



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

**(11) BR 112016004743-5 B1**



**(22) Data do Depósito: 16/09/2014**

**(45) Data de Concessão: 22/02/2022**

**(54) Título:** PROCESSOS DE DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA NÃO CATALÍTICA

**(51) Int.Cl.:** C10J 3/00; C10J 3/72.

**(30) Prioridade Unionista:** 10/09/2014 US 14/482,318; 17/09/2013 US 61/878,940.

**(73) Titular(es):** JUPENG BIO (HK) LIMITED.

**(72) Inventor(es):** KIM CARLO S. OCFEMIA; PETER SIMPSON BELL.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2014055904 de 16/09/2014

**(87) Publicação PCT:** WO 2015/042055 de 26/03/2015

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 03/03/2016

**(57) Resumo:** PROCESSOS DE DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA NÃO CATALÍTICA. Um processo fornece a redução da formação de aglomerados durante a decomposição térmica de uma matéria-prima de material carbonáceo. Um processo de decomposição térmica não catalítica inclui o fornecer matéria-prima, em geral, sólida a uma unidade de decomposição térmica e mover a matéria-prima através de pelo menos uma zona de gaseificação na unidade de decomposição térmica com um dispositivo em movimentação. O processo inclui fornecer oxigênio e opcionalmente um gás adicional para a zona de gaseificação. Em um aspecto, o processo inclui mover a matéria-prima através da zona de gaseificação e fornecer oxigênio para a zona de gaseificação em taxas eficazes para a manutenção de uma temperatura do leito de material não superior a cerca de 2300°F em qualquer ponto no leito de material, e para a manutenção de uma temperatura do leito de material de cerca de 500°F a cerca de 2.000°F.

## **“PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA NÃO CATALÍTICA”**

### **RELATÓRIO DESCRITIVO**

**[0001]** Este Pedido reivindica o benefício do Pedido Provisório US nº 61/878.940, depositado em 17 de setembro de 2013, que é aqui incorporado na sua totalidade a título de referência.

**[0002]** Um processo fornece a redução da formação de aglomerados durante a decomposição térmica de uma matéria-prima de material carbonáceo. Mais especificamente, o processo é eficaz para a redução da formação de aglomerados, controlando quantidades de oxigênio e o tempo de residência da matéria-prima, melhorando a dispersão de oxigênio.

### **ANTECEDENTES**

**[0003]** Os processos de decomposição térmica, muitas vezes chamados de gaseificação, incluem processos que são eficazes para converter matéria-prima carbonácea, tais como os resíduos sólidos urbanos (MSW) ou carvão, em um gás combustível. O gás pode ser usado para gerar eletricidade, vapor ou como uma matéria-prima básica para a produção de produtos químicos e combustíveis líquidos.

**[0004]** O processo de decomposição térmica inclui a alimentação de matéria-prima carbonácea em uma câmara aquecida (o gaseificador) juntamente com uma quantidade controlada e/ou limitada de oxigênio e, opcionalmente, vapor. Em contraste com a incineração ou combustão, que operam com excesso de oxigênio para a produção de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>x</sub>, e NO<sub>x</sub>, os processos de decomposição térmica produzem uma composição de gás em bruto que inclui a CO e H<sub>2</sub>. Mais especificamente, o processo de decomposição térmica envolve uma oxidação parcial ou oxidação desprovida de ar do material carbonáceo em que uma quantidade sub-estequiométrica de oxigênio é enviada

para o processo de gaseificação para promover a produção de monóxido de carbono, conforme descrito no documento WO 2009/154788. O sucesso de um processo de gaseificação depende muito da qualidade do gás de síntese (syngas) produzido. O aumento no teor de monóxido de carbono (CO) e hidrogênio (H<sub>2</sub>) é desejável no gás de síntese produzido.

**[0005]** Os meios para realização de um processo de decomposição térmica variam de muitas maneiras, mas tendem a depender de vários fatores de engenharia importantes: a atmosfera (nível de oxigênio ou de ar ou de teor de vapor) no gaseificador; o projeto do gaseificador; o meio de aquecimento interno e externo; e a temperatura de operação para o processo. Os fatores que afetam a qualidade do gás de produto incluem: composição da matéria-prima, preparação e tamanho de partícula; taxa de aquecimento do gaseificador; tempo de residência; configuração da instalação, incluindo se a mesma emprega um sistema de alimentação de suspensão pastosa ou a seco, a geometria de fluxo da matéria-prima reagente, projeto do sistema de remoção das cinzas secas ou da escória mineral; se a mesma usa uma geração de calor direta ou indireta e método de transferência; e o sistema de limpeza do gás de síntese. A gaseificação é normalmente realizada a uma temperatura na faixa de cerca de 650°C. a 1200°C, ou sob vácuo, à pressão atmosférica ou a pressões até cerca de 100 atmosferas.

