



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

(11) PI 0607565-7 B1



(22) Data do Depósito: 28/02/2006

(45) Data de Concessão: 14/05/2019

(54) Título: SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE CALOR E CICLO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR QUE INCLUI UM FLUIDO DE TRABALHO ALTA E TERMICAMENTE ESTÁVEL, E USINA DE CALOR DE CICLO RANKINE ORGÂNICO

(51) Int.Cl.: F01K 25/08.

(30) Prioridade Unionista: 01/03/2005 US 11/067,710.

(73) Titular(es): ORMAT TECHNOLOGIES INC..

(72) Inventor(es): OHAD ZIMRON; LUCIEN Y. BRONICKI.

(86) Pedido PCT: PCT IL2006000269 de 28/02/2006

(87) Publicação PCT: WO 2006/092786 de 08/09/2006

(85) Data do Início da Fase Nacional: 30/08/2007

(57) Resumo: FLUIDOS DE TRABALHO ORGÂNICOS. A presente invenção refere-se a um fluido de trabalho orgânico aperfeiçoado, comercialmente disponível, o qual é operável sob uma ampla faixa de temperaturas, é termicamente estável, tem uma alta temperatura de auto-ignição, um baixo ponto de congelamento e uma alta temperatura crítica, e é benigno ao meio ambiente, e seguro para utilização humana. Um tal fluido de trabalho orgânico é útil em usinas ou unidades de energia de ciclo Rankine orgânico (ORC) e outros sistemas similares; como um fluido intermediário para a recuperação de calor em que o calor de várias fontes de calor é transferido utilizando o fluido intermediário para um fluido de trabalho adicional e convertido em trabalho, e o fluido intermediário é também explorado para produzir eletricidade. Tais fluidos de trabalho orgânicos são também operáveis como fluidos de transferência de calor ou em usinas ou unidades de energia de ORO ou em outros sistemas de transferência de calor. Para este propósito a presente invenção apresenta um fluido de trabalho que compreende pelo menos um hidrocarboneto iso-parafínico pesado, altamente ramificado, ou uma mistura de dois ou mais de tais hidrocarbonetos. De preferência pelo menos um hidrocarboneto iso-parafínico altamente ramificado (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE CALOR E CICLO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR QUE INCLUI UM FLUIDO DE TRABALHO ALTA E TERMICAMENTE ESTÁVEL, E USINA DE CALOR DE CICLO RANKINE ORGÂNICO**".

5 CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a fluidos orgânicos, e mais especificamente a fluidos orgânicos para utilização como o fluido de trabalho em aplicações de Ciclo Rankine Orgânico (ORC) de alta temperatura e como o fluido de transferência de calor em ciclos de transferência de calor para uma
10 faixa de baixas e altas temperaturas.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Os fluidos de trabalho orgânicos de alta temperatura têm sido introduzidos como os fluidos de trabalho em usinas de energia e como intermediários de trabalho e de transferência de calor de modo a superar as desvantagens
15 da utilização do meio de vapor de água utilizado para a transferência de calor ou para a recuperação de calor de descarga e geração de energia. Os conversores de calor - energia, com base no Ciclo Rankine Orgânico termodinâmico, ou os sistemas de transferência de calor - energia similares, são úteis na recuperação de calor e na geração de energia especificamente em localizações remotas, onde o calor é derivado de várias fontes, tais como os gases de descarga de turbi-
20 na a gás, a combustão de combustíveis convencionais, a combustão de combustíveis de biomassa, as fontes geotérmicas, os coletores de calor solares e o calor de descarga em usinas de energia e outros processos industriais, para o propósito de produzir energia elétrica na faixa de cem ou mais Watts (W) e até
25 poucas dezenas de Megawatts (MW). Os fluidos orgânicos sustentáveis em temperaturas tão altas quanto aproximadamente 350° C são vantajosos em relação à água - vapor, e podem ser utilizados com sucesso em ciclos de geração de energia mesmo em baixas temperaturas de condensação e altas razões de expansão de turbina onde a utilização de vapor pode ser limitada devido à formação de gotículas de líquido na saída da turbina devido à expansão do vapor o
30 que pode causar a erosão das lâminas da turbina. Devido à natureza dos fluidos orgânicos estes tornam-se superaquecidos (ou secos) no processo de expansão, uma característica a qual impede a formação de gotículas de

líquido como é o caso com o vapor. Os fluidos orgânicos e os seus derivados operáveis sob uma faixa de temperaturas relativamente baixas normalmente até aproximadamente 200° C são os CFCs, o Freon, o butano incluindo o n-butano e o iso-butano, e o pentano, também incluindo os isômeros de n-pentano e de iso-pentano. Para as aplicações onde temperaturas de operação mais altas são requeridas uma transição era requerida para os hidrocarbonetos aromáticos, os hidrocarbonetos aromáticos alquilados, os hidrocarbonetos fluoretados tais como o F75 e o F43 e os óleos baseados em silicone. Exemplos de hidrocarbonetos aromáticos alquilados são o Dowtherm J comercial, o qual é uma mistura de isômeros de hidrocarboneto aromático alquilado fabricado pela Dow Chemical Company e o Therminol LT, um hidrocarboneto aromático substituído de alquila, fabricado pela Solutia Inc.

A utilização dos fluidos de trabalho acima mencionados tem, no entanto, diversas desvantagens. Primeiro, os fluidos tais como o F75 ou o F43 são dispendiosos. Segundo, tais fluidos de trabalho requerem um tratamento periódico e reciclagem. Terceiro, estes limitam as temperaturas de operação resultando em uma eficiência mais baixa.

Existe, portanto, uma necessidade de um composto orgânico estável, comercialmente disponível, o qual pode ser operado nos seus estados de líquido e de vapor em uma ampla faixa de temperaturas, assim exibindo com sucesso um desempenho aperfeiçoado como um fluido de trabalho ou fluido térmico ou para os ciclos de geração de energia ou de eletricidade, ou os ciclos de transferência de calor.

É portanto um objetivo da presente invenção prover um fluido altamente termicamente estável útil como um fluido de trabalho para os ciclos de geração de energia ou eletricidade ou como um fluido de transferência de calor para os ciclos de transferência de calor, ou ambos.

É outro objetivo da presente invenção prover um fluido de trabalho que tenha uma alta temperatura crítica e pressões relativamente baixas em temperaturas elevadas.

É outro objetivo da presente invenção prover um fluido de traba-

lho que tenha uma alta temperatura de auto-ignição.

É outro objetivo da presente invenção prover um fluido de trabalho que tenha uma baixa temperatura de congelamento ou solidificação.

É ainda outro objetivo da presente invenção prover um fluido de trabalho que seja benigno para os seres humanos e o meio ambiente.

É ainda outro objetivo da presente invenção prover um fluido de trabalho que possa ser facilmente obtível por aqueles versados na técnica.

É ainda outro objetivo da presente invenção prover um fluido de trabalho que seja operável em uma ampla faixa de temperaturas.

É ainda outro objetivo da presente invenção prover um fluido de trabalho para utilização em um ciclo Rankine orgânico para a produção de eletricidade ou de energia em aplicações de recuperação de calor ou outros ciclos de conversão de calor - energia, e/ou como um fluido de transferência de calor em ciclos de transferência de calor.

É ainda outro objetivo da presente invenção prover uma utilização de tal fluido de trabalho para recuperação de calor e de calor de descarga de várias fontes de calor para a geração de eletricidade ou de energia e/ou outras utilizações do calor.

Estes e outros objetivos da presente invenção ficarão claros conforme a descrição prossegue.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção provê um fluido de trabalho orgânico aperfeiçoado, comercialmente disponível, o qual é operável sob uma ampla faixa de temperaturas, é termicamente estável, tem uma alta temperatura de auto-ignição, um baixo ponto de congelamento e uma alta temperatura crítica. Um tal fluido de trabalho orgânico é útil em usinas ou unidades de energia de ciclo Rankine orgânico (ORC) e outros sistemas similares; como um fluido intermediário para a recuperação de calor em que o calor de várias fontes de calor é transferido utilizando o fluido intermediário para um fluido de trabalho adicional e convertido em trabalho, e o fluido intermediário é também explorado para produzir eletricidade. Tais fluidos de trabalho orgânicos são tam-

bém operáveis como fluidos de transferência de calor ou em usinas ou unidades de energia de ORC ou em outros sistemas de transferência de calor.

