



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

(21) **PI0711673-0 A2**

(22) Data de Depósito: 17/07/2007  
(43) Data da Publicação: 16/11/2011  
(RPI 2132)



(51) *Int.Cl.:*  
C07C 27/00  
B01J 10/00

**(54) Título:** MÉTODO PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM UM FLUXO DE METANO E DE GÁS RICO E EM MONÓXIDO DE CARBONO; MÉTODO PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM E EM SÍNTESE DE GÁS E APARELHO

**(30) Prioridade Unionista:** 18/07/2006 US 11/489.353

**(73) Titular(es):** THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

**(72) Inventor(es):** Chan Seung Park, Joseph M. Norbeck, SURINDER P. SINGH

**(74) Procurador(es):** Nascimento Advogados

**(86) Pedido Internacional:** PCT US2007016153 de 17/07/2007

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/011000de 24/01/2008

**(57) Resumo:** MÉTODO PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM UM FLUXO DE METANO E DE GÁS RICO E EM MONÓXIDO DE CARBONO; MÉTODO PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM E EM SÍNTESE DE GÁS E APARELHO. Método e aparelho para converter material carbonífero em um fluxo de metano e um gás rico em monóxido de carbono sendo aquecido o material carbonífero em um reator de leito fluidizado usando hidrogênio, como meio fluidificação, e usando vapor, sob condições reduzidas, em uma temperatura e pressão suficientes para gerar um fluxo de metano e de gás rico em monóxido de carbono, mas em uma temperatura baixa suficiente e/ou pressão alta suficiente para possibilitar o material carbonífero ser fluidizado pelo hidrogênio. Em particulares incorporações, o material carbonífero é alimentado como um suprimento de pasta fluida, ao longo com hidrogênio, para um reator do tipo estufa antes de ser alimentado ao reator de leito fluidizado. O aparelho é provido compreendendo um reator do tipo estufa, uma bomba de pasta fluida conectada a uma entrada do reator tipo estufa, meios para conectar uma fonte de hidrogênio a uma entrada do reator tipo estufa, um reator de leito fluidizado conectado para receber a saída do reator tipo estufa para processar uma zona de fluidificação, e uma fonte de vapor e uma fonte de hidrogênio conectadas ao reator tipo estufa abaixo da zona de fluidificação. Opcionalmente um moedor poderá ser provido no reator tipo estufa.



PI0711673-0

**“MÉTODO PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM UM FLUXO DE METANO E DE GÁS RICO E EM MONÓXIDO DE CARBONO; MÉTODO PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM E EM SÍNTESE DE GÁS E APARELHO”**

5 Este pedido é uma continuação-em-parte, e reivindicando o benefício do Pedido de Patente Norte-Americano No. 11/489.353 requerido em 18 de julho de 2006. O campo da invenção é a síntese do combustível de transporte do abastecimento de carboníferos.

10 Há uma grande necessidade de identificar novas fontes de energia química e métodos para sua conversão em combustíveis de transporte alternativos, direcionado para muitos assuntos, incluindo meio ambiente, saúde, tecidos de segurança, e a inevitável escassez de suprimentos de combustíveis baseados em petróleo. O número um mundial de veículos equipados com motores de combustão interna continua a crescer, particularmente em países em desenvolvimento. A população mundial de veículos fora dos Estados Unidos  
15 principalmente usa combustível diesel, crescendo mais rápido do que nos Estados Unidos. Esta situação poderá mudar com veículos com combustíveis mais eficientes, usando tecnologias de motores diesel e/ou híbrido, que são introduzidos para reduzir tanto o consumo como todo tipo de emissão. Uma vez  
20 que os recursos para a produção de combustíveis baseados em petróleo estão sendo esgotadas, a dependência do petróleo se tornará uma grande problema, a menos que combustíveis alternativos de não petróleo sejam desenvolvidos. Além disso, a norma combustão de combustíveis baseados em petróleo em motores convencionais possam causar sérios problemas ambientais como  
25 poluição, a menos que rígidos métodos para o controle da emissão do gás do escapamento sejam usados. Um combustível diesel sintético de combustão limpa poderá ajudar a reduzir as emissões dos motores diesel. A produção de combustíveis de transporte de combustão limpa requer tanto a reformulação dos combustíveis baseados em petróleo, como na descoberta de novos métodos  
30 para a produção de energia ou a síntese do combustível dos materiais não usados. Existem muitas fontes viáveis, derivadas tanto de orgânicos renováveis como de resíduos de materiais carboníferos. Utilizando resíduo carbonífero para produzir combustíveis sintéticos é um método economicamente viável uma vez

