



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0905906-7 B1**



**(22) Data do Depósito: 13/02/2009**

**(45) Data de Concessão: 03/11/2021**

**(54) Título:** MÉTODO E DISPOSITIVO PARA FORNECER AR CONDICIONADO PARA UM RECINTO

**(51) Int.Cl.:** F25D 17/06.

**(30) Prioridade Unionista:** 14/02/2008 US 61/028,693.

**(73) Titular(es):** MUNTERS CORPORATION.

**(72) Inventor(es):** PETER TEIGE; MICHAEL HAYES.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2009033988 de 13/02/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/102910 de 20/08/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 13/08/2010

**(57) Resumo:** MÉTODO E DISPOSITIVO PARA FORNECER AR CONDICIONADO PARA UM RECINTO. É descrito um método e um dispositivo para condicionamento de ar ambiente para uso em um recinto, o qual esfria o fluxo de ar ambiente fornecido em um dispositivo de recuperação de energia sensível, ou resfria e desumidifica o fluxo de ar ambiente fornecido em um dispositivo de recuperação de energia de entalpia. Assim, o ar refrigerado é então resfriado por uma serpentina de resfriamento de um sistema de refrigeração refrigerante para reduzir sua temperatura e umidade. Assim, o ar resfriado e desumidificado é então, passado através de um segmento de uma roda rotativa dessecante ou através de um tipo diferente de dispositivo de desumidificação dessecante sob condições as quais reduz o seu teor de umidade e aumenta sua temperatura.

"MÉTODO E DISPOSITIVO PARA FORNECER AR CONDICIONADO PARA UM RECINTO"

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção refere-se a equipamentos de desumidificação e condicionamento de ar, e mais particularmente a um método de condicionamento de ar e aparelhos que utilizam tecnologia de desumidificação dessecante.

[0002] É bem conhecido que a serpentina de resfriamento tradicional com base sistemas de condicionamento de ar, não fornece meios eficientes de desumidificação. Em função que tais sistemas devem prover refrigeração adequada para fornecer desumidificação, em muitos casos o resfriamento ocorre em excesso o que é requerido e desejado em recintos ou em espaços a serem muito resfriados. Se o resfriamento insuficiente é fornecido ao espaço a ser refrigerado, este estará sob desumidificação. Para contornar este problema, serpentinas de reaquecimento têm sido utilizadas a jusantes da serpentina de resfriamento de desumidificação. Isto permite a serpentina de resfriamento desumidificar, quando necessário, e a serpentina de reaquecimento para então elevar a temperatura do ar fornecido para evitar o fornecimento de mais ar resfriado no recinto. Este método é ineficiente porque a energia é utilizada para diminuir a temperatura do ar, e em seguida, mais energia é utilizada para elevar a temperatura de volta.

[0003] Devido à sua ineficiência, a norma ASHRAE 62-1989 impediu o uso de dispositivos de reaquecimento em sistemas de condicionador de ar, a menos que o calor seja recuperado a partir do local. Adicionalmente, a norma ASHRAE 62-1989 exige

que os sistemas com maiores fluxos de ar, devam utilizar alguma forma de recuperação da energia de exaustão para minimizar a quantidade de energia utilizada para condicionar o ar externo, inicialmente introduzido no espaço.

[0004] Muitos sistemas comercialmente disponíveis foram desenvolvidos para combinar a recuperação de energia pré-tratamento, com a serpentina de resfriamento e desumidificação e recuperação do local reaquecido. Um desse sistema é ilustrado na Figura 1, onde um ventilador de recuperação de energia com um pacote de refrigeração DX e um sistema de condensador de reaquecimento é ilustrado. Um ventilador de recuperação de energia, geralmente consiste de uma roda de entalpia de construção conhecida que transfere o calor e a energia sensível entre os dois fluxos de ar. Rodas de entalpia são comumente utilizadas para a transferência de temperatura e umidade (energia) de saída para o ar ambiente de entrada. Estes trocadores de energia geralmente são feitos de materiais porosos para aumentar a área superficial, que auxilia na transferência de energia. Outras formas de sistemas de transferência de energia, tais como tubos de calor ("heat pipes"), também podem ser utilizadas.

[0005] No sistema ilustrado na Figura 1, um ar fornecido puro ou de ar externo (ar ambiente) é passado através de um segmento do dispositivo de recuperação de energia (neste caso, uma roda de entalpia) para reduzir a umidade e temperatura do ar fornecido. O ar fornecido é então passada através de um evaporador/serpentina de resfriamento de um sistema de refrigeração convencional, para reduzir sua umidade e ainda, sua temperatura. O ar desumidificado e resfriado é então passado através da serpentina do

condensador do sistema de refrigeração para elevar a temperatura do ar fornecido. Dessa forma, o ar quente e desumidificado é então fornecido através de um sistema de dutos diretamente para o espaço desejado.

[0006] No sistema da Figura 1, o ar de exaustão é retirado do espaço com um ventilador ou ventoinha (não é ilustrado) e passado através de um segmento separado de um dispositivo de recuperação de energia, roda de entalpia. Como resultado, a temperatura e umidade do fluxo de ar de exaustão são aumentadas, e em seguida, a exaustão é rejeitada para a atmosfera. Este tipo de dispositivo da técnica anterior é eficaz em reduzir a umidade do ar fornecido e utilizando recuperação de energia, mas requer um resfriamento significativo para obter o desejado desempenho de desumidificação. Grande parte da energia utilizada para resfriar o ar para obter essa desumidificação, é revertida através da serpentina de aquecimento para eliminar o resfriamento em excesso do espaço.

[0007] A figura 2 é um gráfico psicrométrico do sistema na figura 1, e fornece a análise psicrométrica dos efeitos de cada componente do sistema sobre o ar fornecido.

[0008] Neste sistema ilustrativo, o ar ambiente ou externo (OA) tem uma taxa de umidade de cerca de 220,46 g/kg (100 g/lb) e uma temperatura de cerca de 34,44 °C (94°F); após deixar a roda de recuperação de energia, que tem uma taxa de umidade de cerca de 176,37 g/kg (80 g/lb) e uma temperatura de cerca de 28,33 °C (83°F); após passar através da serpentina do evaporador, que tem uma taxa de umidade de cerca de 130,073 g/kg (59 g/lb) e uma temperatura de cerca de 11,66 °C (53°F) e, após deixar a serpentina do condensador

que tem a mesma taxa de umidade, cerca de 130,073 g/kg (59 g/lb) e uma temperatura de cerca de 22,22 °C (72°F).

[0009] Outra forma do sistema de condicionamento do condensador regenerado é ilustrado na figura 3 e também na figura 7 da Patente US 6.557.365 B2. Esse sistema usa uma serpentina de resfriamento DX, para o resfriamento e desumidificação do ar ambiente/externo antes de entrar em uma roda dessecante. O ar é então desumidificado e ainda aquecido com a roda dessecante antes de ser inicialmente fornecido ao espaço. Um fluxo de ar ambiente separado é utilizado como o fluxo de ar de regeneração, e é aquecido primeiro utilizando o calor do condensador do ciclo de refrigeração DX; o fluxo de ar aquecido, portanto, é então utilizado para conduzir a umidade para fora da roda dessecante. O fluxo de ar de regeneração coleta a umidade e a rejeita para a atmosfera. Muitos outros sistemas de desumidificação dessecante são comercialmente disponíveis, que utilizam outras fontes de calor para regenerar rodas dessecantes para fornecer ciclos de desumidificação e aquecimento para o ar fornecido. A grande maioria destes dispositivos requer elevadas temperaturas de regeneração para regenerar o dessecante.

[0010] A figura 4 ilustra o gráfico psicrométrico para o sistema da figura 3, e ilustra o efeito dos componentes do sistema sobre o sistema de ar fornecido. Como pode ser observado, o ar externo fornecido à serpentina do evaporador tem uma temperatura de cerca de 33,88 °C (93°F) e taxa de umidade de cerca de 220,46 g/kg (100 g/lb). Depois de deixar a serpentina do evaporador, o ar, tem uma temperatura de cerca de 16,66 °C (62°F) e taxa de umidade de cerca de 171,96 g/kg (78 g/lb). Após deixar a roda dessecante, dito ar, tem

uma temperatura de cerca de 22,22 °C (72°F) e uma taxa de umidade de cerca de 127,87 g/kg (58 g/lb).

[0011] A figura 5 ilustra outra técnica anterior de sistema de condicionador de ar que, neste caso, utiliza um sistema dessecante de condensador de regeneração com pré-tratamento de recuperação da entalpia do ar fornecido. Como pode ser observado, o ar fornecido fresco do ambiente externo é passado através de um setor de um dispositivo de recuperação de entalpia, desumidificado e resfriando, é então passado na serpentina de resfriamento de um sistema convencional de refrigeração DX, reduzindo ainda mais sua umidade e temperatura. Assim, o fluxo do ar fornecido, resfriado e seco, é então passado através de um dispositivo dessecante, o qual é desumidificado, aquecido e posteriormente fornecido para o espaço através de um sistema de dutos.

[0012] O ar de exaustão é extraído do espaço com um ventilador ou ventoinha (não é ilustrado) e passado através de outra seção do dispositivo de recuperação de entalpia o qual o ar de exaustão é aquecido e umidificado e, em seguida, rejeitado para a atmosfera. Neste sistema, um fluxo de ar separado do ambiente é aquecido, utilizando a serpentina do condensador do sistema de refrigeração, e então, utilizado como o fluxo de ar de regeneração. O fluxo de ar de regeneração é passado através de outra seção do dispositivo dessecante, resfriado e umidificado, e em seguida, rejeitado para a atmosfera.

[0013] A figura 6 ilustra o gráfico psicrométrico do sistema da figura 5 e ilustra os efeitos de cada componente do sistema sobre o ar fornecido. Como pode ser observado, o

ar fornecido externo, inicialmente tem uma taxa de umidade de cerca de 220,46 g/kg (100 g/lb) e temperatura de cerca de 33,88 °C (93°F), após passar pela roda de entalpia, o ar fornecido tem uma taxa de umidade de cerca de 185,19 g/kg (84 g/lb) e uma temperatura de cerca de 28,88 °C (84°F). Após a passagem através da serpentina do evaporador, o ar fornecido, tem uma taxa de umidade de cerca de 171,96 g/kg (78 g/lb) e uma temperatura de cerca de 16,66 °C (62°F). Após a passagem através da roda dessecante, dito ar fornecido, tem uma taxa de umidade de cerca de 127,87 g/kg (58 g/lb) e temperatura de cerca de 22,22 °C (72°F), como fornecido ao espaço.

#### Sumário da invenção

[0014] Em comparação aos sistemas convencionais de condicionador de ar e processos como descrito acima, a presente invenção tem vantagens significativas no tratamento de ar fresco ou externo para alimentar o ar à temperatura do espaço e com a umidade igual ou inferior ao do espaço. A vantagem mais significativa, é o baixo consumo de energia. Mais especificamente, a presente invenção reduz a energia requerida em 30 a 75% em comparação com as outras técnicas disponíveis.

[0015] Um benefício adicional significativo da invenção é a capacidade de fornecer condições de ar fornecido com baixa umidade (ponto de orvalho ou g/lb (taxa de umidade absoluta)) que algumas outras técnicas. Mais particularmente, sistemas de desumidificação baseados em serpentina têm problemas com a formação de gelo sobre as serpentinas do evaporador, assim, proporcionando baixas temperaturas da serpentina a fim de proporcionar condições de baixa umidade. A presente invenção, por outro lado oferece a possibilidade de fornecer condições

de ar fornecido com baixa umidade (ponto de orvalho ou g/lb), pela utilização de um ciclo de desumidificação dessecante após a serpentina de resfriamento.

[0016] É um objetivo da presente invenção, tratar o ar externo ou fresco, do ar ambiente fornecido e desumidificar e resfriar o ar a partir da condição do ambiente externo, para a condição de ar desejada do espaço. ASHRAE definiu que as condições de conforto para uma construção estão entre 22,77 °C (73°F) e 235,55 °C (78°F) de temperatura e cerca de 50% de umidade relativa ou 121,25 g/kg (55 g/lb) de ar a 156,52 g/kg (71 g/lb) de ar. Em particular, a presente invenção é particularmente adequada para tratar ar quente e úmido do sudeste dos Estados Unidos e de outros climas quentes e úmidos ao redor do mundo, com as condições do ar ambiente variando de 15,55 °C (60°F) a 40,55 °C (105°F) ou mais e um teor de umidade de 70 a 1176,37 g/kg (80 g/lb) e liberar o ar tratado na temperatura do espaço, e umidade igual ou inferior a do espaço, geralmente na faixa de cerca de 21,11 °C (70°F) a 29,44 °C (85°F) de temperatura e um nível de umidade de cerca de 99,20 g/kg (45 g/lb) a cerca de 156,52 g/kg (71 g/lb). Faixas um pouco menores e maiores que os propostos pela ASHRAE também podem ser obtidas pela presente invenção, quando as condições do espaço de projeto variam das condições determinadas pela ASHRAE.

[0017] Outro objeto da presente invenção é fornecer esse tratamento de ar ambiente, ar externo e ar fresco de forma muito eficiente, com menor entrada de energia que a maioria dos sistemas de tratamentos atualmente disponíveis.

