão ou outro meio que filtre por percolação e mate microorganismos próximos da superfície de meio quando a água passa através do filtro, como descrito na seção sobre filtros de íon de metal.

Em uma outra versão, o filtro 177b é uma célula de filtração por osmose inversa 249. Na célula de osmose inversa 249, o fluido ou água é
10 forçado por meio de uma bomba elétrica 251 ou pressão de água urbana, através de uma membrana semipermeável sintética 253. A membrana semipermeável sintética 253 compreende um composto químico que é estável no fluido. A água é bombeada através da membrana 253 a altas pressões fazendo os contaminantes 254 serem removidos na interface de membrana.
15 Por exemplo, os filtros de osmose inversa compreendendo membranas de Filmtec podem ser usados para remover o sal na dessalinização da água do mar, remover minerais que ocorrem naturalmente da água de poço, e também podem ter um efeito suavizante por meio da remoção de íons duros. A célula de osmose inversa 249 também pode ser usada em combinação com uma
20 célula de carvão ativado, a última provida para remover cloro para impedir a degradação da membrana de osmose inversa, e químicos orgânicos voláteis antes da água passar através da membrana de osmose inversa. Na aplicação de dessalinização, a remoção de 98% dos sólidos dissolvidos totais (TDS; ou íons) da água contendo 35.000 ppm TDS, deixa 700 ppm na água. Isso ainda
25 é uma alta concentração para água potável (problemas de sabor e odor), e é benéfico reduzir adicionalmente essa concentração com, por exemplo, o aparelho eletroquímico 100 da presente invenção.

Em ainda uma outra versão, o filtro 177b é um filtro de estágios múltiplos ou de combinação que combina as vantagens de diversas

técnicas. O filtro de estágios múltiplos inclui várias combinações de células de sedimento, carvão ativado e outras para prover água potável com gosto melhor, conteúdo sólido menor, cor mais clara e níveis de micróbio mais baixos. O aparelho 100 com desativação eletroquímica e filtros de estágios múltiplos removeu uma ampla faixa de contaminantes incluindo cloro, partículas suspensas, compostos orgânicos, bactérias, vírus, cistos e espécies iônicas, para prover mais de 90% de remoção de uma ampla faixa de contaminantes biológicos e químicos.

Em uma outra versão, o filtro 177b inclui uma célula de conversão de água dura que converte água dura em água suave. A água dura interfere com a ação de limpeza de sabões e detergentes. Um suavizante de água emprega resina de troca de cátion de ácido forte na forma de sódio. À medida que a água compreendendo cátions divalentes como cálcio, magnésio e manganês passa através dessa resina de troca de íon, os íons divalentes trocam para sódio monovalente. A água contendo íons monovalentes é denominada “suave”. Quando o volume dos íons de sódio sobre a resina de troca de íon é substituído por íons divalentes, a resina deve ser regenerada com salmoura (cloreto de sódio ou potássio concentrado) para substituir os íons divalentes com sódio ou potássio, seguido por um enxágüe cuidadoso, para preparar o suavizante de água para um outro ciclo de água de serviço para produzir água suave. Não há redução nos TDS da água de produto suavizada, nem são trocados anions (espécies carregadas negativamente como nitrato, arsênico ou perclorato). O uso do aparelho eletroquímico da presente invenção em seguida a um suavizante de água reduziria os TDS para aperfeiçoar o sabor, e removeria contaminantes aniônicos que podem ser nocivos.

O presente sistema de desinfetar fluidos como água também pode ser usado como parte de outros sistemas de tratamento de fluido. Por exemplo, o aparelho de desinfecção eletroquímico pode ser usado nos

sistemas de tratamento de água municipais que compreendem sedimentação, suavização e outros tratamentos. Os sistemas municipais incluem tratamento de água potável e tratamento de resíduos para reutilização ou descarga de água. O uso do aparelho 100 da presente invenção em conjunto com os sistemas de tratamento de água municipais capacitaria, por exemplo, a redução das concentrações de cloro ou de outro desinfetante químico, enquanto reduzindo, ao mesmo tempo, as concentrações de TDS ou contaminantes específicos. Químicos aditivos são necessários para prover desinfecção residual (um efeito persistente à medida que a água potável corre por seu caminho através do sistema de distribuição para os usuários finais). O uso da presente invenção capacita o uso de menos química para prover esse efeito residual. Piscinas e estações de águas também exigem concentração residual de química na água para desinfecção sofrida, assim o mesmo benefício é obtido quando usando a presente invenção em piscinas/estações de águas que também empreguem outros sistemas de desinfecção, por exemplo, sistemas de alimentação químicos ou eletroquímicos (manuais ou automatizados). Em uma piscina ou estação de águas, a célula eletroquímica 102 da presente invenção pode reduzir simultaneamente os TDS ou remover um contaminante específico, enquanto reduzindo a demanda por aditivo químico para prover um dado efeito de desinfecção, diminuindo, desse modo, o consumo químico ou a frequência de manutenção.

Em ainda uma outra aplicação, a indústria de semicondutores exige água ultrapura para a fabricação de produtos de semicondutor. Nas aplicações de semicondutor, a água precisa ser desinfetada porque os microorganismos comprometem a qualidade de produto de micro-circuito ou componente. Isso é tipicamente realizado por meio de dispositivos de luz ultravioleta como a última etapa em um processo de múltiplas etapas. O uso da presente invenção pode, simultaneamente, deionizar a água enquanto desinfetando como uma etapa final na fabricação de água de processo. Uma

aplicação adicional é como um pré-tratamento para eletro-diálise, eletro-deionização ou dispositivos de troca de íon de leito misturado para o uso na deionização de água, por exemplo, produção de água de laboratório, para prover esses dispositivos com água de alimentação tendo TDS, dureza e concentrações de microorganismos reduzidos. Isso estenderá a vida desses outros sistemas de deionização, reduzindo custos.

Aparelho de células múltiplas

Um exemplo de modo de realização de um aparelho de tratamento de fluido 100 compreendendo múltiplas células eletroquímicas 102a, b, é mostrado na fig. 12. Cada célula 102a, b tem uma pilha de membranas 110a, b que é exposta a uma corrente de fluido 124 e circundada pelos primeiro e segundo eletrodos 106a, 108a e 106b, 108b, respectivamente. As células 102a, b também compreendem, cada uma, um orifício 146a, b para receber um fluido, um orifício 148a, b para liberar o fluido, e uma passagem de fluido 144a, b conectando os orifícios aos orifícios e através da qual a corrente de fluido 124 é passada. A corrente de fluido 124 se origina a partir de uma fonte de fluido 120 que pode ser, por exemplo, um suprimento de água urbana, água a partir de um poço, ou uma fonte de água servida contendo produtos químicos indesejáveis. Por exemplo, a fonte de fluido 120 pode prover uma corrente de fluido 124 compreendendo água urbana que deve ser purificada por meio de células de tratamento 102a, b com a água purificada resultante provida através do orifício 148 a um dispositivo dispensador, tal como o dispositivo dispensador 128. A fonte de fluido 120 geralmente provê fluido pressurizado, tal como o proveniente do suprimento de água urbano, uma bomba, como uma bomba peristáltica, ou um suprimento de água urbano em combinação com um dispositivo de controle de fluxo (não mostrado).

As células 102a, b operam em um de dois modos que podem incluir um modo de tratamento de fluido (ou deionização de água) e um modo

de regeneração de célula. Durante o tratamento de fluido ou ionização de água, a queda elétrica potencial ocorrendo nas membranas 110a, b a partir da corrente aplicada aos dois pares de eletrodos 106a, 108a e 106b, 108b, respectivamente, faz a água ser irreversivelmente dissociada ou “dividida” nos íons de componente H^+ e OH^- na interface 156a, b entre as camadas de troca de cátion anion 150a, b e 152a, b de cada membrana 110a, b.

Durante a regeneração elétrica, é aplicado o campo elétrico oposto, fazendo os íons de H^+ e OH^- serem formados na interface de membrana 156a, b e rejeitando, desse modo, cátions e anions que foram removidos em um ciclo de deionização anterior, desse modo, reformando as formas de ácido e base dos materiais de troca de cátion e anion. Otimamente, enquanto a célula eletroquímica 102a está sendo usada para tratar a fonte de fluido urbana 120 que flui através da célula 102a, a célula eletroquímica 102b está sendo regenerada. Desse modo, a célula 102a pode estar operando no modo de tratamento de água, enquanto a célula 102b está operando simultaneamente no modo de regeneração. Em uma versão, em um ciclo de regeneração, o controlador 170 abre uma válvula para fluir fluido deionizado para dentro do orifício para fluido de entrada da célula 146 enquanto controlando o suprimento de energia 114 para suprir uma corrente tendo uma primeira polaridade positiva ao segundo eletrodo 106 para regenerar a membrana de troca de íon para formar fluido regenerado que é liberado a partir do orifício para fluido deionizado. O fluido deionizado pode ter uma condutividade de menos de 50% que a do fluido tratado durante o ciclo de deionização. O fluido deionizado regenera a célula eletroquímica melhor do que o fluido de entrada contendo íon, e pode ser formado na célula adjacente de um aparelho de duas células.

Na operação, o controlador 170 opera as válvulas enviando sinais para cada uma das válvulas para controlar o movimento de seus elementos móveis 122 a partir de uma primeira para uma segunda posição, ou

outras posições. O sistema de válvula 118 direciona a passagem de uma corrente de fluido 124 para qualquer uma das células 102a, b; a partir das células 102a, b para um dreno 190; ou a partir de uma célula 102a para a outra célula 102b ou vice versa. O sistema de válvula 118 também pode ser usado para passar o fluido para outro aparelho de tratamento de fluido como ficará visível para alguém experiente na técnica.

O controlador 170 opera a válvula 117 enviando sinais para o motor 188 da válvula 117 para controlar o movimento do elemento móvel 122 a partir de uma primeira para uma segunda posição, ou para outras posições. A válvula 117 direciona a passagem de uma corrente de fluido 124 tanto para a célula 102a quanto para a célula 102b. A válvula 117 compreende um elemento móvel 122 que pode ser movido a partir de uma primeira posição para uma segunda posição, ou outras posições, para regular o fluxo do fluido através das portas de válvula 180a-d. A válvula 117 pode ter um motor 188 para controlar o movimento do elemento móvel 122. A válvula 117 pode ser usada para direcionar uma corrente de fluido 124 para qualquer uma das células 102a, b; a partir das células 102a, b para um dreno 190; ou a partir de uma célula de tratamento 102a para a outra célula 102b ou vice versa. A válvula 118 também pode ser usada para passar o fluido para outro aparelho de tratamento de fluido, como ficará visível para alguém experiente na técnica.

Um exemplo de modo de realização de uma válvula unitária 117 que pode ser usada para regular o fluxo de uma corrente de fluido 124 através do aparelho de tratamento de fluido 100 é ilustrado na fig. 13. Embora um exemplo de modo de realização de uma válvula 117 tendo uma forma e arranjo particulares seja mostrado, a válvula 117 também pode ter outras formas e estruturas, como ficará visível para aqueles experientes na técnica, e essas válvulas ou outras estruturas equivalentes que podem controlar o fluxo dos fluidos, estão incluídas no escopo da presente invenção. Geralmente, a

válvula 117 compreende um alojamento delimitado 210 que pode manter o fluido e compreende uma base 230 acoplada a uma cobertura 240 e é tipicamente fabricado por injeção moldando um polímero, como o NORYLTM, ou feito de aço inox, alumínio ou cobre. O alojamento 210 tem um conjunto de portas 180a-d através das quais o fluido pode entrar e deixar a válvula 117. Cada uma das portas 180 tem pelo menos uma ranhura cercando porta 182 que é capaz de receber uma vedação de aro 183 para circundar a porta 184. As vedações de aro 183 podem ser um anel o elastomérico ou de Teflon® dimensionado para encaixar dentro das ranhuras correspondentes 182 para formar uma vedação impermeável a fluido. As portas 180 também podem ter uma pluralidade de ranhuras concêntricas 182 para permitir a colocação de múltiplas vedações de aro 183 ao redor de cada porta 180. Uma ranhura periférica 186 se estende ao redor da periferia da base 230 para receber uma gaxeta de vedação 189. um lábio circunferencial se estendendo externamente tem furos que permitem a anexação da base 230 a uma cobertura 240. A cobertura 240 é encaixada sobre a base 230 e tem pelo menos uma porta 180 para receber o fluido a partir da fonte de fluido 120. A cobertura 240 forma uma câmara 245 que armazena o fluido recebido a partir da fonte 120 via porta de orifício 215. A cobertura 240 também pode incluir uma abertura de eixo 235 através da qual um elemento móvel 122 se estende. Quando a fonte 120 provê fluido que está sob pressão, tal como a partir de um suprimento de água urbano, a água na câmara 245 também está sob a mesma pressão externa.

Um elemento móvel 122 é mantido sob uma força compressiva e é capaz de se mover entre diferentes posições, incluindo uma primeira posição e uma segunda posição, para controlar o fluxo de fluido através da válvula 117 e para dentro das portas 180. O elemento móvel 122 fica no alojamento 210 e se estende para fora a partir da cobertura 240 a ser acoplada a um motor 188. Em um modo de realização, o motor 188 pode girar o

elemento móvel 122; entretanto, o motor 188 também pode deslizar o elemento móvel longitudinalmente, verticalmente, transversalmente ou em outra direção dependendo da forma e configuração da válvula 117. No modo de realização mostrado, o elemento móvel 122 tem um rotor 252, uma superfície móvel 268, e um canal interno 274. Uma vedação flutuante 284 é provida entre o elemento móvel 122 (como o rotor 252) e a base 230 para reduzir o vazamento de fluido a partir da câmara 245 para as portas 180 à medida que o elemento móvel 122 se move. Uma mola 290 encaixa ao redor do eixo 255 para manter uma força compressiva inicial sobre a superfície móvel 268, que, por sua vez, pressiona contra a vedação flutuante 284. Uma vedação flutuante adequada 284 pode ser feita a partir de poli-tetra-flúor-etileno, por exemplo, Teflon®, disponível a partir da Dupont de Nemours Company, Wilmington, Delaware.

Um motor 188 é conectado ao elemento móvel 122 via uma montagem de engrenagem (não mostrada). O motor 188 pode ser um motor de CC convencional que é engrenado a velocidade diminuída e controlado para prover movimentos de ciclo rápidos do elemento móvel 122. Um motor de CC adequado pode ser um atuador giratório, que gira um elemento móvel compreendendo o rotor 252, ou um atuador linear, que desliza o elemento móvel 122. Uma montagem de engrenagem que compreende um conjunto de engrenagens que provê uma razão de engrenagem adequada também pode ser usada.

Ao invés de uma válvula unitária 118, um sistema de válvula compreendendo uma pluralidade de válvulas solenóides 119 também pode ser usado para direcionar o fluxo de fluido através das células 102a, b. Embora um exemplo de modo de realização de uma válvula solenóide 119 seja mostrado na fig. 14, a válvula 119 também pode ter outras formas e estruturas, como ficará visível para aqueles experientes na técnica. Geralmente, a válvula 119 compreende um alojamento delimitado 210 que

pode manter o fluido e que tem um conjunto de portas 180a, b através do qual o fluido pode entrar na, e deixar a válvula 119. O alojamento 210 é tipicamente fabricado por injeção moldando um polímero, ou feito a partir de aço inox, alumínio ou cobre. Cada válvula 119 compreende um êmbolo 123 que pode ser movido a partir de uma primeira posição para uma segunda posição, ou outras posições, para regular o fluxo de fluido através das portas de válvula 180a, b. Uma solenóide 127 é usada para controlar o movimento do êmbolo 123 aplicando-se uma corrente elétrica a uma espiral 233 dentro da solenóide 127 que circunda o êmbolo 123. O alojamento 210 tem portas para a anexação dos conectores elétricos para se conectar à espiral 233 da solenóide 127. O êmbolo 123 tem um magneto embutido 247 e uma superfície de vedação de fundo 249. O magneto embutido 247 é orientado de modo que uma linha puxada entre seus pólos norte e sul se estende aproximadamente perpendicular a um plano de um enrolamento de espiral. A solenóide 127 é ativada passando-se uma corrente contínua através da espiral 233 via conectores 234. A corrente através da espiral 233 gera um campo magnético dentro da espiral 233 que interage com o magneto 247 embutido no êmbolo 123 para levantar ou abaixar o êmbolo 123, dependendo da direção da corrente. Quando a solenóide 127 está na posição aberta, o êmbolo 123 é levantado e uma passagem de fluido permite ao fluido passar a partir da primeira porta 180a para a segunda porta 180b. Quando a solenóide 127 está na posição fechada, a superfície de vedação de êmbolo 249 é pressionada para baixo sobre o orifício para formar uma vedação, impedindo a passagem do fluido entre as portas de válvula 180a, b e parando o fluxo de fluido através da válvula 119.

Exemplos do aparelho de célula dupla

A fig. 15 ilustra uma versão de um aparelho de tratamento de fluido 100 tendo duas células de tratamento eletroquímico 102a, b que são energizadas por suprimentos de energia duplos 114a, b e têm um sistema de

válvula 118, e que é controlado por um controlador 170. Cada um dos suprimentos de energia duplos compreende, independentemente, os componentes necessários, por exemplo, os componentes mostrados no modo de realização ilustrado nas figs. 4A e 4B. Entretanto, em uma outra versão, os

5 suprimentos de energia de eletrodo duplo podem ter determinados componentes em comum, por exemplo, os suprimentos de energia duplos podem ter um detector de cruzamento zero unitário, quando o sinal de cruzamento zero gerado pelo detector de cruzamento zero é dependente somente da voltagem AC, e, desse modo, pode ser comumente usado por uma

10 pluralidade de suprimentos de energia.

Embora um suprimento de energia unitário 114 também possa ser usado, o suprimento de energia duplo 114a, b permite a um suprimento de energia 114a operar a primeira célula 102a tanto para a deionização quanto para a regeneração, e o outro suprimento de energia 114b operar a outra célula

15 102b também para ambas as funções. Desse modo, ambas as células 102a, b podem ser operadas independentemente ou simultaneamente. Os suprimentos de energia 114a, b têm, cada um, dois terminais de saída 157a, b e 153a, b. Nessa versão, cada suprimento de energia 114a, b é conectado a uma célula unitária 102a, b, respectivamente, por exemplo, o suprimento de energia 114a

20 é conectado à célula 102a e o suprimento de energia 114b é conectado à célula 102b. O nível da saída de voltagem entre os terminais 157a, b e 153a, b é controlado pelo controlador 170. Cada suprimento de energia 114a, b é capaz de prover uma voltagem de predisposição para cada uma das células 102a, b, respectivamente, para operar a célula conectada para o tratamento ou

25 regeneração de fluido. Na versão mostrada, cada suprimento de energia 114a, b é capaz de emitir uma voltagem entre cerca de -300 volts e +300 volts. Por exemplo, os suprimentos de energia 114a, b podem emitir uma voltagem positiva de até cerca de 300 volts e uma voltagem negativa menor do que cerca de -300 volts, entre os terminais de saída 157a, b e 153a, b.

Em ainda uma outra versão, o suprimento de energia duplo 114a, b é ajustado de modo que a polaridade de cada um dos suprimentos de energia 114a, b seja uma polaridade fixa, de modo que um suprimento de energia sempre proveja uma voltagem com uma polaridade positiva, e o outro
5 uma polaridade negativa. Desse modo, o primeiro suprimento de energia 114a compreende um primeiro terminal de saída 157a tendo uma polaridade sempre positiva, e o segundo suprimento de energia 114b compreende um primeiro terminal de saída 153a tendo uma polaridade sempre negativa. Essa versão permite a um primeiro suprimento de energia 114a ser usado
10 unicamente para a deionização do fluido em ambas as células 102a, b, e um segundo suprimento de energia 114b somente para a regeneração de ambas as células 102a, b.

Em uma versão adicional, cada suprimento de energia 114a, b é conectado independentemente a ambas as células 102a e 102b, e pode ser
15 usado para acionar tanto qualquer das células 102a, b no modo de deionização ou de regeneração. Essa versão provê capacidades duplicadas como quando um dos suprimentos de energia 114a, b falha, o outro suprimento de energia pode ser usado para operar ambas as células 102a, b. Nessa versão, o controlador 170 compreende o código de programa para detectar a operação
20 (ou falha) de cada um dos suprimentos de energia 114a, b e para substituir um suprimento de energia pelo outro se necessário.

Na operação, o controlador 170 controla os suprimentos de energia 102a, b para ligá-los e desligá-los, e controla a voltagem de suprimento provida entre os terminais de saída 157a, b e 153a, b. Em adição,
25 o controlador 170 controla um sistema de válvula 118 para regular o fluxo de fluido através das células 102a, b, enquanto controlando a conexão e a voltagem suprida aos terminais 152a, b e 153a, b de cada um dos suprimentos de energia 114a, b. Desse modo, o controlador 170 é capaz de operar as células 102a, b para o tratamento de fluido, e também para operar uma célula

102 na direção de tratamento de fluido enquanto a outra célula 102 está sendo regenerada.

O aparelho 100 compreende adicionalmente um sistema de tubulação de fluido que tem uma primeira bifurcação 163 que se divide em dois tubos para permitir à corrente de fluido que chega 124 fluir ao longo de um lado da bifurcação em direção a uma primeira célula 102a, e de um outro lado da bifurcação em direção à célula 102b. Em uma versão, o sistema de válvula 118 compreende quatro válvulas solenóides 119a-d que são providas no sistema de tubulação para controlar o fluxo do fluido através dos vários tubos. O primeiro par de válvulas solenóides 119a, b é posicionado no tubo entre a primeira bifurcação 163 e cada uma das células de tratamento 102a, b para controlar o fluxo de fluido que chega a cada uma das células de tratamento 102a, b. Entre a primeira válvula 119a, b e a célula 102a, b, respectivamente, fica a segunda bifurcação 165a, b. Na segunda bifurcação 165a, o fluido que flui através do aparelho 100 pode fluir para a célula de tratamento 102a ou para o dreno 190. Entre a segunda bifurcação 165a, b e o dreno 190 fica uma segunda solenóide 119c, d, que controla o fluxo de fluido para o dreno 190. O sistema de válvula é controlado por um controlador 140 que opera as válvulas em conjunto com os suprimentos de energia 114a, b para tratar o fluido e regenerar as células 102a, b.

Durante a operação da célula 102a para o tratamento de fluido, a válvula 119b é fechada e a válvula 119a é aberta. O fluido flui a partir da saída do filtro de sedimento 181, através da válvula 119a e para dentro da célula 102a através do primeiro orifício 146a. Uma voltagem transferida é aplicada aos eletrodos 106a, 108a, da célula 102a e o fluido que passa através da célula 102a é tratado. O fluido sai da célula 102a através do segundo orifício 148a e flui através do filtro de carvão ativado 187, que trata adicionalmente o fluido. O fluido duplamente tratado flui através do sensor de fluxo de fluido 204. A válvula 119e é aberta e o fluido tratado passa para fora

da válvula 119e e para o consumidor.

As células 102a, b, as válvulas solenóides 119a-e e as saídas 148a, b arranjadas na configuração mostrada permitem que as células 102a, b sejam usadas para regenerar umas às outras, por exemplo, como segue:

5 Durante a operação da célula 102a no modo de tratamento e a operação da célula 102b no modo de regeneração, a válvula 119b é fechada e a válvula 119a é aberta. A válvula 119c é fechada e a válvula 119d é aberta. O fluido flui a partir da saída do filtro de sedimento 181, através da válvula 119a e através do primeiro orifício 146 da célula 102a. É aplicada voltagem entre os
10 eletrodos 106, 108 da célula 102a e o fluido que passa através da célula 102a é tratado. O fluido sai da célula 102a através do segundo orifício 148a. A válvula 119e é fechada, bloqueando, desse modo, o fluxo do fluido tratado para a saída. Ao invés disso, o fluido flui para dentro da célula 102b através do segundo orifício 148b. Uma voltagem inversa é aplicada aos eletrodos 106,
15 108 da célula 102b. O fluido flui a partir do segundo orifício 148b da célula 102b para o primeiro orifício 146b da célula 102b e captura íons. O fluido re-ionizado sai do primeiro orifício 146b da célula 102b, flui através da válvula 119c e para o dreno 190, onde ele sai do aparelho de tratamento de fluido 100. O fluido passado através da célula 102b, desse modo, enxágua a célula 102b
20 de impurezas e, pode-se dizer, para recarregar a célula 102b para futuro uso de tratamento de fluido.

Uma outra versão do sistema de válvula 118 também pode ter cinco válvulas solenóides 119, como mostrado, que são usadas para controlar o fluxo do fluido através das células 102a, b para um dreno 190, e para uma
25 saída de fluido que emite fluido tratado para um usuário. As válvulas solenóides 119a e 119b controlam o fluxo de fluido que chega para a célula 102b e para a célula 102b, respectivamente. As válvulas solenóides 119c e 119d controlam o fluxo de fluido para o dreno a partir da célula 102a e da célula 102b, respectivamente. A quinta válvula solenóide adicional 119e

controla o fluxo de fluido para a saída. A saída 148a da célula de tratamento 102a e a saída 148b da célula de tratamento 102b são conectadas a um tubo de saída comum 151.