que a entrada do estoque de abastecimento já é considerada de pequeno valor, descartado como resíduo e o dejetos sempre sendo poluente. Os combustíveis de transporte líquidos tem inerentes vantagens sobre os combustíveis gasosos, tendo mais altas densidades energéticas do que os combustíveis gasosos na mesma pressão e temperatura. Os combustíveis líquidos poderão ser armazenados na atmosfera ou em baixas pressões para alcançar as densidades de energia do combustível líquido, enquanto os combustíveis gasosos deverão ser armazenados em um tanque ou veículo em altas pressões para que possam estar seguros no caso de vazamentos ou repentina ruptura. A distribuição dos combustíveis líquidos é muito mais facilitada do que a dos combustíveis gasosos, usando simples bombas ou oleodutos. A infra-estrutura do combustível líquido do existente setor de transporte assegura fácil integração no mercado existente de qualquer produção de combustíveis de transporte líquidos sintéticos de combustão limpa. A viabilidade dos combustíveis de transporte líquido de combustão limpa é uma prioridade nacional. Produzindo a síntese do gás ( que é uma mistura de hidrogênio e do monóxido de carbono) limpa e eficientemente à partir de fontes carboníferas, que poderão ser sujeitas à processos do tipo Fischer-Tropsch para produzir gasolina sintética limpa e valiosa e combustíveis diesel, beneficiando tanto o setor de transporte como a saúde da sociedade. O processo tipo Fischer-Tropsch ou reator, que é definido aqui para incluir respectivamente um processo Fischer-Tropsch ou reator, é qualquer processo ou reator que use gás sintético para produzir um combustível líquido. Similarmente, um combustível líquido do tipo Fischer-Tropsch é um combustível produzido pelo referido processo ou reator. Um processo Fischer-Tropsch é permitido para a aplicação conhecida no estado da técnica de métodos de tratamento após o gás sair do escapamento pela redução do NO<sub>x</sub>, remoção de partículas tóxicas presentes no escape do motor diesel, e a redução da normal combustão de produtos poluentes, correntemente acompanhados por catalisadores que são intoxicados rapidamente por qualquer enxofre presente, como o caso de ordinários estoques de derivados de combustível diesel, reduzindo a eficiência do catalisador. Tipicamente, combustíveis líquidos do tipo Fischer-Tropsch, produzidos de biomassas derivadas da síntese do gás, são livres de enxofre, livres de aromáticos e no caso do combustível diesel sintético tem um ultra alta

valor cetânico. O material biomassa é o mais comumente estoque de abastecimento de resíduo carbonífero processado para produzir combustíveis renováveis. Os estoques de abastecimento de biomassa poderão ser convertidos para produzirem eletricidade, calor, produtos químicos valiosos ou combustíveis.

5 A maior parte da nação da Califórnia usa e desenvolve várias tecnologias de utilização de biomassa. Por exemplo, somente no Condado de Riverside, área da Califórnia, é estimado que aproximadamente 4000 toneladas de resíduo de madeira seja descartado diariamente. De acordo com outras estimativas, mais de 100.000 toneladas de biomassa por dia são despejadas em aterros sanitários

10 na área do Condado de Riverside. Este resíduo compreende aproximadamente 30% de resíduo de papel ou papelão, 40% de resíduo orgânico (vegetação e alimentos), e 30% de combinações de papel, madeira e resíduo metálico. Os componentes carboníferos deste material residual têm energia química que poderia ser usada para reduzir a necessidade para outras fontes de energia se

15 elas fossem convertidas em um combustível de combustão limpa. Essas fontes de resíduo de material carbonífero não são somente fontes viáveis. Enquanto muitos materiais de resíduos de carboníferos existem, como papel, poderão ser separados re-usados e reciclados, para outros materiais, o resíduo produzido não necessita pagar qualquer contribuição, se o resíduo for liberado diretamente

20 à uma instalação de conversão. Uma taxa contributiva , presentemente de US\$ 30-US\$ 35 por tonelada, é usualmente cobrado pela agência gerenciadora do resíduo/lixo para recompensar custos com o descarte. Conseqüentemente não somente custos com descarte poderão ser reduzidos pelo transporte do resíduo/lixo para uma fábrica processadora de combustíveis sintéticos, mas

25 adicional resíduo poderá ser viabilizado face à redução do custo do descarte. A queima da madeira em um forno à lenha é um simples exemplo do uso da biomassa para produzir energia à calor. Infelizmente, o início da queima do resíduo da biomassa para obter energia e calor não é um método limpo e eficiente para utilizar o valor calorífico. Por exemplo, muitas outras maneiras de

30 se utilizar resíduos carboníferos estão sendo descobertos. Por exemplo, um caminho pe produzir combustíveis de transporte líquidos sintéticos e outro é produzir gás energético para conversão em eletricidade. Usando combustíveis de fontes renováveis de biomassa poderá atualmente diminuir a rede de acúmulo

