



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

**(21) PI 0720810-3 A2**



(22) Data de Depósito: 21/12/2007  
(43) Data da Publicação: 05/03/2014  
(RPI 2252)

(51) *Int.Cl.*:  
C02F 1/46

**(54) Título:** SISTEMA E MÉTODO PARA O  
TRATAMENTO DE LÍQUIDOS

**(57) Resumo:**

**(30) Prioridade Unionista:** 01/02/2007 US 11/670,230,  
01/02/2007 US 11/670,232

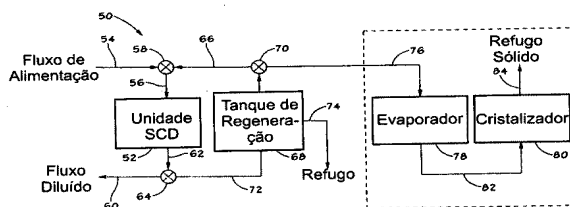
**(73) Titular(es):** GENERAL ELECTRIC COMPANY

**(72) Inventor(es):** CHANG WEI, LEI CAO, PHILIP MATHEW  
ROLCHIGO, RIHUA XIONG, WEI CAI, YU DU

**(74) Procurador(es):** ADVOCACIA PIETRO ARIBONI  
S/C

**(86) Pedido Internacional:** PCT US2007088518 de  
21/12/2007

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/094367 de  
07/08/2008



## **Sistema e método para o tratamento de líquidos.**

### **ANTECEDENTES DA PRESENTE INVENÇÃO**

#### **CAMPO TÉCNICO**

As formas de realização para a presente invenção se relacionam ao campo da dessalinização de líquidos. As formas de realização para a presente invenção se relacionam a um dispositivo de dessalinização e a um método para que se utilize o dispositivo de dessalinização.

#### **DESCRIÇÃO DA ARTE RELACIONADA À PRESENTE INVENÇÃO**

Menos de um por cento da água que se encontra na superfície da Terra é adequada para o consumo doméstico ou então para as aplicações industriais. Com fontes limitadas de água potável natural, a desionização da água do mar ou de água salobra, em um processo comumente conhecido como dessalinização, é uma forma de se produzir água fresca. Existem diversas técnicas para a dessalinização, as quais são empregadas atualmente, para que se faça a desionização, ou a dessalinização de uma fonte de água.

A desionização capacitiva é um processo eletrostático o qual opera com baixa tensão (em torno de 1 V) e baixa pressão (em torno de 1,02 atm (15 psi)). Quando a água salobra é bombeada através de uma montagem de eletrodos de ampla área de superfície, os íons na água – tais como os sais que se encontram dissolvidos, e algumas substâncias inorgânicas – são atraídas para os eletrodos carregados opostamente. Isto concentra os íons junto aos eletrodos e reduz a concentração dos íons na água. Quando a capacidade dos eletrodos se encontra exaurida, o fluxo de água tem que ser interrompido para que se descarregue o capacitor, com os íons sendo rejeitados de volta em uma solução que agora é concentrada.

Este fato faz com que seja desejável um dispositivo, ou um sistema, para a dessalinização que se difira destes dispositivos, ou sistemas, para que se são atualmente disponíveis. É-se preferível que se disponha de um método de dessalinização, ou o uso de um dispositivo para a dessalinização, os quais difiram desses métodos, os quais se encontram atualmente à disposição.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DA PRESENTE INVENÇÃO**

De acordo com, e em uma forma de realização, um método é apresentado, o qual inclui a descarga de um soluto a partir de um os orientado a solutos em uma descarga ao fluxo do líquido, onde que o fluxo do líquido que sofre a descarga possui uma concentração relativamente alta de soluto, e é então alimentado em um fluxo de alimentação a partir do qual o eletrodo dirigido ao soluto obteve ganho de soluto.

Em uma das formas de realização, um sistema de dessalinização é apresentado, de tal forma que inclua um primeiro subsistema, e um

segundo subsistema em comunicação com o fluido do primeiro subsistema. O segundo subsistema inclui um meio para que se faça a descarga de um soluto a partir de um eletrodo dirigido ao soluto em um fluxo líquido de descarga, onde que o fluxo líquido de descarga possui uma concentração de soluto relativamente maior do que o fluxo de alimentação orientado ao soluto do qual o eletrodo dirigido ao soluto obteve ganho de soluto.

De acordo com um dos aspectos, um sistema de dessalinização o qual possui um primeiro subsistema recebe um fornecimento de fluido e produz um primeiro e um segundo fluxo de fluidos fluindo. O primeiro fluxo fluente de fluido possui uma concentração a qual é relativamente menor do que a concentração do soluto no fornecimento de fluido. O segundo fluxo fluente de fluido possui uma concentração de soluto a qual é relativamente maior do que a concentração de soluto do fornecimento de fluido.

Em uma das formas de realização, um sistema de tratamento é apresentado, sistema o qual inclui um primeiro subsistema, um segundo subsistema em comunicação com o fluido do primeiro subsistema, e um controlador em comunicação com o segundo subsistema. Em resposta a um sinal que advenha do controlador, o segundo subsistema descarrega um soluto a partir do eletrodo dirigido ao soluto em um fluxo líquido de descarga. O fluxo líquido de descarga possui uma concentração relativamente maior de soluto do que um fluxo de alimentação orientado ao soluto do qual o eletrodo dirigido ao soluto tem ganho de soluto.

De acordo com um dos aspectos, o primeiro subsistema recebe um fornecimento de líquido e libera um primeiro fluxo e um segundo fluxo. Com relação ao fornecimento de líquido, o primeiro fluxo possui uma menor quantidade de soluto e o segundo fluxo possui uma maior quantidade de soluto. O segundo fluxo flui para um segundo subsistema assim como o fluxo de alimentação dirigida ao soluto.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS QUE ACOMPANHAM A PRESENTE INVENÇÃO

Os números similares representam substancialmente as mesmas partes de figura a figura.

- A figura 1 exibe um diagrama esquemático de um dispositivo o qual compreende uma das formas de realização da presente invenção;
- A figura 2 exibe uma perspectiva em explosão de uma porção da pilha que é apresentada por meio da figura 1;
- A figura 3 exibe o diagrama esquemático de um outro dispositivo o qual compreende uma forma de realização da presente invenção;
- A figura 4 exibe um diagrama de perspectiva de uma célula de dessalinização supercapacitiva durante um estado de carga da operação de acordo com algumas

das formas de realização para a presente invenção;

- A figura 5 exibe uma vista em perspectiva de uma célula de dessalinização supercapacitiva durante o estado de descarga da operação de acordo com algumas das formas de realização para a presente invenção;
- 5 - A figura 6 exibe um diagrama de blocos de um sistema de dessalinização de acordo com algumas das formas de realização para a presente invenção;
- A figura 7 exibe um diagrama de blocos de um teste de ajuste de acordo com algumas das formas de realização para a presente invenção;
- As figuras de 8 a 10 exibem representações gráficas do resultado dos testes que são  
10 obtidos durante a primeira forma exemplar de teste de ajuste de acordo com a figura 7;
- As figuras de 11 e 12 são representações gráficas do resultado dos testes obtidos em um segundo experimento exemplar do teste de ajuste de acordo com a figura 7;
- A figura 13 exibe um diagrama de blocos de um sistema de dessalinização para o  
15 gerenciamento do desperdício de água;
- A figura 14 exibe um diagrama de blocos de uma forma alternativa de realização de um sistema de dessalinização para o gerenciamento do desperdício de água; e
- A figura 15 exibe um diagrama de blocos de uma forma alternativa de realização de um sistema de dessalinização para o gerenciamento do desperdício de água.

## 20 DESCRIÇÃO DETALHADA DA PRESENTE INVENÇÃO

As formas de realização da presente invenção se relacionam ao campo da dessalinização de líquidos. As formas de realização da presente invenção se relacionam a um método para o uso do dispositivo de dessalinização.

Uma célula de dessalinização supercapacitiva (SCD) de  
25 acordo com uma forma de realização da presente invenção é pode vir a ser empregada para a dessalinização da água do mar ou a desionização de outras águas salobras, para que se reduza a quantidade de sal para um nível permissível para o uso doméstico e o uso industrial. Tal célula de dessalinização supercapacitiva (SCD) pode remover, ou reduzir, outras impurezas carregadas ou ionizadas de um líquido.

Adequação do linguajar, como usado deste ponto em diante,  
30 por toda a descrição e em todas as reivindicações, pode vir a ser aplicada para que se modifique qualquer representação quantitativa a qual pode variar de uma forma permissível, sem que se resulte em uma alteração da função básica à qual se encontra relacionado. Da mesma forma, um valor modificado por um termo, ou termos, tal como  
35 “sobre”, não devem limitar o valor preciso especificado. Em algumas situações, a adequação do linguajar pode corresponder a precisão de um instrumento para a medição do valor.

Um supercapacitor é um capacitor eletroquímico o qual

possui uma densidade de energia relativamente maior, quando se compara com a de um capacitor comum. De forma como, por exemplo, empregada neste presente trabalho, um supercapacitor é inclusivo à outros capacitores de alternativo desempenho, como os ultracapacitores. Um capacitor é um dispositivo elétrico o qual pode armazenar energia no campo elétrico entre um par de condutores ligeiramente separados (chamados 'placas'). Quando uma tensão é aplicada a um capacitor, cargas de igual magnitude, mas de polaridades opostas, se concentram em cada uma das placas. O termo água saturada se refere à água a qual se encontra saturada com ao menos um tipo de soluto, ou sal, a uma dada temperatura. Da forma como é usada nesta presente descrição, o termo água supersaturada se refere de à água a qual contém uma quantidade ao menos um tipo de soluto, ou de sal, o qual é maior do que o limite de solubilidade daquele soluto, ou sal, dada uma certa temperatura. O termo escalar se refere ao acúmulo de concentrado, ou a precipitação de sais dissolvidos de outra forma, ou solutos, em uma parede lateral em contato com o sal ou o líquido orientado a soluto.

A figura 1 exibe uma vista esquemática de um dispositivo supercapacitor de dessalinização 10, o qual possui um controlador (que não é exibido) e emprega um vaso de dessalinização 12. O vaso de dessalinização 12 possui uma superfície interna a qual define um volume. Internamente ao volume de dessalinização, se encontra hospedada as uma pilha de dessalinização supercapacitora 14. A pilha de dessalinização supercapacitora 14 inclui diversas células de dessalinização supercapacitoras 16. Cada uma das diversas células de dessalinização supercapacitoras 16 inclui um par de eletrodos, um separador de material isolante, e um par de coletores de corrente. Além do mais, o vaso de dessalinização inclui ao menos um pequeno engaste 18 a partir do qual um líquido alimentado entra no vaso de dessalinização, e um escoadouro 20 a partir do qual o líquido deixa o vaso de dessalinização, depois de ter tido o contato com a se células de dessalinização supercapacitoras. O líquido pode vir a ser guiado dentro do vaso de dessalinização por meio do uso de forças externas. As forças externas adequadas podem incluir a gravidade, a sucção, e o bombeamento.

A salinidade do líquido o qual deixa o vaso de dessalinização através do escoadouro 20 irá diferir da salinidade do líquido alimentado o qual entra no vaso de dessalinização através do engaste. A diferença na salinidade pode tanto ser maior ou menor, dependendo de se as células estão em modo de operação de carga (o qual irá remover o sal e/ou outras impurezas a partir do fluido líquido alimentado), ou então, a operação no modo de descarga (na qual se adiciona sal e/ou outras impurezas ao fluxo de líquido alimentado). O controlador pode se comunicar com os controles que forem apropriados, tais como as válvulas, os sensores, as chaves e outros similares, tais como a chave para a reversão do modo de operação, do modo de carga para o modo de descarga, em resposta a um critério pré-definido. Tal critério pode

incluir um tempo transcorrido, um valor de saturação, a condutividade, a resistência específica, e outros similares.

Durante a fase de carga, o líquido alimentado pode passar através da pilha, uma vez, ou mais de uma vez. Isso é mais de uma iteração pode se fazer necessária para que se faça a desionização do líquido para um valor pré-definido de amostras carregadas por meio de um sensor apropriadamente localizado em comunicação com o controlador. Em algumas das formas de realização para a presente invenção, diversas de tais células podem vir a ser dispostas dentro do vaso de dessalinização, de tal forma que a saída de uma célula pode vir a ser tratada como uma alimentação de líquido para uma outra célula. Desta forma, o líquido pode ter a permissão para que passe através das células de desionização por diversas vezes, antes de saída através do escoadouro.

O vaso de dessalinização pode ser feito a partir de materiais adequados para vasos de dessalinização. Entre os materiais que são adequados para os vasos de dessalinização estão incluídos um ou mais materiais que são selecionados a partir de metal ou plásticos. Entre os metais adequados incluem-se os metais nobres e as ligas com bases ferrosas, tais como o aço inoxidável. Entre os plásticos adequados, podem-se incluir os termorrígidos, tais como os acrílicos, os uretanos, os epóxis, e outros similares; e termoplásticos tais como os policarbonatos, o poli cloreto de vinila (PVC), e as poliolefinas. Dentre as poliolefinas adequadas podem-se incluir o polietileno e o polipropileno. Como é facilmente perceptível por todos aqueles indivíduos com fluência na arte, a seleção dos materiais para o vaso de dessalinização é tal que o vaso de dessalinização não deve interferir com as impurezas do líquido o qual deve sofrer o processo de desionização ou de dessalinização. O vaso de dessalinização pode possuir um formato cilíndrico. Além do mais, o vaso de dessalinização pode ser moldado de tal forma que exista a convergência para os engastes e para os escoadouros, da forma como é ilustrada por meio da figura 1. Outras formas e dimensões podem ser empregadas para o vaso de dessalinização.

Fazendo-se agora referência a figura 2, um arranjo de diversos elementos empregados em uma pilha de dessalinização supercapacitiva, tal como a pilha de dessalinização supercapacitiva 14 da figura 1, da forma como é ilustrada. Na forma de realização que é ilustrada, a pilha de dessalinização supercapacitiva inclui diversas células de dessalinização supercapacitivas e diversos coletores de corrente.