[0018] No entanto, outro objeto da presente invenção é fornecer um sistema que pode proporcionar diferentes

capacidades de desumidificação e refrigeração, para reagir e superar diferentes cargas de refrigeração e desumidificação do ar fornecido fresco ou externo e/ou da própria construção. Outro objetivo da presente invenção é fornecer o aquecimento, do ar exterior ou ar fornecido fresco, com a utilização de um dispositivo de recuperação de energia durante períodos de clima frio para reduzir a exigência de entrada de ar aquecido para a condição de temperatura do espaço. Mais especificamente, o sistema utiliza ar de exaustão com calor transferido para o ar fornecido fresco ou ao ar externo, com um trocador de calor de recuperação de energia para aumentar, substancialmente, a temperatura e/ou a umidade do ar, antes de ser aquecido por um dispositivo de aquecimento. Assim, uma temperatura, tal como -23,33 °C (-10°F) seria aquecida para aproximadamente, a uma temperatura de 10 °C (50°F) ou superior, conforme necessário.

[0019] De acordo com um aspecto da invenção, um sistema de condicionador de ar incluindo um meio para recuperar energia a partir de um fluxo de ar de exaustão pela passagem do fluxo de ar de exaustão através de um dispositivo de recuperação de energia, como uma roda de entalpia. O ar ambiente fornecido, fresco, externo são passados sobre o outro "lado" do dispositivo de recuperação de energia. O dispositivo de recuperação de energia transfere energia de um fluxo de ar para o outro, sem a transferência de ar através do dispositivo. Isto permite uma redução da temperatura e, em alguns dispositivos, a redução na umidade do ar fornecido, quando a condição do ambiente é mais quente e mais úmida do que a condição do espaço. O dispositivo permite também o aumento da temperatura e, em alguns dispositivos, o aumento

da umidade do ar fornecido quando a condição do ambiente é mais fria e seca que a condição de espaço.

[0020] De acordo com outro aspecto da invenção, o sistema da presente invenção utiliza uma serpentina de resfriamento para diminuir a temperatura e umidade do ar fornecido antes de fornecê-lo para o espaço em que ele é necessário. Um dispositivo de desumidificação dessecante que utiliza o calor de reativação a partir de um sistema de refrigeração fornece uma desumidificação adicional, enquanto aumenta a temperatura do ar fornecido. A refrigeração adicional do ar é uma opção para prover uma temperatura menor de ar fornecido contornando a sensibilidade da carga na construção interna, se desejado.

[0021] Sistemas de acordo com a presente invenção também podem utilizar a exaustão do ar que passou através de um dispositivo de recuperação de energia para fornecer uma fonte de ar de reativação para o ciclo de desumidificação dessecante. Uma serpentina de condensador a partir de um sistema de refrigeração convencional é utilizada para aumentar a temperatura de ar de exaustão e, em seguida, passar este ar através de outro segmento do dispositivo dessecante, para a regeneração do dispositivo dessecante. O fluxo de ar de exaustão é resfriado e umidificado durante este processo de regeneração permitindo que ele seja passado através de uma serpentina de condensador adicional, para receber o calor adicional rejeitado a partir do sistema de refrigeração. Um dispositivo de refrigeração evaporativo também pode ser adicionado antes da segunda serpentina do condensador para diminuir a exaustão do ar que entra na segunda

serpentina do condensador para melhorar a eficiência dos

sistemas de refrigeração e/ou aumentar a capacidade de rejeição de calor do condensador.

[0022] O acima exposto, e outros objetivos, características e vantagens da presente invenção, serão evidentes na descrição detalhada das construções ilustrativas da mesma abaixo, as quais deverão ser lidas em conjunto com os desenhos que acompanham, onde:

Breve descrição dos desenhos

[0023] A figura 1 ilustra um gráfico esquemático de uma técnica anterior convencional de recuperação de energia de condicionador de ar ou ventilador, usando um sistema de resfriamento DX e um condensador de reaquecimento;

[0024] A figura 2 ilustra um gráfico psicrométrico descrevendo os efeitos dos componentes do sistema de fluxo de ar fornecido do sistema ilustrado na Figura 1;

[0025] A figura 3 ilustra um gráfico esquemático da técnica anterior, de um sistema de condensador reativado dessecante;

[0026] A figura 4 ilustra um gráfico psicrométrico descrevendo os efeitos dos componentes do sistema de fluxo de ar fornecido do sistema ilustrado na Figura 3;

[0027] A figura 5 ilustra um gráfico esquemático da técnica anterior, de um sistema de condensador reativado dessecante, utilizando um sistema de pré-tratamento de recuperação da energia de entalpia;

[0028] A figura 6 ilustra um gráfico psicrométrico descrevendo os efeitos dos componentes do sistema de fluxo de ar fornecido do sistema ilustrado na Figura 5;

[0029] A figura 7 ilustra uma vista esquemática de um sistema de condicionador de ar de acordo com a presente

invenção;

[0030] A figura 8 ilustra um gráfico psicrométrico mostrando os efeitos dos componentes do fluxo de ar fornecido no sistema ilustrado na Figura 7;

[0031] A figura 9 ilustra um gráfico psicrométrico mostrando os efeitos dos componentes do fluxo de ar de exaustão no sistema ilustrado na Figura 7;

[0032] A figura 10 ilustra, esquematicamente, uma segunda construção da presente invenção;

[0033] A figura 11 ilustra um gráfico psicrométrico mostrando os efeitos dos componentes no fluxo de ar de exaustão no sistema ilustrado na figura 10;

[0034] A figura 12 ilustra esquematicamente, uma terceira construção da invenção;

[0035] A figura 13 ilustra esquematicamente, uma quarta construção da invenção;

[0036] A figura 14 ilustra esquematicamente, uma quinta construção da invenção;

[0037] A figura 15 ilustra esquematicamente, uma sexta construção da invenção;

[0038] A figura 16 ilustra esquematicamente, uma sétima construção da invenção; e

[0039] A figura 17 ilustra esquematicamente, uma oitava construção da invenção.

Descrição detalhada da invenção

[0040] Referindo-se agora ao desenho em detalhe e inicialmente a figura 7, um sistema de condicionamento de ar 10, de acordo com uma configuração da invenção é ilustrado, na qual um fluxo de ar ambiente 12 é tratado a condições de temperatura e umidade desejadas para uso em um quarto,

recinto ou espaço 14. Na construção ilustrada, o sistema é utilizado em áreas onde o ar ambiente externo tem uma alta temperatura e alto teor de umidade ou a razão, como descrito acima. A figura 7 é um desenho esquemático e deve ser compreendido por um técnico no assunto que os fluxos de ar descritos estão contidos em dutos de trabalho apropriados e movidos com ventiladores apropriados, os quais não são ilustrados.

[0041] Como pode ser visto na figura 7, o ar fornecido 12, ambiente, fresco, externo, é primeiro passado através de uma seção 13, de um dispositivo de recuperação de energia 16. O ar é resfriado e desumidificado quando passa através do dispositivo de recuperação de energia 16. Como descrito acima, esse dispositivo pode ser uma roda de entalpia rotativa convencional ou outro tipo de trocador de calor, tal como um trocador de calor, tal como um tubo de calor ("heat pipe"), para trocar calor entre o fluxo de ar fornecido 12 e um fluxo de ar de exaustão 18, retirado a partir do espaço 14. No caso de usar um tubo de calor, o ar ambiente deve ser resfriado, mas não desumidificado.

[0042] O fluxo de ar fornecido resfriado e desumidificado é então passado através da serpentina do evaporador ou serpentina de resfriamento 20 de uma unidade convencional de refrigeração DX 22, a qual inclui um compressor 23, para reduzir ainda mais a sua temperatura e umidade. O ar fornecido então passa através de um segmento de um dispositivo dessecante 26, tal como uma roda dessecante ondulada rotativa revestida de sílica convencional, para reduzir ainda mais a sua umidade, enquanto aumenta sua temperatura. Neste ponto, o ar fornecido é igual ou próximo à

temperatura desejada no espaço 14 e é igual ou inferior a umidade desejada nesse espaço.

[0043] Quando o ar fornecido ao sair da roda dessecante 26 tem uma taxa de umidade menor do que o desejado no espaço 14, o ar fornecido irá fornecer capacidade de desumidificação para o espaço para superar a carga latente interna. O ar fornecido pode ser fornecido diretamente para o espaço naquele momento ou pode ainda ser resfriado utilizando uma serpentina de evaporador ou resfriamento 28 entre a roda dessecante e o espaço 14 para fornecer um efeito de resfriamento do espaço e superar a carga sensível interna. O fluxo de ar de exaustão 18 é retirado a partir do espaço 14 com um ventilador ou ventoinha (não é ilustrado), e depois passado sobre outra seção 30 do dispositivo de recuperação de energia 16. A exaustão do ar é aquecida pelo calor absorvido na seção 13 e umidificado ao passar pela seção 30 e, em seguida, é passado através de uma serpentina do condensador 32 do sistema de refrigeração 22 para aumentar sua temperatura. O ar de exaustão que sai do condensador 32 tem uma temperatura mais elevada do que quando entrou e é então utilizado para regenerar a roda dessecante 26, pela passagem do ar de exaustão através de uma seção separada 34 do dispositivo dessecante. O fluxo de ar de exaustão é resfriado e umidificado durante este processo de regeneração. Agora o ar de exaustão refrigerado, pode então ser utilizado para passar sobre uma segunda serpentina do condensador 36 no sistema 22 para recuperar ainda mais o ar do sistema de refrigeração e então rejeitá-lo na atmosfera.

[0044] Como será apreciado pelos técnicos no assunto que, o sistema da presente invenção utiliza o fluxo de ar de

exaustão para recuperar calor a partir do fluxo de ar fornecido ambiente e para regenerar a roda dessecante. Dito sistema, também é utilizado para recuperar ou absorver o calor do sistema de refrigeração através de condensadores 32 e/ou 36. Esse potencial de rejeição de calor do fluxo de ar de exaustão é aumentado pelo efeito de resfriamento evaporativo no processo de regeneração dessecante. Este fluxo de exaustão/regeneração de ar 18 pode ser igual ou inferior que o fluxo de ar fornecido em termos de volume, conforme desejado, utilizando controles adequados. Este é um aspecto importante, que é de conhecimento que a construção cautelosa de condicionador de ar, requer uma pressão de ar positiva. Para obter a pressão de ar positiva, a quantidade de ar fornecido fresco ou externo, deve ser igual ou maior que a quantidade de ar de exaustão.

[0045] A figura 8 é um gráfico psicrométrico, o qual ilustra o efeito dos componentes da invenção illustrados na figura 7, sobre o fornecimento do fluxo de ar 12. Como pode ser visto, os efeitos são semelhantes aos obtidos no dispositivo da técnica anterior da figura 5, embora a presente invenção possibilite a inclusão de uma serpentina de resfriamento 28 adicional, para tratamento do fluxo de ar fornecido depois de deixar a roda dessecante 26. No entanto, ao contrário da figura 5, o sistema da presente invenção, recupera o calor desperdiçado no fluxo de escapamento de ar do sistema da figura 5. Assim, a fluxo de ar de exaustão, saindo o espaço 14 e entrando no segmento 30 da roda de entalpia 16, tem uma temperatura de cerca de 22,22 °C (72°F) e uma taxa de umidade de cerca de 141,09 g/kg (64 g/lb), ao deixar a roda de entalpia, tem uma temperatura de cerca de

28,33 °C (83°F) e uma taxa de umidade de 176,37 g/kg (80 g/lb). À medida que passa através da serpentina do condensador 32, o fluxo de ar de exaustão absorve o calor rejeitado da serpentina de modo que quando ele sai da serpentina e entra no segmento de regeneração de 34, da roda dessecante, o fluxo de ar de exaustão tem uma temperatura de cerca de 42,22 °C (108°F) e uma taxa de umidade de 176,37 g/kg (80 g/lb).

[0046] Depois de passar através do segmento 34 da roda dessecante e antes de entrar na serpentina do condensador 36, o fluxo de ar de exaustão tem uma temperatura de cerca de 26,66 °C (80°F) e uma taxa de umidade de cerca de 268,96 g/kg (122 g/lb).

[0047] Quando passa através da serpentina do condensador 36, o fluxo de ar de exaustão, absorve o calor rejeitado por essa serpentina e sua temperatura sobe para cerca de 42,22 °C (108°F) ou superior, antes de ser rejeitado para a atmosfera.

[0048] A figura 10 ilustra outra construção da invenção ilustrada na figura 7 e os mesmos numerais de referência são utilizados para identificar as partes semelhantes. Nesta construção, um dispositivo de resfriamento evaporativo 38 é adicionado entre a roda dessecante 26 e a segunda serpentina do condensador 36 no fluxo de ar de exaustão. O dispositivo de resfriamento evaporativo pode ser de construção convencional, por exemplo, utilizando, materiais em chapa onduladas entrelaçadas de construção conhecida através da qual o fornecimento de água é passado através ou no contra fluxo da corrente de ar para resfriar o fluxo de ar. Esse resfriamento evaporativo adicional do fluxo de ar de exaustão

promove a temperatura mais baixa. O fluxo de exaustão nesse ponto tem uma temperatura menor e uma capacidade adicional de rejeição de calor quando ele entra na serpentina do condensador 36, permitindo, assim, uma menor e mais eficiente temperatura de condensação e redução da pressão de descarga de refrigeração.