de gases estufa, como dióxido de carbono, enquanto se provê limpeza e eficiente energia para o transporte. Um dos principais benefícios da co-produção dos combustíveis líquidos sintéticos a partir de fontes de biomassa é que eles podem prover um combustível de transporte armazenável reduzindo os efeitos dos gases estufa e contribuindo para o aquecimento global. No futuro, esses processos de co-produção poderão prover combustíveis de combustão limpa para uma economia do combustível renovável que poderá ser mantido continuamente. Um número de processos existe para converter carvão e outros materiais carboníferos para combustíveis de transporte de combustão limpa, mas eles tendem a serem muito onerosos para competir no mercado com os combustíveis baseados em petróleo, ou produzindo combustíveis voláteis, como metanol e etanol que tem valores de pressão vaporosa muito altos em áreas de alta poluição, com na base do ar do Sudeste da Califórnia, sem regulamentações para a limpeza do ar. Um exemplo deste último processo é o Processo Metanol Hynol, que usa hidro-gaseificação e reatores reformadores a vapor para sintetizar metano usando um co-abastecimento de materiais carboníferos sólidos e gás natural, e que tem uma eficiência de conversão de carbono demonstrada e >85% nas demonstrações em escala laboratorial. Numerosos estudos de gaseificação tem demonstrado que a oxidação parcial (POX) do carvão poderá produzir gases energéticos. A síntese do gás produzida é usada tanto como combustível para gerar eletricidade em processos IGCC como usada como estoque de abastecimento para produzir combustíveis líquidos em processos de gás para líquidos (GTL). O processo de oxidação parcial geralmente requer uma fábrica de geração de oxigênio, que requer alto capital e alto custo operacional. Outro processo foi desenvolvido no início de 1930 onde o carvão foi gaseificado com hidrogênio ao invés de ar/oxigênio. A hidro-gaseificação se refere à reação do carbono e sua carbonização com gás rico em hidrogênio a 600 – 1000° C, com o produto principal sendo metano. O processo de hidro-gaseificação requer hidrogênio como um estoque de abastecimento e as reações sendo extremamente mais lentas quando comparadas ao processo de oxidação parcial. Devido a essas razões a hidro-gaseificação é normalmente realizada com um catalisador e em um reator com alto tempo de residência do gás. Todos os processos de gaseificação

usualmente requerem uma alimentação seca do processo. A secagem do estoque de abastecimento aumenta o custo de todo o processo. Em alguns casos a alimentação da pasta fluída é usada. A alimentação da pasta fluída não requer que o estoque de abastecimento seja secado antes do processo de gaseificação. Uma bomba de pasta fluída de alta pressão é usada para alimentar a pasta fluída no interior do reator ao invés de um complexo e incômodo sistema de dispositivo de bloqueio no caso de uma alimentação seca. A desvantagem associada com a alimentação da pasta fluída é que o processo requer adicional fonte de calor para prover o calor sensível à água na alimentação da pasta fluída. Dessa forma, o sistema de alimentação da pasta fluída para um processo de hidro-gaseificação POX não parecer ser factível, uma vez que o processo de gaseificação se conecta na fonte externa do calor ao invés do calor interno que é gerado pela combustão da fração do estoque de abastecimento no POX. De particular interesse à presente invenção são processos desenvolvidos mais recentemente nos quais uma pasta fluida de material carbonífero é alimentada em um reator hidro-gaseificador. O referido processo foi desenvolvido em nossos laboratórios para produzir a síntese do gás na qual a paste fluída de partículas do material carbonífero em água, e hidrogênio de uma fonte interna, são alimentados em um reator de hidro-gaseificação sob condições para gerar um gás produzido rico. Este é alimentado com vapor em um reformador pirolítico a vapor sob condições para gerar a síntese do gás. Este processo é descrito em detalhes em Norbeck et al, Pedido de Patente Norte-Americano No. 10/503.435 (publicado como US 2005/0256212) intitulado "Produção de Combustíveis de Transporte Líquidos à Partir de Material Carbonífero Usando Hidro-Gaseificação Auto-Sustentada". Em uma adicional versão do processo, usando um reator de hidro-gaseificação (SHR) o material carbonífero é aquecido simultaneamente na presença de hidrogênio e vapor para sobrepor a pirólise do vapor e a hidro-gaseificação em uma única etapa. Este processo é descrito em Norbeck et al, Pedido de Patente Norte-Americano No. 10/911.348 (publicado como US 2005/0032920), intitulado "Pirólise do Vapor para Acentuar a Hidro-Gaseificação do Material Carbonífero". As revelações dos Pedidos de Patente Norte Americanos Nos. 10/503.435 e 10/911.348 são incorporados aqui para referência. Reatores de leito fluidizados são muito conhecidos e usados em uma

variedade de processos de fabricação industrial, por exemplo, na indústria petrolífera para fabricar combustíveis em como em aplicações petroquímicas incluindo gaseificação de carvão, fertilizantes do carvão, e tratamento de lixo industrial e municipal. No caso do sistema POX, o reator de leito fluidizado

5 poderá controlar um estoque de abastecimento úmido uma vez que a reação provê o calor sensível. O processo de hidro-gaseificação a vapor não provê este calor internamente, uma vez que a reação não é altamente exotérmica. Não será factível prover a excessiva quantidade de calor externamente para um reator de leito fluidizado de forma eficiente e rápida no caso da alimentação da pasta

10 fluída. Dessa forma, será claro que um sistema reator otimizado para a hidro-gaseificação a vapor não existe. Além disso, face à operação do reator de leito fluidizado ser geralmente restrita à temperaturas abaixo do ponto de fundição do material sendo processado e escoriado dos materiais como cinza interromperá a fluidificação do leito, tendo os reatores de leito fluidizado pequeno ou qualquer

15 uso no processamento de muitos tipos de materiais carboníferos usados como abastecedores na reações de hidro-gaseificação. Além disso, a formação do alcatrão é um típico problema dos gaseificadores de leito fluidizado de baixa temperatura com convencional tecnologia. Esses problemas poderão ser amplificados quando escalados. Por exemplo, tentativas para escalar as sínteses