Um sensor de fluxo de fluido 204 também pode ser
5 posicionado ao longo da corrente de fluido 125. Um sensor adequado é um sensor de Efeito de Hall que emite uma voltagem que oscila com a frequência que corresponde à frequência rotacional da turbina. O controlador 170 usa o sinal de taxa de fluxo a partir do sensor de fluxo de fluido 204 para determinar a taxa de fluxo do fluido que passa através dos tubos e das células
10 102a, b, e essa informação de taxa de fluxo pode ser usada para uma quantidade de fins diferentes. Por exemplo, o controlador 170 pode usar o nível do sinal de taxa de fluxo para controlar os suprimentos de energia 114a, b para ajustar a energia elétrica aplicada aos eletrodos 106, 108 das células 102a, b. Desse modo, a voltagem aplicada aos eletrodos pode ser ajustada
15 para se conseguir níveis mais altos de desativação de microorganismo, ou para ajustar a potência de voltagem aplicada aos eletrodos em relação à taxa de fluido de fluxo através das células 102a, b.

Um sensor de pressão 159 também pode ser provido para emitir um sinal de pressão para o controlador 170 que seja proporcional à
20 pressão do fluido no aparelho 100. Quando o dispositivo dispensador 128 é aberto e a pressão no tubo de saída 151 diminui, o controlador 170 pode ligar a operação do aparelho de tratamento de fluido 100 para prover uma corrente de fluido tratado 125. Quando o dispositivo dispensador 128 é fechado, a pressão se acumula no tubo de saída 151 e o controlador 170 pode desligar a
25 operação das células eletroquímicas 102a, b. Um sensor de pressão adequado 159 compreende um sensor convencional como um sensor de diafragma de pressão que tem um diafragma flexível que colapsa sob a aplicação da pressão de fluido ao diafragma. O diafragma que colapsa opera uma resistência variável ou micro comutação que é ativada pelo deslocamento do diafragma.

O aparelho 100 também pode incluir um filtro de sedimento 181 que serve para filtrar particulados a partir da corrente de fluido 124, como descrito acima. Nessa versão, o filtro de sedimento 181 fica localizado na extremidade frontal do aparelho 100, de modo que a corrente de fluido que chega 124 seja processada através do filtro de sedimento 181 antes que ela passe através de uma célula eletroquímica 102. Além disso, localizar os filtros de sedimento na frente da célula 102 provê um sistema mais bacteriostático porque a célula eletroquímica 102 desativa as bactérias que crescem na maioria dos filtros. O aparelho 100 pode, adicionalmente, incluir um filtro de carvão ativado 187 que se monta no tubo de saída comum 151 e o fluido tratado passa através do filtro de carvão ativado 187 no caminho para a saída 162. Na versão mostrada, o sensor de fluxo de fluido 204 descrito acima é posicionado entre o filtro de carvão ativado 187 e a porta de saída 162 do aparelho 100. O aparelho 100 também pode incluir um filtro antimicrobiano de ultravioleta 161 na corrente de fluido 125 entre o sensor de pressão de fluxo 159 e o dispositivo dispensador 128. Na versão mostrada, o filtro antimicrobiano de UV 161 fica posicionado na corrente de fluido 125 entre o sensor de pressão de fluxo 159 e o dispositivo dispensador 128, e o sensor de pressão 159 fica posicionado entre o filtro antimicrobiano de UV 161 e o sensor de fluxo 204.

Uma outra versão de um exemplo de aparelho de células múltiplas é mostrado na fig. 16. O aparelho 100 compreende duas células de tratamento eletroquímico 102a, b e um suprimento de energia unitário 114, e é semelhante ao da versão da fig. 15, pelo fato de que ele também compreende um filtro de sedimento 181, o sistema de válvulas 118 compreendendo válvulas solenóides 119a-d, dreno 190, filtro de carvão ativado 187, sensor de fluxo de fluido 204, filtro antimicrobiano de ultravioleta 161 e dispositivo dispensador de saída 128.

Entretanto, o aparelho 100 da fig. 16 também pode ter um

tanque de manutenção de fluido 126 com sensor de pressão 159, e um componente de dosagem 194 com válvula de dosagem 119e.

O suprimento de energia 114 é conectado e provê energia a ambas as células de tratamento 102a, b e pode acionar cada célula 102 separadamente ou ambas juntas. O controlador 170 controla a magnitude da saída de voltagem por meio do suprimento de energia, e pode emitir uma voltagem de CC entre 30 e 330 volts, ou de CC entre 30 e 300 volts com uma ondulação de AC compreendendo entre 10 e 50% da magnitude da voltagem de saída. O controlador 170 também controla o seletor de polaridade do suprimento de energia 114 e, desse modo, a polaridade da voltagem suprida nos terminais de saída para a célula 102a e para a célula 102b. Desse modo, o suprimento de energia 114 é capaz de operar as células 102a, b na direção de tratamento de fluido e também na direção inversa para a regeneração. O suprimento de energia 114 pode operar as células 102a, b separadamente ou juntas, ou seja, o suprimento de energia 114 pode operar a célula 102a na direção de tratamento de fluido, enquanto a célula 102b está desligada; ou o suprimento de energia 114 pode operar ambas, a célula 102a e a célula 102b, na direção de tratamento de fluido. O suprimento de energia 114 também pode operar a célula 102a na direção de tratamento, enquanto a célula 102 b é operada na direção de regeneração. O controlador 170 controla o suprimento de energia 114 e o sistema de válvula 118 para regular o suprimento de voltagem e de fluxo de fluido através das células 102a, b.

O aparelho 100 também compreende um componente de dosagem 194 com uma válvula de dosagem 119e. O componente de dosagem supre periodicamente ou continuamente uma dose de um agente antimicrobiano ao fluido. Na operação, o fluido de entrada é passado através de um tubo para o filtro de sedimento 181, e depois da remoção dos sedimentos, os fluxos de fluido passam por uma válvula de dosagem 119e, que pode ser uma válvula solenóide. a válvula de dosagem 119e conecta a

corrente de fluido 124 a um componente de dosagem 194. O componente de dosagem pode compreender uma célula antimicrobiana 177a que contém partículas antimicrobianas contendo um agente antimicrobiano que é lentamente liberado para dentro do fluido à medida que o fluido passa através da célula 177a do componente de dosagem 194. Por exemplo, o componente de dosagem 194 pode liberar uma fonte de íons de cloro para dentro do fluido, tal como cloreto de sódio ou cloro.

O tanque de manutenção de fluido 126 se monta na linha de fluido tratado a jusante do sensor de fluxo de fluido 204 para receber o fluido tratado ou de saída a partir das células eletroquímicas 102a, b. Um sensor de pressão 159 pode ser montado em um tanque de manutenção de fluido que é usado para receber o fluido de saída a partir do aparelho 100, e para armazenar um volume de fluido de saída tratado, antes da liberação do fluido tratado para o dispositivo dispensador 128. Em uma versão, o sensor de pressão 159 fica localizado próximo ao fundo do tanque 126 para medir a pressão do fluido dentro do tanque 126 e, desse modo, a profundidade do fluido no tanque 126. O sensor de pressão 159 emite um sinal de pressão para o controlador 170, que controla o sistema de válvula 118 e regula o fluxo do fluido através do aparelho de tratamento 100. Por exemplo, o controlador 170 pode parar o fluxo para o tanque de fluido tratado 126 quando o tanque 126 estiver quase cheio, quando o sinal de pressão indicar o nível de tanque cheio. Isso impede o desperdício de fluido a partir do transbordamento. O controlador 170 também pode operar o aparelho 100 para iniciar o fluxo de fluido para o tanque de fluido tratado 126 quando o sinal de pressão indicar que o nível do fluido no tanque 126 está baixo, mantendo, desse modo, o tanque de fluido tratado 126 próximo à capacidade total. O controlador 170 também pode desligar a operação das células eletroquímicas 102a, b quando do recebimento de um sinal de pressão que indique uma pressão suficientemente alta no tanque de manutenção de fluido 126 para economizar

energia elétrica.

Operação de deionização e regeneração de células múltiplas

Revertendo a direção de fluxo de deionização

Com referência à fig. 1, uma versão de um processo de
5 deionização é conduzida em uma célula eletroquímica 102 que compreende
um alojamento 104 com um primeiro orifício 146 confinando com uma
parede externa cilíndrica 132 que permite ao fluido entrar na célula 102 a
partir de um furo na, ou próximo à parede 132, um segundo orifício 148
confinando com uma parede interna tubular 134 que permite ao fluido sair a
10 partir do fundo da célula 102, um primeiro eletrodo 106 adjacente à parede
externa cilíndrica 132, um segundo eletrodo 148 acerca da parede interna
tubular 134 (a parede 134 pode, ela mesma, ser o eletrodo 148 ou pode ser
posicionada próxima ao eletrodo 148), e uma membrana de troca de íon
enrolada em espiral 110 entre os eletrodos 106, 108. O controlador 170
15 controla o suprimento de energia 114 e a válvula 117 para, em um ciclo de
deionização, fluir o fluido para dentro do segundo orifício 148 da célula 102,
de modo que o fluido viaje a partir da parede interna tubular 134 para a
parede externa cilíndrica 132 para ser liberado no primeiro orifício 146,
enquanto suprindo uma corrente aos eletrodos 106, 108 para deionizar o
20 fluido.

Nesse processo particular de deionização, o fluido é passado
através da célula 102 em uma direção que é a inversa da direção normal ou
típica do fluxo de fluido durante a deionização na célula 102. O orifício 148
da célula 102 fica em um volume radialmente interno da célula 102, como
25 mostrado na fig. 1. Desse modo, durante esse ciclo de deionização, o fluido
tendo uma condutividade mais alta passa para dentro do volume radialmente
interno da célula 102 para prover uma condutividade total mais alta em
relação à direção de fluxo oposta, que é praticada convencionalmente, por
razões geométricas. O fluido, então, flui através do cartucho 130 para o

volume radialmente externo como fluido deionizado tendo uma condutividade mais baixa e sai da célula 102 através do que é normalmente o orifício de entrada 146 durante a deionização. Posicionar a solução de condutividade mais baixa no volume externo maior durante a deionização, ao invés de no volume interno, como é convencionalmente feito, provê uma resistência de célula total menor. Isso ocorre porque o eletrodo interno 108 tem uma área exposta ao fluido menor do que o eletrodo externo 106, que é maior. a resistência elétrica é substancialmente menor no volume interno próximo ao primeiro eletrodo 106. A resistência menor resulta em condutividade localizada mais alta na região de fluido localizado, e, desse modo, remoção de íon mais eficaz a partir da membrana 110 situada adjacente ao eletrodo interno 106. Esse processo de deionização é especialmente desejável para as membranas enroladas em espiral 110 que também têm um diâmetro menor de configuração de membrana enrolada no volume interno da célula 102, do que no volume externo da mesma célula 102. Esse processo reduz a resistência de célula efetiva à metade ou um terço da resistência de célula convencional. Desse modo, esse processo de deionização é especialmente desejável para as membranas enroladas em espiral 110 que têm um diâmetro menor de configuração de membrana enrolada no volume interno da célula 102 do que no volume externo da mesma célula 102.

Durante a regeneração, o fluido é fluido através da célula 102 na direção inversa com fluido fresco entrando na célula 102 a partir do primeiro orifício 146, de modo que o fluido menos condutivo que chega passe primeiro através do volume externo da célula cilíndrica 102, o que provê uma condutividade total mais alta por razões geométricas, e sai a partir da porção central da célula 102 como solução mais condutiva nesse volume de condutividade geometricamente mais baixa. Desse modo, nesse ciclo, o fluido é passado para dentro do primeiro orifício 146 da célula 102, de modo que o fluido viaje a partir da parede externa cilíndrica 170 para a parede interna

tubular 134 para ser liberado no segundo orifício 148, enquanto uma corrente é suprida aos eletrodos 106, 108 para regenerar a membrana enrolada em espiral 110.

Corrente de pós-deionização

5 Em uma outra versão, o controlador 170 é programado para controlar o suprimento de energia 114 para continuar a manter uma corrente através da célula 102 por um curto período de tempo depois do ciclo de deionização estar completo. No ciclo de deionização, o controlador 170 abre a válvula 117 para fluir o fluido para dentro de um orifício 146 da célula 102, enquanto controlando o suprimento de energia 114 para suprir uma energia ou
10 corrente aos eletrodos 106, 108 para formar fluido deionizado que é liberado no orifício 148. Em uma outra versão, o controlador 170 é programado para controlar o suprimento de energia 114 para continuar a manter uma corrente através da célula 102 por um curto período de tempo mesmo depois do fluxo
15 de fluido de deionização ter parado.

 Esse processo é particularmente relevante em aplicações de uso intermitente, como um ponto de sistema de água potável de uso para prover copos ou bules ocasionais de água tratada. E um ciclo de deionização, quando uma torneira ou válvula 117 é aberta e o fluxo é sensoreado, por
20 exemplo, por meio de um sensor de taxa de fluxo ou pressão, um sinal é enviado ao controlador 170 para suprir corrente à célula 102 para deionizar o fluido fluindo através dela. Imediatamente depois da torneira ou válvula 117 ser fechada, um sensor de fluxo 204 sinaliza ao controlador 170 que o fluxo foi substancialmente interrompido. Nesse momento, mesmo depois da
25 cessação do fluxo de fluido para dentro e para fora da célula 102, em um ciclo de pós-deionização, o controlador 170 é programado para instruir o suprimento de energia 114 a continuar a suprir uma corrente de deionização aos eletrodos 106, 108 para deionizar o fluido residual mantido estacionário na célula 102 por um período de tempo. Isso permite ao fluido residual na

célula 102 ser deionizado adicionalmente enquanto ele ainda está na célula 102. O fluido residual é deionizado na célula 102, de modo que, subsequentemente, quando fluido não tratado fresco for passado para dentro da célula 102, o fluido já deionizado na célula 102 seja forçado para fora da célula 102 pelo fluido fresco que chega. Como resultado, o lote inicial de fluido tratado produzido pela célula 102 já está deionizado e não tem um gosto ruim ou íons residuais que teriam permanecido de outro modo no fluido se a energia de eletrodo fosse desligada no momento que o fluxo de fluido fosse inicialmente interrompido.

Tipicamente, o período de tempo pelo qual a energia é aplicada aos eletrodos 106, 108 depois do fluido fluir para dentro da célula 102 depende da densidade de corrente na célula 102 durante esse período estático. Para densidades de corrente maiores do que cerca de $0,5\text{mA}/\text{cm}^2$, esse tempo de pós-deionização é menor do que 10 minutos e, de preferência, menor do que 5 minutos. O período de tempo total é tipicamente menor do que cerca de 5 minutos. A densidade de corrente típica suprida aos eletrodos é de pelo menos cerca de $0,05\text{mA}/\text{cm}^2$ e também pode ser de menos do que cerca de $5\text{mA}/\text{cm}^2$. Tempos de pós-deionização excessivos, particularmente à medida que a densidade de corrente de deionização de período estático aumenta, aumentam a temperatura da célula 102 e de seus conteúdos de fluido. Isso pode ser benéfico ou prejudicial dependendo da aplicação.

A fig. 21 demonstra o efeito da aplicação de uma corrente de pós-deionização aos eletrodos 106, 108 de uma célula 102 depois do fluxo de fluido passando através da célula 102 ter terminado. O % de íons removidos para o volume crescente de fluido passado através da célula 102 aumenta por cerca de 10% por períodos de tempo crescentes, de 0 a 3 minutos, para os quais a corrente continua a ser suprida aos eletrodos 106, 108. No nível de corrente 0, no qual nenhuma corrente de pós-deionização foi aplicada às células 102a, b, depois de 26,497884 litros de fluido serem deionizados, o %

de íons removidos caiu para cerca de 70%. Em contraste, quando uma corrente de pós-deionização foi aplicada por períodos de tempo de 1, 2 ou 3 minutos, o % de íons removidos foi de cerca de 80% ou mais alto a um nível de volume de 26,497884 litros.

5 Revertendo fluxo e corrente na regeneração

Com referência de volta à fig. 1, a célula 102 tem primeiro e segundo eletrodos 106, 108 arranjados acerca das membranas de troca de íon 110 de modo que o primeiro eletrodo 106 confine com o primeiro orifício 146 e o segundo eletrodo 108 confine com o segundo orifício 148. Em um ciclo de deionização, o controlador 1780 opera a válvula 117 para passar o fluido para dentro do primeiro orifício 146 da célula 102, de modo que o fluido passe para dentro através do primeiro orifício 146 e para fora através do segundo orifício 148. Ao mesmo tempo, o controlador 170 pode operar o suprimento de energia 114 para manter uma corrente na célula 102 para fazer os íons negativos migrarem em direção ao primeiro eletrodo 106 para deionizar o fluido que é, então, liberado no segundo orifício 148. Nesse ciclo, o controlador 170 opera o suprimento de energia 114 para aplicar uma voltagem ao primeiro eletrodo que é mais positiva do que a voltagem aplicada ao segundo eletrodo 108. Isso mantém o primeiro eletrodo 106 em uma predisposição positiva em relação ao segundo eletrodo 108. Em um exemplo, o primeiro eletrodo 106 é mantido em uma polaridade positiva e o segundo eletrodo 108 é mantido em uma polaridade negativa. Entretanto, o primeiro eletrodo 106 também pode ser mantido em uma polaridade mais positiva do que o segundo eletrodo 108 com ambos os eletrodos 106, 108 sendo mantidos em uma polaridade negativa auferida (em relação à terra), ou vice versa. Por exemplo, para uma célula 102 de aproximadamente 25cm de altura e 10,16cm de diâmetro, no estágio de deionização, o suprimento de energia 114 pode aplicar, através dos primeiro e segundo eletrodos 106, 108, uma corrente de cerca de 0,01 a cerca de 10 ampères com a perna positiva aplicada ao

primeiro eletrodo 106. Visto que as membranas 110 são enroladas em espiral, a área em seção transversal das membranas 110 muda a partir do lado de fora para o lado de dentro do enrolamento em espiral, assim, a densidade de corrente para cada volta da membrana também muda a partir do lado de dentro para o lado de fora. As membranas 110 tipicamente têm um diâmetro externo que é cerca de duas a três vezes o diâmetro interno. A densidade de corrente para a membrana é determinada a partir da área maior adjacente aos eletrodos 106, 108. Em um cartucho em espiral, esta é o enrolamento de membrana externo, e a densidade de corrente de membrana é calculada a partir da corrente de célula (mA) dividida pela área de superfície de cartucho externa (cm²). Uma densidade de corrente adequada é de cerca de 0,02 a cerca de 20mA/cm².

No ciclo de deionização da célula 102, porque uma voltagem tendo uma polaridade mais positiva é aplicada ao primeiro eletrodo 106 adjacente ao primeiro orifício 146a, b através do qual o fluido entra na célula 102, ela serve como o anodo que faz ácido ser formado nesse eletrodo 108, dissolvendo qualquer carbonato de cálcio ou outra incrustação sobre esse eletrodo 108 ou nessa parte da célula 102. O ácido é varrido adicionalmente para dentro do cartucho na direção de fluxo de fluido para dissolver a incrustação precipitada, como carbonato de cálcio sobre ou ao redor da membrana. Como resultado, os depósitos de incrustação são autolimpados durante o ciclo de deionização de membrana para prover um tempo de vida de ciclo operacional mais longa para a célula 102.

Depois disso, em um ciclo de regeneração, o controlador 170 opera a válvula 117 para inverter a direção de fluxo do fluido através da célula 102. Inverter a direção de fluxo durante a regeneração é vantajoso porque provê uma mais eficiente (mais rápida, com menos água, menos consumo de energia) do que a alternativa. Durante a deionização, o material de troca de íon na entrada de fluido de deionização extrai mais íons a partir da solução de

alimentação do que o material de troca de íon na extremidade do comprimento de membrana, onde o fluido tratado sai da célula 102. A membrana no início do caminho de deionização é a etapa de tratamento grosseiro (removendo o volume de íons), e a membrana na extremidade do comprimento de membrana é a etapa de tratamento final (removendo menos íons). Desse modo, invertendo-se a direção de fluido para regeneração, o fluido de alimentação de regeneração, que tem a concentração iônica mais baixa, fica em contato com a extremidade final do comprimento de membrana com a concentração iônica mais baixa, e à medida que os íons são rejeitados a partir da membrana, a concentração de íon do fluido de regeneração aumenta. Por esse motivo, o gradiente de concentração através da superfície de membrana é minimizado ao longo do inteiro comprimento da membrana durante a regeneração, e, desse modo, os íons são rejeitados de modo mais eficaz a partir da membrana para dentro do fluido de regeneração. Um benefício adicional é que no final da regeneração, a água na saída de deionização tem a composição da água de alimentação de regeneração, não a concentração mais alta de resíduos que existe na entrada de deionização. Isso reduz a contaminação da primeira água que sai da célula 102, na entrada de regeneração, durante a subsequente deionização.

A fig. 22 mostra uma comparação da condutividade do fluido tratado de saída, como água deionizada, para aumentar a sucessão de ciclos de processo de deionização em uma célula eletroquímica 102. Em cada ciclo de processo de deionização, cerca de 7,570824 litros de água foram deionizados na célula 102. Depois de cada ciclo de deionização, a célula 102 foi regenerada com: linha (a) - fluido compreendendo água dura que tem uma alta concentração de íons; linha (b) - fluido compreendendo água suave; e linha (c) - fluido contendo água deionizada passada através da célula 102 em um fluxo inverso através do orifício para fluido deionizado. É visto que a regeneração com a água dura, como vista na linha (a), aumenta

significativamente a condutividade ou o conteúdo de íons da água deionizada em uma célula 102 depois de 300 ciclos em relação às células 102a, b que foram regeneradas com água suave, linha (b), ou regeneradas com água deionizada no fluxo inverso como na linha (c).

5 Em adição à inversão da direção de fluxo de fluido durante a regeneração, o controlador 170 também inverte a direção da corrente aplicada através da célula 102. Para fazer isso, o controlador 170 opera o suprimento de energia 114 para manter o primeiro eletrodo 106 como um eletrodo negativo e o segundo eletrodo 108 como o eletrodo positivo em relação ao
10 primeiro eletrodo 106. Isso pode ser feito invertendo-se a polaridade dos primeiro e segundo eletrodos 106, 108, ou mudando-se o primeiro eletrodo 106 com uma predisposição negativa em relação ao segundo eletrodo 108. Em um exemplo, o primeiro eletrodo 106 é mantido a uma polaridade negativa e o segundo eletrodo 108 é mantido a uma polaridade positiva. Entretanto, o
15 primeiro eletrodo 107 também pode ser mantido a uma polaridade mais negativa do que o segundo eletrodo 108 com ambos os eletrodos 106, 108 sendo mantidos a uma polaridade negativa ou positiva auferida. A corrente na célula 102 faz os íons positivos migrarem em direção ao primeiro eletrodo 106. Durante a regeneração, o suprimento de energia 114 pode aplicar a
20 mesma ou uma corrente diferente e valores absolutos de densidade de corrente aos eletrodos 106, 108. No ciclo de regeneração de célula 102, como no ciclo de deionização, porque uma voltagem tendo uma polaridade mais positiva é aplicada ao segundo eletrodo 108 que fica localizado adjacente ao segundo orifício 148a, b através do qual o fluido entra na célula 102, ela serve
25 como um anodo fazendo ácido ser formado nesse eletrodo 108, dissolvendo qualquer carbonato de cálcio ou outra incrustação. O ácido é varrido adicionalmente para dentro do cartucho na direção de fluxo de fluido para dissolver a incrustação precipitada, como carbonato de cálcio sobre ou ao redor da membrana. Como resultado, os depósitos de incrustação são auto-

limpos durante o ciclo de deionização de membrana para prover um tempo de vida de ciclo operacional mais longa para a célula 102. Por exemplo, a regeneração de célula 102 por meio desse método proveu tempos de vida de célula 102 de cerca de 1892,706 a cerca de 3785,412 litros, em contraste com os tempos de vida de célula 102 anteriores de 378,5412 a 1135,6236 litros.

O suprimento de energia 114 controlado pelo controlador 170 compreende um suprimento de voltagem 113. O suprimento de voltagem 113 também pode suprir uma voltagem modulada no tempo aos primeiro e segundo eletrodos 106, 108, igualmente nos ciclos de deionização ou de regeneração. Por exemplo, no ciclo de deionização, o suprimento de voltagem 113 pode suprir uma primeira voltagem modulada no tempo aos eletrodos 106, 108; e no ciclo de regeneração, o suprimento de voltagem 113 pode suprir uma segunda voltagem modulada no tempo aos eletrodos 106, 108 que tenham magnitudes diferentes das primeiras magnitudes. Por exemplo, o controlador 170 no ciclo de regeneração, pode abrir a válvula 117 para fluir o fluido para dentro do orifício para fluido deionizado de uma célula 102, enquanto controlando o suprimento de voltagem variável para suprir uma voltagem de corrente contínua modulada no tempo aos eletrodos da célula 102.