[0049] A figura 11 é um gráfico psicrométrico ilustrando os efeitos da invenção, como ilustrado na figura 10. Como um resultado da utilização do dispositivo de resfriamento evaporativo adicionado entre a roda dessecante 26 e o segundo condensador 36, a temperatura de exaustão do fluxo de ar é reduzida ainda à cerca de 25 °C (77°F) e sua taxa de umidade aumentada à cerca de 286,60 g/kg (130 g/lb), para fornecer refrigeração adicional e baixa temperatura ao entrar no segundo condensador.

[0050] A presente invenção proporciona vantagens significativas sobre a técnica anterior. A utilização de um único fluxo de ar para exaustão, regeneração e rejeição de calor do condensador, diminui significativamente a potência do ventilador requerida (por movimento de vários fluxos de ar) para realizar estas três funções. Enquanto o sistema não exige um aumento da pressão estática total para superar os diferentes trocadores de calor, o fluxo de ar total é substancialmente reduzido. Quando a potência do ventilador é proporcional ao quadrado da pressão estática e ao cubo do fluxo de ar, a redução do fluxo de ar é um fator muito importante na redução das exigências fornecido do ventilador.

[0051] Adicionalmente, o uso de um único fluxo de ar para fornecer essas funções, também oferece os níveis mais baixos de umidade para a roda dessecante para o processo de

reativação. A construção do ar de exaustão do ar é feita a partir do espaço considerando o teor de umidade no espaço. Em seguida, passa através de um dispositivo de recuperação de energia. Este dispositivo também não aumenta a sua umidade (quando se utiliza um dispositivo de recuperação de calor sensível) ou aumenta em certa proporção entre a condição externa e a condição interna, baseada na eficiência do dispositivo de recuperação de entalpia. Em ambos os casos a umidade deixada no dispositivo de recuperação de energia e entrando na roda dessecante é menor do que a condição externa. A temperatura de ar de exaustão é na mesma temperatura, independentemente da umidade. A temperatura é determinada pelo processo de recuperação de exaustão, onde a troca de temperatura é independente do nível de umidade e do calor do condensador adicionado, novamente, independente de umidade. Como a roda dessecante atua como um trocador de umidade relativa, uma condição de baixa umidade em um fluxo de ar com determinada temperatura, proporciona uma umidade relativa baixa. Assim, a menor umidade no ar dá ao dispositivo dessecante, aumento da capacidade através da regeneração aperfeiçoada.

[0052] Outras vantagens da invenção sobre a técnica anterior são relacionadas com a temperatura e o ciclo de refrigeração do condensador e capacidade de rejeição de calor. O calor de condensador deve ser rejeitado para a atmosfera. A temperatura do fluxo de ar de exaustão da presente invenção é inferior à temperatura ambiente. Assim, com relação à umidade, o ar de exaustão é retirado do espaço e percorre através de um dispositivo de recuperação de energia. Sua temperatura é aumentada em uma fração da

diferença entre a temperatura do espaço e da temperatura externa. A temperatura de partida é algumas vezes uma temperatura menor do que a do ambiente externo. Isso oferece dois benefícios. Primeiro, a taxa de fluxo de ar necessário para rejeitar o calor da serpentina do condensador para o fluxo de ar é reduzida, devido à sua baixa temperatura e a maior diferença entre a temperatura refrigerante que entra no condensador e a temperatura do ar que entra no condensador. A redução do fluxo de ar exigido, também reduz a exigência da potência do ventilador. É de certa forma, incluídos na exigência de redução do fluxo de ar discutido acima. Adicionalmente, a menor temperatura do ar de entrada para o condensador, permite uma menor temperatura de refrigeração que deixa o condensador e proporciona uma menor pressão de descarga. Com a menor pressão de descarga, o volume de trabalho do compressor deve ser elevado à pressão do refrigerante a ser reduzida permitindo o compressor a operar com um menor consumo de energia.

[0053] No entanto, outro aprimoramento da presente invenção é a capacidade e eficiência do fluxo de ar de exaustão para rejeitar mais calor no segundo condensador. O efeito de resfriamento por evaporação da roda dessecante reduz a temperatura de retorno a uma temperatura que permite que o mesmo fluxo de ar realize a rejeição de mais calor. Este novamente reduz o fluxo de ar total e proporciona a redução da potência do ventilador. A adição de um dispositivo de resfriamento evaporativo antes do segundo condensador, reduz ainda a temperatura para proporcionar a mesma eficiência para o segundo condensador como discutido acima para o primeiro condensador. Isto dá ao segundo condensador a

capacidade de rejeitar mais calor a um menor fluxo de ar e economizar energia do ventilador. Ele também diminui a temperatura e reduz a pressão na cabeça do circuito de refrigeração, reduzindo a potência do compressor.

[0054] Adicionalmente, os ganhos de eficiência acima, ainda podem ser alcançados quando uma roda dessecante é utilizada como o dispositivo dessecante 26, uma vez que a velocidade de rotação da roda pode ser controlada para aumentar ou diminuir o aquecimento e desumidificação para controlar a temperatura e a umidade do fluxo de ar fornecido.

[0055] As figuras de 12 a 14 ilustram outras construções da invenção, como ilustrado na figura 10, novamente usando os mesmos números de referência para as partes correspondentes. Em cada uma das construções, um ou mais desvios de fluxo de ar são providos, utilizando dutos de trabalho convencionais, deflectores e controles para seletivamente desviar uma porção de um ou ambos fluxos de ar em torno da roda dessecante.

[0056] A figura 12 ilustra o uso de um bypass 42 para direcionar uma parte do fluxo de ar fornecido em torno da seção de desumidificação da roda dessecante 26.

[0057] A figura 13 ilustra o uso do bypass 42 junto com um bypass 44, o qual desvia uma parte do fluxo de ar de exaustão em torno da seção de regeneração 34 da roda dessecante. A figura 14 simplesmente ilustra o uso de um único bypass 44 na seção de regeneração de 34 da roda dessecante.

[0058] Fornecer uma ou mais "bypass's" em torno de uma roda dessecante, permite diversas vantagens. Modulando o bypass em ambos os lados, fornecimento ou regeneração, fornece a capacidade de modulação dos efeitos dessecantes sobre o fluxo de ar fornecido. Adicionalmente, a queda de

pressão da roda dessecante pode ser evitada durante as épocas quando a desumidificação não é necessária, permitindo a redução de energia do ventilador requerida e uma operação mais eficiente. Isto também permite uma maior flexibilidade no projeto da unidade, provendo a capacidade para a unidade fornecer mais ar do que a roda dessecante pode acomodar. Essa flexibilidade pode diminuir o custo do equipamento para atender aos requisitos específicos de desempenho da unidade.

[0059] A figura 15 é outra construção da invenção, conforme ilustrado na figura 10, novamente com peças similares identificadas com os mesmos números de referência.

[0060] Nesta construção o condensado da serpentina do evaporador 20 é recuperado em um reservatório 50 ou semelhante e alimentado ao refrigerador evaporativo por uma bomba 52.

[0061] A recuperação do condensado para as necessidades do refrigerador evaporativo, permite uma maior eficiência sem a necessidade de utilização de água. Isso obterá também menores custos com uso de água e menor custo de instalação.

[0062] A figura 16 é ainda outra variante da invenção, como descrito acima com relação à figura 7. Nesta construção, a configuração do duto de trabalho em relação com a roda dessecante é rearranjado de modo que os fluxos de ar ambiente/fornecido fluam através da roda dessecante em uma direção oposta aos fluxos de exaustão/regeneração ao invés da mesma direção ilustrada na figura 7. Esta construção de contrafluxo proporciona maior desempenho dessecante para maior eficiência. O layout físico desta construção é mais difícil para construir do que as outras construções e, potencialmente, exigiria mais custos. Todas as outras

construções anteriores, indicadas nas figuras que também podem ser adicionadas a esta construção para fornecer muitas opções e variações da presente invenção.

[0063] Embora construções ilustrativas da presente invenção, foram descritas neste documento com referência aos desenhos anexos, deve ser entendido que a invenção não se limita as estas construções precisas, mas que várias alterações e modificações podem ser efetuadas pelos técnicos no assunto, sem se afastar do escopo ou espírito de da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fornecer ar condicionado para um recinto, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:
  - a) condicionar um fluxo de ar ambiente (12) através de:
    - i) primeiro resfriar o fluxo de ar ambiente (12) para uma primeira temperatura reduzida em um dispositivo de recuperação de energia (16);
    - ii) então passar o fluxo de ar ambiente (12) resfriado através de uma serpentina de resfriamento (20) de um sistema de refrigeração, para reduzir a temperatura do fluxo de ar ambiente (12) para uma segunda temperatura reduzida;
    - iii) em seguida desumidificar o fluxo de ar ambiente (12) resfriado em um dispositivo de desumidificação dessecante (26); e
    - iv) fornecer o ar resfriado e seco para um recinto (14); enquanto
  - b) condicionar e utilizar um fluxo de ar de exaustão (18) de um recinto (14) através de:
    - i) primeiro aumentar a temperatura do fluxo de ar de exaustão (18) pela passagem deste através do referido dispositivo de recuperação de energia (16);
    - ii) então passar o fluxo de ar de exaustão (18) na citada temperatura aumentada sobre uma primeira serpentina do condensador (32) do sistema de refrigeração para elevar a temperatura do fluxo de ar de exaustão (18) e diminuir a umidade relativa do fluxo de ar de exaustão (18);
    - iii) em seguida passar o fluxo de ar de exaustão (18) aquecido através de uma porção de regeneração (34) do dispositivo de desumidificação dessecante (26), para regenerar o dispositivo dessecante (26), e diminuir a

temperatura e aumentar o teor de umidade do fluxo de ar de exaustão (18);

iv) então passar o fluxo de ar de exaustão (18) a partir do dispositivo dessecante (26) sobre uma segunda serpentina do condensador (36) para aumentar ainda a temperatura do fluxo de ar de exaustão (18) antes da descarga do fluxo de ar de exaustão (18) para a atmosfera; e

v) assim descarregar o fluxo de ar de exaustão (18) para a atmosfera.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dita etapa de condicionamento de um fluxo de ar ambiente (12) incluir a etapa de reduzir o teor de umidade do fluxo de ar ambiente (12), enquanto resfria o fluxo de ar ambiente (12) para a citada primeira temperatura reduzida no referido dispositivo de recuperação de energia (16).

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dita etapa de condicionamento de um fluxo de ar ambiente (12) incluir a etapa de redução do teor de umidade do fluxo de ar ambiente (12) enquanto passa o fluxo de ar ambiente (12) através da serpentina de resfriamento (20).

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dita etapa de condicionamento de um fluxo de ar de exaustão (18) incluir a etapa de reduzir o teor de umidade do fluxo de ar de exaustão (18) enquanto aumenta a temperatura do fluxo de ar de exaustão (18) antes de passar o fluxo de ar de exaustão (18) sobre uma serpentina do condensador (32) de um sistema de refrigeração (32, 23, 20).

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de incluir a etapa de fornecer resfriamento evaporativo adicional no fluxo de ar de exaustão

(18) entre o dispositivo dessecante (26) e a segunda serpentina do condensador (36).

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de incluir a etapa de recuperar o condensado a partir de uma serpentina de resfriamento (20) e bombear o citado condensado para o dispositivo de resfriamento evaporativo (38) para permitir o efeito de resfriamento evaporativo.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de incluir as etapas de utilizar um dispositivo de desumidificação, do tipo roda dessecante (26) capaz de girar em várias velocidades de rotação, e seletivamente alterar a velocidade de rotação do dispositivo, tipo roda dessecante (26), para modular o efeito dessecante sobre o fluxo de ar ambiente (12) fornecido para fornecer um controle de capacidade.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de incluir a etapa de seletivamente desviar uma porção do fluxo de ar ambiente (12) fornecido em torno do dispositivo dessecante (26) para modular o efeito dessecante sobre o fluxo de ar ambiente (12).

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de incluir a etapa de seletivamente desviar uma porção do fluxo de ar de exaustão (18) em torno do dispositivo dessecante (26) para modular o efeito dessecante sobre o fluxo de ar ambiente (12).

10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de incluir a etapa de seletivamente desviar uma porção de ambos os fluxos de ar

fornecido (12) e de exaustão (18) em torno do dispositivo dessecante (26) para modular o efeito dessecante sobre o fluxo de ar fornecido (12).

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de incluir a etapa de passar ditos fluxos de ar ambiente (12) e de exaustão (18) através do citado dispositivo dessecante (26) em direções opostas.

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o citado fluxo de ar ambiente (12) ter uma temperatura na faixa de 15,55 °C (60°F) a 40,55 °C (105°F) e um teor de umidade entre 70/7000 a 180/7000 kg por kg (70 a 180 partículas por libra), e a citada etapa de passar o fluxo de ar ambiente (12) através de um segmento de um dispositivo de desumidificação dessecante (26) para aumentar sua temperatura compreende a etapa de aumentar sua temperatura para dentro da faixa de 21,11 °C (70°F) a 29,44 °C (85°F), e diminuir seu teor de umidade para 45/7000 a 65/7000 kg por kg (45 a 65 partículas por libra).