20 falhas do tipo Fischer-Tropsch com descrito por Werther et al, em "Modeling of Fluidized Bed Reactors", International Journal of Chemical Reactor Engineeringm Vol. 1:P1. 2003. Não obstante os acima mencionados inconvenientes, os presentes inventores entenderam que os estoques de abastecimento em reações de hidro-gaseificação, como carvão e biomassa, poderão ser

25 suficientemente reativos para operar em baixas temperaturas de processos de leito fluidizado. Esta invenção provê um aperfeiçoado, econômico e alternativo método de condução da hidro-gaseificação, pela operação da hidro-gaseificação em um reator de leito fluidizado. O uso de uma leito fluidizado para conduzir a hidro-gaseificação provê extrema boa mistura entre a alimentação e os gases da

30 reação, que promovem aquecimento e transferência de massa. Isto assegura uma equilibrada distribuição do material no leito, resultando em uma alta taxa de conversão comparado com outros tipos de reatores de gaseificação. Em uma particular incorporação, para otimizar a performance do reator de leito fluidizado,

duas etapas são providas. Na primeira etapa, o material carbonífero é alimentado como uma pasta fluída, ao longo com hidrogênio, para um reator do tipo estufa antes de ser alimentado ao reator de leito fluidizado. Opcionalmente, um moedor poderá ser provido no reator tipo estufa. Nesta segunda etapa da

5 incorporação, o aparelho compreende um reator do tipo estufa, uma bomba de pasta fluída conectada a uma entrada do reator tipo estufa, meios para conectar uma fonte de hidrogênio à uma entrada do reator tipo estufa, um reator de leito fluidizado conectado para receber a saída do reator tipo estufa para processar uma zona fluidizada, e uma fonte de vapor e uma fonte de hidrogênio

10 conectadas ao reator de leito fluidizado abaixo da zona de fluidificação. Opcionalmente, um moedor/triturador poderá ser provido no reator de leito fluidizado. Foi descoberto que a reação da hidro-gaseificação a vapor (SHR), como descrito no acima referenciado Pedido de Patente Norte-Americano No. 10/911.2348 é particularmente bem apropriado para ser conduzido em um reator

15 de leito fluidizado. Face ao SHR ser usualmente operado sob a temperatura dos resíduos da combustão a alimentação do hidrogênio do SHR, opcionalmente combinada com o vapor, poderá ser usada como o meio fluidizado. A redução ambiental da hidro-gaseificação suprime o formato do alcatrão, que evita os problemas acima citados. O reator de leito fluidizado é bom no alcance de

20 qualquer e toda mistura do abastecimento sólido com os gases do reator. Em uma particular implementação da invenção, a saída do reator de leito fluidizado é usada como estoque de abastecimento para um reformador de metano a vapor (SMR), que é um reator amplamente usado para produzir síntese de gás para a produção de combustíveis líquidos e químicos, por exemplo em um reator do tipo

25 Fischer-Tropsch (FTR). Mais particularmente na presente invenção, o material carbonífero, que compreende dejetos municipais, resíduos gerais, biomassa, carvão, madeira ou polímero sintético ou natural, é convertido em um fluxo de metano e gás rico em monóxido de carbono pelo aquecimento do material carbonífero em um reator de leito fluidizado usando vapor e/ou hidrogênio,

30 preferivelmente ambos como meio fluidizado em uma temperatura e pressão suficiente para gerar um fluxo de metano e de gás rico em monóxido de carbono mas à uma temperatura baixa suficiente e/ou à uma pressão alta suficiente para possibilitar o material carbonífero ser fluidizado pelo hidrogênio ou pela mistura

do hidrogênio e vapor. Preferivelmente, a temperatura é de aproximadamente 700° C à 900° C à uma pressão de aproximadamente 132 psi à 560 psi, preferentemente 150 – 450 psi. As impurezas são removidas do fluxo de metano e do gás rico em monóxido de carbono na substancial pressão do reator de leito fluidizado à uma temperatura acima do ponto de fervura da água na pressão do processo. Em uma preferida incorporação, antes o material carbonífero ser processado em um reator tipo estufa. Nesta incorporação, uma pasta fluída do material carbonífero é alimentada com hidrogênio em uma primeira etapa do reator tipo estufa à 300 – 600° C e à uma pressão de 132 – 560 psi. Em uma segunda etapa, a saída do reator tipo estufa é abastecida por um reator de leito fluidizado usando hidrogênio como meio fluidizado, e usando vapor, à uma temperatura aproximada de 700° C à 900° C, na referida pressão e assim gerando um fluxo de metano e de gás rico em monóxido de carbono. Na utilização dos métodos, o fluxo de metano e do gás rico em monóxido de carbono está sujeito ao reformador de metano a vapor sob condições para gerar a síntese do gás compreendendo hidrogênio e monóxido de carbono sendo gerados. Em um preferido método, a síntese do gás gerada pelo reformador de metano a vapor pe alimentada em um reator do tipo Fischer-Tropsch sob condições nas quais um combustível líquido é produzido. O calor exotérmico da reação tipo Fischer-Tropch poderá ser transferida à reação de hidro-gaseificação e/ou pela reação do reformador de metano a vapor. Para um melhor entendimento e compreensão da presente invenção, referência detalhada será agora feita à descrição da mesma em conjunto com os desenhos em anexo, apresentados em caráter exemplificativo, mas não limitativo, nos quais:

- A Figura 1 é u m diagrama de fluxo esquemático de uma primeira incorporação na qual uma reação de hidro-gaseificação a vapor é conduzida em um reator de leito fluidizado; e
- A Figura 2 é um diagrama de fluxo esquemático de uma segunda incorporação na qual a reação de hidro-gaseificação a vapor é conduzida usando a segunda etapa do hidro-gaseificador a vapor compreendendo u m reator tipo estufa e um reator de leito fluidizado.