Regeneração por rajada

O controlador 170 também pode ser programado para controlar a válvula 117 para passar uma rajada temporizada de fluido para dentro de um orifício de uma célula 102 durante o ciclo de regeneração. Cada ciclo de regeneração é conduzido por um tempo de ciclo de regeneração que é o tempo total durante o qual a membrana é regenerada antes de ser usada novamente para um ciclo de deionização. A rajada temporizada do fluido é um fluxo do fluido por um período de tempo que é mais curto do que o tempo de ciclo de regeneração. Por exemplo, o controlador pode operar a válvula 117 para prover rajadas temporizadas do fluido por períodos de tempo de

cerca de 0,1% a cerca de 80% do tempo de ciclo de regeneração, ou mesmo por períodos de tempo de cerca de 0,3% a cerca de 30% do tempo de ciclo de regeneração. O controlador 170 é programado para prover uma rajada temporizada do fluido para dentro da célula 102 abrindo-se a válvula 17 por um período de tempo e, então, fechando-se a válvula 117. A duração de rajada é o período de tempo durante o qual a válvula 117 é ligada e, então, desligada movendo-se o elemento móvel 122 a partir de uma primeira posição para uma segunda posição fechada. Ao mesmo tempo, o controlador 170 controla o suprimento de energia 114 para energizar os eletrodos 106, 108 para regenerar a membrana de troca de íon 110 para formar fluido regenerado que é liberado em um outro orifício.

Tipicamente, o controlador 170 opera a válvula 117 para prover uma pluralidade de rajadas durante um tempo de ciclo de regeneração, ou seja, em um ciclo de regeneração unitário. A pluralidade de rajadas pode ter taxas de fluxo e durações selecionadas de acordo com a remoção desejada dos sólidos residuais na célula eletroquímica 102, e é tipicamente realizada em seqüência, substancialmente sem realizar qualquer ciclo de deionização de fluido intermédio na célula 102. Como um exemplo, o controlador 170 pode operar a válvula 117 para prover pelo menos cerca de 2 rajadas de fluido seqüenciais para dentro da célula 102, ou mesmo pelo menos 10 rajadas, ou mesmo 20 rajadas, durante um ciclo de regeneração.

Em um exemplo, o controlador 170 opera a válvula 117 para abrir a válvula 117 para uma rajada temporizada do fluido, que dura por um período de tempo de cerca de 0,1 a cerca de 40 segundos, e, então, fecha a válvula 117, uma vez a cada minuto. Mais tipicamente, a rajada temporizada do fluido fica por um período de tempo de cerca de 0,3 a cerca de 15 segundos. Em uma versão, o controlador 170 abre a válvula 117 por um período de tempo de cerca de 0,5 a cerca de 5 segundos, então, fecha a válvula 117 uma vez a cada minuto até a rajada temporizada seguinte. O

período de tempo entre rajadas, um minuto nesses exemplos, é tipicamente um período de tempo que é mais longo do que o tempo de rajada.

Em uma versão, no ciclo de deionização, o controlador 170 também instrui o suprimento de energia 114 a aplicar uma voltagem tendo uma primeira polaridade através dos eletrodos 106, 108 na célula 102; e no ciclo de regeneração de rajada, suprir energia com uma segunda polaridade aos eletrodos 106, 108 enquanto passando uma rajada temporizada do fluido para dentro da célula 102.

A rajada temporizada do fluido para regenerar a célula 102 provê diversos benefícios. A regeneração de rajada capacita a regeneração mais eficaz da célula 102, enquanto usando menos fluido, reduzindo o consumo de energia, e aperfeiçoando o tempo de regeneração. Essas vantagens são obtidas quando compradas a um processo de fluxo contínuo no qual o fluido é fluído continuamente para dentro da célula 102 para a regeneração, reduzindo o custo total do ciclo de regeneração de célula eletroquímica 102. Por exemplo, a alta taxa de fluxo de regeneração obtida em um ciclo de tempo de rajada unitário, força as partículas como incrustação para fora da célula 102 para impedir sua precipitação ou coleta irreversíveis na célula 102. A rajada temporizada do fluido também permite a regeneração da célula 102 com um volume relativamente menor de fluido quando comparada a um processo de fluxo contínuo.

A rajada temporizada pode prover uma variação de taxas de fluxo dependendo da pressão disponível e queda de pressão através da célula 102 e do encanamento de dreno. Podem ser empregados restritores de fluxo no circuito de encanamento para reduzir a taxa de fluxo durante as rajadas. Geralmente, entretanto, para maximizar os benefícios da regeneração de rajada, a taxa de fluxo mais alta obtenível para o sistema é preferida durante a rajada. A taxa de fluxo verdadeira varia, dependendo do tamanho da célula 102 e da pressão disponível, mas para células altas 15cm e de 10cm de

diâmetro, e uma pressão de cabeça de 0,4136874MPa, por exemplo, uma taxa de fluxo de pelo menos 0,5 litro por minuto é desejável, mais de preferência, pelo menos 1 litro por minuto. Essa é a taxa de fluxo verdadeira durante o tempo de rajada, não a taxa de fluxo média calculada a partir do volume total passado através da célula 102 pelo tempo de regeneração. Por exemplo, a taxa de fluxo média calculada a partir de um total de 1,3 litro passado durante um ciclo de regeneração, que é longo dez minutos, é de 0,13 litro por minuto. Com a regeneração de rajada, entretanto, essa água é passada em múltiplas rajadas, por exemplo, dez rajadas em dez minutos, para prover 1,3 litro de volume total passado para o dreno. Se a taxa de fluxo verdadeira durante uma rajada for de 2 litros por minuto, por exemplo, então, o tempo de rajada seria ajustado para quatro segundos a uma taxa de fluxo de rajada verdadeira de 2 litros por minuto desejável. Se a taxa de fluxo for mais baixa, o tempo de rajada pode simplesmente ser aumentado para se obter a mesma taxa de fluxo média e volume de resíduos de regeneração total.

Durante um ciclo de regeneração unitário, as rajadas temporizadas seqüenciais podem ter diferentes tempos para dois ou mais estágios, que são partes de um ciclo de regeneração unitário inteiro. Nessa versão, o controlador 170 liga e desliga a válvula 117 por diferentes períodos de tempo durante cada ciclo de regeneração. Os períodos de tempo pelos quais a válvula 117 é ligada, e, então, desligada, podem ser mudados de um estágio de regeneração para um outro em um ciclo de tempo de regeneração unitário. Desse modo, a regeneração de rajada seqüencial pode incluir múltiplos estágios de regeneração com o tempo de válvula 117 ligada sendo diferente em cada estágio. Por exemplo, em uma versão, o controlador 170 opera a válvula 117 para prover rajadas temporizadas do fluido (i) durante um primeiro estágio de regeneração por períodos de tempo de cerca de 0,1% a cerca de 30% do tempo de ciclo de regeneração; (ii) durante um segundo estágio de regeneração de cerca de 0,3% a cerca de 80% do tempo de ciclo de

regeneração; e (iii) durante um terceiro estágio por períodos de tempo de cerca de 0,1% a cerca de 30% do tempo de ciclo de regeneração.

Em uma outra versão, o controlador 170 opera a válvula 117 para prover uma rajada temporizada de fluido (i) durante um primeiro estágio de regeneração por um ou mais períodos de tempo de cerca de 0,1 a cerca de 10 segundos; (ii) durante um segundo estágio de regeneração por um ou mais períodos de tempo de cerca de 3 a cerca de 40 segundos; e (iii) durante um terceiro estágio de regeneração por um ou mais períodos de tempo de cerca de 0,1 a cerca de 10 segundos. O primeiro estágio de regeneração pode ser realizado a partir do começo do ciclo de regeneração até um tempo de, por exemplo, menos do que cerca de 2 minutos mais tarde, o segundo estágio de regeneração é realizado por pelo menos cerca de 3 minutos adicionalmente, e o terceiro estágio de regeneração realizado por pelo menos cerca de 3 minutos mais. Um ciclo de tempo de regeneração completo pode durar, por exemplo, por cerca de 10 minutos.

Um exemplo de modo de realização de uma seqüência de rajadas do fluido fluído através de uma célula eletroquímica 102 mostrando o volume de rajada e a corrente versus o tempo passado no ciclo de regeneração é mostrado na fig. 17. A duração do tempo pelo qual a válvula 117 é mantida aberta controla o volume de fluido que é passado através da célula 102. Quanto mais a válvula 117 é mantida aberta, maior o volume de fluido que passa através da célula 102. Por exemplo, o volume de fluido passado com cada rajada através da célula 102 durante o primeiro estágio de regeneração pode ser 20% do volume de fluido passado com cada rajada através da célula 102 no segundo estágio de regeneração, e o volume de rajada de fluido passado através da célula 102 no terceiro estágio de regeneração pode, novamente, ser de somente 20% do volume no segundo estágio de regeneração. Conseqüentemente, as rajadas temporizadas de fluido durante o segundo estágio de regeneração seriam pelo menos cerca de 5 vezes mais

longas do que os períodos de tempo no primeiro estágio de regeneração nesse exemplo, e as rajadas temporizadas de fluido durante o terceiro estágio de regeneração podem ser de pelo menos cerca de um quinto do tempo do segundo estágio de regeneração. Como um outro exemplo, a válvula 117 é operada para prover rajadas temporizadas de fluido durante um estágio de regeneração que é de pelo menos cerca de 2 vezes mais longo do que o período de tempo durante um outro estágio de regeneração. Por exemplo, a válvula 117 pode prover rajadas temporizadas durante um estágio de regeneração inicial que são menores do que cerca de $\frac{1}{2}$ do período de tempo do estágio de regeneração seguinte, e as rajadas temporizadas de fluido durante um último estágio de regeneração tendo um período de tempo que é menor do que cerca de $\frac{1}{2}$ do período de tempo do estágio de regeneração anterior.

Controlando-se o tempo durante o qual a válvula 117 é aberta, diferentes volumes de água podem ser passados através dessa célula 102 em diferentes estágios do ciclo de regeneração para regenerar de modo mais eficaz a célula 102. Pode ser desejável, por exemplo, ter um alto volume de fluido passado através da célula 102 rajadas precoces ou iniciais, quando a concentração dos íons dissolvidos ou sólidos expelidos a partir das membranas 110 durante a regeneração for mais alta, para expurgar ou descarregar de modo mais eficaz esse material expelido a partir da célula 102. Se esse concentrado puder permanecer na célula 102 ou ser gradual ou lentamente expelido a partir da célula 102, o concentrado de íon poderia precipitar para fora e se depositar como incrustação sobre as superfícies internas da célula 102 ou mesmo entupir a superfície das membranas 110, ou ele pode impedir a rejeição eficaz de mais íons devido à polarização de concentração. as membranas entupidas 110 aumentam a pressão de fluido na célula 102 conduzindo, eventualmente à ruptura ou falha da membrana 110 e desempenho de deionização reduzido. Por exemplo, íons como de cálcio,

magnésio ou manganês que são expelidos a partir das membranas 110 podem se precipitar para fora como carbonatos, sulfatos ou outros desses compostos insolúveis a não ser que rapidamente expurgados.

Um exemplo de modo de realização de um processo de regeneração de rajada tendo rajadas temporizadas seqüenciais de fluido com o eixo Y representando o tempo que a válvula 117 é deixada aberta e a corrente suprida aos eletrodos 106, 108, e o eixo X mostrando o tempo transcorrido em um ciclo de tempo de regeneração, é mostrado na fig. 18. No exemplo de versão mostrado, o ciclo de tempo de regeneração inteiro dura cerca de 10 minutos. No primeiro estágio de regeneração, a válvula 117 é aberta para uma rajada temporizada seqüencial que dura por um período de tempo de cerca de 1 segundo. O tempo entre o início de cada rajada é de 60 segundos. Cada rajada de 1 segundo libera 60cc de fluido para dentro da célula 102. No segundo estágio de regeneração, quando a matéria de resíduo expelida a partir das membranas 110 tem o nível de concentração mais alto, a válvula 117 é mantida aberta por 4 rajadas temporizadas de 6 segundos de duração cada, passando 300cc de fluido para dentro da célula 102 em cada rajada. Esse ciclo remove o volume dos sólidos residuais do cartucho 130 na célula 102. Então, no terceiro estágio de regeneração, 5 rajadas temporizadas de 1 segundo de duração cada uma são providas para limpar os sólidos residuais do cartucho.

A seqüência inteira de rajadas temporizadas, incluindo os três estágios, cada um tendo durações de tempo de rajada e intervalos de tempo fechado particulares, também pode ser controlada e programada dentro do código de programa de computador do controlador 170, ou pode ser ajustada por um operador no local durante o uso do aparelho 100 e mudada durante o uso no campo. Variar o tempo pelo qual a válvula 117 é deixada aberta provê regeneração mais eficaz controlando-se o volume do fluido passado através da célula em diferentes estágios do ciclo de regeneração. Desse modo, a válvula 117 pode ser deixada ligada por um período mais longo de tempo para prover

um volume maior de fluido passando através da 102 quando os íons e sólidos expelidos a partir das membranas de célula 110 está nos maiores níveis. Como resultado, múltiplas seqüências de rajada podem repartir o tempo exigido para regenerar as membranas 110, e repartir o resíduo de água, aumentando, desse modo, a eficácia de regeneração por um fator de 2X comparadas aos ciclos de regeneração convencionais com um tempo de rajada unitário ou um fluxo de água de regeneração contínuo. Embora três estágios sejam usados para ilustrar o processo, dois estágios, ou mais de três estágios também podem ser usados, dependendo da aplicação.

Durante os ciclos aberto e fechado da válvula 117, a densidade de corrente aplicada à membrana 110 da célula 102 durante a regeneração de rajada também pode ser controlada independentemente para otimizar adicionalmente a eficácia de regeneração, como mostrado, por exemplo, nos exemplos de modos de realização das figs. 17 e 18. Por exemplo, em um método, um ou mais períodos de tempo curtos de níveis de corrente altos podem ser aplicados aos eletrodos 106, 108 para gerar níveis de alta concentração de ácido e base dentro da membrana por meio da reação de divisão de água na célula 102. Os níveis altos de ácido ou base levam tempo para se difundirem e migrarem através da membrana 110. Os níveis de densidade de corrente são, então, diminuídos para níveis mais baixos para reduzir o consumo de calor e eletricidade enquanto ainda mantendo uma queda de potencial elétrico através da célula 102 para continuar a prover o efeito de migração sobre o transporte de íon para fora das membranas para o orifício a ser enxaguado da célula 102. Em uma versão, níveis de densidade de corrente altos de pelo menos cerca de $0,5\text{mA}/\text{cm}^2$ a cerca de $5\text{mA}/\text{cm}^2$, são mantidos na célula 102 por cerca de três minutos. O nível de corrente alto nesse exemplo é seguido por um nível de corrente baixo, que é cerca de 80% menor do que o primeiro nível de corrente, por cerca de sete minutos. No exemplo mostrado na fig. 18, no primeiro estágio de corrente, que

parcialmente sobrepõe os primeiro e segundo estágios de rajada de fluxo de fluido, uma corrente de cerca de 1,8 ampères é aplicada aos eletrodos 106, 108. Depois disso, para os estágios restantes, uma corrente reduzida de cerca de 0,5 ampères é aplicada aos eletrodos 106, 108.

5 O volume total de fluido usado para regenerar a célula 102 também pode ser controlado em relação à taxa de fluxo de fluido ou pressão providas pela fonte de fluido. Em uma versão, um sensor de fluxo de fluido 204 é provido no caminho de fluido depois da célula 102, como mostrado na fig. 19, ou na, ou antes da célula 102 (não mostrada). O sensor de fluxo 204
10 pode ser um medidor de fluxo de massa ou volume, que mede as taxas de fluxo, ou um monitor de pressão de fluido 159 para monitorar a pressão do fluido provida à célula 102. Na versão mostrada, o sensor de fluxo 204 mede a taxa de fluxo passando através das células 102a, b. O sensor de fluxo 204 pode ser uma turbina magnética que fica posicionada no caminho de fluxo de
15 fluido e adjacente a um sensor de Efeito de Hall convencional. Os sensores de Efeito de Hall medem a rotação das turbinas magnéticas para permitir a determinação da taxa de fluxo de fluido volumétrica. Turbinas magnéticas adequadas estão disponíveis a partir da Gems Sensors, Plainville, Connecticut.

20 O sensor de fluxo 204 fica em comunicação com o controlador 170 e mede a taxa de fluxo ou pressão do fluido através da célula 102 durante pelo menos uma porção do ciclo de operação da célula para gerar um sinal de fluxo de fluido ou de pressão que é enviado ao controlador 170. O controlador 170 opera a válvula 117 para ajustar a duração das rajadas temporizadas do
25 fluido para ajustar o volume de fluxo passado através da célula 102 durante a regeneração. A pressão de fluido pode variar, por exemplo, com a pressão provida por uma fonte de fluido externa, como um suprimento de água urbano. Em algumas geografias, grandes variações de pressão podem ocorrer em uma base diária. Ao invés de variar o tempo de rajada para compensar a

variação de pressão de alimentação, o sinal de fluxo ou pressão pode ajustar uma bomba que é usada para bombear fluido através da célula 102, ou pode controlar o tamanho de abertura de uma porta da válvula 117 para controlar a pressão de fluido. À medida que a pressão de fluido varia, o sensor de fluxo
5 204 envia um sinal de pressão de fluido ao controlador 170, que, por sua vez, controla a duração de tempo de pressão de bomba ou abertura de válvula para controlar o volume de fluido passado através da célula 102.

Em ainda uma outra versão, o aparelho 100 tem duas ou mais células 102a, b, a segunda célula 102 b pode ser operada para prover fluido
10 deionizado para a primeira célula 102a que está sendo regenerada por meio de regeneração de rajada. O fluxo de rajada de fluido durante a regeneração provê melhor regeneração da célula 102 e remove sólidos residuais que impediriam de outro modo a regeneração de célula 102. Nessa versão, as rajadas podem ser providas à célula 102a controlando-se o fluxo de fluido
15 através da célula 102a. Assim, a célula 102a recebe rajadas de fluido a partir da válvula 117, e as rajadas do fluido deionizado são, então, passadas a partir da célula 102b para regenerar a célula 102a.

A fig. 19 também mostra um arranjo adequado de um regulador de fluxo 193 para regular o fluxo através das células 102a, b. O
20 regulador de fluxo 193 pode ser um dispositivo que abre e fecha o tamanho de um furo em uma arruela de borracha em forma côncava (não mostrado) em relação à pressão do fluido passando através do regulador 210. Por exemplo, o regulador de fluxo 193 pode regular a taxa de fluxo de fluido passando através para conseguir uma taxa de fluxo constante de, por exemplo, cerca de
25 0,5l/minuto a 3l/minuto. Para uma célula 102 dimensionada cerca de 39,37cm de altura e a partir de cerca de 15,24 a cerca de 30,48 centímetros de diâmetro, uma taxa de fluxo adequada é de cerca de 1 a cerca de 2l/minuto. Reguladores de fluxo adequados 193 tendo as taxas de fluxo desejadas são fabricados pela Vernay, Yellow Springs, Ohio.

O aparelho 100 pode compreender adicionalmente sensores de condutividade 212a, b nos caminhos de fluxo de fluido igualmente a montante das células 102a, b, a jusante das células 102a, b, ou ambos. Em uma versão, os sensores de condutividade 212a, b são circuitos elétricos que provêem uma
5 voltagem constante através de dois eletrodos imersos no fluido para determinar a condutividade do fluido, que a corrente resultante passada entre os eletrodos 106, 108 é, por sua vez, uma medida da concentração de íon do fluido. A corrente é convencionalmente medida como uma voltagem pequena através de um resistor em série com o circuito. O controlador 170, quando do
10 recebimento do sinal de condutividade a partir do sensor 212, pode ajustar a corrente passada através das células 102a, b para, por exemplo, manter uma concentração de íon consistente no fluido passando através das células 102a, b. Em uma versão, os sensores de condutividade 212a, b compreendem um suprimento de voltagem que provê uma voltagem de 2 volts a 1kHz através de
15 dois pinos chapeados de ouro que são inseridos no caminho de fluxo de fluido. A voltagem através do resistor de medição é proporcional à corrente na célula 102, que está relacionada à condutividade do fluido e a sua concentração de íons.

Restritor de fluxo

20 Um outro modo para limitar o fluxo de fluido através da célula 102 durante a regeneração de célula é usar um restritor de fluxo 220 no caminho de fluxo do fluido que é passado através das células 102a, b, como mostrado esquematicamente, por exemplo, na fig. 20. O restritor de fluxo 220 limita a taxa de fluxo de fluido passada através da célula 102a durante a
25 regeneração da célula 102 para reduzir o consumo de fluido na regeneração. O restritor de fluxo 220 é usado em conjunto com as válvulas de checagem 222a, b que impedem o fluxo de fluido na direção oposta à ponta de flecha (como mostrado). Sem as válvulas de checagem 222a, b o fluxo de fluido não seria controlável através do restritor de fluido 220.

Por exemplo, um restritor de fluxo adequado 220 pode reduzir a taxa de fluxo a partir de mais de cerca de 1l/minuto a uma quantidade menor, por exemplo, a 0,5l/minuto, 0,1l/minuto, ou mesmo 20cc/minuto, durante a regeneração. Como resultado, o volume total do fluido passado através da célula 102 durante a regeneração pode ser reduzido por um fator de 3x a cerca de 50x em relação ao volume de fluxo usado na regeneração sem o restritor de fluxo 200 e se a válvula 117 for deixada aberta por um ciclo de regeneração inteiro. Por exemplo, enquanto a regeneração de fluxo contínua sem um restritor de fluxo 220 usaria um volume total de 46 litros a uma taxa de fluxo de 2l/minuto em um ciclo de regeneração durando 23 minutos, um restritor de fluxo de 15x pode reduzir o volume total do fluido a cerca de 3l em cada ciclo de regeneração de 23 minutos. O restritor de fluxo 220 também tem um diâmetro que é de pelo menos cerca de 30 vezes menor do que o diâmetro do tubo de entrada de normal alimentando um orifício 146, 148 de uma célula 102; por exemplo, um diâmetro de menos de cerca de 0,127cm, ou mesmo de cerca de 0,0254cm. Entretanto, o diâmetro pequeno do restritor de fluxo 220 pode causar o entupimento ocasional do restritor ou das válvulas de checagem 222a, b, o que é indesejável. Usar a seqüência de rajada permite a remoção do restritor de fluxo 220 e das válvulas de checagem 222a, b e, conseqüentemente, a eliminação dos problemas associados a esses componentes com o tamanho de abertura pequeno do restritor de fluxo 220 porque o volume total do fluido usado durante a regeneração pode ser controlado simplesmente regulando-se as durações e ciclos de rajada temporizada seqüenciais através de um orifício maior.

Modular a corrente de regeneração

Em ainda uma outra versão, a corrente suprida através da célula 102 é modulada e ajustada em diferentes níveis durante a regeneração para otimizar a regeneração e/ou reduzir o consumo de energia durante o ciclo de regeneração. O fluxo de fluido de regeneração pode ser da variedade de

rajada ou contínua. Em uma versão, o controlador 170 é adaptado para controlar o suprimento de energia 118 para manter as primeira e segunda correntes através dos eletrodos 106, 108 durante o ciclo de regeneração. A voltagem variável rejeita íons a partir da membrana 110 para formar um

5 concentrado que é liberado no orifício de entrada da célula 102. Em uma versão, o fluido deionizado feito em uma primeira célula 102a é passado para dentro do orifício para fluido deionizado da segunda célula 102b durante a regeneração da segunda célula 102b. Durante a regeneração, o segundo eletrodo dentro da célula 102b é mantido a uma polaridade positiva. Em uma

10 versão, a corrente modulada no tempo compreende uma primeira corrente e uma segunda corrente, e onde a primeira corrente é maior do que a segunda corrente. O ciclo obrigatório para a primeira corrente é maior do que aquela da segunda corrente. As primeira e segunda correntes são selecionadas para prover regeneração ótima da célula 102. Por exemplo, a segunda corrente

15 pode ser uma corrente que é reduzida a partir da primeira corrente, para reduzir o consumo de energia durante o processo de regeneração, para abaixar a concentração de hidróxido produzido no catodo, e reduzir a temperatura de célula 102. Em uma versão, o ciclo de regeneração inclui um primeiro nível de corrente no qual uma primeira densidade de corrente passada através da

20 membrana 110 da célula 102 é de pelo menos cerca de $0,5\text{mA}/\text{cm}^2$ por cerca de 1 a cerca de 5 minutos. Este é seguido por um segundo nível de corrente, que é de pelo menos cerca de 30% mais baixo do que o primeiro nível de densidade de corrente, e, mais de preferência, de pelo menos cerca de 50% mais baixo, por um adicional de cerca de 5-20 minutos. Tempos de nível de

25 primeira e segunda correntes maiores ou menores podem ser vantajosos em diferentes aplicações. Em uma outra medição dessa operação preferida, a primeira densidade de corrente é mantida a partir de cerca de $0,5$ a cerca de $5\text{mA}/\text{cm}^2$, e a segunda densidade de corrente é de cerca de $0,05$ a cerca de $3\text{mA}/\text{cm}^2$. O terceiro e mais níveis de corrente durante um ciclo de

regeneração também podem ser empregados para prover economia de energia, temperaturas mais baixas ou menos produto de eletrodo (por exemplo, hidróxido) para aperfeiçoar a operação da presente invenção. Esses níveis de corrente podem ou não coincidir com a rajada de regeneração.