As células de dessalinização supercapacitivas incluem ao menos um par de eletrodos. Cada par de eletrodos incluem um primeiro eletrodo, um segundo eletrodo, e um isolante elétrico espaçador o qual é disposto entre os dois eletrodos. Em algumas formas de realização para a presente invenção, no modo de operação de carga da pilha, o primeiro e o segundo eletrodo podem absorver íons a partir

do líquido o qual deve vir a ser deionizado. No modo de operação de carga, as superfícies do primeiro e do segundo eletrodos, podem cada um, acumular uma carga elétrica ou potenciais elétricos polarizados. O potencial do primeiro eletrodo pode vir a se diferenciar do potencial do segundo eletrodo. De forma subsequente, quando o líquido flui  
5 através desses eletrodos, as cargas elétricas acumuladas nos eletrodos atraem os íons carregados opostamente, a partir do líquido, e estes íons carregados são então absorvidos para a superfície dos eletrodos. Depois que a superfície do eletrodo se encontra saturada com os íons carregados e que foram absorvidos, o modo de operação da pilha pode ser chaveado do modo de operação em carga para o modo de operação  
10 em descarga.

Os íons carregados podem vir a ser removidos, ou desabsorvidos, da superfície dos eletrodos por meio da descarga da célula. No modo de operação de descarga, os íons absorvidos desassociados da superfície do primeiro e do segundo eletrodos, podem combinar com o líquido que flui através da célula durante o  
15 modo de operação de descarga. Em algumas das formas de realização para a presente invenção, durante o modo de operação de descarga da célula, as polaridades do primeiro e do segundo eletrodos podem ser as mesmas, como a outra. a carga e a descarga da célula será discutida e ilustrada em maior riqueza de detalhes quando da referência às figuras 4 e 5.

Em algumas das formas de realização para a presente invenção, cada um dos primeiros eletrodos podem incluir um primeiro material condutor e cada um dos segundos eletrodos podem incluir um segundo e diferente material condutor. Da forma como é usada nesta presente descrição, o termo material condutor se refere aos materiais que são eletricamente condutores, sem que tenha importância a  
20 condutividade térmica. Nestas formas de realização para a presente invenção, o primeiro material condutor e o segundo material condutor podem incluir um material condutor elétrico, por exemplo, um polímero composto. Em algumas das formas de realização para a presente invenção, o primeiro material condutor e o segundo material condutor podem possuir partículas com tamanhos menores e maiores áreas de superfície. Devido às  
25 largas áreas de superfície, tais materiais condutores podem prover como resultado uma grande capacidade de absorção, uma alta densidade de energia e uma alta capacitância da célula. A capacitância da pilha pode vir a ser maior do que em torno de 10 Farad por grama. Em uma das formas de realização para a presente invenção a capacitância da pilha pode variar de entorno de 10 Farad por grama a até de entorno de 50 Farad por grama, de entorno de 50 Farad por grama até de entorno de 75 Farad por grama, de  
30 entorno de 75 Farad por grama até de entorno de 100 Farad por grama, de entorno de 100 Farad por grama até de entorno de 150 Farad por grama, de entorno de 150 Farad por grama até de entorno de 250 Farad por grama, de entorno de 250 Farad por grama, até  
35

entorno de 400 Farad por grama, de entorno de 400 Farad por grama até entorno de 500 Farad por grama, de entorno de 500 Farad por grama até entorno de 750 Farad por grama, de entorno de 750 Farad por grama até entorno de 800 Farad por grama, ou ainda maior do que 80 Farad por grama.

5 Primeiros materiais condutores e segundos materiais condutores adequados podem ser formados por partículas as quais possuem um tamanho médio o qual é menor do que em torno de 500 micrometros. Além do mais, as partículas devem estar presentes em uma distribuição de partículas mono-modal de em torno de 1.

10 Em outras formas de realização para a presente invenção. A distribuição do tamanho das partículas pode vir a ser multimodal, tal como, por exemplo, bimodal. O uso de distribuição de partículas de forma multimodal pode permitir o controle do agrupamento, e no final, a taxa do fluxo e a área de superfície através do leito de partículas. Naturalmente, o primeiro material condutor e o segundo material condutor  
15 podem se diferenciar, um do outro, em termos da área de superfície, da configuração, da porosidade e da composição. Em uma das formas exemplares de realização da presente invenção, o tamanho das partículas do primeiro material condutor e do segundo material condutor pode se encontrar na faixa que gira em torno de 5 micrometros a 10 micrometros, de 10 micrometros até em torno de 30 micrometros, de 30 micrometros até  
20 em torno de 60 micrometros, de 10 micrometros até em torno de 30 micrometros, ou então de 60 micrometros até em torno de 100 micrometros.

Além do mais, o primeiro material condutor e o segundo material condutor podem possuir uma alta porosidade. Em uma das formas de realização, a porosidade do primeiro e/ou do segundo materiais podem se encontrar na faixa que se  
25 situa de 10 por cento a 95 por cento de densidade teórica. Cada eletrodo pode possuir uma superfície Brunauer - Emmet - Teller (BET) relativamente alta. Uma área de superfície relativamente alta pode se encontrar em uma faixa que gira em torno de  $5,5 \times 10^6$  pés libra<sup>-1</sup> ou em torno de 400 a 1.100 metros quadrados por grama ( $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ ). Em uma das formas de realização para a presente invenção, a área de superfície do eletrodo pode  
30 variar na faixa de até  $1,3 \times 10^7$  pés libra<sup>-1</sup> ou em torno de  $2.600 \text{ m}^2 \text{g}^{-1}$ . Cada eletrodo pode possuir uma resistência elétrica específica relativamente baixa em uma das formas de realização para a presente invenção, materiais adicionais podem se depositar nas superfícies do primeiro e do segundo eletrodo, onde que tais materiais adicionais podem incluir catalisadores, elementos que evitem incrustações, modificadores de energia de  
35 superfície, e similares.

Além do mais, o primeiro material condutor e o segundo material condutor podem incluir materiais orgânicos ou não orgânicos, por exemplo, esses materiais condutores podem incluir polímeros, ou podem incluir compostos não



orgânicos, os quais são condutores. Em uma outra forma exemplar de realização para a presente invenção o material inorgânico pode incluir o carbono, os metais ou os óxidos de metais. Além do mais, o primeiro e o segundo eletrodos é podem ser formados, ou conter, os mesmos materiais, um do outro. De uma forma alternativa, o primeiro e o segundo eletrodos podem empregar diferentes materiais um do outro, ou a colocação ou quantidades dos mesmos materiais podem ser diferenciadas. De uma forma adicional, em algumas das formas de realização para a presente invenção, o primeiro material condutor e o segundo material condutor podem ser dopados de forma reversível. Nestas formas de realização o primeiro e o segundo materiais podem ou serem os mesmos. Em uma das formas exemplares de realização para a presente invenção, os elementos de dopagem podem incluir tanto os ânions e os cátions. Exemplos de cátions, os quais não devem ser interpretados como limitantes da presente invenção, incluem:  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , ou qualquer combinação derivada destes. Exemplos de ânions, os quais não devem ser interpretados como limitantes da presente invenção, incluem:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , e  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Quanto aos polímeros condutores, têm-se como os adequados um ou mais dentre os: polipirrol, politiofeno, ou polianilina. Em algumas das formas de realização para a presente invenção, os polímeros condutores podem incluir o sulfônico, o cloreto, o fluoreto, a alquila, o fenil, derivados do polipirrol, politiofeno, ou polianilina. Em uma das formas de realização para a presente invenção, o material condutor pode incluir o carbono, ou os materiais com base no carbono. Entre os materiais com base no carbono e que sejam adequados podemos incluir as partículas de carbono ativado, as partículas de carbono poroso, as fibras de carbono, os nano tubos de carbono e os aerogéis de carbono. Dentre os materiais que são adequados para o uso com o primeiro composto condutor e o segundo composto condutor podem-se incluir os carbonetos de titânio, o zircônio, o vanádio, o tântalo, o tungstênio e o nióbio. Como outros materiais adequados para o uso com o primeiro composto condutor e o segundo composto condutor podem-se incluir o magnésio e o ferro. Em uma das formas exemplares de realização para a presente invenção, o material condutor pode incluir pós os quais possuem partículas de tamanhos na ordem de grandeza de nano escala. Entre os pós adequados em nano escala podem incluir os materiais com base em ferrita.

De uma forma adicional, materiais de preenchimento elétricos também podem vir a ser usados em conjunto com os materiais condutores. Assim como também adesivos, endurecedores, ou catalisadores podem vir a ser empregados com os materiais condutores. Os materiais de preenchimento, ou aditivos, podem afetar um ou mais atributos dos materiais condutores, tais como a menor largura, a viscosidade, o perfil de cura, a adesão, as propriedades elétricas, a resistência química (como por exemplo, a resistência a umidade, a resistência a solventes), a transição para

vidro, a condutividade térmica, a temperatura de distorção pelo calor, e os similares.

O elemento de preenchimento pode possuir um diâmetro médio de partículas de menos de 500 micrometros. Em uma das formas de realização para a presente invenção, o material de preenchimento pode possuir partículas de diâmetro médio na faixa de em torno de 1 nanômetro até em torno de 5 nanômetros, na faixa de em torno de 5 nanômetros até em torno de 10 nanômetros, na faixa de em torno de 10 nanômetro até em torno de 50 nanômetros, na faixa de em torno de 50 nanômetro até em torno de 100 nanômetros, na faixa de em torno de 100 nanômetro até em torno de 1.000 nanômetros, na faixa de em torno de 1 micrômetro até em torno de 50 micrômetros, na faixa de em torno de 1 micrometro até em torno de 50 micrômetros, na faixa de em torno de 50 micrômetros até em torno de 100 micrômetros, na faixa de em torno de 100 micrômetros até em torno de 250 micrômetros, na faixa de em torno de 250 micrômetros até em torno de 500 micrômetros, ou maior do que em torno de 500 nanômetros.

Em algumas formas de realização para a presente invenção, as partículas do material de preenchimento podem possuir formatos e tamanhos os quais podem vir a ser selecionados com base no critério específico da aplicação. Formas adequadas podem incluir uma ou mais partículas esféricas, partículas semi-esféricas, varas, fibras, formas geométricas, e similares. As partículas podem ser ocas, ou de centro sólido, também podem ser porosas. Partículas longas, tais como as fibras podem possuir comprimentos que se diferem das larguras.

Em uma das formas de realização para a presente invenção onde que um polímero condutor elétrico é empregado como um material condutor, a capacitância da célula pode ser aumentada devido ao mecanismo reversível de Faraday, ou ao mecanismo de transferência de elétrons dos polímeros. Em uma forma exemplar de realização para a presente invenção, a capacitância da célula pode ser incrementada de em torno de 3 vezes até em torno de 5 vezes. Tais valores de capacitância são maiores do que os valores de capacitância de célula, esta célula, empregando materiais ativos de carbono. Em algumas formas de realização para a presente invenção, a capacitância da célula empregada usando compostos poliméricos podem se encontrar na faixa de em torno de 100 Farad por grama a até em torno de 800 Farad por grama. Devido aos valores de capacitância alternativos, o primeiro eletrodo e o segundo eletrodo, cada, podem absorver uma quantidade considerável de íons nas suas respectivas superfícies, sem que venham a requerer alta pressão de operação, ou de reações eletroquímicas, e desta forma resultando em um consumo relativamente menor de energia, quando se compara com os sistemas que empregam outras técnicas de destilação.

Uma grande área de superfície dos polímeros condutores

pode facilitar o depósito de uma quantidade relativamente alta de íons de tal forma que um dispositivo com uma eficiência similar pode possuir um tamanho ou uma pegada relativamente menor. Da forma como é empregada por esta presente descrição, o termo “pegada” se refere ao número de células de dessalinização supercapacitivas empregadas por uma dada pilha, ou o número de pilhas de dessalinização supercapacitivas empregadas em um projeto para que se atinja uma certa produtividade pré-determinada. Em algumas das formas de realização para a presente invenção, a pegada de um dispositivo de dessalinização supercapacitivo 200 pode ser maior do que 1 célula de dessalinização supercapacitiva. Em uma das formas de realização para a presente invenção, a pegada de um dispositivo de dessalinização supercapacitivo 200 pode vir a ser menor do que 1.000 células de dessalinização supercapacitivas. Em uma forma de realização para a presente invenção, a pegada pode ser encontrada na faixa de em torno de 1 célula de dessalinização supercapacitiva até em torno de 10 células de dessalinização supercapacitivas, de em torno de 10 células de dessalinização supercapacitivas até em torno de 100 células de dessalinização supercapacitivas, ou então, em torno de 100 células de dessalinização supercapacitivas a até em torno de 500 células de dessalinização supercapacitivas.

Apesar de que nas formas de realização para a presente invenção que foram ilustradas, o primeiro e o segundo eletrodos sejam formatados como uma chapa as quais são dispostas paralelas uma com relação a outra, para que se forme uma estrutura de pilha, em outras formas de realização para a presente invenção, o primeiro e o segundo eletrodos podem possuir formatos diferentes. Tais formatos podem incluir configurações enrugadas e de vasilhas. Em uma das formas de realização para a presente invenção, o primeiro e o segundo eletrodos podem ser dispostos de uma forma concêntrica, um com relação ao outro, em um arranjo de rolo.