Com relação à Figura 1, o aparelho é mostrado de acordo com uma incorporação da invenção para um processo para converter material carbonífero

como dejetos municipais, biomassa, madeira, carvão, polímero sintético ou natural em metano e em gás rico em monóxido de carbono. O material carbonífero na forma de uma pasta fluída é carregado em um tanque de abastecimento 10 e alimentado por gravidade por uma bomba da pasta fluída 12. Nesta  
5 incorporação, água de um tanque de água 14 é alimentada por uma bomba de água 16 à um gerador a vapor 18. Simultaneamente, hidrogênio é alimentado ao gerador a vapor 16, que poderá ser de um tanque 20 de hidrogênio, ou de uma fonte interna como a saída de um inferior reformador de metano a vapor (que será descrito abaixo) ou de ambos. A saída da bomba da pasta fluída 12 é  
10 alimentada através da linha 22 da parte inferior de um reator de leito fluidizado 24 enquanto a saída do gerador a vapor 18 é alimentada através da linha 25 ao reator de leito fluidizado 24 em um ponto abaixo da pasta fluída do material carbonífero. Em outra incorporação, o hidrogênio é alimentado diretamente ao reator de leito fluidizado 24 em um ponto abaixo da pasta fluída do material  
15 carbonífero enquanto o abastecimento do gerador a vapor é introduzido em um ponto acima da entrada da pasta fluída do material carbonífero, ou seja, na parte inferior do ponto de introdução do material carbonífero. O reator de leito fluidizado 18 opera como um reator de hidro-gaseificação (SHR) à uma temperatura de aproximadamente 700° C à 900° C e à uma pressão aproximada  
20 de 132 psi à 560 psi, preferivelmente 150 – 400 psi, para gerar um fluxo de metano e de gás rico em monóxido de carbono, que também poderá ser chamado de um gás produzido. As reações químicas ocorrem neste processo são descritas em detalhes em Norbeck et al, Pedido de Patente Norte-Americano No. 10/911.348 (publicado como US 2005/0032920) intitulado “Pirólise do Vapor  
25 Como Um Processo Para Acentuar a Hidro-Gaseificação do Material Carbonífero” . A revelação do Pedido de Patente Norte-Americano No. 10/911.348 é incorporada à presente para referência. A temperatura de escoriação da combustão dos resíduos no reator de leito fluidizado 24 é suficientemente baixa e a pressão suficientemente alta de modo que uma reação  
30 de leito fluidizado possa ser usada. A redução ambiental do reator de leito fluidizado 24 também suprime o formato do alcatrão. A cinza da combustão e o carvão, bem como o sulfeto de hidrogênio e outros componentes orgânicos do reator de leito fluidizado 18 são dispostos através da linha 26 e sua saída é

alimentada através da linha 28 em um ciclone aquecido 30 sendo alimentado através da linha 34 à um filtro de gás aquecido 36. e então através da linha 38 a um reator de metano a vapor. No reformador de metano a vapor 40, a síntese do gás é gerada compreendendo hidrogênio e monóxido de carbono à um raio mole de  $H_2:CO$  abrangendo aproximadamente 3 à 1. A saída do hidrogênio/monóxido de carbono do reformador de metano a vapor 40 poderá ser usada para uma variedade de propósitos, um deles como abastecer o reator tipo Fischer-Tropsch 42 do qual água pura 42 e combustível diesel e/ou cera 46 são obtidos. Calor exotérmico 48 do reator Fischer-Tropsch 42 poderá ser transferido ao reformador de metano a vapor 40 como mostrado pela linha 50. O requerido raio mole  $H_2:CO$  de um reator Fischer-Tropsch com um catalisador baseado em cobalto sendo 2:1. De acordo com isso, há um excesso de hidrogênio do reformador de metano a vapor 40, que poderá ser separado e alimentado no reator de leito fluidizado 24 (pelas linhas não mostradas) para fazer um processo auto-sustentado, ou seja, sem requerer abastecimento externo de hidrogênio. Com relação à Figura 2, uma segunda preferida incorporação é mostrada usando um sistema de um reator de hidro –gaseificação a vapor (SHR) que envolve duas etapas para realizar a hidro-gaseificação a vapor. A primeira etapa é um reator do tipo estufa (KGR) 52 seguido pela segunda etapa de um reator de leito fluidizado (CFBR) 54 . O KGR 52 usa uma pasta fluída e hidrogênio como abastecimento. O abastecimento da pasta fluída é uma mistura de um estoque de abastecimento de um carbonífero e água sendo liberadas à uma entrada 56 do KGR 52 por uma bomba de pasta fluída de cavidade de pressão 56, direcionada pelo motor 60. O abastecimento de hidrogênio é liberado à outra entrada 62 do KGR 52. Os gases produzidos e os sólidos vindos do KGR entram no CFNR por uma entrada 64 do CFNR no topo da zona fluidizada 66. Vapor e hidrogênio, no 68, são usados para fluidizar o abastecimento no CFBR 54. O sistema do reator é designado para controlar um abastecimento de pasta fluída e atingir alta conversão do estoque de abastecimento do carbonífero. Os gases são permitidos a alcançar alto tempo de residência do gás no interior do sistema do reator para ter equilíbrio. O kGR 52 é direcionado por um motor 70, sendo conectado à entrada 54 do CFBR 54 por um acoplamento flexível e sendo aquecido eletricamente no 74. Em uma incorporação alternativa, o calor revestido da saída do produto