5 Em uma outra versão, as primeira e segunda correntes do ciclo de regeneração também podem ser pulsados ou mantidos por períodos de tempo diferentes para variar a energia durante os primeiro, segundo e adicionais estágios de um ciclo de regeneração para obter resultados semelhantes àqueles obtidos a partir da mudança de nível de corrente CC
10 durante a regeneração. Se pulsando a corrente para controlar o nível de energia, o ciclo obrigatório durante o pulso é uma medição do tempo percentual que a corrente é aplicada à célula 102. Por exemplo, a primeira corrente pode ser operada com um ciclo obrigatório de 100%, e a segunda corrente com no máximo um ciclo obrigatório de 70% para prover somente no
15 máximo 70% da energia durante o segundo estágio de regeneração, e, desse modo, obter os benefícios de menos consumo de energia, temperaturas de célula 102 mais baixas e menos produto de eletrodo. Mais de preferência, o ciclo obrigatório do segundo estágio é de no máximo 50% neste exemplo. Em adição, um pulso de corrente alternada também pode ser provido sobrepondo-
20 se a um pulso de corrente contínua.

A fig. 23 mostra o efeito de reduzir a corrente de regeneração sobre a condutividade do resíduo ou fluido regenerado emitidos a partir de uma célula 102 durante a regeneração. O tempo de ciclo de regeneração total foi de cerca de 20 minutos. A corrente de regeneração foi reduzida de 2
25 minutos no ciclo de regeneração a partir do valor de 1 ampère original para os valores menores indicados, e, subsequente, elevada de volta a 9 minutos no ciclo, para o nível de 1 ampère original. As diferentes correntes aplicadas à célula 102 são mostradas no índice e variam de cerca de 0,1 a cerca de 1 ampère, em valores de 0,1, 0,3, 0,5, 0,7 e 1 ampère. é visto que a

condutividade de fluido regenerado permanece em torno da mesma mesmo quando níveis de corrente mais baixos de 0,1 ampère são aplicados durante o ciclo de regeneração, indicando que a quantidade total de íons rejeitados a partir das membranas 110 (área sob a curva) que são passados para o fluido regenerado, não muda significativamente mesmo quando um nível de corrente de regeneração mais baixo é aplicado. Isso permite a redução substancial do consumo de energia total durante a regeneração sem sacrificar o desempenho de regeneração.

A fig. 24 mostra que as reduções descritas acima da corrente de regeneração pelo período de 2 a 9 minutos dentro do ciclo de regeneração; não reduz significativamente o desempenho de deionização subsequente da célula 102. O % total de sólidos dissolvidos (TDS) no fluido de deionização obtido a partir das células 102a, b regeneradas com o nível de corrente mais baixo não varia significativamente, indicando que esse foi ainda um outro método inesperado de reduzir o consumo de energia total durante a regeneração.

Revertendo a polaridade de eletrodo na regeneração

Em uma outra versão, depois da célula 102 ser operada para deionizar o fluido, é conduzido um processo de regeneração de duas etapas. Em uma primeira etapa de regeneração primária, o controlador 170 abre a válvula 117 para fluir o fluido para dentro de um orifício 148 da célula 102 e controla o suprimento de energia 114 para suprir uma corrente tendo uma polaridade aos eletrodos 106, 108 da célula 102 por um período de tempo para regenerar a membrana de troca de íon 110. A corrente suprida causa a rejeição dos íons a partir da célula 102 para dentro do fluido que é passado através da célula 102 para formar fluido regenerado, que é liberado em um outro orifício 146. Nessa etapa de regeneração primária, o controlador 170 tipicamente supre a corrente por um período de tempo de pelo menos cerca de 2 minutos a densidades de corrente de cerca de 0,2 a 20mA/cm².

Depois da etapa de regeneração primária ser completada, em uma etapa secundária ou de pós-regeneração, a polaridade da corrente é invertida, mas o fluxo de água continua como para a etapa de regeneração primária (tanto o fluxo de rajada quanto o contínuo). Por exemplo, a segunda polaridade pode ser invertida a partir da primeira polaridade tendo o sinal oposto. A segunda polaridade pode mesmo ser substancialmente a mesma polaridade que aquela que é aplicada durante o ciclo de deionização. a segunda polaridade provê uma corrente de deionização para a célula 102 para reduzir a concentração dos íons residuais na célula 102 antes de iniciar o ciclo de deionização. A corrente de polaridade inversa é mantida por um período de tempo de pelo menos cerca de 0,5 minuto.

Esse método permite ao fluido contido com a célula 102 recentemente regenerada ser deionizado pela polaridade de eletrodo invertida que faz a corrente se mover na direção oposta através da célula 102, enquanto a válvula 117 continua a passar o fluido para dentro da célula 102 por um período de tempo na direção de fluxo de regeneração. Inverter a polaridade da voltagem imediatamente depois da primeira etapa de regeneração primária do ciclo pode ajudar a preparar a célula 102 para processos subseqüentes deionizando-se pelo menos parcialmente o fluido na célula 102, para prover um fluido menos ionizado para ciclos de deionização subseqüentes.

No final da etapa de pós-regeneração secundária, ou em seu lugar, o controlador 170 pode, opcionalmente, sinalizar ao suprimento de energia 114 para parar de suprir energia aos eletrodos 106, 108 da célula 102, de modo que nenhuma corrente passe através do fluido na célula 102, enquanto a válvula 117 é ajustada para continuar a permitir ao fluido fluir para dentro da célula 102 na direção de fluxo de regeneração primária por um período de tempo de tipicamente pelo menos cerca de 1 minuto. Essa etapa expurgará fluido quente a partir da célula 102, provendo fluido mais frio no início de um ciclo de deionização subseqüente.

Regeneração com fluido deionizado

Um aparelho 100 compreendendo pelo menos uma primeira célula eletroquímica 102a (célula A) e uma segunda célula eletroquímica 102b (célula B) pode ser usado para deionizar o fluido em uma primeira célula 102a e para regenerar as membranas de troca de íon 110 em uma segunda célula 102b usando o fluido deionizado a partir da primeira célula 102a. Um exemplo de ciclo operacional para um aparelho de tratamento de fluido 100 compreendendo duas células eletroquímicas 102a (célula A) e 102b (célula B), como mostrado na fig. 12. A operação do aparelho 100 é ilustrada no tratamento da água a partir de uma fonte de fluido 120, como um suprimento de água urbano, para deionizar a água e regenerar as células 102a, b. Cada célula eletroquímica 102a tem um primeiro orifício, ou de entrada 146a, b conectado a uma válvula 117 para receber o fluido, e um segundo orifício, de fluido deionizado, ou de saída 148a, b, para passar o fluido tratado 125 para fora da célula 102a. Na operação, a válvula 117 direciona um fluido de entrada 124 para ambas as células 102a, b e também recebe a água servida regenerada a partir das células 102a, b e expelle a água servida através do dreno 124. A válvula 117, como mostrado na fig. 13, realiza isso movendo o elemento móvel 122 entre pelo menos duas posições. Por exemplo, onde o elemento móvel 122 for um rotor 252, o rotor 252 é girado entre diferentes posições para regular o fluxo de fluido. O controlador 170 opera o motor 188 da válvula 117 e o suprimento de energia 114 para serem capazes de realizar uma pluralidade de ciclos de pré-tratamento, tratamento de fluido (deionização), regeneração, e pós-regeneração.

Com referência às figs. 12 e 13, para deionizar e tratar o fluido na Célula A (102a), o elemento móvel 122 da válvula 117 é ajustado para uma primeira posição na qual a água a partir da fonte de fluido 120 (suprimento de água urbano) é passada através da porta de entrada 180a para dentro da câmara 245 de válvula 117 da cobertura de válvula 240 através do

elemento móvel 122 e para fora da porta de válvula de saída 180d. O fluido, então, entra no primeiro orifício de entrada 146a da célula 102a. Depois da deionização na célula 102a, o fluido tratado 125 é emitido ou liberado a partir do orifício 148a para consumo ou outro uso. O fluido tratado ou deionizado a partir da célula A é, então, passado para dentro do orifício 148b da célula B (operada anteriormente no modo de deionização) que está agora em um ciclo de regeneração para remover íons deslocados a partir da membrana de troca de íon 110. A água servida de regeneração a partir da célula B é expelida a partir do orifício 146b e passa através da base 230 para dentro da passagem interna 274 do elemento móvel 122 e para fora para o dreno urbano 190. A regeneração prepara a membrana de troca de íon 110a para processos de deionização subseqüentes e o fluido deionizado regenera a célula 102a com melhor eficácia de regeneração porque o conteúdo de íon mais baixo do fluido deionizado provê uma força de acionamento maior para íons a serem expelidos a partir da membrana 110a.

A fig. 22 mostra que a regeneração com água dura, como vista na linha (a) aumenta significativamente a condutividade ou o conteúdo de íon da água deionizada em uma célula 102 depois de 300 ciclos em relação às células que são regeneradas com a linha de água deionizada (b), ou regeneradas com a água deionizada no fluxo inverso, como na linha (c). A água dura usada nesse experimento teve uma condutividade de $1000\mu\text{S}/\text{cm}$, conteve íons de bicarbonato, e foi passada através da célula 102 a uma taxa de fluxo de cerca de $40\text{ml}/\text{minuto}$. A água suave estava ausente dos íons de bicarbonato, mas tinha a mesma condutividade, e a água deionizada foi deionizada em uma célula conectada 102 e teve uma condutividade de $100\mu\text{S}/\text{cm}$.

Notar que o fluido deionizado emitido a partir da célula 102a é passado a partir de seu orifício de saída 148a para, por exemplo, o que é normalmente o orifício de saída de fluido deionizado 148b da segunda célula

102b, que está passando por regeneração. Isso inverte a direção normal ou típica do fluxo de fluido durante a regeneração do fluido na célula 102b. O orifício 148b da célula 102b fica em um volume radialmente interno da célula 102, por exemplo, como mostrado na fig. 1. Desse modo, durante essa
5 regeneração da célula 102b, o fluido passa a partir do volume radialmente interno da célula 102b para o volume radialmente externo e sai da célula 102b através do que é normalmente o orifício de entrada 146b e é, então, passado para o dreno 190. Desse modo, durante essa regeneração da célula 102b, o
10 fluido passa a partir do volume radialmente interno da célula 102b para o volume radialmente externo e sai da célula 102b através do que é normalmente o orifício de entrada de fluido de deionização 146b e é, então, passado para o dreno 190. A inversão da direção de fluxo provê o benefício citado anteriormente de aperfeiçoar a eficácia de regeneração e evitar a contaminação da primeira água provida durante o ciclo de deionização.

15 O controlador 170 também pode controlar a taxa do fluido que flui para dentro da primeira célula 102a operada no modo de deionização, por exemplo, para controlar a taxa na qual o fluido deionizado a partir da célula 102a é passado para dentro da célula 102b que está sendo regenerada, ou vice versa. Alternativamente, o controlador 170 pode controlar a taxa do fluido
20 passado para dentro da segunda célula 102b usando uma válvula (não mostrada) colocada no caminho de fluido entre o orifício 148a da célula A e o orifício 148b da célula B. Em uma versão, o controlador 170 mantém uma taxa de fluxo do fluido para dentro das células 102a, b que é suficientemente alta para evitar a precipitação dos sólidos, por exemplo, carbonato de cálcio,
25 nas células 102a, b durante um ou mais ciclos de deionização e regeneração. O fluxo do fluido mantém a solubilidade dos compostos contendo cálcio no fluido, reduzindo, desse modo, o acúmulo de precipitados contendo cálcio e “incrustações” sobre as paredes interiores das células eletroquímicas 102a, b.

Reagente inibidor de incrustação alimentado durante a

regeneração

A incrustação se acumula lentamente nas células 102, filtros 160, tubos e outros componentes do aparelho 100 quando tratando água dura. A água dura compreende íons de metal multivalentes como cálcio, magnésio e manganês em adição aos anions como carbonato, bicarbonato e sulfatos. A incrustação se forma durante a regeneração quando as concentrações dos íons multivalentes e carbonatos rejeitados a partir das membranas de divisão de água são as mais altas, e é particularmente prevalente a pHs mais altos que formam carbonatos (a partir de bicarbonato). Para reduzir a taxa de formação de incrustação nos cartuchos e células 102, um reagente inibidor de incrustação que inibe ou remove a formação de incrustação pode ser adicionado ao fluido entrando em uma célula 102, por exemplo, durante o ciclo de regeneração. O reagente inibidor de incrustação pode ser um ácido, como ácido forte, por exemplo, ácido clorídrico, ácido fosfórico, ou ácido sulfúrico; ácidos fracos como ácido cítrico, ácido sulfâmico ou ácido málico; ou outros reagentes como fosfatos. A adição do reagente inibidor de incrustação durante a regeneração pode ser contínua ou em etapas descontínuas, como gotas curtas, e pode ter lugar por todo o ciclo de regeneração ou somente durante uma porção do ciclo de regeneração. O sistema de gotejamento de inibidor de incrustação também pode gotejar reagente inibidor de incrustação para dentro do fluido durante um ciclo de deionização.

O sistema de gotejamento de inibidor de incrustação pode adicionar o reagente inibidor de incrustação ao fluido usando o sistema de gotejamento descrito anteriormente. Um método particularmente útil para minimizar o consumo de reagente e, desse modo, reduzir a manutenção de célula 102 é adicionar ácido à água de alimentação de regeneração para reduzir o pH entre as membranas somente durante a porção da regeneração que produz as concentrações mais altas de carbonatos. Manter o pH a menos

de 7, ou mesmo a menos de 6, ou a menos de 5, pode evitar grandemente a formação de incrustação dentro do cartucho 130 e da célula 102.

A presente invenção foi descrita com referência a determinadas versões preferidas da mesma; entretanto, outras versões são possíveis. Por exemplo, o aparelho e os métodos podem ser usados em outros tipos de aplicações, como ficará visível para alguém experiente na técnica, como, por exemplo, processos para remover outros materiais ou espécies a partir de fluidos, soluções e pastas aquosas. Outras configurações do aparelho, diferentes modos de interconectar as células eletroquímicas, estruturas de válvula alternativas, e diferentes tipos de membranas também podem ser usados. Portanto, o espírito e o escopo das reivindicações anexas não devem ser limitados às descrições das versões preferidas apresentadas aqui.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) célula eletroquímica compreendendo

(i) uma pluralidade de orifícios para fluidos para receber um fluido de entrada e liberar um fluido de saída, o fluido de entrada compreendendo um primeiro nível de microorganismos ativos;

(ii) primeiro e segundo eletrodos; e

(iii) uma membrana de troca iônica entre os primeiro e segundo eletrodos para tratar o fluido de entrada para formar o fluido de saída;

(b) um suprimento de energia para aplicar uma corrente aos primeiro e segundo eletrodos; e

(c) um controlador para controlar o suprimento de energia a ser aplicado aos primeiro e segundo eletrodos, uma corrente tendo uma densidade de corrente suficientemente elevada para desativar os microorganismos no fluido de modo que o fluido de saída compreenda um segundo nível de microorganismos ativos menor do que o primeiro nível de microorganismos ativos no fluido de entrada.

2. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do controlador controlar o suprimento de energia a ser aplicado aos primeiro e segundo eletrodos, uma corrente tendo uma densidade de corrente de cerca de 0,01 a cerca de 20 mA/cm².

3. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato dos primeiro e segundo níveis compreenderem unidades formadoras de colônia por 100 ml de fluido, e pelo fato do segundo nível compreender menos unidades formadoras de colônia por 100 ml do fluido de saída do que o primeiro nível de unidades formadoras de colônia por 100 ml do fluido de entrada.

4. Aparelho de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato da densidade de corrente ser suficientemente elevada para impedir um aumento nas unidades formadoras de colônia por 100 ml no fluido de saída e em que fluido de entrada compreende um primeiro nível de um

5 microorganismo compreendendo uma contagem de placa de bactérias heterotróficas de pelo menos cerca de 500 Cfu/ ml, e pelo fato do controlador estabelecer a densidade de corrente suficientemente elevada para prover um fluido de saída tendo uma contagem de placa de bactérias heterotróficas menor do que cerca de 450 Cfu/ ml.

10 5. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do controlador estabelecer a densidade de corrente suficientemente elevada para prover um fluido de saída tendo pelo menos duas reduções logarítmicas de contagem de placa de bactérias.

15 6. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) uma célula eletroquímica compreendendo:

(i) uma pluralidade de orifícios para fluidos para receber um fluido de entrada e liberar um fluido de saída, o fluido de entrada compreendendo uma primeira contagem de placa de bactérias heterotróficas, e

20 o fluido de saída compreendendo uma segunda contagem de placa de bactérias heterotróficas;

(ii) primeiro e segundo eletrodos; e

(iii) uma membrana de troca iônica entre os primeiro e segundo eletrodos para tratar o fluido de entrada para formar o fluido de

25 saída, a membrana de troca iônica compreendendo ambas as superfícies de toca de ânion e cátion;

(b) um suprimento de energia para aplicar uma corrente aos primeiro e segundo eletrodos; e

(c) um controlador para controlar o suprimento de energia

suprindo uma corrente aos primeiro e segundo eletrodos para obter uma queda de potencial elétrico de pelo menos cerca de 0,05 volts/membrana e que seja suficientemente elevada para impedir substancialmente um aumento na contagem de placa de bactérias heterotróficas no fluido de saída, de modo que

5 uma segunda contagem de placa de bactérias heterotróficas no fluido de saída seja menor do que a primeira contagem de placa de bactérias heterotróficas no fluido de entrada.

7. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

10 (a) uma célula eletroquímica compreendendo

(i) orifícios para fluidos para receber um fluido de entrada e liberar um fluido de saída, o fluido de entrada tendo um primeiro nível de um microorganismo;

(ii) membrana divisória de água; e

15 (iii) primeiro e segundo eletrodos ao redor da membrana divisória de água;

(b) uma válvula para controlar o fluxo de fluido de entrada para um orifício para fluido da célula eletroquímica;

20 (c) um suprimento de energia para suprir uma corrente aos primeiro e segundo eletrodos; e

(d) um controlador para operar a válvula para escoar o fluido de entrada para um orifício para fluido da célula eletroquímica para prover um tempo de residência do fluido na célula de pelo menos 0,05 minutos, enquanto controlando o suprimento de energia para suprimento aos primeiro e segundo

25 eletrodos, uma corrente tendo uma densidade de corrente de cerca de 0,01 a cerca de 20 mA/cm², e que é suficientemente elevada para desativar microorganismos no fluido de entrada para prover um fluido de saída tendo pelo menos uma redução logarítmica de microorganismos para o tempo de residência de fluido de pelo menos 0,05 minutos.

8. Método de tratamento de um fluido tendo um primeiro nível de microorganismos ativos, em uma célula eletroquímica compreendendo uma membrana divisória de água entre um par de eletrodos, o método caracterizado pelo fato de compreender:

- 5 (a) expor o fluido à membrana divisória de água; e
- (b) aplicar uma corrente através do fluido via o par de eletrodos, a corrente tendo uma densidade de corrente suficientemente elevada para desativar os microorganismos no fluido de entrada para formar um fluido de saída tendo um segundo nível de microorganismos ativos menor
- 10 do que o primeiro nível de microorganismos ativos.

9. Método de tratamento de um fluido de entrada, caracterizado pelo fato de compreender uma primeira contagem de placa de bactérias heterotróficas ativas, em uma célula eletroquímica compreendendo um par de eletrodos ao redor de uma membrana divisória de água

15 compreendendo superfícies de troca de ânion e cátion, e o método compreendendo:

- (a) escoar o fluido de entrada passando por ambas as superfícies de ânion e cátion da membrana divisória de água; e
- (b) manter através das superfícies de troca de cátion e ânion da
- 20 membrana divisória de água uma queda de potencial elétrico de pelo menos cerca de 0,05 volts/membrana e que é suficientemente elevada para substancialmente impedir um aumento na contagem de placa de bactérias heterotróficas no fluido de saída, de modo que uma segunda contagem de placa de bactérias heterotróficas no fluido de saída seja menor ou igual à
- 25 primeira contagem de placa de bactérias heterotróficas no fluido de entrada.

10. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

- (a) uma célula eletroquímica compreendendo um alojamento tendo orifícios para fluido, um par de eletrodos, e uma membrana divisória de

água entre os eletrodos;

(b) um filtro conectado a um orifício para fluido da célula eletroquímica;

(c) suprimento de energia para suprir uma corrente aos
5 eletrodos da célula;

(d) uma válvula para controlar o fluxo de fluido através dos orifícios para fluido da célula; e

(e) um controlador para controlar a válvula e o suprimento de energia, onde o controlador:

10 (1) em um estágio de deionização de fluido, opera a válvula para escoar fluido para um orifício para fluido da célula enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos para deionizar o fluido para formar fluido deionizado que é liberado em outro orifício para fluido; e

15 (2) em um estágio de regeneração, opera a válvula para prover fluido para um orifício para fluido da célula enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos para regenerar a membrana de troca iônica para formar fluido de rejeito regenerado que é liberado em outro orifício.

20 11. Aparelho de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato do filtro compreender pelo menos um dentre:

(a) um filtro de sedimento;

(b) um filtro de carvão ativado;

(c) um filtro de meio seletivo de íon; ou

25 (d) uma célula de filtração por osmose inversa.

12. Aparelho de acordo com a reivindicação 10, caracterizado adicionalmente pelo fato de compreender uma célula antimicrobiana.

13. Método de filtração de fluido em uma célula eletroquímica tendo uma membrana divisória de água entre um par de eletrodos, o método

caracterizado pelo fato de compreender:

(a) deionizar o fluido pela passagem do fluido através da célula eletroquímica enquanto suprindo uma corrente aos eletrodos da célula para deionizar o fluido enquanto desativando microorganismos no fluido;

5 (b) passar o fluido através de um filtro de carvão ativado;

(c) passar o fluido através de um filtro de sedimento; e

(d) expor o fluido a radiação ultravioleta.

14. Aparelho de tratamento de fluido para tratar um fluido, o aparelho caracterizado pelo fato de compreender:

10 (a) uma célula eletroquímica compreendendo

(i) orifícios para fluido para receber o fluido, o fluido tendo um primeiro nível de microorganismos ativos;

(ii) primeiro e segundo eletrodos; e

15 (iii) membrana divisória de água entre os primeiro e segundo eletrodos;

(b) suprimento de energia para suprir uma corrente aos primeiro e segundo eletrodos;

(c) um controlador para controlar o suprimento de energia a ser aplicado aos primeiro e segundo eletrodos, uma corrente tendo uma
20 densidade de corrente suficientemente elevada para desativar microorganismos no fluido na célula eletroquímica; e

(d) uma célula antimicrobiana compreendendo uma fonte de um agente antimicrobiano para expor o fluido a um agente antimicrobiano.

25 15. Aparelho de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato do agente antimicrobiano compreender pelo menos um dos seguintes:

(1) íons de haleto;

(2) cloreto de sódio;

(3) N-halamina;

(4) um oxidante; e

(5) íon de prata.

16. Aparelho de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato do agente antimicrobiano ser incorporado à membrana divisória de água da célula eletroquímica.

17 Método de tratamento de um fluido para desativar microorganismos, em uma célula eletroquímica compreendendo eletrodos ao redor de uma membrana divisória de água tendo superfícies de troca de ânion e cátion, o método caracterizado pelo fato de compreender:

(a) expor o fluido à membrana divisória de água enquanto aplicando uma corrente através do fluido, a corrente tendo uma densidade de corrente suficientemente elevada para desativar os microorganismos no fluido; e

(b) expor o fluido a um agente antimicrobiano.

18. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) uma célula eletroquímica compreendendo um alojamento tendo uma pluralidade de orifícios, e uma membrana de troca iônica entre um par de eletrodos;

(b) suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos;

(c) uma válvula para controlar o fluxo de fluido através dos orifícios da célula; e

(d) um controlador para:

(1) em um ciclo de deionização, abrir a válvula para escoar fluido para um orifício da célula enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente tendo uma densidade de corrente ao par de eletrodos para formar fluido deionizado que é liberado em outro orifício; e

(2) em um ciclo de pós-deionização, fechar a válvula para

substancialmente interromper o fluxo de fluido para a célula, enquanto continuando a controlar o suprimento de energia para suprir uma corrente de deionização aos eletrodos por um período de tempo.

19. Método de tratamento de um fluido conduzido em uma
5 célula eletroquímica, o método caracterizado pelo fato de compreender:

(a) escoar fluido para a célula enquanto mantendo uma corrente na célula para deionizar o fluido;

(b) interromper o fluxo de fluido para a célula e permitir que fluido residual permaneça na célula; e

10 (c) após interromper o fluxo de fluido para a célula, continuar a suprir uma corrente de deionização através da célula por um período de tempo.

20. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

15 (a) uma célula eletroquímica compreendendo um primeiro orifício confinando com uma parede externa cilíndrica, um segundo orifício confinando com uma parede interna tubular, um primeiro eletrodo adjacente à parede externa cilíndrica, um segundo eletrodo ao redor da parede interna cilíndrica, e uma membrana de troca iônica enrolada em espiral entre os
20 eletrodos;

(b) um suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos da célula;

(c) uma válvula para controlar o fluxo de fluido através dos orifícios da célula; e

25 (d) um controlador para controlar o suprimento de energia e válvula para:

(1) em um ciclo de deionização, escoar fluido para o segundo orifício de modo que o fluido se desloque da parede interna tubular para a parede externa cilíndrica para ser liberado no primeiro orifício, enquanto

suprindo uma corrente aos eletrodos para deionizar o fluido; e

(2) em um ciclo de regeneração, escoar fluido para o primeiro orifício de modo que o fluido se desloque da parede externa cilíndrica para a parede interna tubular para ser liberado no segundo orifício, enquanto
5 suprindo uma corrente aos eletrodos para regenerar a membrana de troca iônica enrolada em espiral.

21. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) uma célula eletroquímica compreendendo um alojamento
10 tendo uma pluralidade de orifícios, e uma membrana de troca iônica entre um par de eletrodos;

(b) suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos da célula;

(c) uma válvula para controlar o fluxo de fluido através dos
15 orifícios da célula; e

(d) um controlador para:

(1) em um ciclo de deionização de fluido, operar a válvula para escoar fluido para um orifício da célula enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos para deionizar o
20 fluido para formar fluido deionizado que é liberado por outro orifício; e

(2) em um ciclo de regeneração, operar a válvula para prover uma rajada temporizada de fluido para um orifício da célula, a rajada temporizada compreendendo abrir a válvula por um período de tempo menor do que o tempo de ciclo de regeneração, e depois fechar a válvula, enquanto
25 controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos para regenerar a membrana de troca iônica para formar fluido regenerado que é liberado por outro orifício.

22. Aparelho de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de, em (d) (2) o controlador operar a válvula para prover uma

pluralidade de rajadas temporizadas de fluido no tempo de ciclo de regeneração.

23. Aparelho de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de, em (d) (2), o controlador operar a válvula para prover rajadas temporizadas de fluido por períodos de tempo de cerca de 0,1 a cerca de 40 segundos.

24. Aparelho de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que, em (d) (2), o controlador opera a válvula para prover rajadas temporizadas do fluido para diferentes períodos de tempo durante o tempo de ciclo de regeneração.

25. Aparelho de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que o controlador opera a válvula para prover rajadas temporizadas do fluido durante um estágio de regeneração que é pelo menos cerca de 2 vezes mais longo do que o período de tempo durante um outro estágio de regeneração.

26. Aparelho de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um sensor de fluxo que mede uma vazão através da primeira célula e envia um sinal de fluxo para o controlador operar a válvula para ajustar a duração das rajadas temporizadas de fluido.

27. Aparelho de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente uma segunda célula eletroquímica compreendendo um alojamento tendo uma pluralidade de orifícios, um par de eletrodos, e uma membrana de troca iônica entre os eletrodos, e

onde o controlador controla o suprimento de energia e a válvula para deionizar o fluido na segunda célula em um ciclo de deionização e passa o fluido deionizado pelo orifício da primeira célula que está em um ciclo de regeneração.

28. Método de operação de uma célula eletroquímica compreendendo um par de eletrodos acerca de uma membrana de troca iônica,

o método caracterizado pelo fato de compreender:

(a) em um ciclo de deionização de fluido, passar o fluido para dentro da célula enquanto energizando os eletrodos para deionizar o fluido para formar fluido deionizado; e

5 (b) em um ciclo de regeneração, prover uma rajada temporizada do fluido para dentro da célula enquanto energizando os eletrodos para regenerar a membrana de troca iônica.

29. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

10 (a) uma célula eletroquímica compreendendo um alojamento tendo uma pluralidade de orifícios, e uma membrana de troca iônica entre um par de eletrodos;

(b) um suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos da célula;

15 (c) uma válvula para controlar o fluxo do fluido através dos orifícios da célula; e

(d) um controlador para:

(1) em um ciclo de deionização, abrir a válvula para escoar o fluido para dentro de um orifício da célula enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente para os eletrodos para deionizar o fluido para formar fluido deionizado que é liberado em um outro orifício;

(2) em um ciclo de regeneração, abrir a válvula para escoar o fluido para dentro de um orifício da célula e controlar o suprimento de energia para:

25 (i) em uma etapa de regeneração principal, suprir uma corrente tendo uma polaridade para os eletrodos para regenerar a membrana de troca iônica para formar fluido regenerado que é liberado em um outro orifício; e

(ii) em uma etapa de pós-regeneração, inverter a polaridade da corrente, por meio do que a concentração de íons residuais no fluido na célula

é reduzida.

30. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) uma célula eletroquímica compreendendo um alojamento tendo entrada e orifícios para fluido deionizado, e uma membrana de troca iônica entre os primeiro e segundo eletrodos, o primeiro eletrodo sendo adjacente ao orifício de entrada e o segundo eletrodo adjacente ao orifício para fluido deionizado;

(b) um suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos da célula;

(c) uma válvula para controlar o fluxo de fluido através dos orifícios para fluido de entrada e deionizado da célula; e

(d) um controlador para:

(1) em um ciclo de deionização, abrir a válvula para escoar o fluido para dentro do orifício para fluido de entrada da célula enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente tendo uma primeira polaridade positiva ao primeiro eletrodo para deionizar o fluido para formar fluido deionizado que é liberado no orifício para fluido deionizado;

(2) em um ciclo de regeneração, abrir a válvula para escoar o fluido para dentro do orifício para fluido deionizado da célula enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente tendo uma primeira polaridade positiva ao segundo eletrodo para regenerar a membrana de troca iônica para formar fluido regenerado que é liberado a partir do orifício de entrada.

31. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) uma célula eletroquímica compreendendo um alojamento tendo entrada e orifícios para fluido deionizado, e uma membrana de troca iônica entre os primeiro e segundo eletrodos, o primeiro eletrodo sendo

adjacente ao orifício de entrada e o segundo eletrodo adjacente ao orifício para fluido deionizado;

(b) um suprimento de voltagem variável que provê uma voltagem de corrente contínua modulada no tempo aos eletrodos da célula, voltagem de corrente contínua modulada no tempo tendo uma polaridade única que permanece tanto positiva quanto negativa;

(c) uma válvula para controlar o fluxo de fluido através dos orifícios para fluido de entrada e deionizado da célula; e

(d) um controlador para, em um ciclo de deionização, abrir a válvula para escoar o fluido para dentro do orifício para fluido deionizado da célula enquanto controlando o suprimento de voltagem variável para suprir uma voltagem de corrente contínua modulada no tempo aos eletrodos da célula.

32. Aparelho de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que o controlador abre a válvula para escoar o fluido deionizado para dentro do orifício para fluido deionizado.

33. Aparelho de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que o segundo eletrodo é mantido a uma polaridade positiva.

34. Aparelho de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que a corrente modulada no tempo compreende uma primeira corrente e uma segunda corrente, e onde a primeira corrente é maior do que a segunda corrente.

35. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) uma célula eletroquímica compreendendo um alojamento tendo uma pluralidade de orifícios, e uma membrana de troca iônica entre um par de eletrodos;

(b) um suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos;

(c) uma válvula para controlar o fluxo do fluido através dos orifícios da célula; e

(d) um controlador para:

5 (1) em um ciclo de deionização, abrir a válvula para escoar o fluido para dentro de um orifício da célula enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente tendo uma densidade de corrente para o par de eletrodos para formar fluido deionizado que é liberado em um outro orifício; e

10 (2) em um ciclo de regeneração, abrir a válvula para suprir fluido deionizado para um orifício enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente de regeneração modulada aos eletrodos.

36. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

15 (a) primeira e segunda células eletroquímicas, cada célula eletroquímica compreendendo:

- (i) um alojamento compreendendo um par de eletrodos;
- (ii) uma membrana divisora de água entre os eletrodos; e
- (iii) uma entrada de fluido e uma saída de fluido;

20 (b) um suprimento de energia para suprir corrente aos eletrodos das primeira e segunda células eletroquímicas;

(c) um sistema de válvula compreendendo uma pluralidade de válvulas solenóides compreendendo:

25 (d) um controlador para controlar (i) o suprimento de energia para ligar e desligar o suprimento de energia, e regular uma corrente aplicada pelo suprimento de energia aos eletrodos das primeira e segunda células eletroquímicas, e (ii) controlar a pluralidade das válvulas solenóides do sistema de válvula para regular o fluxo do fluido através das primeira e segunda células eletroquímicas.

37. Aparelho de acordo com a reivindicação 36, caracterizado

pelo fato de compreender adicionalmente um sensor de fluxo de fluido para medir uma vazão do fluido passando através das células eletroquímicas.

5 38. Aparelho de acordo com a reivindicação 36, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um sensor de pressão para medir uma pressão do fluido.

39. aparelho de acordo com a reivindicação 36, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um tanque de contenção de fluido, e onde o sensor de pressão é montado no tanque para medir uma pressão do fluido no tanque.

10 40. Aparelho de acordo com a reivindicação 36, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente pelo menos um de:

(1) um filtro de sedimento para filtrar particulados para fora do fluido;

(2) um filtro de carvão ativado;

15 (3) um filtro antimicrobiano de ultravioleta;

(4) uma célula N-halamina

41. Aparelho de acordo com a reivindicação 36, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um componente de dosagem com uma válvula solenóide de dosagem para suprir periodicamente ou
20 continuamente uma dose de um agente antimicrobiano ao fluido.

42. Aparelho de acordo com a reivindicação 36, caracterizado pelo fato de compreender um primeiro suprimento de energia conectado somente à primeira célula eletroquímica, e um segundo suprimento de energia conectado somente à segunda célula eletroquímica.

25 43. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) uma célula eletroquímica compreendendo

(i) uma pluralidade de orifícios para fluido para receber um fluido de entrada e liberar um fluido de saída;

(ii) um primeiro par de eletrodos interno e externo que são compostos, cada um, do mesmo primeiro material;

(iii) um segundo par de eletrodos interno e externo que são compostos, cada um, do mesmo segundo material, que é um material diferente do primeiro material; e

(iiii) uma membrana de troca iônica entre os primeiro e segundo pares dos eletrodos interno e externo para tratar o fluido de entrada para formar o fluido de saída; e

(b) um suprimento de energia para suprir uma corrente para operar o primeiro par de eletrodos interno e externo somente como um anodo, e o segundo par de eletrodos interno e externo somente como um catodo.

44. Aparelho de acordo com a reivindicação 43, caracterizado pelo fato de que o primeiro par de eletrodos interno externo compreende anodos dimensionalmente estáveis.

45. Aparelho de acordo com a reivindicação 43, caracterizado pelo fato de que o segundo par de eletrodos interno e externo é composto de carbono ou aço inox.

46. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) uma célula eletroquímica compreendendo um alojamento tendo uma pluralidade de orifícios, e uma membrana de troca iônica entre um par de eletrodos;

(b) um suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos;

(c) uma válvula para controlar o fluxo do fluido através dos orifícios da célula;

(d) um sistema de gotejamento inibidor de incrustação para gotejar um reagente inibidor de incrustação para dentro do fluido para inibir a formação de incrustação na célula eletroquímica; e

(d) um controlador para:

(1) em um ciclo de deionização, abrir a válvula para escoar o fluido para dentro de um orifício da célula enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente tendo uma densidade de corrente para o par de eletrodos para formar fluido deionizado que é liberado em um outro orifício; e

(2) em um ciclo de regeneração, abrir a válvula para suprir fluido deionizado para um orifício enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente de regeneração modulada aos eletrodos.

47. Aparelho de acordo com a reivindicação 46, caracterizado pelo fato de que o sistema de gotejamento inibidor de incrustação goteja um reagente inibidor de incrustação para dentro do fluido durante o ciclo de regeneração.

48. Aparelho de acordo com a reivindicação 47, caracterizado pelo fato de que o reagente inibidor de incrustação compreende um fosfato, um ácido clorídrico, um ácido fosfórico, um ácido sulfúrico, um ácido cítrico, um ácido sulfâmico ou um ácido málico.

49. Aparelho de tratamento de fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) uma célula eletroquímica compreendendo um alojamento tendo uma pluralidade de orifícios, um par de eletrodos, e uma membrana de troca iônica entre os eletrodos;

(b) um suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos da célula;

(c) uma válvula para controlar o fluxo do fluido através dos orifícios da célula;

(d) um sensor de temperatura para medir uma temperatura do fluido e gerar um sinal de temperatura; e

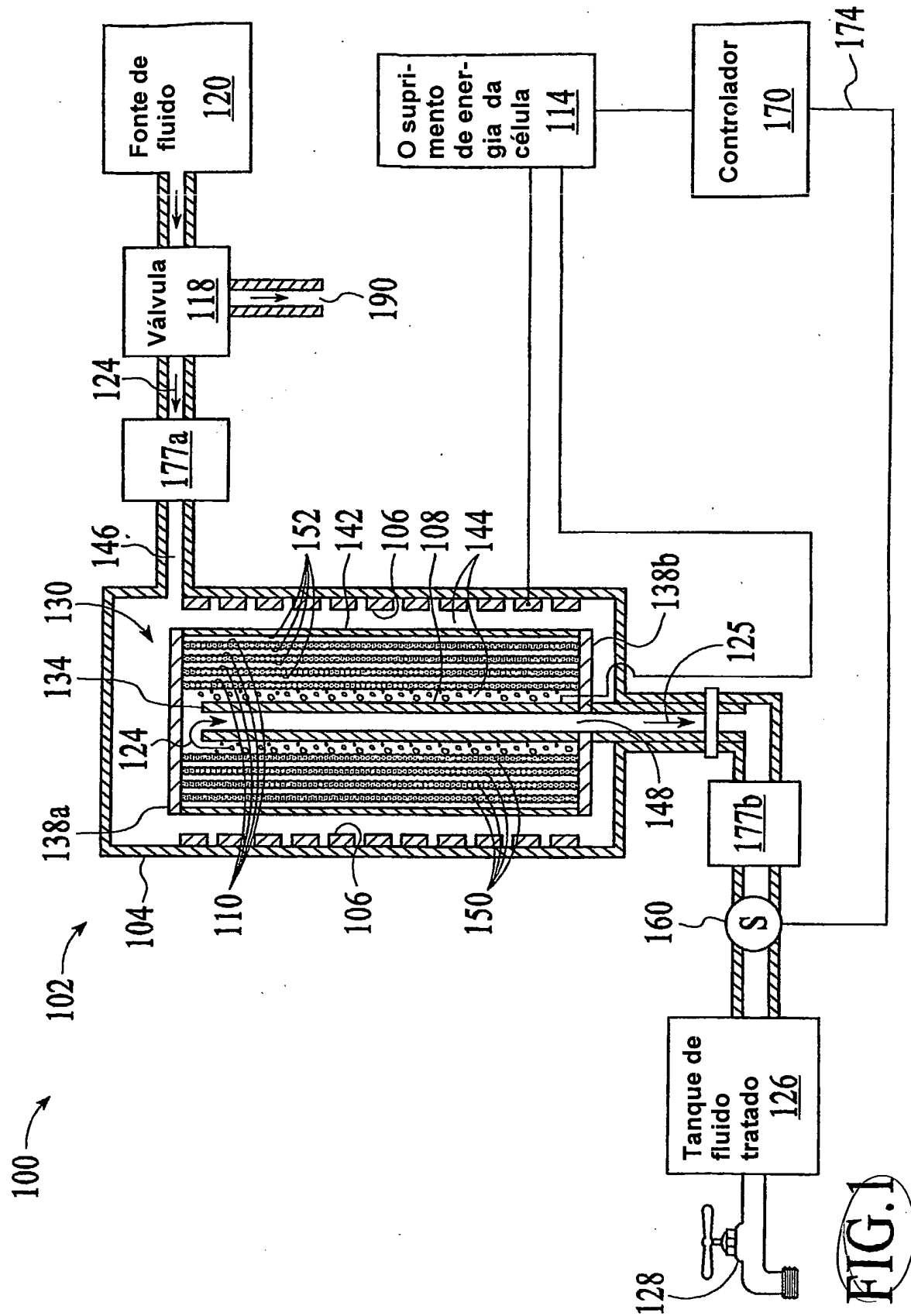
(e) um controlador para controlar o suprimento de energia e

válvula para:

(1) em um ciclo de deionização, abrir a válvula para escoar o fluido para dentro de um orifício da célula enquanto controlando o suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos para deionizar o fluido para
5 formar fluido deionizado que é liberado em um outro orifício;

(2) em um ciclo de regeneração, abrir a válvula para escoar fluido para dentro de um orifício da célula e controlar o suprimento de energia para suprir uma corrente aos eletrodos para regenerar a membrana de troca iônica para formar fluido regenerado que é liberado em um outro orifício, e

10 onde em qualquer um dos, ou em ambos os ciclos de deionização e regeneração, o controlador recebe o sinal de temperatura e seleciona a corrente suprida aos eletrodos em relação ao sinal de temperatura.



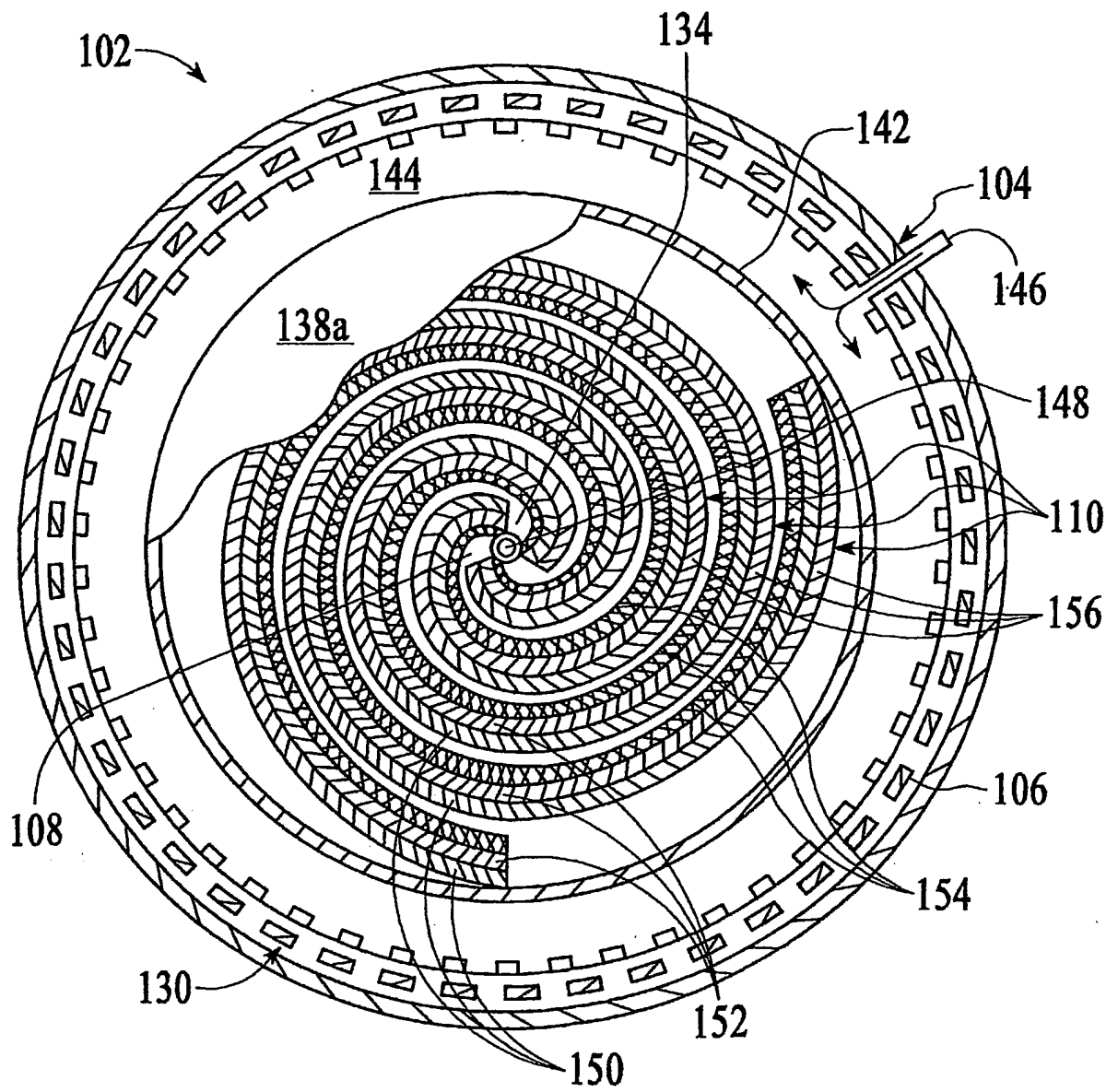


FIG. 2A

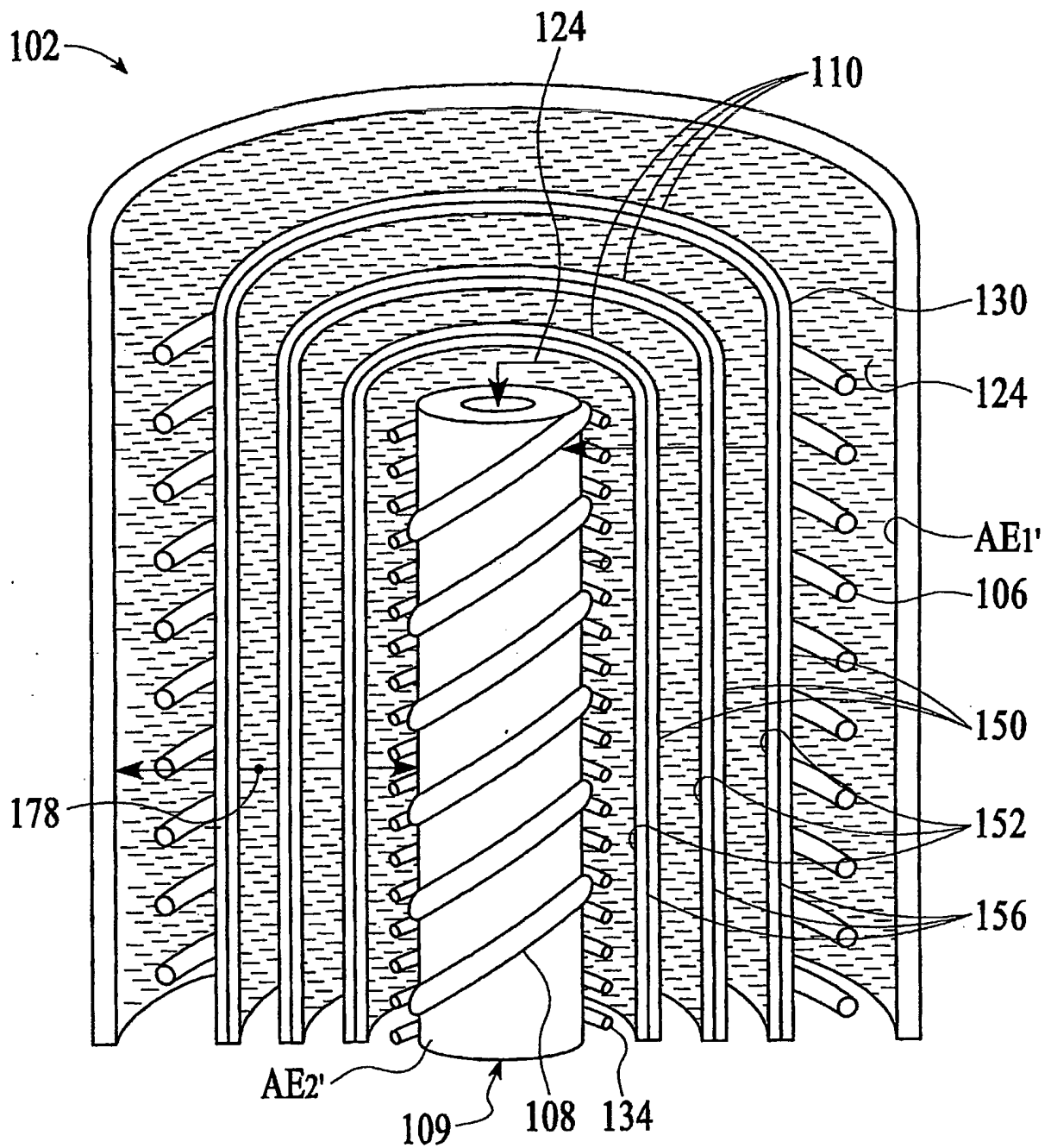


FIG.2B

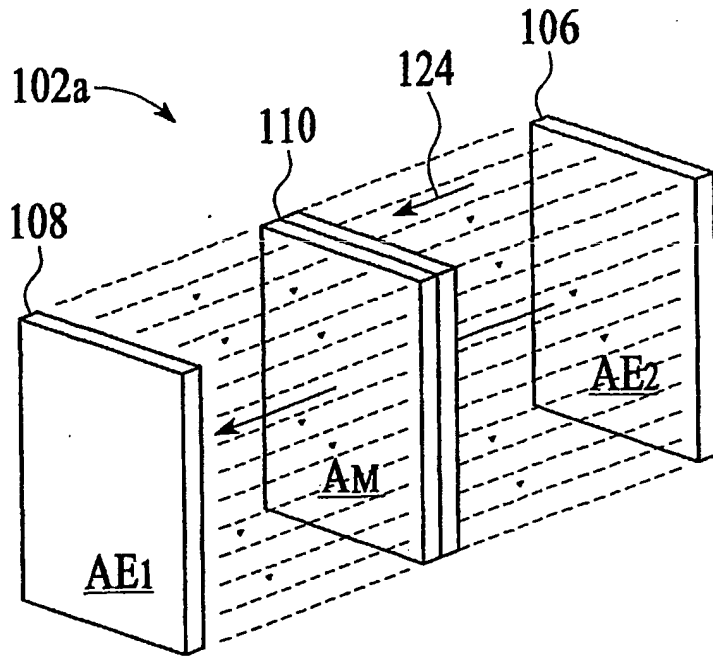


FIG. 3A

FIG. 3B

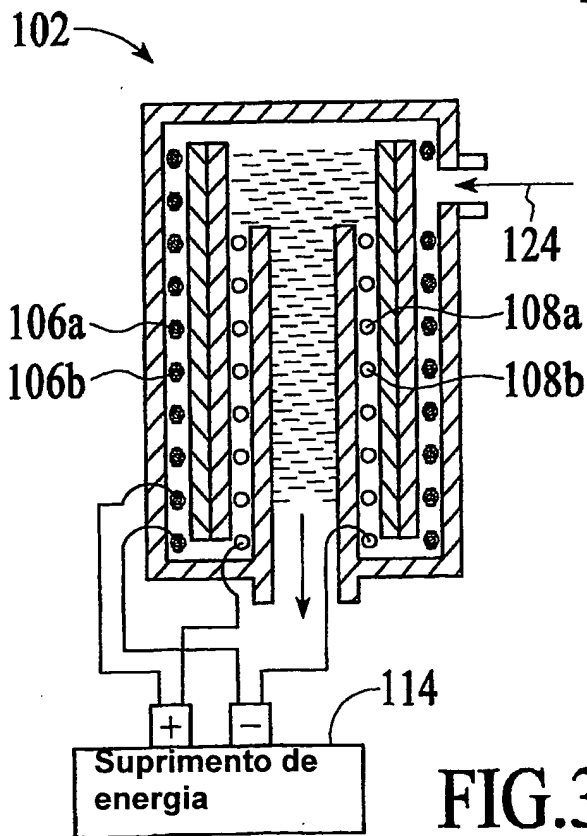
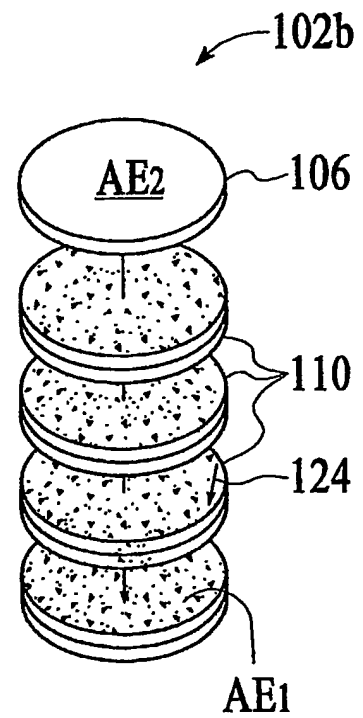