**[0006]** Como matéria-prima é aquecida em um processo de decomposição térmica, os materiais carbonáceos na matéria-prima são convertidos em CO, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>. A matéria mineral na matéria-prima, juntamente com qualquer material carbonáceo não convertido ou cinzas na forma de carbono não convertidas. Nos gaseificadores em operação a uma temperatura elevada (> 1.200°C.) ou em sistemas com uma zona de temperatura elevada, a matéria mineral inorgânico é fundida ou vitrificada para formar uma substância vítrea fundida chamada escória.

**[0007]** A quantidade e a composição de cinzas (por exemplo, teor

de carbono) pode ter um impacto sobre o bom funcionamento do processo de decomposição, bem como sobre a eliminação das cinzas. A fusão e aglomeração de cinzas no gaseificador pode causar escorificação e a formação de clínquer que pode levar ao bloqueio parcial ou completo do gaseificador.

## SUMÁRIO

**[0008]** Um processo fornece um melhor desempenho do gaseificador através da redução da formação de aglomerados durante a decomposição térmica de uma matéria-prima de material carbonáceo. A formação reduzida de aglomerados no gaseificador fornece tempo de execução mais longo no gaseificador e limpeza mais fácil do gaseificador. O processo reduz a formação de aglomerado mantendo uma qualidade do gás de síntese útil para posterior fermentação do gás de síntese.

**[0009]** Um processo de decomposição térmica não catalítica inclui o fornecimento de matéria-prima, em geral, sólida para uma unidade de decomposição térmica e a movimentação da matéria-prima através de pelo menos uma zona de gaseificação na unidade de decomposição térmica com um dispositivo de movimentação. O processo inclui fornecer oxigênio e, opcionalmente, de um gás adicional para a zona de gaseificação. Em um aspecto, o processo inclui mover a matéria-prima através da zona de gaseificação e fornecer oxigênio para a zona de gaseificação em taxas eficazes para a manutenção de uma temperatura do leito do material não superior a cerca de 2300°F em qualquer ponto no leito do material, e para a manutenção de uma temperatura do leito do material de cerca de 500°F a cerca de 2.000°C.

**[0010]** Noutro aspecto, um processo de decomposição térmica não catalítica inclui fornecer uma matéria-prima, em geral, sólida a uma unidade de decomposição térmica e mover a matéria-prima através de

pelo menos uma zona de gaseificação na unidade de decomposição térmica com pelo menos um êmbolo de transferência. O processo inclui a movimentação do êmbolo de transferência, a uma taxa eficaz para fornecer um tempo de retenção da matéria-prima na zona de gaseificação de cerca de 0,25 hora a cerca de 3 horas. Em um aspecto, o processo inclui fornecer oxigênio e, opcionalmente, um gás adicional a uma face do êmbolo de transferência, a uma taxa de cerca de 0,5 a cerca de 1,5 lb-mol/h-pés<sup>2</sup>. Quando o processo inclui o uso de gás adicional, o oxigênio e o gás adicional fornecidos para a face do êmbolo de transferência estão em uma razão em peso de cerca de 3:1 a cerca de 1:2.

**[0011]** Em um outro aspecto, o processo de decomposição térmica inclui ainda mover a matéria-prima a partir da pelo menos uma zona de gaseificação com pelo menos uma zona de combustão e mover a matéria-prima através de pelo menos uma zona de combustão com pelo menos um êmbolo de cinzas. O pelo menos um êmbolo de cinzas é movido a uma taxa eficaz para fornecer um tempo de retenção de matéria-prima na zona de combustão de cerca de 0,5 hora a cerca de 10 horas. O processo inclui a transportar gás a partir da pelo menos uma zona de gaseificação e pelo menos uma zona de combustão para uma zona de destruição de alcatrão para formar um gás de síntese. O processo de decomposição térmica é eficaz para fornecer um gás de síntese que tem um teor de CO de cerca de 20% molar ou mais e para fornecer um gás de síntese tendo uma razão de CO/CO<sub>2</sub> de pelo menos 0,75.

#### BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

**[0012]** Os aspectos acima e outros aspectos, características e vantagens de vários aspectos do processo serão mais evidentes a partir das seguintes figuras.

**[0013]** A **FIG. 1** é um diagrama esquemático de um equipamento de decomposição térmica que inclui uma zona de gaseificação e uma zona de combustão.

**[0014]** A **FIG. 2** é um diagrama esquemático de um aspecto de um equipamento de decomposição térmica que inclui uma zona de gaseificação e uma zona de combustão, em que a zona de gaseificação inclui quatro seções ou fornalhas.

**[0015]** A **FIG. 3** é um diagrama esquemático de um aspecto de um equipamento de decomposição térmica que inclui uma zona de gaseificação, uma zona de combustão e uma zona de redução de alcatrão em que a zona de gaseificação inclui cinco seções ou fornalhas.

**[0016]** A **FIG. 4A** ilustra uma vista lateral de um êmbolo de transferência e a Figura 4B ilustra uma vista frontal de uma face do êmbolo de transferência.

**[0017]** A **FIG. 5** ilustra o fluxo de materiais através de uma unidade de decomposição térmica.

**[0018]** A **FIG. 6** mostra uma vista em perspectiva de um êmbolo de transferência.

**[0019]** A **FIG. 7** mostra a composição do gás de síntese obtida a partir de diferentes fontes.

**[0020]** Os caracteres de referência correspondentes indicam componentes correspondentes ao longo das várias vistas dos desenhos. Os versados na técnica compreenderão que os elementos nas figuras são ilustrados para simplicidade e clareza e não foram necessariamente desenhados em escala. Por exemplo, as dimensões de alguns dos elementos nas figuras podem ser exageradas em relação a outros elementos para ajudar a melhorar a compreensão dos vários aspectos do presente processo e equipamento. Além disso, os elementos comuns

mas bem entendidos, que são úteis ou necessários em aspectos comercialmente viáveis muitas vezes não estão representados, a fim de facilitar uma visão menos obstruída destes vários aspectos.

### DESCRIÇÃO DETALHADA

**[0021]** A descrição seguinte não deve para ser tomada em um sentido limitativo, mas é feita apenas com o propósito de descrever os princípios gerais das modalidades exemplificativas. O escopo da invenção deve ser determinado com referência às Reivindicações.

#### Definições

**[0022]** A menos que definido de outra forma, os seguintes termos como usados ao longo deste Relatório Descritivo para a presente invenção são definidos como a seguir e podem incluir tanto as formas no singular quanto no plural das definições abaixo definidas:

**[0023]** O termo “cerca de” que modifica qualquer quantidade refere-se à variação dessa quantidade encontrada nas condições do mundo real, por exemplo, no laboratório, planta piloto, ou unidade de produção. Por exemplo, uma quantidade de um ingrediente ou de medição usada em uma mistura ou quantidade quando modificada por “cerca de” inclui a variação e grau de cuidado tipicamente empregado na medição em uma condição experimental em instalações de produção ou de laboratório. Por exemplo, a quantidade de um componente de um produto quando modificada por “cerca de” inclui a variação entre bateladas em experimentos múltiplos na instalação ou no laboratório e a variação inerente ao método de análise. Quer ou não modificadas por “cerca de”, as quantidades incluem equivalentes a essas quantidades. Qualquer quantidade aqui descrita e modificada por “cerca de” também pode ser usada na presente invenção como a quantidade não modificada por “cerca de”.

**[0024]** “Material carbonáceo” como usado na presente invenção refere-se a materiais ricos em carbono, tais como carvão, e produtos petroquímicos. No entanto, neste Relatório Descritivo, material carbonáceo inclui qualquer material carbonáceo no estado sólido, líquido, gasoso, ou estado de plasma. Entre os inúmeros itens que podem ser considerados materiais carbonáceos, a presente divulgação contempla: material carbonáceo, produto líquido carbonáceo, reciclagem de líquidos industriais carbonáceos, resíduos sólidos urbanos carbonáceos (MSW ou msw), resíduos urbanos carbonáceos, material agrícola carbonáceo, material florestal carbonáceo, resíduos de madeira carbonáceos, material de construção carbonáceo, material vegetativo carbonáceo, resíduos industriais carbonáceos, resíduos de fermentação carbonáceos, co-produtos petroquímicas carbonáceos, co-produtos de produção de álcool carbonáceos, carvão carbonáceo, pneus, plásticos, resíduos plásticos, alcatrão de forno de coque, fibersopés, lignina, licor negro, polímeros, polímeros de resíduos, terepésalato de polietileno (PETA), poliestireno (PS), lodo de esgoto, resíduos animais, resíduos de colheitas, culturas energéticas, resíduos de processamento de floresta, resíduos de tratamento de madeira, resíduos de animais de agropecuária, resíduos de aves, resíduos de processamento de alimentos, resíduos de processos fermentativos, co-produtos de etanol, grãos gastos, micro-organismos gastos, ou combinações dos mesmos.