Para este propósito a presente invenção apresenta um fluido de trabalho que compreende pelo menos um hidrocarboneto iso-parafínico pesado, altamente ramificado, ou uma mistura de dois ou mais de tais hidrocarbonetos. De preferência pelo menos um hidrocarboneto iso-parafínico altamente ramificado está presente como o componente principal (isto é pelo menos 50% por volume) no fluido de trabalho. A alta estabilidade térmica de tais hidrocarbonetos é provida devido à localização do radical metila (CH₃) disposto para conseguir compostos altamente estáveis. Tais hidrocarbonetos iso-parafínicos pesados altamente ramificados ou fluidos orgânicos têm altas temperaturas de ponto de ebulição assim como altas temperaturas de auto-ignição, e baixas temperaturas de ponto de congelamento. Estes exibem uma alta estabilidade térmica, e além disso são benignos ao meio ambiente, e seguros para a utilização humana. As suas altas temperaturas críticas permite uma operação em altas temperaturas no entanto abaixo da temperatura crítica, fazendo isto conseguindo uma alta eficiência de ciclo sem a complexidade associada com uma operação acima do ponto crítico e em alta pressão. Outra vantagem é a sua disponibilidade comercial, que permite, através de sua utilização, uma produção de eletricidade ou de energia econômica de várias fontes de calor, ou transferência de calor em usinas de energia ou em outros usos.

Uma subclasse preferida da classe das iso-parafinas ramificadas as quais são adequadas para serem incorporadas em fluidos de trabalho orgânicos da presente invenção inclui os hidrocarbonetos que contém de 8 a 20 átomos de carbono que tem pelo menos um radical metila (CH₃) disposto para conseguir um composto altamente estável. De preferência, as iso-parafinas ramificadas são altamente ramificadas; significando que estas tem 3-20 grupos de metila ligados a átomos de carbono terciário ou quaternário. Como aqui utilizado, "substancialmente ramificado" significa pelo menos 3 grupos de metila ramificados (isto é, grupos não terminais). Tais iso-parafinas, ou uma mistura de duas ou mais destas, são utilizadas de acordo

com a presente invenção como o componente principal em fluidos de trabalho em usinas de energia que operam de acordo com um Ciclo Rankine Orgânico (ORC), ou em qualquer outro sistema de recuperação de calor de alta temperatura, ou como fluidos térmicos em ciclos de transferência de calor.

5 Assim, um exemplo da utilização dos fluidos de trabalho da presente invenção pode ser a sua utilização, de acordo com a presente invenção, em um sistema de recuperação de calor que inclui um fluido de trabalho altamente termicamente estável, em que o aperfeiçoamento compreende um fluido de trabalho altamente termicamente estável adequado para operar na
10 faixa de aproximadamente -50°C até 350°C , que compreende como o componente principal pelo menos um composto da fórmula (I):



em que n está entre 8 e 20, e em que os compostos da fórmula (I) são substancialmente ramificados.

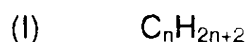
15 De preferência, o fluido de trabalho acima mencionado compreende pelo menos um composto no qual parte ou todos os grupos de metila presentes no dito composto são substituídos por um ou mais halogênios ou substitutos que contém halogênio, em que os halogênios são selecionados do grupo que consiste em flúor, cloro, ou bromo.

20 Também de preferência, o fluido de trabalho acima mencionado ainda compreende um aditivo selecionado do grupo que consiste em agentes retardantes de chama, auxiliares de fluxo, inibidores de corrosão, lubrificantes, agentes anticongelantes, antioxidantes, e óleos de processo e misturas dos mesmos.

25 Além disso, de preferência, o fluido de trabalho acima mencionado compreende uma iso-parafina selecionada do grupo que consiste em iso-dodecano ou 2,2,4,6,6-pentametilheptano, iso-eicosano ou 2,2,4,4,6,6,8,10,10-nonametilundecano, iso-hexadecano ou 2,2,4,4,6,8,8-heptametilnonano, iso-octano ou 2,2,4 trimetilpentano, iso-nonano ou 2,2,4,4
30 tetrametilpentano e uma mistura de dois ou mais destes compostos.

Outro exemplo da utilização dos fluidos de trabalho da presente invenção pode ser a sua utilização, de acordo com a presente invenção po-

de ser a sua utilização, de acordo com a presente invenção, é um ciclo de transferência de calor que inclui um fluido de trabalho altamente termicamente estável, em que o aperfeiçoamento compreende um fluido de trabalho altamente termicamente estável adequado para operar na faixa de aproximadamente -50° C até 350° C, que compreende como o componente principal pelo menos um composto da fórmula (I):



em que n está entre 8 e 20, e em que os compostos da fórmula (I) são substancialmente ramificados.

10 De preferência, o fluido de trabalho acima mencionado compreende pelo menos um composto no qual parte ou todos os grupos de metila presentes no dito composto são substituídos por um ou mais halogênios ou substitutos que contém halogênio, em que os halogênios são selecionados do grupo que consiste em flúor, cloro, ou bromo.

15 Também de preferência, o fluido de trabalho acima mencionado ainda compreende um aditivo selecionado do grupo que consiste em agentes retardantes de chama, auxiliares de fluxo, inibidores de corrosão, lubrificantes, agentes anticongelantes, antioxidantes, e óleos de processo e misturas dos mesmos.

20 Além disso, de preferência, o fluido de trabalho acima mencionado compreende uma iso-parafina selecionada do grupo que consiste em iso-dodecano ou 2,2,4,6,6-pentametilheptano, iso-eicosano ou 2,2,4,4,6,6,8,10,10-nonametilundecano, iso-hexadecano ou 2,2,4,4,6,8,8-heptametilnonano, iso-octano ou 2,2,4 trimetilpentano, iso-nonano ou 2,2,4,4-tetrametilpentano e uma mistura de dois ou mais dos ditos compostos.

25

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Uma descrição do assunto inventivo que inclui as modalidades das mesmas é apresentada e com referência aos desenhos acompanhantes, a descrição não devendo ser considerada limitante em qualquer modo, em que:

30

Figura 1 - mostra uma modalidade de uma usina de energia na qual os fluidos de trabalho da presente invenção podem ser utilizados;

Figura 2 - mostra uma modalidade adicional de uma usina de energia na qual os fluidos de trabalho da presente invenção podem ser utilizados; e

Figura 3 - mostra uma modalidade de uma porção de uma usina de energia na qual os fluidos de trabalho da presente invenção podem ser utilizados.

DESCRIÇÃO DETALHADA

De acordo com a presente invenção, um fluido de trabalho orgânico aperfeiçoado, comercialmente disponível está provido, o qual é operável sob uma ampla faixa de temperaturas, é termicamente estável, tem uma alta temperatura crítica, uma baixa temperatura de congelamento ou solidificação e tem uma alta temperatura de auto-ignição. Um tal fluido de trabalho orgânico é útil nas usinas ou unidades de energia de Ciclo Rankine Orgânico (ORC) e outros sistemas similares; como um fluido intermediário para a recuperação de calor em que o calor de várias fontes de calor é transferido utilizando o fluido intermediário para um fluido de trabalho adicional e convertido em trabalho, e o fluido intermediário é também explorado para produzir eletricidade. Tais fluidos de trabalho são também operáveis como fluidos de transferência de calor ou em usinas ou unidades de energia de ORC ou em outros sistemas de transferência de calor.

