



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

(21) **PI 0712184-9 A2**

(22) Data de Depósito: 07/06/2007
(43) Data da Publicação: 17/01/2012
(RPI 2141)



(51) *Int.Cl.:*
F25B 27/02
F25B 29/00
F25B 5/02
F25B 6/02
F25B 40/02

(54) Título: SISTEMA E MÉTODO DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO DE ENERGIA TÉRMICA RENOVÁVEL

(30) Prioridade Unionista: 07/06/2006 US 60/804.148

(73) Titular(es): Waters Hot, Inc.

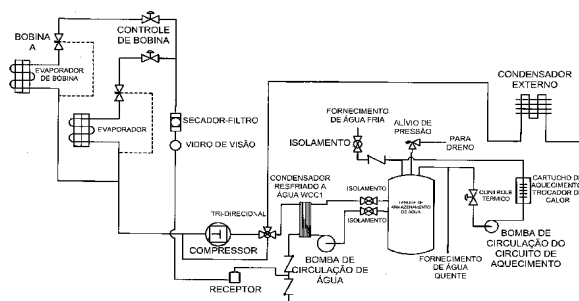
(72) Inventor(es): Gene Veltkamp, Karl J. Seggerman, Kevin E. Flammang

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel-Shores

(86) Pedido Internacional: PCT US2007013397 de 07/06/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/146050 de 21/12/2007

(57) Resumo: SISTEMA E MÉTODO DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO DE ENERGIA TÉRMICA RENOVÁVEL A presente invenção refere-se a um sistema de aquecimento e resfriamento de energia térmica bio-renovável que é capaz de rejeição, regeneração e co-geração. O sistema de refrigeração da presente invenção utiliza um ou mais evaporadores e um ou mais condensadores para transformar a energia térmica na forma de calor residual em um ambiente para uso em outro ambiente. Os lados quente e frio do processo de refrigeração podem ser separados para várias aplicações para maior utilização da energia do sistema. As variáveis ambientais são equilibradas para a otimização das propriedades do refrigerante e da capacidade do compressor do sistema.



“SISTEMA E MÉTODO DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO DE ENERGIA TÉRMICA BIO-RENOVÁVEL”

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS CORRELATOS

Este pedido reivindica prioridade de acordo com 35 U.S.C. § 119 do pedido provisório No. de Série 60/804 148, depositado a 6 de junho de 2006, pedido esse que é pelo presente incorporado em sua totalidade à guisa de referência.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A Patente norte-americana 7 040 108 ('108) descreveu um método para recuperar energia térmica de diversos ambientes e sua utilização em um processo e seu armazenamento para uso posterior. A configuração básica na patente '108 utilizava um único evaporador e um condensador resfriado a água com um compressor, dispositivo de expansão, receptor, bomba circulante e tanque de armazenamento a quente. Esta patente enfatizava a capacidade de aquecimento do processo de refrigeração e estendia o uso da tecnologia de refrigeração no sentido da utilização máxima do ciclo de refrigeração para seus efeitos de aquecimento dentro de uma dada aplicação. O ciclo de refrigeração foi definido como um processo que envolve um compressor, um trocador de calor (condensador), um dispositivo de expansão e um evaporador. A energia térmica era para ser coletada no evaporador do ar ou de líquidos ou pastas semi-fluidas e era geralmente para ser colocada em uma corrente líquida ou dispositivo de armazenamento, onde podia ser também utilizada para aquecer um espaço ou processo. O sistema '108 funcionava em um modo único, isto é, de regeneração.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção estende o ensinamento da patente norte-americana 7 040 108 de modo a incluir uma fórmula ou metodologia para aplicação do processo de refrigeração de modo a aperfeiçoar ou otimizar também a utilização e o controle de refrigeração para a transformação da energia térmica disponível em um ambiente/meio em outro ambiente/meio. Isto não é a simples transferência da energia térmica de local para local, mas a transformação eficaz da energia térmica de uma condição em uma ou mais condições desejáveis para uma dada aplicação. Isto é efetuado por meio da equilibração das variáveis ambientais com as propriedades do refrigerante e as capacidades do compressor.

Em uma instalação de processamento de carne, por exemplo, são utilizados esfriadores para manter temperaturas operacionais que sejam adequadas para o processamento seguro da carne, e são utilizadas caldeiras para neutralizar termicamente a água de processamento e a água de lavagem. O sistema da presente invenção proporcionará o esfriamento, propiciando ao mesmo tempo uma temperatura fixa de refrigerante líquido ao dispositivo de expansão e gerando água aquecida para o processo de neutralização e a lavagem. A temperatura fixa do refrigerante líquido ajuda a otimizar o

desempenho do compressor no caso de a maioria dos condensadores de esfriador estar atualmente exposta à variabilidade da temperatura do ar ambiente, o que fará com que o desempenho do compressor saia da condição ótima.

A combinação da configuração de compressor, refrigerante, configuração de condensador, dispositivo/configuração de expansão e configuração de evaporador são acionadas pelos requisitos da aplicação e da natureza do refrigerante selecionado. Um objetivo da configuração do sistema é o de se obter o equilíbrio mais desejável das condições de refrigerante e lubrificante no compressor ao mesmo tempo que se utilizam fontes de energia térmica e sumidouros de energia térmica disponíveis na aplicação.

Com este ensinamento e esta metodologia, o uso da refrigeração para aquecer e resfriar é estendido a novos horizontes, pelo que, com novos refrigerantes e configurações do sistema de refrigeração, ter-se-á a capacidade de deslocar uma parte significativa do forno baseado em combustão ou capacidade de caldeira no mundo, proporcionando-se ao mesmo tempo refrigeração ou resfriamento à mesma aplicação. Esta tecnologia pode também levar à co-localização de aplicações intensivas em energia complementares de modo a ajudar a reduzir ou eliminar a dependência de fontes de combustível externas.

Um aspecto da presente invenção é a utilização de vários evaporadores e vários condensadores ligados a um único compressor, de modo a se aumentar a utilização de calor residual.

Sob outro aspecto da presente invenção, o calor do refrigerante é dividido para vários usos. Por exemplo, o calor pode ser utilizado para gerar água, líquido ou vapor que é mais quente que a temperatura de condensação do refrigerante. A produção de vapor representa o uso da trajetória quente para produzir uma alteração de fase no lado ambiental do processo de refrigeração.

Sob outro aspecto da presente invenção, um circuito de circulação com um tanque de água, uma bomba e um condensador/trocador de calor proporciona o controle da pressão de entrada, de modo a se obter o controle e o armazenamento de fluido de temperatura mais elevada e de modo a se controlar a temperatura de sub-resfriamento para o aperfeiçoamento da capacidade de coleta de calor do evaporador, e de modo a se aperfeiçoar de maneira única a eficácia do compressor. Embora o sub-resfriamento tenha sido usado na técnica anterior, tal uso é propiciado pela apropriação de uma parte do refrigerante do sistema para resfriar o refrigerante líquido restante antes da introdução no dispositivo de expansão, para ajudar a aperfeiçoar a capacidade de coleta de calor no evaporador. Em comparação, a presente invenção utiliza água ou uma corrente de processamento para efetuar este sub-resfriamento em vez do refrigerante. Isto aperfeiçoa o desempenho pela coleta de calor útil adicional na corrente de processamento através do sub-resfriamento do refrigerante, assim como pela intensificação da eficácia da coleta de

calor do evaporador. Um circuito de circulação proporciona a base para o controle das condições de sub-resfriamento, de modo a se manter a eficácia mais elevada do compressor.

Outro aspecto da presente invenção refere-se ao de-superaquecimento, que é conhecido na técnica anterior, mas apenas para fins de extração do calor disponível do superaquecimento no vapor do refrigerante de alta temperatura para aquecer a água, enquanto o restante do calor é rejeitado. A presente invenção utiliza a trajetória total do calor no sentido de aquecer um líquido antes de se permitir a rejeição ou se comutar para uma aplicação de aquecimento a partir de uma prioridade secundária, que é única, e especificamente não em conjunto com um circuito de circulação e armazenamento utilizado no controle do processo. Esta invenção utiliza a trajetória total do calor como uma prioridade e utiliza o segmento de de-superaquecimento para produzir e/ou armazenar água ou fluido a uma temperatura acima da temperatura de condensação do refrigerante antes de se permitir a rejeição ou o uso de prioridade mais baixa. A divisão do lado quente do refrigerante para diversos usos ou controles faz avançar de maneira significativa a utilização da energia além da técnica anterior, que era focalizada na rejeição do calor de refrigeração.

Outro aspecto da presente invenção é a divisão do lado frio do processo de refrigeração, em conjunto com a divisão do lado quente. A evaporação em série ou em paralelo apresenta determinados desafios, como, por exemplo, o controle da pressão na linha de sucção quando dois evaporadores paralelos funcionam a diferentes temperaturas e pressões. Evaporadores em série são um desafio para fornecer resfriamento a temperaturas que são adequadas para ambos os ambientes, uma vez que a temperatura de saída aciona o controle da temperatura do refrigerante em todos os evaporadores.

Com o sistema da presente invenção funcionando nos modos de regeneração e co-geração, é obtida uma redução significativa da emissão térmica, uma vez que a energia térmica que anteriormente ia ser desperdiçada é agora reciclada de volta ao processo bio-renovável. A fórmula que foi desenvolvida para controlar o equilíbrio ambiental tem sua premissa nas primeira e segunda leis da termodinâmica, de modo a se equilibrar a energia do sistema da presente invenção da perspectiva tanto do refrigerante quanto do ambiente, obtendo-se assim resultados e controle de processo além dos processos de refrigeração tradicionais.

O sistema tem a capacidade de aquecer água potável, resfriar áreas de espaço interno, utilizar a água quente para aquecer áreas de espaço interno, reciclar energia térmica resfriando uma área enquanto aquece uma segunda área e economizar quantidades significativas de energia enquanto completa estas tarefas.

Uma válvula de regeneração tri-direcional é utilizada para comutar entre o condensador resfriado a água e o condensador externo. Esta válvula, juntamente com uma

válvula de retenção, retira o refrigerante do condensador externo e o devolve ao sistema e impede que o refrigerante se acumule no condensador externo. Isto permite que o sistema proporcione aquecimento, resfriamento e aquecimento com água.

5 A capacidade de controlar a temperatura de condensação à temperatura do tanque de água por meio do sistema de circulação é uma característica única. O uso da água para controle, com o uso simultâneo do calor para aquecimento útil, é único. A temperatura de água no tanque fixa a pressão de entrada do compressor (isto é, correspondente à temperatura de condensação do refrigerante).

10 A limitação do condensador único é superada com um sistema que utiliza dois condensadores em série, cada um com um tanque e um sistema de circulação próprios. Isto permite que o primeiro condensador absorva toda a energia que pode antes que o segundo trocador de calor comece a absorver energia. À medida que o primeiro trocador de calor atinge a temperatura de condensação máxima, a maior parte do calor está sendo captada pelo segundo trocador de calor. À medida que o sistema continua a funcionar, a água no
15 primeiro circuito de circulação torna-se mais quente que a temperatura de condensação e o refrigerante que entra no segundo trocador de calor está aceitando agora algum refrigerante de vapor superaquecido. A temperatura do primeiro circuito está acima da temperatura de condensação do refrigerante. Isto permite que o sistema aqueça a água até acima de 93,3°C (200°F) em um funcionamento no modo de por bateladas.

20 Para funcionamento em modo contínuo, a água fria é introduzida na entrada da bomba de circulação do segundo circuito de circulação para permitir que o sistema funcione a uma temperatura de condensação atribuível a temperatura de mistura da água quente no tanque e da água fria que entra no sistema. Isto permite que o sistema funcione a pressões de entrada mais baixas enquanto gera temperaturas mais elevadas. Um compressor de
25 vaivém que funciona de acordo com R22 pode funcionar em modo de fluxo contínuo a temperaturas tão elevadas quanto 53,8°C (130°F) sem ultrapassar a pressão de entrada aceitável. Este seria o resultado se o sistema tivesse um ou dois condensadores. Os requerentes chamam o fenômeno de têmpera.

A mesma estratégia de fluxo é também aplicada à água quente que entra no
30 primeiro circuito de circulação. Se a água quente for introduzida na sucção da bomba circulante, o primeiro condensador experimenta uma temperatura de mistura que é mais baixa que a temperatura do tanque. Assim, o sistema pode absorver mais calor em uma dada condição no primeiro condensador devido ao maior diferencial de temperatura. O primeiro circuito de circulação controla a pressão de entrada do compressor, aumentando
35 assim a eficácia do compressor.

O sistema tem um desempenho melhor quando o circuito de circulação do primeiro condensador está à ou abaixo da temperatura de condensação máxima do refrigerante no

sistema – que, para o dado sistema, era de cerca de 51,67°C (125°F) – e o segundo circuito de circulação está ainda relativamente frio. O segundo circuito está removendo calor adicional e sub-resfriando o refrigerante líquido. O segundo circuito de circulação controla o sub-resfriamento do refrigerante, o que também aperfeiçoa a eficácia do compressor.

5 O sub-resfriamento proporciona dois benefícios:

1. O sistema ganha o calor do sub-resfriamento para o aquecimento útil da água.

2. Quando o refrigerante é expandido na válvula

TX há menos perdas de gás instantâneo (isto

10 é, há mais refrigerante líquido a ser

fervido no lado interno de mistura do

evaporador, e a transferência de calor para

dentro do evaporador pode ser aumentada).

Um terceiro circuito de circulação pode ser

15 apresentado para controlar o de-

superaquecimento.

Assim, um segundo uso para o funcionamento no modo de condensador duplo é o de proporcionar sub-resfriamento para aumentar a capacidade do sistema. Segue-se então que um terceiro condensador pode ser utilizado tanto para propiciar a capacidade de

20 aquecer líquido até temperaturas mais elevadas quanto para sub-resfriar o refrigerante para o mesmo sistema, obtendo-se um desempenho aperfeiçoado do sistema.

O uso de vários evaporadores e vários condensadores em circuitos paralelos para proporcionar qualquer combinação de aquecimento e/ou resfriamento e o uso de vários condensadores e circuitos de circulação em série dentro de um circuito podem ser

25 expandidos para uso de configurações em qualquer capacidade que seja necessária. Pode ser aplicado qualquer número de circuitos ou qualquer número de condensadores ou evaporadores em série não só para satisfazer os requisitos de qualquer aplicação, mas também para otimizar a utilização do sistema de refrigeração e aumentar ao máximo o custo-benefício da instalação do sistema para uma dada aplicação.

30 Assim, foi desenvolvida uma fórmula que descreve a natureza do sistema em termos de suas variáveis tanto físicas quanto econômicas. Uma vez que um sistema de refrigeração nunca foi aplicado desta maneira, esta fórmula é única e descreve a natureza do sistema para uma ampla variedade de aplicações. Os parâmetros da fórmula permitem que o sistema seja avaliado como uma alternativa viável na infra-estrutura de energia

35 térmica do mundo.

A fórmula termodinâmica introduz bio-energia sob a forma de ar ambiente e energia reciclada equilibrada sobre a capacidade do refrigerante e do compressor primeiro

aplicando-se a energia na aplicação e rejeitando-se a energia restante de modo a se equilibrar sobre a capacidade do refrigerante e do compressor para todos os novos níveis.

Conforme utilizada neste pedido, a “energia térmica ambiental” é definida como a energia térmica que está disponível e existe naturalmente ou foi liberada para um ambiente por um processo exotérmico.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é um desenho esquemático de uma configuração básica de aquecimento, resfriamento e água quente da técnica anterior de acordo com a patente ‘108.

A Figura 2 é um desenho esquemático de outra modalidade de uma configuração básica de aquecimento, resfriamento e água quente da técnica anterior de acordo com a patente ‘108.

A Figura 3 é um desenho esquemático de uma modalidade de uma configuração básica de aquecimento, resfriamento e água quente de acordo com a presente invenção.

A Figura 4 é uma vista esquemática de uma modalidade da presente invenção que mostra o aquecimento, resfriamento e água quente utilizando vários sumidouros térmicos.

As Figuras 5A e 5B são desenhos esquemáticos que mostram modalidades alternativas de um sistema de aquecimento, resfriamento e água quente que tem um sumidouro térmico de água tépida de acordo com a presente invenção.

A Figura 6 é um desenho esquemático de outra modalidade de um sistema de aquecimento, resfriamento e água quente que tem circuitos térmicos e armazenamento térmico de acordo com a presente invenção.

A Figura 7 é um desenho esquemático de ainda outra modalidade de um sistema de aquecimento, resfriamento e água quente com co-geração e rejeição de superaquecimento misturadas de acordo com a presente invenção.

A Figura 8 é um desenho esquemático de ainda outra modalidade de um sistema de aquecimento, resfriamento e água quente de acordo com a presente invenção.

As figuras 9 e 10 são desenhos esquemáticos de outras modalidades de um sistema de aquecimento, resfriamento e água quente com um líquido sub-resfriado de acordo com a presente invenção.

A Figura 11 é um desenho esquemático de outra modalidade de um sistema de aquecimento, resfriamento e água quente com um líquido aquecido superaquecido e super-resfriamento de acordo com a presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA MODALIDADE PREFERIDA

Fórmula para controlar o equilíbrio ambiental com o ciclo de refrigeração

Os requerentes desenvolveram uma fórmula universal necessária para equilibrar a co-geração de calor e frio dentro do ciclo de refrigeração com as limitações de dois (ou mais) ambientes a serem afetados e controlados pelo processo de refrigeração.

As variáveis devem ser equilibradas com relação aos requisitos de uma dada aplicação do sistema. A primeira consideração é a escolha de um refrigerante que tenha propriedades físicas que permitam a evaporação e a condensação a temperaturas que satisfazem as exigências da aplicação dentro das limitações de razão de compressão e temperatura operacional dos compressores e óleos de compressor existentes. Há muitos materiais e misturas de materiais que têm características de refrigerante. Uma vez que um conjunto mais amplo de condições de aplicação é considerado, novos refrigerantes serão selecionados ou criados para aproveitar a eficácia do ciclo de refrigeração. Uma vez que um refrigerante adequado é selecionado, a fórmula pode ser aplicada juntamente com os princípios de engenharia apropriados para selecionar ou projetar os componentes do sistema de refrigeração que equilibrarão de maneira apropriada o ciclo de refrigeração e suportarão os rigores da aplicação.

A fórmula básica pode ser escrita em vários formatos. Para um processo de refrigeração que utiliza expansão direta em termos dos ambientes de aplicação e uso da eletricidade:

(1) Alteração desejada nas condições ambientais
no local dos evaporadores – Perdas de
canalização e ganho térmico no lado dos
evaporadores + Eletricidade consumida –
Perdas de compressor e motor = Alteração
desejada nas condições ambientais no local
dos condensadores – Perdas de canalização e
térmicas no lado dos condensadores.

Esta relação pode ser também representada em termos do ciclo de refrigeração propriamente dito. Por exemplo, a equação 1 pode ser escrita da seguinte maneira:

(2) Energia dos evaporadores coletada – Perdas de
canalização e ganho térmico no lado dos
evaporadores – Perdas de canalização e
térmicas no lado dos condensadores.

Estas relações compartilham as seguintes sub-relações:

(3) Energia de evaporação coletada = Alteração
desejada nas condições ambientais no local
dos evaporadores.

(4) Energia de condensação rejeitada = Alteração
desejada nas condições ambientais no local
dos condensadores.

(5) Trabalho do compressor = Eletricidade

consumida – Perdas do compressor e do motor.

Os termos genéricos utilizados nas equações precedentes serão derivados nos termos da aplicação específica ou do ciclo de refrigeração e se conformarão às leis da conservação de massa e energia com a consideração das perdas significativas. Estas equações são utilizadas para determinar a escala e a configuração práticas do sistema de refrigeração que aumentarão ao máximo a utilização dos recursos tanto de aquecimento quanto de resfriamento enquanto o ciclo de refrigeração estiver em funcionamento e aumentarão ao máximo assim o benefício total do sistema instalado.

A fórmula proporciona a base para projetar o sistema de modo a fazer os requisitos ambientais corresponderem aos requisitos do sistema de refrigeração e otimizar a eficácia operacional para a utilização simultânea tanto do lado de aquecimento quanto do lado de resfriamento do ciclo de refrigeração. Em comparação, o objetivo dos sistemas da técnica anterior era geralmente o de melhorar ao máximo o desempenho, satisfazendo ao mesmo tempo ou o lado de aquecimento ou o lado de resfriamento.

Classes de aplicação de refrigeração

Há três classes de aplicação de refrigeração baseadas na utilização e eficácia do processo de refrigeração: Rejeição, Regeneração e Co-geração.

A. Rejeição

Historicamente, a maioria das aplicações de

Refrigeração se inclui na classe de rejeição. Na rejeição, um lado do processo de refrigeração é sempre desperdiçado. Por exemplo, um condicionador de ar transporta calor do interior de um edifício para fora. O benefício desejado é o resfriamento do espaço, enquanto o calor (inclusive a eletricidade usada para fazer funcionar a máquina) é deslocado ou rejeitado para o ambiente. Da mesma maneira, a maioria dos refrigeradores, esfriadores e congeladores simplesmente rejeitarão o calor que estão coletando para o ambiente onde o condensador está localizado, sem consideração da utilização do calor para qualquer finalidade útil. Uma bomba de calefação térmica de ar para ar é semelhante no sentido de que resfria o espaço enquanto rejeita o calor no verão, e aquece o espaço enquanto rejeita o frio no inverno. Os sistemas de refrigeração por rejeição são os sistemas menos eficazes uma vez que utilizam energia ou para aquecer ou para resfriar, mas jamais para ambos. Os sistemas de rejeição têm seu lugar uma vez que dão valor a um processo que recompensa pela proteção ou produção de produtos. Em muitas aplicações, contudo, sistemas de rejeição tais como esfriadores ou congeladores existem ao lado de caldeiras ou fornos que proporcionam espaço e aquecimento de processamento com base na combustão. Estas aplicações são candidatas à conversão em refrigeração por regeneração ou co-geração.