**[0025]** O termo “fibersopés” ou “Fibersopés” ou “fibrosopés” ou “fibrousopés” significa um tipo de material carbonáceo que é produzido como um resultado de amolecimento e da concentração de várias substâncias; em um exemplo o material carbonáceo é produzido por meio de autoclavagem a vapor de várias substâncias. Em um outro exemplo, a fibersopés pode incluir autoclavagem a vapor de resíduos municipais, industriais, comerciais e médicos, resultando em um material mole fibroso.

**[0026]** O termo “resíduos sólidos urbanos” ou “MSW” ou “msw” significa os resíduos que podem incluir resíduos domésticos, comerciais, industriais e/ou residuais.

**[0027]** O termo “syngas” ou “gás de síntese” significa o gás de síntese que é o nome dado a uma mistura gasosa que contém quantidades variáveis de monóxido de carbono e hidrogênio. Exemplos de métodos de produção incluem a reforma a vapor do gás natural ou hidrocarbonetos para produzir hidrogênio, a gaseificação do carvão e, em alguns tipos as instalações de gaseificação de resíduos para energia. O nome vem do seu uso como intermediários na criação de gás natural sintético (GNS) e para a produção de amônia ou de metanol. Gás de síntese é inflamável e é frequentemente usado como uma fonte de combustível ou como um intermediário para a produção de outros produtos químicos.

**[0028]** “Ton” ou “ton” refere-se à abreviação de tonelada dos EUA, ou seja, cerca de 907,2 kg (2.000 libras).

**[0029]** Em adição ao carbono e hidrogênio, as matérias-primas irão incluir uma certa quantidade de material inorgânico não combustível, muitas vezes chamada pelo termo “cinzas”, que é separada durante a combustão completa ou parcial da matéria-prima. Em certas temperaturas, a cinza pode fundir para formar aglomerados ou “escória”. O processo pelo qual é formada escória é chamado de “escorificação”.

### Projeto e Operação do Gaseificador

**[0030]** Com referência, agora, à Figura 1, o equipamento de decomposição térmica 10 inclui uma zona de gaseificação 103 e uma zona de combustão 200. A zona de gaseificação pode incluir uma entrada para a adição de gás (por exemplo, gás contendo oxigênio, vapor, dióxido de carbono), a entrada 102; e a zona de combustão pode

incluir uma entrada para a adição de gás, a entrada 202. A zona de gaseificação 103 recebe a matéria-prima de material carbonáceo 101. Um êmbolo de transferência 710 move um leito de material da matéria-prima através do equipamento de decomposição térmica. Uma face do êmbolo de transferência 715 pode receber o gás (por exemplo, gás contendo oxigênio, vapor, dióxido de carbono) e permitir que o gás saia para na sua face.

**[0031]** Uma corrente de cinzas sólidas 205 pode ser removida da zona de combustão 200. Um êmbolo de transferência de cinzas 720 pode mover a cinza para fora do gaseificador. Uma face do êmbolo de transferência de cinzas 725 pode receber o gás (por exemplo, gás contendo oxigênio, vapor, dióxido de carbono) e permitir que o gás saia na sua face. Uma corrente de gás de síntese bruto 105 pode ser removido da zona de gaseificação 103.

**[0032]** Com referência agora à Figura 2, o equipamento de gaseificação 11 inclui uma zona de gaseificação 113 e uma zona de combustão 230. Como mostrado neste aspecto, a zona de gaseificação 113 inclui quatro fornalhas de gaseificação: Fornalha-I 310, Fornalha-II 320, Fornalha-III 330, e Fornalha-IV 340. Em outros aspectos, a zona de gaseificação pode incluir de 1 a 10 fornalhas. Uma ou mais das fornalhas de gaseificação pode incluir um êmbolo de transferência 710. Um face do êmbolo de transferência 715 pode receber o gás e permitir que o gás saia na sua face.