Para este propósito a presente invenção apresenta um fluido de trabalho que compreende pelo menos um hidrocarboneto iso-parafínico pesado, altamente ramificado, ou uma mistura de dois ou mais de tais hidrocarbonetos. De preferência pelo menos um hidrocarboneto iso-parafínico altamente ramificado está presente como o componente principal (isto é pelo menos 50% por volume) no fluido de trabalho. A alta estabilidade térmica de tais hidrocarbonetos é provida devido à localização do radical metila (CH_3) disposto para conseguir compostos altamente estáveis. Tais hidrocarbonetos iso-parafínicos pesados altamente ramificados ou fluidos orgânicos têm altas temperaturas de ponto de ebulição assim como altas temperaturas de auto-ignição, e baixas temperaturas de ponto de congelamento. Estes exibem uma alta estabilidade térmica, e além disso são benignos ao meio ambiente,

e seguros para a utilização humana. Outra vantagem é a sua disponibilidade comercial, que permite, através de sua utilização, uma produção de eletricidade ou de energia econômica de várias fontes de calor, ou transferência de calor em usinas de energia ou em outros usos.

5 A Patente U.S. Número 5.612.838 descreve, entre outros, a utilização de iso-parafinas como materiais que carregam um líquido não Newtoniano como suporte para os componentes de cabeça de um conjunto de cabeça de disco sobre discos rígidos. Tal aplicação de iso-parafinas líquidas está confinada a uma estreita faixa de temperatura determinada pelos limites
10 de operação de temperatura das unidades de disco, a qual pode ser por exemplo entre 5° C e 55° C.

 Uma subclasse preferida da classe das iso-parafinas ramificadas as quais são adequadas para serem incorporadas em fluidos de trabalho orgânicos da presente invenção inclui os hidrocarbonetos que contém de 8 a
15 20 átomos de carbono que tem pelo menos um radical metila (CH₃) disposto para conseguir um composto altamente estável. De preferência, as iso-parafinas ramificadas são altamente ramificadas, significando que estas tem 3-20 grupos de metila ligados a átomos de carbono terciário ou quaternário. Como aqui utilizado, "substancialmente ramificado" significa pelo menos 3
20 grupos de metila ramificados (isto é, grupos não terminais). Tais iso-parafinas, ou uma mistura de duas ou mais destas, são utilizadas de acordo com a presente invenção como o componente principal em fluidos de trabalho em usinas de energia que operam de acordo com um Ciclo Rankine Orgânico (ORC), ou em qualquer outro sistema de recuperação de calor de alta
25 temperatura, ou como fluidos térmicos em ciclos de transferência de calor.

 As temperaturas de operação preferidas dos fluidos de trabalho na usina de energia ou no ciclo de transferência de calor estão na faixa de aproximadamente -50° C até aproximadamente 350° C. Além de exibir uma estabilidade térmica nesta faixa de temperatura, uma tal ampla faixa de tem-
30 peraturas de operação resulta em uma eficiência aperfeiçoada para a recuperação de calor nas usinas de energia ou de transferência de calor nos sistemas de transferência de calor.

As iso-parafinas ramificadas descritas na presente invenção são opcionalmente modificadas para adquirir características retardantes de chama substituindo todos ou alguns dos grupos de metila por um ou mais substituintes, que incluem por exemplo os substituintes tais como os halogênios, que incluem o flúor, o cloro, e o bromo, ou substituintes que contém halogênios.

Os hidrocarbonetos iso-parafínicos da presente invenção são os compostos de acordo com a fórmula (I):



onde n está entre 8 e 20.

Os fluidos de trabalho da presente invenção podem compreender além disso os aditivos convencionais, onde tais aditivos podem ser selecionados de agentes retardantes de chama, auxiliadores de fluxo, inibidores de corrosão, lubrificantes, agentes anticongelantes, antioxidantes, e óleos de processo e as misturas dos mesmos.

Em uma modalidade preferida da presente invenção o fluido de trabalho orgânico iso-parafínico ramificado é, ou compreende, o iso-dodecano ou o 2,2,4,6,6-pentametilheptano.

Em uma segunda modalidade preferida da presente invenção o fluido de trabalho orgânico iso-parafínico ramificado é, ou compreende, o iso-eicosano ou o 2,2,4,4,6,6,8,10,10-nonametilundecano.

Em uma terceira modalidade preferida da presente invenção o fluido de trabalho orgânico iso-parafínico ramificado é o iso-hexadecano ou o 2,2,4,4,6,8,8-heptametilnonano.

Em uma quarta modalidade preferida da presente invenção o fluido de trabalho orgânico iso-parafínico ramificado é, o iso-octano ou o 2,2,4 trimetilpentano.

Em uma quinta modalidade preferida da presente invenção o fluido de trabalho orgânico iso-parafínico ramificado é o iso-nonano ou o 2,2,4,4 tetrametilpentano.

Todos os compostos aqui acima descritos são úteis como componentes principais em fluidos de trabalho orgânicos em usinas de energia

que empregam o ciclo Rankine ou sistemas similares para a recuperação de calor ou de calor de descarga, ou ciclos de transferência de calor, e são termicamente estáveis em uma ampla faixa de temperatura de aproximadamente -50°C até aproximadamente 350°C .

5 Exemplos não limitativos de sistemas e métodos de recuperação de energia ou de transferência de calor para produzir energia dos mesmos, que podem empregar os fluidos iso-parafínicos orgânicos da presente invenção, estão abaixo referidos:

10 como um exemplo de uma modalidade de um sistema no qual a presente invenção pode ser utilizada referência é agora feita à Figura 1, e o número de referência 10 designa uma modalidade do aparelho para produzir energia de acordo com a presente invenção. Como pode ser visto do desenho, o aparelho compreende um aquecedor / vaporizador de fluido intermediário 12 pelo qual um fluido intermediário vaporizado é produzido utilizando
15 o calor da fonte de calor 13 por exemplo utilizando o calor contido em gases quentes, etc. O fluido intermediário vaporizado é suprido para o vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22 onde este é condensado pela transferência de calor para o fluido orgânico presente no vaporizador de modo que um fluido orgânico vaporizado é produzido. Um condensado de fluido intermediário produzido é retornado para o aquecedor / vaporizador de fluido intermediário 12 utilizando uma bomba 19. O fluido orgânico vaporizado é suprido
20 para uma turbina de vapor orgânico 24 onde este expande e produz energia. De preferência, um gerador 26 é acionado pela turbina de vapor orgânico 24 e produz eletricidade. O fluido orgânico vaporizado expandido que sai da
25 turbina de vapor orgânico 24 é suprido para um condensador de fluido orgânico 28 e um condensado de fluido orgânico é produzido. Uma bomba 30 supre o condensado de fluido orgânico que sai do condensador de fluido orgânico 28 para o vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22. De acordo com a presente invenção, antes de suprir o fluido intermediário vaporizado
30 que sai do vaporizador de fluido intermediário 12 para o vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22, o fluido intermediário vaporizado é suprido para a turbina de fluido intermediário 16 onde o fluido intermediário vaporizado

expande e produz energia. Também aqui, de preferência, a turbina de fluido intermediário 16 aciona um gerador 18 que produz eletricidade.

Em operação, o fluido intermediário presente no vaporizador de fluido intermediário 12 extrai o calor da fonte de calor 13 por exemplo gases quentes e um vapor de fluido intermediário é produzido. O vapor de fluido intermediário é suprido de preferência para a turbina de fluido intermediário 16 e expande na mesma produzindo energia e o vapor de fluido intermediário expandido sai da turbina de fluido intermediário 16. Como de preferência, o gerador 18 está acoplado na turbina de fluido intermediário 16 a eletricidade é produzida. O vapor de fluido intermediário expandido que sai da turbina de fluido intermediário 16 é suprido através de uma linha ou conduto 20 para o vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22. O fluido de trabalho orgânico presente no vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22 extrai o calor do vapor de fluido intermediário expandido e um condensado de fluido intermediário assim como um fluido de trabalho orgânico vaporizado é produzido. O condensado de fluido intermediário é suprido utilizando a bomba 19 para o vaporizador de fluido intermediário 12. O fluido de trabalho orgânico vaporizado é suprido para a turbina de fluido de trabalho orgânico 24 onde este expande e a energia é produzida. O vapor de fluido de trabalho orgânico expandido sai da turbina de fluido de trabalho orgânico 24. De preferência, a turbina de fluido de trabalho orgânico 24 está acoplada no gerador 26 e a eletricidade é produzida. O vapor de fluido de trabalho orgânico expandido é suprido para o condensador de fluido de trabalho orgânico 28 que é de preferência resfriado a ar e um condensado de fluido de trabalho orgânico é produzido. A bomba 30 supre o condensado de fluido de trabalho orgânico para o vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22.