FIG. 3C

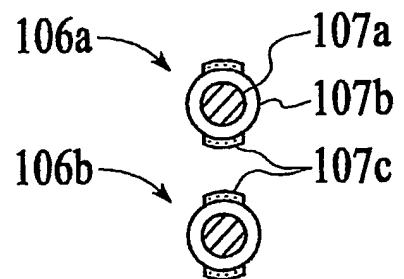


FIG. 3C1

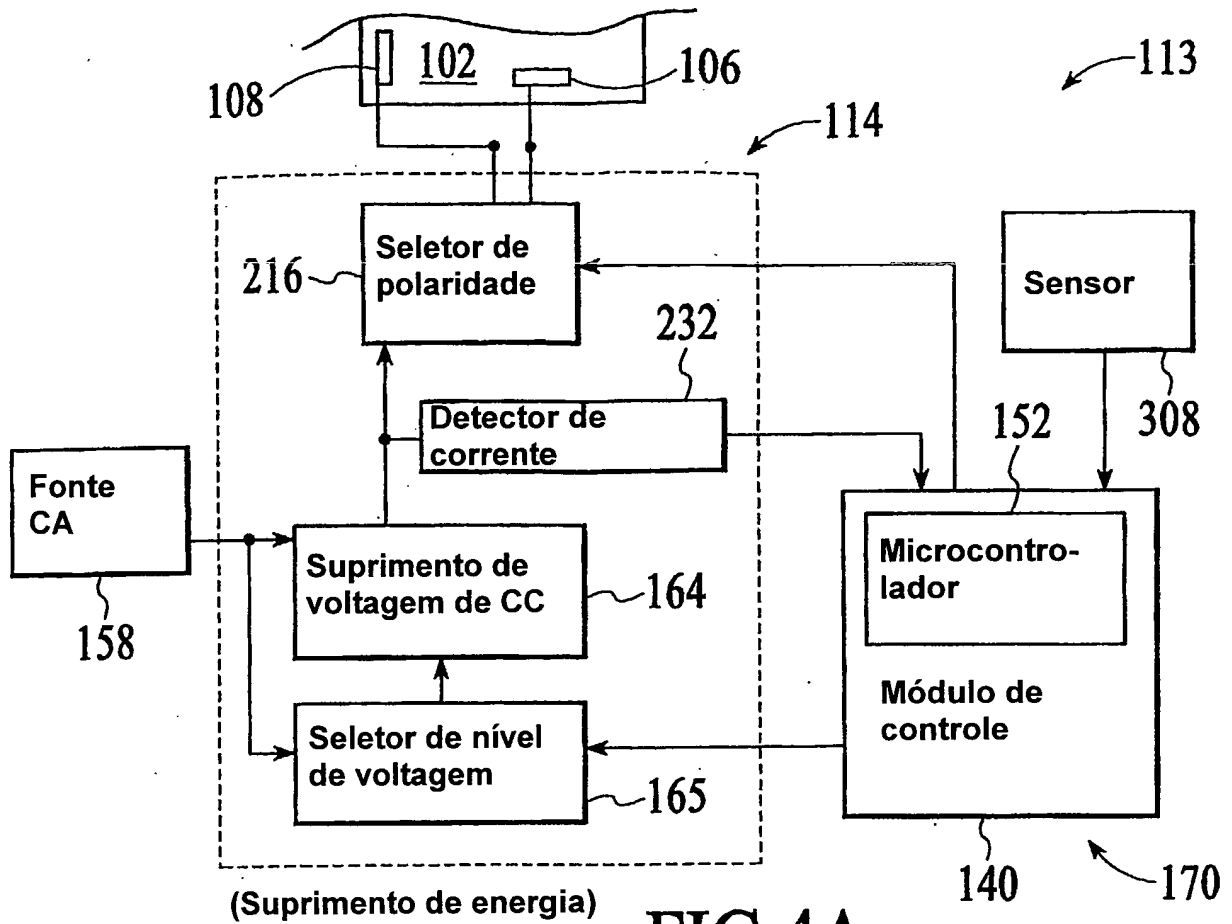


FIG.4A

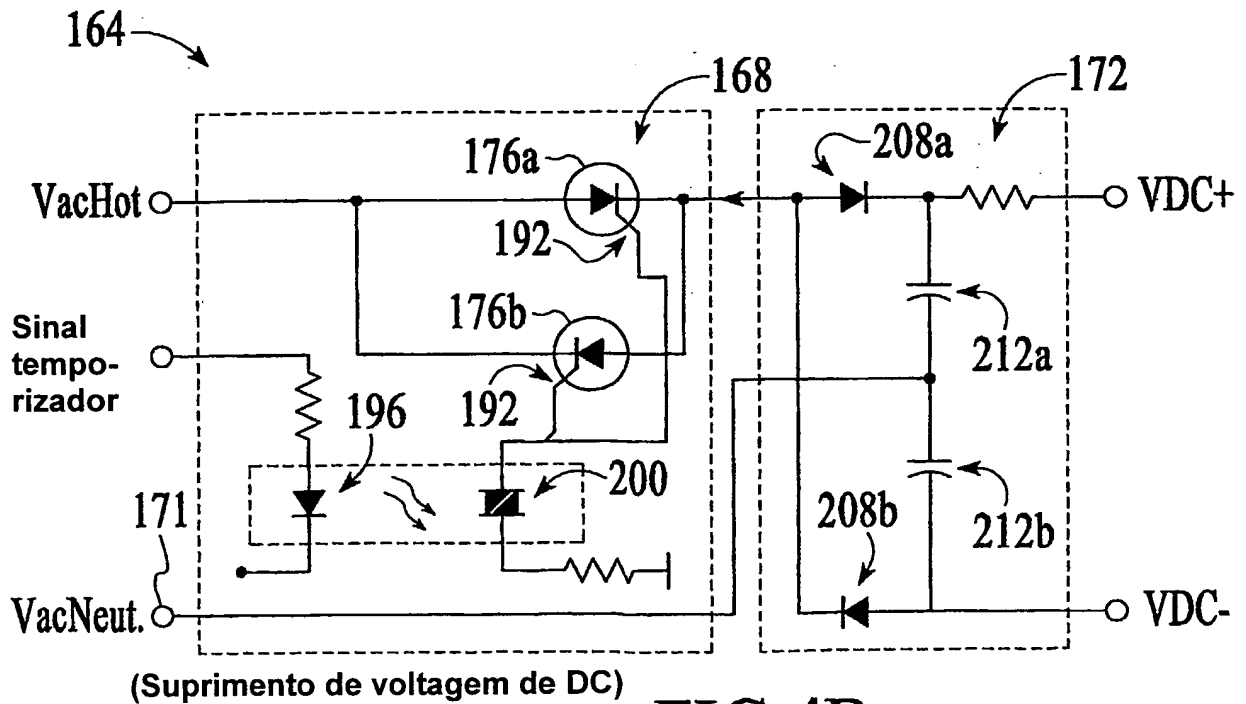


FIG.4B

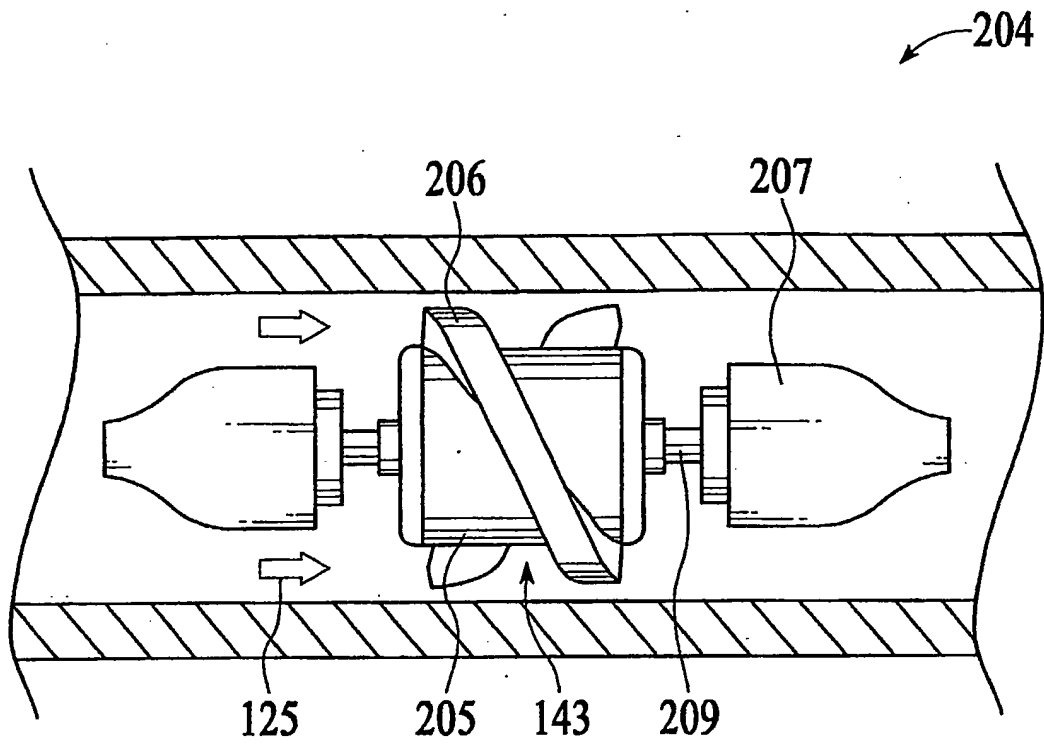


FIG.5

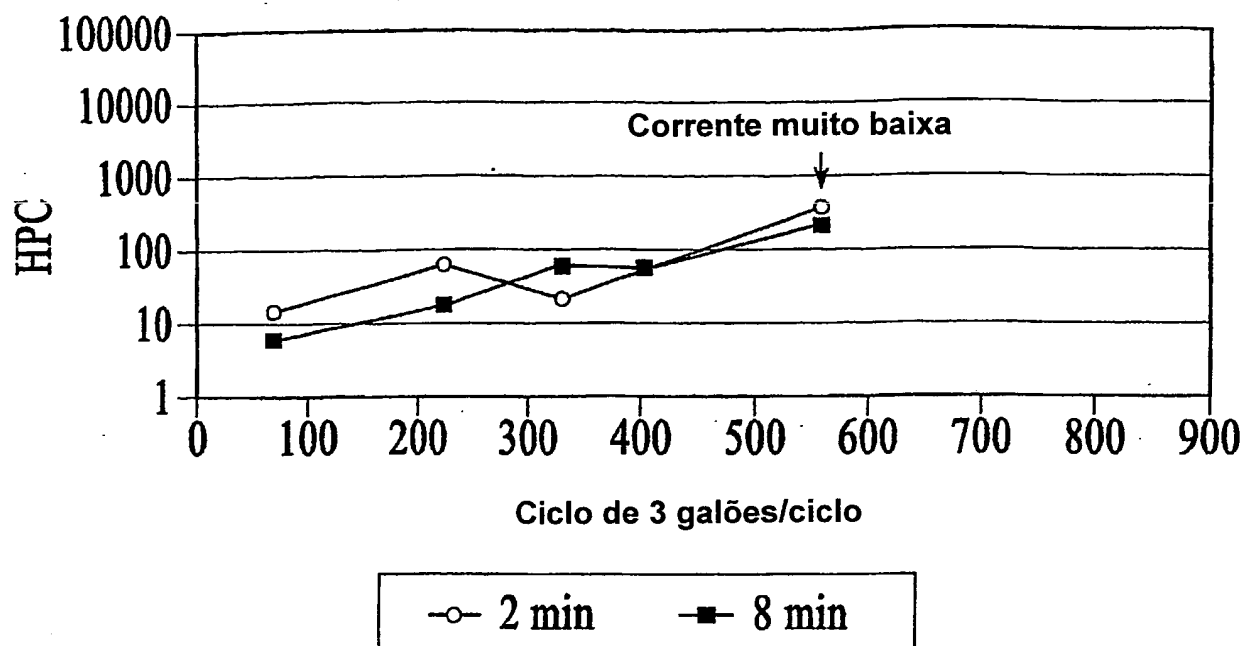


FIG.6

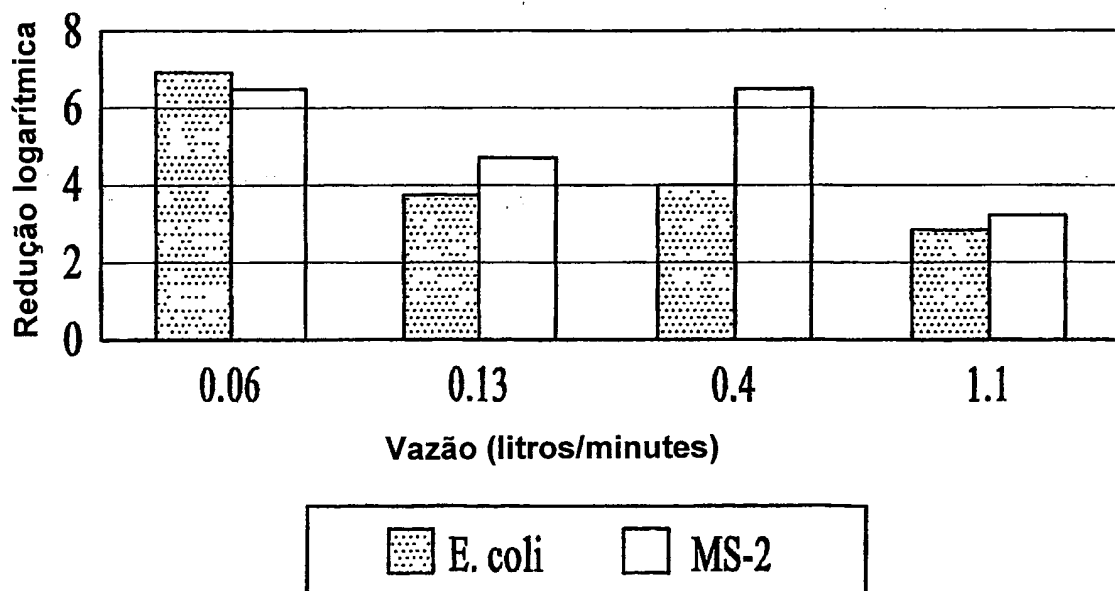


FIG.7

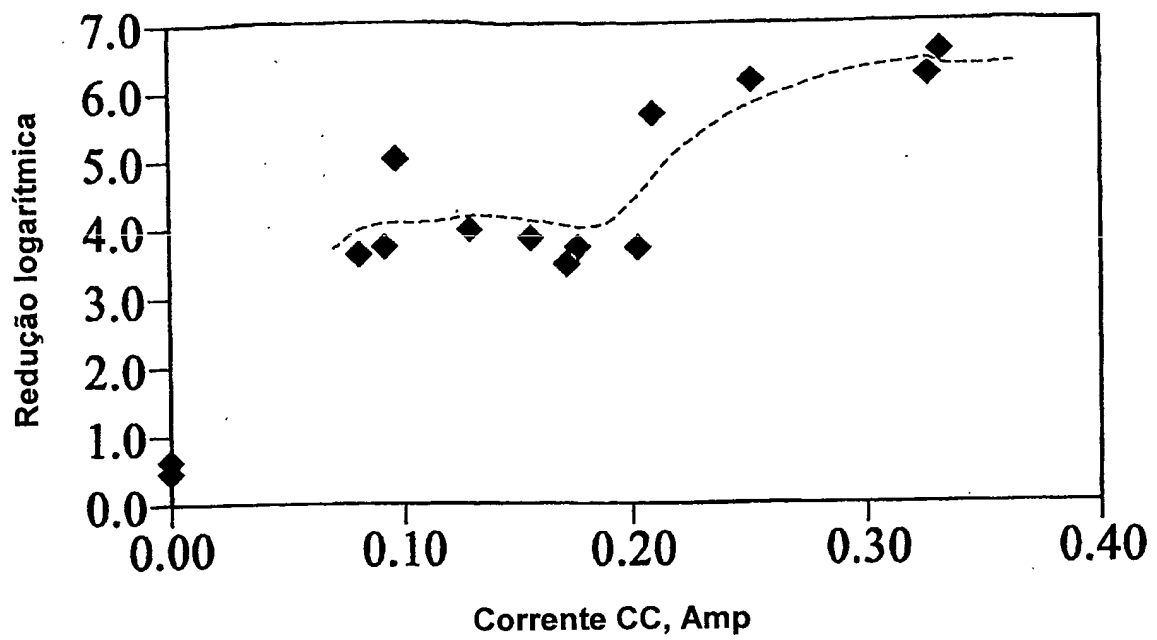


FIG.8A

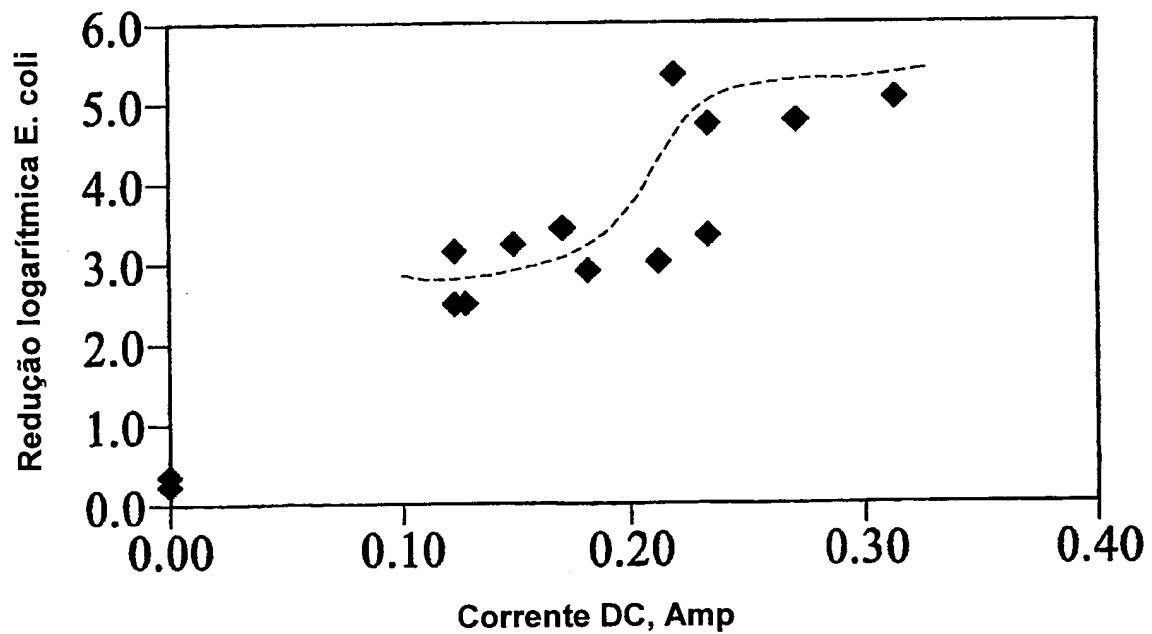


FIG.8B

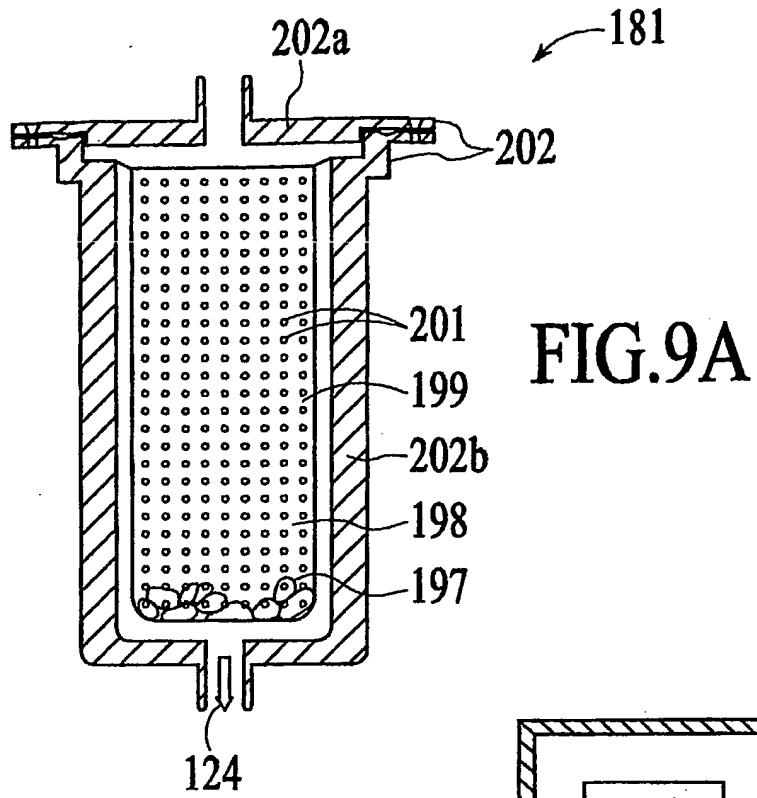


FIG. 9B

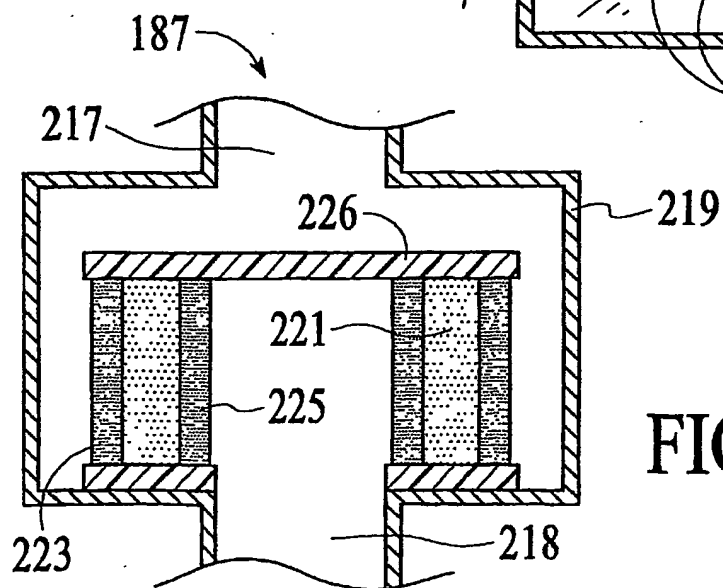
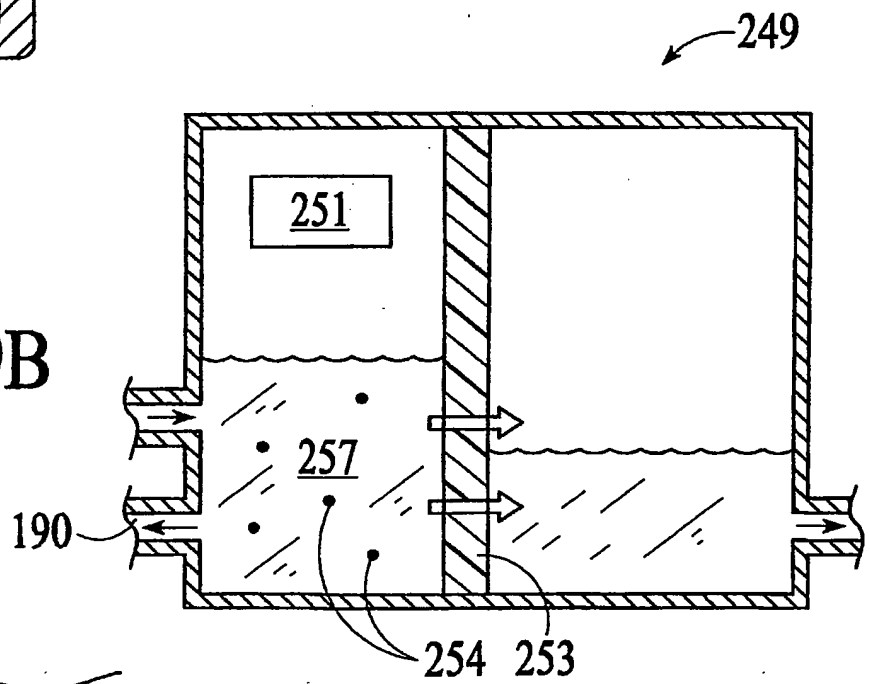