Entre os espaçadores isolantes elétricos adequados podem-se incluir os polímeros isolantes elétricos. Entre os polímeros isolantes elétricos adequados podem-se incluir os materiais com base em olefinas. Entre os materiais adequados de olefinas podem ser incluídos o polietileno e o polipropileno, os quais podem receber a adição de um halogênio. Entre outros polímeros isolantes elétricos adequados, podem ser inclusos, por exemplo, o cloreto de poli vinil, o politetrafluoretileno, a polissulfona, o éter poliarilênico e o nylon. Além do mais, o espaçador isolante pode ter uma espessura que a qual faria em uma faixa de em torno de 0,0000010 centímetros a até em torno de 1 centímetro. Em uma das formas de realização para a presente invenção a espessura pode ser na faixa de em torno de 0,0000010 centímetros a até em torno de 0,00010 centímetros, na faixa de em torno 0,00010 centímetros a até em torno de 0,010 centímetros, na faixa de em torno 0,0010 centímetros a até em torno de 0,10 centímetros, ou então na faixa de em torno 0,10 centímetros a até em torno de 1

centímetro. O espaçador eletricamente isolante pode ser sob a forma de uma membrana, uma rede de captação, uma esteira, um filme, ou de uma onda. Para que se permita a comunicação de fluido, o espaçador eletricamente isolante pode ser poroso, perfurado, ou possuir canais de fluidos o quais se estendem de uma superfície principal para a outra. Os canais de fluidos, poros e perfurações, podem possuir um diâmetro médio menor do que 5 milímetros, e podem vir a ser configurados para que se incremente a turbulência do líquido que flui através. Em uma das formas de realização para a presente invenção, o diâmetro médio se encontra na faixa de em torno de 5 milímetros a até em torno de 4 milímetros, na faixa de em torno 4 milímetros a até em torno de 3 milímetros, na faixa de em torno 3 milímetros a até em torno de 2 milímetros, na faixa de em torno 2 milímetros a até em torno de 1 milímetro, na faixa de em torno 1 milímetro a até em torno de 0,5 milímetros. Com tal incremento na turbulência, podem-se ter efeitos positivos no desempenho do eletrodo aproximado. Em uma das formas de realização para a presente invenção, uma rede é usada de tal forma que os filamentos não sejam coplanares. Os filamentos fora do plano podem incrementar a turbulência do líquido que flui através do sistema.

Além do mais, da forma como é ilustrada, cada uma das células pode incluir um coletor de corrente 30, os quais são acoplados ao primeiro e ao segundo eletrodos. Os coletores de corrente conduzem elétrons. A seleção dos materiais para o coletor de corrente 30 e os parâmetros operacionais podem ser afetados pelo consumo de energia a vida útil da célula. Por exemplo, uma resistência de alto contato entre um dos eletrodos e o coletor correspondente pode resultar em um alto consumo de energia. Em algumas das formas de realização para a presente invenção, o material condutor, ou o primeiro e o segundo eletrodos da célula podem ser depositados no coletor de corrente correspondente. Em tais formas de realização para a presente invenção, os materiais condutores dos eletrodos podem ser depositados na superfície do coletor por meio de uma ou mais técnicas de deposição. Entre as técnicas que são adequadas para a deposição, podem-se incluir a pulverização catódica, a pulverização, o revestimento por rotação, a impressão, a imersão, ou outro tipo de revestimento.

Um coletor de corrente adequado pode ser formado como uma lâmina metálica, ou uma rede. O coletor de corrente pode incluir um material condutor elétrico. Entre os materiais condutores de eletricidade adequados podem vir a ser incluídos um ou mais entre os seguintes: alumínio, cobre, níquel, titânio, platina ou paladino. Outros materiais condutores de energia elétrica adequados podem incluir o irídio e o ródio, um ou ambos, ou uma liga de irídio ou uma liga de ródio. Em uma das formas de realização para a presente invenção, o coletor de corrente pode ser uma rede de titânio. Em uma das formas de realização para a presente invenção o coletor de corrente pode possuir um núcleo de metal, com um outro metal disposto na superfície

deste. Em uma outra das formas de realização para a presente invenção, o coletor de corrente pode incluir papel/feltro de carbono, ou um material condutor a base de carbono.

A pilha pode, de forma adicional, incluir pratos de suporte 32, para que se propicie estabilidade mecânica para a estrutura. Entre as placas adequadas de suportem podem ser inclusos um ou mais materiais que são selecionados a partir de plásticos ou metais. Entre os metais adequados, podem ser incluídos os metais nobres, e as ligas baseadas em ferro, tal como, por exemplo, o aço inoxidável. Entre os plásticos que são adequados, podem ser incluídos os plásticos termo estáveis, tais como os acrílicos, os uretanos, os epóxios e os similares; e os termo plásticos tais como, por exemplo, os policarbonatos, o cloreto de poli vinil (PVC) e as poliolefinas. Entre as poliolefinas que são adequadas podem ser incluídos o polietileno e o polipropileno.

As placas de suporte podem vir a agir como contatos elétricos para a pilha, para que provenham a comunicação elétrica entre a pilha e a fonte de energia, ou o transformador de recuperação de energia. Na forma de realização que é ilustrada, as placas de suporte, os eletrodos, e os coletores de corrente podem definir aberturas, ou furos 21, para que se dirija o fluxo do líquido, e para que se defina o caminho do fluxo hidráulico entre o par de eletrodos. Da forma como é ilustrada, o líquido é dirigido dentro da célula a partir da direção que é indicada pela seta de direção que é rotulada com o número de referência 22. Depois de adentrar a célula, o líquido é dirigido de tal forma que faz contato, e flui através, da superfície do eletrodo correspondente da forma como é indicada por meio do caminho do fluxo hidráulico que é indicado por meio da seta de direção a qual é nomeada com o número de referência 23. Os líquidos podem fluir de tal forma que o líquido atravesse através matriz de antenas máxima porção da superfície do eletrodo correspondente. Quanto maior o tempo de permanência, ou o tempo de contato entre os líquidos e a superfície do eletrodo, maior é a absorção das partículas carregadas ou dos íons a partir do líquido para a superfície do eletrodo. Isto é, um maior tempo de contato entre líquidos e a superfície dos eletrodos podem resultar em um menor tempo de iteração é necessário para que se reduza a concentração das partículas carregadas no líquido, para um valor pré-determinado. De forma subsequente, o líquido deixa a célula da forma como é indicada por meio da seta de direção a qual é rotulada com o número de referência 25.

Enquanto que a pilha da figura 2 é descrita com referência aos seus incorporados em um vaso de dessalinização, em uma das formas alternativas de realização para a presente invenção, a pilha pode também ser empregada sem o uso do vaso de dessalinização. De fato, da forma como é ilustrada por meio de figura 3, a pilha, incluindo as células, podem ser entremeadas entre as placas de suporte, sem que se use o vaso de dessalinização. O aplicar de forças mecânicas as placas de suporte

pode manter a pilha junta. Da forma como foi anteriormente descrita, cada célula inclui eletrodos separados por meio de um espaçador isolante. Além do mais, coletores de corrente são acoplados ao primeiro e ao segundo eletrodos. De acordo com a forma de realização para a presente invenção que é indicada por meio da figura 3, o engaste e o escoadouro se alinham com aberturas nas placas de suporte para permitir com que o líquido flua através da pilha, da forma como é descrita por meio da figura 2.

Como um exemplo comparativo, um sistema SCD convencional opera por meio da alternância entre os passos da carga e da descarga. Em um sistema convencional, a água alimentada aos passos de carga e descarga é fornecida a partir da mesma fonte de água. Durante a operação no modo de carga, a água é alimentada para dentro do sistema SCD para que se remova o sal ou outras impurezas a partir do fluxo. Da mesma forma, o sistema SCD, durante o modo de operação de carga (isto é, o “fluxo diluído”) possui uma menor salinidade do que o fluxo alimentado. Durante o modo de operação de descarga, quando as células SCD têm o sal, ou outras impurezas, eliminado, o sal ou outras impurezas são liberadas das células SCD para o fluxo de alimentação que está entrando, e desta forma o produto durante o modo de descarga de operação (isto é, o “fluxo concentrado”) é mais salino do que o fluxo alimentado. Porque o fluxo concentrado é mais salino do que o fluxo alimentado, ele pode ser considerado água de despejo, a ser eliminada.

Formas de realização para a presente invenção operam em contraste com o exemplo de comparação acima. Um sistema SCD de descarga de líquido zero (ZLD) é fornecido possuindo os modos de operação definidos. Um princípio de SCD - ZLD é apresentado por meio das figuras 4 e 5. De acordo com as formas de realização para a presente invenção, água saturada, ou supersaturada é alimentada dentro do dispositivo de dessalinização supercapacitivo durante o passo de descarga, enquanto que a alimentação de água normal é efetuada para o dispositivo de dessalinização supercapacitivo durante o passo de carga. Além do sal, a água pode, ou não, conter outros sais os quais podem, ou não, serem saturados ou supersaturados. Além do mais, este sal, e a água podem, ou não, conter outros sais os quais podem, ou não, serem saturados ou supersaturados.

Em algumas das formas de realização para a presente invenção, a água saturada ou supersaturada (o fluxo concentrado) é continuamente circulada e reutilizada para os passos de descarga. Da mesma forma, o grau de supersaturação do fluxo é incrementado de forma contínua na medida em que a descarga é continuada. Como um dos resultados, o grau de saturação irá se incrementar até um ponto onde que a precipitação começa a ocorrer. Quando a taxa de precipitação no passo de descarga se iguala a taxa de remoção de sal ao passo da carga, o grau de supersaturação do fluxo concentrado não irá mais incrementar e um equilíbrio será

estabelecido. De uma forma que é vantajosa, de acordo com o sistema que foi descrito, o volume da água descarregada não aumenta com o número de ciclos, e desta forma, a descarga de líquido do sistema é zero, ou muito próxima de zero. O sistema SCD – ZLD reduz de uma forma bem vantajosa, ou elimina, a quantidade de líquido desperdiçado, e desta forma propicia vantagens sobre os sistemas de tratamento de água típicos.

Fazendo-se uma breve referência a figura 4, uma célula 16 exemplar é ilustrada no modo de operação de carga. Da forma como foi anteriormente descrita, a célula SCD 16 incluem de uma forma normal os eletrodos 24 e 26. Os eletrodos 24 e 26 são acoplados eletricamente acoplados a uma fonte de energia (que não é exibida), e carregada de forma oposta. A fonte de energia tanto pode agir como um transformador de recuperação de energia, ou pode se encontrar em associação operacional com o transformador de energia. Da mesma forma, durante a operação no modo de carga, a célula SCD 16 armazena energia. De acordo com a forma de realização para a presente invenção que é ilustrada, o eletrodo 24 é acoplado ao terminal negativo da fonte de energia e age como um eletrodo negativo. De forma similar, o eletrodo 26 é acoplado ao terminal positivo da fonte de energia e age como um eletrodo positivo. Da forma como foi anteriormente descrita e ilustrada com referência a figura 2, um espaçador isolante pode também ser disposto entre dois eletrodos carregados opostamente. Durante o modo de operação de carga, um fluxo de alimentação 34 o qual possui partículas carregadas é alimentado para dentro da célula SCD. Quando o fluxo de alimentação 34 passa entre os eletrodos, as partículas carregadas, ou os íons do fluxo de líquido alimentado, se acumulam nos eletrodos. Da forma como é ilustrada, os cátions 36 se movem em direção ao eletrodo negativo, e os anions 38 se movem em direção ao eletrodo positivo. Como um resultado deste processo de acumulação de carga dentro da célula, um fluxo diluído 40 (o líquido de saída) que provem da célula possui uma menor concentração de partículas carregadas, quando comparada ao líquido o qual é alimentado para dentro da célula.

Como foi observado acima, em algumas das formas de realização para a presente invenção, o fluxo diluído pode ser submetido a desionização por meio de do alimentar deste através de outra célula similar à célula, ou por alimentá-la de volta à célula, como um fluxo de alimentação. Em algumas das formas de realização para a presente invenção, diversas de tais células podem ser empregadas em uma pilha, da forma como foi anteriormente descrita. O sistema pode também incluir diversas pilhas. De uma forma alternativa, o fluxo diluído pode então ser alimentado para um outro tipo de dispositivo de dessalinização, tal como uma unidade de osmose reversa (que não é exibido), para um tratamento adicional.

Da forma como é exibido e ilustrado por meio da figura 4, durante a carga da célula SCD, partículas carregadas (anions e cátions) a partir do fluxo

de alimentação são acumulados na superfície dos eletrodos carregados com cargas opostas. A acumulação de partículas carregadas nos eletrodos continua até que a célula seja descarregada, um limite de saturação seja atingido, ou a resistência específica da camada de íons seja de em torno do mesmo potencial de tensão do eletrodo.

5 A figura 5 ilustra a célula durante o modo de operação de descarga. Durante o modo de operação do modo de descarga, a célula libera a energia armazenada que é capturada durante o modo de operação de carga. As partículas carregadas são absorvidas das superfícies dos eletrodos. E ao invés de se utilizar o mesmo fluxo da alimentação durante os modos de operação de carga e de descarga, um  
10 diferente fluxo de alimentação pode ser alimentado a partir de uma diferente fonte para dentro da célula, durante o modo de operação de descarga, e desta forma reduzindo a quantidade de líquido descarregado e o qual precisa ser eliminado. De uma forma mais específica, um fluxo de alimentação saturado 42 é alimentado para dentro da célula durante o modo de operação de descarga. Desta forma, na forma de realização para a  
15 presente invenção ilustrada, no modo de operação de descarga da célula, os cátions e os anions são removidos das superfícies dos eletrodos e movidos para fora da célula, juntamente com o fluxo de alimentação saturado, e desta forma produzindo o fluxo de descarga 44, o qual pode então ser reciclado e regenerado de forma repetida, para cada modo de operação de descarga. Durante o modo de operação de descarga, o líquido que  
20 chega da célula de dessalinização supercapacitiva (fluxo de descarga 44) será maior do que uma concentração iônica, quando comparado ao fluxo de alimentação saturado 42 o qual é alimentado para dentro da célula de dessalinização supercapacitiva. O fluxo de descarga 44 pode ser mais saturado do que o fluxo de alimentação, e pode ser supersaturado.