O fluido intermediário mencionado na modalidade acima descrita pode ser os fluidos de trabalho orgânicos da presente invenção aqui descritos. O fluido intermediário preferido é vantajoso já que a sua utilização evita os problemas de congelamento, opera sem estar em condições de vácuo e não existe necessidade de tratamento químico nem de sangria como é usualmente o caso com a água quando utilizada como um fluido intermediário.

De preferência, o fluido intermediário é útil em uma faixa de temperatura relativamente alta: uma temperatura de vaporização entre aproximadamente 250° C e aproximadamente 315° C. Nestas temperaturas, a pressão do fluido intermediário está entre aproximadamente 9kPa e 2600 kPa. As pressões

5 relativamente baixas, acima mencionadas, tornam este tipo de fluido especificamente adequado para utilização na presente invenção. Frequentemente, a temperatura de condensação do fluido intermediário no lado de fluido intermediário do vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22 estará de preferência na faixa de 200°C a aproximadamente 120°C, mas pode ser muito

10 mais baixa se for necessário. Mais ainda, a utilização deste tipo de fluido intermediário como um meio de transferência de calor para transferir o calor da fonte de calor para o fluido de trabalho orgânico e assim como produzir energia do fluido intermediário aumenta a eficiência do sistema de produção de energia como um todo. De preferência, o fluido de trabalho orgânico

15 compreende o pentano, ou o n-pentano ou o iso-pentano, o n-butano, o isobutano assim como os fluidos adicionais tais como os hidrocarbonetos, por exemplo as parafinas alifáticas na sua forma normal e isomérica.

Mais ainda, se preferido o ciclo de energia de fluido orgânico I pode incluir um preaquecedor, um superaquecedor e um recuperador. Além

20 disso, se preferido, os geradores 18 e 26 podem ser substituídos por um único gerador comum acionado pelas turbinas 16 e 24 ou utilizando extremidades de eixo duplas no gerador ou através de um acionamento de engrenagens. Mais preferido, o gerador comum é interposto entre as turbinas 16 e 24.

Referindo agora à Figura 2, o número 10A refere-se a uma modalidade adicional de um exemplo de um sistema ou ciclo no qual o fluido de trabalho orgânico da presente invenção é utilizado e o qual inclui, como mostrado, um recuperador no fluido intermediário. Como pode ser visto da figura, o vapor de fluido intermediário produzido pelo vaporizador intermediário presente no gerador de vapor de recuperação de calor 40A é suprido para a

30 turbina a vapor 16A para produzir energia ou eletricidade utilizando o gerador 18A. O número 21A designa um recuperador de fluido intermediário no

qual o calor é transferido do vapor de fluido intermediário expandido que sai da turbina de fluido intermediário 16A para o condensado de fluido intermediário suprido pela bomba 19A do lado de fluido intermediário do vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22A. Nesta modalidade, uma porção do condensado de fluido intermediário que sai do lado de fluido intermediário do vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22A é suprida para um preaquecedor de fluido orgânico 23A para preaquecer o fluido de trabalho orgânico antes de supri-lo para o vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22A. Uma porção adicional do condensado de fluido intermediário que sai do lado de fluido intermediário do vaporizador do fluido de trabalho orgânico 22A é suprida para o recuperador de fluido intermediário 21A. Na presente modalidade, o calor da fonte de calor 13A é adicionado ao condensado de fluido intermediário que sai do preaquecedor orgânico 23A. Além disso, nesta modalidade o recuperador de fluido de trabalho orgânico 27A está incluído e é utilizado para transferir o calor do vapor de fluido de trabalho orgânico expandido que sai da turbina de fluido de trabalho orgânico 24A para o condensado de fluido de trabalho orgânico suprido pela bomba 30A do condensador de fluido de trabalho orgânico 28A. O condensado de fluido de trabalho orgânico aquecido que sai do recuperador de fluido de trabalho orgânico 27A é suprido para o preaquecedor de fluido de trabalho orgânico 23A. Além destes itens anteriormente mencionados com referência à presente modalidade descrita com relação à Figura 2, esta modalidade é similar à modalidade descrita com relação à Figura 1 e também opera em um modo similar.

Em certas circunstâncias, todo o fluido intermediário que sai do lado de fluido intermediário do vaporizador de fluido de trabalho orgânico 22A pode ser suprido para o preaquecedor de fluido de trabalho orgânico 23A. Após o que, o fluido intermediário resfriado que sai para o preaquecedor de fluido de trabalho orgânico 23A pode ser suprido para a fonte de calor 13A, o fluido intermediário aquecido que sai da fonte de calor 13A sendo suprido para o recuperador de fluido intermediário 21A.

Na Figura 2, o gerador 18A é de preferência compartilhado pela saída da turbina de intermediário 16A e da turbina de fluido de trabalho or-

gânico 24A. Isto é porque a turbina de intermediário 16A pode operar eficientemente em velocidades rotacionais relativamente baixas (1500-1800 RPM), permitindo-a ser diretamente acoplada no gerador 18A cuja velocidade rotacional é também relativamente baixa (1500-1800 RPM). Similarmente, a velocidade rotacional da turbina de fluido de trabalho orgânico 24A pode também ser relativamente baixa (1500-1800 RPM), permitindo-a também ser diretamente acoplada no gerador 18A. Assim o gerador 18A fica interposto entre a turbina de intermediário 16A e a turbina de fluido de trabalho orgânico 24A. No entanto, se preferido, geradores separados podem ser providos.

10 Mais ainda, de preferência, a modalidade descrita com referência à Figura 2 compreende duas entidades separadas, uma unidade de fonte de calor ou gerador de vapor de recuperação de calor 40A e uma unidade de ciclo de energia 50A.

15 Como acima mencionado, o fluido intermediário da modalidade mostrada na Figura 2 pode ser o fluido de trabalho orgânico da presente invenção.

Deve ser destacado que o fluido intermediário acima especificado pode ser utilizado para todas as modalidades aqui mencionadas.

20 Exemplos de fontes de calor das quais a presente invenção pode extrair o calor são o calor de descarga de turbinas a gás, o calor de descarga de outros processos industriais, o calor de descarga produzido na fabricação de cimento e na indústria de fabricação de cimento, o calor produzido pela combustão de combustíveis convencionais, o calor produzido pela combustão de combustível de biomassa, os recursos geotérmicos que incluem o vapor geotérmico e o líquido geotérmico, a energia solar etc. Além disso, a presente invenção pode ser utilizada por exemplo para produzir energia elétrica na faixa de aproximadamente cem ou mais Watts (W) até uma poucas dezenas de Megawatts (MW).

25 Mais ainda, apesar desta especificação referir-se ao ciclo de transferência de calor como utilizando um fluido intermediário, é possível considerar, de acordo com a presente invenção, o ciclo que utiliza o fluido intermediário, quando referindo à produção de energia, como um "topping

30

cycle" com o ciclo de fluido de trabalho orgânico como um "bottoming cycle".

Mais ainda, apesar das modalidades da presente invenção descreverem a utilização de geradores 18 e 26 ou a utilização de um gerador comum para produzir eletricidade, de acordo com a presente invenção, a
5 energia produzida pelas turbinas 16 e 24 ou qualquer uma destas pode ser utilizado como energia mecânica. Assim, por exemplo, estas podem operar um compressor, outras cargas etc.

Também nesta modalidade, o fluido intermediário pode ser os fluidos de trabalho orgânicos da presente invenção aqui descritos.

10 Mais ainda, deve ser destacado que apesar do fluido intermediário acima especificado ser descrito como operando em um ciclo em que o fluido intermediário transfere o calor da fonte de calor para um fluido de trabalho orgânico adicional, o fluido de trabalho orgânico da presente invenção pode ser utilizado de acordo com a presente invenção em um tal ciclo de
15 energia em que o fluido intermediário é utilizado em um ciclo de energia sem transferir o calor para um fluido de trabalho orgânico adicional.