B. Regeneração

Com a volatilidade nos preços da energia, e a

Incerteza no que se refere ao equilíbrio entre o fornecimento de energia e a demanda de energia, mais e mais sistemas de refrigeração estão utilizando alguma forma de regeneração. Na regeneração, alguma parte do aquecimento e do resfriamento que
5 possa ter sido historicamente rejeitada é apresada e reutilizada com alguma finalidade útil. A coleta de calor de uma corrente de processamento na aplicação é regeneração, conforme descrito na patente norte-americana No. 7 040 108. A coleta de calor do escapamento de um espaço de confinamento de animais para aquecer o espaço de confinamento e a coleta de calor da água de despejo ou do escapamento de ventilação de uma secadora de uma
10 lavanderia para aquecer a água de lavar são exemplos específicos. Na regeneração, o sistema de refrigeração é freqüentemente projetado ou otimizado para a utilização de um lado do ciclo de refrigeração enquanto o outro lado é utilizado tão quanto possível, mas não necessariamente todo o tempo ou no maior grau possível.

A natureza temporal de muitos processos e a mudança de estações são
15 acomodadas pela presente invenção, na qual o processo de refrigeração é projetado com flexibilidade adicional para permitir que ele seja utilizado de maneira mais eficaz e em um grau maior dentro de uma dada aplicação, inclusive a necessidade de vários evaporadores e vários condensadores de modo a atender às prioridades e aos requisitos temporais da aplicação. Uma aplicação de regeneração pode incluir períodos de funcionamento no caso
20 de as prioridades exigirem rejeição e pode ocasionalmente funcionar no modo de co-geração (discutido a seguir). Por exemplo, o sistema dos requerentes, instalado em uma residência, funcionará no modo de co-geração ao aquecer água potável, proporcionando ao mesmo tempo resfriamento aliviador. O mesmo sistema será, contudo, comutado para o modo de rejeição quando a água potável for aquecida até seu limite e for necessário um
25 resfriamento mais aliviador. Se, na mesma aplicação residencial, o evaporador externo for posicionado de modo que possa tirar vantagem dos ventiladores de exaustão do secador, do banheiro e do forno, então o sistema funcionará no modo de regeneração durante o período de aquecimento ou enquanto aquece a água durante o período de resfriamento se não houver exigência de resfriamento aliviador. Uma vez que o sistema é capaz de
30 funcionar nestes modos diversos, ele aproveita o potencial de desempenho anual que ultrapassa o de muitos sistemas de aquecimento ou resfriamento baseados em refrigeração convencionais. Vários exemplos de configuração de regeneração são descritos a seguir com relação aos desenhos. Uma característica única de cada um destes sistemas é que, quando ele funciona no modo de regeneração, ele utiliza 100% do lado de aquecimento do ciclo de
35 refrigeração. A maioria dos sistemas de regeneração utiliza apenas uma fração da capacidade de aquecimento. Um sistema de aquecimento e resfriamento doméstico se inclui na categoria de regeneração uma vez que pode às vezes utilizar a rejeição, a regeneração

ou a co-geração, que é melhor que a pura rejeição, mas não tão boa quanto a pura co-geração.

Co-geração

Quando tanto o lado de resfriamento quanto o lado de aquecimento do ciclo de refrigeração são utilizados completamente dentro de um processo, a aplicação é chamada de co-geração. Conforme mencionado na seção de regeneração acima, um exemplo de co-geração é quando um sistema de refrigeração é utilizado para proporcionar resfriamento aliviador enquanto aquece água potável. Esta utilização eficaz do recurso pode ser estendida em uma aplicação de alojamento ou hotel se o mesmo sistema puder ser utilizado para aquecer a água de uma piscina e/ou banheira. Entretanto, devido à variabilidade diária ou sazonal das condições atmosféricas ao ar livre, as aplicações de alojamento são raramente aplicações de co-geração pura. A maioria das aplicações de co-geração pura será encontrada em aplicações agrícolas, comerciais e industriais, nas quais tanto o resfriamento quanto o aquecimento são utilizados de modo a se obter um produto. Em uma instalação de produção de etanol, por exemplo, o calor rejeitado da mistura cozida a caminho da fermentação ou do processo de fermentação propriamente dito pode ser coletado e utilizado para aquecer a água de cozimento ou para aquecer os retornos do condensado para a caldeira. No futuro, os avanços nos refrigerantes e nos equipamentos de refrigeração podem permitir o funcionamento dos sistemas de refrigeração a temperaturas que permitirão que os sistemas de refrigeração desloquem a caldeira. Usinas elétricas, instalações para produção de biodiesel, refinarias químicas e petrolíferas, máquinas de lavar de lavanderia/a seco e uma grande quantidade de outras indústrias orientadas para processos intensivos em energia oferecem oportunidades para co-geração com um sistema de refrigeração.

As configurações mostradas nos desenhos são exemplos de sistemas de refrigeração nos quais as fórmulas acima são utilizadas para aumentar ao máximo as oportunidades de regeneração e co-geração em uma aplicação.

O objetivo é aumentar ao máximo a utilização de um ciclo de refrigeração equilibrado em uma configuração que reduza ao mínimo o consumo de energia e aumente ao máximo a eficácia e o valor para a aplicação. Os sistemas são capazes de utilizar a combinação ótima de rejeição, regeneração e co-geração, acionados pelos requisitos e limitações impostos pela aplicação. Os sistemas são capazes de utilizar todas as três classes de funcionamento dentro da mesma instalação.

A natureza da energia térmica reversa bio-renovável do sistema

Historicamente, o processo de refrigeração tem sido pensado como uma simples transferência de energia de um local para outro à custa da eletricidade para acionar o compressor. A presente invenção procura não simplesmente transferir energia térmica, mas

também, por meio de controles e desenho do sistema, transformar a energia térmica com relação à sua condição mais desejável em uma aplicação específica, dadas as limitações e capacidades do refrigerante, do óleo de compressor e do equipamento. Isto é evidente, por exemplo, no processo de produção de etanol descrito anteriormente como um exemplo de co-geração. O processo de fermentação exige uma temperatura fixa de 35,02°C (95°F), enquanto a mistura cozida é mantida a 82,2°C (180°F). A fermentação desprende calor à medida que as bactérias metabolizam o açúcar no álcool. A mistura é mantida (o calor excedente é coletado) pelo sistema e transformada em água a 53,8°C (130°F) a 82,2°C (180°F), dependendo do desenho do processo de refrigeração.

A invenção é capaz de transformar eletricidade de qualquer fonte em “bio-energia” térmica com a reutilização da energia térmica que teria sido historicamente desperdiçada para o ambiente e pela redução de emissões tóxicas associadas a sistemas de aquecimento baseados na combustão. Em uma instalação para produção de etanol, por exemplo, a água de cozimento é aquecida utilizando-se um gás natural, carvão ou caldeira inflamada pela biomassa. O excesso de calor na mistura cozida deve ser removido antes de ser preparada para o processo de fermentação. Isto tem envolvido historicamente o uso de trocadores de calor para proporcionar aquecimento a outras partes do processo, mas também exige resfriamento adicional, seja de um esfriador, seja de uma torre de resfriamento para terminar o processo de resfriamento, uma vez que a mistura deve ser mais fria que a da maioria dos outros estágios do processo de produção de etanol. Isto é também verdadeiro para a manutenção do processo de fermentação a 35,02°C (95°F). Assim, um combustível é queimado para aquecer uma corrente de processamento e o calor é então rejeitado para o ambiente, ou um processo biológico cria excesso de calor, que é rejeitado para o ambiente. Este modo de funcionamento é predominante hoje na maioria das indústrias, isto porque, historicamente, os preços e fornecimentos de energia o têm permitido e até agora não houve uma maneira econômica de utilizar o calor “residual” de baixa qualidade. Com o sistema dos requerentes, contudo, a energia que seria desperdiçada pode ser regenerada de modo a se obter simultaneamente os efeitos desejados de resfriamento e aquecimento. Além disto, à medida que a tecnologia e os refrigerantes evoluem, será possível combinar com maior precisão as condições operacionais desejadas em ambos os lados do ciclo de refrigeração.

O sistema desloca as fontes de aquecimento aquecidas diretamente e suas emissões afins. Uma vez que a energia desperdiçada e as emissões sólidas e gasosas teriam sido de outro modo emitidas para o ambiente, a energia térmica regenerada pelo novo sistema da invenção é a bio-energia. Um sistema de bio-energia existe também quando a energia que é regenerada é obtida de organismos vivos (tais como em espaços de confinamento de animais, bactérias produtoras de álcool ou ovos de incubação). O sistema

deslocará intrinsecamente emissões dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) e óxido de nitrogénio (NO₂) de todos os processos de combustão baseados em carbono e deslocará emissões de óxido de enxofre, mercúrio e cinzas de óleo, carvão, resíduos sólidos ou combustão da biomassa. Dado o deslocamento ou redução pelo sistema de CO₂, SO₂ e outras emissões, é possível no futuro qualificar projetos para a produção de créditos de emissão (atualmente SO₂, NO₂, Hg e CO₂) que tenham um valor comercializável na estratégia norte-americana atual de redução de emissões da indústria e do comércio. A extensão do deslocamento das emissões e do impacto ecológico é medida com relação à natureza de energia renovável do sistema dentro de uma aplicação específica em um local específico.

A natureza renovável desta bio-energia pode ser obtida comparando-se a eficácia do sistema com a eficácia das usinas de energia térmica que geram a eletricidade para o local da aplicação. Usinas térmicas incluem instalações acionadas por combustíveis fósseis, usinas nucleares, usinas acionadas pela biomassa, usinas térmicas solares e usinas geotérmicas. Todos estes tipos de geração emitem quantidades significativas de calor residual para o ambiente, e os sistemas baseados na combustão produzem grandes quantidades de produtos de combustão que contribuem para a poluição do ar e da água. A eficácia das instalações de geração térmica é caracterizada pela taxa de calor que é definida como a entrada de kcal (Btu) de combustível (ou energia térmica por kWh de saída de eletricidade. O funcionamento do sistema no modo de regeneração ou rejeição pode ser igualmente caracterizado como a kcal (Btu) da saída de calor por kWh da entrada de eletricidade (a característica térmica reversa). Se o desempenho (saída em kcal(Btu)/entrada em kWh) for superior à taxa de calor média (entrada em kcal(Btu)/saída em kWh) do sistema de geração elétrica térmica, então a razão dos dois representa a contribuição renovável do funcionamento do sistema.

Por exemplo, se o sistema dos requerentes funciona a uma saída de calor de 3 024 kcal (12 000 Btu) por kWh de entrada de eletricidade enquanto o sistema de geração térmica está produzindo eletricidade a 2 268 kcal (9 000 Btu)/kWh, então o sistema dos requerentes está contribuindo com $(3\,024/2\,268 (12\,000/9\,000) - 1) \times 100 = 33\%$ de energia térmica renovável (isto é, 1 unidade de energia fornece 1,33 unidades de energia para a finalidade desejada). A taxa de calor de kcal(Btu)/kWh local média do sistema gerador variará à medida que unidades geradoras diferentes com eficácias diferentes são utilizadas para satisfazer a carga. Desta maneira, a contribuição da energia térmica variará ao longo do tempo à medida que a taxa de calor do sistema gerador varia. Entretanto, pode-se ver que o sistema dá um novo incentivo para funcionar no sentido de levar a taxa de calor do sistema gerador térmico até valores mais baixos.

Para demonstrar o impacto da redução da taxa de calor para sistemas geradores térmicos, como, por exemplo, a aplicação de uma taxa de calor de geração térmica de 1 764 kcal (7 000 Btu)/kWh. Isto está na faixa de usinas elétricas acionadas a gás natural de ciclo combinado mais novas. A contribuição em termos de energia renovável do sistema dos requerentes torna-se $(3\,024 - 17,64) \cdot (12\,000 / 7\,000 - 1) \cdot 100 = 71,4\%$ (isto é, 0,252 kcal (1 Btu) de energia proporciona 0,43 kcal (1,714 Btu) de energia térmica). Isto implica que, pelo deslocamento do gás natural e pelo o uso do propano da combustão direta em aplicações residenciais, comerciais e industriais, a serem utilizados em sistemas de geração de energia de ciclo combinado aplicando-se ao mesmo tempo a tecnologia do sistema dos requerentes, pode-se reduzir de maneira significativa a quantidade de energia térmica residual e a quantidade de produtos de combustão emitidos para o ambiente. Para ressaltar ainda mais este ponto, suponha-se por exemplo que a fórmula de contribuição da energia renovável que é uma alternativa ao sistema dos requerentes funcionará a uma eficácia de 100% (isto é, subtração de 1,0 da razão). Na realidade, um sistema de combustão direta teria usualmente uma eficácia de conversão na faixa de 80% a 93%, o que significa que de 7% a 20% adicionais da energia térmica que teriam sido utilizados (e suas emissões afins) teriam sido perdidos para o ambiente em comparação com o uso do sistema. Outra maneira de dizer isto é que 0,252 kcal (1 Btu) de gás natural ou propano proporciona de 0,20 a 0,23 kcal (0,8 a 0,93 Btu) de aquecimento útil. Portanto, para bem das alternativas de comparação, é subtraída a eficácia do sistema de combustão direta da eficácia do sistema gerador de ciclo de combinação/combinado dos requerentes de modo a se determinar a contribuição da energia renovável ajustada para a alternativa competitiva (isto é, se a alternativa for uma caldeira 93% eficaz, a contribuição renovável é de $(3\,024 / 1\,764) \cdot (12\,000 / 7\,000 - 0,93) \cdot 100 = 78,0\%$. Isto implica que o sistema produzirá 0,44 kcal (1,784 Btu) de aquecimento útil por Btu de calor útil que teria sido obtido por uma caldeira acionada diretamente com 93% de eficácia.

O sistema dos requerentes em um esquema de regeneração ou co-geração funcionará tipicamente na faixa de 62 316 kcal (11 260 Btu)/kWh a 34 398 kcal (13 650 Btu)/kWh, e espera-se que novos avanços aumentem o limite superior. À medida que a taxa de calor reversa aumenta, o impacto bio-renovável total do sistema aumentará proporcionalmente. Um sistema que funcione a 34 398 kcal (13 650 Btu)/kWh, que funciona à base de eletricidade de um ciclo combinado acionado a gás que deslocará uma caldeira acionada a gás com eficácia de 93% produzirá uma contribuição renovável de $(34\,398 / 1\,764) \cdot (13\,650 / 7\,000 - 0,93) \cdot 100 = 102\%$ (isto é, 0,50 kcal (2,02 Btu) de aquecimento útil serão gerados a partir de 0,252 kcal (1 Btu) de gás queimado na instalação de ciclo combinado e amplificado pelo sistema com relação a 0,23 kcal (0,93 Btu) de aquecimento útil se a mesma kcal (Btu) for queimada diretamente na caldeira com eficácia de 93%).

Uma vez que nem toda a geração de eletricidade é oriunda de fontes térmicas, alguma correção deve ser feita nos efeitos das fontes de eletricidade não térmica. As fontes de energia renovável não térmica têm poucas, se existentes, emissões transportadas pelo ar ou térmicas e incluem tecnologias como a energia dos ventos, das ondas, da água e fotovoltaica solar. O impacto da geração renovável não térmica sobre a contribuição renovável do sistema dos requerentes será proporcional à fração da mistura total da geração produzida a partir de fontes não térmicas. Entretanto, a contribuição do processo e do sistema térmicos reversos dos requerentes com relação a uma fonte de eletricidade não térmica é melhor descrita com base no coeficiente de desempenho (COP) ou kcal (Btu) de saída de calor por kcal (Btu) de eletricidade utilizada pelo sistema dos requerentes. As unidades que funcionam nos modos de regeneração e co-geração são geralmente capazes de funcionar a um COP de 3,3 ou mais. Este nível de COP é também possível no modo de rejeição, mas a temperatura da fonte de calor, tal como o ar externo em um dia de inverno muito frio durante o período de aquecimento, quando o sistema está funcionando no modo de rejeição, pode deteriorar o COP até níveis tão baixos quanto 1,0. Suponha-se por exemplo que o sistema esteja funcionando no modo de regeneração a um COPO entre 3,3 e 4,0. Um COP de 3,3 corresponde a uma taxa de calor reversa de 2 838 kcal (11 262 Btu)/kWh, enquanto um COP de 4,0 corresponde a uma taxa de calor reversa de 34 398 kcal (13 650 Btu)/kWh (isto é, $2\,838/860$ ($11\,262/3\,413 = 3,3$ e $3\,440/860$ ($13\,652/3\,413 = 4,0$, onde 860 (3 413) é a constante de conversão entre kcal (Btu) e kWh (isto é, 1 kWh de eletricidade fornecerá 860 kcal (3 413 Btu) de aquecimento térmico de um aquecedor elétrico resistente). A um COP de 4,0, a unidade no modo de regeneração estará gerando 1 kcal (4 Btu) de energia térmica para um processo para 0,252 kcal (1 Btu) de eletricidade consumida. Assim, o sistema dos requerentes multiplica a capacidade térmica da capacidade de eletricidade gerada a partir de fontes não térmicas em uma razão equivalente ao COP.

A contribuição renovável total do sistema dos requerentes em uma mistura de geração que inclui geração não térmica é representada no exemplo seguinte. Considere-se RASERS a 3 440 kcal (13 562 Btu)/kWh, a usina elétrica de ciclo combinado acionado a gás natural que funciona a uma taxa de calor de 1 764 kcal (7 000 Btu)/kWh e uma contribuição de energia renovável não térmica de 10% que compete com uma caldeira aquecida diretamente com eficácia de 93%. A contribuição em termos de energia renovável do sistema dos requerentes torna-se $(3\,417/0,9*1\,764+0,1*860)-0,93)*100 = 112,56\%$ ($13562(0,9*7000+0,1*3413)-0,93)*100 = 112,56\%$. À medida que a taxa de calor de geração térmica é reduzida e à medida que a contribuição não térmica é aumentada, esta fórmula será reduzida ao COP do sistema. A taxa de calor possível mínima dos sistemas de energia

térmica é de 860 kcal (3 413 Btu)/kWh, uma vez que significaria que eles estavam funcionando a uma eficácia de conversão de 100% (isto é, 1 kWh = 860 kcal (3 413 Btu)).

Quando o sistema dos requerentes funciona no modo de co-geração, pode-se então argumentar que a contribuição renovável torna-se igual ao COP, uma vez que o efeito de resfriamento teria sido necessário independentemente de o efeito de aquecimento térmico ter sido utilizado ou não. Em outras palavras, se se produz e utiliza a energia para fins de resfriamento do sistema, então o efeito de aquecimento, se for completamente utilizado, será sem custo nenhum.

A discussão acima demonstra que o sistema dos requerentes permite que os sistemas de geração de eletricidade baseados em energia térmica produzam energia térmica bio-renovável quando a eficácia de conversão (taxa de calor) do sistema de geração de eletricidade é combinada com a eficácia de conversão (taxa de calor reversa) do sistema dos requerentes. Foi também mostrado que o sistema dos requerentes multiplica efetivamente a contribuição renovável das fontes de eletricidade renováveis não térmicas pelo COP do sistema dos requerentes. Além disto, o sistema dos requerentes acionado no modo de co-geração tem uma contribuição de energia térmica bio-renovável igual ao COP do sistema.

As suposições feitas com relação às taxas de calor e eficácias estão dentro da faixa de desempenho mínimo para sistemas térmicos em funcionamento hoje. A contribuição renovável pode inferir que a eficácia do sistema combinado ultrapassa 100%. Entretanto, o sistema dos requerentes não produz energia, mas em vez disso transforma a energia térmica, que normalmente seria desperdiçada ou exaurida no ambiente, em energia térmica útil. O ciclo de refrigeração, pela utilização e o controle apropriados das propriedades de mudança de fase de um refrigerante, amplifica uma pequena entrada de energia (eletricidade) em uma quantidade maior de energia térmica disponível para uso em diversas aplicações.

Haverá benefícios ecológicos adicionais no deslocamento dos sistemas de aquecimento térmico aquecidos diretamente com o sistema dos requerentes, além da redução da emissão da energia térmica e de produtos de combustão. Um exemplo é a redução do uso na água de composição para caldeiras e torres de resfriamento ou resfriadores de evaporação. Outro é a redução do uso dos produtos químicos para tratamento de água oxidada e biológico para a caldeira e as torres de resfriamento. Na consideração de todas estas coisas, a pegada ambiental e econômica da utilização de combustíveis fósseis, pode ser significativamente reduzida por meio da implementação do sistema dos requerentes. À medida que o gás natural e o propano utilizados no aquecimento térmico direto de aplicações industriais, comerciais, agrícolas e residenciais no local são deslocados com a tecnologia do sistema dos requerentes, mais gás natural e propano

estarão disponíveis para uma geração de eletricidade aquecida a gás de ciclo combinado mais limpa e mais eficaz. Uma vez que a tecnologia do sistema dos requerentes gera energia térmica bio-renovável, ela pode ser também classificada de acordo com a natureza bio-renovável para permitir sua participação nos programas de incentivo à energia renovável e nos mercados de crédito à energia renovável com pelo menos os seguintes benefícios:

(1) capacidade de reduzir as emissões de energia térmica residual e os produtos de combustão resultantes dos combustíveis utilizados em processos de aquecimento térmico a uma taxa definida como a contribuição de energia renovável. A contribuição de energia renovável é derivada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Contribuição da Energia Renovável \%} = \frac{\text{RTHR}}{(\text{REFTH} * \text{THPHR} - \text{REFNTH} * 860 (3413) - \text{CompEff})} * 100$$

Onde:

RTHR = a taxa de calor reversa do sistema, saída de calor em kcal (Btu)/entrada de eletricidade a kWh

THPHR = a taxa de calor de usinas de geração térmica, entrada de calor em kcal (Btu) / saída de eletricidade em kWh

REFTH = Fração da mistura de geração obtida por usinas térmicas

REFNTH = Fração da mistura de geração obtidas por sistemas de geração não térmica

3413 = conversão de kcal (Btu) em kWh ou a THPHR de uma usina de geração térmica com uma eficácia de 100%

CompEff = eficácia de conversão do sistema de energia térmica com que o sistema compete com a saída de calor em kcal (Btu) /kcal (Btu) do combustível aquecido.

(2) Energia térmica a eficácias superiores a 100% quando as eficácias da regeneração do sistema são consideradas em combinação com a eficácia das usinas de geração térmica;

(3) Capacidade de gerar energia térmica a uma eficácia máxima definida como o coeficiente de desempenho do sistema. Isto ocorre quando é utilizada a eletricidade que é derivada de uma fonte não térmica, quando a eficácia de uma fonte de geração térmica

atinge 100% e quando o sistema funciona no modo de co-geração. O Coeficiente de Desempenho é definido como a kcal (Btu) da saída de energia dividida pela kcal (Btu) da entrada de eletricidade.

