



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

(21) PI 0715539-5 A2



* B R P I 0 7 1 5 5 3 9 A 2 *

(22) Data de Depósito: 24/07/2007

(43) Data da Publicação: 02/07/2013
(RPI 2217)

(51) Int.Cl.:

F25B 27/00

(54) **Título:** SISTEMA PARA DESSALINIZAR ÁGUA DO MAR E REMOVER GELO CONTINUAMENTE E MÉTODO PARA DESSALINIZAR ÁGUA DO MAR

(30) **Prioridade Unionista:** 30/03/2007 US 11731717, 24/07/2006 US 60832777, 24/07/2006 US 60832777, 30/03/2007 US 11731717

(73) **Titular(es):** Ben Enis, Paul Lieberman

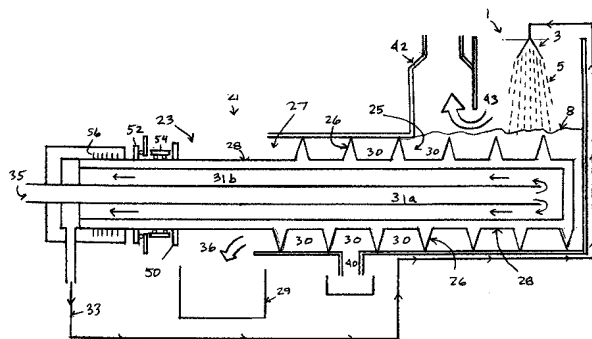
(72) **Inventor(es):** Ben M. Enis, Paul Lieberman

(74) **Procurador(es):** Ana Cristina Müller Wegmann

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2007016765 de 24/07/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/013870de 31/01/2008

(57) **Resumo:** SISTEMA PARA DESSALINIZAR ÁGUA DO MAR E REMOVER GELO CONTINUAMENTE E MÉTODO PARA DESSALINIZAR ÁGUA DO MAR. A invenção se refere a um método e um sistema de dessalinização que utiliza tecnologia de cristalização no gelo que incorpora o uso de energia de ar comprimido como fonte de temperaturas de congelamento. Quando o ar comprimido é lançado por um turbo-expansor, o ar resfriado é produzido como um sub-produto, aonde o ar resfriado é introduzido em uma câmara, na qual uma nuvem de 'spray' de gotas de água do mar, que foi pré-resfriada pela troca de calor com as paredes frias da câmara, é então circulada e exposta ao ar resfriado dentro da câmara. As gotas então repousadas no fundo da câmara, onde estão depositadas levemente acima da temperatura eutética, para formar uma mistura de lama de neve/gelo. E fornecido um mecanismo de remoção de lama com uma lâmina helicoidal do tipo parafuso para remover continuamente as partículas de gelo da câmara.



**"SISTEMA PARA DESSALINIZAR ÁGUA DO MAR E REMOVER GELO
CONTINUAMENTE E MÉTODO PARA DESSALINIZAR ÁGUA DO MAR"**

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção se refere ao campo de sistemas de
dessalinização e, em particular, a um método e a um sistema
de dessalinização, que usam um sistema de energia de ar
comprimido para a produção de uma mistura gelo / salmoura
no fundo da câmara de cristalização, em que um sistema de
10 remoção helicoidal de lama de neve é proporcionado para
permitir que as partículas de gelo sejam removidas
continuamente da câmara.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

15 Nos Estados Unidos, há, tipicamente, um suprimento
adequado de água potável fresca na maior parte das regiões
do país. Mesmo em áreas nas quais há escassez no suprimento
de água, esforços têm sido feitos para o transporte de água
de onde é disponível para onde é necessária. Por exemplo,
20 uma quantidade significativa de água está sendo atualmente
transportada do rio Colorado, pelo aqueduto da Califórnia,
para as regiões densamente povoadas, mas secas do sul da
Califórnia, de modo que água suficiente vai ficar
disponível, não apenas para fins de água potável, mas para
25 agricultura e irrigação. Outros meios de suprimento e
transporte de água, tal como por uma rede de utilidades e

tubulações, incluindo aquelas de lagos, reservatórios, rios, geleiras, etc., são também existentes.

Não obstante, há muitas áreas geográficas ao longo do país e no mundo, em que água potável não é facilmente disponível, ou onde pode ser inconveniente ou de um custo proibitivo transportar a água para onde é necessária. Essas áreas incluem regiões montanhosas, áreas rurais, ilhas, etc. Há também grandes centros populacionais próximos à área costeira, tais como em climas secos e áridos, onde há água do mar suficiente, mas não água potável suficiente disponível para suporte à população.

Consequentemente, sistemas e métodos de dessalinização para a produção de água potável fresca a partir de água do mar foram desenvolvidos no passado. A chave para qualquer sistema de dessalinização é a capacidade para a separação dos contaminantes, incluindo sal e outras impurezas, a água de base, o que, por sua vez, pode produzir água potável fresca. Para fins de simplicidade, o termo "água do mar" vai ser usado no presente relatório descritivo para referir-se a qualquer água contaminada, que precisa ser purificada, seja efetivamente água do mar, ou água de qualquer outra fonte.

Pelo menos três diferentes tipos de sistemas de dessalinização estão atualmente em uso atualmente, com vários graus de sucesso, incluindo: 1) o método térmico, que usa calor ou outro meio para converter água do mar em vapor d'água, tal como por ebulição; 2) o método de membrana, que usa uma camada de material permeável relativamente fina para a separação de água do sal; e 3) o processo de cristalização por congelamento, que tira vantagem do processo de congelamento e do diagrama de fases da água do mar, para a produção de água potável fresca.

A presente invenção é utilizada em conjunto com uma variação do processo de cristalização por congelamento. O processo de cristalização por congelamento é diferente de outros processos pelo fato de que a água do mar é submetida a temperaturas de resfriamento, tal como por um refrigerante, que faz com que a água do mar congele, em que o congelamento é usado para ajudar a formar cristais de gelo sólidos produzidos a partir de água pura, que podem ser depois separados dos contaminantes salinos contidos na água de base residual.

Em virtude das desvantagens dos métodos e sistemas de dessalinização existentes, no entanto, há uma necessidade para um sistema de dessalinização altamente eficiente e

efetivo em custo, que permita que água potável fresca seja produzida continuamente de água do mar.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção facilita a remoção contínua de cristais de gelo, em conjunto com o uso de um sistema de dessalinização, que usa um sistema de energia de ar comprimido para congelar a água do mar e formar uma mistura de gelo / salmoura em forma de lama de neve no fundo de uma
10 câmara de cristalização. De preferência, o sistema de dessalinização incorpora um sistema de energia de ar comprimido, no qual ar comprimido é liberado para produzir ar resfriado como um subproduto, que pode ser depois introduzido na câmara de cristalização e usado para
15 congelar rapidamente as gotículas de água do mar congeladas, que são aspergidas na câmara de cristalização. Em vez de usar um refrigerante para reduzir a temperatura da água do mar para fins de dessalinização, como no caso dos métodos de cristalização por congelamento da técnica
20 anterior, a presente invenção usa, de preferência, ar resfriado limpo, derivado da liberação e expansão de energia de ar comprimido, misturado diretamente com as gotículas de água do mar, para produzir partículas de gelo congeladas para dessalinização de água do mar.

O sistema de dessalinização compreende, geralmente, as seguintes etapas:

1. Produção de um fluxo volumétrico de ar resfriado a
5 temperaturas tão baixas quanto cerca de -80°C , ou -115°C
(-175°F), ligeiramente acima de 101,3 MPa (uma atmosfera)
de pressão, e introdução desse ar resfriado em uma câmara
de mistura de cristalização isolada. Esse ar resfriado pode
10 ser produzido por uso de um turboexpansor, para expansão de
ar comprimido, ou por um turboexpansor e um gerador, que
produzem conjuntamente eletricidade e, como um subproduto,
ar resfriado.

2. Produção de um fluxo volumétrico de água do mar,
15 que pode ser aspergido como uma nuvem de gotículas na
câmara e misturado com o ar resfriado, para provocar
redução da temperatura das gotículas de água do mar para a,
ou ligeiramente mais quente do que, temperatura eutética,
que, para água do mar normal, é cerca de $-21,2^{\circ}\text{C}$, ou
20 $-6,2^{\circ}\text{F}$. Nesse aspecto, o sistema pode ser disposto de modo
que a água do mar seja pré-resfriada, antes que seja
aspergida na câmara, o que pode ser feito por escoamento
de água do mar por tubos e/ou cavidades que envolvem a
câmara de cristalização, em que a temperatura fria na

câmara pode ser usada por troca térmica, para resfriar a água do mar, antes que seja introduzida na câmara.

3. Na medida em que as gotículas de água do mar
5 começam a se misturar com o ar resfriado, e se congelam rapidamente, devido à troca térmica, cristais de gelo de água pura começam a formar-se, que começam a separar-se da solução de salmoura salgada em torno de cada gotícula. Com o tempo, isto é, menos que uns poucos segundos, o gelo
10 começa a formar-se e separar-se da salmoura concentrada, que fica mais concentrada na medida em que mais gelo se forma. Essas partículas de gelo parcialmente congeladas começam depois a cair no fundo da câmara, na qual são coletadas para formar uma mistura de lama de neve de gelo /
15 salmoura.