**[0033]** Cada fornalha de gaseificação inclui uma entrada para adição do gás: entrada de gás 111 para a Fornalha- I, entrada de gás 121 para a Fornalha-II, entrada de gás 131 para a Fornalha-III e entrada de gás 141 para a Fornalha-IV. A zona de combustão inclui uma entrada para a adição de gás: a entrada de gás 202. Uma matéria-prima de material carbonáceo 101 pode ser adicionada na Fornalha-I (entrada da fornalha) da zona de gaseificação 113. Uma corrente de

cinzas sólidas 205 pode ser removida da zona de combustão 230. Um êmbolo de transferência de cinzas 720 pode ser usado para mover as cinzas para fora do gaseificador. Uma face do êmbolo de transferência de cinzas 725 pode receber gás e permitir que o gás saia na sua face. Uma corrente de gás de síntese bruto 105 pode ser removida da zona de gaseificação 113.

**[0034]** Com referência agora à Figura 3, o equipamento de gaseificação 13 inclui uma zona de gaseificação 143, uma zona de combustão 500, uma zona de conexão ou garganta 300 e uma zona de redução de alcatrão 400. A zona de gaseificação 143 inclui cinco fornalhas de gaseificação: Fornalha-I 110, Fornalha-II 120, Fornalha-III 130, Fornalha-IV 140 e Fornalha-V 150. Cada fornalha de gaseificação inclui uma entrada para a adição de gás: a entrada de gás 611 para a Fornalha-I, entrada de gás 621 para a Fornalha-II, entrada de gás 631 para a Fornalha-III, entrada de gás 641 para a Fornalha-IV e entrada de gás de 651 a Fornalha-V. A zona de combustão inclui uma entrada para adição de gás: a entrada de gás 202. A zona de conexão ou garganta 300 inclui uma entrada para adição do gás: a entrada de gás 301.

**[0035]** Uma alimentação de material carbonáceo 101 pode ser adicionada à Fornalha-I (entrada da fornalha) da zona de gaseificação 143. Uma ou mais das fornalhas de gaseificação pode incluir um êmbolo de transferência 710. Um face do êmbolo de transferência 715 pode receber o gás e permitir que o gás saia na sua face. Uma corrente de cinzas sólidas 205 pode ser removida da zona de combustão 500. Um êmbolo de transferência de cinzas 720 pode ser usado para mover a cinza para fora do gaseificador. Um face do êmbolo de transferência de cinzas 725 pode receber o gás e permitir que o gás saia na sua face. Uma corrente de gás de síntese quente 405 pode ser removida da zona de redução de alcatrão 400.

**[0036]** Uma vista lateral mais detalhada de um êmbolo de cinzas é mostrada na Figura 4A. Uma zona de gaseificação 103 pode incluir uma fornalha de transferência 710. A matéria de alimentação da fornalha de alimentação 820 entra em contato com a face de êmbolo de transferência 715. Uma haste de atizador 800 estende-se para longe da face de êmbolo de transferência 715 e para a matéria-prima. A haste de atizador pode criar um vazio no material na frente da face do êmbolo de transferência 715. O gás introduzido sob as hastes de atizador 800 podem se difundir através do material em um caminho de difusão de gás 803.

**[0037]** A Figura 4B ilustra uma vista frontal do êmbolo de transferência 710. O êmbolo de transferência 710 inclui uma face de êmbolo de transferência 715 e as hastes de atizador 800 que se estendem para longe da face de êmbolo de transferência 715. Neste aspecto, o êmbolo de transferência 715 pode incluir de cerca de 1 a cerca de 10 hastes de atizador 800, em um outro aspecto, de cerca de 2 a cerca de 8 hastes de atizador, em outro aspecto cerca de 3 a cerca de 6 hastes de atizador, e em outro aspecto cerca de 4 a cerca de 5 hastes de atizador. Em um outro aspecto, a face de êmbolo de transferência 715 pode incluir bocais de gás 810 localizados geralmente por baixo de cada haste de atizador 800.