Em uma modalidade preferida adicional da presente invenção, os fluidos de trabalho orgânicos da presente invenção podem ser utilizados para produzir energia ou eletricidade de uma fonte de calor tal como a energia solar em que os fluidos orgânicos descritos na presente invenção podem
20 ser utilizados em uma usina de energia que opera de acordo com o ciclo Rankine orgânico (ver Figura 3). Em um tal caso, estes fluidos de trabalho orgânicos são aquecidos de preferência em um coletor solar 40B tal como um coletor vazado solar 42B e então supridos para uma câmara de expansão, tanque ou vaporizador de expansão 44B para produzir um vapor orgânico o qual é suprido para uma turbina a vapor de uma usina de energia de
25 ciclo Rankine orgânico (ORC) para produzir energia ou eletricidade. O fluido de trabalho líquido do tanque de expansão que não é expandido é reciclado para o coletor solar 40B ou para a entrada de um único coletor solar (não
30 mostrado) ou para a entrada do segundo coletor solar de um par de coletores solares conectados em série. Após o que, o fluido de trabalho orgânico expandido é condensado em um condensador e o condensado de fluido de

trabalho orgânico é retornado da usina de energia de ciclo Rankine orgânico (ORC) para o coletor solar.

Exemplos não limitativos adicionais de sistemas e métodos de recuperação de energia ou de calor ou de transferência de calor para produzir energia dos mesmos, que podem empregar os fluidos iso-parafínicos orgânicos da presente invenção, descritos em diversas publicações anteriores, estão todos aqui incorporados por referência:

em uma modalidade preferida da presente invenção os fluidos iso-parafínicos orgânicos podem ser empregados em turbinas de vapor e em um método para a operação de suas turbinas a vapor, aplicando um recuperador de calor em usinas ou unidades de energia de ORC, como descrito na patente U.S. Número 3.040.528.

Em uma segunda modalidade preferida da presente invenção os mesmos fluidos orgânicos podem ser empregados em usinas de energia que aplicam turbinas de vapor em cascata e em um seu método como descrito na EP 1 174 590 de preferência utilizando o mesmo fluido orgânico que o fluido intermediário. Em tais sistemas e seus métodos um intermediário vaporizado, como por exemplo um fluido de transferência de calor orgânico, alquilado, de preferência um fluido de transferência de calor aromático alquilado sintético, é utilizado como o receptor de calor primário da fonte de calor, transferindo-o posteriormente para o fluido orgânico.

Em uma terceira modalidade preferida da presente invenção, como descrito na patente U.S. Número 4.760.705, os fluidos orgânicos da presente invenção podem ser empregados como o fluido de trabalho ou o fluido de trabalho intermediário na usina de energia de ciclo Rankine aqui descrita em que nesta patente um fluido de trabalho aperfeiçoado útil em usinas de energia selecionado do grupo que consiste em hidrocarbonetos aromáticos bicíclicos, hidrocarbonetos aromáticos bicíclicos substituídos, hidrocarbonetos aromáticos bicíclicos heterocíclicos, hidrocarbonetos aromáticos bicíclicos heterocíclicos substituídos, compostos bicíclicos ou heterocíclicos onde um anel é aromático e o outro anel condensado é não aromático, e as suas misturas estão descritas. Em aspecto adicional desta patente U.S.

uma usina de energia de ciclo Rankine binário está provida na qual o condensador da turbina de alta temperatura e pressão é resfriado por um fluido de trabalho diferente o qual é vaporizado por meio disto e suprido para uma turbina de baixa temperatura e pressão.

5 Em uma quarta modalidade preferida da presente invenção, como descrito na patente U.S. Número 6.701.712, os fluidos orgânicos da presente invenção podem ser empregados em um método e aparelho para produzir energia em que o calor recebido de um processo de escória de ar quente em fábricas de cimento é transferido para um fluido de transferência de calor, por exemplo um óleo térmico em um trocador de calor de fluido de transferência de calor - ar e o calor é utilizado para vaporizar o fluido orgânico em um vaporizador para a produção de energia utilizando o fluido de trabalho vaporizado em uma turbina.

10

 Em uma quinta modalidade preferida da presente invenção, os fluidos orgânicos da presente invenção podem ser empregados em um método de recuperação de calor e seu sistema de acordo com a patente U.S. Número 6.571.548, em que o calor emitido de uma fonte de calor, tal como uma turbina a gás é transferido para um fluido intermediário, que pode ser a água pressurizada, o qual transfere o calor para um fluido de trabalho orgânico. O fluido orgânico vaporizado produzido por meio disto é então utilizado, para acionar uma turbina de fluido orgânico para produzir energia pela utilização de um gerador elétrico conectado na turbina de fluido orgânico.

15

20

 Em uma sexta modalidade preferida da presente invenção, os fluidos orgânicos da presente invenção podem ser empregados em uma usina de energia que opera de acordo com um sistema de turbina a gás descrito na patente U.S. Número 5.687.570. De acordo com este sistema, uma usina de energia de ciclo Rankine de laço fechado, baseada em água está incluída. Também, de acordo com este sistema, o condensador de vapor da usina de energia de ciclo Rankine de laço fechado, baseada em água é resfriado por um condensado de fluido orgânico o qual é assim preaquecido e então suprido para o vaporizador de fluido orgânico, o vapor de fluido orgânico produzido por meio disto operando uma turbina a vapor orgânico. Em

25

30

diversas modalidades incluídas nesta patente, o condensador de vapor opera como um vaporizador de fluido orgânico.

Em uma sétima modalidade preferida da presente invenção, os fluidos orgânicos da presente invenção podem ser empregados em uma usina de energia que opera com vapor de acordo com os seus métodos de operação e de produção de energia descritos na patente U.S. Nº 5.497.624. Este sistema e método inclui um aparelho para produzir energia utilizando um fluido geotérmico de modo que o vapor geotérmico produz energia em uma turbina a vapor, e o vapor geotérmico expandido vaporiza o fluido orgânico para produzir uma energia adicional em uma turbina de ciclo Rankine orgânico fechado ambas contidas em cada um de uma pluralidade de módulos unitários de usina de energia integrados. Mais ainda, um meio para comprimir os gases não condensáveis presentes nos condensadores de vapor contidos em cada módulo de usina de energia pode ser provido de modo que os gases não condensáveis comprimidos possam ser ventilados para dentro de um poço de reinjeção juntamente com o condensado de vapor pressurizado produzido nos condensadores de vapor. Mais ainda, o líquido geotérmico contido no fluido geotérmico pode ser reinjetado dentro do poço de reinjeção.

Em uma oitava modalidade preferida da presente invenção, descrita na patente U.S. Nº 4.542.625, os fluidos orgânicos da presente invenção podem ser empregados em uma usina ou unidade de energia de ciclo Rankine fechado que opera juntamente com uma turbina a vapor geotérmico para produzir energia.

Em uma nona modalidade preferida da presente invenção, descrita na patente U.S. Nº 4.700.543, os fluidos orgânicos da presente invenção podem ser empregados em uma usina de energia em cascata de recuperação de calor e um método para produzir energia. A usina de energia integra uma pluralidade de unidades de ciclo Rankine fechado independentes que operam em série, em que um fluido de fonte de temperatura baixa a média, tal como por exemplo um fluido industrial ou um fluido geotérmico é aplicado em série no vaporizador das unidades de ciclo Rankine fechado

produzindo um fluido de fonte esgotado de calor e o fluido de fonte esgotado de calor é aplicado em todos os preaquecedores em paralelo em que um preaquecedor está provido para cada vaporizador.

Em uma décima modalidade preferida da presente invenção, descrita na patente U.S. Nº 4.578.953, os fluidos orgânicos da presente invenção podem ser empregados em usinas de energia de ciclo Rankine fechado integradas, que tem vantajosamente uma melhor eficiência em recuperação de calor e produção de energia. Nas usinas de energia de ciclo Rankine fechado integradas que operam em série, um fluido de fonte de temperatura baixa a média, tal como por exemplo um fluido industrial ou um fluido geotérmico é aplicado em série no vaporizador das unidades de ciclo Rankine fechado produzindo um fluido de fonte esgotado de calor e o fluido de fonte esgotado de calor é aplicado em todos os preaquecedores em paralelo em que um preaquecedor está provido para cada vaporizador.