(4)O funcionamento no modo de co-geração produz tanto o aquecimento quanto o resfriamento ao custo do acionamento do sistema de resfriamento mais o custo do acionamento de quaisquer ventiladores, bombas ou controles adicionais necessários para administrar o lado de aquecimento do processo.

Três aplicações comerciais do sistema

Há um vasto conjunto de aplicações em que o sistema dos requerentes pode ser aplicado de modo a se tirar vantagem de sua característica bio-renovável em sua flexibilidade para funcionar de maneira eficaz dentro das três classes de aplicação de refrigeração. Da perspectiva da comercialização, há três mercados amplamente definidos que se beneficiarão do sistema. Alguns segmentos de mercado específicos são identificados para cada um (embora as listas não pretendam ser exaustivas).

a. Aquecimento e resfriamento para alojamentos e comerciais

- Uma só família
- Várias famílias
- Hospedagem & Dormitório
- Escritórios
- Varejo
- Depósitos/armazéns
- Instalações de não processamento (fabricação, montagem, laboratórios, etc.)

- Confinamentos de animais
- Estufas e sementeiras

b. Aquecimento e resfriamento industriais

- Revestimento com pó e cozido em operações de pintura
- Instalações de processamento de alimentos (de carne, leiteria, padaria, alimentos congelados, etc.)
- Fundições

c. Processos em linha

- Processos de produção de etanol e biodiesel

- Usinas elétricas
- Aplicações tanto com caldeira quanto com esfriador ou torre de resfriamento
- 5 • Diversos processos de refino de subprodutos químicos, petrolíferos, farmacêuticos e agrícolas
- Sistemas de controle climático de incubadoras
- 10 • Processos de secagem de feno, grãos ou produtos em geral

O aspecto novo e único da tecnologia do sistema nestes mercados é sua flexibilidade para tirar vantagem das oportunidades de regeneração e co-geração em cada aplicação. Tem sido mostrado que o uso do sistema dos requerentes no lugar das

15 tecnologias baseadas na combustão apresenta benefícios residuais em aplicações específicas. Por exemplo, a umidade pode ser melhor controlada para ajudar a reduzir o potencial de doenças e pestes, ou diversos elementos de processamento podem ser reduzidos de maneira significativa, como, por exemplo, o uso de água doce para resfriar uma incubadora. O sistema também funcionará em conjunto com outras soluções eficazes

20 em termos de energia. Sistemas de energia renovável ou sistemas de armazenamento de energia de modo a se obter um efeito aditivo ou multiplicador. Por exemplo, um sistema de aquecimento e resfriamento de dois canos em um hotel, hospital ou outra instalação comercial pode ser remontado de modo a incluir bombas de calefação de fontes hídricas em cada unidade e no sistema dos requerentes, que funcionará entre a caldeira e o esfriador

25 para reduzir de maneira significativa o funcionamento no modo de rejeição e a combustão da caldeira. O sistema dos requerentes utilizará a co-geração para tirar o calor excedente do circuito e aplicá-lo ao aquecimento da água potável ou na piscina ou banheira. Se o circuito necessitar de calor adicional, o sistema utilizará a regeneração para tirar o calor residual do sistema de escapamento contínuo, a água residual ou outras fontes de calor na instalação

30 para proporcionar o aquecimento necessário. O sistema dos requerentes possui um potencial de mercado único em uma ampla faixa de aplicações, alguma das quais são descritas nas seções seguintes.

Assim, o sistema dos requerentes apresenta flexibilidade na utilização da rejeição, da regeneração e da co-geração de maneira ótima de modo a aumentar ao máximo a

35 economia de energia e a redução de emissões para um amplo conjunto de aplicações. Reivindicações de aplicações específicas são enumeradas no final desta descrição de patente. O sistema dos requerentes pode apresentar benefícios residuais, tais como a

redução da umidade ou a redução no uso da água em algumas aplicações, que podem ser tão valiosos quanto os benefícios da economia de energia e da redução das emissões.

Aplicações e configurações específicas que demonstram as três classes de aplicação de refrigeração e a natureza de energia bio-renovável do sistema

5 Configurações com várias fontes de calor/vários sumidouros térmicos

Para permitir que o sistema dos requerentes tire vantagem das oportunidades de regeneração e co-geração, tem sido necessário estender a definição do sistema descrito na patente norte-americana 7 040 108 de modo a permitir a utilização de um ou mais evaporadores e um ou mais condensadores para um dado ciclo de refrigeração. Na
10 configuração mais básica, isto permite que o sistema dos requerentes proporcione aquecimento espacial, resfriamento aliviador e aquecimento de água potável em qualquer instalação. A configuração dos evaporadores e condensadores pode ser ajustada de aplicação para aplicação. Algumas aplicações podem exigir apenas um evaporador e um condensador. Algumas aplicações podem exigir dois ou três evaporadores e um ou dois
15 condensadores. O número e o tipo de evaporadores são determinados pela disponibilidade e pelo tipo do recurso térmico excedente, residual e ambiente e pela demanda de aquecimento ou resfriamento para a aplicação. O número e o tipo dos condensadores são determinados pelo número e o tipo das demandas de aquecimento e resfriamento necessários da aplicação. O número de evaporadores e condensadores associados a uma
20 dada unidade é também determinado pela economia da instalação e pela sincronização das fontes de calor disponíveis e pela sincronização das demandas de aquecimento e resfriamento. Quando os recursos térmicos e a demanda de aquecimento e resfriamento não ocorrem simultaneamente, torna-se freqüentemente necessário considerar o armazenamento térmico como um método de reter calor ou frio para utilização posterior. Em
25 alguns casos, a demanda de resfriamento ultrapassa de maneira consistente a demanda de aquecimento, e neste caso a capacidade de armazenamento para o calor pode ser reduzida pela utilização de uma temperatura de armazenamento mais elevada. Estes conceitos são desenvolvidos mais detalhadamente nas descrições seguintes referentes às Figuras de 1 a 6.

30 *Configurações de aquecimento, resfriamento e água quente básicas*

As Figuras 1 e 2 demonstram as configurações básicas da patente '108. A Figura 2 é semelhante à Figura 1, e acrescenta o conceito da utilização de um trocador de calor e uma bomba circulante para remover calor do tanque de armazenamento para fins como o de aquecimento de um espaço ou aquecimento de uma segunda corrente. As Figuras 1 e 2 são
35 configurações práticas para aplicações nas quais há necessidade de aquecimento baseado no calor coletado de uma única fonte ou corrente ambiente. Estas configurações eram, contudo, inadequadas para proporcionar aquecimento e resfriamento o ano inteiro para uma

residência, por exemplo, uma vez que as alterações nas fontes de calor de dentro da residência durante o período de resfriamento aliviador para o lado de fora durante o período de aquecimento. Além disto, a carga de resfriamento em uma aplicação de resfriamento aliviador ultrapassa freqüentemente os requisitos de aquecimento da água potável, de modo que é necessário um método para rejeitar o calor adicional gerado pelo processo de resfriamento aliviador.

A Figura 3 demonstra o uso da válvula de regeneração tri-direcional e da válvula de retenção de regeneração para comutar entre o condensador resfriado pela água e o condensador resfriado pelo ar. É também mostrado o acréscimo de 2 válvulas de solenóide bidirecionais utilizadas para fornecer refrigerante líquido a dois evaporadores, rotulados como "Evaporador de Bobina A" e "Evaporador". Várias válvulas bidirecionais ou válvulas tri-direcionais podem ser utilizadas de maneira intercambiável para comutação entre várias trajetórias de condensador ou para comutação entre várias trajetórias de evaporador conforme a aplicação exija. Deve-se cuidar para que se obtenha um meio de regenerar o refrigerante em uma dada trajetória que não esteja em uso, se essa trajetória puder reter um volume suficiente de refrigerante líquido para exaurir a unidade enquanto são utilizadas outras trajetórias. Esta é particularmente uma questão para trajetórias de condensador. Sem este controle, quando a temperatura ambiente em volta do condensador cai, o refrigerante tenderá a migrar para o condensador (condensará no interior do condensador) e esgotará a unidade de refrigerante. A regeneração não é tão importante para as trajetórias de evaporador uma vez que todos os evaporadores são ligados diretamente à sucção do compressor. A válvula de regeneração tri-direcional proporciona um método adequado para regenerar refrigerante para a sucção do compressor a partir do orifício de regeneração na válvula. O uso de válvulas de solenóide bidirecionais normalmente abertas (se utilizadas) é também importante para evitar que as válvulas se fechem por falha e causem uma situação de invasão para o compressor. O uso da válvula tri-direcional é novamente superior uma vez que ela terá sempre um orifício aberto e se abrirá por falha para apenas um orifício.

Esta configuração apresenta os componentes básicos necessários para proporcionar aquecimento e resfriamento aliviador a qualquer instalação (residência, escritório, depósito, fábrica, etc.) e o aquecimento simultâneo da água potável. A capacidade de co-gerar pelo aquecimento da água potável com o resfriamento aliviador simultâneo é uma vantagem significativa. Se o evaporador externo puder ser localizado onde possa utilizar regeneração de correntes aquecidas que saem da instalação, então o desempenho total do sistema pode ser aperfeiçoado ainda mais durante o período de aquecimento, com o aquecimento simultâneo da água quando não houver demanda de resfriamento.

Há também muitas aplicações além do simples condicionamento espacial e aquecimento da água potável no caso de o segundo (ou terceiro ou quarto, etc.) condensador e os dois evaporadores (ou terceiro ou quarto, etc.) puderem ser colocados em locais onde se tire vantagem de fontes de calor específicas e se proporcione aquecimento útil a espaços ou processos. A aplicação de vários evaporadores e vários condensadores permite, desta maneira, que o sistema seja configurado para tirar vantagem máxima das oportunidades de regeneração e co-geração em qualquer aplicação. O impulso para melhorar ao máximo o desempenho deve ser moderado com relação custo/benefício econômico e residual da configuração específica da aplicação específica.

Aquecimento, resfriamento e água quente com vários sumidouros térmicos

Em alguns casos, uma aplicação apresenta uma oportunidade para fornecer aquecimento útil a vários locais ou processos, tais como o aquecimento de um espaço e o aquecimento de um sumidouro térmico de grande porte, tal como uma piscina ou uma corrente de processamento. A patente norte-americana 7 040 108 revelou o uso de um circuito para o aquecimento de um espaço, mas não revelou a possibilidade de vários circuitos. A Figura 4 demonstra o uso de mais de um circuito de aquecimento ligado ao tanque de água quente para permitir que o sistema proporcione aquecimento a várias demandas à ou abaixo da temperatura controlada do tanque de água quente. A temperatura desejada do sumidouro térmico deve estar à ou abaixo da temperatura operacional do sistema dos requerentes enquanto funciona em um dado refrigerante para permitir a transferência de calor para dentro do sumidouro térmico. Em uma aplicação de alojamento ou hospedagem onde há piscinas, esta configuração permite que o sistema reduza, caso não eliminar, o funcionamento no modo de rejeição e aumente ao máximo a co-geração durante a operação de resfriamento aliviador ou a operação de resfriamento de processo contínuo. Um segundo circuito de aquecimento é utilizado em vez de um segundo condensador resfriado a água quando a demanda de calor estiver a uma temperatura significativamente abaixo da temperatura de condensação típica do refrigerante (ponto de fixação do tanque quente) do sistema. Isto permitirá que o sistema dos requerentes controle o funcionamento do sistema de refrigeração e em alguns casos evite a formação de congelamento excessivo no(s) evaporador(es) e na canalização de sucção. Cada circuito de aquecimento terá uma válvula de solenóide para controlar o fluxo da água através do circuito com base na demanda e na prioridade da aplicação. Uma válvula de controle de fluxo pode ser também colocada em cada circuito para permitir que a transferência de calor para fora do tanque seja limitada ao calor que entra no tanque a partir do condensador resfriado a água. Cada circuito pode ter sua própria bomba circulante, conforme mostrado na Figura 4, ou uma única bomba pode ser utilizada para fornecer circulação a todos os circuitos.

Aquecimento, resfriamento e água quente com sumidouro térmico de água tépida

Uma ligeira variação do conceito de vários sumidouros térmicos adiantado na Figura 4 é demonstrada na Figura 5. Nesta configuração, a água tépida é fornecida ao fornecimento frio de acessórios de encanamento em toda a instalação, com a exceção possível da água utilizada para beber, na fabricação de gelo e preparação de alimentos. A intenção é a de fornecer carga de aquecimento adicional durante o período de resfriamento para ajudar a evitar a necessidade de funcionamento no modo de rejeição, como ocorre com um condensador resfriado a ar. O sistema não seria utilizado durante o período de aquecimento a menos que fornecesse valor a algum processo dentro de uma aplicação. O fato de que o fornecimento de água fria é aquecido reduzirá a demanda de água quente, uma vez que a imisção no ponto de uso tenderá mais para o frio do que o usual de modo a se chegar ao mesmo nível de conforto para o usuário. Há também aplicações comerciais, tais como operações de lavanderia, fornecimento de água potável para leiterias e sistemas de umedecimento para incubadoras quando água entre 21,15°C (70°F) e 32,25°C (90°F) é preferida a temperaturas de água subterrânea típicas. O uso da água entre 21,15°C (70°F) e 32,25°C (90°F) nos toaletes e na canalização de água fria para limitar a condensação e a transpiração pode ajudar a reduzir a formação de molde em paredes e tetos e a reduzir o risco de as pessoas escorregarem em pisos úmidos em banheiros. Restaurantes podem utilizar o fornecimento de água tépida para evitar o funcionamento no modo de rejeição de um condensador resfriado a ar durante o período de resfriamento aliviador.

Há duas configurações apresentadas na Figura 5, o fornecimento de água fria com válvula de imisção e o fornecimento de água fria com tanque independente. Ambas as opções reduzem o consumo de energia ao reduzirem a necessidade de funcionamento no modo de rejeição durante um processo de resfriamento e podem ser úteis em aplicações específicas onde a água tépida é desejável. A válvula de Controle Quente é aberta e a válvula de Controle Frio é fechada só quando o tanque de água quente estiver satisfeito e o sistema estiver pedindo resfriamento. Assim que o tanque quente pedir aquecimento, as válvulas voltarão a suas posições desenergizadas (a válvula de Controle Quente se fechará e a válvula de Controle Frio se abrirá).

A configuração da válvula de imisção permite a geração de água tépida mediante demanda, ajudando a reduzir as preocupações sobre crescimento de bactérias em tanques de armazenamento de água tépida. Esta abordagem é melhor utilizada quando houver uma demanda contínua de água fria, uma vez que deve haver uma demanda de água fria para dar suporte contínuo à demanda de resfriamento aliviador. A opção do tanque independente permite que um fornecimento maior de água aquecida seja armazenado e esteja disponível para uso e permite que o resfriamento aliviador seja estendido por um período mais longo de tempo após o uso da água ou durante períodos de tempo nos quais não há demanda de

água fria. Um benefício adicional do tanque com relação à válvula de imissão é que a temperatura de fornecimento de água para o usuário não será comutada subitamente de frio para fresco ou de fresco para frio quando as válvulas de controle de quente e fresco forem atuadas. Se a temperatura do tanque de água fresca atingir seu ponto de fixação, o sistema ou fechará o processo de resfriamento ou será comutado para um modo de rejeição de calor se estiver disponível até que a água seja utilizada, permitindo que o sistema continue a gerar água quente ou fresca. Se uma válvula de imissão fosse acrescentada à configuração de tanque, o tanque poderia ser aquecido até uma temperatura mais elevada, com o controle simultâneo da temperatura da água fresca na torneira.

As válvulas de desvio de água fria na opção do tanque independente são utilizadas para permitir o uso do tanque de água fria para armazenar água quente durante o período de aquecimento. A válvula de desvio 1 é fechada e a válvula de desvio 2 aberta quando o sistema exigir resfriamento. A válvula de desvio 1 é aberta e a válvula de desvio 2 é fechada quando o sistema exigir aquecimento. Estas válvulas podem ser acionadas manualmente ou automatizadas de modo a responderem ao termostato do sistema. Durante o período de aquecimento, se as válvulas de desvio forem fixadas apropriadamente fixadas para o modo de desvio, o termostato no tanque de água fresca pode ser fixado de modo a se permitir que ele atinja temperaturas de água quente. Durante o período de resfriamento aliviador, o termostato no tanque de água fresca pode ser fixado de modo a manter a temperatura à temperatura aceitável mais quente para fornecimento de água fresca.

Aquecimento, resfriamento e água quente com circuitos térmicos e armazenamento térmico

O sistema dos requerentes com sua configuração flexível apresenta a capacidade única de suportar operações de aquecimento e resfriamento que envolvem circuitos de fluido térmicos e armazenamento de energia térmica. O sistema de circuito ou armazenamento térmico pode funcionar de modo a proporcionar resfriamento ou aquecimento mediante demanda. A Figura 6 mostra um sistema térmico básico tanto com circuito de fluido quanto com armazenamento térmico. O fluido e os meios de armazenamento podem ser a água, uma mistura de glicol e água ou um de qualquer número de fluidos térmicos existentes no mercado. O sistema de armazenamento pode também utilizar mudança de fase ou materiais de mudança de fase para intensificar a densidade de energia no dispositivo de armazenamento.

A configuração do ciclo de refrigeração do sistema dos requerentes é idêntica a qualquer uma das configurações de várias fontes de calor/vários sumidouros térmicos mostradas nas Figuras 4 e 5, exceto pelo fato de que esta configuração utiliza explicitamente um esfriador como um de seus evaporadores. Há apenas um condensador mostrado, mas uma aplicação específica pode exigir condensadores adicionais. Por

exemplo, um segundo condensador pode ser utilizado para rejeitar calor para uma torre de resfriamento ou para um condensador resfriado a ar quando as demandas de aquecimento de uma instalação forem satisfeitas e ainda houver necessidade de resfriamento aliviador. Se o sistema for utilizado apenas para resfriamento, o Trocador de Calor de Aquecimento, a canalização afim e as válvulas de Controle de Fluido podem ser omitidos da configuração. Se o sistema for utilizado apenas para aquecimento, ele assumirá a configuração do sistema mostrado na Figura 4, exceto pelo fato de que agora o tanque de água quente pode envolver um mecanismo de mudança de fase para aumentar a capacidade de armazenamento do sistema.

O circuito de circulação entre o condensador resfriado a água e o tanque de água quente acrescenta um trocador de calor no circuito em vez de utilizar um circuito de circulação separado. Isto oferece as vantagens de obter a temperatura mais elevada para a troca de calor com o sistema de circuito/armazenamento térmico e evita o acionamento da bomba adicional. Implica, contudo, que a bomba circulante deve ter fiação para funcionar sempre que houver uma exigência de calor ou do sistema térmico ou do tanque de armazenamento de água. Também força a configuração do circuito do sistema térmico a ter as válvulas de Controle de Fluido do Esfriador e de Controle de Fluido de Aquecimento de modo a se evitar o aquecimento do circuito durante as operações de resfriamento quando o sistema estiver em funcionamento. A alternativa seria apresentar um circuito de circulação de calor independente entre o tanque de água quente e o circuito do sistema térmico, conforme mostrado na Figura 4. Isto elimina a necessidade de válvulas de Controle de Fluido do Esfriador e de Controle de Fluido de Aquecimento e coloca os esfriadores e os trocadores de calor de aquecimento no mesmo circuito, porém acrescenta o custo de acionamento de uma bomba adicional. Ambas as abordagens funcionarão e serão selecionadas basicamente na base do custo versus o efeito sobre a eficácia energética. O número de bombas e a configuração do sistema de circuito térmico variarão de aplicação para aplicação. O circuito do sistema térmico pode ou não incluir um dispositivo de armazenamento térmico (Tanque de Fluido Quente/fresco) dependendo dos requisitos da aplicação. Isto implica que em alguns casos o tanque e uma das bombas no sistema térmico não existirão. O aquecimento e o resfriamento de reserva podem vir de uma fonte economicamente viável ligada no circuito térmico. Na maioria dos sistemas de circuito térmico como este atualmente, o aquecimento e o resfriamento de reserva seriam proporcionados por uma caldeira e um esfriador ou torre de resfriamento.

A configuração do sistema dos requerentes oferece uma oportunidade única para utilizar regeneração e/ou co-geração de modo a se aperfeiçoar de maneira significativa dos sistemas de circuito térmico existentes em muitas instalações e oferece a oportunidade para que várias novas aplicações nas quais a energia térmica (quente ou fresca) possa ser

armazenada de maneira eficaz para uso posterior. O sistema de dois canos é representado pelo sistema de circuito térmico com ou sem o tanque. O tanque será freqüentemente utilizado nesta aplicação uma vez que ela apresenta um efeito de amortecimento sobre o circuito para ajudar a reduzir a variabilidade na temperatura do circuito. O esfriador é utilizado no modo de co-geração de funcionamento para proporcionar resfriamento ao sistema de circuito térmico enquanto aquece a água potável para banhos de chuveiro e lavanderia ou aquece uma piscina. O Evaporador (um ou mais deles), acionado no modo de regeneração para proporcionar aquecimento ao sistema de circuito térmico, pode ser localizado em diversas correntes de escapamento, tais como o escapamento do sistema de ar de composição contínuo, o escapamento de cozinha de restaurantes, o escapamento de secadoras de lavanderia ou a água de despejo dos banhos de chuveiro e lavanderia. O sistema dos requerentes é dimensionado de modo a corresponder ao aquecimento e ao resfriamento de carga de base típica para a instalação dentro das limitações das fontes de calor e sumidouros térmicos existentes. Os sistemas de aquecimento e resfriamento de reserva podem ser então dimensionados de modo se constituir a diferença entre condições operacionais extremas e as condições operacionais típicas. Outra abordagem de dimensionamento seria a de dimensionar o sistema de modo a satisfazer as demandas usualmente experimentadas durante a primavera e o outono e dimensionar a caldeira e o esfriador para o restante dos extremos do inverno e do verão. O circuito ou pode ser acionado no modo quente e no modo frio, de modo a se obter aquecimento e resfriamento por meio de um enrolamento de ventilador simples em cada quarto de hotel, ou o circuito pode ser acionado a uma dada temperatura, como a de 12,82°C (55°F), de modo a se obter aquecimento e resfriamento por meio de bombas de calefação de fontes hídricas em cada quarto de hotel ou em um espaço com controle de temperatura servido pelo circuito. Seria possível obter também aquecimento e resfriamento de reserva de um sistema de bomba de calefação conectado ao chão em oposição a uma caldeira e um esfriador se uma capacidade de conexão com o chão suficiente puder ser obtida de maneira econômica no local de aplicação. Com o sistema dos requerentes, a escala do sistema conectado com o chão pode ser reduzida para ajudar a manter baixo o custo total de implementação.