25 Como foi observado acima, quando o modo de operação do supercapacitor de dessalinização é transferido do modo de operação de carga para o modo de operação de descarga, existe a liberação de energia no sistema, de forma similar a energia que é liberada quando uma bateria vai do modo de operação de totalmente carregada para o modo da operação de descarga. Em algumas das formas de  
30 realização para a presente invenção, pode ser que seja desejável que se recolha esta energia para o uso. O sistema de dessalinização pode incluir um dispositivo de recuperação de energia, tal qual um transformador (o qual não é exibido). Desta forma, a célula também pode se encontrar em comunicação com o dispositivo de recuperação de energia.

35 No modo de operação de carga, o conversor direciona a energia fornecida de uma fonte de energia, tal como por exemplo, uma bateria (que não é exibida) ou de uma rede elétrica para a célula. No modo oposto, no modo de operação de descarga, o conversor redireciona, ou recupera, a energia elétrica que é liberada pela



célula. Este redirecionamento, ou recuperação de energia pode ser, pelo menos parcialmente, transferido ao equipamento de armazenamento de energia, tal como a bateria ou a rede. Por exemplo, essa energia recuperada a partir da célula pode ser usada em um estágio mais tardio, enquanto que se carrega a célula, uma célula diferente da pilha de células, ou por células diferentes na pilha. O conversor de energia recuperada pode ser referido como um conversor bi-direcional considerando-se que existem duas direções do fluxo de energia através do conversor. Por exemplo, a energia pode taxa de transferência fluir a partir da pilha para a rede, ou barramento, como da rede, ou barramento, para a pilha. Em algumas das formas preferenciais de realização para a presente invenção, o conversor pode recuperar a energia da célula que descarrega na forma de corrente contínua, no modo de operação de descarga e mais tarde transferir essa energia para a célula na forma de corrente contínua para que se carregue a célula a partir do estado de carga para um estado de descarga.

Fazendo-se novamente referência a figura 5, o fluxo alimentado saturado pode ser alimentado para a célula a partir de um recurso recuperado, tal como, por exemplo, o tanque de recuperação 46. Da forma como é ilustrada, durante o modo de operação de descarga, o tanque de recuperação pode definir um loop de retro-alimentação. O loop de retro-alimentação pode fornecer o fluxo de alimentação saturado para a célula e receber o fluxo de descarga a partir da célula. Devido ao fato de que o mesmo fluxo recircula através da célula durante cada passo de descarga, o fluxo alimentado e o fluxo descarregado se tornam cada vez mais saturados na medida em que os passos de descarga continuam. Eventualmente, o líquido que foi recirculado, que neste presente trabalho também é referido como “água regenerada” ou “líquido regenerado”, irá se tornar saturado de tal forma que a precipitação se inicia e a precipitação de sólidos 48 se inicia a formar. O precipitado pode ser filtrado de tal forma que este permanece nos tanques de regeneração. O precipitado pode vir a ser removido do tanque de regeneração enquanto a célula não está sendo descarregada. Deste modo, para remover o precipitado, o sistema também pode incluir uma unidade de separação cristal. Unidades de operação adequadas podem incluir uma centrífuga, uma membrana de filtragem, uma válvula de sangria, uma espumadeira, uma unidade de filtragem, ou uma unidade de evaporação. Por este método de remoção dos sólidos ou da mistura dos semi-sólidos, pode haver um desperdício de líquido de zero, ou muito próximo de zero, no sistema que é apresentado neste presente trabalho. Quando a taxa de precipitação no passo de descarga se iguala à taxa de remoção de sal, no passo da carga, o grau de supersaturação do fluxo concentrado não irá incrementar e o equipamento pode então ser estabelecido. De acordo com o sistema descrito, o volume da água descarregada pode não aumentar com o número de ciclos, e desta forma, a descarga de líquido do sistema é zero, ou muito próxima de zero. Na medida em que a precipitação ocorre na

descarga do tanque de regeneração, a célula que é empregada no sistema SCD pode operar em combinação com um cristalizador, ou um recipiente o qual funciona como um cristalizador, para que se melhore a cristalização devido à supersaturação, da forma como será descrita na sequência.

O sistema descrito pode operar com o uso da mesma água regenerada indefinidamente durante os ciclos de descarga, de tal forma que nenhum dejetado de líquido precise ser descartado. Mas quando o fluxo muda de a partir da água regenerada (o modo de descarga da operação), para a água de alimentação normal (modo de operação de carga), uma parte da água de regeneração que é retida nas células SCD durante o modo de operação de descarga pode se misturar no fluxo de alimentação durante o modo de operação de carga. Este efeito pode ter um efeito adverso na dessalinização. A magnitude desse adverso "efeito de mistura" depende da diferença da concentração entre a água de regeneração e o fluxo alimentado, da mesma forma que o volume da água regenerada que é retida nas células. Desta forma, se o fluxo alimentado contém sais solúveis com moderação, a concentração dos sais que são dissolvidos na água de regeneração pode não ser alta (na faixa de em torno de 0,1 ppm a em torno de 10.000 ppm) devido à precipitação continua. Neste caso, o tempo de reuso possível da água de regeneração pode não ter limites. No entanto, quando o fluxo de alimentação contém sais altamente solúveis, por exemplo, o cloreto de sódio, a concentração dos sais dissolvidos na água de regeneração pode ir a valores muito altos (na faixa de em torno de 20.000 ppm a até em torno de 200.000 ppm), onde que a penalidade do efeito de mistura no processo de dessalinização pode ser considerável. Para este caso, no caso da água de regeneração ser continuamente reutilizada, ciclo por ciclo, a concentração da água de regeneração pode ser incrementada até um ponto no qual a penalidade devido ao efeito de mistura equivale à capacidade de dessalinização no passo da carga, o que reduz, ou elimina, a capacidade de dessalinização bruta, nos ciclos seguintes de dessalinização.

Para que se reduza, ou se elimine a penalidade que advém do efeito de mistura, diversas abordagens podem vir a ser aplicadas. Uma das abordagens é a de se utilizar desvio em fase, ou seqüencial, para que se desvie o líquido para dentro do dispositivo de dessalinização supercapacitivo em um certo intervalo de tempo (por exemplo, 10 a 30 segundos) a frente do desvio do fluxo para fora do dispositivo de dessalinização supercapacitivo. Esta abordagem permite com que uma porção da água de regeneração contida nas células ao final do processo de descarga, venha a ser retirado para ora do tanque de regeneração, o que irá reduzir a penalidade que é associada com o efeito de mistura. Uma outra abordagem para que se reduza o efeito de mistura é o de se bombear ar, ou um outro gás, para dentro do dispositivo de dessalinização supercapacitivo e empurrar a água retida para fora tanto quanto for

possível antes do fluxo de alimentação ser reintroduzido no dispositivo de dessalinização supercapacitivo, durante o modo de operação de carga. Esta abordagem pode também reduzir a penalidade que é associada ao efeito de mistura. Ainda uma outra possível abordagem é a lavagem de água de alimentação. Por exemplo, ao fim do passo da  
5 descarga, uma certa quantidade do fluxo alimentado pode ser usado para lavar o dispositivo de dessalinização supercapacitivo antes do escoadouro do dispositivo de dessalinização supercapacitivo esteja alternando para depositar o resultado da saída de líquido durante o modo de operação de carga da operação para seu destino alvo (por exemplo, um tanque de diluído para o armazenamento de água dessalinizada/usável). A  
10 água que é usada para lavar o dispositivo de dessalinização supercapacitivo pode ser dirigida ao invés do tanque de regeneração ou para um recipiente separado. Caso esta abordagem venha a ser utilizada, alguma água de regeneração pode necessitar de ser removida do tanque de regeneração, para que se mantenha um volume fixo de água de regeneração. Para o uso durante a descarga. Um limitante desta técnica de lavagem  
15 entre ciclos pode ser que a recuperação de alguma água venha a ser perdida. Além do mais, qualquer uma dessas abordagens podem ser empregadas em combinação. Por exemplo, a lavagem com alguma água de alimentação seguida pela lavagem por meio de um fluxo de ar pode ser utilizado.

Uma consideração adicional do sistema apresentado por  
20 meio do presente trabalho envolve a “escalação”. A alta concentração de sal ou de soluto dissolvido no líquido de regeneração (por exemplo o fluxo de alimentação saturado e o fluxo de descarga) pode incrementar o potencial da escalação. Em uma das formas de realização para a presente invenção, um dispositivo de dessalinização supercapacitivo é carregado e descarregado de forma alternada, e um dispositivo de dessalinização  
25 supercapacitivo (e por consequência as células individuais) é exposto a ambos, o fluxo de alimentação normal e o fluxo de alimentação saturado de alta concentração, de forma alternada. Comparado com os sistemas RO, nos quais o fluxo concentrado sempre flui através de um espaçador concentrado durante a sua operação, a exposição reduzida e intermitente do dispositivo de dessalinização supercapacitivo para o fluxo de alimentação  
30 supersaturado reduz o potencial de escalação, quando comparado com o potencial de escalação dos sistemas RO.

O sistema SCD o qual foi descrito pode proporcionar a  
redução do escalonamento quando comparado com os sistemas ERD, também. Como com os processos de dessalinização SCD, as câmeras EDR são também expostas com  
35 diluído e concentrado de forma alternada. No entanto, é de amplo conhecimento que uma das maiores causas para que se escalonem os sistema EDR é a mudança do pH local devido à polarização das câmeras de diluição e o fato de que os OH<sup>-</sup> resultantes migram através da membrana de anions para a câmera de concentrado, onde que a

concentração taxa de transferência dos ânions quanto dos cátions são muito altas e a precipitação ocorre primeiramente sob certas condições. Como poderá ser percebido por todos aqueles indivíduos com fluência na arte, no processo SCD, não existe nem a polarização nem a mudança no pH local, durante os passos da descarga, e desta forma o

5 risco de escalonamento diminui.

O dispositivo de dessalinização supercapacitivo pode possuir tanques de diluídos e de concentrados de forma alternada, um do outro. A concentração da água diluída limita a corrente operacional durante a operação de um sistema EDR; em contraste com a concentração a água diluída, somente limitando a

10 corrente no dispositivo de dessalinização supercapacitivo durante os passos de carga. Esta característica faz com que a operação do dispositivo de dessalinização supercapacitivo seja relativamente mais flexível do que a operação dos sistemas EDR. Por exemplo, corrente baixas de operação com longos períodos de carga podem vir a ser empregados durante os passos de carga no dispositivo de dessalinização

15 supercapacitivo para que se evite a polarização, enquanto que maiores as correntes de operação são empregadas durante pequenos intervalos de descarga. Esta relação pode vir a ser empregada enquanto que se mantém a mesma saída durante um ciclo, o qual pode reduzir o risco de escalonamento através de menos polarização e menor exposição de tempo aos líquidos de maiores concentrações.

Fazendo-se agora referência a figura 6, um diagrama de blocos de um sistema SCD 50 de acordo com uma das formas preferenciais de realização para a presente invenção é ilustrado. Da forma como foi acima descrito, o sistema SCD 50 inclui uma unidade SCD 52 a qual inclui uma ou mais células SCD

20 dispostas em uma configuração de pilha. Durante o modo de operação de carga, um fluxo de alimentação 54 é dirigido para o engaste 62 da unidade SCD 52 através da válvula 64 e para um destino desejado. De fato, o diluído desionizante 60 pode vir a ser dirigido para um tanque de diluído (que não é exibido) para o uso. De uma forma alternativa, o fluxo diluído pode vir a ser redirecionado para dentro de um sistema SCD como o fluxo de alimentação para processamento adicional; e o fluxo diluído pode vir a

25 ser dirigido para um sistema de dessalinização diferente, tal como um sistema RO, para o processamento adicional. Da forma como foi descrita acima, o fluxo diluído é menos salino do que o fluxo que é alimentado.

Durante o modo de operação de descarga, um fluxo de alimentação saturado 66 é dirigido para o engaste 56 da unidade SCD 52. O fluxo de

35 alimentação saturado 66 é propiciado por meio de um tanque de regeneração 68 através da válvula 70 e da válvula 58. Da forma como foi discutida acima, o tanque de regeneração 68 inclui líquidos saturados e supersaturados para o uso durante o modo de operação de descarga. O fluxo de alimentação saturado 66 é dirigido através da unidade

SCD 52 para o escoadouro 62, onde que é retro-alimentado para o tanque de regeneração 68, como um fluxo de descarga 72, através da válvula 64. De forma como foi descrita acima, o fluxo de descarga é mais salino do que o fluxo de alimentação saturado. Quando a taxa de precipitação no passo de descarga se iguala a taxa de remoção de sal ao passo de carga, o grau de supersaturação do fluxo concentrado circulando entre o tanque de regeneração e a unidade SCD não irá aumentar mais nada e o equilíbrio irá ser estabelecido. O volume de água descarregada necessária não irá aumentar com o número de ciclos, e desta forma, a descarga de líquido do sistema pode ser zero, ou de um valor muito próximo de zero. Independentemente, a maior parte dos rejeitos será constituída por rejeitos de materiais sólidos, os quais podem ser removidos através do escoadouro de rejeitos 74, no tanque de regeneração.

Enquanto que o sistema descrito acima pode ser o adequado para a maioria das aplicações, o sistema pode, de uma forma opcional, incluir um evaporador 78 e/ou um cristalizador 80 para propiciar 100 por cento da recuperação da água. O evaporador 78 e o cristalizador 80 podem ambos virem a ser empregados, da forma como é ilustrada por meio da figura 6, ou somente um deles ser utilizados, ou ambos podem vir a serem combinados em um único sistema de evaporação e de cristalização. De acordo com a forma de realização para a presente invenção que é ilustrada, ao fim do fluxo de descarga, uma certa quantidade de fluxo de alimentação é alimentado para dentro da unidade SCD através da válvula. O fluxo de saída é dirigido através do escoadouro para dentro do tanque de regeneração através da válvula. Para manter um volume constante no tanque de regeneração, uma quantidade correspondente de líquido no tanque de regeneração pode vir a ser alimentada para dentro do evaporador através da válvula e do caminho do fluxo. Este líquido pode ser altamente concentrado (por exemplo, 10 a 30% do peso) depois da evaporação no evaporador, o qual então pode ser alimentado para o cristalizador por meio do caminho do fluxo. O cristalizador pode ser um cristalizador térmico, tal como um secador, por exemplo. O cristalizador produz rejeitos sólidos 84 os quais podem ser eliminados por meios convencionais.