poderá ser usada para aquecer o KGR 52. O isolamento inclui o CFBR e a região de saída do KGR, mostrado em sombreado em 76 e 78. O produto da extremidade da saída 80 CFBR passa através de um ciclone 82 para prover o gás produzido 84. Opcionalmente, se poderá prover um moedor do abastecimento 86, que poderá ser posicionado internamente no KGR 52 e na sua extremidade de saída para ainda facilitar a liberação do abastecimento da pasta fluída processada no CGBR 54. Na primeira etapa a inconstância do abastecimento ocorre. O KGR 52 age como um pré-aquecedor para a inconstância da pasta fluída. É um sistema efetivo para aquecer o abastecimento e também atingir uma parcial conversão do abastecimento antes dele entrar no CFBR 54. O CFBR alcança uma uniforme mistura dos gases e dos sólidos no interior do reator aumentando a conversão e ainda as reações de hidrogaseificação a vapor em mais altas temperaturas. Como na primeira incorporação, o SHR produz um vapor e um gás rico em metano do estoque de abastecimento onde o vapor está presente como um resultado do superaquecimento da fração de água do abastecimento da pasta fluída. O vapor e o gás rico em metano fluem em direção da unidade de limpeza do gás e alimentados no SMR. O SMR produz um fluxo do gás produzido consistindo na maior parte de  $H_2$  e  $CO$ . O raio  $H_2/CO$  é inicialmente alto e uma determinada fração do alto raio syngas pe reciclado de volta ao SHR. Em uma particular implementação da segunda etapa do hidrogaseificador KGR 52 é 80 polegadas maior, com uma zona de reação de 4 pés e operando em uma temperatura de  $600^\circ C$  a uma pressão de 200 psi e em um total de 8 pés maior na qual a zona fluidizada é 3 pés maior e a "borda livre" acima da zona fluidizada sendo 4 pés maior. O tempo de residência dos sólidos no KGR 52 é de 100 segundos. O total do tempo de residência do gás é de 45 segundos. Apesar da presente invenção e suas vantagens terem sido descritas em detalhes, deverá ser entendido que várias modificações, substituições e alterações poderão ser feitas aqui sem fugir do escopo e espírito da invenção como definido nas reivindicações em anexo. Além disso, o escopo do presente pedido não é limitado à particulares incorporações dos processos e aparelhos descritos no relatório descritivo. Um especialista no assunto apreciará a partir da revelação da presente invenção, que os processos e aparelhos presentemente existentes ou ainda a serem

desenvolvidos que venha a realizar substancialmente a mesma função ou alcançar o mesmo resultado das correspondentes incorporações aqui descritas poderão ser utilizados de acordo com a presente invenção. De acordo com isso, as reivindicações em anexo são pretendidas para incluir os referidos processos e uso dos aparelhos dentro do seu escopo.

## **REIVINDICAÇÕES**

1. **“MÉTODO PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM UM FLUXO DE METANO E DE GÁS RICO EM MONÓXIDO DE CARBONO”**, caracterizado por compreender o aquecimento do material carbonífero em um reator de leito fluidizado usando hidrogênio e um meio fluidizado, e usando vapor, à uma temperatura e pressão suficientes para gerar um fluxo de metano e de gás rico em monóxido de carbono mas à uma temperatura baixa suficiente e à uma pressão alta suficiente para possibilitar o material carbonífero ser fluidizado pelo vapor e/ou hidrogênio.  
5
2. **“MÉTODO”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o material carbonífero ser alimentado pelo reator de leito fluidizado como abastecimento da pasta fluída.  
10
3. **“MÉTODO”**, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o abastecimento da pasta fluída ser aquecido em um reator do tipo estufa antes de ser alimentado pelo reator de leito fluidizado.  
15
4. **“MÉTODO”**, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por o abastecimento da pasta fluída ser aquecido com hidrogênio no reator do tipo estufa.
5. **“MÉTODO”**, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por o abastecimento da pasta fluída ser aquecido em um reator do tipo estufa à 300 – 600° C e à 150 – 400 psi.  
20
6. **“MÉTODO”**, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o tempo de residência do abastecimento da pasta fluída no reator do tipo estufa ser de 10 – 200 segundos.
7. **“MÉTODO”**, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o tempo de residência do hidrogênio da saída do reator tipo estufa para a saída do reator de leito fluidizado ser de 5 – 45 segundos.  
25
8. **“MÉTODO”**, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por o abastecimento da pasta fluída ser moída no reator tipo estufa.
9. **“MÉTODO”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por uma combinação de hidrogênio e vapor ser usada como meio de fluidificação.  
30
10. **“MÉTODO”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por incluir a etapa de remoção de impurezas do fluxo de metano e do gás rico em monóxido de carbono.