13. Dispositivo para fornecer ar condicionado para um recinto, caracterizado pelo fato de compreender:

- meios (13) para recuperação de energia térmica a partir de um fluxo de ar (12) fornecido ao ambiente, para resfriar o fluxo de ar (12) fornecido ao ambiente para uma primeira temperatura reduzida;
- um sistema de refrigeração (32, 23, 20) incluindo uma serpentina do evaporador (20), para receber o fluxo de ar (12) fornecido ao ambiente dos meios de recuperação de energia térmica (13), para reduzir a temperatura do fluxo de ar (12) fornecido ao ambiente para uma segunda temperatura reduzida;

- meios dessecantes (26) para desumidificação do fluxo de ar (12) refrigerado fornecido ao ambiente a partir da serpentina do evaporador (20); e

- meios para, dessa forma, liberar o ar refrigerado e seco em um recinto (14);

ditos meios (13) para recuperação de energia térmica, a partir de um fluxo de ar ambiente (12) sendo adaptados para receber e aumentar a temperatura de um fluxo de ar de exaustão (18) de um recinto (14);

o citado sistema de refrigeração (32, 23, 20) incluindo uma serpentina do condensador (32) para receber o fluxo de ar de exaustão (18) do citado meio de recuperação de energia térmica e elevar a temperatura do fluxo de ar de exaustão (18) e diminuir sua umidade relativa;

- uma segunda serpentina do condensador (36), para receber o fluxo de ar de exaustão (18) dos meios de desumidificação dessecante (26) para aumentar ainda sua temperatura; e

os citados meios de desumidificação dessecante (26), incluindo uma porção de regeneração (34) para receber o fluxo de ar de exaustão (18) da citada serpentina do condensador (32), para regenerar o dispositivo dessecante (26), e baixar a temperatura e aumentar o teor de umidade do fluxo de ar de exaustão (18).

14. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de ditos meios (13) para a recuperação de energia térmica reduzirem o teor de umidade do fluxo de ar ambiente (12), durante o resfriamento do fluxo de ar ambiente (12) para a citada primeira temperatura reduzida.

15. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de ditos meios (13) para a

recuperação de energia térmica aumentar o teor de umidade do fluxo de ar de exaustão (18) enquanto aumenta sua temperatura.

17. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de dita serpentina do evaporador do sistema de refrigeração (32, 23, 20) condensar a umidade no fluxo de ar (12) fornecido ao ambiente para reduzir o teor de umidade do fluxo de ar ambiente (12).

18. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 13 a 17, caracterizado pelo fato de incluir meios de resfriamento evaporativo (38) no fluxo de ar de exaustão (18), entre os meios de desumidificação dessecante (26) e a segunda serpentina do condensador (36).

19. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de incluir meios para a recuperação de condensado de uma serpentina de resfriamento (20) e bombear dito condensado para o dispositivo de resfriamento evaporativo (38) para permitir o efeito de resfriamento evaporativo.

20. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 13 a 17, caracterizado pelo fato de ditos meios de desumidificação dessecante (26) ser um dispositivo de desumidificação, do tipo roda dessecante (26).

21. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de incluir meios para seletivamente alterar a velocidade de rotação do dispositivo de roda dessecante (26) para modular o efeito dessecante sobre o fluxo de ar ambiente (12) para fornecer um controle de capacidade.

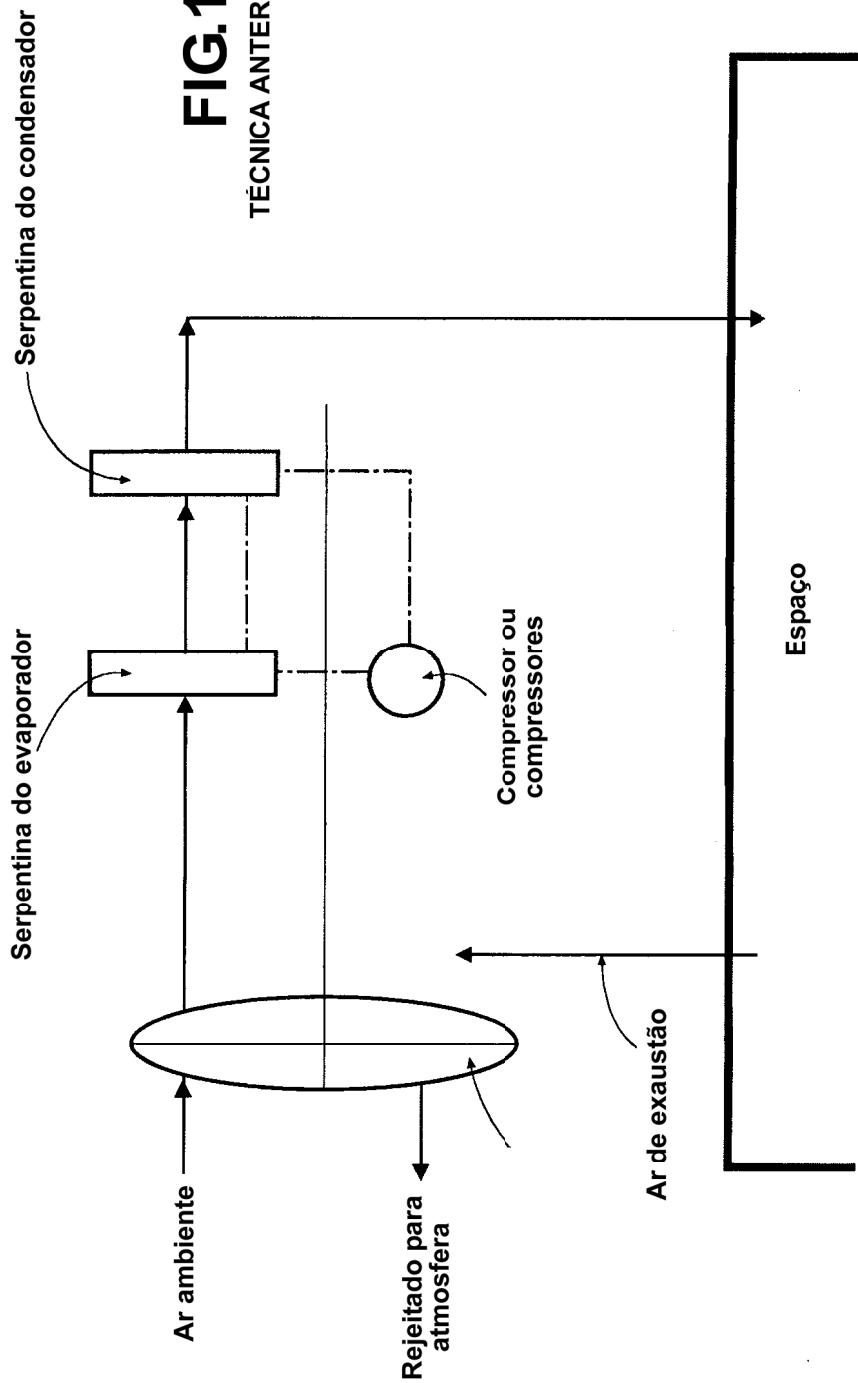
22. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das

reivindicações de 13 a 17, caracterizado pelo fato de incluir meios (42) para seletivamente desviar uma porção do fluxo de ar (12) fornecido em torno do dispositivo dessecante (26) para modular o efeito dessecante sobre o fluxo de ar (12).

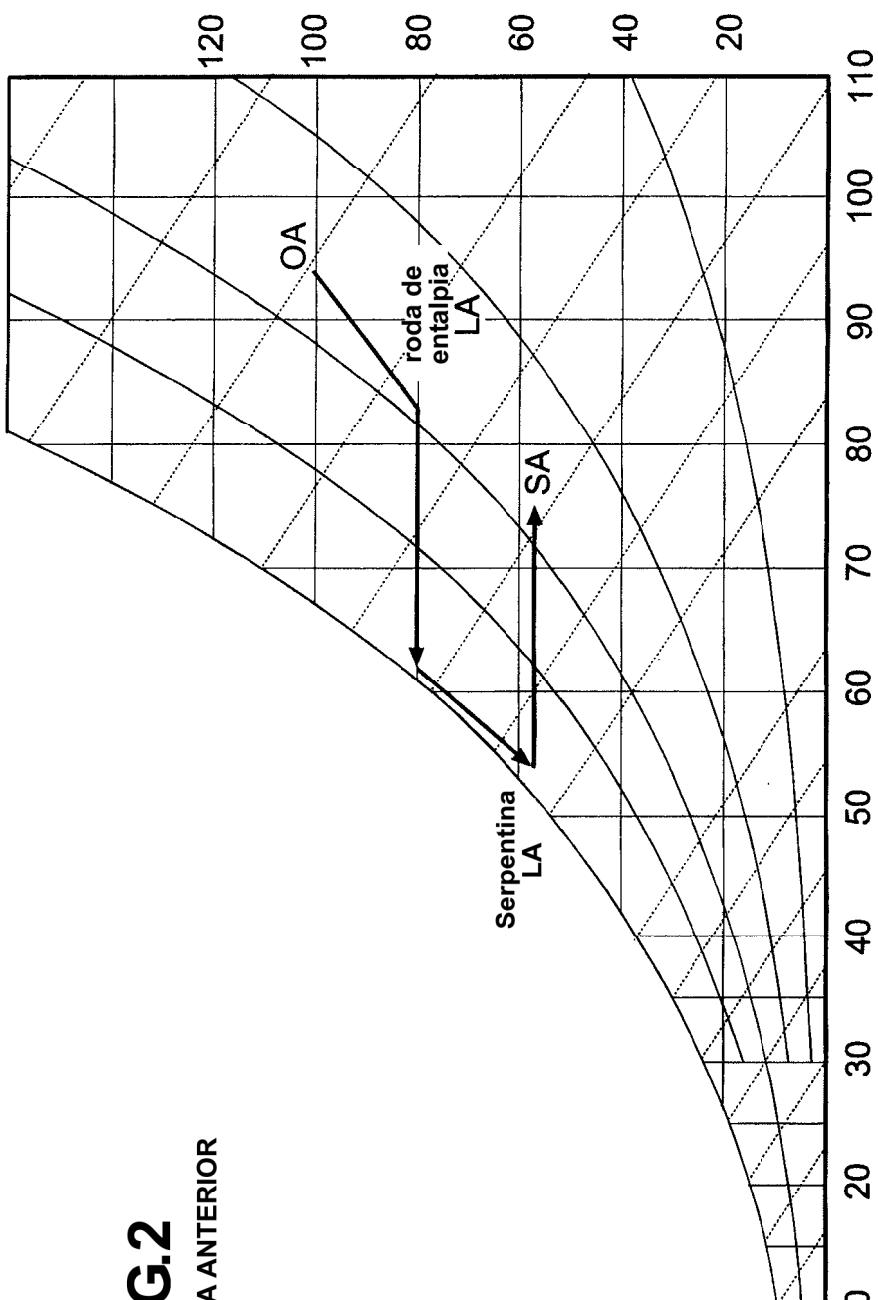
23. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 13 a 17, caracterizado pelo fato de incluir meios para seletivamente desviar uma porção do fluxo de ar de exaustão (18) em torno do dispositivo dessecante (26) para modular o efeito dessecante sobre o fluxo de ar ambiente (12).

24. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 13 a 17, caracterizado pelo fato de incluir meios (42) para seletivamente desviar uma porção de ambos dos fluxos de ar fornecido (12) e de exaustão (18) em torno do dispositivo dessecante (26) para modular o efeito dessecante sobre o fluxo de ar ambiente (12).