4. O sistema mantém, de preferência, a temperatura da mistura de lama de neve na, ou ligeiramente acima da, temperatura eutética, de modo que a mistura se mantenha
20 úmida e em forma de lama de neve, e não congele ou forme cristais de sal. É essa mistura de gelo / salmoura em forma de lama de neve que a presente invenção elabora para a remoção contínua do fundo da câmara de cristalização, sem que se tenha que interromper o processo de cristalização

por congelamento a cada vez que uma quantidade suficiente de lama de neve seja produzida.

O sistema de dessalinização da presente invenção
5 compreende, de preferência, uma câmara de mistura de
cristalização, na qual água do mar e ar resfriado são entre
misturados dentro da câmara. A água do mar é, de
preferência, pressurizada e passada por uma disposição de
bocais, para formar uma aspersão de gotículas de água do
10 mar. Por injeção do ar resfriado na câmara de mistura, de
modo que as gotículas de água do mar sejam expostas ao, e
circuladas pelo, ar resfriado, cristais de gelo vão começar
a ser formar dentro de cada gotícula.

15 Para controlar eficientemente a temperatura da câmara,
as paredes da câmara são, de preferência, dotadas com tubos
e/ou cavidades que envolvem a câmara de cristalização, de
modo que a água do mar possa ser distribuída nela. Isso
ajuda a regular a temperatura da câmara, mas também ajuda a
20 pré-resfriar a água do mar a temperaturas próximas da de
congelamento, antes que entre na câmara, de modo que uma
vez que entra na câmara de cristalização, vai congelar mais
rapidamente. O calor perdido do compressor também pode ser
usado para um efeito similar, isto é, distribuído pelos
25 tubos e/ou cavidades envolvidas na câmara de cristalização,

o que ajuda a impedir que as partículas de gelo fiquem aderentes e sejam coletadas pelas paredes da câmara. Esse também age como um trocador de calor, de modo que o ar aquecido do compressor é pré-resfriado, antes que seja
5 enviado para o turboexpansor e expandido para produzir ar resfriado.

A dessalinização ocorre porque a água do mar é resfriada para uma temperatura próxima da sua eutética
10 (cerca de $-21,2^{\circ}\text{C}$) e se separa em gelo sólido (água fresca congelada) e salmoura líquida (soluto de sal altamente concentrado em solvente de água), em que a formação do cristal de gelo força a liberação da água de constituição da sua estrutura. Nesse aspecto, o congelamento da água do
15 mar ocorre, de preferência, em dois estágios: (1) resfriamento da água do mar filtrada bombeada pelos tubos ou cavidades circundando as paredes de cristalização resfriadas (forte efeito de resfriamento); e (2) resfriamento das gotículas de água do mar, durante o
20 deslocamento delas pelo ar resfriado na câmara (tempo de residência curto com resfriamento da gotícula).

A mistura de lama de neve é removida preferivelmente da câmara da maneira descrita a seguir.

Um sistema de remoção de gelo contínuo foi desenvolvido usando um membro laminar helicoidal do tipo parafuso, localizado no fundo da câmara, que pode operar continuamente. O mecanismo tem uma lâmina, que gira para
5 provocar deslocamento das partículas de gelo, que se formam no fundo da câmara, por uma abertura na câmara de saída no fundo da câmara principal. Isso requer que as partículas de gelo se formem mais como uma lama de neve, em vez de como um bloco de gelo duro, de modo que não fiquem aderentes na
10 lâmina, e desse modo podem ser facilmente empurradas lateralmente.

Um dos problemas abordados pela presente invenção é como ajudar que a mistura de lama de neve se movimente
15 continuamente pela abertura na câmara principal, enquanto que, ao mesmo tempo, mantenha a pressão dentro da câmara principal para forçar a saída da lama de neve. Se pressão for incorporada na câmara principal, em virtude da câmara não ser vedada, o ar vai simplesmente passar pela abertura,
20 e a pressão dentro dela não vai se acumular.

O problema é solucionado como descrito a seguir. A lama de neve é formada preferivelmente de modo que seja virtualmente impermeável a ar, isto é, lama de neve é
25 preferivelmente úmida e compreendida de diminutas

partículas de gelo e salmoura líquida retida nas partículas de gelo, para formar uma consistência de lama de neve. Desse modo, na medida em que a lama de neve é forçada lateralmente, no sentido da abertura, por ação da lâmina e do aumento da pressão de ar dentro da câmara de cristalização, a lama de neve vai achar o volume anular dentro da lâmina, de modo que a lama de neve ao ser passada por ele, vai vedar a câmara de saída e impedir a liberação de ar pressurizado pelo ponto de saída. A lâmina é também preferivelmente vedada em torno das bordas, no mesmo nível da câmara de saída, o pode ser feito por meio de paredes de contenção, tais como feitas de latão, que ficam no mesmo nível e com encaixe justo com a forma externa da lâmina. Desse modo, por enchimento da lâmina e enchimento dos vazios ou vãos nela, a câmara de saída de fundo pode ser assim efetivamente vedada, mas sem impedir que a lama de neve passe pelo ponto de saída.

Um problema adicional abordado pela presente invenção se refere à fase de partida, quando a lama de neve já tiver enchido completamente a lâmina, e pressão é necessária na câmara principal para encher os vazios ou vãos nela. Esse problema é abordado com uma configuração de partida, que começa com a câmara de saída vedada na sua extremidade, e uma porta armadilha para permitir que as partículas de gelo

sejam removidas com ela fechada, mas com uma pequena ventilação capaz de permitir o escape do ar retido. Desse modo, quando o sistema é ligado inicialmente, a pressão dentro da câmara principal pode ser aumentada e mantida, 5 suficiente para permitir que a lama de neve comece a escoar e encher os vazios ou vãos dentro da lâmina. Depois, uma vez que a lama de neve tenha enchido os vazios e vãos, isto é, crie uma barreira impermeável a ar em torno da abertura, a porta armadilha pode ser aberta, o que permite que as 10 partículas de gelo comecem a escoar para fora da câmara de saída, isto é, pelo ponto de saída, enquanto que ao mesmo tempo a lama de neve se mantenha envelopada em torno da lâmina dentro da abertura, para selar a câmara de saída. A lama de neve impede, de preferência, a passagem de ar pela 15 abertura, enquanto que ao mesmo tempo a lama de neve é capaz de movimentar-se lateralmente a jusante pela câmara de saída para o ponto de saída, onde as partículas de gelo podem cair em um recipiente de coleta de cristais de gelo, e/ou transportador, onde pode ser removida e deixada 20 fundir.

Uma câmara lateral é preferivelmente proporcionada próxima à câmara principal, por meio da qual o ar resfriado na câmara principal pode sair. A configuração da câmara 25 lateral provoca, de preferência, que o ar resfriado "desvie

do canto" no fundo da câmara principal, de modo que o ar se desloca lateralmente, e depois passa pela câmara lateral, e para fora, enquanto que as gotículas de água do mar são depositadas no fundo da câmara principal. Isso provoca, de preferência, que as pequenas gotículas de água do mar sejam depositadas no fundo da câmara principal, o que também ajuda a empurrar mais para baixo e lateralmente a lama de neve no sentido da abertura, e ajuda a impedir que a corrente de ar interfira com as gotículas cadentes.

10

Na medida em que a lâmina gira e a lama de neve se movimenta lateralmente pela câmara de saída, a salmoura começa, de preferência, a separar-se das partículas de gelo, e é deixada coletar e escoar para baixo por um dreno localizado no fundo da câmara de saída, de preferência, a jusante da abertura. A lâmina tende a quebrar a formação de gelo e facilita a drenagem da solução de salmoura. A localização a jusante do dreno garante, de preferência, que a salmoura líquida não se separe e drene prematuramente a lama de neve, mas é deixada misturar-se e manter-se como parte da lama de neve próximo à abertura câmara principal, onde a lama de neve se mantém impermeável a ar para selar a abertura.

20

Na medida em que a lâmina continua a movimentar-se no mesmo nível da câmara de saída e no sentido do ponto de saída, e mais e mais da salmoura é drenada da mistura de lama de neve, a mistura de lama de neve começa, de preferência, a ter uma consistência de partículas de gelo, em grande parte pura, juntamente com umas poucas diminutas bolsas e bolhas de ar, nas quais a salmoura costuma ficar. Isto é, quando a lama de neve se movimenta por todo o caminho para o ponto de saída, a mistura é, de preferência, em grande parte "seca", com pouca ou nenhuma salmoura líquida misturada com as partículas de gelo. Nesse ponto, as partículas de gelo são empurradas pela lâmina pela câmara de saída, e as partículas de gelo são deixadas cair pelo ponto de saída, no qual a porta armadilha é localizada, e em um recipiente de coleta de gelo, ou em um transportador, que transporta as partículas de gelo, que vão se fundir para formar água pura.

Em virtude da massa gelada ser feita de gelo e ser, portanto, fria, a água fresca que é produzida quando ela se funde vai ser água resfriada. Desse ponto, a água resfriada fresca pode ser distribuída para fins de uso como água potável, ou usada para outros fins, tal como ser armazenada para uso posterior pelo sistema de condicionamento de ar.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é uma vista lateral seccional do sistema contínuo de remoção de gelo da presente invenção, mostrando a câmara de cristalização no lado direito, com uma aspersão para aspergir as gotículas de água do mar, e uma injeção para o ar resfriado, e um eixo rotativo contínuo, com uma lâmina helicoidal em forma de parafuso, para remover o gelo, estendendo-se ao longo do fundo por uma abertura horizontal inferior.