FIG. 10

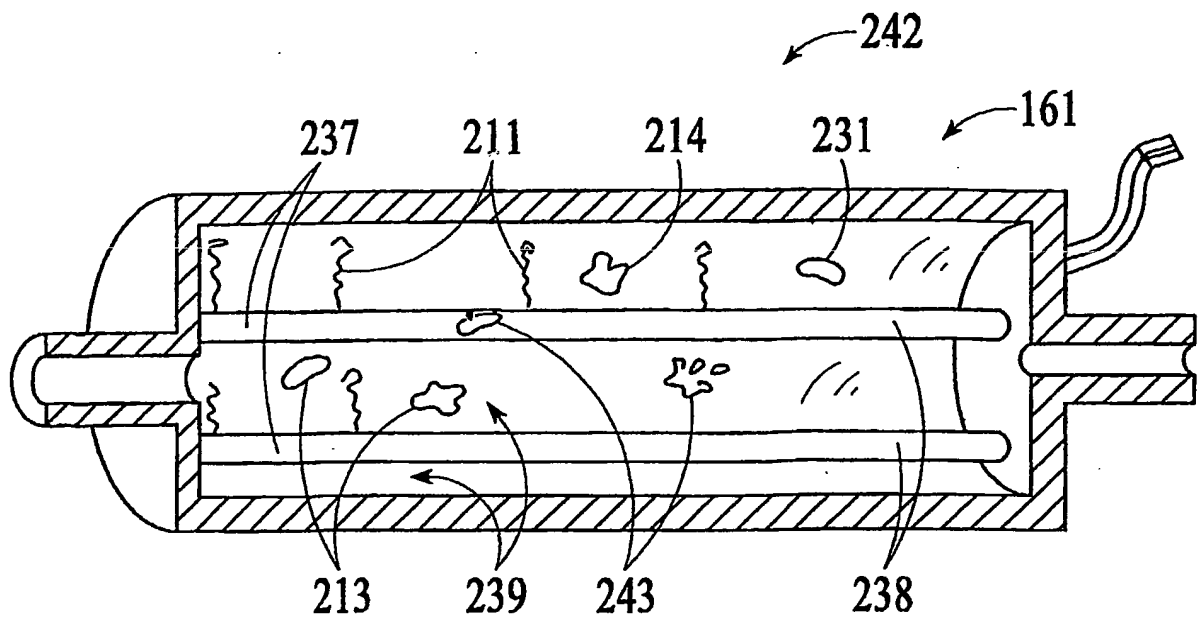


FIG. 11A

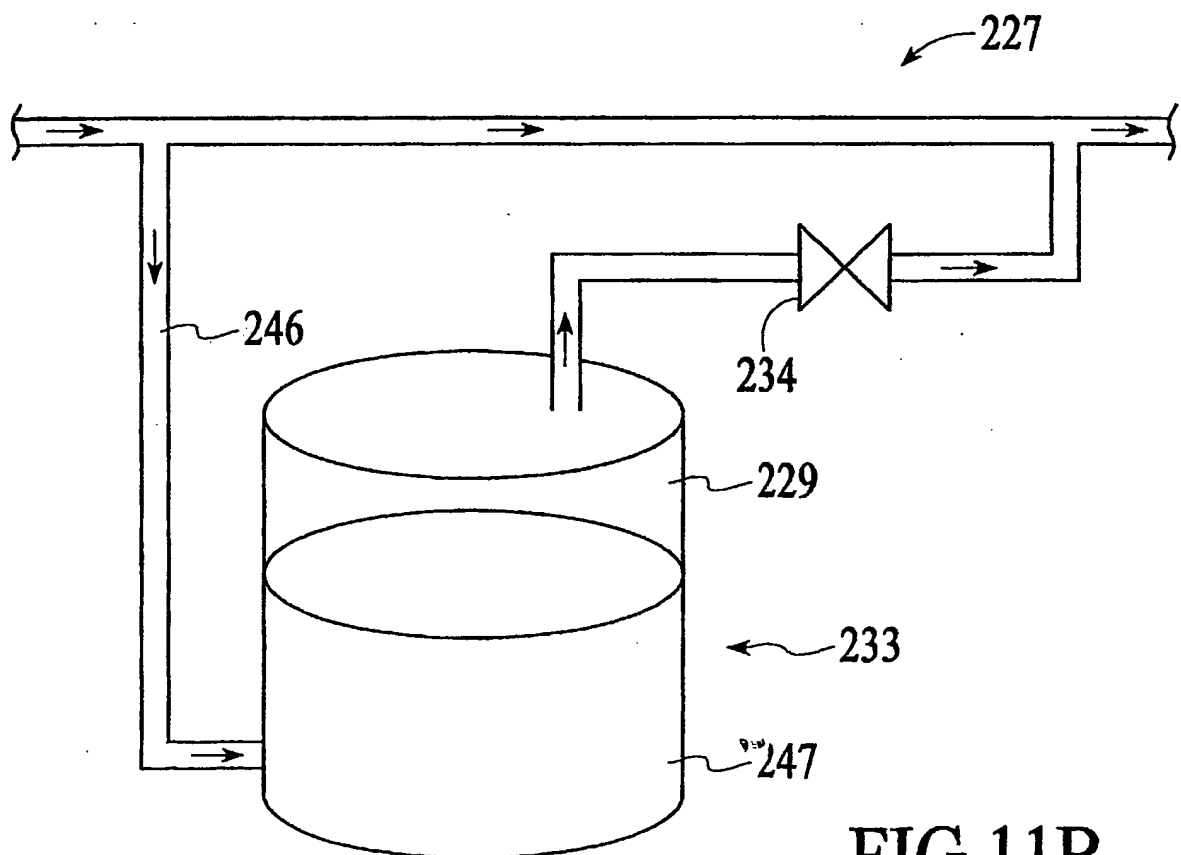


FIG. 11B

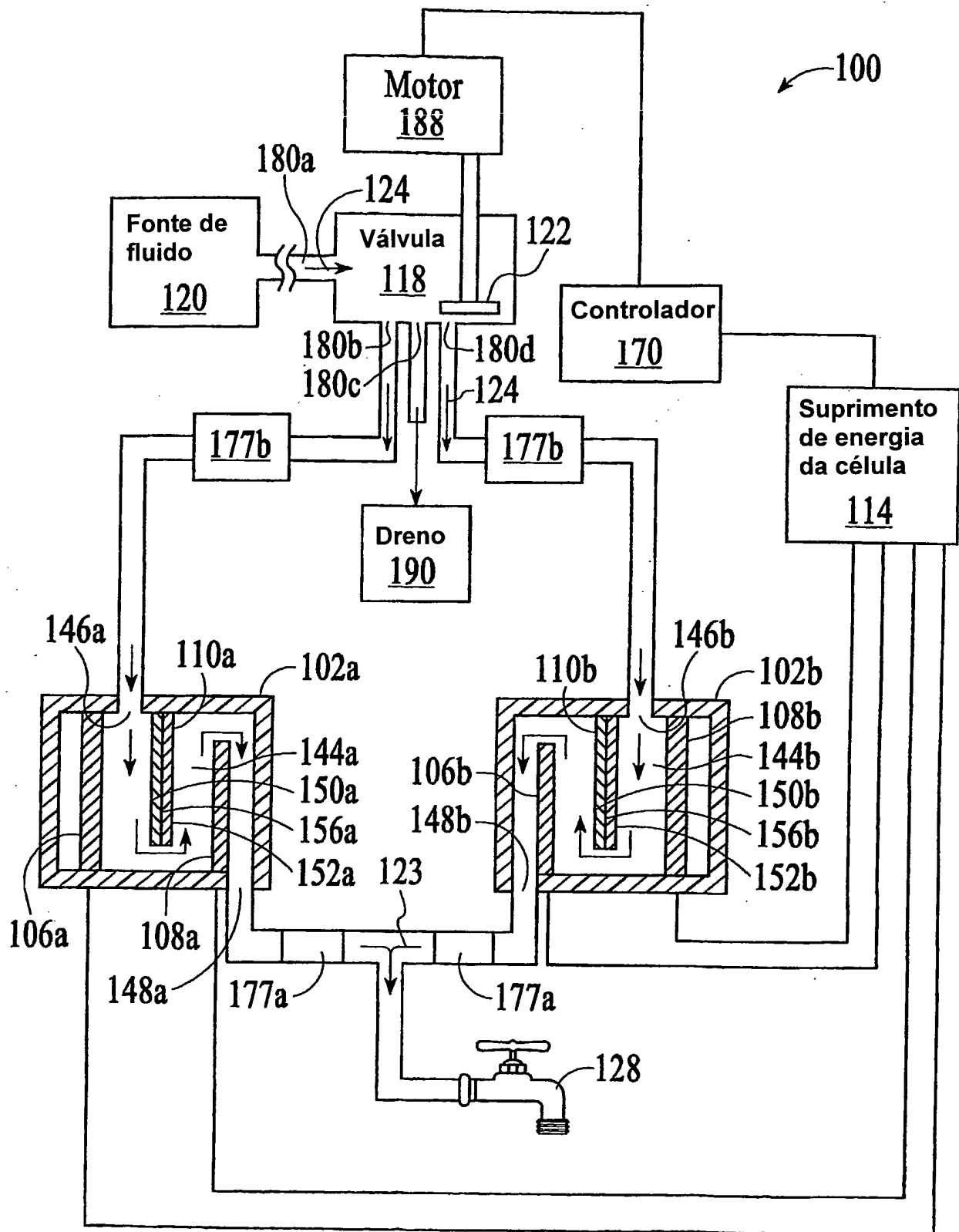


FIG.12

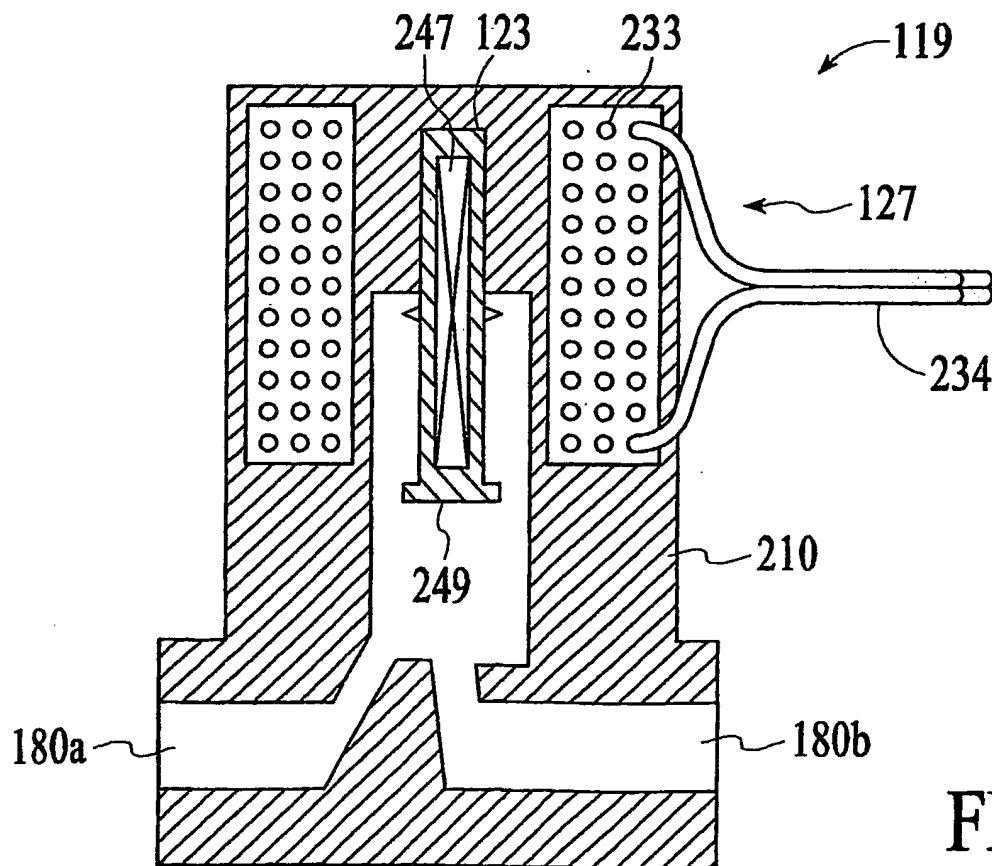
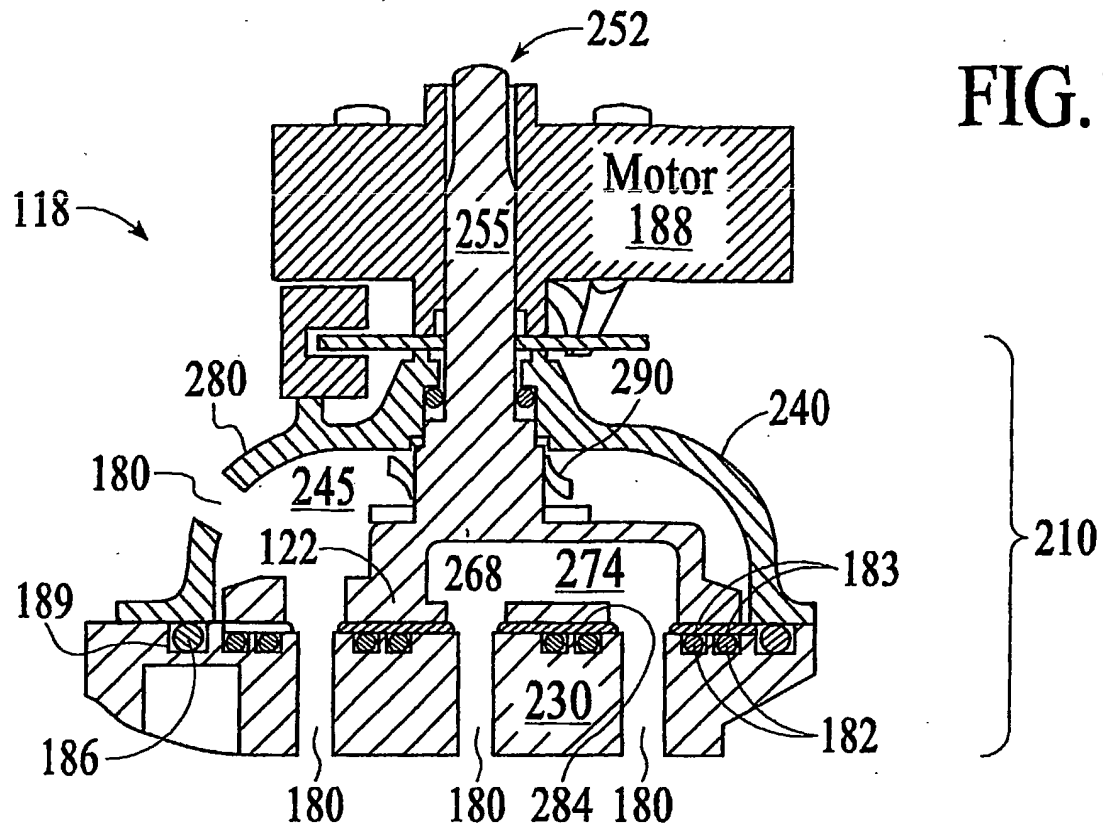
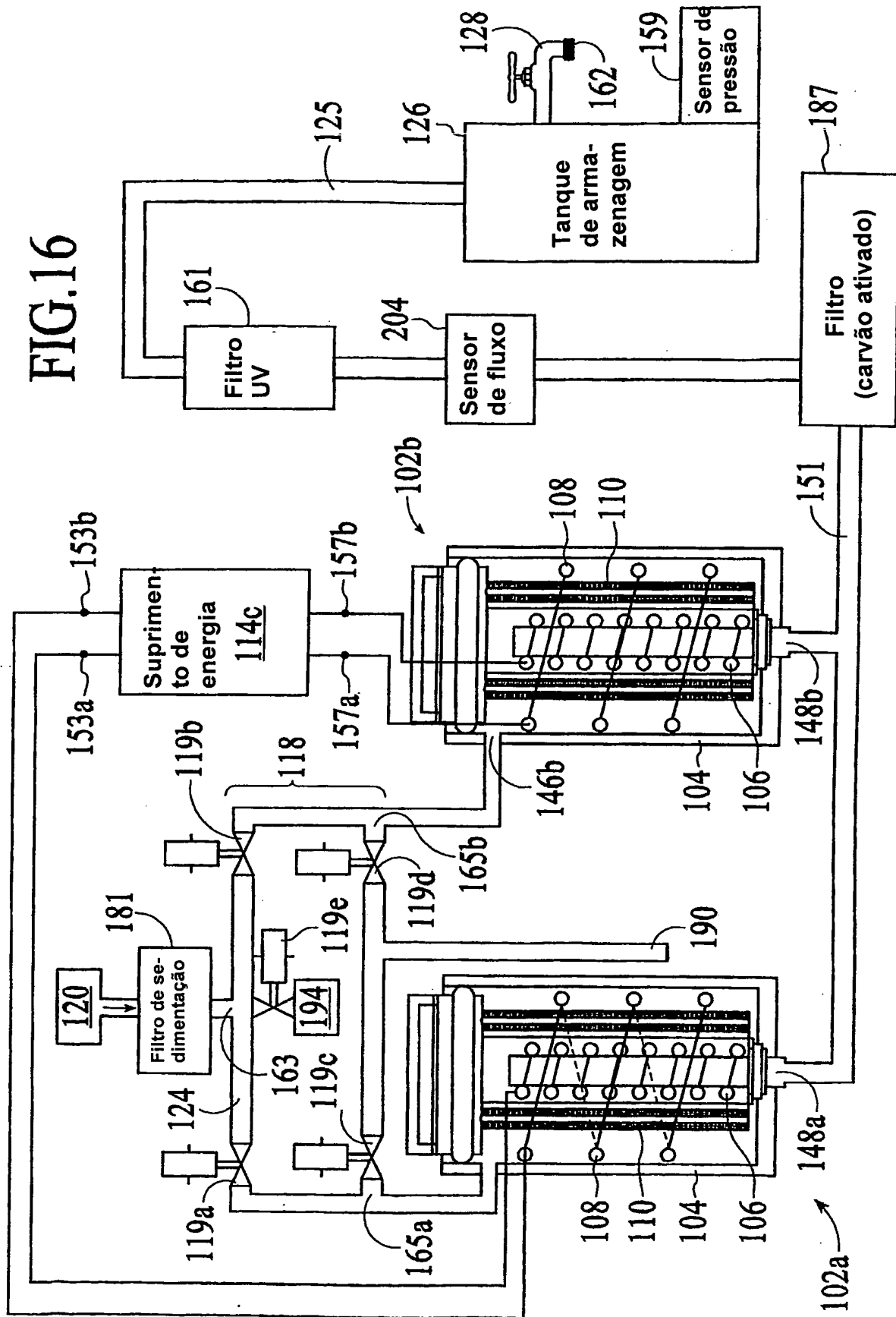