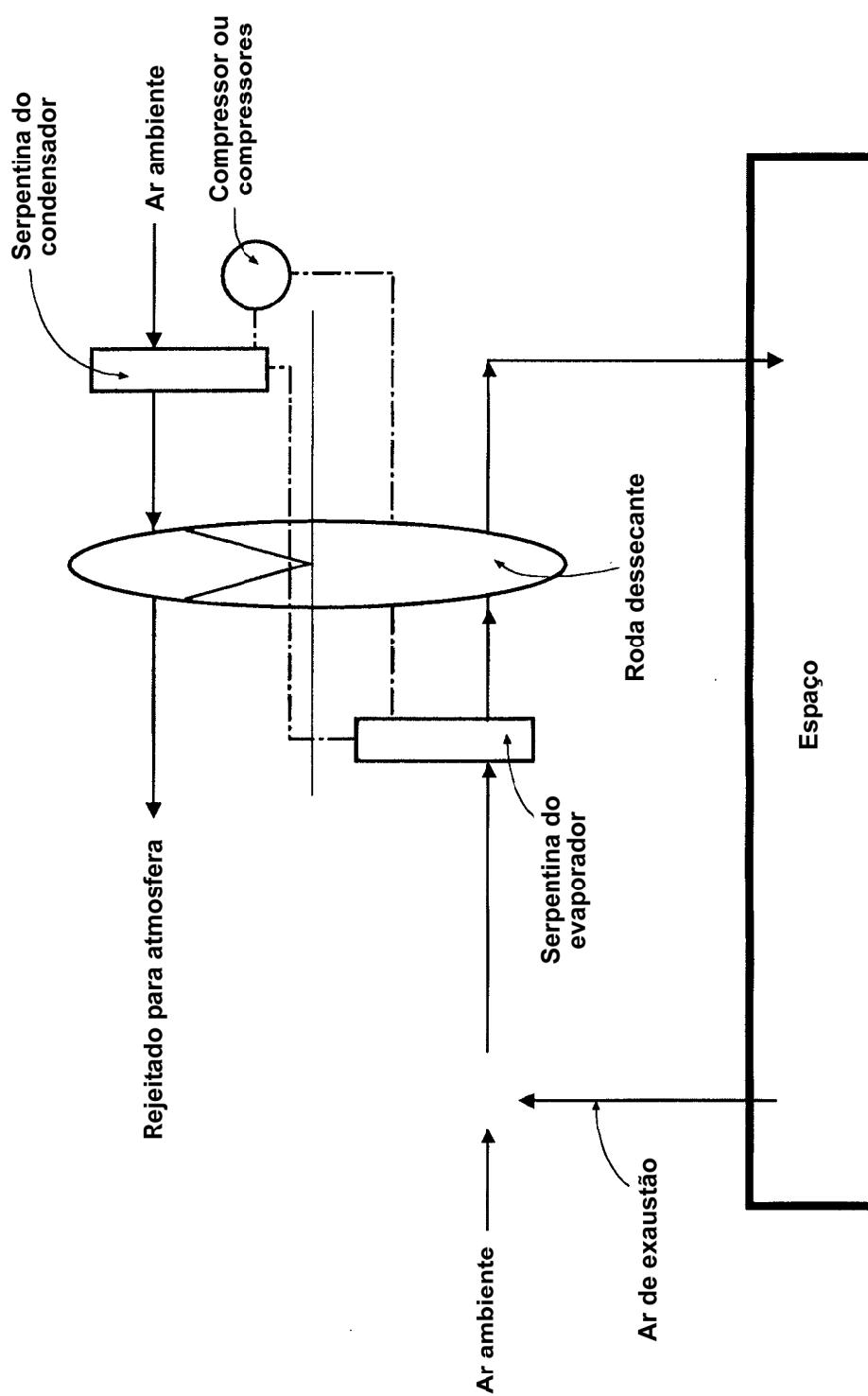
**FIG.1**  
TÉCNICA ANTERIOR



**2/16**

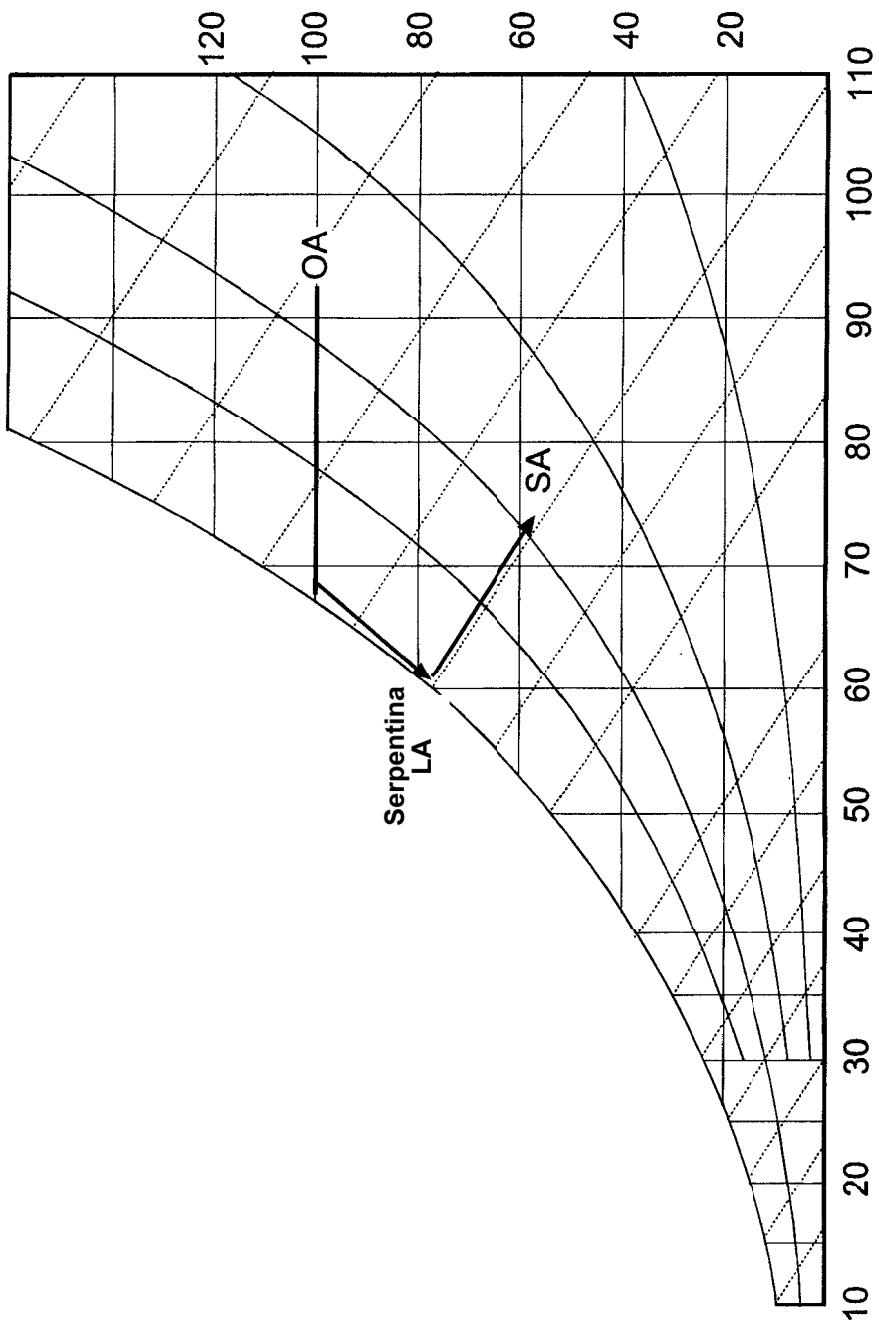


**FIG.2**  
TÉCNICA ANTERIOR

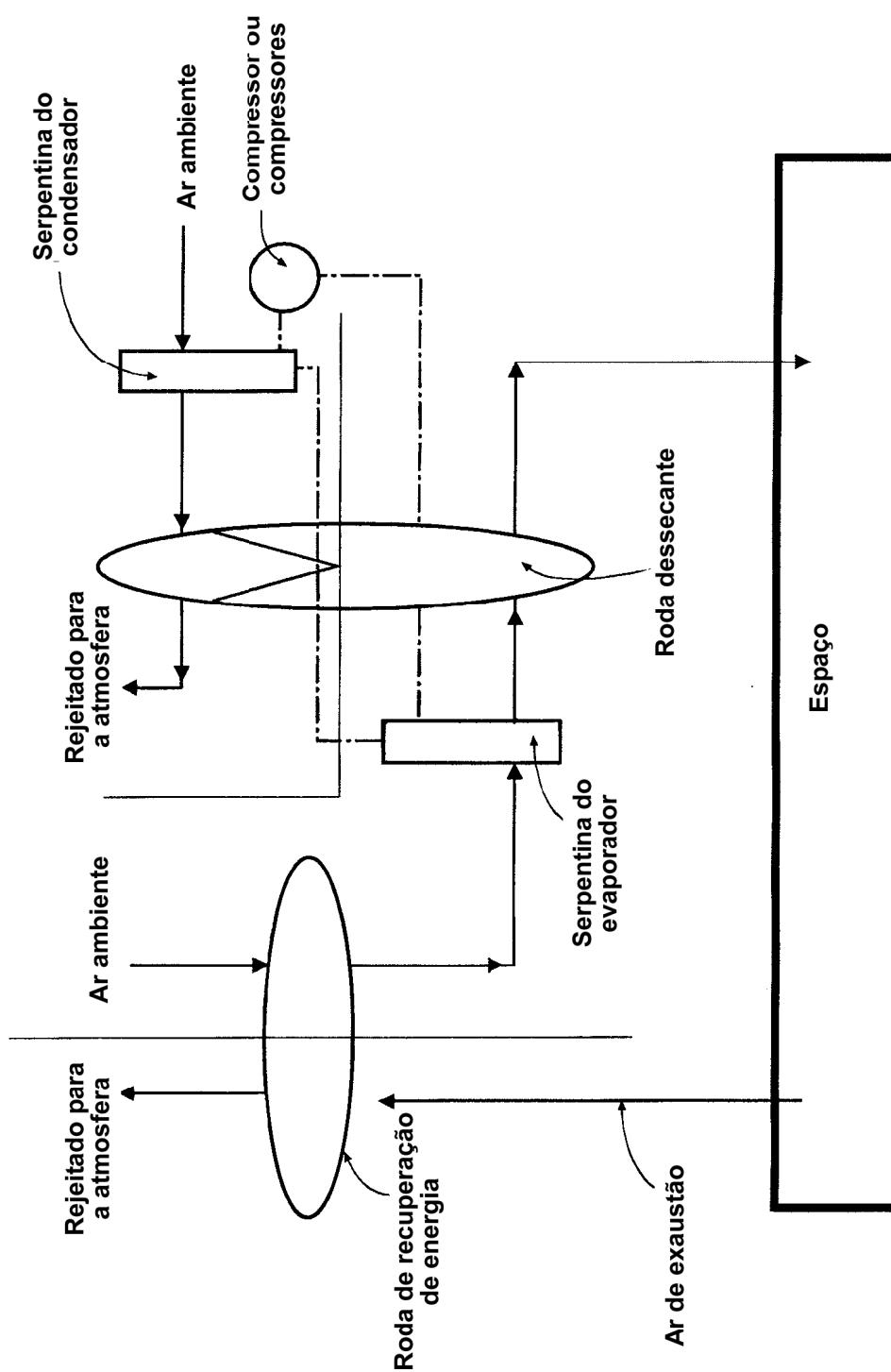


**FIG.3**  
TÉCNICA ANTERIOR