O controle de cada uma das válvulas 58, 64 e 70 pode ser pré-determinada e/ou controlado por meio de um controlador externo (que não é exibido) para proporcionar a funcionalidade que é a adequada do sistema de controle do fluxo de líquido através do sistema. Além do mais, em uma das formas de realização para a presente invenção alternativa, diversos engastes e escoadouros podem ser fornecidos com a unidade SCD de tal forma que cada fonte do líquido que flui para dentro da unidade SCD possui um caminho para o engaste respectivo e que cada destino para o líquido que flui para fora da unidade SCD possui um caminho respectivo para o escoadouro. Além do mais, (mesmo que não é exibido), outros mecanismos, tais como

bombas podem ser usados para retirar água através da unidade SCD de / para outros componentes do sistema.

Os exemplos que se seguem são inclusos para propiciar uma guia adicional à todos aqueles indivíduos com fluência ordinária na arte na prática da presente invenção reivindicada.

#### EXEMPLO 1

Um sistema de teste 86 da forma como é exibido por meio da figura 7 é empregado. O sistema de teste 86 inclui uma unidade SCD 88, um tanque de diluído 90 e um tanque de regeneração 92. O tanque de diluído 90 é empregado para propiciar um fluxo de líquido alimentado para dentro da unidade SCD 88 durante o modo de operação de carga. Uma bomba 94 é empregada para que se faça o bombeamento o líquido alimentado através da unidade SCD 88 durante o modo de operação de carga. O tanque de regeneração 92 é usado para fornecer um fluxo de líquido alimentado para a unidade SCD 88 durante o modo de operação de descarga. Uma bomba 96 é empregada para que se bombeie o líquido alimentado através da unidade SCD 88 durante o modo de operação de descarga.

Uma primeira experiência é realizada com o uso de água e  $\text{CaSO}_4$ . Tendo em vista que o  $\text{CaSO}_4$  é considerado como o mais notável dos sais inorgânicos e o qual a precipitação é o maior obstáculo ao processo de membranas que opera a maiores recuperações (Por exemplo, os sistemas RO), uma solução quase saturada de  $\text{CaSO}_4$  (2.025 ppm, saturação de 96,3%) é empregada para ambos, o modo de operação de carga (fluxo de alimentação) e o modo de operação de descarga (fluxo de alimentação saturado). O volume da água carregada é de 2.000 ml enquanto que o da água regenerada é de 250 ml. O processo é operado sob o modo de lote (isto é, tanto a água carregando quanto a água de regeneração são circuladas em ciclos sucessivos, com a taxa de fluxo de em torno de 100 ml/minuto).

Uma unidade SCD (88) com uma única célula é usada para conduzir os experimentos. Os eletrodos, com uma área efetiva de 16 cm por 32 cm, o qual é constituído por carbono ativado e uma rede de titânio como o material ativo e o coletor de corrente, de forma respectiva. Uma rede espaçadora plástica, com uma espessura de 0,95 mesmo é colocada entre os dois eletrodos. Para bloquear os íons contrários e incrementar a eficiência da corrente, uma membrana para a troca de anions e uma membrana para cátions são colocadas entre os eletrodos e em cada lado do espaçador. Um instrumento eletro químico, neste exemplo de teste, uma bateria, é conectado aos dois eletrodos da célula. Com o lado da membrana de anions como sendo o pólo positivo e o lado da membrana de cátions como o pólo negativo. Um sistema adequado de testes por bateria é comercialmente disponível do Kingnuo Electronic, Inc. (Wuhan, China).

Da forma como é exibida por meio da figura 7, o diagrama de fluxos dos experimentos, quatro válvulas de esfera 98, 100, 102 e 104 são instaladas nos engastes e nos escoadouros da unidade SCD 88, para que se controle o fluxo que vai para dentro e para fora da unidade SCD 88. Válvulas de agulha 106 e 108 são também empregadas para que se tenha um controle mais preciso do fluxo do líquido para dentro e através do sistema de teste 86. A temporização da carga e da descarga elétricas é controlada por meio de um instrumento eletro químico. No experimento que é descrito, cada ciclo inclui um passo de carga com uma corrente constante (600 mA), seguido de um tempo de descanso de 1 minuto. Após o tempo de descanso de 1 minuto, o ciclo continua com passo de descarga e uma corrente constante de 600 mA por 10 minutos, seguido por um outro tempo de descanso de 1 minuto. O ciclo é então repetido.

Nos passos onde ocorre a carga, a água de carga no tanque de diluído 90 se encontra circulando a unidade SCD 88 por meio da abertura da válvula em esfera 98 e a válvula em esfera 102 e pelo fechar da válvula em esfera 100 e da válvula em esfera 104. Nos passos referentes à descarga, PS estados de abertura e fechamento das válvulas em esfera 98, 100, 102 e 104 são invertidos, de tal forma que a válvula em esfera 98 e a válvula em esfera 102 se encontram fechadas e a válvula em esfera 100 e a válvula em esfera 104 se encontram abertas, para que se permita com que a água de regeneração no tanque de regeneração 92 possa circular através da unidade SCD 88. Para que se possa minimizar a mistura indesejável da água de carga e da de regeneração durante os deslocamentos entre os passos de carga de descarga, ar é bombeado para dentro da unidade SCD 88 a cada passo de descanso para minimizar a água retida na célula que venha resultar do passo anterior. Da forma como foi descrita acima, cada ciclo toma em torno de 22 minutos (10 minutos para o passo da carga, 10 minutos para o passo da descarga e dois passos de espera de 1 minuto cada). Mais de 30 ciclos são conduzidos simultaneamente para que se investigue a dessalinização da água de carga e a evolução da condutividade para a água de regeneração, da mesma forma que da cristalização e do efeito de mistura.

Durante o processo o qual é presentemente descrito, a condutividade da água de carga é monitorada ao fim de cada passo. A figura 8 ilustra a evolução da concentração na água de carga pelos 30 ciclos. A concentração de sal resultante em partes por milhão (ppm) é indicada ao longo do eixo 110, versus i ciclo, o qual é indicado ao longo do eixo 112. Da forma como é indicada na curva de acompanhamento da concentração de sal 114, a concentração da água de carga diminui com cada ciclo, o que resulta em uma redução na concentração de em torno de 2.000 ppm para em torno de 500 ppm, após os 30 ciclos. Da forma como é indicada ao longo do eixo 116, a remoção bruta de sal em gramas a cada ciclo também é acompanhada. Da forma como é indicada na curva de melhor ajuste da remoção de sal camada física

(PHY) 118 a quantidade de sal que é removida em cada ciclo é distribuída sobre uma faixa relativamente estreita (entre em torno de 0,07 g e 0,16 g), especialmente na parte posterior da sequência do experimento. Desta forma, a capacidade de remoção de sal da unidade SCD 88 mostrou uma degradação sobre os 30 ciclos que foram conduzidos.

5 A evolução da condutividade na água de regeneração por 30 ciclos é ilustrada na figura 9. O gráfico ilustra a condutividade medida (mS/cm), indicada por meio do eixo 120, o percentual calculado de saturação, que é indicado por meio do eixo 122, a cada ciclo, que é indicado por meio do eixo 124. Como será observado, a condutividade é uma medida da quantidade de sal dissolvido na água, da qual o percentual de supersaturação da água de regeneração pode ser calculada. Como  
10 é ilustrado por meio da plotagem 126 referente à condutividade, a condutividade da água de regeneração é rapidamente aumentada nos primeiros poucos ciclos, enquanto que o novo de supersaturação da água de regeneração é relativamente baixo, da forma como é indicada por meio da plotagem de saturação 128. No entanto, na medida em que o novo  
15 de supersaturação cresce, a taxa de incremento da condutividade diminui devido ao aumento da precipitação de sal a maior supersaturação, enquanto que a mesma quantidade de sal dissolvida é liberada para o fluxo concentrado em cada passo de descarga.

Da forma como é ilustrada por meio da figura 9, duas  
20 repentinas quedas na condutividade dos passos de descarga ao final do décimo ciclo e do trigésimo ciclo são observados, o que representa dois longos passos de descanso durante a experiência (em torno de 12 por uma noite e 64 horas por um fim de semana, de forma respectiva). De forma como é indicada, uma quantidade considerável de sal cristalizado e de sal precipitado deixa a água supersaturada durante o longo período de  
25 descanso, o que resulta em uma queda na concentração dos sais que se encontram dissolvidos. A cristalização será discutida em maior riqueza de detalhes na seção que se segue. No entanto, deve ser ressaltado que mesmo durante um breve período, isto é, o tempo do passo de carga, quando a água de regeneração se encontra em descanso, a condutividade de água de regeneração decrementa vagarosamente. Em um exemplo, a  
30 condutividade da água de regeneração decrementa de 7.69 mS/cm para 7,67 mS/cm após um repouso de 8 minutos. Isto indica que a precipitação está ocorrendo todo o tempo, incluindo durante os passos de carga e de descarga.

Da forma como foi acima discutida, a supersaturação as  
35 água de regeneração incrementa na medida em que o numero de ciclos é aumentado. Ao final do décimo ciclo, algumas partículas são observadas ao fundo do tanque de regeneração 92. Depois de um descanso de 2 horas, a precipitação ao fundo do tanque de regeneração 92 aumenta de uma forma significativa. Após um descanso de 12 horas (o transcorrer da noite), a quantidade de precipitado é ainda mais aumentada enquanto



que a condutividade da água de regeneração diminui. O resultado obtido por um microscópio de eletro varredura (SEM) é utilizado para analisar o volume de precipitados, o que se provou como sendo  $\text{CaSO}_4$ , quando analisado por meio do método de difração por raios-X.

Um outro fenômeno interessante o qual é notado é que o material empregado para construir o tanque de regeneração 92 parece ter sofrido um efeito no processo de cristalização. Duas colunas cilíndricas definem o tanque de regeneração 92 e mantém a água de regeneração nos experimentos. A primeira coluna é um cilindro de vidro de 250 ml, o qual é usado para o teste de 30 ciclos o qual foi discutido acima. Depois de 30 ciclos, que água de regeneração é transferida para uma outra coluna que é feita de um material a base de polímero (PMMA). Faz-se a circulação por outros 10 ciclos com a mesma are na coluna de polímero. A figura 10 traz a ilustração de um gráfico o qual compara a evolução da condutividade da água de regeneração na coluna de vidro com a da coluna de polímero, durante ciclos sucessivos. A condutividade (mS/cm) é indicada ao longo do eixo y 132 e o número de ciclos é indicado ao longo do eixo x 134. Da forma como é ilustrada, a condutividade da água de regeneração na coluna de polímero aumenta mais rapidamente com relação àquela da coluna de vidro. Isto é indicado por meio da plotagem de condutividade 136 (vidro orgânico) comparada com a plotagem 130 da condutividade (vidro). A cristalização pode ser difícil na coluna de polímero, e o uso daquele tipo de material na construção do tanque de regeneração pode afetar a eficiência do sistema. A superfície de vidro pode aumentar a polaridade com relação às superfícies de polímeros, o que é favorável para a formação de núcleos de sais inorgânicos.

Materiais diferentes são usados dentro do tanque de regeneração 92 e do encanamento. Em uma das formas de realização para a presente invenção, o tanque de regeneração 92 pode ser alongado, possuindo uma primeira e uma segunda terminações, e cada terminação pode ser construída a partir de um material diferente. Durante o uso, a primeira terminação pode ser a de cima, ou o topo com relação a segunda terminação, a qual pode ser mais abaixo, ou então ao fundo. Um primeiro tipo de material é usado à primeira terminação do tanque de regeneração 92. Um outro tipo de material é usado para a segunda terminação do tanque de regeneração 92.

A zona de cristalização do tanque de água de regeneração é menor do que a do tanque de regeneração onde que as partículas cristalizadas se juntam e ficam. Materiais adequados para a construção podem incluir, por exemplo, compostos inorgânicos como a estrutura ou como a filtragem a qual constitui uma superfície interior do tanque de regeneração. Entre os materiais adequados podem-se incluir a cerâmica, os metais e o vidro. O material a base de polímero pode ser usado como o material para

a zona de clarificação do recipiente, onde que a água clara, saturada ou supersaturada é alimentada para dentro de unidade SCD. Matérias a base de polímeros adequados podem ser obtidos a partir dos plásticos de engenharia. O uso de filtragem, ou de camisa, pode permitir a construção do tanque de regeneração por meio do uso de um único material, com um pós tratamento em uma em uma superfície interna de algum outro material.

## EXEMPLO 2

Como foi observado, a supersaturada da água de regeneração pode ser de até 600 por cento (veja a figura 9). Apesar do que o processo SCD exibe uma boa tolerância na supersaturada para a água de regeneração, um nível de saturação pode ser benéfico e pode exibir uma penalidade de um baixo índice de mistura e menor risco de escalonamento. Para demonstrar, areia é colocada no tanque de regeneração. A altura da areia na coluna de regeneração é de em torno de 25 cm. A areia é peneirada para que tenha uma granularidade na faixa de em torno de 1 mm a até em torno de 3 mm. A areia peneirada é lavada com água deionizada diversas vezes antes de ser colocada na coluna. Durante os passos de descarga, a água de descarga é bombeada para fora a partir do fundo da coluna e bombeada para o engaste da unidade SCD. O fluxo de regeneração a partir do escoadouro da unidade SCD é de retro-alimentado em loop, de volta para o tanque de regeneração.