Um bom exemplo de um sistema no qual esta configuração é utilizada no armazenamento de calor é em uma estufa. A estufa está sujeita a um ganho solar significativo em dias claros, mesmo quando as temperaturas ao ar livre são frias. Isto propicia a oportunidade de coletar o excesso de calor durante o dia e utilizá-lo para aquecer o espaço durante a noite. Idealmente, um material de mudança de fase será utilizado no tanque de armazenamento de modo a se aumentar a densidade da energia do tanque de armazenamento, e o material de mudança de fase será selecionado para permitir o armazenamento à temperatura de condensação normal (ponto de fixação do tanque de

água quente) do sistema dos requerentes. Uma vantagem da remoção do excesso de calor da estufa (além dos óbvios benefícios para as plantas) é que a quantidade de calor que pode ser coletada aumentará, uma vez que a temperatura mais fria na instalação reduzirá as perdas ao ambiente externo e mais energia solar será captada em um espaço resfriado do que em um espaço aquecido. Isto será verdadeiro para qualquer sistema de coleta térmica solar quando for acoplado com o sistema dos requerentes. Quando o coletor é resfriado, ele coletará mais calor. O calor coletado pode ser utilizado diretamente fazendo-se o fluido armazenado aquecido circular e, se a temperatura do sistema de armazenamento cair abaixo de uma temperatura de aquecimento útil, o sistema pode ser utilizado para extrair calor adicional do tanque de armazenamento até atingir uma temperatura que impeça um funcionamento razoavelmente eficaz.

Aquecimento, Resfriamento e Água Quente com Unidades Paralelas

Em algumas aplicações, mais de uma unidade de regeneração de energia com seus diversos componentes é necessária para satisfazer o requisito de aquecimento e/ou resfriamento. Nestas aplicações, sobretudo em estruturas comerciais e industriais, pode ser mais econômico utilizar uma bomba de circulação e/ou um tanque de água quente comum para mais de uma unidade. A configuração de várias unidades mais facilmente controlada no lado de circulação da água é uma configuração em paralelo, de modo que cada unidade experimente as mesmas condições operacionais ou temperaturas da água no condensador resfriado a água. O uso de uma configuração em série fará com que as unidades a jusante experimentem temperaturas mais elevadas no condensador resfriado a água e, conseqüentemente, uma pressão de entrada no compressor e uma temperatura do refrigerante mais elevadas. Embora este diferencial de temperatura possa ser utilizado como um meio de ligar e desligar as unidades, pode ser difícil sincronizar os controles com o termostato do tanque quente. Cada unidade terá suas próprias fontes de calor e será controlada de maneira independente com relação a essas fontes. Deve-se ter o cuidado de tentar agrupar as unidades com fontes de calor razoavelmente semelhantes de modo a permitir que as unidades funcionem em condições operacionais relativamente semelhantes no lado do refrigerante. Por exemplo, uma unidade pode estar servindo um circuito de água esfriada a 4,5°C (40°F), enquanto a outra unidade está regenerando calor de tanque de água de despejo a 51,67°C (125°F). A razão de compressão dos dois compressores pode ser significativamente diferente com relação à temperatura de condensação que é controlada pela temperatura do tanque de água quente. A unidade que funciona no ambiente mais frio pode atingir uma condição de razão de compressão que ultrapassa a recomendação para o compressor antes que o termostato do tanque de água quente seja satisfeito, pondo essa unidade em perigo de falha ou vida útil operacional reduzida.

Uma desvantagem do uso de bombas circulantes comuns e tanques comuns para um grupo de unidades que funcionam em paralelo é que todas as unidades estarão fora de operação se a bomba, o tanque ou um conduto principal comum experimentarem uma falha. A redundância no uso de uma bomba circulante para cada unidade ou no fornecimento de uma bomba sobressalente em paralelo pode ser necessária em algumas aplicações para reduzir ao mínimo os riscos ou custos associados a uma baixa.

Sumário de benefícios para as configurações de várias fontes de calor/vários sumidouros térmicos

(1)O sistema dos requerentes pode utilizar um ou mais evaporadores ou um ou mais condensadores de maneira independente de modo a se otimizar a utilização de fontes de calor existentes e demandas de calor de acordo com a sincronização de eventos dentro de um dado processo de aplicação. Isto estende o uso de um evaporador e um condensador, conforme revelado na patente norte-americano 7 040 108.

(2)O sistema dos requerentes pode ser utilizado para proporcionar aquecimento, resfriamento e água a qualquer aplicação.

(3)O sistema dos requerentes utilizará 1 ou mais válvulas tri-direcionais ou 2 ou mais válvulas bidirecionais e controles para comutação entre evaporadores e entre condensadores de acordo com as prioridades do aplicação que são definidas no sistema de controle.

(4)O sistema pode fornecer calor hidrônico a um ou mais sumidouros térmicos por meio de um circuito de aquecimento hidrônico.

(5)O sistema pode fornecer tanto água esfriada quanto água aquecida a um sistema de aquecimento e resfriamento hidrônico.

(6)O sistema pode fornecer água temperatura no lugar de água fria como uma maneira de evitar o USP de um condensador resfriado a ar durante o período de resfriamento aliviador. Isto reduz o consumo de energia ao evitar o acionamento de ventiladores, aumenta a capacidade de armazenamento de calor e reduz a transpiração de canos e acessórios.

(7)As unidades podem ser instaladas para utilizar bombas circulantes e tanques de ar e tanques de armazenamento comuns de modo a se aumentar a capacidade com a redução simultânea dos custos de instalação.

(8)O sistema pode ser utilizado com materiais de mudança de fase para armazenar de maneira eficaz calor ou frio para uso posterior em um processo ou instalação.

(9)O sistema dos requerentes pode ser utilizado sistemas de coleta de calor térmico solar ou estufas para aumentar ao máximo a captação de energia térmica uma vez que o coletor é continuamente resfriado, o que reduz as perdas para o entorno e aumenta a quantidade de energia térmica que pode ser coletada.

Configurações de dissipação térmica de vários estágios

A trajetória de condensação ou lado de dissipação térmica do ciclo de refrigeração pode ser dividido em sub-componentes úteis com a finalidade de transformar ambientes ou correntes de processamento de um estado em um estado desejado. Por exemplo, é possível

5 utilizar uma parte da trajetória de dissipação térmica do ciclo de refrigeração para aquecer uma corrente de processamento enquanto outra parte da trajetória de dissipação produz vapor. O refrigerante passa através de três fases principais (vapor, mistura vapor/líquido e líquido) durante a dissipação térmica. Os processos de refrigeração associados a cada fase são o de-superaquecimento (vapor), a condensação (mistura vapor/líquido) e o sub-resfriamento (líquido). O de-superquecimento e o sub-resfriamento ocorrem dentro de uma

10 faixa de temperaturas, enquanto a condensação ocorre a uma única temperatura ou dentro de uma pequena faixa de temperaturas se o refrigerante for uma mistura de refrigerantes. Cada processo ocorre aproximadamente à mesma pressão, exceto se afetado por perdas de pressão na canalização e nos componentes do sistema. Em geral, cada segmento da trajetória de dissipação térmica pode ser utilizado para executar tarefas específicas, e cada

15 segmento da trajetória de dissipação térmica pode ser também dividido de modo a satisfazer os requisitos da aplicação. Uma vez que o refrigerante passa através de uma mudança de fase e experimenta uma significativa variação na densidade, será desejável selecionar trocadores de calor que melhor acomodem a fase específica do refrigerante que é

20 processado. Por exemplo, um trocador de calor e a canalização afim que processa o valor superaquecido serão dimensionados e projetados de maneira diferente de um trocador de calor e uma canalização que processa uma mistura de vapor/líquido. O estado físico do espaço de aplicação ou das correntes de processamento pode também passar através de, ou estar em, diversas fases, como se a água fosse aquecida para produzir vapor que terá

25 um impacto sobre o equipamento e o desenho do processo.

Na técnica anterior, supunha-se que o condensador resfriado a água ou condensador externo do sistema aceitava ou rejeitava toda a energia associada ao de-superaquecimento e à condensação. Com vários condensadores resfriados a água, duas ou mais condições de aquecimento podem ser controladas a uma temperatura desejada. Pouca

30 atenção tem sido dada na técnica anterior à energia de sub-resfriamento, embora o sub-resfriamento seja um fator essencial nas reivindicações relacionadas com formação de congelamento em evaporadores e será uma consideração importante para a eficácia do processo para alguns refrigerantes. Quando o sub-resfriamento é aplicado, um segundo ou terceiro condensador resfriado a água (tecnicamente chamado sub-resfriador) será

35 necessário, conforme descrito nas seções seguintes. Quando as fórmulas universais e os princípios das classes de refrigeração são aplicados a uma aplicação, as melhores

disposição e divisão da trajetória de dissipação térmica serão determinadas de modo que o processo de refrigeração e os requisitos da aplicação sejam equilibrados.

As seções seguintes, juntamente com as Figuras de 7 a 11, descrevem algumas das configurações e aplicações básicas nas quais a trajetória de dissipação térmica do refrigerante pode ser dividida de modo a satisfazer os requisitos de uma aplicação. Como ocorre com qualquer modalidade do sistema dos requerentes, a configuração de aquecimento de vários estágios pode ser projetada para um processo de aquecimento contínuo, aquecimento por batelada, ou ambos, dependendo dos requisitos de aplicação. As configurações descritas a seguir estendem a abordagem de várias fontes de calor/vários sumidouros térmicos revelada acima de modo a incluir vários trocadores de calor em uma dada trajetória de dissipação térmica e a capacidade de controlar o funcionamento de modo a aquecer os líquidos do processo até temperaturas mais elevadas.

Aquecimento, resfriamento e água quente com co-geração e rejeição de superaquecimento misturadas

Uma configuração de refrigeração especial foi desenvolvida para aplicações nas quais a demanda de resfriamento ultrapassa a demanda de aquecimento, mas a aplicação se beneficiará da energia térmica armazenada a uma temperatura mais elevada que a temperatura de condensação normal (temperatura de ponto de fixação do tanque de água quente). A configuração é mostrada na Figura 7. A configuração no lado de refrigeração é como outras configurações de várias fontes de calor/vários sumidouros térmicos, exceto pelo fato de que há duas válvulas tri-direcionais no lado do condensador do compressor e essas válvulas são configuradas e controladas de maneira especial. A válvula tri-direcional C3V1 fornece refrigerante comprimido ao condensador resfriado a água ou ao condensador externo. A válvula C3V1 mostrada não é uma válvula de regeneração tri-direcional, mas pode ser, uma vez que a válvula de retenção 1 é necessária. A válvula C3V1 permite que o sistema funcione no modo de aquecimento de água normal ou modo de rejeição de calor (se o segundo condensador não for utilizado em alguma aplicação de serviço de diretório de conteúdo específica). A segunda válvula tri-direcional C3V2 é posicionada a jusante do condensador resfriado a água e descarrega ou no receptor ou no condensador externo. A válvula C3V2 deve ser uma válvula de regeneração tri-direcional uma vez que ela será utilizada para tirar o refrigerante do condensador externo quando o condensador resfriado a água estiver sendo utilizado para aquecer o tanque de água quente até temperaturas abaixo do ponto de fixação do tanque de água quente (isto é, o refrigerante estará se condensando no condensador resfriado a água). Quando ambas as válvulas são energizadas, o sistema continuará a aquecer o tanque de água quente acima do ponto de fixação normal da água quente (temperatura de condensação normal do refrigerante) quando houver exigência de resfriamento adicional. O condensador resfriado a água funcionará no modo de de-

superaquecimento (isto é, o refrigerante permanece um vapor no condensador resfriado a água e é passado para o condensador externo de modo a se completar a condensação). Assim, o sistema apresenta um funcionamento no modo de co-geração e rejeição misto quando utilizado para resfriamento aliviador e aquecimento da água. O refrigerante que sai do condensador resfriado a água a temperaturas acima da temperatura de condensação é ainda um vapor e se deslocará então até o condensador externo de modo a ser condensado. É importante que as linhas de refrigerante quente entre o condensador resfriado a água e o condensador externo sejam isoladas para ajudar a impedir que o refrigerante se condense nas linhas antes de chegar ao condensador. De preferência, o condensador externo é fisicamente localizado abaixo do condensador resfriado a água de modo que qualquer refrigerante que se condense em um líquido antes do condensador externo seja transportado pela gravidade até o condensador externo. À semelhança de qualquer ciclo de refrigeração, o receptor deve ser posicionado abaixo de todos os condensadores para permitir o fluxo do refrigerante pela gravidade dos condensadores até o receptor.

À medida que a temperatura no tanque de água quente aumenta, a temperatura do vapor refrigerante que se desloca até o condensador externo diminuirá. Para muitos refrigerantes, a quantidade de calor captada na água variará na faixa de 10% a 20% da quantidade que seria captada durante o acionamento do tanque de água quente à ou abaixo da temperatura de condensação do refrigerante (isto é, de 10% a 20% da capacidade de co-geração térmica e de 80% a 90% de rejeição). Entretanto, a quantidade de energia térmica armazenada no tanque de água quente será maior do que poderia ter sido se o sistema fosse simplesmente comutado para o modo de rejeição quando o tanque de água quente atingiu seu ponto de fixação normal ou a temperatura de condensação máxima do refrigerante. Uma vez que a temperatura do tanque é mais elevada que a temperatura de condensação da refrigerante, o sistema não pode reverter para o modo de aquecimento de água simples até que a temperatura no tanque seja reduzida à temperatura de condensação do refrigerante.

Esta configuração é ideal para qualquer instalação com uma carga de resfriamento elevada que possa utilizar uma quantidade limitada de água de temperatura mais elevada. Um exemplo é um lavador de carros que é co-localizado com um restaurante. A demanda de resfriamento em um restaurante (particularmente da cozinha) coincidirá com as horas de refeição, enquanto a demanda de aquecimento para a lavagem de carros coincidirá com o ciclo de lavagem de carros que usualmente será maior que após as horas de trabalho nos dias úteis e todo o dia nos fins de semana. O calor rejeitado da cozinha será armazenado no tanque quente à temperatura mais elevada permissível para o equipamento instalado e a água que vai do tanque quente para a lavagem de carros será temperada até se obterem as

condições aceitáveis para uso na lavagem de carros pela utilização de uma válvula de imissão. No ponto em que a demanda da lavagem de carros reduz a temperatura do tanque quente até a temperatura normal do ponto de fixação, o sistema reverterá para o modo de aquecimento normal da água para eliminar o funcionamento no modo de rejeição do condensador externo e aumentar ao máximo a captação do calor na água.

Os exemplos acima supõem que o condensador externo funciona para rejeitar calor. Não é necessário que este condensador seja utilizado unicamente para rejeição. Por exemplo, uma combinação secador a seco/lavanderia com uma pequena carga de lavanderia pode utilizar esta configuração para proporcionar resfriamento aliviador para o processo de lavagem a seco com a geração simultânea de água a 26,7°C (80°F), 51,67°C (125°) e 82,2°C (180°F). A água a 51,67°C (125°F) seria gerada utilizando-se apenas o condensador resfriado a água enquanto a água a 26,7°C (80°F) e 82,2°C (180°F) seria gerada utilizando-se tanto o condensador resfriado a água quanto o condensador externo, que neste caso seria outro condensador resfriado a água. Assim, o condensador externo seria utilizado para aquecer a água fria entrante até 26,7°C (80°F), o que é um luxo que adiciona valor ao processo de lavanderia, mas não pode ser usualmente propiciado quando se aquece a água com um combustível. A rejeição de calor vai para um processo de aquecimento útil que é opcional.

O uso desta configuração deve ser pesado comparado com o uso de um armazenamento maior a uma temperatura de condensação normal e a eficácia aperfeiçoada propiciada através do funcionamento reduzido no modo de rejeição dada a maior capacidade de armazenamento. Uma das configurações seguintes pode também fornecer uma solução mais eficaz para algumas aplicações.

Aquecimento, resfriamento e água quente com líquido superaquecido

Em algumas aplicações, é valiosa a incorporação de dois ou mais condensadores resfriados a água ou líquido em série de modo a se alcançar um ou mais objetivos, conforme foi identificado no exemplo de lavador a seco/lavanderia descrito na seção anterior. Estes condensadores podem proporcionar de-superaquecimento, condensação ou sub-resfriamento ao refrigerante com o aquecimento simultâneo do líquido até as condições desejadas ou a obtenção de um funcionamento estável e eficaz do sistema de refrigeração.

A configuração de dois condensadores resfriados a água mostrada na Figura 8 é semelhante à mostrada na Figura 7, exceto pelo fato de que ela inclui o segundo condensador resfriado a água WCC2 e seu próprio circuito de circulação e tanque de armazenamento além do condensador externo EC. Este sistema é capaz de produzir duas temperaturas de água e líquido, funcionamento no modo de co-geração/rejeição misto, conforme descrito na seção anterior e rejeição de calor por meio do condensador externo. O primeiro condensador resfriado a água WCC1 é utilizado para gerar água ou líquido a

temperaturas superiores à temperatura de condensação normal do refrigerante. Ele funcionará no modo de condensação até que a temperatura da água em seu circuito de circulação ultrapasse a temperatura de condensação do refrigerante. Nesse ponto, o WCC1 processará o vapor refrigerante superaquecido e é capaz de aquecer a água em seu circuito de circulação e tanque de armazenamento até uma temperatura que se aproxima da temperatura do vapor superaquecido que entra no WCC1. Tanques, bombas, canalização, etc., associados a este circuito devem ser todos selecionados para suportar as temperaturas que são desejadas ou possíveis com a operação de superaquecimento. Testes com R22 em um compressor de vaivém de 5 000 kg (5 ton) produziram temperaturas da água nas proximidades de 93,30°C (200°F) em um modo de funcionamento por bateladas. O vapor refrigerante que entra no WCC1 pode estar na faixa de 104,4°C (220°F) a 126°C (260°F). Isto implica que seria possível gerar vapor em condições de pressão atmosférica e baixa com a utilização do R22. Isto foi verificado em testes algumas vezes em que o sistema foi travado pelo vapor devido à formação de vapor no WCC1. Uma disposição de trocador de calor e canalização diferente teria sido necessária para separar o vapor e a água em um processo de produção de vapor.

O WCC2 é utilizado para aquecer água ou líquido em seu circuito de circulação até a temperatura de condensação máxima do refrigerante controlada pelo termostato no tanque de água quente do WCC2. Esta água pode ser fornecida ou ao circuito de circulação do WCC1 ou a um sistema de fornecimento de água quente para a aplicação. Quando se utiliza um sistema como este é bom que se tenha um uso para um líquido quente à temperatura de condensação apresentada pelo WCC2 e a uma temperatura mais elevada apresentada pelo WCC1. Quando o WCC1 está no modo de de-superaquecimento em um sistema R22, de 80% a 90% do calor existente virão através do WCC2, enquanto de 10% a 20% virão através do WCC1. Estas porcentagens variarão com o refrigerante utilizado no sistema.

A água fria é introduzida no circuito do WCC2 no lado de sucção da bomba circulante de modo a se tirar vantagem da têmpera. Se o sistema é controlado para produzir um fluxo contínuo a uma temperatura específica, a água fria se misturará com a água aquecida que entra no WCC2. Isto pode permitir que o tanque no circuito do WCC2 funcione a uma temperatura de 14,32°C (5°F) a 13,26°C (8°F) mais elevada que a temperatura de condensação normalmente aceitável do refrigerante, uma vez que o compressor experimentará uma pressão de entrada que corresponde à temperatura de água misturada, e não à temperatura da água no tanque. O fluxo no circuito de circulação do WCC2 é controlado com a utilização da válvula de Controle de Fluxo de Circuito Quente e a velocidade de escoamento da água de têmpera pode ser controlada pela válvula de Controle de Fluxo de Têmpera. Estas velocidades de escoamento podem ser ajustadas de

modo a se obter o nível desejado de controle de temperatura. Este efeito de têmpera evidentemente s  está disponível se houver um fluxo contínuo de água através do sistema. De maneira semelhante, a água quente que sai do tanque do WCC2 é encaminhada para o lado de sucção da bomba circulante do WCC1. Isto permite que o processo de de-

5 supraaquecimento experimente uma temperatura mais baixa na entrada lateral da água para o WCC1, que faz aumentar a quantidade de transferência de calor que pode ser obtida para uma dada temperatura no tanque do WCC1. A válvula de Controle de Fluxo de Fornecimento HT é utilizada para controlar o fluxo da água de modo a permitir que o sistema mantenha uma temperatura de ponto de fixação que sai do quente. Se não houvesse linha

10 de Fornecimento Quente (isto é, o sistema aquece a água em uma base de única vez), então a válvula de Controle de Fluxo de Fornecimento HT poderia também provocar o mesmo efeito da válvula de Controle de Fluxo de Têmpera para o circuito de circulação do WCC2. O número, o estilo e a localização das válvulas de controle de fluxo variarão com os requisitos ou oportunidades da aplicação. Por exemplo, se o Fornecimento Quente e o

15 Fornecimento HT forem expostos   pressão atmosférica, então as válvulas de controle de fluxo ficarão melhor localizadas nas linhas de Fornecimento Quente e de Fornecimento HT. Outro exemplo é o de uma válvula de controle proporcional tri-direcional que pode ser localizada na linha de circulação entre o tanque e o fornecimento de têmpera. A válvula tri-

20 direcional descarregaria água a uma taxa suficiente para permitir que a temperatura no tanque seja mantida relativamente constante. A prioridade em qualquer combinação de válvulas de controle de fluxo será no sentido de assegurar que a pressão de entrada do compressor seja controlada para estar dentro de limites aceitáveis ao mesmo tempo que satisfaz os requisitos de temperatura da aplicação. Não há necessidade de limitar a taxa de

25 fluxo no circuito de circulação do WCC1, embora possa ajudar a impor um diferencial de temperatura através do lado da água do WCC1 de modo a estimular uma transferência de calor melhor.