**4/16**

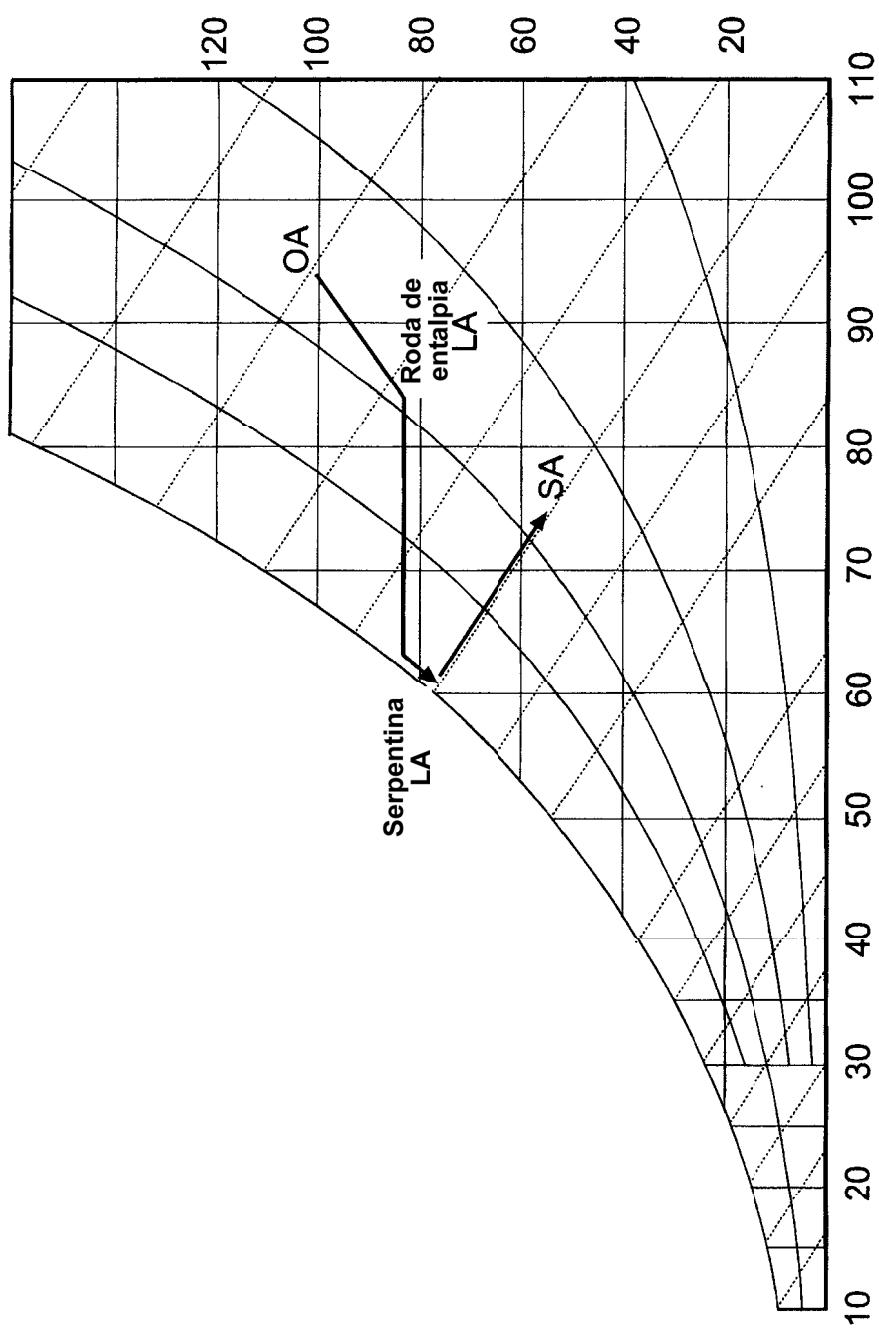


**FIG.4**  
TÉCNICA ANTERIOR



**FIG.5**  
TÉCNICA ANTERIOR

**6/16**



**FIG.6**  
TÉCNICA ANTERIOR

7/16

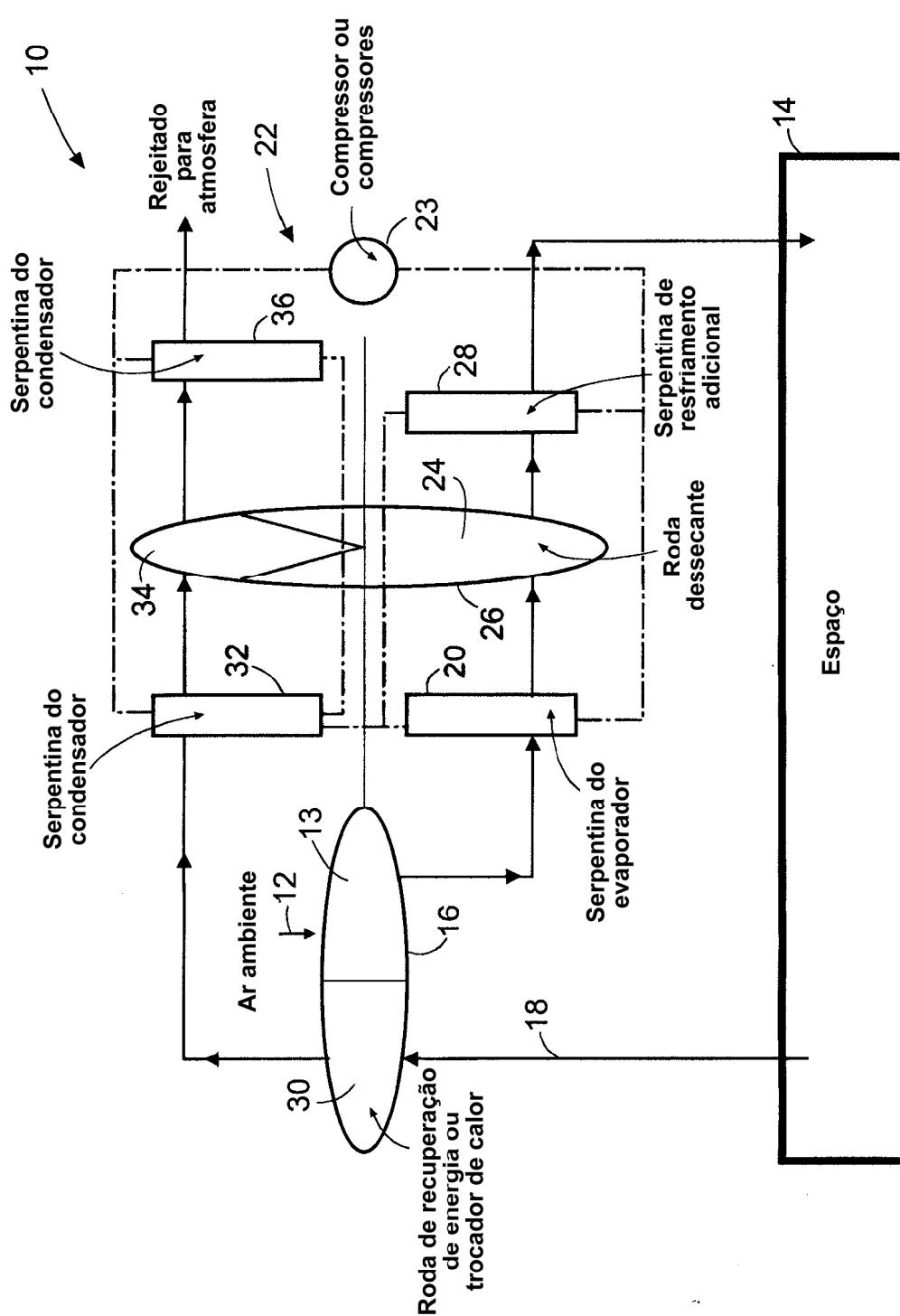
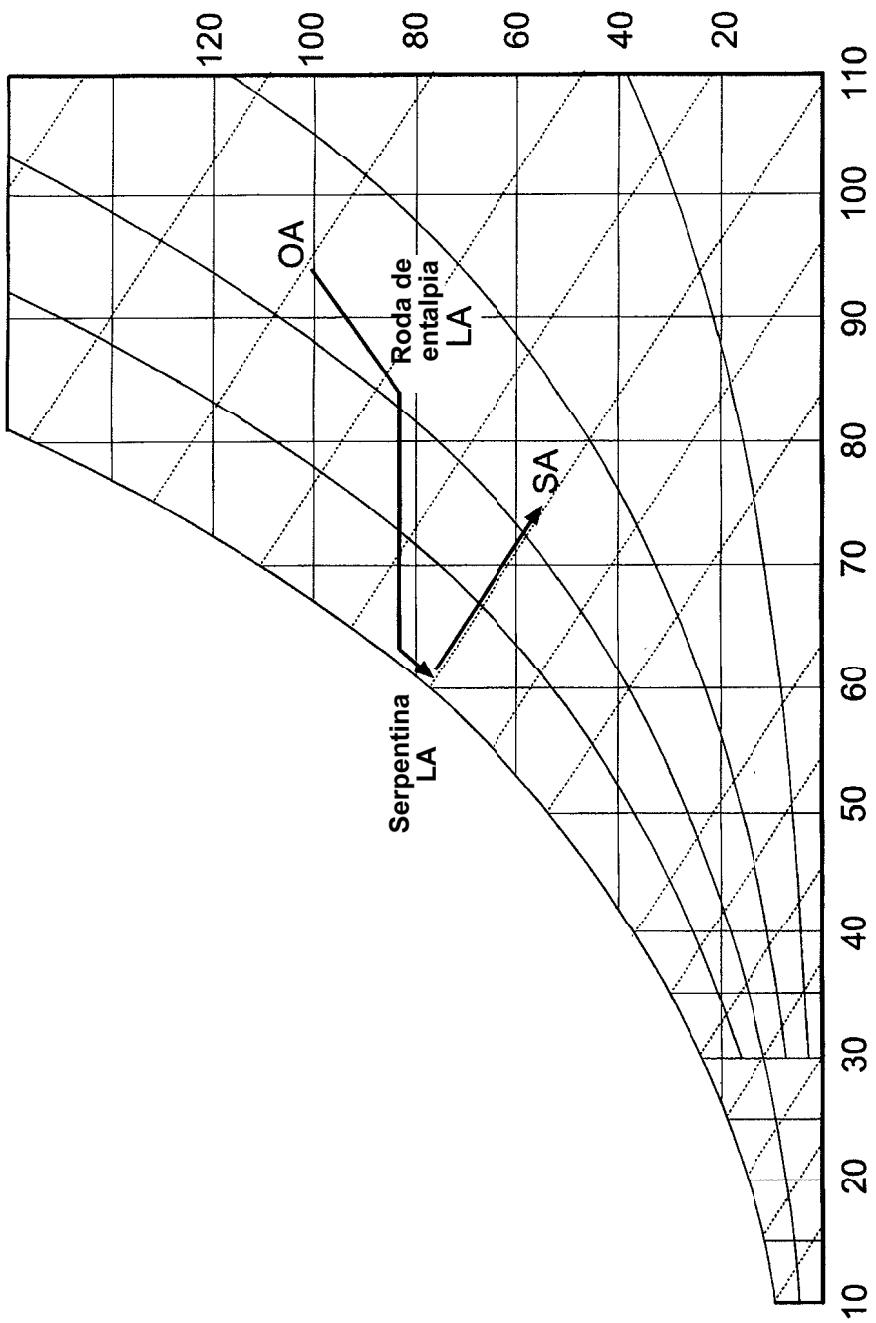