Em uma décima primeira modalidade preferida da presente invenção, descrita na patente U.S. Nº 4.551.980, os fluidos orgânicos da presente invenção podem ser empregados na usina de energia híbrida descrita na mesma. Um tal sistema híbrido está descrito em "Closed Cycle Vapor Turbogenerator - A Reliable Remote Prime Power Source" por N.S. Christopher e J. Gropper, apresentado na International Telecommunications Energy Conference em Washington, D.C. Outubro de 1982, páginas 443-449. A usina de energia híbrida descrita na patente U.S. Nº 4.551.980 inclui um gerador de energia intermitentemente operável não consumidor de combustível, tal como uma rede de células fotovoltaicas, ou um gerador de vento, conectado através de um circuito de controle em uma bateria para carregar a mesma durante a operação do gerador de energia e para suprir corrente para uma carga elétrica no modo de tempo, substancialmente constante. Além disso, a usina de energia híbrida inclui um gerador elétrico conectado em um operador primário intermitentemente operável para carregar a bateria e suprir energia para a carga elétrica quando o operador primário é operado. De acordo com esta patente, o operador primário pode ser um turbogerador de vapor de fluido orgânico de ciclo Rankine ou uma unidade de energia ou

uma usina de energia que emprega o ciclo Rankine que utiliza o fluido de trabalho orgânico que inclui um vaporizador e um queimador tal como aquele descrito na patente U.S. Nº 3.409.782 e em "Considerations for evaluating, maintaining pipe line coatings", Duane Tracey, PIPE LINE & GAS INDUSTRY, Agosto de 1997, e "Two Decades of Security Along TranAlaska Pipeline" Frichtl, W., Pipeline & Gas Journal, Julho de 1997.

Em uma décima segunda modalidade preferida da presente invenção, descrita no pedido de patente U.S. Número de Série 10/470.800, os fluidos orgânicos da presente invenção podem ser empregados na turbina de ciclo Rankine incluída no suprimento de energia ininterrupta e o método para suprir energia ininterrupta para uma carga descrito no mesmo. Este método para suprir energia ininterrupta para uma carga conectada em uma linha de energia compreende conectar a linha de energia em um membro girável que compreende uma turbina de ciclo Rankine acoplada ao dispositivo que de preferência opera como um motor quando a energia de linha é aplicada no dispositivo por meio disto girando o membro em uma velocidade rotacional de espera para armazenar uma quantidade predeterminada de energia cinética no membro rotativo, e que opera como um gerador quando a energia de linha está inoperante, o membro sendo girado pela aplicação de fluido de trabalho vaporizado na turbina. Além disso, o método inclui vaporizar o fluido de trabalho e manter o mesmo em um nível de temperatura operacional somente quando a energia de linha está inoperante. Mais ainda, o método inclui manter o fluido de trabalho em um nível de temperatura de espera enquanto a linha de energia está operativa, o nível de temperatura de espera de preferência sendo maior do que o nível de temperatura operacional por meio de que o fluido de trabalho contém uma quantidade predeterminada de energia térmica armazenada enquanto a linha de energia está operativa. Além disso, o método inclui aplicar o fluido de trabalho vaporizado na turbina por meio disto girando o membro giratório em resposta à perda de energia de linha por meio de que a turbina gira o membro em uma velocidade nominal menor do que a velocidade rotacional de espera. Mais ainda, o método inclui conectar o dispositivo na carga por meio de que a energia é

suprida para a carga enquanto a linha de energia está inoperante de modo que a energia térmica armazenada no fluido de trabalho e a quantidade predeterminada de energia cinética são convertidas em energia para a carga quando da perda da energia de linha. A turbina de ciclo Rankine descrita neste pedido de patente U.S. está incluída em um sistema de turbina de ciclo Rankine o qual também inclui uma caldeira, um queimador, um condensador, um suprimento de fluido de trabalho para os rolamentos que inclui um reservatório para lubrificar os rolamentos, e uma bomba de ciclo de fluido de trabalho, por exemplo uma bomba pitot.

10 Além disso, deve ser notado que o meio mencionado nesta especificação refere-se a um meio adequado para executar a presente invenção.

Mais ainda, deve ser destacado que a presente invenção inclui também o método para operar o aparelho descrito com referência às figuras acima descritas.

15 Toda a descrição acima foi provida para o propósito de ilustração e não pretende limitar a invenção em nenhum modo. Como será aparente para uma pessoa versada na técnica, a invenção pode ser executada por utilizar diferentes compostos, todos sem exceder o escopo da invenção.

20 Todas as referências, patentes, pedidos, testes, padrões, documentos, publicações, brochuras, textos, artigos, etc. aqui mencionados estão incorporados por referência. Onde um limite numérico ou faixa é apresentado, os pontos finais estão incluídos. Também todos os valores e as subfaixas dentro de um limite número ou faixa estão especificamente incluídos como se explicitamente escritos.

25 Toda a descrição e exemplos acima foram providos para o propósito de ilustração e não pretendem limitar a invenção em qualquer modo. Como será aparente para uma pessoa versada na técnica, a invenção pode ser executada na utilização de diferentes compostos, todos sem exceder o escopo da invenção.

30

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de recuperação de calor que inclui um fluido de trabalho alta e termicamente estável para um ciclo de Rankine (10), em que o aperfeiçoamento compreende um fluido de trabalho alta e termicamente estável para o ciclo de Rankine (10) adequado para operar na faixa de aproximadamente -50° C até 350° C, **caracterizado pelo fato de** que compreende como o componente principal pelo menos um composto da fórmula (I):



em que n está entre 9 e 20, e em que os compostos da fórmula (I) têm pelo menos três grupos ramificados metila.

2. Fluido como definido na reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que compreende pelo menos um composto no qual parte ou todos os grupos metila presentes no dito composto são substituídos por um ou mais halogênios ou substitutos que contêm halogênio, em que os ditos halogênios são selecionados do grupo que consiste em flúor, cloro ou bromo.

3. Fluido como definido na reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que ainda compreende um aditivo selecionado do grupo que consiste em agentes retardantes de chama, auxiliadores de fluxo, inibidores de corrosão, lubrificantes, agentes anticongelantes, antioxidantes, e óleos de processo e misturas dos mesmos.

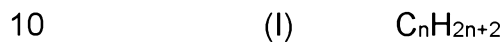
4. Fluido como definido na reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que o dito fluido compreende uma isoparafina selecionada do grupo que consiste em isododecano ou 2,2,4,6,6-pentametilheptano, isoeicosano ou 2,2,4,4,6,6,8,10, 10-nonametilundecano, isohexadecano ou 2,2,4,4,6,8,8-heptametilnonano, isononano ou 2,2,4,4 tetrametilpentano e uma mistura de dois ou mais dos ditos compostos.

5. Sistema de recuperação de calor de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que o dito sistema de recuperação de calor é uma usina de energia de ciclo Rankine orgânico (ORC) de recuperação de calor.

6. Método para recuperação de calor de calor produzido pela combustão de combustíveis convencionais, **caracterizado pelo fato de** que

compreende extrair o calor produzido pela combustão de combustíveis convencionais utilizando uma usina de energia operada pelo fluido de trabalho alta e termicamente estável como definido na reivindicação 1.

7. Ciclo de transferência de calor que inclui um fluido de trabalho alta e termicamente estável, **caracterizado pelo fato de** que o aperfeiçoamento compreende um fluido de trabalho alta e termicamente estável adequado para operar na faixa de aproximadamente -50°C até 350°C , que compreende como o componente principal pelo menos um composto da fórmula (I):



em que n está entre 9 e 20, e em que os compostos da fórmula (I) têm pelo menos três grupos ramificados metila.