A análise teórica mostra que, dadas as condições de evaporador corretas e a seleção apropriada do equipamento enquanto são utilizados os refrigerantes existentes, a temperatura de condens  o do refrigerante (WCC2) pode ser mantida tão elevada quanto

30 65,55 C (150 F). A maior limitação ao uso desta configuração é a temperatura do vapor refrigerante supraaquecido ou, o que é mais importante, a temperatura do óleo no vapor supraaquecido que entra no WCC1. Esta temperatura deve permanecer abaixo do ponto em que o óleo começa a não funcionar e perder sua capacidade de lubrificação. A escolha d  refrigerante e a eficácia do compressor podem ter um impacto significativo sobre esta

35 temperatura. Com a seleção apropriada do equipamento, a configuração pode ser utilizada para produzir vapor saturado a baixa temperatura. Um trocador de calor adicional de desenho apropriado seria necessário para gerar vapor supraaquecido.

Circuitos de aquecimento hidrônicos podem ser aplicados a ambos os tanques. O retorno de um circuito hidrônico que se origina no tanque do WCC1 pode retornar ou no mesmo tanque ou no tanque do WCC2. O fator básico na determinação de para qual tanque retornará é a temperatura do retorno com relação à temperatura dos tanques. Se o retorno for mais quente que a temperatura no tanque do WCC2, ele deve retornar ao tanque do WCC1, o retorno de um circuito de aquecimento hidrônico que se origina do circuito do WCC2 devendo retornar ao tanque do WCC2.

A utilização desta configuração, para produzir um líquido ou vapor a uma temperatura mais elevada que a temperatura de condensação nominal do refrigerante, será útil em qualquer aplicação onde haja necessidade de lavagem e esterilização de roupas e de limpeza de equipamento, como, por exemplo, em lavanderia, setores agrícolas, processamento de alimentos e setores médicos. Por exemplo, uma incubadora tem uma carga de resfriamento significativa para impedir o superaquecimento dos ovos. Em uma incubadora, é também necessário esterilizar o equipamento utilizado para gerar e armazenar água a uma alta temperatura para uso na lavagem enquanto se mantém o resfriamento para os ovos.

Aquecimento, resfriamento e água quente com líquido sub-resfriado

A Figura 9 é idêntica à Figura 8, exceto pelo fato de que utiliza a configuração de maneira muito diferente. O objetivo desta utilização é o de fornecer líquido aquecido à temperatura de condensação no WCC1 e água aquecida do sub-resfriamento no WCC2. O circuito de circulação para o WCC2 é utilizado para manter uma temperatura média no tanque para sub-resfriamento. Isto é útil se o uso da água através do sistema for intermitente ou a temperatura da água retornada dos circuitos de aquecimento hidrônicos for variável. O tanque ajuda a manter o funcionamento do sistema de refrigeração mais estável. Se as condições do líquido frio que entra no WCC2 forem compatíveis, como pode ser o caso com um sistema de aquecimento direto, o circuito de circulação e o tanque podem não ser necessários conforme mostrado na Figura 10. Neste caso, a água aquecida é introduzida diretamente no lado de sucção da bomba do circuito de circulação do WCC1. Pode haver aplicações em que a água ou o líquido aquecido pode ser útil.

Esta configuração será importante para o uso do refrigerante, tal como o R410A e o R422B. O sub-resfriamento adicional é importante para obter a eficácia máxima fora do ciclo de refrigeração. Quando o refrigerante é expandido através da válvula TX, uma determinada fração do refrigerante é convertida em um vapor e o resto permanece um líquido. O processo de expansão é considerado como sendo isentálpico ou ocorre a uma entalpia constante. Entalpia é a medida do teor de energia do refrigerante em kcal/kg (Btu/lb). A entalpia do refrigerante líquido que sai do condensador WCC2 será maior que a entalpia do líquido que sai do WCC2, uma vez que alguma energia terá sido imprimida à água ou

líquido. Este sub-resfriamento permitirá que a fração de vapor na mistura seja menor e que a fração de líquido na mistura seja maior depois da válvula TX. Uma vez que o efeito de refrigeração é produzido pela ebulição da fração de líquido restante da mistura líquido/vapor no evaporador, a mistura gerada do refrigerante sub-resfriado será capaz de captar mais calor no evaporador. Quando o evaporador capta mais calor, o efeito de refrigeração aumenta e o COP do sistema é melhorado. O efeito de refrigeração máximo ocorre quando o refrigerante líquido é sub-resfriado até a temperatura que corresponde ao líquido saturado à pressão de sucção ou à pressão na entrada do evaporador. Para alguns refrigerantes, tais como R41a e R422B, o sistema pode perder nas proximidades de 40% a 50% do efeito de refrigeração durante a expansão na válvula TX. Pela utilização do sub-resfriamento, o efeito de refrigeração e a eficácia do sistema serão aumentados de maneira significativa.

A utilização desta configuração pode ser aplicada em qualquer lugar em que o sistema possa ser utilizado com a consideração das questões relacionadas com a utilização de um sub-resfriamento direto, como na Figura 10, ou com a utilização de um tanque e um circuito de circulação, conforme mostrado na Figura 9. Para tirar vantagem do sub-resfriamento, o sistema é melhor aplicado em situações nas quais haja um fluxo consistente de água ou líquido a ser aquecido, ou no caso de um sistema de aquecimento hidrônico a ser reaquecido.

Aquecimento, resfriamento e água quente com líquido superaquecido e sub-resfriamento

A Figura 11 mostra um sistema configurado para proporcionar sub-resfriamento por meio do WCC3, condensação por meio do WCC2 e superaquecimento por meio do WCC1. A configuração combina basicamente o conceito das 2 seções anteriores de modo a se chegar a uma maneira de gerar temperaturas de líquido mais elevadas com a manutenção simultânea de maior eficácia pelo uso do sub-resfriamento. Os mesmos conceitos de superaquecimento e sub-resfriamento se aplicam exceto quando combinados no mesmo sistema. Um quarto trocador de calor seria necessário antes do WCC1 na trajetória de refrigeração se o sistema viesse a ser utilizado para gerar vapor superaquecido.

Quando vários trocadores de calor são conectados em série, o projetista deve tomar cuidado para dimensionar o equipamento com vistas ao controle da queda de pressão em ambos os lados dos trocadores de calor ou condensadores resfriados a água. A queda de pressão no lado do refrigerante deve ser mantida em um mínimo de modo a ajudar a limitar os requisitos de potência do compressor e aumentar ao máximo a capacidade. As pressões e as quedas de pressão no lado da água ou líquido devem ser controladas de modo a se evitar a criação de pontos de baixa pressão onde o líquido aquecido pode tender a entrar em ebulição onde não é desejável. Se a ebulição ocorrer, o sistema estará sujeito a travamentos de vapor e cavitação nas bombas d'água.

Sumário dos Benefícios da Dissipação Térmica em Vários Estágios:

- 5 (1) A capacidade de utilizar dois trocadores de calor (referidos como condensadores resfriados a água WCC1 e WCC2) em série na trajetória de refrigeração de modo a se obter o aquecimento da água ou de um líquido até temperaturas mais elevadas que a temperatura de condensação máxima normal do refrigerante à pressão de entrada do sistema. O WCC1

10 efetua o de-superaquecimento do refrigerante enquanto o WCC2 condensa o refrigerante.
- 15 (2) A capacidade de utilizar dois trocadores de calor em série na trajetória de dissipação térmica de modo a se obter o sub-resfriamento do refrigerante para aperfeiçoar o efeito de refrigeração e de aquecimento, a capacidade total e o coeficiente de desempenho do sistema. O WCC1 efetua o de-superaquecimento e a condensação do refrigerante e o WCC2 efetua o sub-resfriamento do refrigerante.
- 20 (3) A capacidade de utilizar três trocadores de calor em série na trajetória de dissipação térmica do refrigerante de modo a se obter tanto o sub-resfriamento do refrigerante quanto o aquecimento da água ou de um líquido até temperaturas superiores à temperatura de condensação máxima normal do refrigerante. Isto proporciona um desempenho aperfeiçoado assim como maior flexibilidade do sistema e mais oportunidades de aplicação. O WCC1 efetua o de-superaquecimento do refrigerante, o WCC2 condensa o refrigerante e o WCC3 efetua o sub-resfriamento do refrigerante.
- 25 (4) A capacidade de aplicar qualquer refrigerante às reivindicações desta seção considerando-se o equipamento necessário para acomodar propriedades específicas da refrigeração que podem não ter sido especificamente identificadas nesta descrição. Por exemplo, o equipamento utilizado para o refrigerante R410A deve ser capaz de lidar com as pressões mais elevadas necessárias para o funcionamento com a utilização do R410A.
- 30 (5) A capacidade de utilizar qualquer número razoável de trocadores de calor em série na trajetória de dissipação térmica do refrigerante de modo a se atingir o objetivo de aquecer um ou mais líquidos até as condições desejadas.
- 35 (6) A capacidade de utilizar qualquer número razoável dos trocadores de calor apropriados em série na trajetória de dissipação térmica do refrigerante para ferver a água ou outro líquido que é aquecido;
- (7) A capacidade de utilizar um tanque controlado termostaticamente e uma bomba circulante com cada trocador de calor em série, de modo a se obter armazenamento do líquido aquecido e temperaturas de processamento consistentes ou controladas.

(8)A capacidade de gerar água aquecida em uma base por bateladas ou contínua. Para fluxo contínuo, a capacidade de aplicar qualquer variedade de regimes de controle de fluxo de água de modo a se obter o controle da pressão de entrada do compressor ou controle de sub-resfriamento e com a obtenção simultânea das quantidades desejadas de água aquecida à temperatura desejada. Os controles de fluxo podem incluir, mas não estarão limitados a, a válvula de acionamento manual ou qualquer uma de diversas válvulas automatizadas acionadas para fazer variar o fluxo, de modo a se manter a temperatura desejada de um dado circuito de circulação e sistema de armazenamento.

(9)A capacidade de controlar a temperatura do refrigerante líquido que sai do último trocador de calor na trajetória de dissipação térmica do refrigerante com a utilização do tanque controlado termostaticamente e da bomba circulante a uma temperatura que aperfeiçoa o desempenho do sistema de refrigeração ao ajudar a controlar o gelo no evaporador e permitir que o compressor funcione em um ponto operacional mais eficaz.

(10)A capacidade de aplicar vários conjuntos ou circuitos de trocadores de calor em série em paralelo do mesmo compressor, com a utilização de válvulas tri-direcionais ou bidirecionais, de modo a se tirar vantagem de diferentes oportunidades operacionais em uma aplicação.

(11)A capacidade de aplicar um condensador para uso na rejeição do calor em paralelo a uma série de trocadores de calor na trajetória de dissipação térmica do refrigerante.

(12)A capacidade de aquecer um líquido até temperaturas mais elevadas que a temperatura de condensação nominal do refrigerante utilizando-se uma fração do calor existente com a rejeição simultânea do resto do calor ou utilizando-se este em um processo de aquecimento opcional.

(13)A capacidade de definir um sistema de refrigeração que utiliza duas ou mais válvulas energizadas tri-direcionais ou bidirecionais para o controle do processo de refrigeração de acordo com termostatos associados a diversos estados ou modos operacionais de uma aplicação. Por exemplo, os 7 componentes controláveis do sistema mostrado na Figura 8 são tabulados com os 6 modos operacionais do sistema na tabela verde no desenho de ilustração. Os modos operacionais incluem o uso de dois evaporadores diferentes para coletar calor de modo a aquecer ou o tanque quente (WCC2) ou o tanque de alta temperatura (WCC1). É também incluído um modo para a co-geração mista para o tanque de alta temperatura e a rejeição por meio do condensador externo BC e um modo para a operação de rejeição pura de calor com a utilização do condensador externo BC.

(14)A capacidade de aplicar vários compressores, cada um com vários trocadores de calor em série na trajetória de dissipação térmica do refrigerante em uma configuração

em paralelo com o sistema de circulação e tanque. Em outras palavras, a bomba de circulação, o tanque e os sistemas de aquecimento hidrônicos afins podem ser compartilhados através de várias unidades RASERS, cada uma com seus próprios evaporadores e fontes de calor.

5 (15)A capacidade de efetuar o sub-resfriamento do refrigerante por meio de uma fonte de água (líquido) direta ou retornos de um sistema de aquecimento hidrônico onde a mistura de água (líquido) que entra no sub-resfriador será relativamente consistente em volume e temperatura (Figura 10).

10 (16)A capacidade de efetuar o sub-resfriamento do refrigerante por meio de um sistema de circulação com um tanque para ajudar a estabilizar o funcionamento do sistema de refrigeração quando o fornecimento e a água de retorno forem variáveis (Figura).

(17)A capacidade de aquecer água, glicol, óleos, etanol ou qualquer líquido nos trocadores de calor resfriados por líquido desde que os trocadores de calor sejam selecionados com relação às propriedades do líquido.

15 (18)A capacidade de aquecer o ar ou qualquer gás ou vapor nos trocadores de calor desde que os trocadores de calor sejam selecionados com relação às propriedades do gás ou vapor.

Configurações de coleta de calor de vários estágios

20 O sistema dos requerentes pode utilizar qualquer evaporador ou configuração de evaporador que satisfaça os requisitos do ciclo de refrigeração, atendendo ao mesmo tempo às demandas da aplicação. Esta patente descreveu anteriormente o uso de mais de um circuito de evaporador para permitir que a energia térmica seja coletada de diferentes locais, onde apenas um circuito de evaporador foi utilizado de uma vez. Nesta seção, a definição de um circuito será estendida de modo a incluir o uso de um ou mais evaporadores em um
25 circuito ao mesmo tempo, conforme ditado pelos requisitos ou oportunidades da aplicação. Algumas aplicações podem exigir vários evaporadores em série e algumas podem exigir vários evaporadores em paralelo para um dado modo de funcionamento. Em geral, o circuito de evaporador pode ser dividido em mais de um evaporador quando a aplicação apresenta várias fontes de calor que são menores que a capacidade nominal do sistema dos
30 requerentes selecionada para atender as demandas de energia térmica da aplicação.

A configuração em paralelo básica inclui o uso de uma configuração de expansão em cada evaporador. O refrigerante líquido de alta pressão que sai do receptor pode passar através de um conjunto de válvulas (bidirecionais ou tri-direcionais) para selecionar o circuito de evaporador desejado com base nas variáveis ambientais. Depois das válvulas, o
35 refrigerante é dividido utilizando-se três ou um dispositivo de distribuição para fornecer cada trajetória de evaporador em paralelo no circuito. É importante que o processo de divisão seja projetado de modo a se evitar a expansão do refrigerante até que ele atinja a configuração

de expansão. Depois de dividido, o refrigerante líquido passará através da configuração de expansão (válvula TX, orifício, distribuidor, etc.) a caminho dos evaporadores. Depois dos evaporadores, o refrigerante superaquecido será re combinado na linha de corte que alimenta o compressor utilizando-se tês ou outros meios para coletar várias correntes de refrigerante em uma. Com evaporadores em paralelo, pode ser necessário utilizar um dispositivo de controle de pressão entre os evaporadores e o compressor de modo a assegurar que a pressão que sai dos evaporadores seja a mesma. Um exemplo no qual evaporadores paralelos podem ser utilizados é em um celeiro de porcos. Dois ou mais evaporadores podem ser colocados na frente de ventiladores de exaustão separados para permitir a captação suficiente de energia térmica no sentido de permitir que a unidade funcione à capacidade nominal.

A configuração em série básica utiliza apenas uma configuração de expansão, mas divide o evaporador em duas ou mais partes de modo a se obter o efeito de resfriamento para dois ou mais ambientes com a satisfação simultânea dos requisitos de superaquecimento do ciclo de refrigeração. Os vários evaporadores estarão usualmente próximos uns dos outros, e o cano que liga os evaporadores estará usualmente bem instalado, de modo a se evitar a perda do efeito de refrigeração entre os evaporadores. O refrigerante pode passar entre os evaporadores através de um único cano, ou pode passar através de vários canos ou de um dispositivo de imisção com vários orifícios. Um exemplo em que uma configuração em série é útil é no caso de um ambiente exigir uma quantidade pequena ou controlada de resfriamento com relação à capacidade total de resfriamento. Os evaporadores serão dimensionados para suportar a atividade de resfriamento controlada e podem ser feitos de qualquer material, conforme determinado pelo ambiente servido pelo evaporador.

A temperatura do refrigerante durante a evaporação (uma mistura de líquido/vapor) será constante ou, para uma mistura de refrigerantes, variará em um pequeno grau enquanto o refrigerante estiver em ebulição dentro do evaporador (isto é, exatamente como a água que entra em ebulição a 99,96°C (212°F) à pressão atmosférica padrão). Depois da ebulição de todo o refrigerante, sua temperatura começará a subir à medida que mais energia térmica é aplicada ao evaporador (isto é chamado de superaquecimento). A elevação da temperatura (graus de superaquecimento) é limitada apenas à quantidade necessária para evitar a introdução de refrigerante líquido no compressor. É também benéfico limitar o grau de superaquecimento porque a capacidade do compressor diminui à medida que o grau de superaquecimento aumenta devido à redução na densidade do vapor superaquecido à medida que a sua temperatura aumenta. A válvula de expansão térmica (TX) usualmente proporciona um meio para ajustar os graus de superaquecimento. A configuração de expansão e de evaporador deve ser selecionada de modo a se obter a

melhor capacidade do sistema possível ao mesmo tempo que satisfaz as demandas de resfriamento dos ambientes servidos.

Os evaporadores devem ser selecionados de modo a se dar conta das diferenças nas condições ambientais. Por exemplo, se dois evaporadores que funcionam em série experimentam diferentes temperaturas ambientais, então os evaporadores podem ou não ser do mesmo tamanho, dependendo de com quanto do processo de evaporação cada evaporador pretende lidar. Em contraste, dois evaporadores que funcionam em paralelo serão provavelmente dimensionados de maneira diferente, se eles forem expostos a ambientes de temperaturas diferentes, de modo a se igualar a temperatura e a pressão do refrigerante que sai de cada evaporador. Configurações de evaporador em paralelo e em série são mais facilmente aplicadas a vários ambientes com diferentes condições operacionais ou vários ambientes com condições operacionais semelhantes.

Sumário das Reivindicações de Coleta de Calor de Vários Estágios

1. Capacidade de utilizar um ou mais evaporadores em um circuito de evaporador.

2. Capacidade de conectar vários evaporadores em série ou em paralelo em um único circuito.

3. Capacidade de utilizar um ou mais evaporadores para proporcionar várias atividades de resfriamento controlado para ar, água, misturas de glicol, óleos, etanol ou qualquer líquido, vapor ou gás a serem resfriados.

4. Capacidade de utilizar vários elementos na configuração de expansão, tais como válvula TX, orifício e distribuidor.

5. Capacidade de utiliza evaporadores fabricados a partir de qualquer material (cobre, aço inoxidável, alumínio, etc.), conforme ditado pelo ambiente servido pelo evaporador, para proteger o , para proteger o evaporador de falhas devidas à corrosão, erosão, fadiga térmica ou outro fenômeno.

6. Capacidade de dimensionar os evaporadores para que condições ambientais diferentes sejam igualadas, com a obtenção simultânea do funcionamento desejado do sistema de refrigeração.

Sumário dos Usos Exemplares do Sistema

Máquina de Lavar – Em uma máquina de lavar, o sistema aquece a água doce para um ciclo de lavagem, proporcionando-se ao mesmo tempo um resfriamento aliviador para os empregados/clientes, pela coleta do calor residual dos respiradouros de exaustão da secadora ou pela coleta do calor residual da água de despejo.

Combinação de lavadora a seco/máquina de lavar – O sistema aquece água doce ou água temperada do sistema de resfriamento da lavadora a seco ao mesmo tempo que

proporciona resfriamento aliviador para os empregados/clientes, coletando calor residual dos escapamentos da secadora ou coletando calor residual da água de despejo.

Aquecimento distrital – O sistema utiliza a energia térmica excedente de uma máquina de lavar, lavadora a seco ou outra instalação comercial intensiva em energia localizada em uma área residencial para aquecer água que pode ser canalizada e medida para comerciantes ou moradores vizinhos para uso direto como água aquecida ou para uso no aquecimento de espaços ou processos.

Processamento de Carne (abate e produtos) – O processo de processamento de carne exige geralmente uma quantidade significativa de água aquecida para lavagem e esterilização. O sistema tem a capacidade de aquecer água de várias fontes: calor residual do processo de chamuscadura, calor ambiente residual dos processos de esterilização ou cozimento (resfriamento aliviador), calor residual da lavagem de carcaças e água de despejo da limpeza de instalações e o calor expelido de processos de refrigeração necessários para esfriar a carcaça antes do corte e depois do processamento. A capacidade de proporcionar resfriamento aliviador por meio da utilização de um processador de ar de tiragem forçada com um enrolamento a desde que o ambiente não apresente um potencial de emporcalhamento elevado. Evaporadores sem aletas podem ser utilizados para recuperar o calor residual da chamuscadura e água de despejo, de modo a se reduzir ao mínimo o emporcalhamento e permitir facilidade de limpeza. Há também a capacidade de coletar o calor expelido pelo processo de refrigeração com a utilização de um evaporador no escapamento do condensador. O sistema tem a capacidade de proporcionar diretamente refrigeração e aquecimento da água ao mesmo tempo. Este é o modo de recuperação de calor mais econômico uma vez que ambas as atividades são desempenhadas com a utilização dos mesmos kW de potência que seriam utilizados na refrigeração – independentemente de como a água foi aquecida.

Lavagem de Carros – O sistema aquece água doce para uma lavagem de carros e, em circuitos de água aquecida colocados no chão, utilizados no aquecimento de escritórios, e elimina a formação de gelo nas proximidades dos compartimentos de lavagem. O calor é derivado de várias fontes de calor: água de despejo, calor excedente no escritório ou 0, calor excedente de uma loja de conveniências ou restaurante contíguo, ar úmido quente escapado dos compartimentos de lavagem ou ar ambiente externo.

Restaurante – Um restaurante se beneficia dos efeitos tanto de aquecimento quanto de resfriamento do sistema. A cozinha é resfriada o ano inteiro enquanto a água é aquecida para a lavagem dos pratos e para uso no aquecimento do restaurante. O restaurante pode ser resfriado durante o período de alta ocupação e durante o período de resfriamento com o aquecimento simultâneo da água para a lavagem de pratos. Uma vez que a carga de resfriamento usualmente ultrapassa a demanda de aquecimento da água,

um condensador resfriado a ar, um fornecimento de água tépida ou sistema de aquecimento de água distrital serão necessários durante o verão.

Piscina – O sistema pode aquecer a água de uma piscina utilizando o calor do ar ambiente ou do calor excedente nos escritórios, casas de banho ou sala de máquinas (resfriamento aliviador).