A figura 11 ilustra os perfis de condutividade (o eixo y 140) versus o ciclo (o eixo x 142) para ambos os fluxos de diluídos 144 a partir do ciclo de carga e do fluxo concentrado 146, durante o ciclo de descarga. A figura 11 ilustra como a condutividade do fluxo de diluído 144 diminui pelos ciclos, exceto pelo salto ao fim do vigésimo ciclo, onde que a água de carga original é substituída por um outro tanque fresco. A condutividade do fluxo concentrado 146 demonstra um aumento relativamente veloz nos primeiros ciclos enquanto que tende a ser constante durante os ciclos subseqüentes. As duas quedas (ao ciclo 10 e ao ciclo 16) são devidas aos longos tempos de repouso. O primeiro longo intervalo de repouso é devido a um passo de repouso de 45 minutos, enquanto que a segunda queda é devida a um tempo de repouso de 12 horas. Essas tendências são muito similares as tendências que são observadas em experimentos sem o leito de areia. Os precipitados são observados no topo do leito de areia, na coluna de regeneração.

Quando se compara a supersaturação das águas de regeneração com a areia e sem a areia na coluna de regeneração, da forma como é ilustrada por meio da figura 12, a diferença pode ser significativa. A figura 12 ilustra a condutividade (o eixo y 148) versus o ciclo (o eixo x 150) do fluxo concentrado, com e sem areia, no tanque de regeneração. Apesar de que em ambos os casos a condutividade da água de regeneração tenda a ser constante a medida em que os ciclos

vão se passando, a supersaturação absoluta das de regeneração nestes dois caos (o com e o sem a areia) diferem. De uma forma específica, um equilíbrio muito menor de condutividade pode ser observado quando a areia se encontra presente no tanque de regeneração, da forma como é ilustrada por meio da plotagem 154, do que quando não se coloca areia no tanque de regeneração, da forma como é indicada por meio da plotagem 152. O mecanismo que se encontra por trás deste fenômeno pode ser o que a areia propicia muitos pontos de germinação ou geração de núcleos. Os pontos de geração de núcleos melhoram a precipitação na água de regeneração. Uma outra função do leito de areia é que este serve como uma camada de filtragem para a água de regeneração. Devido a alta supersaturação, podem existir muitos pequenos cristais em suspensão na água de regeneração, os quais são filtrados pela areia antes que entrem na unidade SCD durante os passos de descarga. Além do leito de areia, outras tecnologias de melhoramento de cristalização podem incluir a precipitação forçada, a melhoria da germinação de cristais, a melhoria nos campos magnéticos, a precipitação química, o controle do pH, o controle contra o escalonamento, e outros similares.

### EXEMPLO 3

As experiências previamente descritas (o EXEMPLO 1 e o EXEMPLO 2) são conduzidos com o uso do  $\text{CaSO}_4$  na água. No exemplo 3, água sintética com uma concentração de 2 vezes da que é a da cidade de Los Angeles é produzida e testada, a composição da água sintética é exibida na tabela 1.

Tabela 1. Composição da água sintética

Sais	$\text{CaCl}_2$	$\text{CaSO}_4$	$\text{MgSO}_4$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{Na}_2\text{HCO}_3$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Total
Concentração (ppm)	224,3	264,1	252,5	284,1	379,7	14,8	1.419,5

A água que é usada no exemplo 3 é pesada e pode ser vista e pode ser vista como o concentrado da planta RO de tratamento de água de Los Angeles, com uma recuperação de 50% da água, por exemplo. Antes das experiências, um teste automatizado com válvulas solenóides para chaves automatizadas é construído. Durante as experiências, os volumes de água de carga e de água de regeneração são de 4.500 ml e de 200 ml, de forma respectiva. O resultado dos testes são similares aos resultados das experiências descritas anteriormente, nos termos dos perfis de condutividade, para a água de carga e a água de regeneração. Pequenas partículas de precipitação são observadas no leito de areia. Uma diferença é que a condutividade da água de regeneração continua a aumentar para um valor como em torno de 16 miliSiemens por centímetro (mS/cm), enquanto que os experimentos com o uso de sulfato de cálcio na água em nível abaixo de 10 mS/cm. Este efeito pode ser devido à presença de sais altamente solúveis tais como o cloreto de sódio. Algumas vezes, a presença de sais altamente solúveis é menos desejável para o processo devido ao efeito

de mistura, o qual demonstra um declínio gradual da capacidade de dessalinização com as repetições da ocorrência de ciclos.

Fazendo-se agora referência a figura 13, um sistema de dessalinização 160 inclui um primeiro subsistema 162 e um segundo subsistema 164. Cada um dos subsistemas podem ser um sistema de tratamento de água. O primeiro subsistema 162 pode ser um sistema de osmose reversa, e o subsistema 164 pode ser um sistema de dessalinização supercapacitivo. Em uma das formas de realização para a presente invenção, o segundo subsistema também pode ser um sistema ZLD – SCD. Adicionalmente, o 10 subsistema pode ser localizado na planta de tratamento da água, enquanto que o segundo subsistema pode ser localizado em posição remota com relação à planta de tratamento.

O primeiro subsistema recebe um fluxo de alimentação 166 (fluxo de entrada) o qual deve ser dessalinizado, ou tratado, e gera dois fluxos de saída. o primeiro subsistema produz um primeiro fluxo diluído 168 o qual possui sólidos dissolvidos, ou em suspensão, em relação relativamente baixa quando comparado com o fluxo de alimentação. O fluxo diluído pode ser usado para o consumo humano, por exemplo. O primeiro subsistema produz um segundo fluxo concentrado 170 o qual possui um valor relativamente maior de sólidos em suspensão (mais salino) do que o fluxo de alimentação. O fluxo concentrado recebe a referência de fluxo de saída ou água residual. Caso o primeiro subsistema 162 se encontre em uma planta de tratamento, o segundo subsistema 164 é possui uma localização remota, o segundo subsistema pode tratar o que poderia de uma outra forma ser considerada água rejeitada (a qual necessita ser eliminada) da planta de tratamento.

O segundo subsistema 164 recebe o fluxo concentrado que flui para fora a partir do primeiro subsistema, e pode dessalinizar, ou de outra forma tratar o fluxo concentrado. O segundo subsistema 164 pode incluir um SCD ou um sistema ZLD – SCD. O segundo subsistema 164 produz dois fluxos que saem: um fluxo diluído 172 o qual possui uma concentração de sólidos dissolvidos, ou suspensos, relativamente baixa (menos salina) do que o fluído concentrado. O fluxo dissolvido pode ser disponível para o consumo humano, por exemplo. O segundo subsistema também produz um fluxo residual, ou fluxo de descarga 174. O fluxo de descarga pode ser de resíduo líquido, tal como um fluxo concentrado o qual possui uma alta salinidade, maior do que o fluxo concentrado. De uma forma alternativa, no caso de um sistema ZLD – SCD, o fluxo de descarga pode ser uma mistura, um semi-sólido, ou um rejeito sólido, ou um rejeito em sua maior parte sólido. Por exemplo, o segundo subsistema pode possuir um volume relativo o qual é menos do que 10 % do volume de fluxo concentrado (em torno de 90 por cento do fluxo concentrado é dessalinizado e convertido para o fluxo diluído). Ainda, o segundo subsistema pode desperdiçar menos do que 1 por cento do fluxo concentrado

(99 por cento do fluxo concentrado é dessalinizado e convertido para o fluxo diluído). Alguma parte, ou todo o fluxo diluído pode ser retro-alimentado de volta para o primeiro subsistema por meio do caminho de retro-alimentação 176, para processamento adicional.

Fazendo-se agora referência a figura 14, um sistema de dessalinização 160 é fornecido e o qual inclui um primeiro subsistema 162 e um segundo subsistema 164. Na forma de realização para a presente invenção que é ilustrada, o primeiro subsistema inclui sistema de osmose reversa (RO) de dupla passagem de água salobra o qual possui uma primeira unidade RO 178 e uma segunda unidade RO 180. A primeira e a segunda unidade RO, em conjunto, definem o sistema RO de uma planta de dessalinização. Um fluxo de alimentação 166 para a primeira unidade RO 178 produz dois fluxos que saem: um fluxo diluído limpo 168 e um sub-fluxo concentrado 182. O fluxo diluído limpo 168 pode vir a ser consumido, ou então usado em uma aplicação final a qual necessite de água pura. O sub-fluxo concentrado 182 pode ser direcionado para a segunda unidade RO 180 como um fluxo que entra para uma dessalinização adicional. Como com a primeira unidade RO 178, a segunda unidade RO 180 produz dois fluxos que saem: um fluxo limpo diluído (também indicado por meio do número de referência 168), o qual pode ser usado ser desviado para o consumo ou o uso em aplicações que necessitam de água pura, e um fluxo concentrado (também indicado pelo número de referência 170). Em algumas plantas de tratamento, ou sistemas de tratamento, o segundo fluxo concentrado 170 é água rejeitada a qual necessita de tratamento adicional.

O primeiro subsistema pode ser um sistema RO de dupla passagem, e pode ser combinado com o segundo subsistema 164 em série, para que receba o segundo fluxo concentrado 170 de uma planta de tratamento. Na forma de realização para a presente invenção que é ilustrada, o segundo subsistema 164 inclui um sistema descarga de líquido zero – célula de dessalinização supercapacitiva (ZLD – SCD). O sistema descarga de líquido zero – célula de dessalinização supercapacitiva (ZLD – SCD) inclui uma unidade SCD 184 e um tanque de regeneração 186 o qual pode vir a ser empregado para que se gerencie o segundo fluxo concentrado 170. A unidade SCD e a unidade de regeneração são dispostas em uma configuração de retro-alimentação tal que um fluxo de descarga (tanto na forma concentrada como na forma superconcentrada) circula entre a unidade SCD e o tanque de regeneração, quando a unidade SCD se encontra no modo de operação de descarga. O segundo subsistema inclui a unidade SCD sem o tanque de regeneração. Nesta forma de realização para a presente invenção alternativa, o rejeito 174 pode incluir relativamente mais líquido do que se um tanque de regeneração for empregado.

No sistema de dessalinização 160 da figura 14, a recuperação de água aumenta além daquele de um sistema o qual incorpora somente o

sistema de duas passagens RO. Por exemplo, uma planta RO incorpora um sistema de duas passagens RO com 75 por cento de recuperação de água mais uma unidade de gerenciamento de concentrado SCD com 90 por cento de recuperação de água irá produzir  $1 - (1 - 0,75) \times (1 - 0,90) = 9,75$  por cento de recuperação de água para todo o sistema. O aumento relativo na recuperação de água pode ser benéfico para a operação da planta de dessalinização. De acordo com uma outra forma de realização para a presente invenção, as unidades RO podem fazer parte de uma planta de dessalinização, ou um sistema de separação, onde que a água rejeitada liberada da unidade RO (fluxo concentrado 170) é enviado para o segundo subsistema compreendendo uma unidade SCD ou uma unidade ZLD – SCD. Desta forma, a unidade ZLD – SCD do segundo subsistema pode ser empregada para que se gerencie a água rejeitada de uma planta de tratamento estabelecida.

No sistema de dessalinização ilustrado, o concentrado do RO é recuperado em parte como água de produção (um fluxo diluído), a taxa do fluxo do fluxo de alimentação 166 pode ser decrementada de acordo. Devido ao decremento na taxa do fluxo do fluxo de alimentação, a água concentrada que é de fato tratada pelo segundo subsistema 164 (segundo fluxo concentrado 170) também é decrementada. Comparada com o sistema original de RO de duas passagens, pode haver um benefício econômico do sistema RO, se for assumido que o custo do capital é proporcional à taxa de fluxo do fluxo de alimentação.

Em uma forma de realização para a presente invenção alternativa, a qual é ilustrada por meio da figura 15, o fluxo diluído 172 do segundo subsistema 164 é retro-alimentado no primeiro subsistema 162 para uma dessalinização adicional. Isto é, ao invés de dirigir o fluxo diluído 172 para o uso como água pura, ou para o consumo, o fluxo diluído 172 pode receber um tratamento de uma dessalinização adicional ao primeiro subsistema 162. O fluido diluído produzido a partir da unidade SCD quando a unidade SCD se encontra no modo de operação de carga, é dirigido de volta para a entrada da segunda unidade RO 180.

Esta forma de realização para a presente invenção permite um tratamento adicional do fluxo diluído. Além do mais, esta forma de realização para a presente invenção reduz a necessidade para o armazenamento de água pura, ou a eliminação ao segundo subsistema. Esta configuração operacional pode vir a ser útil quando o primeiro subsistema é uma planta de tratamento de água e produção de água pura, enquanto que o segundo subsistema trata e gerencia água concentrada, ao invés de ter que lidar com água fresca (o fluxo diluído) o qual tem que ser produzido. Depois do tratamento, ao primeiro subsistema, o fluxo diluído 172 pode ser dirigido para o uso de água fresca ao longo com o fluxo diluído limpo 168.

As formas de realização para a presente invenção descritas

neste presente trabalho são exemplos de composições, de estruturas, de sistemas, e de métodos possuindo elementos da presente invenção relatados nas reivindicações. Esta descrição por escrito habilita a todos aqueles indivíduos com fluência ordinária na arte de fazer e usar as formas de realização, com elementos alternativos os quais igualmente correspondem a elementos da presente invenção relatados nas reivindicações. O escopo da presente invenção, desta feita, inclui as composições, as estruturas, os sistemas e os métodos que não se diferem da linguagem literal das reivindicações, e que adicionalmente incluem outras estruturas, outros sistemas e outros métodos com diferente não substancial da linguagem literal das reivindicações. Enquanto que somente certas características e formas de realização foram ilustradas e representadas neste presente trabalho, muitas modificações e alterações podem ocorrer a todos aqueles indivíduos com fluência ordinária na arte relevante. As reivindicações que estão anexas cobrem todas essas modificações e alterações.