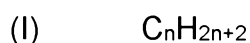
8. Fluido como definido na reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de** que compreende pelo menos um composto no qual parte ou todos os grupos metila presentes no dito composto são substituídos por um ou mais halogênios ou substitutos que contêm halogênio, em que os ditos halogênios são selecionados do grupo que consiste em flúor, cloro, ou bromo.

9. Fluido como definido na reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de** ainda compreender um aditivo selecionado do grupo que consiste em agentes retardantes de chama, auxiliares de fluxo, inibidores de corrosão, lubrificantes, agentes anticongelantes, antioxidantes, e óleos de processo e misturas dos mesmos.

10. Fluido como definido na reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de** que o dito fluido compreende uma isoparafina selecionada do grupo que consiste em isododecano ou 2,2,4,6,6-pentametilheptano, isoeicosano ou 2,2,4,4,6,6,8,10,10-nonametilundecano, isohexadecano ou 2,2,4,4,6,8,8-heptametilnonano, isononano ou 2,2,4,4 tetrametilpentano e uma mistura de dois ou mais dos ditos compostos.

11. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico **caracterizada pelo fato de** que compreende um vaporizador (22) para produzir um vapor de fluido de trabalho orgânico, uma turbina a vapor (24) para expandir o dito vapor de fluido de trabalho orgânico, um gerador elétrico (26) acionado pela

dita turbina a vapor para produzir energia elétrica, um condensador (28) para condensar o vapor de fluido de trabalho orgânico expandido que sai da dita turbina a vapor (24) e uma bomba (30) para suprir o condensado de fluido de trabalho orgânico produzido pelo dito condensador (28) para o dito vaporizador (22), o dito fluido de trabalho orgânico compreendendo um fluido de trabalho alta e termicamente estável adequado para operar na faixa de aproximadamente -50° C até 350° C, que compreende como o componente principal pelo menos um composto da fórmula (I):



em que n está entre 9 e 20, e em que os compostos da fórmula (I) têm pelo menos três grupos ramificados metila.

12. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada pelo fato de** que o dito fluido de trabalho compreende pelo menos um composto no qual parte ou todos os grupos metila presentes no dito composto são substituídos por um ou mais halogênios ou substitutos que contêm halogênio, e em que os ditos halogênios são selecionados do grupo que consiste em flúor, cloro, ou bromo.

13. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada pelo fato de** que o dito fluido de trabalho ainda compreende um aditivo selecionado do grupo que consiste em agentes retardantes de chama, auxiliares de fluxo, inibidores de corrosão, lubrificantes, agentes anticongelantes, antioxidantes, e óleos de processo e misturas dos mesmos.

14. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada pelo fato de** que o dito fluido de trabalho compreende uma isoparafina selecionada do grupo que consiste em isododecano ou 2,2,4,6,6-pentametilheptano, isoeicosano ou 2,2,4,4,6,6,8,10,10-nonametilundecano, isohexadecano ou 2,2,4,4,6,8,8-heptametilnonano, isononano ou 2,2,4,4 tetrametilpentano e uma mistura de dois ou mais dos ditos compostos.

15. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada pelo fato de** que a dita usina de energia

compreende uma usina de energia de ciclo Rankine orgânico (ORC) de recuperação de calor para recuperar o calor do calor de descarga de usina de energia.

5 16. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada pelo fato de** que a dita usina de energia compreende uma usina de energia de ciclo Rankine orgânico (ORC) de recuperação de calor para recuperar o calor do calor de descarga de processos industriais.

10 17. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada pelo fato de** que a dita usina de energia compreende uma usina de energia de ciclo Rankine orgânico (ORC) de recuperação de calor para recuperar o calor de fontes geotérmicas.

15 18. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada pelo fato de** que a dita usina de energia compreende uma usina de energia de ciclo Rankine orgânico (ORC) de recuperação de calor para recuperar o calor de uma fonte de calor produzida de energia solar.

20 19. Aparelho para produzir energia **caracterizado pelo fato de** que compreende uma pluralidade de usinas de energia de ciclo Rankine orgânico como definidas na reivindicação 17, cada uma incluindo um preaquecedor e um vaporizador em que o dito fluido geotérmico é aplicado em série nos vaporizadores da dita pluralidade das ditas usinas de energia de ciclo Rankine orgânico produzindo um fluido geotérmico esgotado de calor e o fluido geotérmico esgotado de calor é aplicado em paralelo nos preaquecedores da dita pluralidade das ditas usinas de energia de ciclo Rankine orgânico.
25

30 20. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizada pelo fato de** que a dita usina de energia de ciclo Rankine orgânico opera juntamente com uma turbina a vapor geotérmico.

21. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico de acordo com a reivindicação 17, **caracterizada pelo fato de** ainda incluir um meio para

reinjetar o condensado de vapor, os gases não-condensáveis e o líquido geotérmico em um poço de reinjeção.

22. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada pelo fato de** ainda compreender um
5 queimador.

23. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada pelo fato de** que a dita usina de energia compreende um fluido intermediário, o qual é o dito fluido de trabalho alta e termicamente estável e em que o dito fluido intermediário transfere o calor
10 de uma fonte de calor para um fluido de trabalho orgânico adicional para produzir energia, o dito fluido intermediário sendo também utilizado para produzir energia.

24. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizada pelo fato de** ainda compreender um recuperador para aquecer um condensado do dito fluido de trabalho orgânico adicional com um vapor de fluido de trabalho orgânico adicional que sai de uma turbina a vapor operada pelo dito fluido de trabalho orgânico adicional antes de suprir o dito vapor de fluido de trabalho orgânico adicional que sai da dita turbina a vapor para um condensador de fluido de trabalho orgânico
15 adicional.
20

25. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizada pelo fato de** ainda compreender uma turbina a vapor orgânico adicional para expandir o vapor de turbina a vapor orgânico adicional produzido do calor transferido do dito fluido intermediário e
25 produzir energia.

26. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizada pelo fato de** que o dito vaporizador é um vaporizador de expansão (44B) suprido com o dito fluido de trabalho aquecido em um coletor vazado solar (42B) para produzir vapor que é suprido para
30 a dita turbina a vapor.

27. Usina de energia de ciclo Rankine orgânico, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada pelo fato de** ainda compreende um recu-

perador para aquecer o condensado do dito fluido de trabalho orgânico com o vapor do fluido de trabalho orgânico que sai da dita turbina a vapor (24) antes de suprir o dito vapor de fluido de trabalho orgânico que sai da dita turbina a vapor (24) para o dito condensador (28).