Casa de banhos em acampamentos – A água das casas de banho pode ser aquecida com o sistema utilizando-se o calor do ar ambiente ou do calor excedente e da umidade das casas de banho ou da sala de máquinas (resfriamento aliviador). O resfriamento aliviador na casa de banhos pode ajudar a prolongar a vida útil do equipamento e das peças que estão sujeitas à umidade elevada usualmente encontrada dentro da casa de banhos.

Confinamento de Animais – (Animais e sujeira, que incluem, mas não se limitam a: porcos, gado leiteiro, gado vacum, galinhas, perus, etc.). O sistema tem a capacidade de aquecer espaços de estar ut tem a capacidade de aquecer espaços de estar utilizando o calor residual que escapa por meio do sistema de ventilação ou do resfriamento aliviador em áreas críticas, tais como o compartimento de reprodução ou haras. O aquecimento pode ser sob a forma de aquecimento do ar no cômodo ou aquecimento localizado, seja para porcos recém-nascidos em um caixote, seja para animais de pequeno porte durante os primeiros dias ou semanas após o desmame ou incubação. Alguns animais podem também beneficiar-se da capacidade de aquecer água potável utilizando-se o calor residual de um escapamento ou o calor captado dos processos de resfriamento aliviador. Alguns estágios da administração dos animais serão beneficiados extensivamente (ganho de peso, sobrevivência, taxas de concepção, tensão/susceptibilidade reduzida a doenças...) pela obtenção de resfriamento aliviador durante os dias úmidos e quentes do verão. O calor excedente do resfriamento aliviador é geralmente utilizado para aquecer água de lavagem ou água de beber ou é expelido em um condensador resfriado a ar. Se os confinamentos de animais puderem ser apropriadamente co-localizados, o sistema tem a capacidade de utilizar o calor excedente gerado por animais de maior porte para aquecer espaços para animais menores. O aquecimento de espaços com a utilização do sistema de aquecimento hidrônico dos requerentes tem a capacidade de reduzir a umidade e as cargas de gases tóxicos no espaço em comparação com aquecedores a propano ou a gás de aquecimento direto. O sistema tem a capacidade de utilizar o calor excedente de confinamentos de animais (o calor e a umidade gerados pelos animais) para aquecer digestores anaeróbicos o ano inteiro. O sistema pode também proporcionar a capacidade de transformar a energia térmica residual para aquecer uma residência, loja/escritório ou para fornecer alguma entrada de calor para a secagem de grãos a baixa temperatura ou no depósito ou em um processo de secagem por meio de um sistema de aquecimento distrital apropriado. Em

algumas instalações especializadas em pesquisas sobre animais, o sistema tem a capacidade de aquecer a água para os processos de esterilização utilizando o calor excedente de exaustores de ventilação, calor residual na água de despejo e o calor excedente nas salas onde o equipamento de esterilização fica localizado (resfriamento aliviador para os empregados).

Leiteria – A fazenda de gado leiteiro oferece uma oportunidade única. O sistema proporciona resfriamento para o leite e pode ser utilizado para resfriar os escritórios e a sala de ordenha. Uma sala resfriada pode contribuir para o conforto das vacas e aumentar o volume de leite. O calor captado pode ser utilizado para aquecer a água da Limpeza no Local (CIP) e a água potável. A água potável tépida pode também ajudar a aumentar a quantidade de água que as vacas bebem, o que pode contribuir para o aumento da produção de leite. Uma vez que o esterco das leiterias é bem adequado para digestores, o calor excedente das diversas atividades de resfriamento com valor agregado pode ser também utilizado para sustentar um digestor no local.

Processos Em Linha (Gerais) – O processo em linha envolve a integração do sistema em um processo para utilizar os efeitos simultâneos do resfriamento e do aquecimento. A maioria dos processos em linha utilizará a co-geração em uma base contínua quando o processo estiver em andamento. A introdução do sistema deslocará uma parte, senão todo o uso de fontes de calor e fontes de resfriamento separadas. Qualquer processo de fabricação que necessite tanto de aquecimento quanto de resfriamento apresenta uma oportunidade de aplicar o sistema.

Incubadora – O sistema tem também a capacidade de coletar calor da água de resfriamento utilizada para resfriar as incubadoras e do escapamento de ventilação. O calor regenerado pode ser utilizado no aquecimento de espaços e no aquecimento de água de lavar e água de borrifar para umedecimento. A capacidade de reciclar a água de resfriamento levará a uma economia significativa de água e nos custos de descarte de água de despejo. A capacidade de integrar o sistema às incubadoras proporcionará tanto aquecimento quanto resfriamento dentro da caixa por meio de sistemas hidráulicos dotados de aletas.

Digestores anaeróbicos – Os digestores anaeróbicos exigem monitoramento rigoroso da temperatura para assegurar atividade bacteriana. O esterco deve ser aquecido à medida que entra no digestor, e a temperatura deve ser mantida por todo o processo de conversão anaeróbica. O sistema dos requerentes apresenta a capacidade de coletar calor do esterco que sai do digestor e utilizá-lo para pré-aquecer o esterco que entra no digestor. Além disto, os sistemas de tratamento a gás e os sistemas de conversão de energia, freqüentemente associados a digestores, produzem excesso de calor que pode ser captado e utilizado para pré-aquecer o esterco e manter a temperatura do esterco no digestor. O

calor residual de confinamentos de animais próximos pode ser também captado e utilizado assim como o calor do ar ambiente.

Produção de Biodiesel – A produção de biodiesel exige que o óleo bruto seja aquecido e que as diversas correntes de processo sejam aquecidas e resfriadas ao longo do percurso. A maioria dos processos utiliza uma caldeira para aquecer o óleo e uma torre de resfriamento para ajudar a resfriar a corrente de processo. Muitos processos utilizam também um esfriador em algum ponto do processo. O esfriador pode ser substituído pela haste dos requerentes para proporcionar tanto o esfriamento quanto o aquecimento do processo. Além disto, o calor que permanece no biodiesel após a conversão pode ser extraído para uso no processo. O calor na água de resfriamento que vai para a torre de resfriamento pode ser também utilizado para aquecer a água de composição ou do condensado para a caldeira ou para aquecer uma corrente de processo. O excesso de calor na caldeira/sala de máquinas (inclui o calor residual gerado pelos compressores) e o calor residual do escapamento da caldeira pode ser também captado e introduzido no processo. Antes do processo de biodiesel, o óleo é usualmente gerado em um processo de extrusão. A extrusão gera uma grande quantidade de calor, que pode ser também captado e reintroduzido no processo em um local apropriado.

Produção de etanol – A produção de etanol tem algumas semelhanças com o processamento de biodiesel. O processo envolve uma caldeira e uma torre de resfriamento e pode envolver um esfriador. As correntes de processo são aquecidas e resfriadas para os diversos estágios do processo. Alguns processos de produção de etanol utilizam uma grande quantidade de água doce para umedecer e resfriar a mistura e a água de composição para a caldeira. Toda esta água deve ser aquecida. A presente invenção pode aquecer a água utilizada para o processo de cozimento e pré-aquecer o condensado e a água de composição para a caldeira. O calor pode ser coletado das linhas de água de resfriamento ou antes ou depois dos processos de resfriamento. Em uma aplicação de remontagem, o sistema pode ajudar a compensar uma torre de resfriamento subdimensionada. O calor excedente da caldeira/sala de máquinas e do escapamento da caldeira está também disponível para aquecimento. É também possível projetar um sistema de condensação para resfriar o escapamento dos secadores de grãos do destilador. Além de reciclar o calor, a água condensada pode ser também tratada e reutilizada no processo. Aplicações sazonais, tais como aquecimento de espaços e resfriamento aliviador, podem ser também incorporadas à instalação, mas o reembolso sobre uma aplicação sazonal é mais longo que o reembolso da sustentação do processo.

Processamento de vegetais enlatados ou congelados e de alimentos preparados – O processamento de alimentos enlatados usualmente requer cozimento e temperaturas elevadas para recipientes vedados a vácuo. O calor excedente e residual do processo pode

ser reciclado em um processo aquecido e água de despejo utilizando-se o sistema. O processo de alimentos congelados usualmente requer esfriamento e pode envolver cozimento ou branqueamento. O calor excedente ou residual destes processos pode ser utilizado para aquecer água de processo ou lavagem. Com o sistema dos requerentes, o processo de esfriamento pode efetuar tanto esfriamento quanto aquecimento da água. O calor excedente pode ser também utilizado para aquecer outras partes da instalação ou em um sistema de aquecimento distrital.

Processos de pintura – Os processos de revestimento em pó e com tinta cozida utilizam fornos para curar a tinta e produzem uma grande quantidade de calor excedente e residual. O sistema pode utilizar esta energia térmica excedente para aquecer água de lavar, aquecer outras partes da fábrica ou aquecer água para um sistema de aquecimento distrital.

Processo de extrusão e moldagem – Os processos de extrusão geram uma grande quantidade de calor excedente, que pode ser utilizado para aquecer outras partes da instalação ou para aquecer água de processo ou de lavagem. Alguns processos de moldagem, como, por exemplo, a formação de palhetas de espuma, utilizam uma grande quantidade de água/vapor aquecido e geram uma grande carga de calor sensível e latente. Este sistema pode resfriar a instalação e água de resfriamento, gerando ao mesmo tempo a água pré-aquecida que vai para dentro da caldeira.

Caldeiras e Salas de Máquinas – As caldeiras e salas de máquinas oferecem a oportunidade de coletar calor excedente ou residual e aquecer a água. Os compressores de ar e refrigeração geram quantidades apreciáveis de calor, e as caldeiras têm perdas de radiação e convecção ambientes assim como escapamento. Outros tipos de equipamento também geram calor. O sistema dos requerentes beneficiará os compressores por resfriar o ar e o ambiente em volta do compressor. O ar mais frio aumentará a densidade do ar e aperfeiçoará a capacidade do compressor, e condições operacionais mais frias reduzirão o desgaste do equipamento e dos óleos lubrificantes resultantes do calor excedente. Para as caldeiras, o calor excedente ou residual pode ser regenerado pelo sistema para pré-aquecer a água de composição ou de retorno do condensado ou para pré-aquecer o ar de combustão. A escala de tais sistemas pode variar na faixa de alguns milhares de kcal/h (Btu/h) a usinas elétricas de escala utilitária de grande porte. A extração de calor de um escapamento de caldeira exigirá configurações de evaporador especiais e o uso de materiais, como, por exemplo, o aço inoxidável, que serão adequados para o escapamento da caldeira potencialmente corrosivo.

Estufa – Uma estufa proporciona uma fonte significativa de calor durante o dia. Mesmo nos dias de inverno frios ensolarados, a temperatura na estufa pode se elevar e produzir temperaturas mais quentes que o desejado. Durante os meses de verão, as

temperaturas em uma estufa tornam-se opressiva. Esta fonte de calor pode ser utilizada em várias estruturas. Em uma estufa funcional real, o calor excedente gerado durante o dia pode ser captado pelo sistema e armazenado na água aquecida e então distribuído para dentro da instalação à noite. Durante o verão, quando o calor excessivo proíbe o cultivo de plantas, o calor excedente pode ser utilizado para aquecer a água em processos próximos. A estufa pode ser também utilizada em prédios de escritórios comerciais, apartamentos, hotéis, instalações de concreto, hospitais ou qualquer prédio que exija calor que não tenha uma fonte de calor residual. A estufa pode ser utilizada para coletar escapamento de ventilação e ganho térmico solar (não utilizado necessariamente no crescimento de plantas).

O calor captado da estufa pelo sistema pode ser utilizado para aquecer água para banhos de chuveiro, lavanderias, piscinas, mistura de concreto em dias frios, etc. Pelo resfriamento do espaço, a quantidade de energia térmica que pode ser captada aumentará. A umidade em um escapamento de edifício que é captada na estufa pode ser coletada e reutilizada para usos não potáveis ou tratada para uso portátil.

Edifícios, Apartamentos e Hotéis de Grande Elevação – O sistema pode ser ligado em sistemas de aquecimento e resfriamento e de aquecimento de água de grande porte para edifícios de grande elevação. O uso de um circuito hidráulico e unidades de bomba/ventilador localizadas para aquecimento de água pode ser conseguido em diferentes partes do edifício simultaneamente pela coleta do ganho térmico solar excedente do lado ensolarado do edifício e pela transferência dele para o lado sombreado do edifício. O sistema dos requerentes é utilizado para esfriar o circuito durante o verão, e o calor excedente é utilizado para aquecer água potável para duchas/banhos, lavanderias, piscinas, etc., e pode ser também utilizado para recuperar o calor do escapamento de ventilação contínuo e água de despejo para compor o calor no circuito de aquecimento hidráulico e para aquecer outros espaços, tais como garagens de estacionamento, ar de composição, durante o período de aquecimento.

Secagem de Grãos e Feno – O calor do ar úmido quente escapado do processo de secagem pode ser regenerado pelo sistema para pré-aquecer o ar seco entrante e aumentar a eficácia do processo de secagem.

Sistemas de conversão de hidrocarboneto em óleo – Recentemente, vários sistemas estão sendo desenvolvidos para converter materiais de hidrocarboneto úmidos em óleo cru através de um processo que envolve pressão e temperatura elevadas. (despolimerização hidrotérmica). O sistema pode ser integrado ao processo para pré-aquecer a pasta semi-fluida de hidrocarboneto-água com base no calor coletado do óleo descarregado e nas perdas térmicas do processo.



PI0712184-9

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de energia térmica bio-renovável, **CARACTERIZADO** por compreender: um sistema de refrigeração que tem um primeiro evaporador, um compressor e um primeiro condensador que são acionáveis nos modos de rejeição, regeneração e co-geração.

5 2. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** por compreender um segundo evaporador acionado independentemente do primeiro evaporador.

 3. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** por compreender um segundo condensador acionado independentemente do primeiro condensador.

 4. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de refrigeração é acionável tanto para aquecer quanto para resfriar.

 5. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** por compreender também um circuito de aquecimento hidrônico.

 6. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de refrigeração proporciona líquido ou gás aquecido e esfriado.

 7. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de refrigeração utiliza energia térmica ambiental de uma fonte para aquecer outro corpo de fluido ou ar.

 8. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma instalação de processamento de carne.

 9. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é um lavador de carros.

 10. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é um restaurante.

 11. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma instalação de etanol.

 12. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma máquina de lavar.

 13. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma máquina de lavar a seco.

 14. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma piscina.

 15. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma casa de banhos.

16. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma casa para confinamento de animais.

17. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma leiteria.

5 18. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é um processo em linha.

19. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma incubadora.

10 20. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é um digestor anaeróbico.

21. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma instalação de produção de biodiesel.

15 22. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma instalação de processamento de alimentos.

23. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma instalação de revestimento com tinta.

20 24. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma instalação de processamento por extrusão.

25. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é um processo de moldagem.

26. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma caldeira.

25 27. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma estufa.

28. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é um abrigo para seres humanos.

30 28. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é uma instalação de secagem de grãos.

30. Sistema de energia térmica, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é um processador de hidrocarboneto em óleo.

35 31. Processo de utilização de energia térmica aperfeiçoado que tem um sistema de refrigeração com um lado quente e um lado frio, **CARACTERIZADO** por: separar o calor do lado quente para uso em várias aplicações de aquecimento.

32. Processo, de acordo com a reivindicação 31, **CARACTERIZADO** por separar o lado frio para uso em várias aplicações de resfriamento.

33. Processo, de acordo com a reivindicação 31, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processo utiliza um refrigerante que tem uma temperatura de condensação e pelo fato de que uma das aplicações de aquecimento é a de aquecer um líquido até uma temperatura mais elevada que a temperatura de condensação do refrigerante.

5 34. Processo, de acordo com a reivindicação 31, **CARACTERIZADO** pelo fato de que uma das aplicações de aquecimento é a de fazer ferver um líquido.

35. Processo, de acordo com a reivindicação 31, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o calor separado é direcionado através de vários trocadores de calor.

10 36. Processo aperfeiçoado, de acordo com a reivindicação 31, **CARACTERIZADO** por compreender também utilizar energia térmica ambiental de uma fonte para aquecer outro corpo de fluido ou ar.

37. Processo, de acordo com a reivindicação 36, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fonte é selecionada de um grupo que consiste em uma instalação de processamento de carne, um lavador de carros, um restaurante, uma instalação de etanol, uma máquina de lavar, uma máquina de lavar a seco, uma piscina, uma casa de banhos, uma casa para confinamento de animais, uma leiteria, um processo em linha, uma incubadora, um digestor anaeróbico, uma instalação de produção de biodiesel, uma instalação de processamento de alimentos, uma instalação de revestimento com tinta, uma instalação de processamento por extrusão, um processo de moldagem, uma caldeira, uma estufa, um abrigo para seres humanos, uma instalação de secagem de grãos e um processador de hidrocarboneto em óleo.

20 38. Processo de utilização de energia térmica aperfeiçoado que utiliza um sistema de refrigeração que tem um tanque para água, uma bomba, um trocador de calor e um compressor, o processo sendo **CARACTERIZADO** por: controlar a pressão de entrada cabeça do compressor utilizando um fluido em um primeiro circuito de circulação de modo a proteger o compressor e manter uma eficácia de compressor aceitável.

25 39. Processo, de acordo com a reivindicação 38, **CARACTERIZADO** por compreende também controlar o sub-resfriamento do refrigerante utilizando fluido em um segundo circuito de circulação de modo a aumentar a eficácia do compressor e aumentar a capacidade de resfriamento e aquecimento.

30 40. Processo, de acordo com a reivindicação 38, **CARACTERIZADO** por compreender também um percurso térmico que é utilizado para aquecer um líquido antes que qualquer quantidade de calor seja rejeitada do processo.

41. Processo, de acordo com a reivindicação 38, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processo inclui um segmento de dessuperaquecimento que é utilizado para aquecer 35 um fluido até uma temperatura acima da temperatura de condensação do refrigerante.

42. Processo, de acordo com a reivindicação 41, **CARACTERIZADO** por também utilizar um terceiro circuito de circulação para controlar o dessuperaquecimento.

43. Processo de utilização de energia térmica aperfeiçoado que utiliza um sistema de refrigeração que tem um tanque para água, uma bomba, um trocador de calor e um compressor, o processo sendo **CARACTERIZADO** por compreender: controlar o sub-resfriamento do refrigerante utilizando um fluido em um primeiro circuito de circulação de modo a aumentar a eficácia do compressor e aumentar a capacidade de resfriamento e aquecimento.

44. Processo, de acordo com a reivindicação 43, **CARACTERIZADO** por compreender controlar a pressão de entrada do compressor utilizando fluido em um segundo circuito de circulação de modo a proteger o compressor e manter uma eficácia de compressor aceitável.

45. Processo, de acordo com a reivindicação 43, **CARACTERIZADO** por compreender um percurso térmico que é utilizado para aquecer um líquido antes que qualquer quantidade de calor seja rejeitada do processo.

46. Processo, de acordo com a reivindicação 43, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processo inclui um segmento de dessuperaquecimento que é utilizado para aquecer um fluido até uma temperatura acima da temperatura de condensação do refrigerante.

47. Processo, de acordo com a reivindicação 46, **CARACTERIZADO** por compreender também utilizar um terceiro circuito de circulação para controlar o dessuperaquecimento.

48. Método para equilibrar um sistema de recuperação de energia térmica, **CARACTERIZADO** por compreender: determinar o nível desejado de alteração na energia térmica em um local específico; escolher um refrigerante a ser utilizado em um sistema de refrigeração; determinar quantos evaporadores utilizar no sistema; determinar quantos condensadores utilizar no sistema; selecionar um compressor para o sistema de refrigeração; calcular as perdas de energia dos evaporadores, condensadores e do compressor; e utilizar ao máximo os recursos tanto de aquecimento quanto de resfriamento durante o funcionamento do sistema de refrigeração.