10

A Figura 2 é uma vista de topo seccional do sistema contínuo de remoção de gelo da Figura 1, mostrando o turbocompressor que alimenta ar comprimido aquecido pelos tubos estendendo-se em torno da câmara principal, tais como aqueles mostrados na Figura 5.

15

A Figura 3 é uma vista seccional da câmara principal e da lâmina da Figura 1, mostrando como a massa de cristais de gelo e salmoura concentrada depositados vão se formar em torno da lâmina. Notar que a própria salmoura é drenada, devido à gravidade, para o fundo do monte de gelo / lama de neve.

20

A Figura 4 mostra uma configuração de partida diferente do sistema contínuo de remoção de gelo da Figura

25

1, com paredes de contenção de latão para a lâmina ao longo dos lados e na extremidade da câmara de saída. As paredes são projetadas para ficarem no mesmo nível da câmara de saída em torno das lâminas e proporcionar uma barreira
5 sólida na extremidade da lâmina. (Pag. 7, linha 10) Essa concretização tem também um respiradouro (na parte de topo), que permite que o ar retido escape, e uma porta armadilha (mostrada no fundo), que pode se manter fechada durante a fase de partida, como vai ser discutido, mas que
10 pode ser aberta após o volume da extremidade ser enchido. Há também um dreno, localizado a jusante da câmara principal, para remoção da salmoura.

A Figura 5 mostra uma vista seccional das câmaras
15 principal e laterais da Figura 1, com os tubos e/ou cavidades estendendo-se em torno das suas paredes para circular água do mar e/ou ar comprimido aquecido pelas paredes da câmara.

20

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Como mostrado na Figura 1, o sistema de dessalinização da presente invenção compreende, de preferência, uma câmara de mistura de cristalização isolada 1, na qual água do mar
25 e ar resfriado podem ser entre misturados nela. Essa câmara

1 e a câmara lateral 42 não são mostradas em escala na Figura 1. A seção inferior da câmara 1, que compreende o sistema de remoção de lama de neve da presente invenção, vai ser discutida em mais detalhes abaixo.

5

Na parte de topo da câmara 1, há, de preferência, um bocal ou uma disposição de bocais 3, que pode formar uma aspersão de gotículas de água do mar 5 na câmara 1. O bocal 3 produz, de preferência, um fluxo volumétrico de água do mar, que pode ser aspergido como uma nuvem de gotículas 5 na câmara 1, como mostrado. O sistema de dessalinização, de preferência, pressuriza e filtra a água do mar, antes que seja passada pelo bocal 3 para a câmara 1.

15

A concretização preferida usa um sistema de energia de ar comprimido para produzir ar resfriado, que é introduzido na câmara 1 e usado para congelar rapidamente as gotículas 5. O ar resfriado é introduzido, de preferência, na parte de topo da câmara 1, de modo que interaja com as gotículas de água do mar 5 cadentes e provoca, de preferência, redução da temperatura das gotículas 5 para, ou ligeiramente mais quente do que, a temperatura eutética, que, para água do mar habitual, é cerca de $-21,2^{\circ}\text{C}$, ou $-6,2^{\circ}\text{F}$. O fluxo volumétrico de ar resfriado pode entrar na câmara 1 de acima 4, como mostrado na Figura 5, de

25

preferência, a temperaturas tão baixas quanto cerca de -80°C , ou -115°C (-175°F), a ou ligeiramente acima de $101,3\text{ MPa}$ (uma atmosfera) de pressão.

5 O ar resfriado pode ser produzido por uso de um turbocompressor 9 para comprimir o ar, e um turboexpansor 7 para expandir o ar comprimido, se por ele mesmo, ou em conjunto com um gerador, que produz conjuntamente eletricidade e, como um subproduto, ar resfriado. Ar
10 comprimido pode também ser armazenado e liberado usando um turboexpansor 7. Em vez de usar um refrigerante, para reduzir a temperatura da água do mar para fins de dessalinização, como no caso dos métodos de cristalização por congelamento da técnica anterior, a presente invenção
15 usa ar resfriado limpo derivado da liberação e da expansão de energia de ar comprimido. Por introdução do ar resfriado na câmara 1 de modo que as gotículas de água do mar 5 sejam expostas a e circuladas pelo ar resfriado, os cristais de gelo vão começar a formar-se dentro de cada gotícula 5.

20

Nesse aspecto, o tamanho volumétrico de cada gotícula de água do mar 5 e a temperatura da água do mar e do ar resfriado são preferivelmente determinados, bem como o tamanho global e a configuração da câmara 1. Também, de
25 preferência, predetermina-se a maneira na qual a aspersão

de água do mar e o ar resfriado são injetados na câmara 1, e misturados, para garantir que a mistura resultante atinja rapidamente a temperatura ótima para fins de congelamento e dessalinização. O ar resfriado pode ser injetado
5 ascendentemente para criar um contrafluxo, ou descendentemente para criar um cenário de fluxo concorrente, mas é, de preferência, injetado descendentemente na mesma direção que as gotículas de água do mar 5, como mostrado na Figura 5.

10

Para controlar eficientemente a temperatura da câmara 1, as paredes da câmara 11, como mostrado na Figura 5, são preferivelmente aquecidas com a água do mar quente e/ou o ar comprimido aquecido introduzido(s) do compressor 9, para
15 reter o gelo coletado nas paredes 11, e aderente a elas. Além da troca térmica, que ocorre para regular a temperatura das paredes da câmara 11, quando água do mar introduzida é passada pelas paredes da câmara, como vai ser discutido, ajuda a pré-resfriar a água do mar, antes que
20 ela seja aspergida na câmara 1, e, quando ar comprimido é usado para regular a temperatura da câmara, ajuda a pré-resfriar o ar, antes que ele seja expandido pelo turboexpansor 7.

De preferência, quando água do mar é usada, a água do mar é filtrada e pressurizada e depois alimentada ao tubo 15, mostrado na Figura 5, em que a água do mar é preferivelmente distribuída pelo tubo 13, que envolve o

5 perímetro da câmara de cristalização 1. Os tubos 13 podem ser usados, ou a parede da câmara 11 pode ser formada com uma cavidade na parte intermediária, tal como um sistema de parede dupla com divisórias. Dessa maneira, além de regular a temperatura da câmara 1, a água do mar pode ser pré-

10 resfriada por transferência térmica, de modo que, uma vez que é introduzida na câmara de cristalização 1, vai congelar mais rapidamente. De preferência, a temperatura da água do mar antes que ela entre na câmara 1 pode ser próxima ao ponto de congelamento, ou mesmo ligeiramente

15 mais fria, do que o ponto de congelamento da água destilada (0°C ou 32°F).

O calor perdido do compressor 9 pode ser também usado para um efeito similar. Isto é, em torno da câmara de

20 cristalização 1, pode ser desejável impedir que as partículas de gelo fiquem aderentes e sejam coletadas nas paredes da câmara 11, e, portanto, um modo de usar o calor perdido do compressor 9 é distribuir o ar comprimido aquecido, ou água quente produzida pelo calor perdido,

25 dentro de um tubo 13 e/ou cavidade estendendo-se em torno

da câmara 1. Esse também age como um trocador de calor, de modo que o ar aquecido do compressor 9 pode ser pré-resfriado, antes que seja enviado para o turboexpansor 7, de modo que o ar liberado pelo turboexpansor 7 pode ser
5 resfriado ainda mais, de uma forma mais eficiente.

A transferência térmica faz com que o ar comprimido quente seja resfriado quando passa pelo tubo 13 circundando a câmara de cristalização principal 1 fria. O ar comprimido
10 resfriado é expandido por um turboexpansor 7, para criar ar super-resfriado, que é introduzido na câmara principal 1. Desse modo, o ar é pressurizado, resfriado e passado por um turboexpansor 7 para resfriamento adicional, de modo que há um fluxo contínuo de ar super-resfriado, para congelar as
15 gotículas de água do mar 5 na câmara principal 1. Isso também permite que o ar comprimido seja armazenado em tubos, em um sistema substancialmente "desprovido de tanques".

20 A temperatura mais quente da água do mar e/ou do ar aquecido ajuda a manter o gelo coletado nas paredes da câmara e regular a temperatura dentro da câmara, para manter uma temperatura consistente nela. Ao mesmo tempo, a transferência térmica da temperatura fria dentro da câmara
25 para os tubos e/ou cavidades circundando a câmara ajuda a

resfriar a água do mar e/ou o ar aquecido, o que ajuda a pré-resfriar a água do mar, antes que ela seja aspergida na câmara, e/ou pré-resfriar o ar aquecido, antes que seja resfriado pelo turboexpansor e introduzido na câmara 1. De preferência, muito do pré-resfriamento da água do mar ocorre quando ela está nos tubos / cavidades, e há, desse modo, um excelente meio de transferência de calor da água do mar e do ar comprimido para as paredes da câmara e ar da câmara.

A Figura 5 mostra o ar comprimido aquecido distribuído em torno da metade de topo da câmara 1, enquanto que a água do mar quente é mostrada como sendo distribuída em torno da metade de fundo da câmara 1. Não obstante, em uma concretização alternativa, o ar aquecido pode ser distribuído em torno da metade de fundo e a água do mar pode ser distribuída em torno da metade de topo.