### Reivindicações

1. Método para o tratamento de líquidos **caracterizado** pelo fato de compreender:

- descarregar um soluto de um eletrodo dirigido a soluto em um fluxo líquido de descarga, sendo que o fluxo líquido de descarga possui uma concentração relativamente maior de soluto do que o fluxo de alimentação a partir do qual o eletrodo dirigido a soluto ganhou o soluto.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato no qual o eletrodo é um eletrodo supercapacitor, e compreende adicionalmente a absorção do soluto a partir do fluxo de alimentação para o eletrodo para que se forme um eletrodo dirigido ao soluto e um fluxo de saída, onde que o fluxo de saída possui uma concentração de soluto a qual é relativamente menor do que o fluxo de alimentação.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de adicionalmente compreender o loop de um fluxo líquido de descarga de tal forma que o fluxo flua através do eletrodo mais de uma vez, antes que saia de um compartimento o qual abriga o eletrodo.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de adicionalmente compreender armazenar a energia ao eletrodo no primeiro modo de operação, e recuperar a energia do eletrodo em um segundo modo de operação.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato onde que o eletrodo é um eletrodo com carga positiva, e o soluto possui carga negativa.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato no qual a descarga compreende supersaturar o fluxo de líquido de descarga.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, ainda **caracterizado** pelo fato de compreender o reduzir do conteúdo de água do fluxo líquido de descarga.

8. Sistema de dessalinização, **caracterizado** pelo fato de compreender:

- um primeiro subsistema; e

- um segundo subsistema em comunicação de fluido com o primeiro subsistema, onde que o segundo subsistema compreenda um meio para descarregar um soluto a partir de um eletrodo orientado a soluto, para um fluxo líquido de descarga, onde que o fluxo líquido de descarga possui uma concentração relativamente maior do soluto do que um fluxo de alimentação orientado ao soluto, a partir do qual o eletrodo orientado a soluto ganhou o soluto.

9. Sistema de tratamento **caracterizado** pelo fato de



compreender:

- um primeiro subsistema;
- um segundo subsistema em comunicação de fluido com o primeiro subsistema; e
- um controlador em comunicação com o segundo subsistema, no qual em resposta a um sinal do controlador do segundo subsistema, descarregue um soluto de um eletrodo dirigido a soluto em um fluxo de líquido de descarga, onde o fluxo líquido de descarga possui uma concentração relativamente maior do que um fluxo de alimentação dirigido a soluto, do qual o eletrodo dirigido a soluto ganhou o soluto.

10. Sistema de dessalinização, **caracterizado** pelo fato de

compreender:

- uma unidade de dessalinização supercapacitiva a qual opera em um modo de operação de carga e um modo de operação de descarga;
- uma fonte de alimentação configurada para fornecer um fluxo de alimentação para uma unidade de dessalinização supercapacitiva quando a unidade de dessalinização supercapacitiva se encontra no modo de operação de carga; e
- uma fonte de regeneração configurada para fornecer um fluxo de alimentação saturado ou um fluxo de alimentação supersaturado para uma unidade de dessalinização supercapacitiva quando a unidade de dessalinização supercapacitiva se encontra no modo de operação de descarga.

11. Sistema de dessalinização **caracterizado** pelo fato de

compreender:

- uma unidade de dessalinização supercapacitiva,
- um primeiro caminho de escoamento de líquido compreendendo um primeiro loop de retro-alimentação para guiar o líquido através da unidade de dessalinização supercapacitiva quando Sistema se encontrar em um primeiro modo de operação; e
- um segundo caminho de escoamento de líquido compreendendo um segundo loop de retro-alimentação para guiar o líquido através da unidade de dessalinização supercapacitiva quando Sistema se encontrar em um segundo modo de operação.

12. Método para o tratamento de um líquido, **caracterizado**

pelo fato de compreender:

- alimentar um primeiro fluxo de líquido a partir de uma primeira fonte, através uma unidade de dessalinização supercapacitiva durante o modo de operação de carga para um primeiro período de tempo; e
- alimentar um segundo fluxo de líquido a partir de uma segunda fonte, através uma unidade de dessalinização supercapacitiva durante o modo de operação de descarga para um segundo período de tempo.

FIG. 1

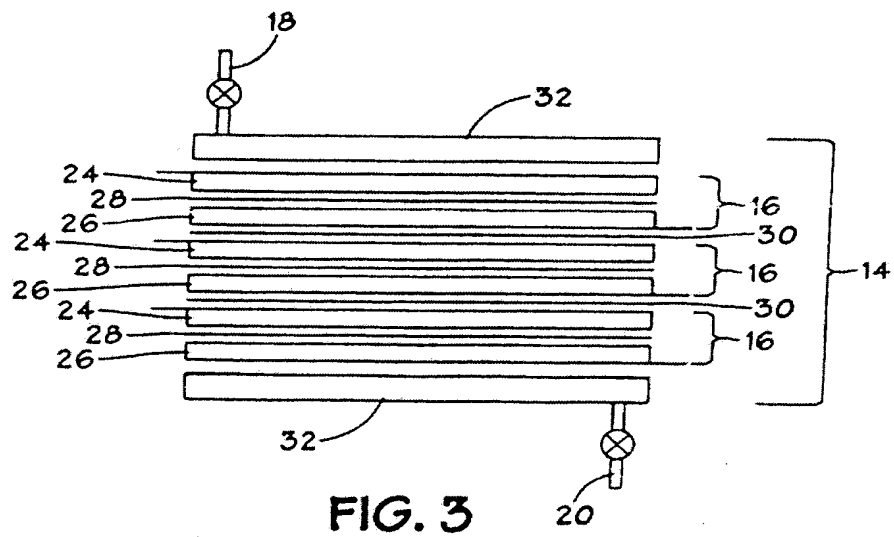
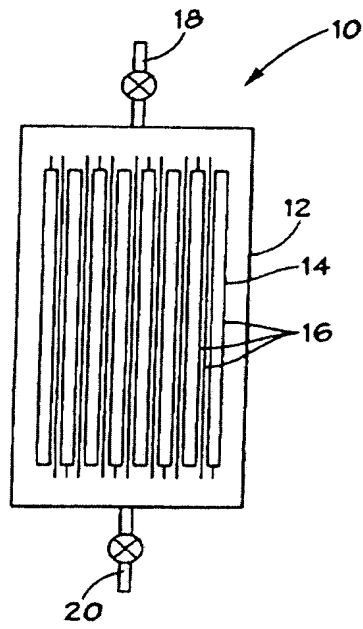
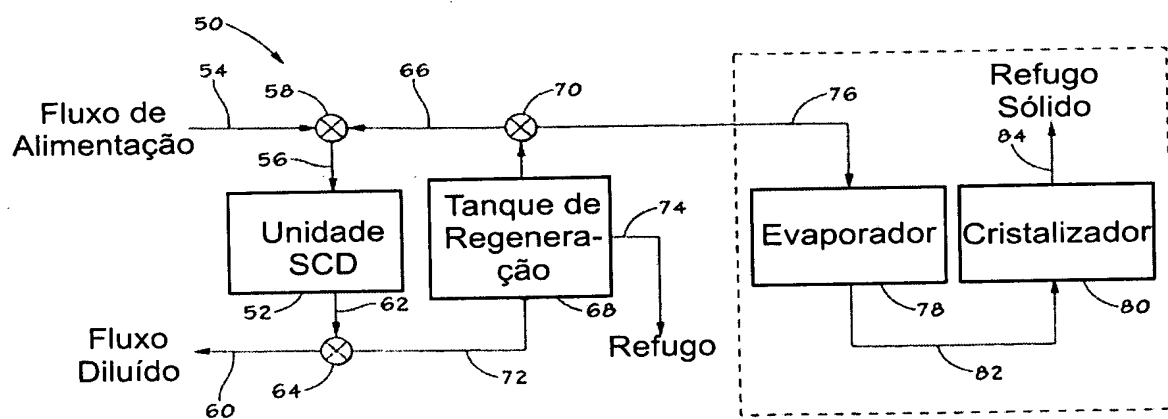
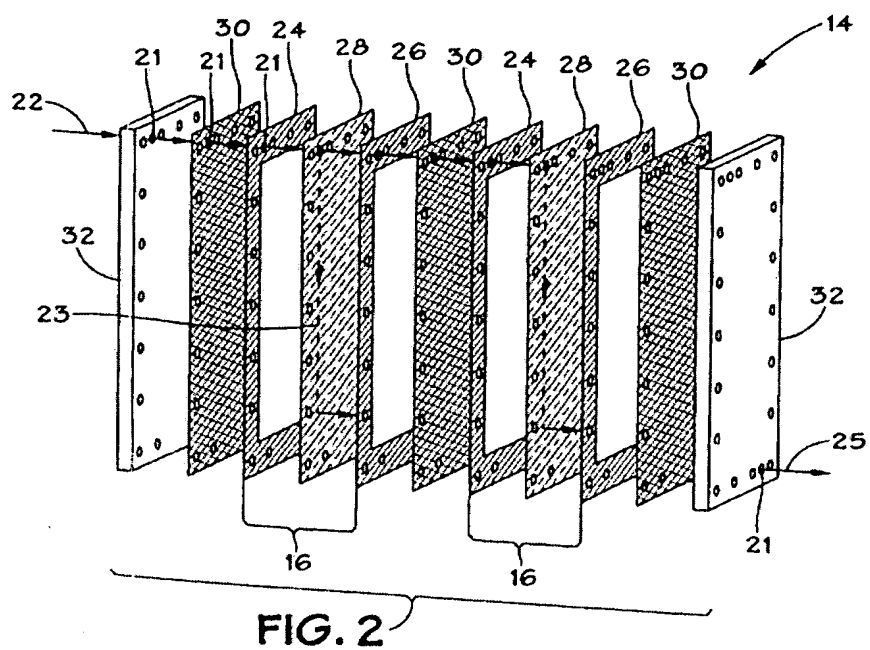


FIG. 3



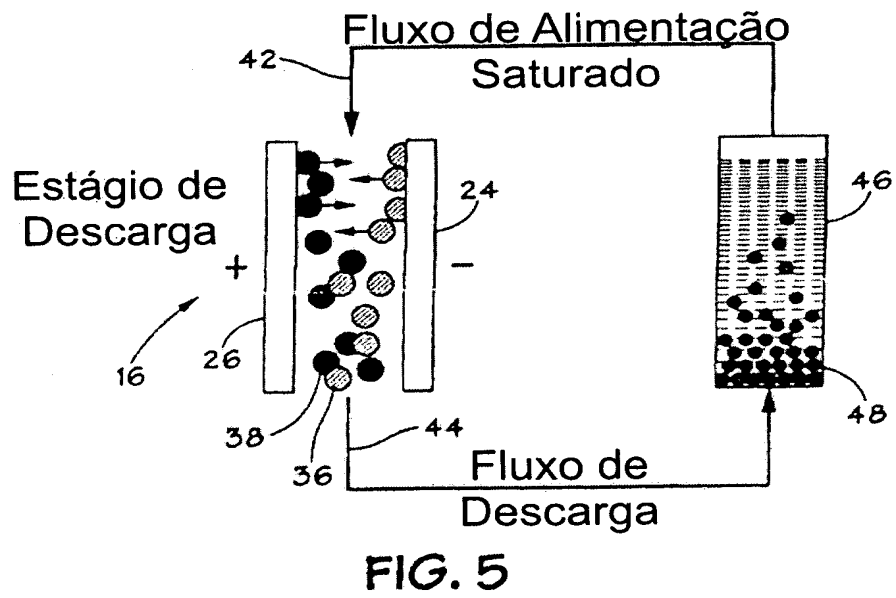
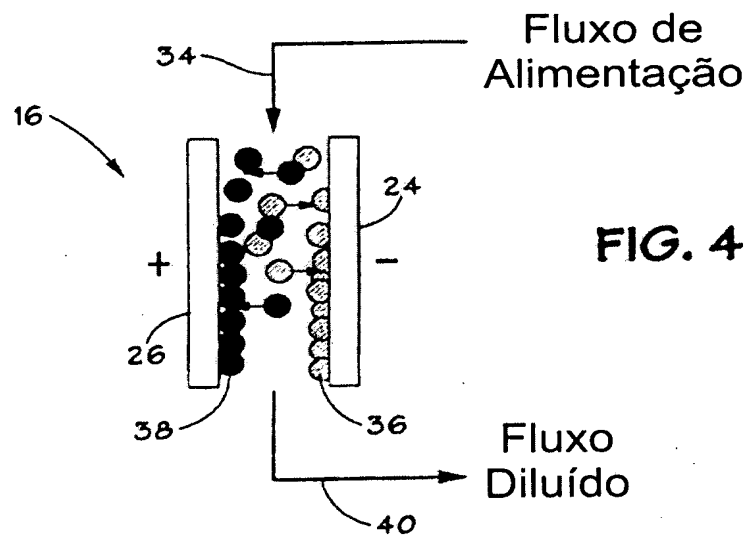