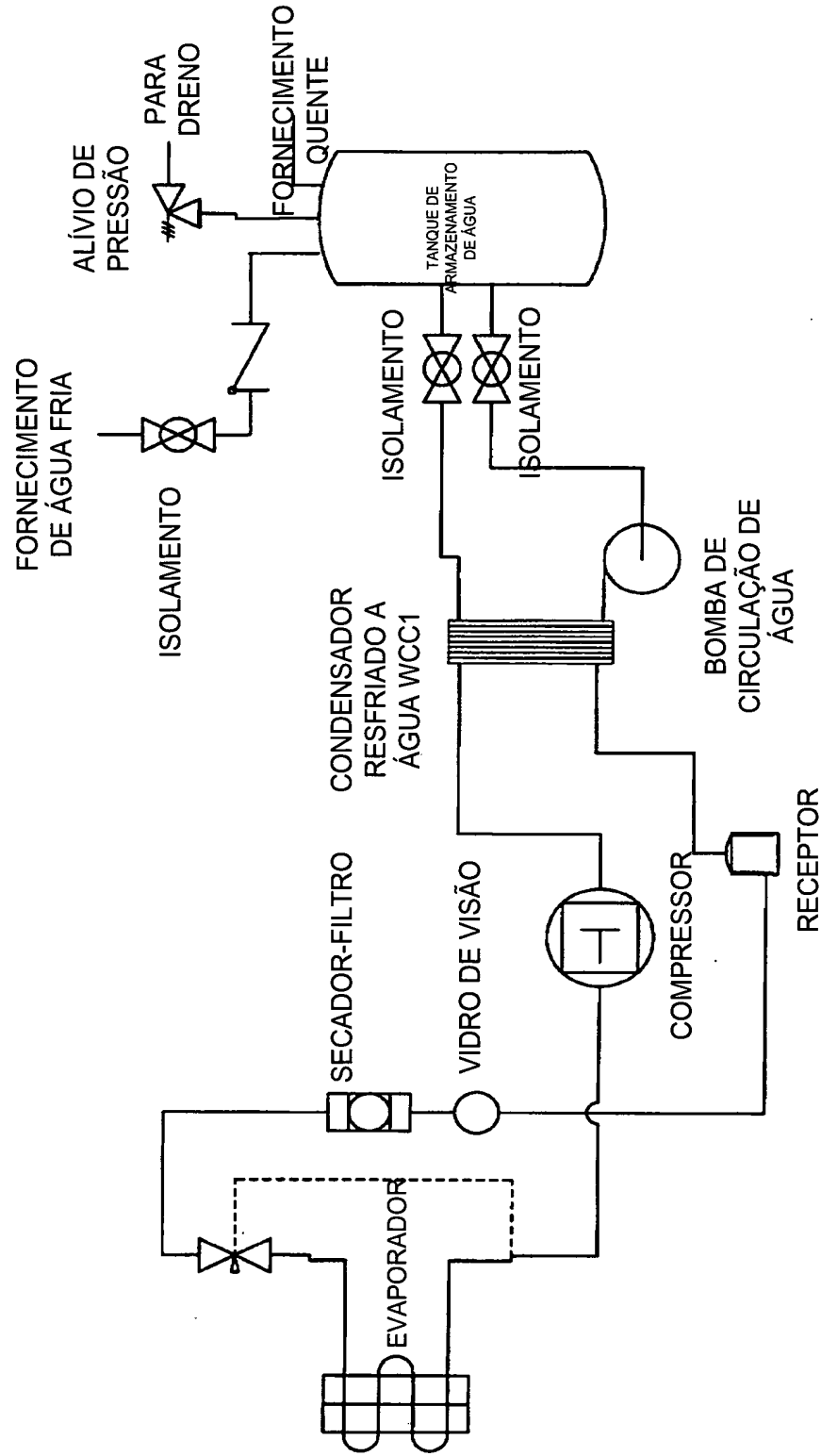


Fig. 1 , (Técnica Anterior)

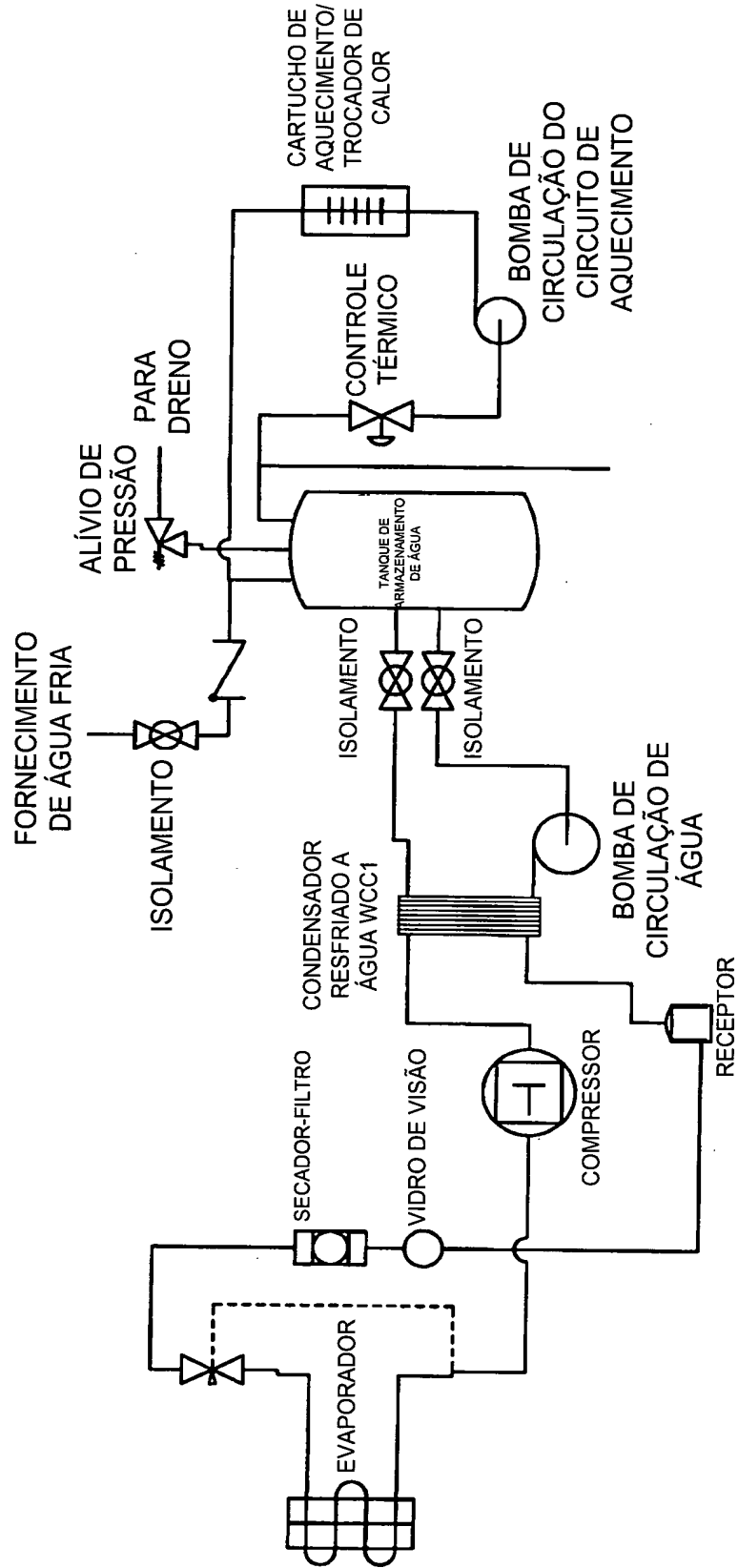


Fig.2 (Técnica Anterior)

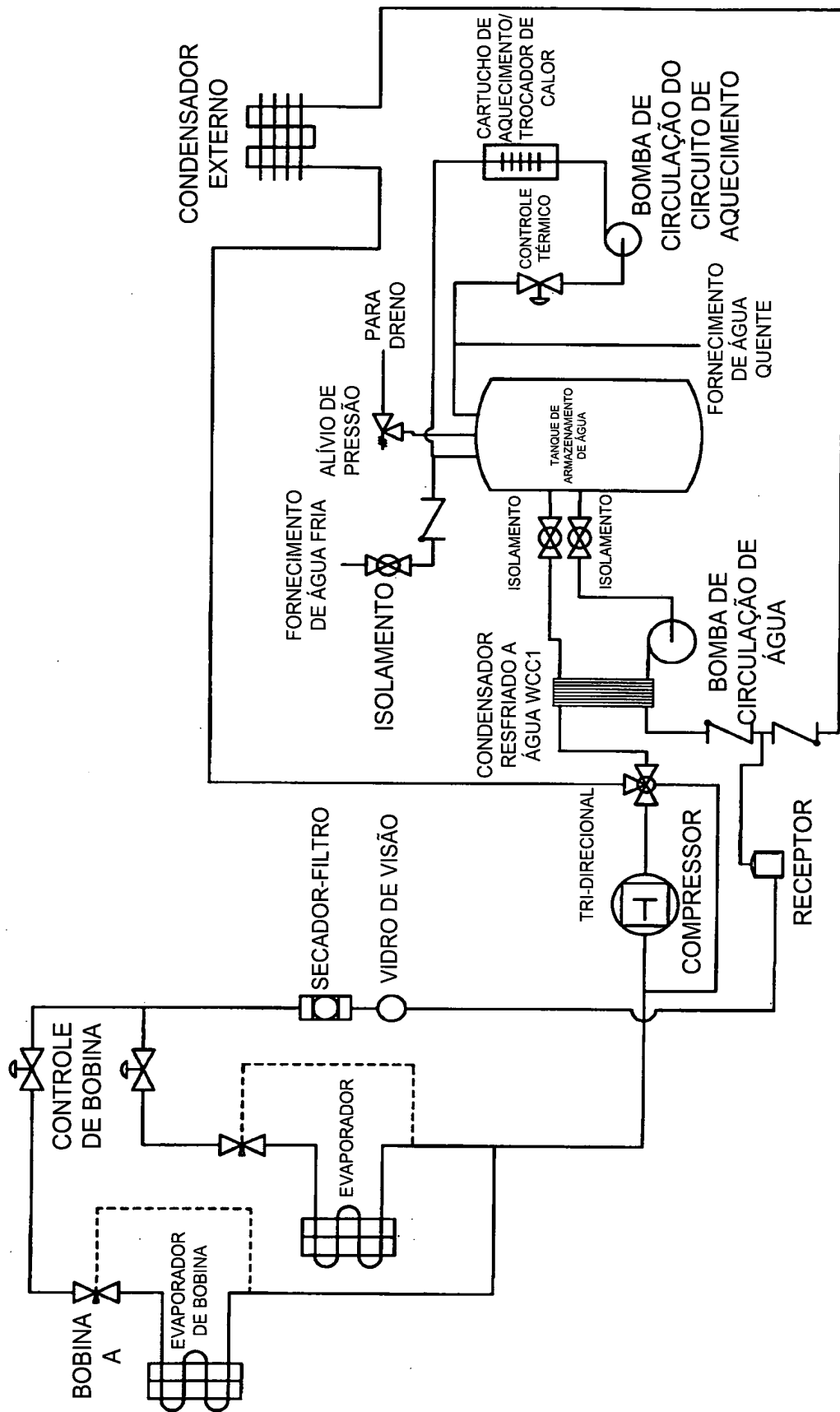


Fig. 3

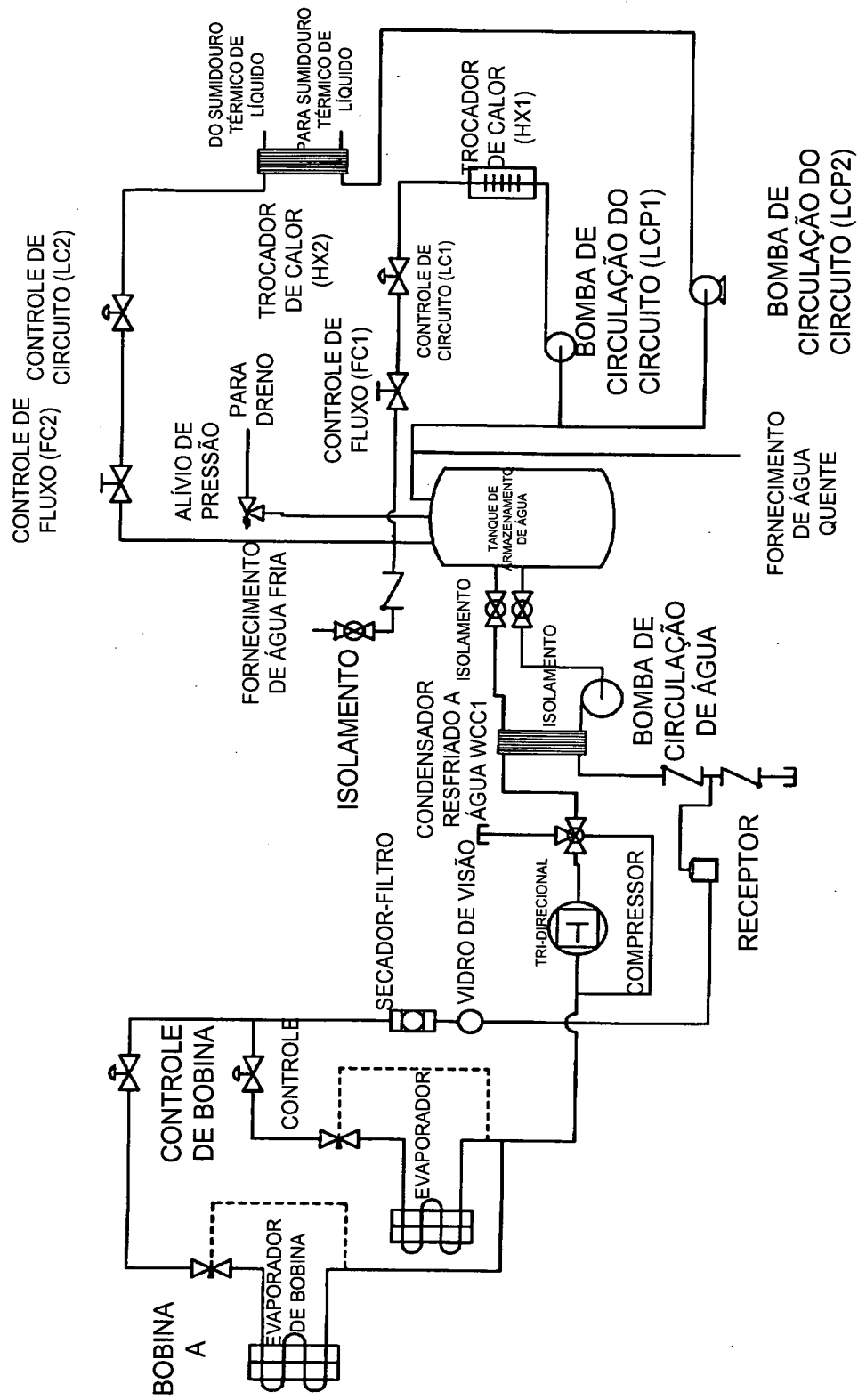
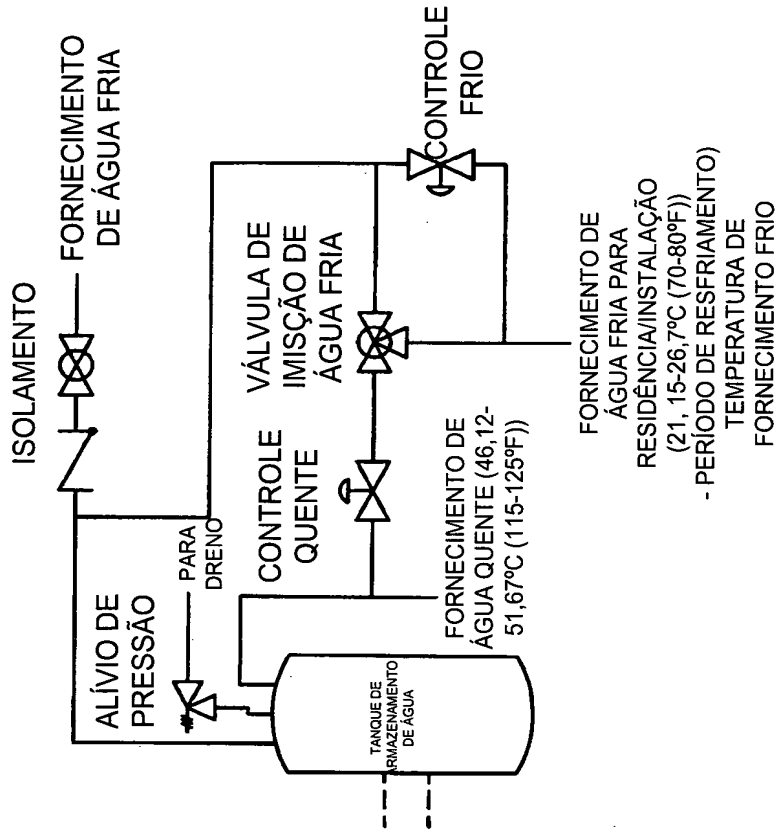