A dessalinização ocorre porque a água do mar é resfriada a uma temperatura próxima da sua eutética (em torno de $-21,2^{\circ}\text{C}$) e se separa em gelo sólido (água fresca congelada) e salmoura líquida (soluto de sal altamente concentrado em solvente de água), em que a formação do cristal de gelo força a liberação da água de constituição da sua estrutura. Nesse aspecto, o congelamento da água do

mar ocorre, de preferência, em dois estágios: (1) resfriamento da água do mar filtrada bombeada pelos tubos 13 e/ou cavidades circundando as paredes de cristalização resfriadas 11 (forte efeito de resfriamento); e (2) 5 resfriamento das gotículas de água do mar 5 durante o deslocamento delas pelo ar resfriado na câmara 1 (tempo de residência curto com resfriamento da gotícula 5).

Durante o deslocamento descendente das gotículas 5 10 pelo ar resfriado, cada gotícula começa a ficar mais fria progressivamente para dentro no sentido do seu centro, e, eventualmente, os cristais de gelo começam a formar-se dentro da casca da gotícula. Tipicamente, o congelamento ocorre da parte de fora para a parte de dentro, mas com o 15 tempo, a estrutura do gelo, que é formada, força a salmoura de água do mar para a parte externa, isto é, rejeição da salmoura. Observou-se que qualquer casca de gelo, que se forma em torno do núcleo da salmoura concentrada, desenvolve tensões e fragmentos e força a salmoura líquida 20 concentrada para a parte externa da casca do gelo. Quando esses cristais de gelo revestidos colidem entre si, a solução de salmoura é forçada a circundar o compósito de cristal de gelo recém-formado. Esse processo continua até que haja uma separação completa de uma macroestrutura de 25 gelo circundada por salmoura.

Em um exemplo, as gotículas 5, que são maiores do que 4.000 microns em diâmetro, podem ter uma parte núcleo interna, que não está ainda congelada, e gotículas que são menores do que 200 microns em diâmetro, que podem estar
5 completamente congeladas no sentido do seu centro. Observou-se que mesmo se todas as gotículas fossem do mesmo tamanho, algumas vão congelar tarde e algumas vão congelar cedo, por causa do processo de como o gelo se forma em torno de núcleos microscópicos, que variam em número e
10 tamanho, em cada gotícula do mesmo tamanho.

É importante que as gotículas 5 congelem para formar uma solução de duas fases de partículas de gelo sólidas e salmoura líquida, de modo que é desejável que as gotículas
15 atinjam a, ou fiquem próximas da, temperatura eutética enquanto em deslocamento. Por outro lado, se as gotículas ficarem muito frias (mais frias do que a temperatura eutética), na medida em que caem pela câmara, a água fresca dentro de cada gotícula pode congelar, conjuntamente com os
20 cristais de sal sólidos e a salmoura sólida, em cujo caso, pode ser mais difícil separar o sal da água fresca. Isso pode acontecer, por exemplo, quando a aspersão de água do mar consistir de tamanhos de gotículas variados, em que as gotículas menores podem atingir uma temperatura abaixo da

eutética e congelar completamente quando atingirem o fundo da câmara 1.

Portanto, um aspecto importante da presente invenção é
5 que a câmara 1 e, em particular, o fundo da câmara 1, é mantida a uma temperatura predeterminada, que permite que as pequenas gotículas, que tenham sido completamente congeladas a temperaturas extremamente frias, fiquem acima da temperatura eutética, e, portanto, formem uma mistura
10 gelo / salmoura em forma de lama de neve em vez de um bloco de gelo. Por controle da temperatura dentro da câmara 1, essas partículas de gelo podem começar a ser coletadas, juntamente com a salmoura concentrada, para formar uma mistura em forma de lama de neve úmida contendo cristais de
15 gelo puro e salmoura.

Usando esses sistemas e métodos, os seguintes fatores são preferivelmente considerados, para garantir que as temperaturas adequadas podem ser mantidas dentro da câmara
20 1 e de modo que as partículas de gelo adequadas sejam formadas: 1) temperatura do ar resfriado; 2) temperatura das gotículas de água do mar; 3) tamanho das gotículas; 4) direção do ar resfriado relativa às gotículas cadentes; 5) velocidade do ar resfriado relativa às gotículas; 6) tempo
25 no qual as gotículas são expostas ao ar resfriado, que é

uma função da altura da câmara; 7) a pressão dentro da câmara; e 8) a temperatura da água do mar e/ou do ar comprimido dentro dos tubos e/ou cavidades circundando as paredes da câmara, antes da introdução dele ou deles na
5 câmara 1, etc.

Como vai ser discutido, a separação das partículas de gelo e da salmoura pode ocorrer por combinação da mistura em forma de lama de neve, em que a salmoura pode ser
10 drenada por gravidade para longe das partículas de gelo, e as partículas de gelo podem ser removidas da salmoura. Nesse aspecto, a mistura em forma de lama de neve é removida preferivelmente da câmara 1 da maneira descrita a seguir.

15

Como mostrado na Figura 1, um sistema de remoção de gelo contínuo 21 foi desenvolvido na extremidade inferior da câmara 1, usando um membro laminar helicoidal em forma de parafuso orientado horizontalmente 23 com um eixo
20 cilíndrico 28, que pode girar e operar continuamente. O membro laminar 23 tem, de preferência, uma lâmina helicoidal 26, que gira quando o eixo 28 gira, em que a lâmina 26 faz com que as partículas de gelo, que se formam no fundo da câmara 1, para movimentar lateralmente por uma
25 abertura cilíndrica 25, dentro da câmara de saída 27, no

fundo da câmara principal 1. A forma da abertura cilíndrica 25 pode ser vista na Figura 3. Isso requer que as partículas de gelo se formem mais como uma lama de neve em vez de como um bloco de gelo duro, de modo que não fiquem
5 aderentes ao membro laminar 23, e de modo que podem ser facilmente empurradas obliquamente, lateralmente no sentido do ponto de saída 36, na câmara de saída 27, na qual as partículas de gelo podem cair em um recipiente 29, ou um transportador 31, e ser removidas da câmara 1.

10

Para garantir que as partículas de gelo não são coletadas no elemento laminar 23, o eixo 28 é, de preferência, dotado com uma cavidade interna e/ou sistema de tubos 31, pelo qual a água do mar entrante pode passar,
15 como no caso da câmara de cristalização. Isso ajuda a manter o membro laminar 23 relativamente quente e impede que as partículas de gelo sejam coletadas e fiquem aderentes na lâmina 26 ou eixo 28, e ajuda a regular a temperatura da água do mar, sem que se tenha que usar
20 energia extra. Na concretização preferida, a água do mar é bombeada inicialmente da sua fonte para um ponto de entrada 35, e depois distribuída pela cavidade ou sistema de tubos 31, dentro do eixo 28, primeiro pelo tubo interno central 31a, e depois pela cavidade externa 31b, e depois circulada
25 para fora, para a tubulação 33, e para o tubo 13, que

envolve a parede da câmara 11, como discutido. Desse modo, o efeito da transferência térmica proporcionado pelo membro laminar 23 pode ser usado para aumentar o efeito de transferência térmica proporcionado pelas paredes da câmara 11.

Esses aspectos da invenção também ajudam a impedir que as gotículas de água 5 e as partículas de gelo de fiquem muito frias, que, como discutido, podem provocar desvantajosamente que o sal se congele juntamente com o gelo. Na medida em que as gotículas caem dentro da câmara principal 1, isto é, da parte de topo da câmara 1 para o fundo, a temperatura é preferivelmente controlada e regulada dessa maneira, de modo que as gotículas de água do mar 5 sejam inicialmente expostas a temperaturas bem abaixo da temperatura eutética, mas são depois aquecidas até um nível logo acima da temperatura eutética no fundo da câmara 1, o que permite que as partículas de gelo se formem adequadamente e se separem da salmoura líquida. A consistência das partículas de gelo, nesse aspecto, é importante, de modo que o gelo é capaz de formar-se adequadamente e separar-se da salmoura, e de modo que o gelo possa ser facilmente removido da câmara 1.

Um dos problemas abordados pela presente invenção é a manutenção da lama de neve de gelo / salmoura 8 movimentando-se continuamente pela abertura de fundo 25 na câmara de saída 27, enquanto que ao mesmo tempo, mantendo a
5 pressão dentro da câmara 1 para força a expulsão da lama de neve. Se pressão for incorporada na câmara principal 1, mas a câmara 1 não for selada, o ar vai simplesmente passar pela abertura 25, e a pressão dentro dela não vai se acumular.