FIG.16



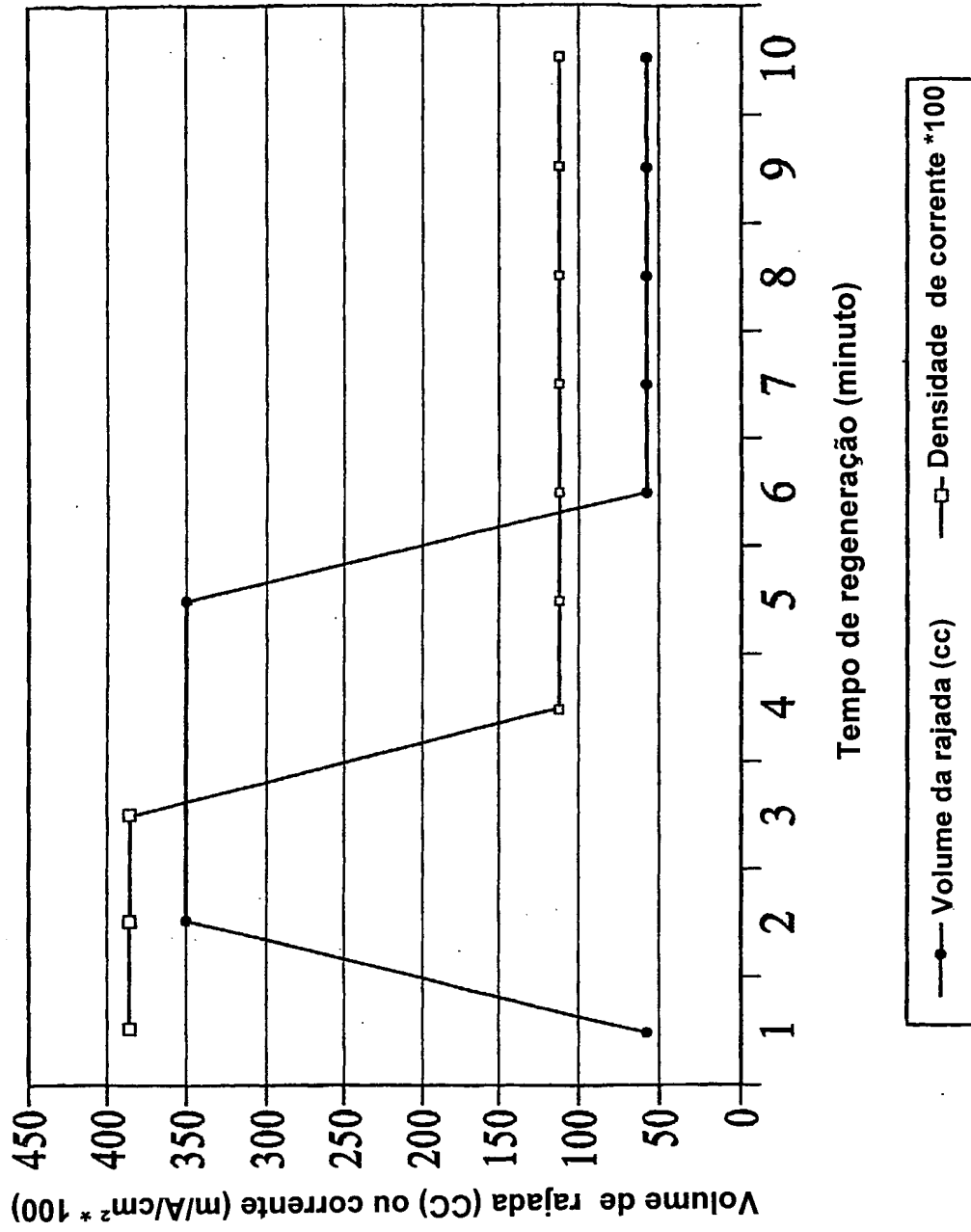


FIG.17

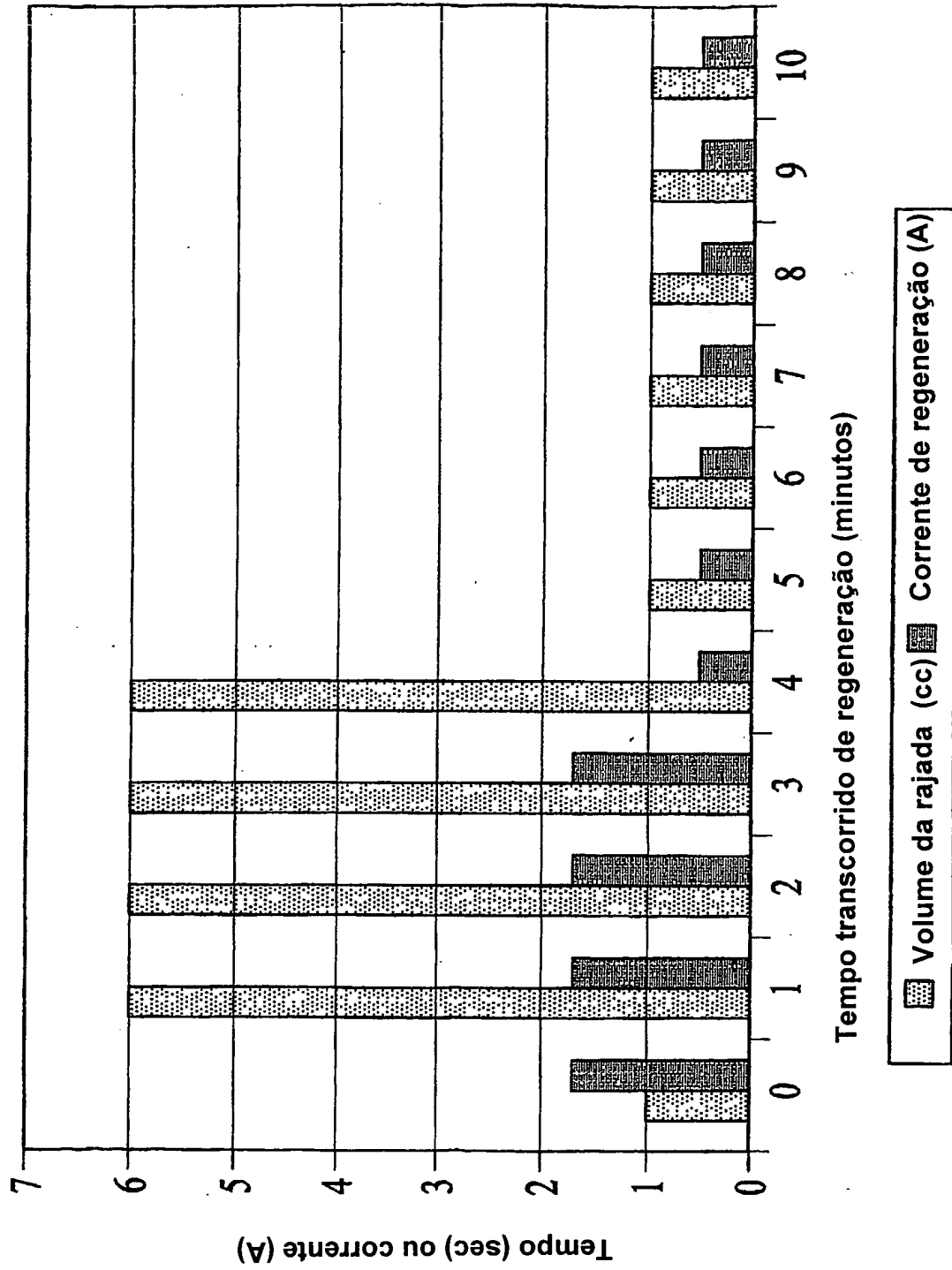


FIG.18

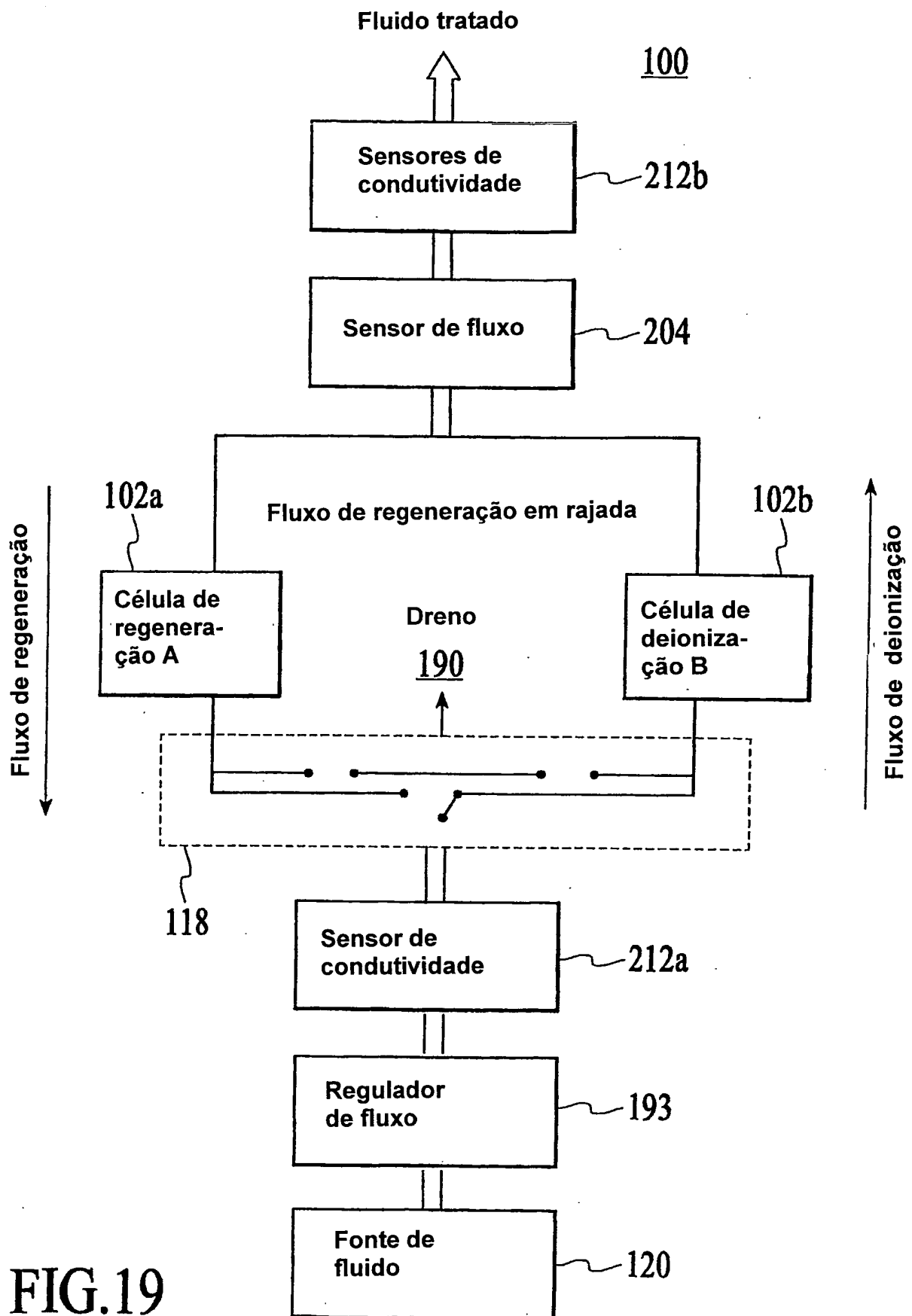
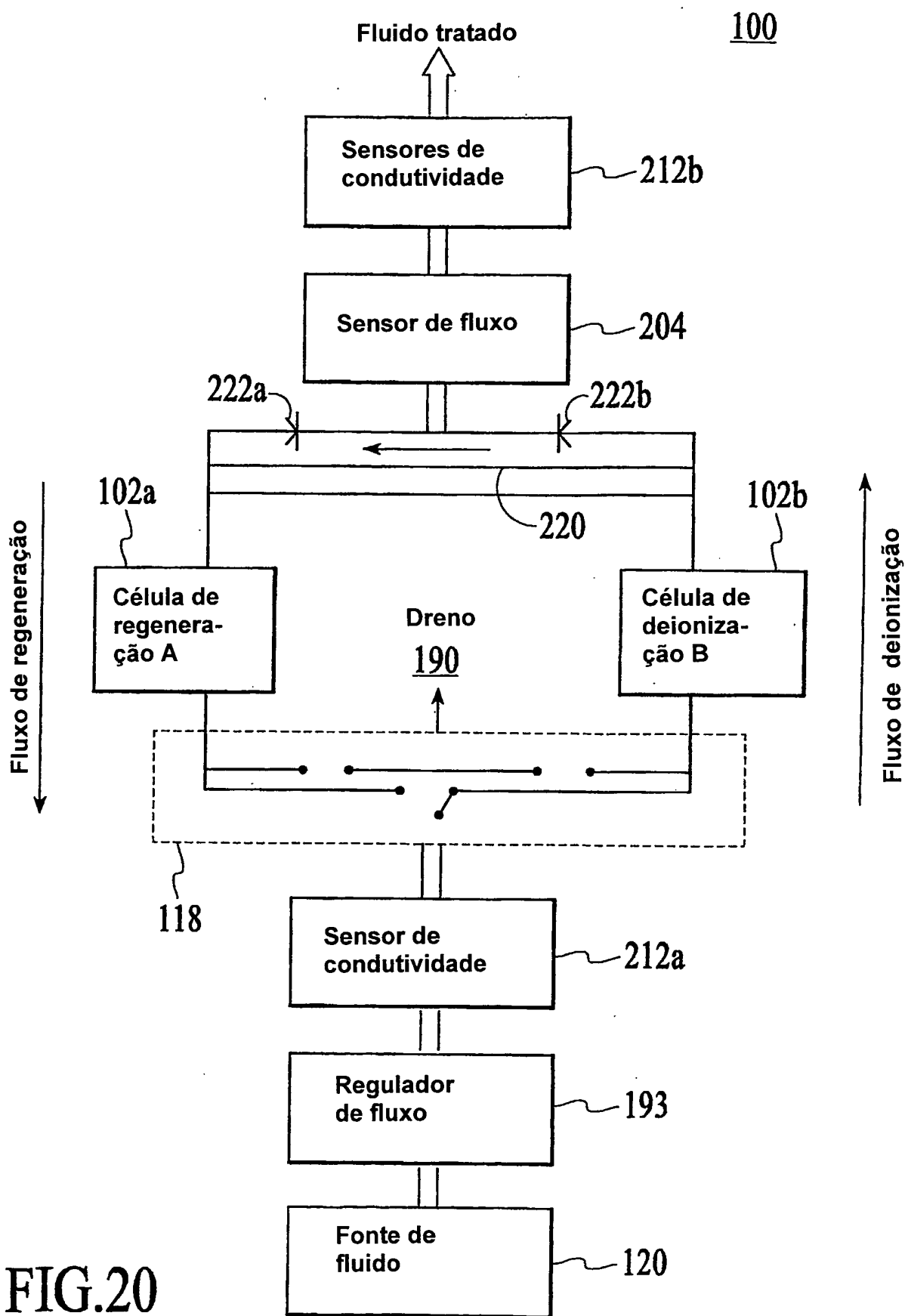


FIG.19



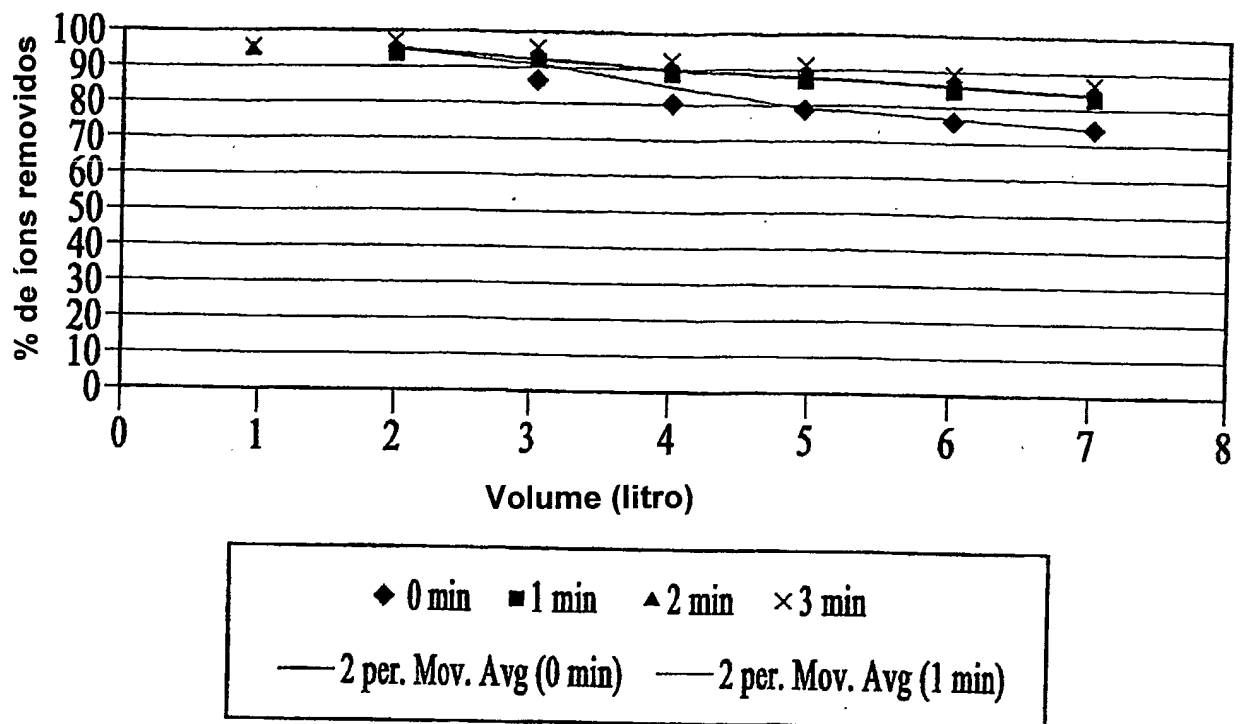


FIG.21

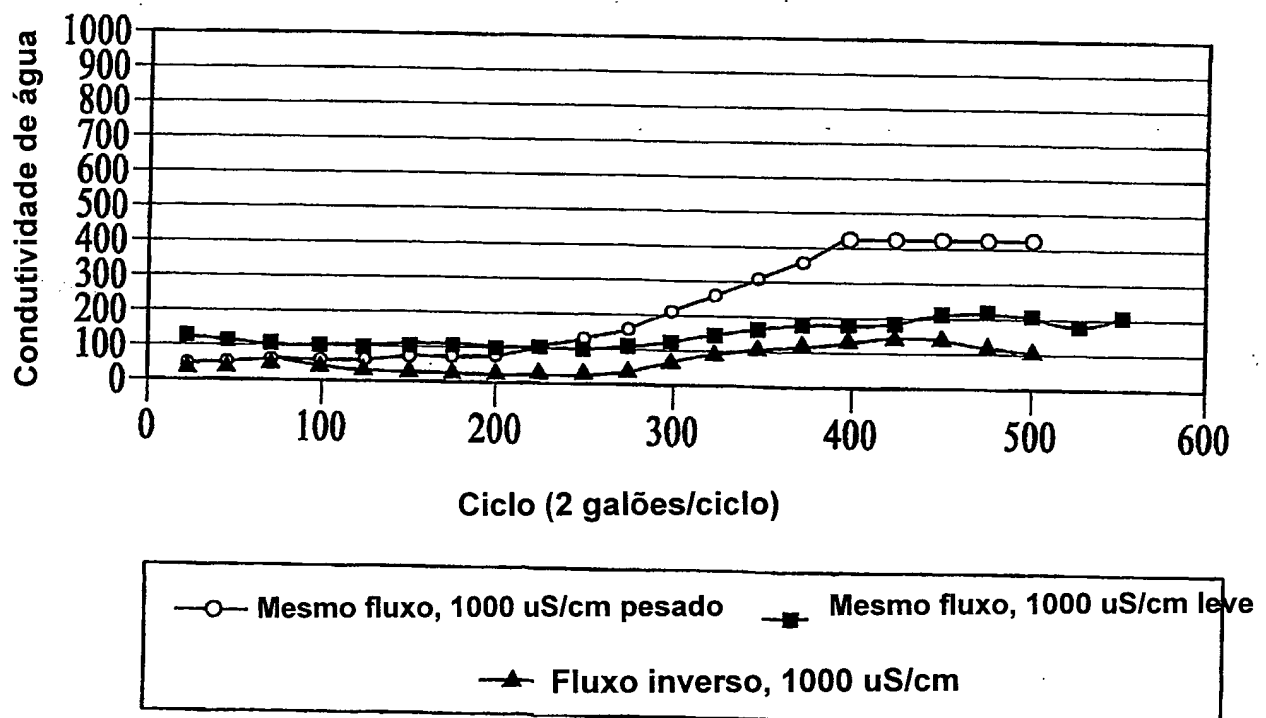


FIG.22

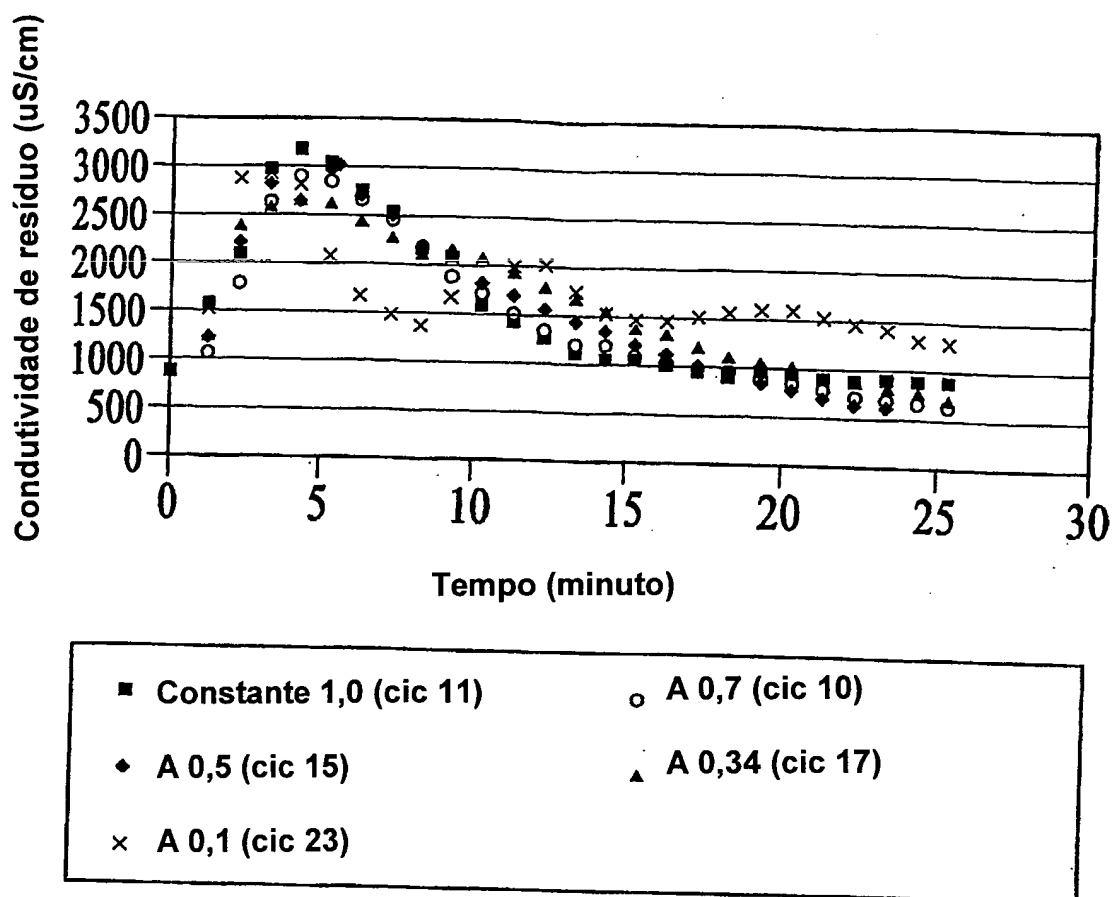


FIG.23

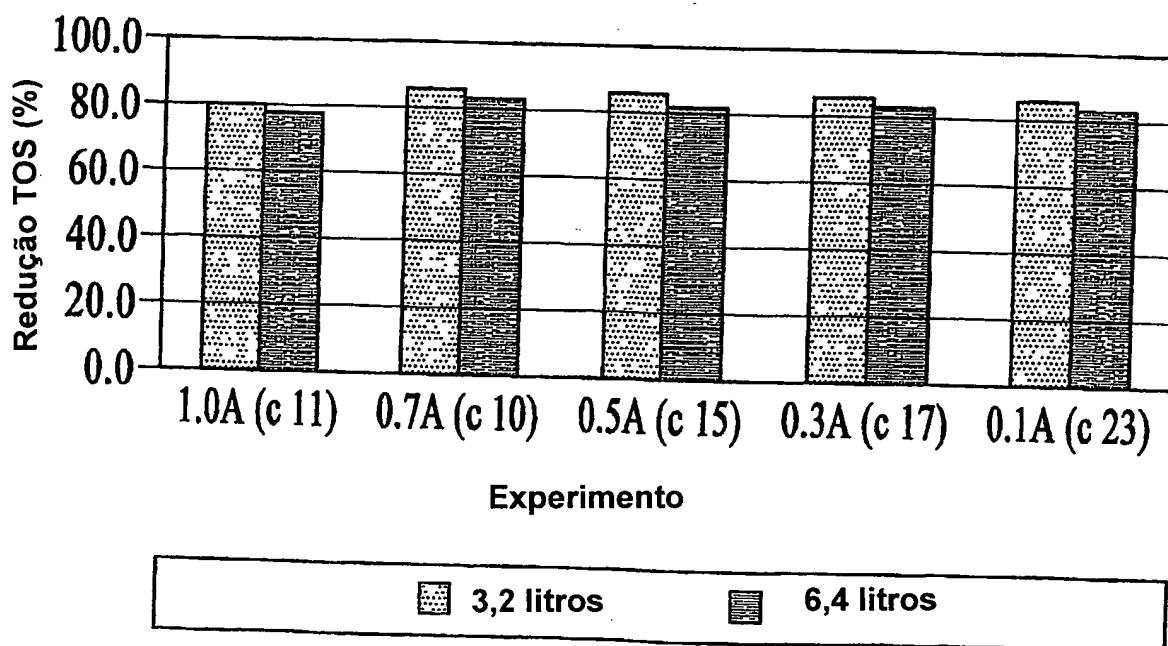


FIG.24

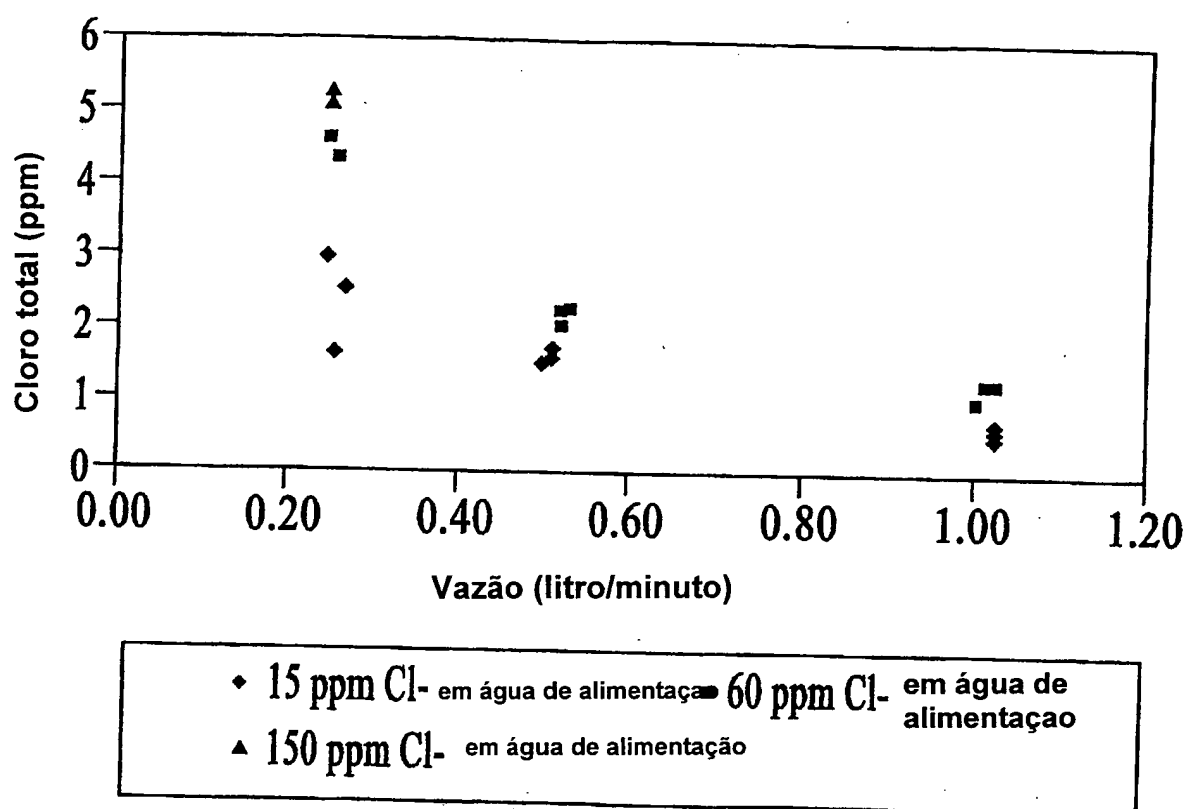


FIG.25

RESUMO

“APARELHO DE TRATAMENTO DE FLUIDO, E, MÉTODOS DE
TRATAMENTO DE UM FLUIDO, DE FILTRAÇÃO DE FLUIDO EM
UMA CÉLULA ELETROQUÍMICA, E DE OPERAÇÃO DE UMA
5 CÉLULA ELETROQUÍMICA”

Um aparelho de tratamento de fluido (100) para tratar um
fluido compreende uma célula eletroquímica (102) tendo orifícios para fluido
(124, 125) para receber e liberar fluido, e uma passagem de fluido conectando
os orifícios com uma membrana de troca iônica divisora de água (110)
10 exposta ao fluido na passagem. Primeiro e segundo eletrodos (106, 108) são
posicionados ao redor da membrana (11). O aparelho compreende também
um controlador (170) para controlar e operar um suprimento de energia (114)
e sistema de válvula (118). O suprimento de energia (114) supre uma corrente
aos primeiro e segundo eletrodos (106, 108) a uma densidade de corrente
15 suficientemente alta para resultar em bacteriostase, desativação, ou uma
redução nos microorganismos no fluido. O controlador (170) também pode
operar um conjunto de células para deionizar fluido e regenerar as células.