11. "MÉTODOS", de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por as impurezas serem removidas do fluxo de metano e de gás rico em monóxido de carbono a uma substancial pressão do reator de leito fluidizado e a uma temperatura acima do ponto de fervura da água na pressão do processo.

12. "MÉTODOS", de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por incluir a etapa de sujeição do fluxo de metano e de gás rico em monóxido de carbono para o reformador de metano a vapor sob condições onde a síntese do gás compreendendo hidrogênio e monóxido de carbono é gerado.

13. "MÉTODOS", de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a síntese do gás gerada pelo fluxo do reformador de metano a vapor ser alimentada em um reator tipo Fischer-Tropsch sob condições onde um combustível líquido é produzido.

14. "MÉTODOS", de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser conduzido sob reduzidas condições.

15. "MÉTODOS", de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a temperatura ser de aproximadamente 700 – 900° C a uma pressão de aproximadamente 132 psi a 560 psi.

16. "MÉTODOS PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM SÍNTESE DE GÁS", caracterizado por compreender:

- a formação de uma pasta fluída de material carbonífero e a alimentando com hidrogênio na primeira etapa de um reator tipo estufa a 300 – 600° C e 132 – 560 psi;

- na segunda etapa, o abastecimento da saída do reator tipo estufa para um reator de leito fluidizado usando hidrogênio como meio de fluidificação, e usando vapor a uma temperatura de aproximadamente 700° C à 900° C na referida pressão para gerar um fluxo de metano e de gás produzido rico em monóxido de carbono;

- a sujeição do gás produzido resultante ao fluxo de metano a vapor sob condições para gerar a síntese do gás compreendendo hidrogênio e monóxido de carbono.

17. "MÉTODOS", de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por a pressão ser de aproximadamente 150 – 400 psi.

18. **“MÉTODO”**, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por compreender o uso de calor da saída do produto para aquecer o reator tipo estufa.

5 19. **“APARELHO PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM SÍNTESE DE GÁS”**, caracterizado por compreender:

- um reator do tipo estufa tendo uma ou mais entradas e uma saída;  
- uma bomba de pasta fluída conectada a uma entrada do reator do tipo estufa;  
- uma ou mais fontes de hidrogênio;  
- meios para conectar uma fonte de hidrogênio a uma entrada do reator do tipo estufa;

10 - um reator de leito fluidizado tendo uma zona de fluidificação em uma primeira entrada abaixo da zona de fluidificação;

- o reator de leito fluidizado tendo uma segunda entrada acima da primeira entrada conectada à saída do reator do tipo estufa para receber a saída do reator do tipo estufa para processar a zona de fluidificação;

15 - uma fonte de vapor;  
- meios para conectar a fonte de vapor e a fonte de hidrogênio à primeira entrada do reator de leito fluidizado.

20. **“APARELHO”**, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por incluir um moedor no reator do tipo estufa para moer o abastecimento da pasta fluída.