10

Esse problema é abordado da seguinte maneira: Primeiro, o sistema forma preferivelmente a lama de neve 8, de modo que seja virtualmente impermeável a ar, isto é, tornando-a com uma consistência adequada. Isto é, a lama de
15 neve é compreendida, de preferência, de diminutas partículas de gelo e uma certa quantidade de salmoura líquida presa nas partículas de gelo, para formar uma consistência em forma de lama de neve. Também, a abertura de fundo 25 e a câmara de saída 27 são preferivelmente
20 seladas na extremidade, como mostrado na Figura 4, e a superfície interna da abertura 25 e a câmara de saída 27 são feitas, de preferência, de latão e configuradas de modo que estejam relativamente no mesmo nível e com um encaixe justo com as bordas externas da lâmina 26. Desse modo, na
25 medida em que a lama de neve 8 é forçada lateralmente pela

câmara de saída 27, pela ação da lâmina 26, e a pressão de ar dentro da câmara de cristalização 1 é aumentada, a lama de neve 8 vai começar a encher o volume anular, incluindo os vazios ou vãos 30, existente dentro da lâmina 26. Desse modo, na medida em que a lama de neve 8 é passada pela câmara de saída 27, a lama de neve 8 pode selar a abertura 25 e impedir a liberação do ar pressurizado pelo ponto de saída 36, mesmo quando o ponto de saída 36 for aberto (para permitir que as partículas de gelo sejam removidas da câmara de saída 27). Qualquer excesso de ar retido à frente da lama de neve 8 pode ser liberado pelo respiradouro 44, localizado na extremidade distal da câmara de saída 27, que ajuda a permitir que a lama de neve se movimente no sentido do ponto de saída 36.

15

Pode-se notar que pressão é preferivelmente introduzida na câmara principal 1, para forçar a lama de neve 8 nos vazios ou vãos 30, que existem dentro do membro laminar 23. Consequentemente, a câmara de saída 27 é preferivelmente selada em torno das bordas, o que pode ser feito por uso de paredes de contenção, tais como feitas de latão, que ficam no mesmo nível e com encaixe justo com a forma externa da lâmina 26, e por vedação da extremidade distal 48 da câmara de saída 27, como mostrado pela Figura 4. Desse modo, por enchimento dos vazios ou vãos 30 dentro

25

do membro laminar 23, a abertura 25 pode ser efetivamente selada, sem impedir que a lama de neve 8 passe pelo ponto de saída 36.

5 Um problema adicional abordado pela presente invenção se refere à fase de partida, quando a lama de neve 8 ainda não encheu completamente os vazios ou vãos 30 dentro da lâmina 26, e pressão é necessária para encher os vazios ou vãos 30 nela. Esse problema é abordado com uma configuração
10 de partida, como mostrado na Figura 4, que inclui: 1) paredes de contenção de latão adicionais que são estacionárias e localizadas na extremidade distal do membro laminar 23, para selar a extremidade da câmara de saída 27; 2) uma porta armadilha 38 com uma porta pivotante
15 proporcionada no ponto de saída 36 dentro da câmara de saída 27, pela qual as partículas de gelo podem passar; e 3) um respiradouro de ar comandado por pressão 44, localizado na extremidade distal da câmara de saída 27.

20 Quando o sistema é ligado inicialmente, a porta armadilha 36 pode ser fechada, de modo que a pressão dentro da câmara 1 possa ser aumentada e mantida, mas uma pequena quantidade de ar é preferivelmente liberada pelo respiradouro 44, suficiente para evitar retenção de ar à
25 frente da lama de neve 8, o que permite que a lama de neve

8 comece a movimentar-se e encher os vazios ou vãos 30 dentro do membro laminar 23. Depois, uma vez que a lama de neve 8 tenha enchido os vazios e vãos 30, isto é, para criar uma barreira impermeável a ar em torno da abertura 5 25, a porta armadilha 38 pode ser aberta, o que permite que as partículas de gelo comecem a escoar para fora da câmara de saída 27, isto é, pelo ponto de saída 36, enquanto que ao mesmo tempo, a lama de neve 8 se mantém envelopada em torno do membro laminar 23 dentro da abertura 25, para 10 selar os vazios e vãos 30 nela. A lama de neve 8 impede, de preferência, a passagem de ar pela abertura 25, enquanto que ao mesmo tempo, é capaz de movimentar-se lateralmente a jusante da câmara de saída 27 no sentido do ponto de saída 36, onde as partículas de gelo podem cair em um recipiente 15 de coleta de cristais de gelo 29, ou transportador 31, de modo que possam ser removidas e deixadas fundir.

Notar que, no início da operação, o ar resfriado é circulado pelas câmara principal 1 e câmara centrífuga 20 lateral 42, mostrada na Figura 1, bem como pelo membro laminar 23, antes do escoamento de água do mar para o sistema, para colocar as estruturas de contenção nas suas temperaturas no estado constante frias, antes do escoamento de água do mar para as estruturas de contenção. O 25 respiradouro 44 na extremidade da câmara de saída 27 pode

ser mantido aberto por pressão dentro das câmaras principal 1 e lateral 42. Por exemplo, o respiradouro pode ser ajustado a uma pressão manométrica de 89,63 kPa (13 psia) (pressão absoluta de 190,78 kPa - 27,67 psia), pois ar a 5 uma pressão absoluta de 89,63 kPa (30 psia) é introduzido nas duas câmaras. Após a água do mar entrar na câmara principal e a lama de neve 8 se formar e começar a movimentar-se ao longo do membro laminar 23, a descarga de ar fica progressivamente limitada pela lama de neve 8 10 enchendo o volume anular do membro e o respiradouro 44 se fecha. O ar retido à frente da lama de neve 8 em movimentação é liberado, quando a sua pressão excede um valor predeterminado, que pode ser ajustado a uma pressão manométrica de cerca de 89,63 kPa (13 psig). Após todo o ar 15 retido ser sangrado pelo respiradouro 44 e a lama de neve 8 ser deixada avançar, o fluxo no estado constante da lama de neve 8 é deixado prosseguir por abertura da porta armadilha 38.

20 Notar que o respiradouro a uma pressão manométrica de 89,63 kPa (13,00 psig) (pressão absoluta de 190,78 kPa - 27,67 psia) vai abrir, quando o fluxo de ar atingir uma pressão absoluta de 206,8 kPa (30 psia) (pressão manométrica de 105,5 kPa - 15,3 psig), porque (206,8 kPa > 25 190,78 kPa ou 30 psia > 27,67 psia). O fluxo de ar

resfriado pelo membro laminar 23 e para fora do respiradouro 44 permite preferivelmente que a superfície da lâmina seja resfriada para perto da temperatura fria no estado constante necessária para operação posterior. A

5 porta armadilha 38 se mantém, de preferência, fechada, até que a lama de neve 8 comece a chegar na porta armadilha 38. Na medida em que a lama de neve 8 começa a ser coletada no membro laminar 23, o fluxo de ar vai continuar para fora do respiradouro 44. No entanto, há um ponto no tempo no qual o

10 acúmulo de lama de neve no volume isola o volume fechado da pressão absoluta de 206,8 kPa (30 psia) na câmara de cristalização 1 e a válvula de respiração 44 fecha. O fechamento da válvula de respiração a uma pressão manométrica de 89,63 kPa (13,00 psig) sinaliza, de

15 preferência, à porta armadilha de fundo 38 para abrir-se de repente e permitir a descarga de cristais de gelo pelo ponto de saída 36.

Em uma concretização, como mostrado na Figura 2, no

20 início, a pressão absoluta de 620,55 kPa (90 psia) da fonte pneumática, que alimenta o turbocompressor 9, é sangrada, de preferência, por uma pressão absoluta de quase 620,55 kPa (90 psia), para iniciar a rotação do turboexpansor. O turboexpansor 7 gira lentamente no início

25 e descarrega ar que é apenas ligeiramente resfriado e

certamente pressurizado. A rotação de aceleração do turboexpansor 7 também acelera o turbocompressor 9 pelo eixo comum deles. O turbocompressor 9 de aceleração cria pressões de alimentação cada vez mais altas para o turboexpansor 7, até que o estado constante seja alcançado que alimenta uma pressão absoluta de 1,38 MPa (200 psia) ao turboexpansor 7, e uma pressão absoluta de 206,8 kPa (30 psia) é alimentada à câmara de cristalização 1.

Na câmara de cristalização 1, não há, de preferência, qualquer água do mar alimentada pelo bocal 3 e nenhuma rotação do membro laminar 23, até que o turboexpansor 7 e o turbocompressor 9 atinjam esse estado constante, e o ar resfriado tenha enchido o volume fechado em torno do membro laminar 23 e seja descarregado da câmara centrífuga com uma pressão absoluta de 206,8 kPa (30 psia) na câmara de cristalização 1. Ligando-se a bomba de água do mar, ativa-se o bocal de aspersão 3, em que a água do mar passa por: (1) o filtro grosseiro para remover particulados maiores e qualquer óleo de densidade neutra suspenso; e (2) o filtro fino para a remoção de partículas finas. Circula depois, de preferência, pelo membro laminar 23 e a tubulação 13 em torno da câmara de cristalização 1, antes que seja alimentada ao bocal 3 de aspersão. A admissão da água do mar é preferivelmente abaixo da superfície do mar

ou oceano, para evitar a admissão de qualquer óleo flutuante.