FIG. 7

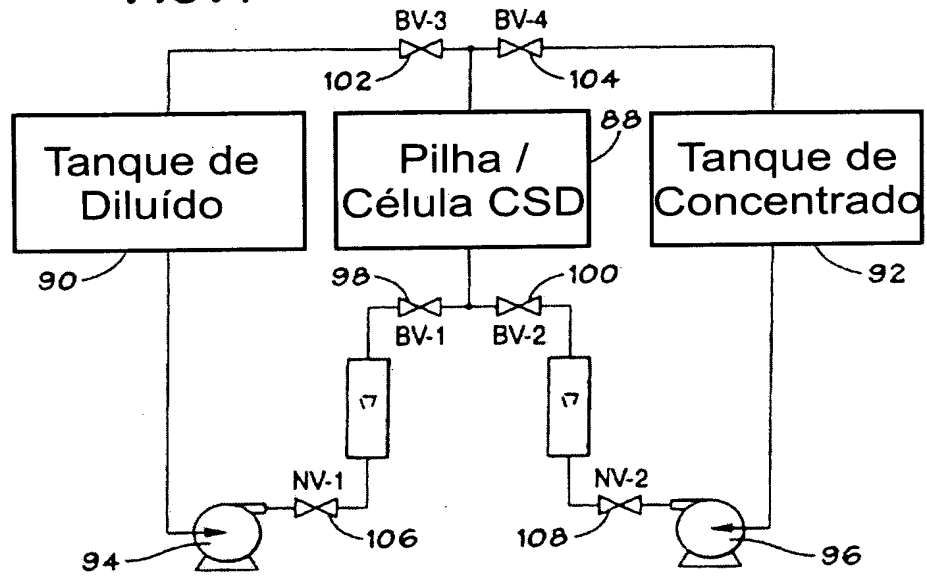
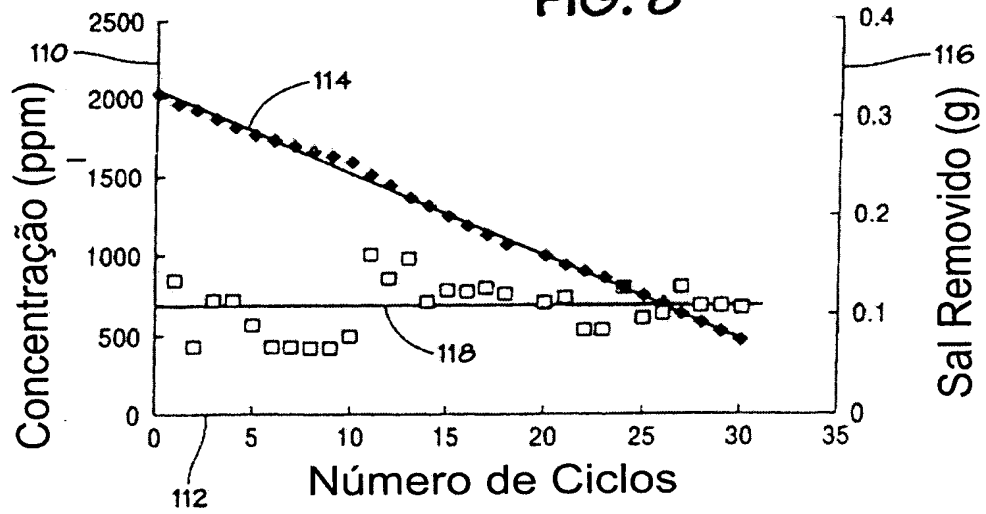


FIG. 8



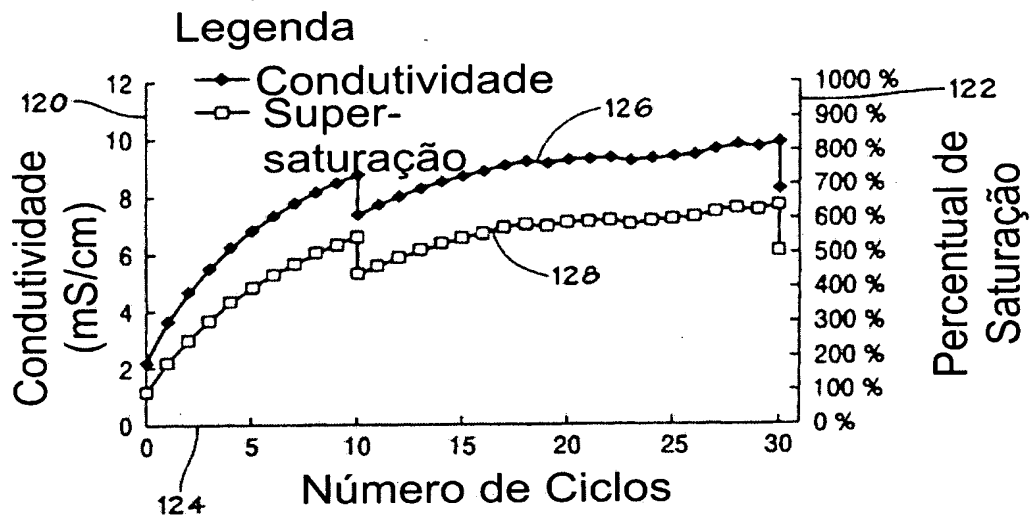


FIG. 9

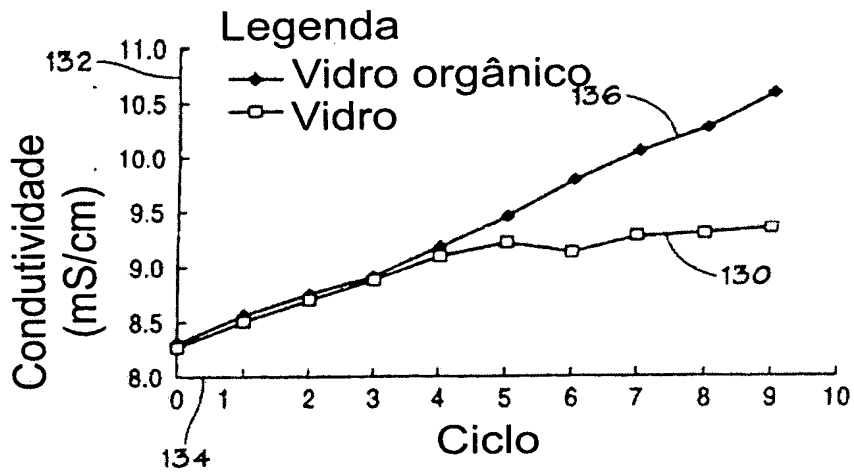


FIG. 10

FIG. 11

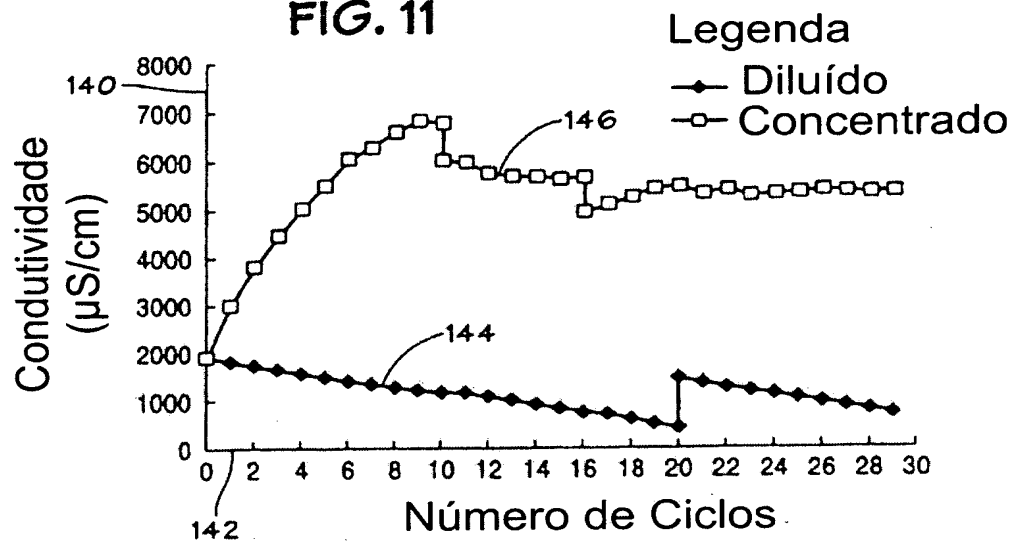
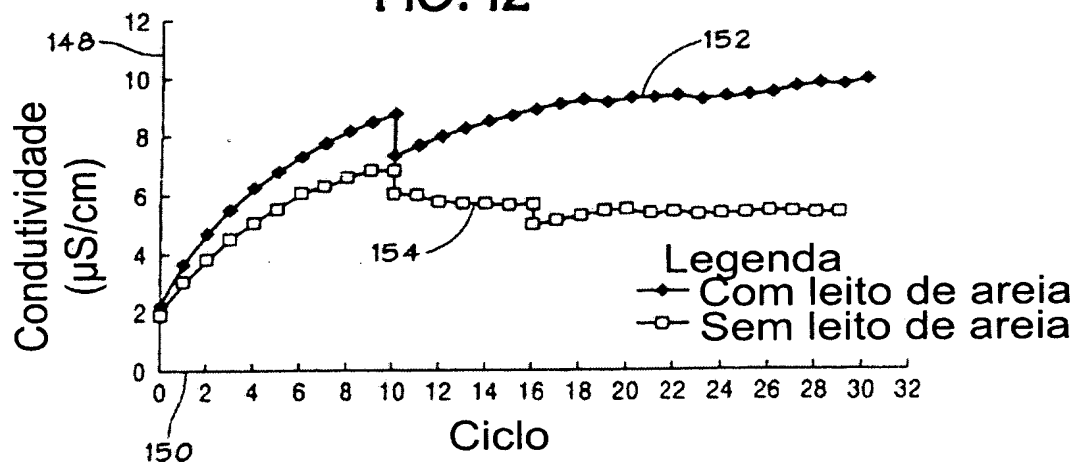


FIG. 12



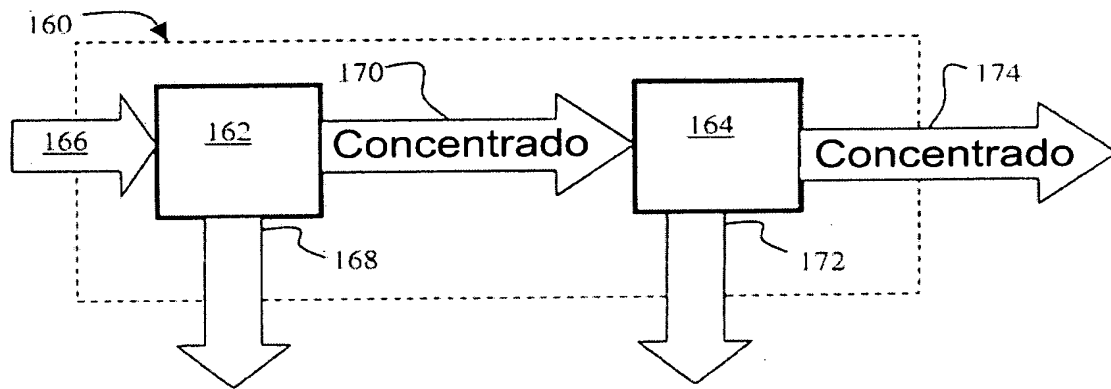


FIG. 13

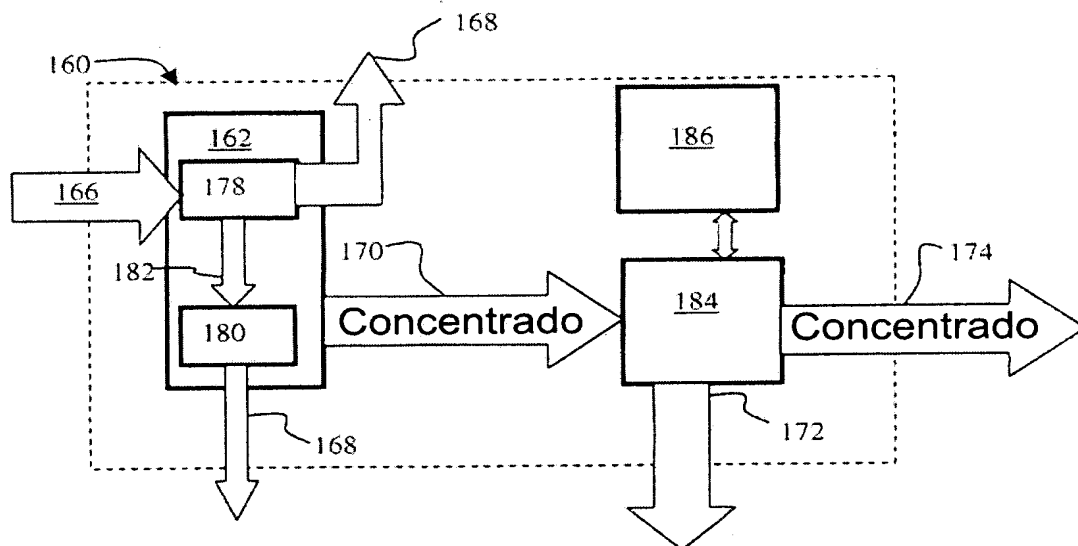
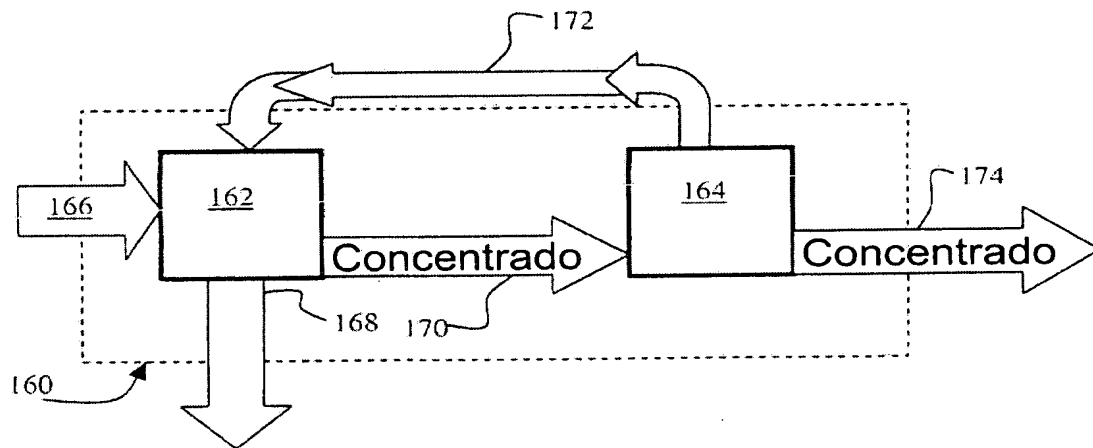


FIG. 14



**FIG. 15**

## Resumo

**Sistema e método para o tratamento de líquidos.**

Um método e um dispositivo para a dessalinização de fluidos é apresentado. A presente invenção compreende descarregar o eletrodo dirigido ao soluto para que se obtenha uma maior concentração de fluxo de descarga de soluto do que o de um fluxo de alimentação. A descarga pode compreender a supersaturação do fluxo, a precipitação ou a cristalização do fluxo e a recuperação dos elementos sólidos. O fluxo de líquido pode ser direcionado, de novo, para os eletrodos mais de uma vez. O dispositivo pode compreender diálise, nano filtração ou dispositivos RO. Um controlador envia o sinal para a descarga.