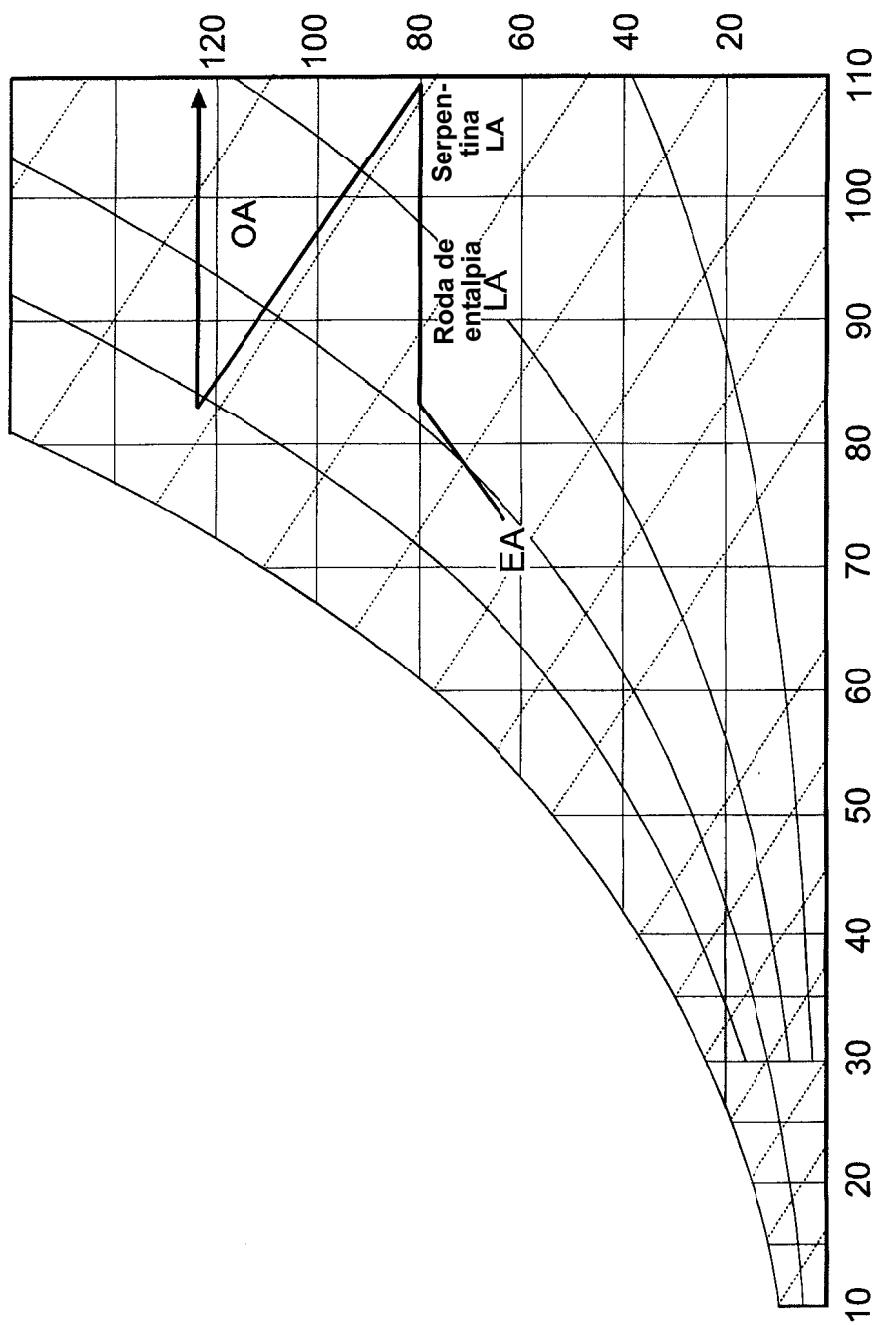
FIG.7

**8/16**



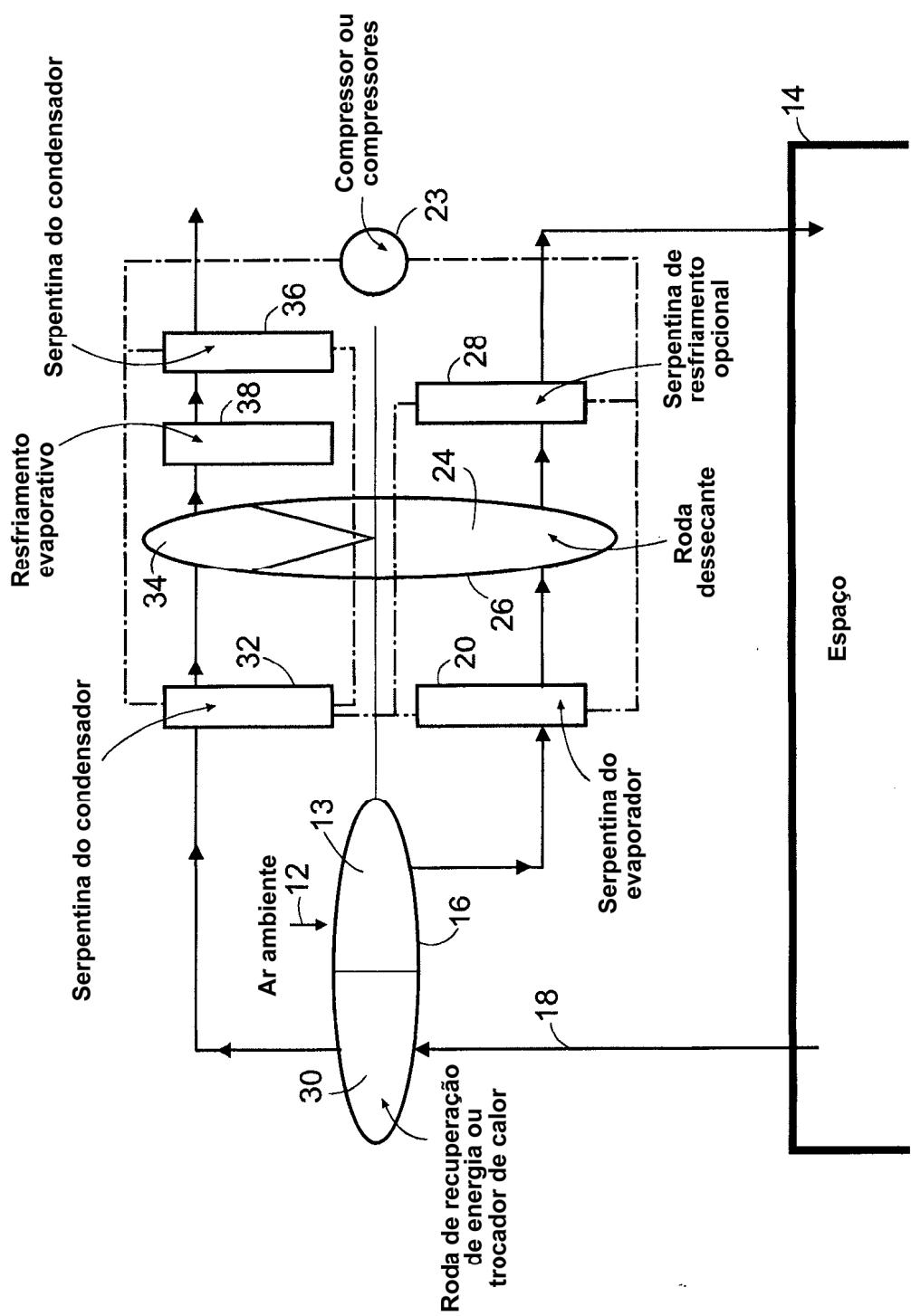
**FIG.8**

**9/16**

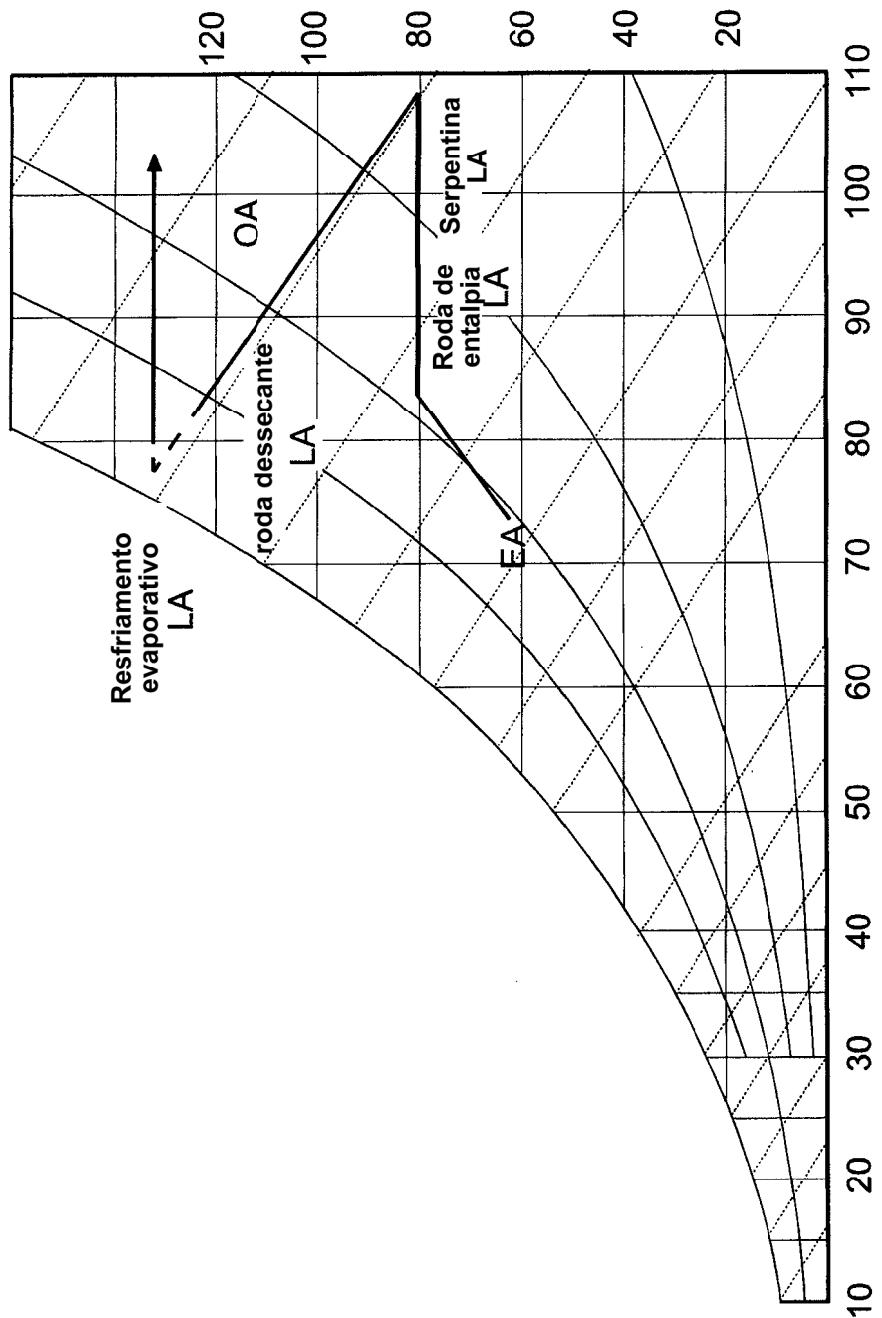


**FIG.9**

10/16

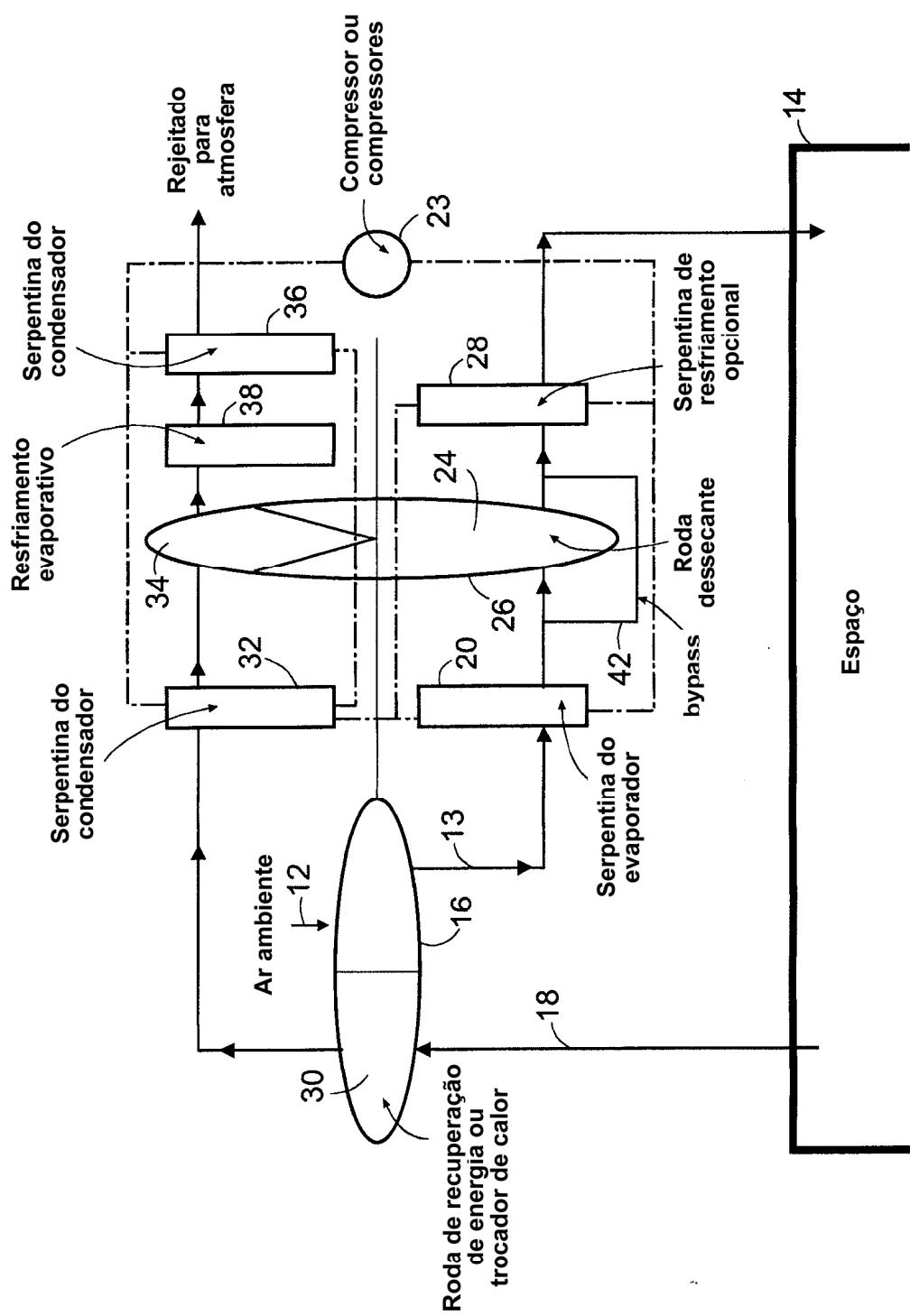


**FIG.10**



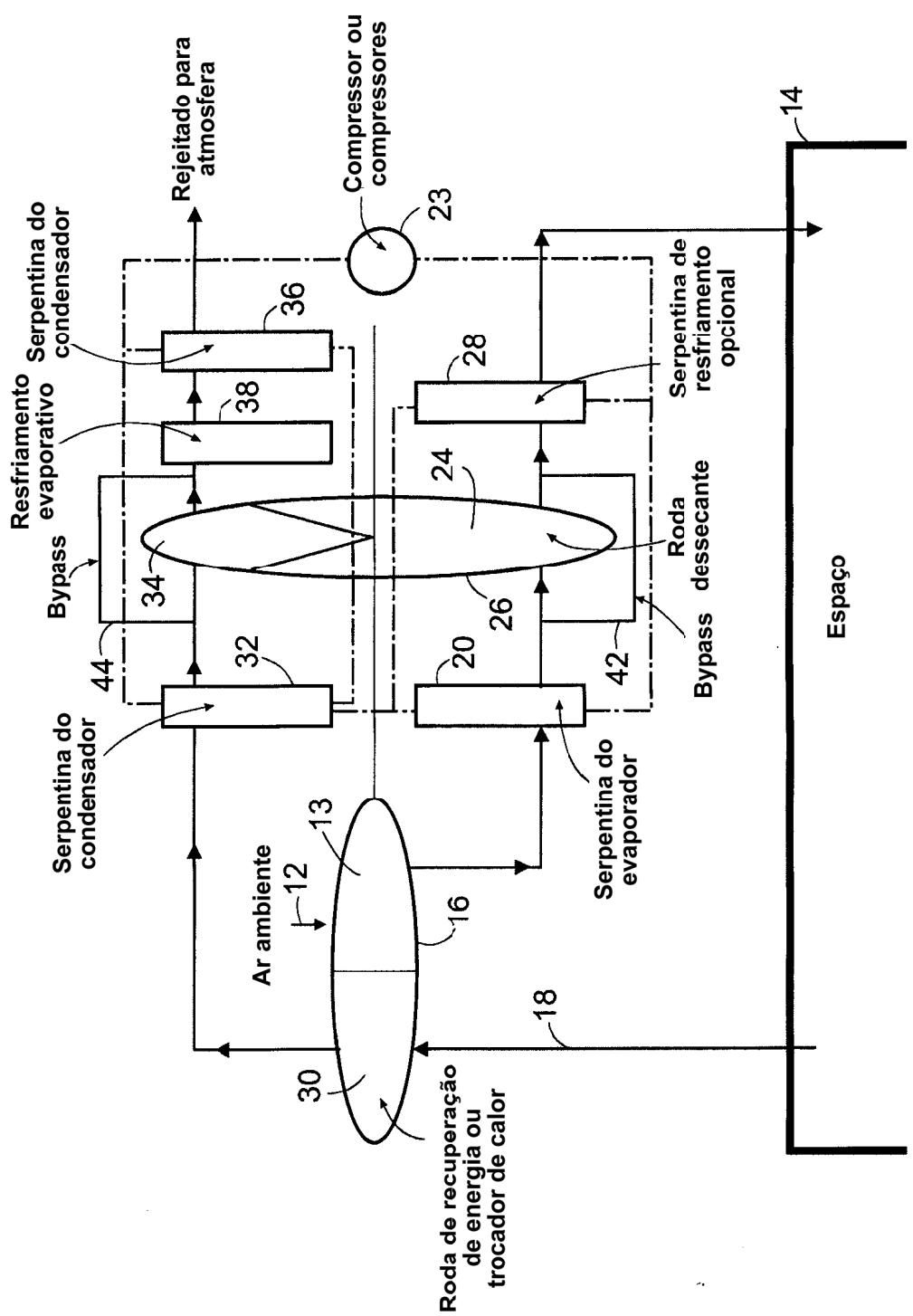