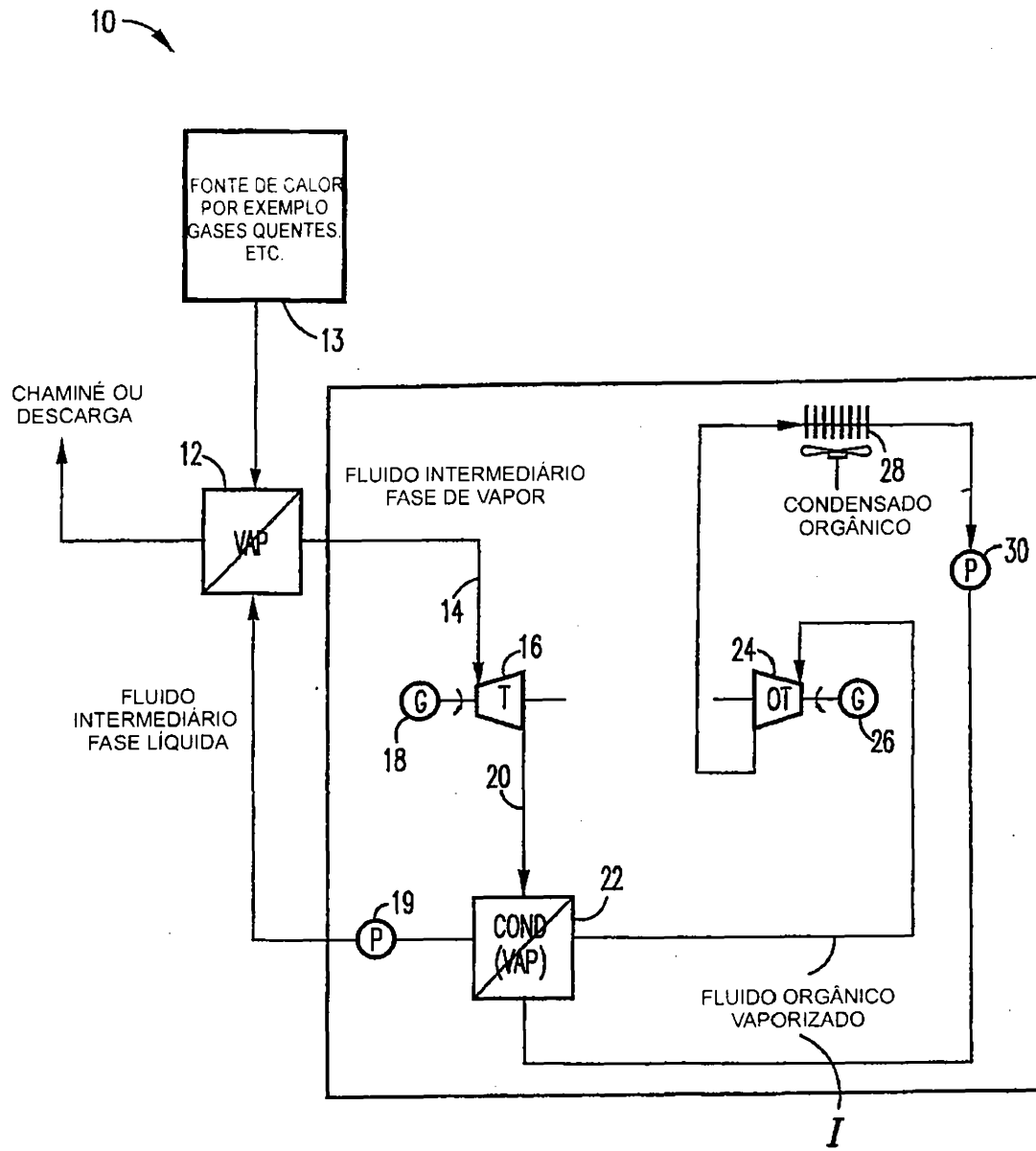


FIG.1

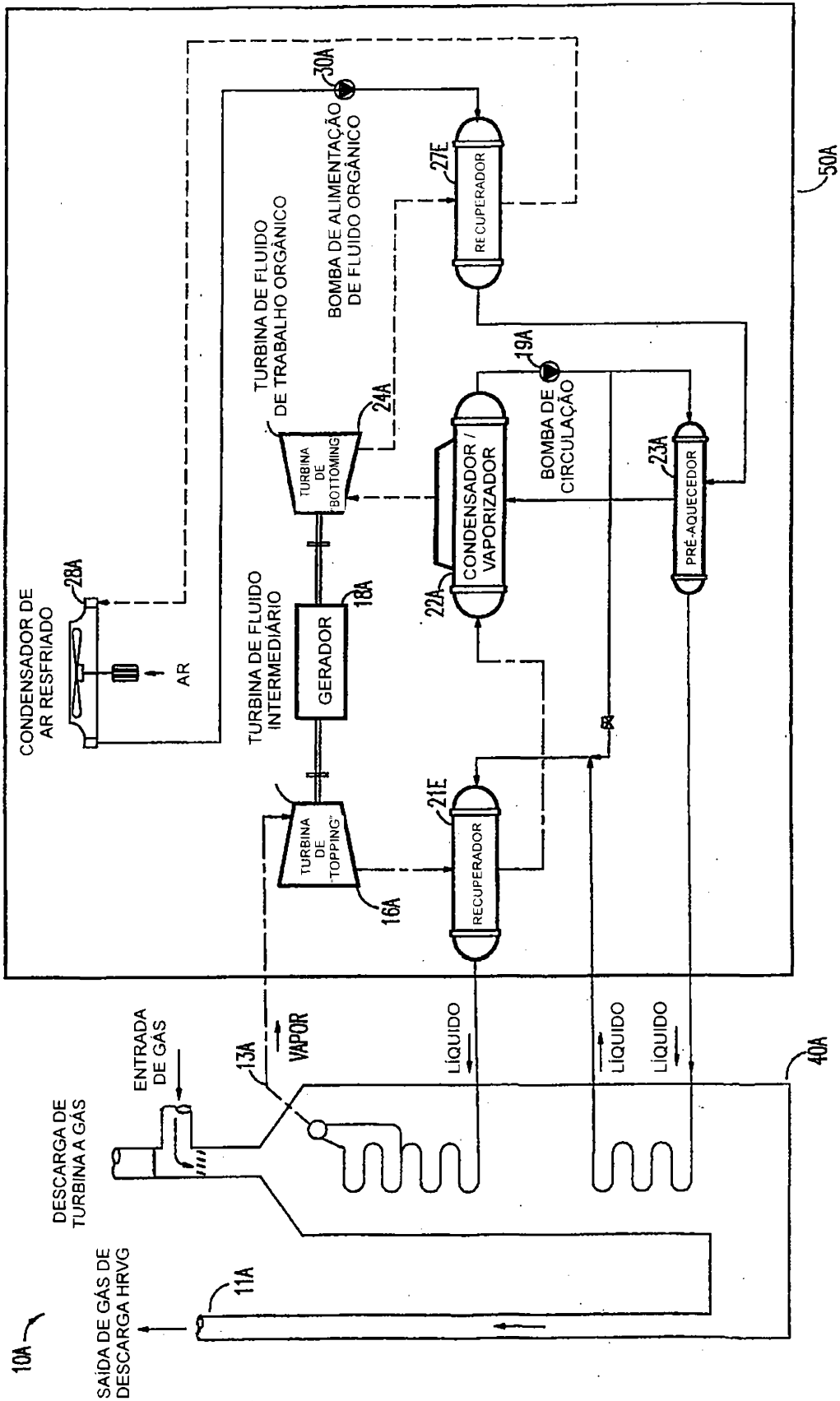


FIG. 2

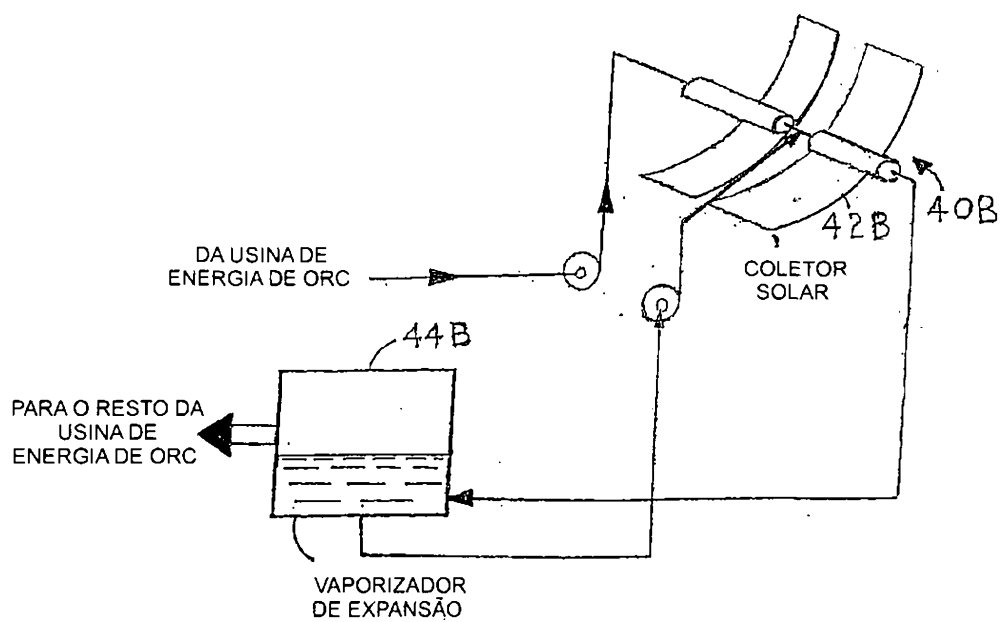


FIG.3