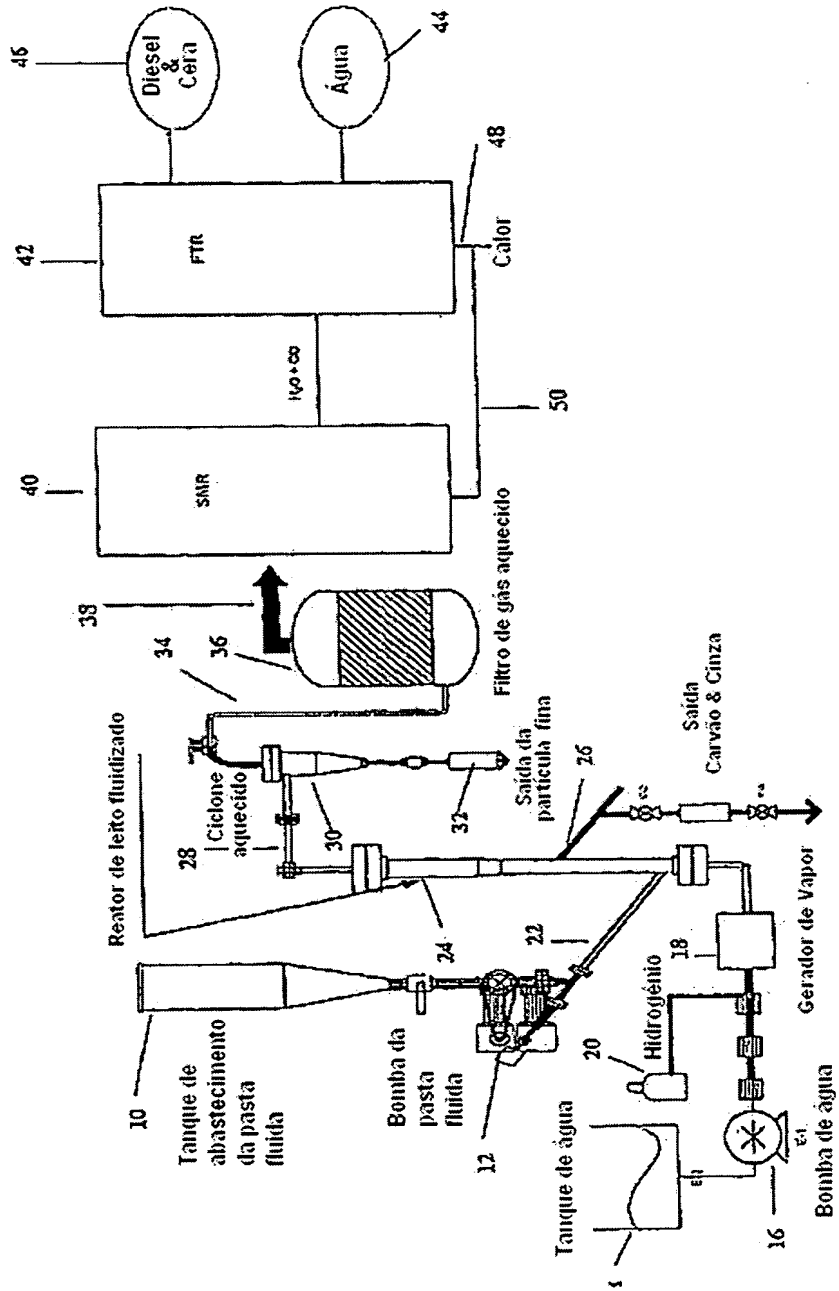


Fig. 1

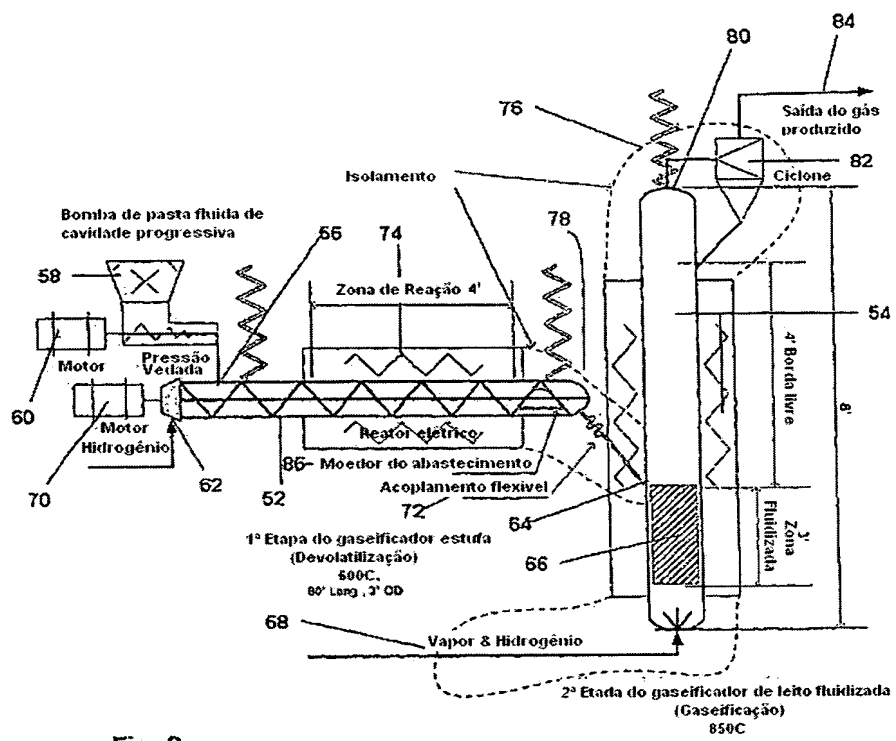


Fig. 2

**RESUMO**

**"MÉTODO PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM UM FLUXO DE METANO E DE GÁS RICO E EM MONÓXIDO DE CARBONO; MÉTODO PARA CONVERTER MATERIAL CARBONÍFERO EM E EM SÍNTESE DE GÁS E APARELHO"**

5 Método e aparelho para converter material carbonífero em um fluxo de metano e um gás rico em monóxido de carbono sendo aquecido o material carbonífero em um reator de leito fluidizado usando hidrogênio, como meio fluidificação, e usando vapor, sob condições reduzidas, em uma temperatura e pressão

10 suficientes para gerar um fluxo de metano e de gás rico em monóxido de carbono, mas em uma temperatura baixa suficiente e/ou pressão alta suficiente para possibilitar o material carbonífero ser fluidizado pelo hidrogênio. Em particulares incorporações, o material carbonífero é alimentado como um suprimento de pasta fluída, ao longo com hidrogênio, para um reator do tipo

15 estufa antes de ser alimentado ao reator de leito fluidizado. O aparelho é provido compreendendo um reator do tipo estufa, uma bomba de pasta fluída conectada a uma entrada do reator tipo estufa, meios para conectar uma fonte de hidrogênio a uma entrada do reator tipo estufa, um reator de leito fluidizado conectado para receber a saída do reator tipo estufa para processar uma zona

20 de fluidificação, e uma fonte de vapor e uma fonte de hidrogênio conectadas ao reator tipo estufa abaixo da zona de fluidificação. Opcionalmente um moedor poderá ser provido no reator tipo estufa.