**FIG.11**

**12/16**



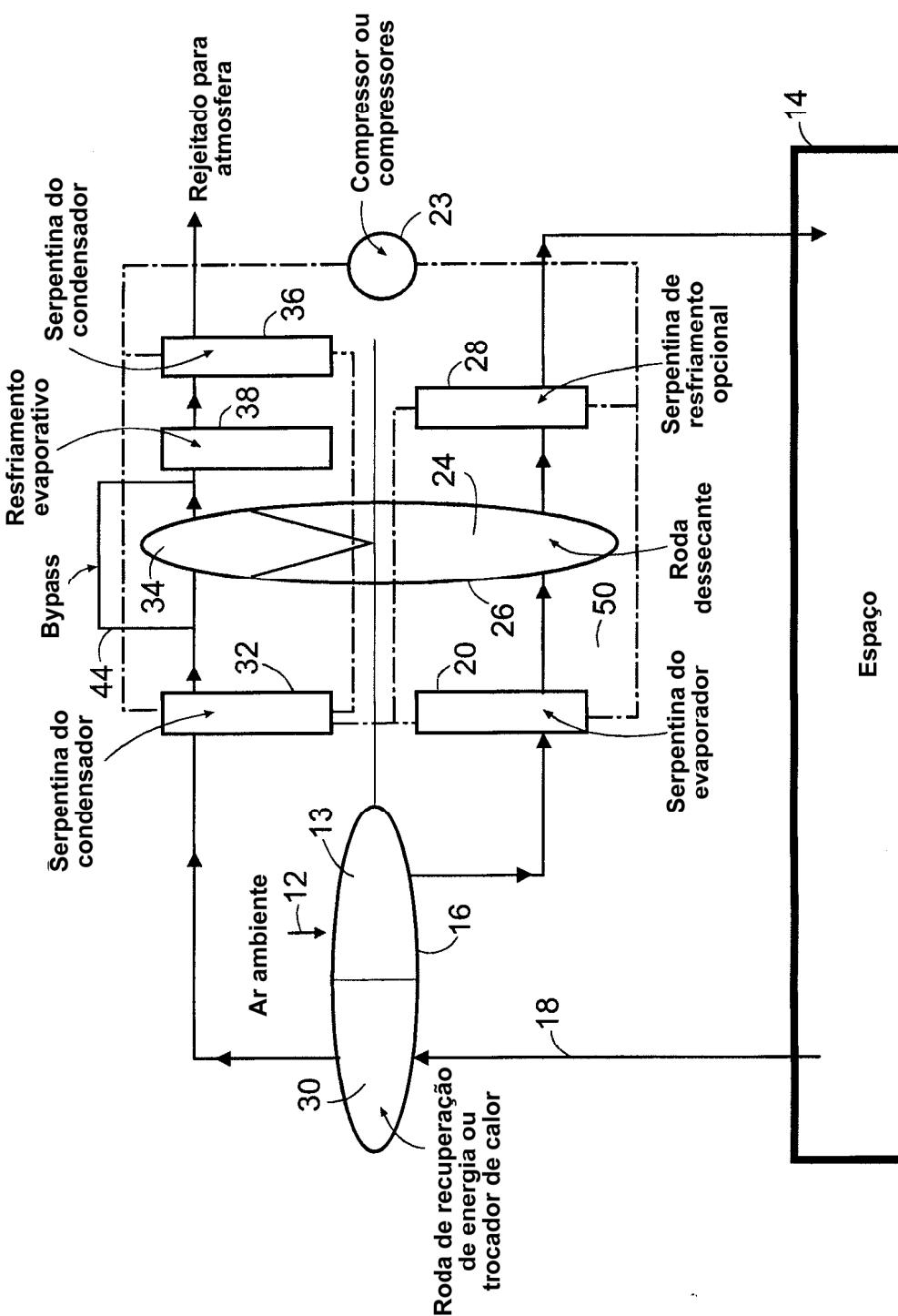
**FIG.12**

**13/16**



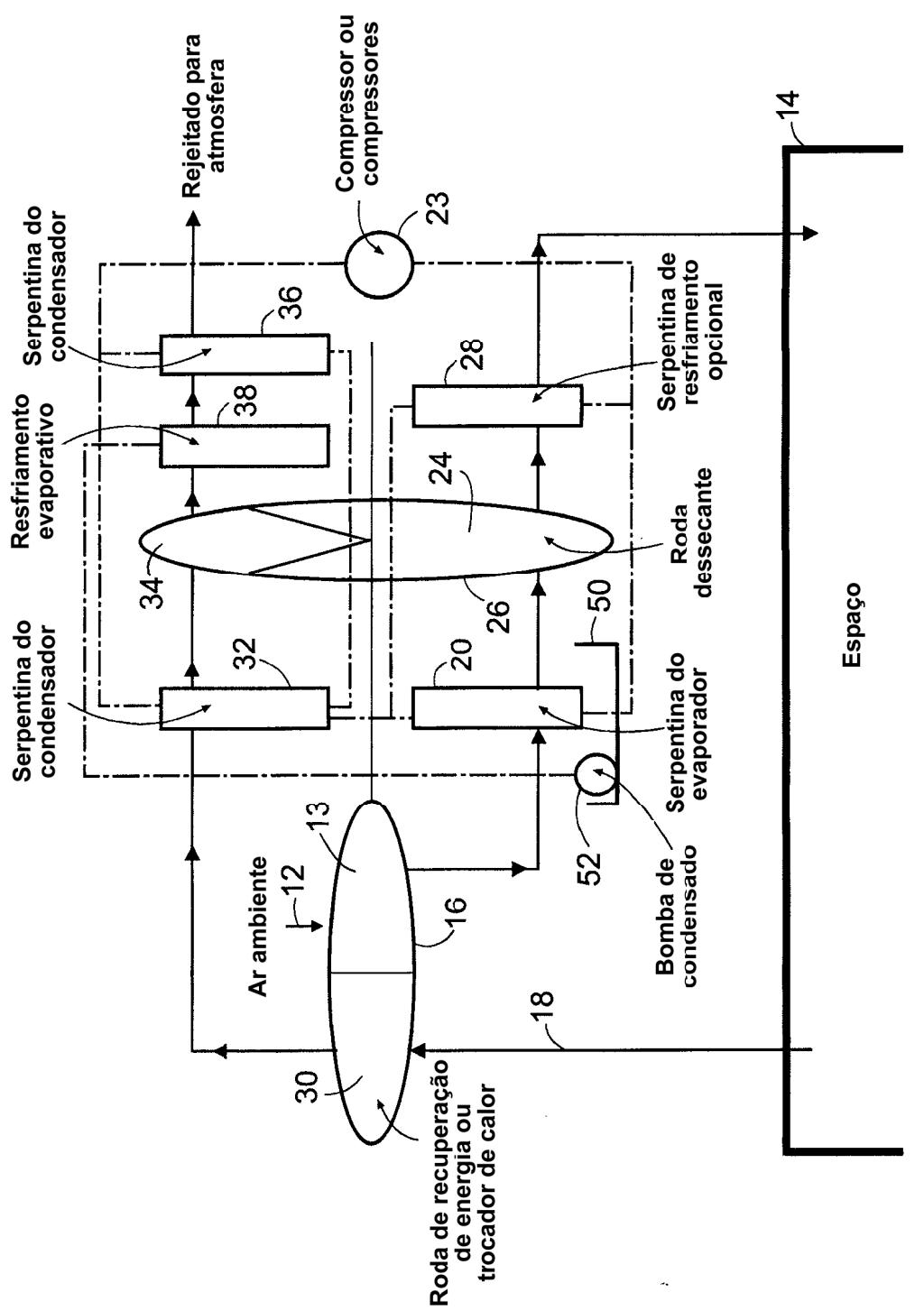
**FIG.13**

**14/16**



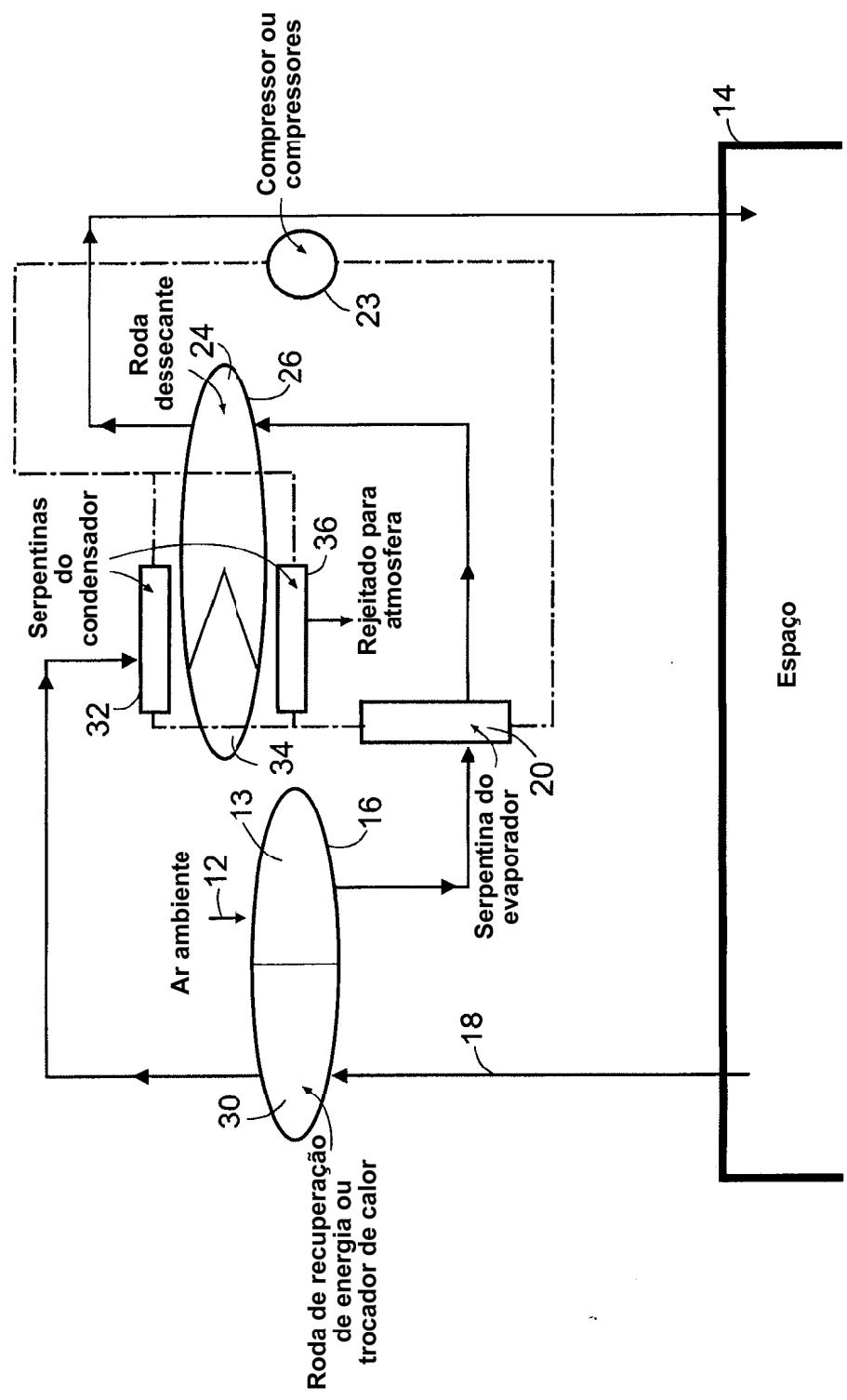
**FIG.14**

**15/16**



**FIG.15**

**16/16**



**FIG.16**