Ao mesmo tempo em que o bocal de aspersão 3 é ligado,
5 o motor para o membro laminar 23 é preferivelmente ligado. Como mostrado nas Figuras 1 e 2, há, de preferência, uma engrenagem acionada por motor 50, que aciona e gira o eixo 28. Mancais axiais 52, 54 adicionais, em ambas as direções vertical e horizontal, são também preferivelmente
10 proporcionados para manter o membro laminar 23 em uma posição substancialmente fixa, enquanto permitindo que ele gire. Esses mancais ajudam a considerar os vários movimentos, bem como a contração e a expansão do aço, do qual o membro laminar 23 é construído. Na extremidade
15 distal do eixo 28, há, de preferência, uma série de mancais 56, que podem ser feitos de rolamentos ou placas de latão, etc., que também ajudam a manter o eixo 28 nos seus alinhamento e orientações adequados em relação à câmara 1. A ação do membro laminar 23 é agitar as partículas de gelo,
20 de modo que a separação é encorajada e os estados metaestáveis atingem as suas fases de equilíbrio.

Como melhor observado na Figura 5, mas também mostrado na Figura 1, uma câmara lateral 42 é proporcionada, de
25 preferência, depois da câmara principal 1, com uma abertura

43 próxima do fundo, através da qual o ar resfriado na câmara principal 1 pode sair. Isso faz com que, de preferência, o ar resfriado "evite o canto" no fundo da câmara principal 1, como mostrado na Figura 1, de modo que
5 o ar se desloca lateralmente e depois passa ascendentemente pela câmara lateral 42 e para fora. As gotículas relativamente grandes podem ser depositadas no fundo da câmara principal 1, mas em virtude de que há pequenas gotículas (abaixo de 20 microns em diâmetro), que estão
10 contidas na corrente de ar, que podem, de outro modo, passar pela câmara principal e para a câmara lateral 42, impõe-se, de preferência, uma volta em U na corrente de ar na abertura 43. Essa volta em U provoca, de preferência, que as pequenas gotículas congeladas sejam forçadas para
15 baixo da corrente de ar e depositadas na lama de neve 8 existente, no fundo da câmara principal 1. Isso também ajuda a empurrar mais da lama de neve 8 para baixo e lateralmente no sentido da abertura 25 e ajuda a impedir que a corrente de ar interfira com as gotículas cadentes.

20

Na medida em que o membro laminar 23 gira e a lama de neve 8 se movimenta lateralmente pela abertura 25, a salmoura começa, de preferência, a separar-se das partículas de gelo e, como mostrado, na Figura 1, é deixada
25 ser coletada e escoar descendentemente para o dreno 40,

localizado no fundo da câmara de saída 27, de preferência, a jusante da abertura da câmara principal 25. Durante esse processo, as partículas de gelo são formadas e compostas de água pura, enquanto que a salmoura, que pode conter cerca
5 de 23% de sal e 77% de água, se mantém líquida, de modo que possa se separar do gelo e escoar pelas partículas de gelo e descendentemente para o dreno 40. Isso ajuda a garantir que água pura pode ser separada da água salgada. Minerais e sais podem ser extraídos da salmoura, se desejado.

10

O membro laminar 23 tende a quebrar a formação de gelo e facilita a drenagem da solução de salmoura. A ação de agitação da lâmina 26 também facilita a rápida conversão de quaisquer compostos metaestáveis, para que se tornem uma
15 mistura de equilíbrio de gelo sólido e salmoura líquida. É importante manter a lama de neve 8 saindo a uma temperatura ligeiramente mais quente do que a temperatura eutética, para garantir que a fase salmoura não congele e forme uma configuração de gelo, que não pode ser separada do gelo de
20 "água pura".

É também significativo que o dreno de salmoura 40 é localizado preferivelmente a jusante da câmara principal 1, dentro da câmara de saída 27, depois da abertura da câmara
25 principal 25. Isso ajuda a garantir que a salmoura líquida

não se separa, e é drenada, da lama de neve 8 prematuramente, mas é deixada se misturar e manter-se parte da lama de neve próximo à abertura da câmara principal 25, na qual a lama de neve 8 se mantém na mistura, para ajudar a vedar a abertura 25. Desse modo, a lama de neve 8 vai continuar a ajudar a vedar a abertura 25 no fundo da câmara principal 1, antes que a salmoura líquida seja deixada drenar dela.

10 Nesse aspecto, notar que se o dreno fosse localizado no centro da câmara principal 1, por exemplo, a salmoura provavelmente se separaria e drenaria para baixo para a parte intermediária da câmara 1, o que poderia fazer com que a lama de neve 8 perdesse a sua consistência líquida, antes que tivesse chance de encher os vazios ou vãos 30 em torno da lâmina 26. Isso poderia resultar em diminutas bolsas de ar sendo formadas prematuramente na mistura, o que poderia permitir passagem de ar pela abertura 25 e fazer com que a câmara 1 perdesse pressão.

20 Na medida em que o membro laminar 23 continua a movimentar a lama de neve 8 pela câmara de saída 27 e no sentido do ponto de saída 36 e mais e mais da salmoura é drenada da lama de neve 8, a mistura de lama de neve começa, de preferência, a consistir, em grande parte, de partículas de gelo puro, juntamente com umas poucas

diminutas bolsas de ar e bolhas, nas quais a salmoura vai ser usada. Isto é, ainda que a lama de neve se mantenha "úmida", em virtude da salmoura líquida que reveste cada cristal de gelo, na medida em que a lama de neve passa pela
5 abertura 25, e a salmoura líquida começa a separar-se e cair pelo dreno 40, a mistura de lama de neve 8 na câmara de saída 27 fica então mais seca, isto é, consistindo de menos salmoura quando atinge o ponto de saída 36.

10 Em virtude do dreno 40 estar a jusante da câmara principal 1, a lama de neve 8 fica preferivelmente "úmida", quando passa pela abertura 25, de modo que o selo pode ser feito, isto é, o selo não é afetado pela drenagem da solução de salmoura. No entanto, quando a lama de neve 8 se
15 movimentata até o ponto de saída 36, a mistura é, de preferência, em grande parte "seca", com pouca ou nenhuma salmoura líquida misturada com as partículas de gelo. Ainda que as partículas de gelo no ponto de saída 36 possam conter algumas diminutas bolsas e bolhas de ar, isso não
20 afeta o selo em torno da abertura 25, que fica a montante do ponto de saída 36.

Nesse ponto, na medida em que as partículas de gelo são empurradas pelo membro laminar 23 pela câmara de saída
25 27, as partículas de gelo são deixadas cair pelo ponto de

saída 36, no qual a porta armadilha 38 é localizada, ou em um recipiente de coleta de gelo 29, ou em um transportador 31, que transporta as partículas de gelo para onde podem ser fundidas para formar água pura.

5

A massa de partículas de gelo que é removida pode ser fundida, para produzir água fresca no fundo de um tanque de retenção. Água fresca a temperaturas relativamente quentes, nesse caso, a cerca de mais 15°C, pode ser aspergida
10 descendentemente como uma coluna de lavagem nas partículas de gelo, para enxaguar o gelo e fazer com que ele se funda. Alternativamente, ou em conjunto com a água de enxágue, ar quente local pode ser colocado no tanque de retenção, para auxiliar ainda mais na fusão das partículas de gelo, para
15 formar água potável fresca resfriada. Outros meios de remoção e de fusão do gelo podem ser proporcionados.

Em virtude da massa gelada ser feita de gelo e ser, portanto, fria, a água fresca, que é produzida quando
20 funde, vai ser água resfriada. Dali, a água fresca resfriada pode ser distribuída para fins de água potável, ou usada para outras finalidades, tal como para ser armazenada para uso posterior pelo sistema de condicionamento de ar.

25

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para dessalinizar água do mar e remover gelo continuamente, caracterizado pelo fato de que compreende:

5

um compressor para comprimir ar;

um expansor para expandir o ar comprimido para co-
gerar ar resfriado;

10

uma câmara, com pelo menos um injetor pelo qual a água do mar pode ser borrifada em gotas para dentro da câmara, e no qual o ar resfriado do expansor pode ser introduzido, aonde a exposição da água do mar ao ar resfriado permite
15 que partículas de gelo compostas de água pura se formem na câmara;

20

um membro laminar rotatório em um eixo estendendo-se lateralmente através de uma lateralmente estendida câmara de saída localizada no fundo da câmara, que auxilia a
remover as partículas de gelo da câmara, com isso ajudando a separar a água pura de partículas de gelo de impurezas da
água do mar.

25

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o membro laminar compreende um membro helicoidal do tipo parafuso que se estende lateralmente a partir do fundo da câmara para o exterior, através da câmara de saída, em que o membro laminar tem um diâmetro

uniforme que se estende substancialmente no mesmo nível que uma superfície cilíndrica interna da câmara de saída.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 2, caracterizado
5 pelo fato de que um dreno é fornecido por todo o fundo da câmara de saída a jusante da câmara.

4. Sistema de acordo com a reivindicação 3, caracterizado
10 pelo fato de que é fornecido um ponto de saída compreendendo um meio para permitir que partículas de gelo sejam removidas da câmara de saída mais a jusante por dentro da câmara de saída a partir do dreno.

5. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado
15 pelo fato de que o referido meio compreende uma porta armadilha que oscila para baixo para permitir que as partículas de gelo sejam carregadas para baixo no sentido da câmara de saída.

20 6. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a câmara de saída é substancialmente vedada de modo que a pressão interna da câmara pode ser aumentada antes do sistema ser ativado.

25 7. Sistema de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que é fornecido um orifício na porção distal da câmara de saída para permitir que uma parte da pressão interna da câmara seja liberada, e pelo menos uma parte da superfície interna da câmara de saída é feita de latão.

8. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que é fornecida uma câmara lateral adjacente a referida câmara que permite o ar resfriado circular pra fora da câmara, e ao mesmo tempo, fazer partículas menores de gelo caírem no fundo câmara.
9. Sistema de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a câmara lateral se estende na mesma direção que a câmara de saída, de modo que as partículas de gelo caindo dentro da câmara lateral serão depositadas no membro laminar.
10. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as paredes da câmara são adaptadas com pelo menos um tubo ou cavidade que permitem que a água do mar circule por estes, para auxiliar a regular a temperatura das paredes dentro da câmara, e para ajudar a resfriar a água do mar.
11. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as paredes da câmara são adaptadas com pelo menos um tubo ou cavidade que permitem que o ar quente do compressor seja usado para regular a temperatura das paredes dentro da câmara, e para ajudar a resfriar o ar comprimido.
12. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o membro laminar é adaptado com pelo menos um tubo ou cavidade por dentro dos quais é permitido

circular água do mar, para auxiliar na regulação da temperatura do membro laminar, e para ajudar a resfriar a água do mar.

5 13. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a temperatura do ar resfriado introduzido na câmara é inferior à temperatura eutética da água do mar, e em que partículas de gelo são deixadas depositar no fundo da câmara na forma de uma lama de neve, aonde a temperatura
10 da lama de neve no fundo da câmara é superior à temperatura eutética da água do mar.

14. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sistema compreende pelo menos um dos
15 seguintes:

i) o sistema é adaptado de tal modo que a água do mar pode ser borrifada de cima para baixo para dentro da câmara, e o ar resfriado pode ser introduzido de modo que
20 este flui subindo para dentro da câmara;

ii) o sistema é adaptado de tal modo que a água do mar pode ser borrifada de cima para baixo para dentro da câmara, e o ar resfriado pode ser introduzido de modo que
25 este flui para baixo, para dentro da câmara, na mesma direção que a água do mar.

15. Método para dessalinizar água do mar, caracterizado por compreender:

comprimir ar para produzir energia de ar comprimido;

liberar o ar comprimido com um expansor para co-gerar ar resfriado;

5

introduzir ar resfriado dentro de uma câmara

borrifar água do mar com pelo menos um injetor na forma de gotas dentro de uma câmara;

10

expor as gotas de água do mar ao ar resfriado dentro de uma câmara , formando, assim, partículas de gelo compostas de água pura dentre as gotas; e permitindo que estas caiam para dentro do fundo da câmara;

15

operar o membro laminar rotatório helicoidal tipo parafuso em um eixo se estendendo lateralmente através de uma câmara de saída lateralmente estendida localizada no fundo da câmara para remover partículas de gelo da câmara, auxiliando, por meio deste, a separar a água pura nas partículas de gelo, das impurezas na água do mar.

20

16. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o membro laminar se estende substancialmente no mesmo nível de uma superfície cilíndrica interna da câmara de saída, e a câmara de saída é substancialmente vedada, de modo a pressão interna da câmara pode ser aumentada antes do sistema ser ativado, onde antes do membro laminar e o injetor serem ativados, a

25

câmara é substancialmente vedada e é feito com que o ar resfriado reduza a temperatura da câmara para uma temperatura estável pré-determinada.

5 17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que é fornecido um orifício na porção distal da câmara de saída para permitir que uma parte da pressão interna da câmara seja liberada, e na qual antes do sistema ser ativado, se abre levemente o orifício para permitir que
10 a mistura de lama de neve viaje longitudinalmente por toda a câmara de saída, pela ação do membro laminar.

18. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a mistura de lama de neve começa a encher
15 o espaço anular do membro laminar no fundo da câmara, isto provê substancialmente uma camada de ar impenetrável que ajuda a manter a pressão dentro da câmara, enquanto que ao mesmo tempo, faz com que a mistura de lama de neve seja forçada lateralmente para o exterior, ao longo da câmara de
20 saída.

19. Método de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o membro laminar é girado, e a lama de neve é misturada, a salmoura líquida é substancialmente
25 drenada através de um dreno provido ao longo do fundo da câmara de saída a jusante da câmara.

20. Método de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o membro laminar é girado, a lama de neve

contendo partículas de gelo é movida lateralmente mais a jusante para além do dreno, e se faz com que caia através de um ponto de saída de maneira que esta pode ser removida da câmara de saída.

5

21. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que é fornecida uma câmara lateral adjacente a referida câmara, e se faz o ar resfriado circular pra fora da câmara pela câmara lateral, e ao mesmo tempo, partículas
10 menores de gelo da mesma câmara podem ser depositadas no fundo câmara.

22. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o método compreende introduzir o ar
15 resfriado a uma temperatura abaixo da temperatura eutética para a água do mar, e mantendo a mistura de lama de gelo/salmoura no fundo da câmara acima da temperatura eutética.

20 23. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por compreender pelo menos uma das etapas abaixo:

i) borrifar água do mar de cima para baixo para dentro da câmara, e introduzir o ar resfriado de modo que este
25 flua subindo para dentro da câmara;

ii) borrifar a água do mar de cima para baixo para dentro da câmara, e introduzir o ar resfriado de modo que

este flua para baixo, para dentro da câmara, na mesma direção que a água do mar é borrifada.

24. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado
5 pelo fato de que o método compreende circular a água do mar através de pelo menos um tubo ou cavidade por dentro das paredes da câmara e/ou lâmina para auxiliar a aquecer as paredes da câmara e/ou lâmina, e por consequência, a provocar a temperatura fria dentro da câmara e/ou lâmina
10 para auxiliar pré-resfriar a água do mar antes desta ser borrifada para dentro da câmara.

25. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado
pelo fato de que o método compreende circular ar aquecido
15 do compressor através de pelo menos um tubo ou cavidade nas paredes da câmara, para auxiliar a aquecer as paredes da câmara, onde as temperaturas frias do interior da câmara podem auxiliar a pré-resfriar o ar aquecido enquanto este circula para o expensor.