Fig. 4



FORNECIMENTO DE
ÁGUA AQUECIDA COM
VÁLVULA DE IMISÇÃO

Fig. 5A

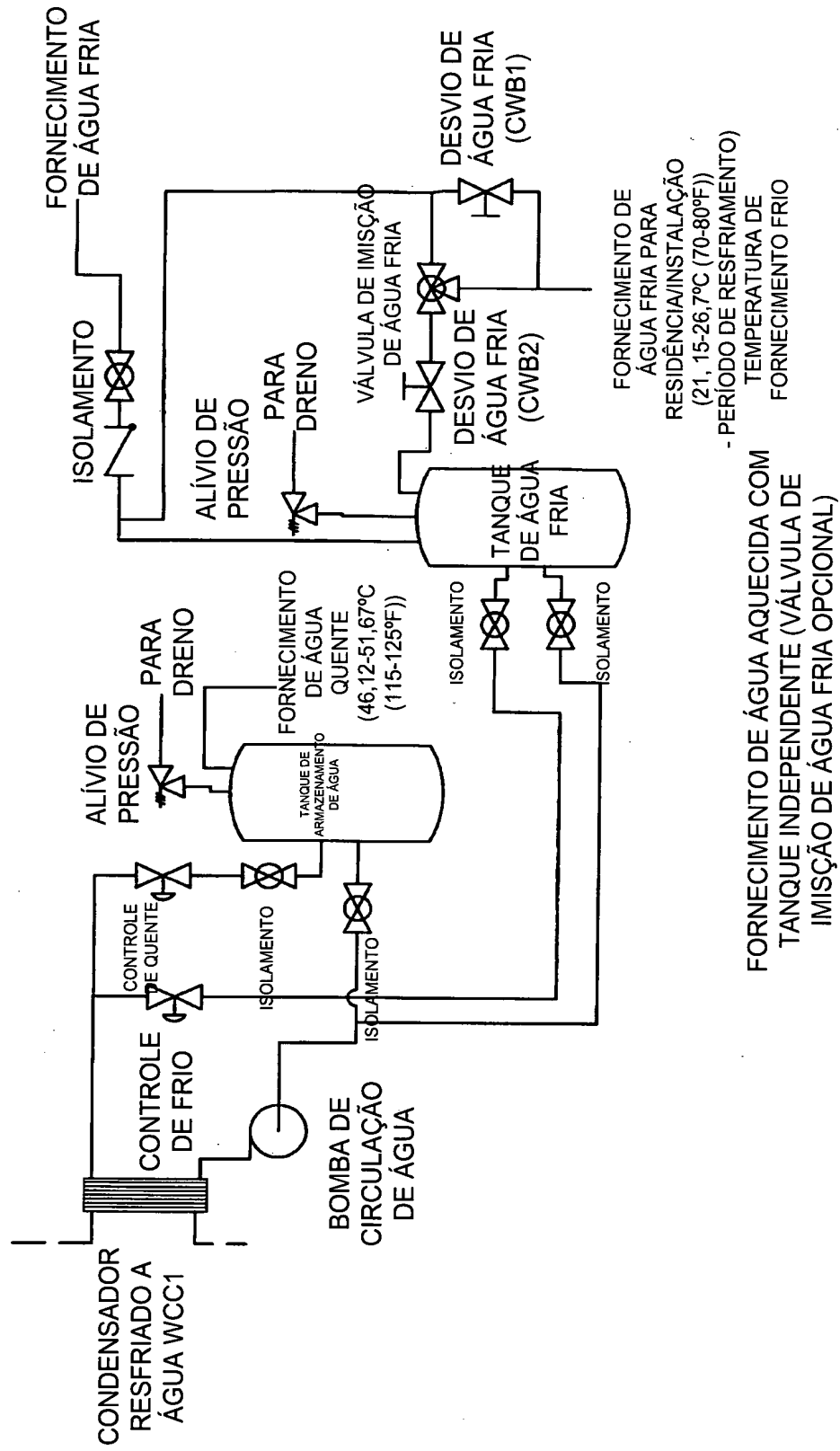


Fig. 5B

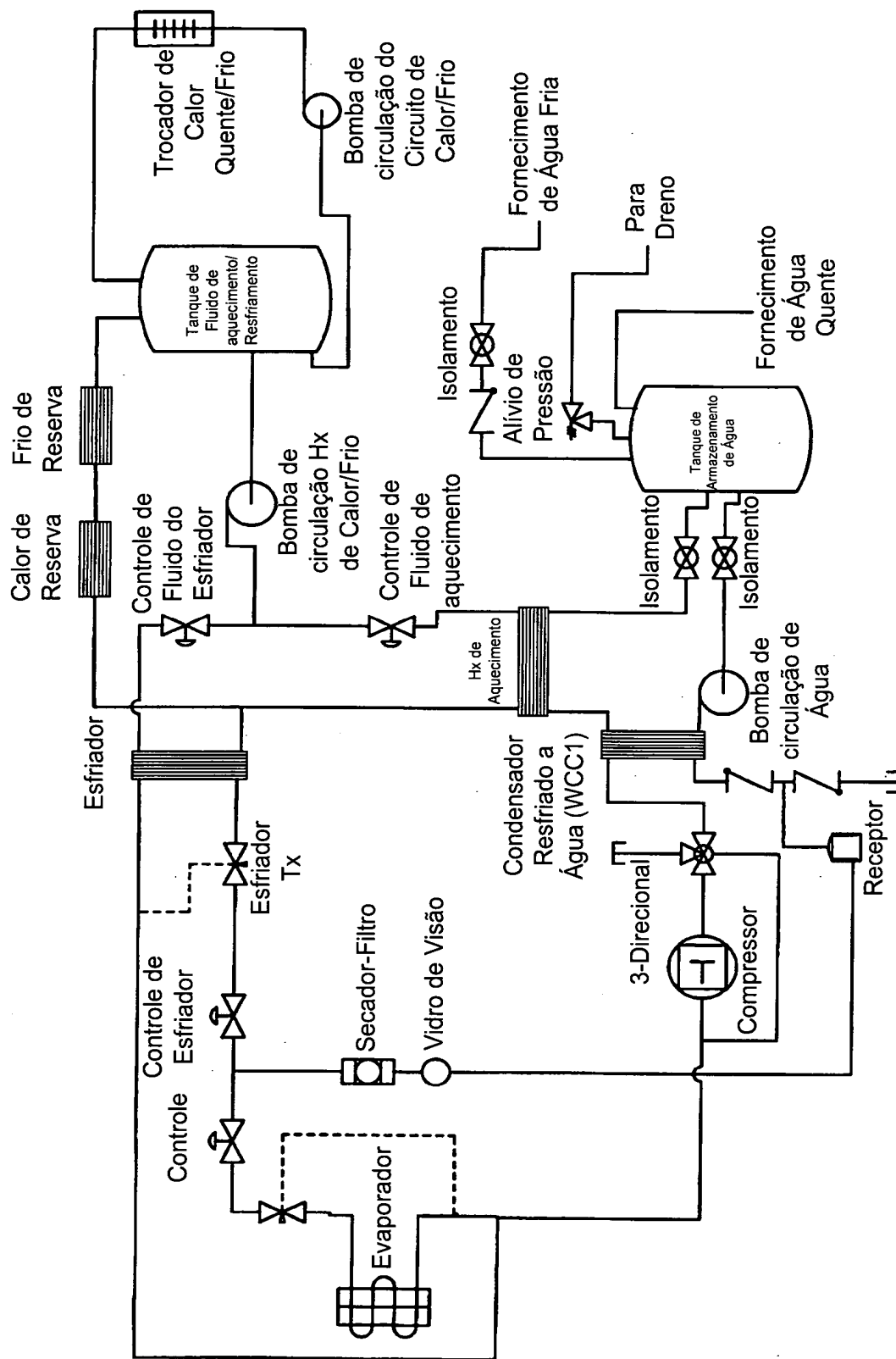


Fig. 6

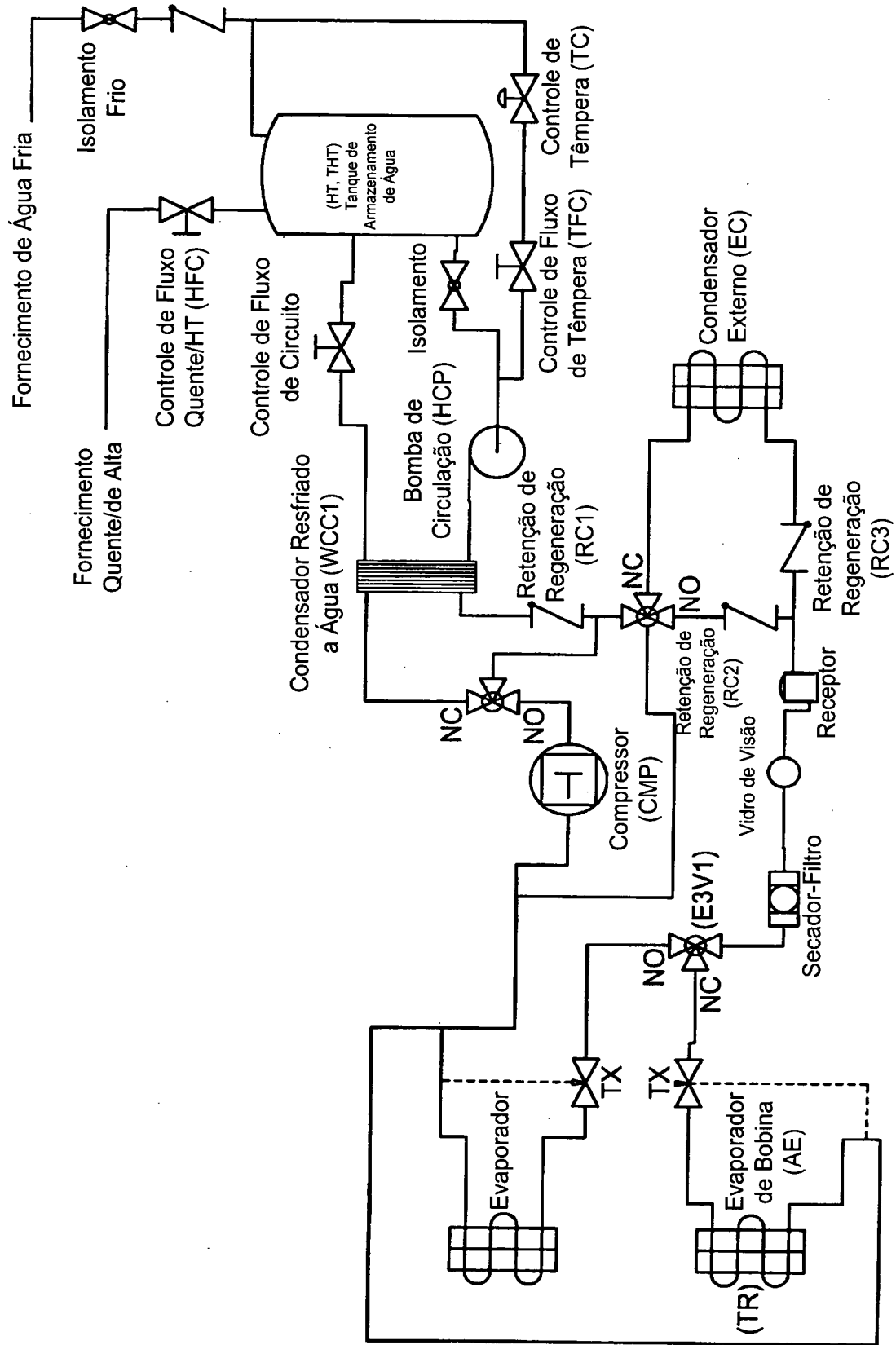


Fig. 7A

(4) AC & EC Apenas	●	○	●	●	○	●	●
(3) Aquecer Água HT com Bobina A	●	●	●	●	●	●	●
(2) Aquecer Água Quente com Bobina A	●	●	○	●	●	○	●
(1) Aquecer Água Quente com Evap	●	●	○	○	●	○	○
Item de Equipamento	CMP	C3V1	C3V2	E3V1	HCP	EC	AE

Condições Operacionais

Temperatura do Tanque Quente (HT)
 Ponto de Fixação do Tanque Quente (HSP) [120-127]
 Temperatura Elevada no Tanque [THT]
 Ponto de Temperatura no Tanque (HTSP) [130-200]
 Temperatura Ambiente (TR)
 Ponto de fixação da Temperatura Ambiente (TRSP)

(

- 1) $TH < HSP, THT < HTSP, TR \leq TRSP$
- (2) $TH < HSP, THT < HTSP, TR > TRSP$
- (3) $TH > HSP, THT \geq HTSP, TR > TRSP$
- (4) $TH > HSP, THT \geq HTSP, TR > TRSP$

TH

$\geq HSP \ \&\& \ TR \leq TRSP$ Paralisa todo o sistema

Fig. 7B

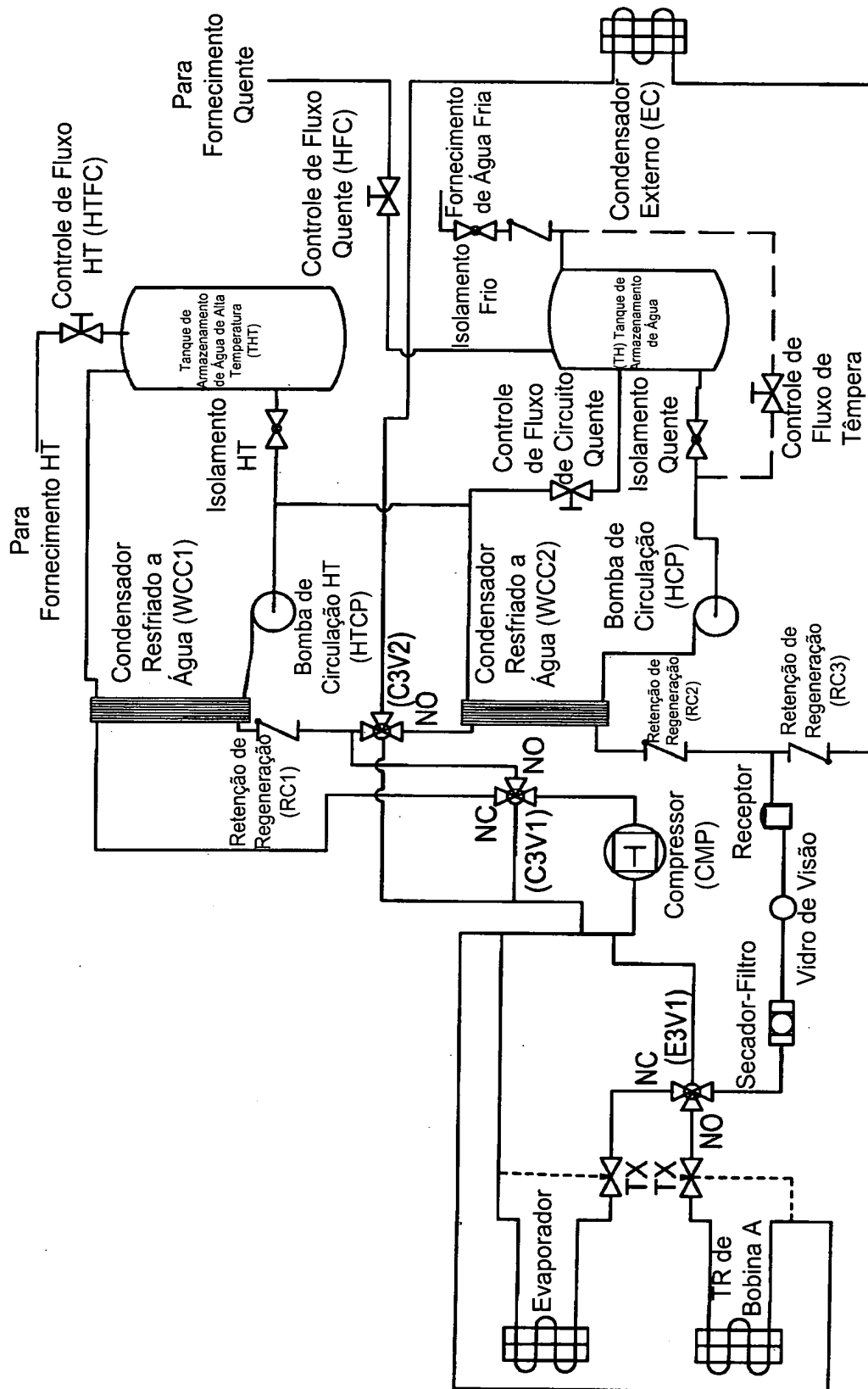


Fig. 8A

(6) A/C & EC Apenas	●	○	●	○	○	○	○	●
(5) Calor HT com A/C & EC	●	●	●	○	○	○	●	●
(4) Calor Quente com A/C	●	○	○	○	○	●	○	○
(3) Calor Quente com Evap	●	○	○	●	●	○	○	○
(2) Calor Quente & HT com A/C	●	●	○	○	●	●	○	○
(1) Calor Quente & HT com Evap	●	●	○	●	●	●	○	○
Item de Equipamento	CMP	C3V1	C3V2	E3V1	HCP	HTCP	EC	

Condições Operacionais

Temperatura do Tanque Quente (HT)

Ponto de fixação do Tanque Quente (HSP) [120-127]

Temperatura do Tanque de Alta Temperatura (THT)

Ponto de Fixação do Tanque de Alta Temperatura (HTSP) [130-200]

Temperatura ambiente (TR)

Ponto de Fixação da Temperatura Ambiente (TRSP)

- (1) $TH < HSP$, $THT < HTSP$, $TR \leq TRSP$
- (2) $TH < HSP$, $THT < HTSP$, $TR > TRSP$
- (3) $TH < HSP$, $THT \geq HTSP$, $TR \leq TRSP$
- (4) $TH < HSP$, $THT \geq HTSP$, $TR > TRSP$
- (5) $TH \geq HSP$, $THT < HTSP$, $TR > TRSP$
- (6) $TH \geq HSP$, $THT \geq HTSP$, $TR > TRSP$

THT

$\geq HTSP$ Só interrompe HTCP

$TH \geq HSP$ Interrompe HCP

CMP É interrompido quando $TH \geq HSP$, $THT \geq HTSP$ & $TR \leq TRSP$

Fig. 8B

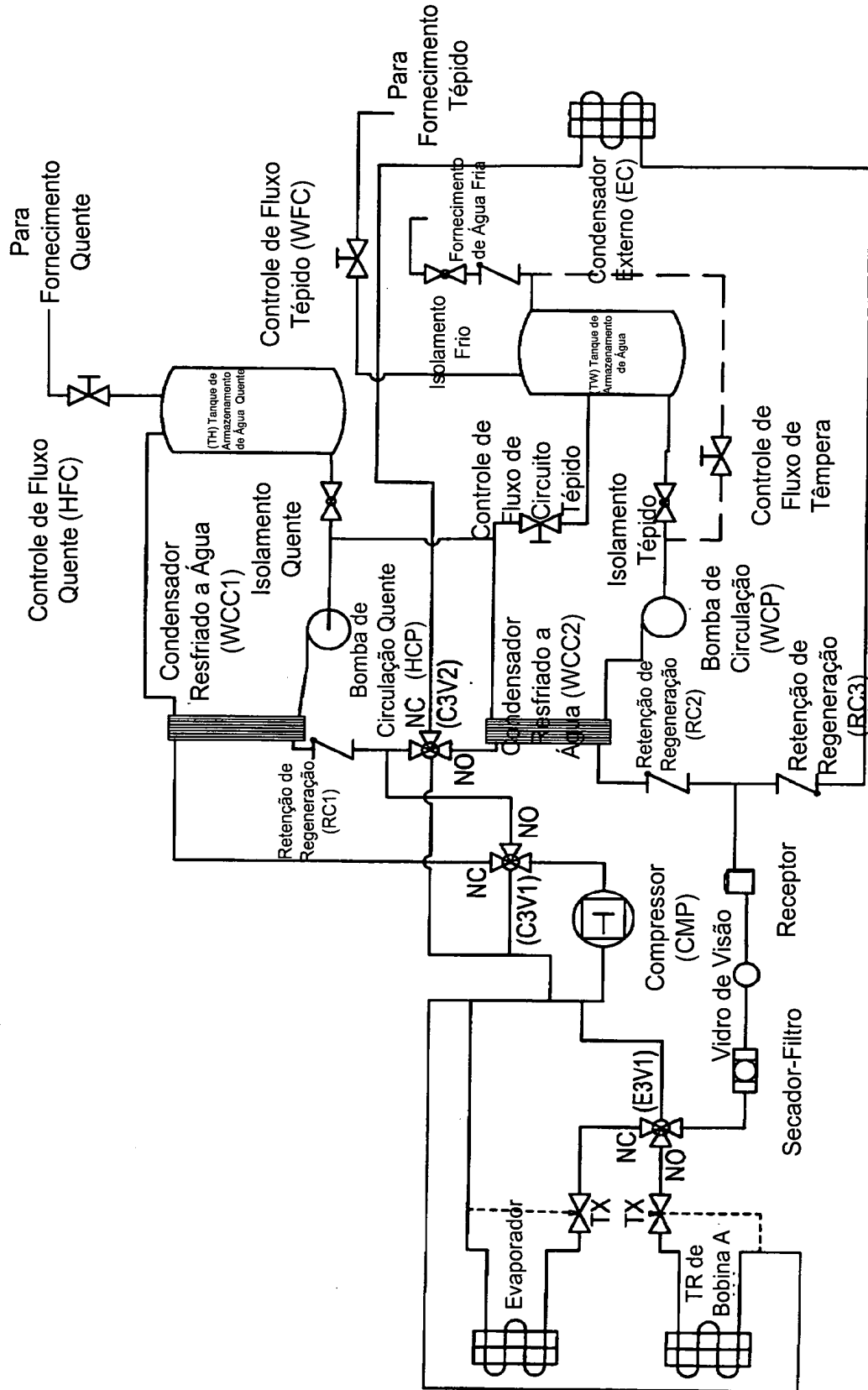


Fig. 9A

(6) A/C & EC Apenas	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☒
(5) Calor Quente com A/C & EC	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒
(4) Calor Tépedo com A/C	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
(3) Calor Tépedo	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐
(2) Calor Tépedo & Quente com A/C	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐
(1) Calor Tépedo e Quente com Evap	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☐
Item de Equipamento	CMP	C3V1	C3V2	E3V1	WCP	HCP	EC	

Condições Operacionais

Temperatura do Tanque Tépedo (TW)
Ponto de fixação do Tanque Tépedo (WSP) [120-127]
Temperatura do Tanque Quente (TH)
Ponto de Fixação do Tanque Quente (HSP) [130-200]
Temperatura ambiente (TR)
Ponto de Fixação da Temperatura Ambiente (TRSP)

- (1) TW < WSP, TH < HSP, TR <= TRSP
- (2) TW < WSP, TH < HSP, TR > TRSP
- (3) TW < WSP, TH >= HSP, TR <= TRSP
- (4) TW < WSP, TH >= HSP, TR > TRSP
- (5) TW >= WSP, TH < HSP, TR > TRSP
- (6) TW >= WSP, TH >= HSP, TR > TRSP

TH

>=HSP Só interrompe HCP
TW>=WSP Interrompe WCP
CMP Para quando TW>=WSP, TH>=HSP, & TR<=TRSP

Fig. 9B

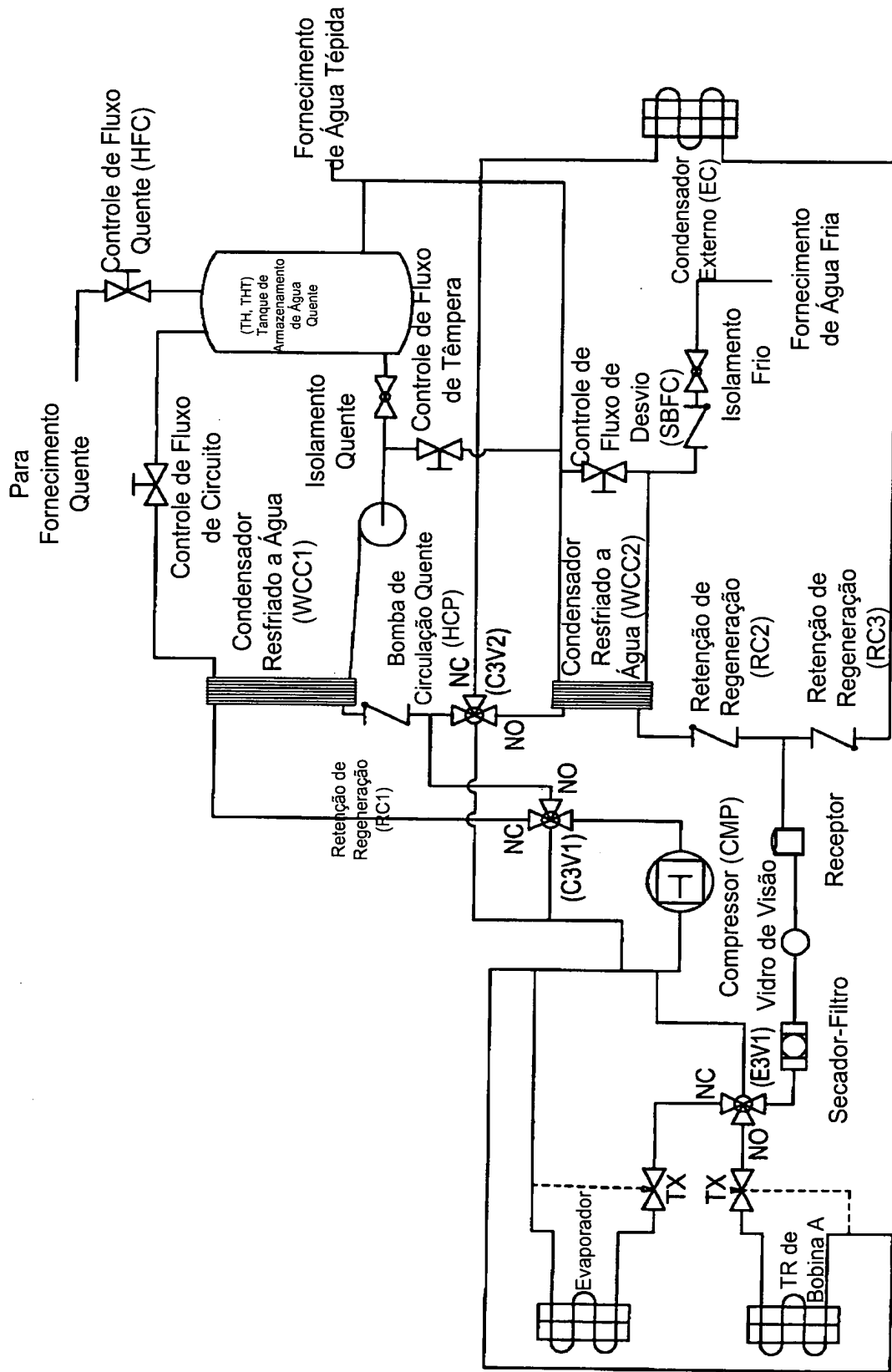


Fig. 10A

Item de Equipamento	CMP	●	●	●	●	●	●
(1) Calor Quente com Evap	C3V1	●	●	○	○	○	○
(2) Calor Quente com A/C	C3V2	○	○	○	○	○	○
(3) Calor HT com AC & EC	E3V1	●	●	●	○	○	○
(4) AC & EC Apenas	HCP	●	●	●	○	○	○
	EC	○	○	○	○	○	○

Condições Operacionais

Temperatura do Tanque Quente (HT)

Ponto de Fixação do Tanque Quente (HSP) [120-127]

Alta Temperatura do Tanque [THT]

Ponto de Fixação da Alta Temperatura do Tanque (HTSP) [130-200]

Temperatura Ambiente (TR)

Ponto de fixação da Temperatura Ambiente (TRSP)

(

1) TH < HSP, THT < HTSP, TR <= TRSP

(2) TH < HSP, THT < HTSP, TR > TRSP

(3) TH > HSP, THT < HTSP, TR > TRSP

(4) TH > HSP, THT >= HTSP, TR > TRSP

TH

>= HSP && TR <= TRST Paralisa todo o sistema

Fig. 10B

(6) A/C & EC Apenas	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒
(5) Calor HT com A/C & EC	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒
(4) Calor Quente com A/C	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐
(3) Calor Quente com Evap	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐
(2) Calor Quente & HT com A/C	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐
(1) Calor Quente & HT com Evap	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☐
Item de Equipamento	CMP	C3V1	C3V2	E3V1	HCP	HTCP	EC

Condições Operacionais

Temperatura do Tanque Quente (HT)

Ponto de fixação do Tanque Quente (HSP) [120-127]

Temperatura do Tanque de Alta Temperatura (THT)

Ponto de Fixação do Tanque de Alta Temperatura (HTSP) [130-200]

Temperatura ambiente (TR)

Ponto de Fixação da Temperatura Ambiente (TRSP)

(

- 1) TH < HSP, THT < HTSP, TR <= TRSP
- (2) TH < HSP, THT < HTSP, TR > TRSP
- (3) TH < HSP, THT >= HTSP, TR <= TRSP
- (4) TH < HSP, THT >= HTSP, TR > TRSP
- (5) TH >= HSP, THT < HTSP, TR > TRSP
- (6) TH >= HSP, THT >= HTSP, TR > TRSP

THT

>=HTSP Só interrompe HTCP

TH>=HSP Interrompe HCP

CMP Para quando TH>=HSP, THT>=HTSP & TR<=TRSP

Fig. 11B

RESUMO**"SISTEMA E MÉTODO DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO DE ENERGIA TÉRMICA RENOVÁVEL"**

- 5 A presente invenção refere-se a um sistema de aquecimento e resfriamento de energia térmica bio-renovável que é capaz de rejeição, regeneração e co-geração. O sistema de refrigeração da presente invenção utiliza um ou mais evaporadores e um ou mais condensadores para transformar a energia térmica na forma de calor residual em um ambiente para uso em outro ambiente. Os lados quente e frio do processo de refrigeração podem ser separados para várias aplicações para maior utilização da energia do sistema. As variáveis
- 10 ambientais são equilibradas para a otimização das propriedades do refrigerante e da capacidade do compressor do sistema.