FIGURA 3

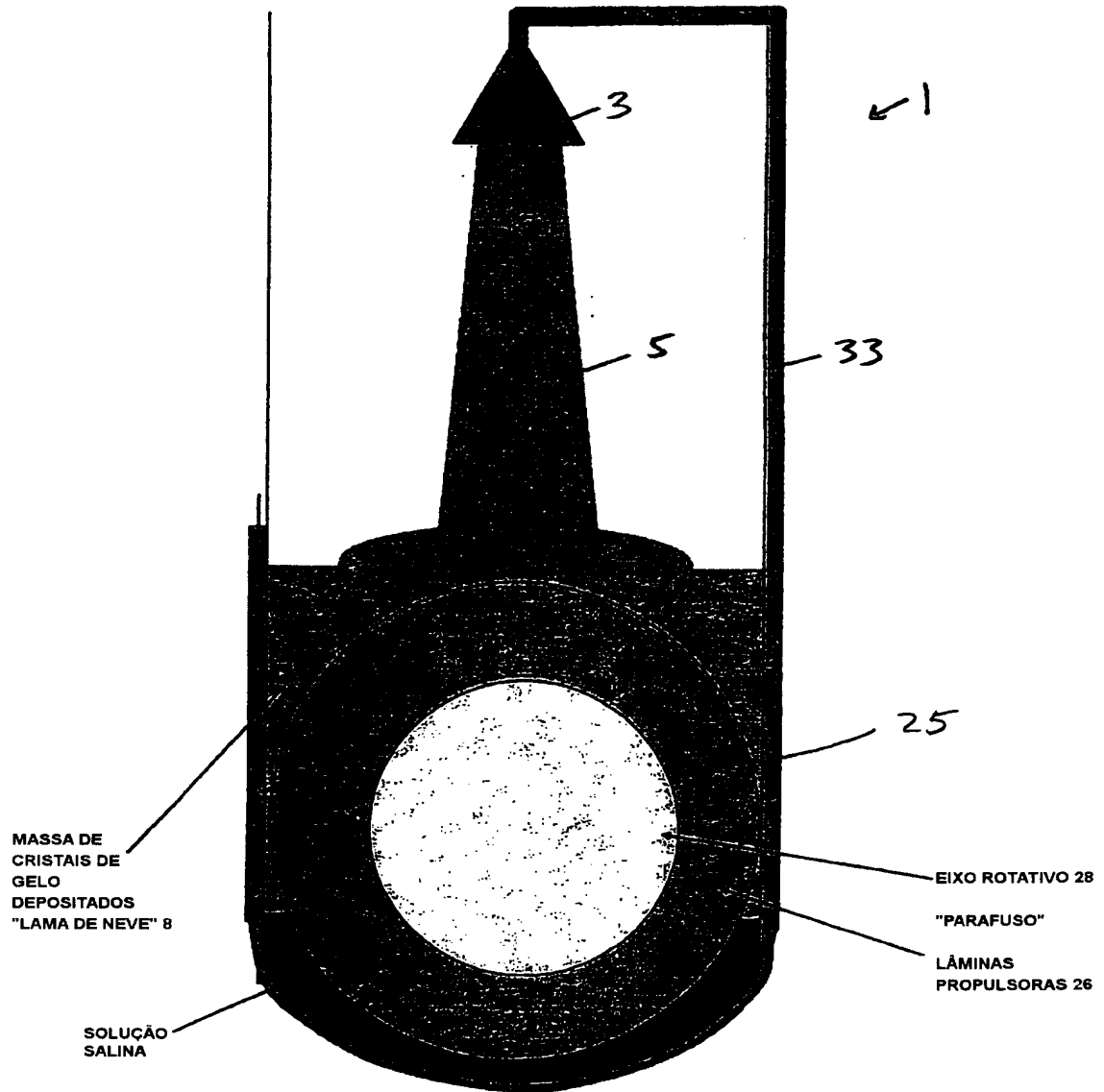


FIGURA 4

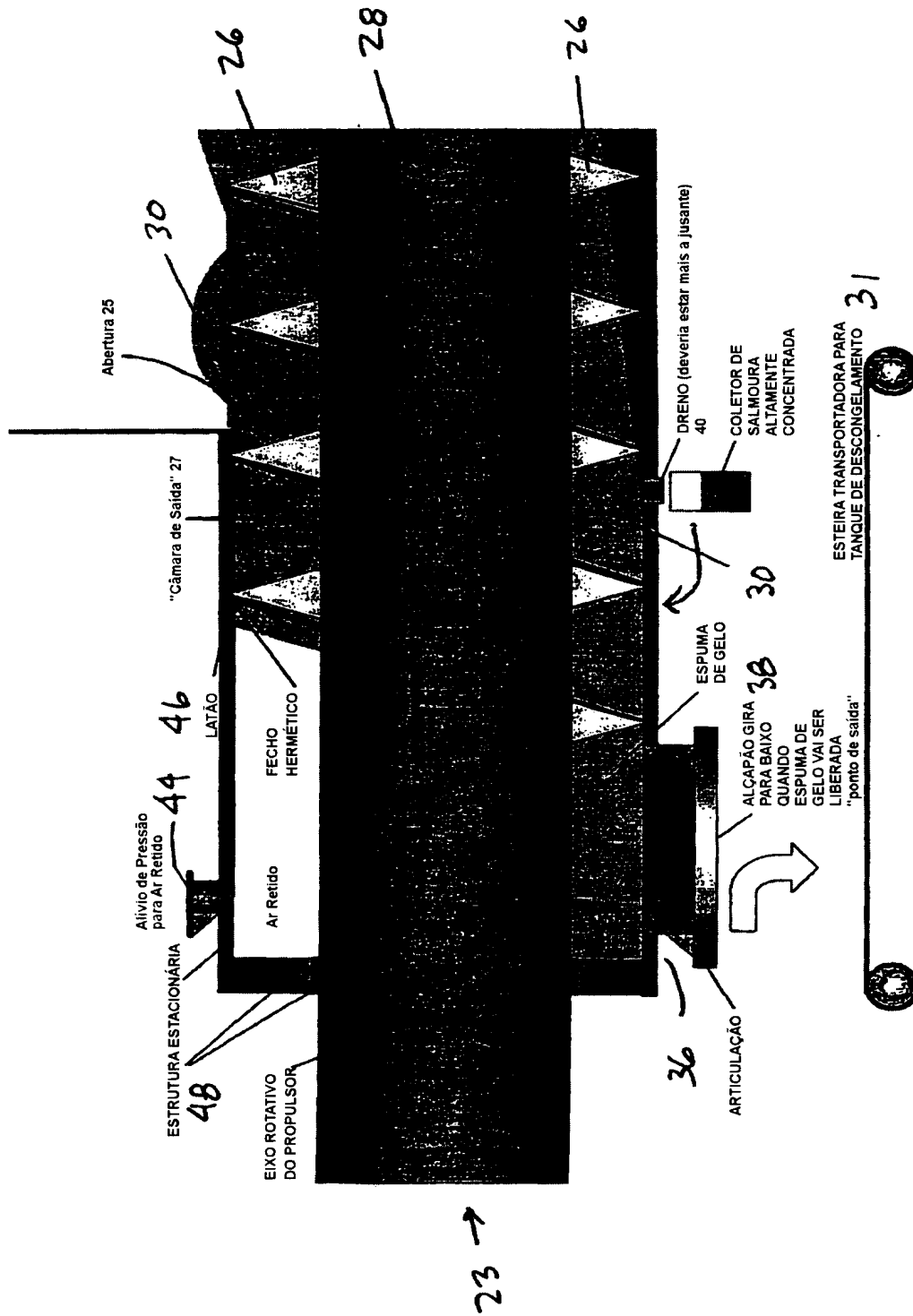
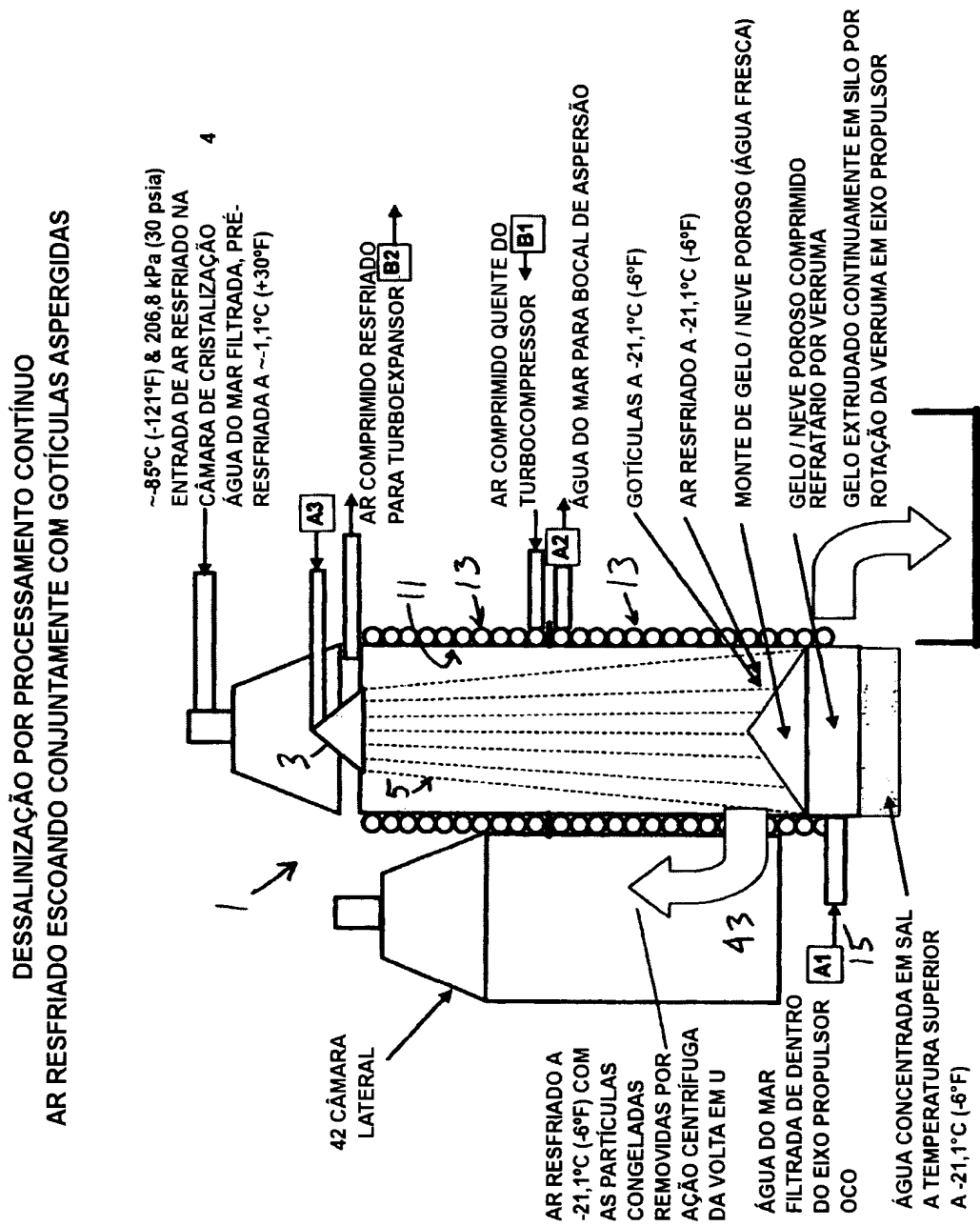


FIGURA 5



DETALHES DA ESTRUTURA DO PROPULSOR OMITIDOS

RESUMO**SISTEMA PARA DESSALINIZAR ÁGUA DO MAR E REMOVER GELO
CONTINUAMENTE E MÉTODO PARA DESSALINIZAR ÁGUA DO MAR**

5 A invenção se refere a um método e um sistema de
dessalinização que utiliza tecnologia de cristalização no
gelo que incorpora o uso de energia de ar comprimido como
fonte de temperaturas de congelamento. Quando o ar
comprimido é lançado por um turbo-expansor, o ar resfriado
10 é produzido como um sub-produto, aonde o ar resfriado é
introduzido em uma câmara, na qual uma nuvem de 'spray' de
gotas de água do mar, que foi pré-resfriada pela troca de
calor com as paredes frias da câmara, é então circulada e
exposta ao ar resfriado dentro da câmara. As gotas então
15 repousadas no fundo da câmara, onde estão depositadas
levemente acima da temperatura eutética, para formar uma
mistura de lama de neve/gelo. É fornecido um mecanismo de
remoção de lama com uma lâmina helicoidal do tipo parafuso
para remover continuamente as partículas de gelo da câmara.