**[0038]** A Figura 5 ilustra aspectos mais detalhados de uma unidade de decomposição térmica 15. Neste aspecto, o material da matéria-prima 101 move-se para uma fornalha de alimentação 820 e, em seguida, uma fornalha principal de uma zona de gaseificação 103. Um êmbolo de transferência 710 move o material através da zona de gaseificação 103. Uma haste de atizador 800 pode se estender a partir do êmbolo de transferência 710 para o material. O material move-se para um reservatório de cinzas 850. As cinzas sólidas 205 são transportadas para um receptor de cinzas 860 por um êmbolo de

transferência de cinzas 720. Em um aspecto, a matéria-prima 101 segue um caminho de material 840 através da unidade de decomposição térmica 15. Em um outro aspecto, a gás 900 pode ser fornecido ao êmbolo de transferência 710 e/ou ao êmbolo de transferência de cinzas 720. Uma corrente de gás de síntese bruto 105 pode ser removida da zona de gaseificação 103.

**[0039]** Em um aspecto, um dispositivo de movimentação é movido a uma taxa eficaz para fornecer um tempo de retenção do material de matéria-prima 101 na zona de gaseificação 103 de cerca de 0,25 hora a cerca de 3 horas, em um outro aspecto, de cerca de 0,25 a cerca de 2 horas, em uma outra aspecto, cerca de 0,25 hora a cerca de 1,5 hora, em um outro aspecto, de cerca de 0,5 a cerca de 1,25 hora, e em outro aspecto, cerca de 0,75 a cerca de 1 hora. Um dispositivo de movimentação pode incluir, por exemplo, um êmbolo de transferência, rosca alimentadora, e combinações dos mesmos. Como mostrado na Figura 5, o dispositivo de transferência é um êmbolo de transferência 710.

**[0040]** Uma vista em perspectiva do êmbolo de transferência é mostrada na Figura 6. Como mostrado, o êmbolo de transferência 710 inclui braços de atiçador 800 que se estendem a partir de uma face de êmbolo de transferência 715 e estendem-se para a matéria-prima. Os braços de atiçador 800 são eficazes para criar uma área eficaz de difusão de gás no material de matéria-prima. A área eficaz de difusão de gás pode ser determinada de acordo com a seguinte fórmula.

$$\text{Área Eficaz de Difusão Gás} = (A1 + A2 + A3) \times (\text{número de braços de atiçador})$$

$$\text{onde } A1 = (H_{\text{HASTE}}) \times (L_{\text{HASTE}})$$

$$A2 = (H_{\text{HASTE}}) (L_{\text{HASTE}})$$

$$A_3 = (H_{\text{HASTE}}) \times (D_{\text{HASTE}}) - \frac{1}{2}(\pi D_{\text{HASTE}}^2 / 4)$$

onde  $H_{\text{HASTE}}$  é a altura do braço de atiçador como medido a partir da parte inferior da face do êmbolo de transferência para um ponto médio do braço de atiçador; e

$L_{\text{HASTE}}$  é o comprimento do braço de atiçador.

**[0041]** Neste aspecto, o processo é eficaz para fornecer uma área eficaz de difusão de gás para um braço de atiçador único ( $A_1 + A_2 + A_3$ ) de cerca de 0,1 pés<sup>2</sup> a cerca de 0,4 pés<sup>2</sup>, em outro aspecto, cerca de 0,125 pés<sup>2</sup> a cerca de 0,375 pés<sup>2</sup>, em outro aspecto, cerca de 0,15 pés<sup>2</sup> a cerca de 0,35 pés<sup>2</sup>, e em outro aspecto, cerca de 0,2 pés<sup>2</sup> a cerca de 0,3 pés<sup>2</sup>.

**[0042]** Matéria-prima: De acordo com o processo, o material de matéria-prima fornecido ao gaseificador forma um leito de material em movimentação no interior do gaseificador. A temperatura do leito do material afeta a escoriação. Neste aspecto, o processo é eficaz para a manutenção de uma temperatura do leito do material não superior a cerca de 2300°F em qualquer ponto no leito de material, em outro aspecto, a temperatura do leito de material não excede cerca de 2.200°F, em outro aspecto, cerca de 2.100°F, em outro aspecto, cerca de 2.000°F, em outro aspecto, cerca de 1.900°F, em outro aspecto, cerca de 1.800°F, em outro aspecto, cerca de 1.700°F, em outro aspecto, cerca de 1.600°F, em outro aspecto, cerca de 1.500°F, e em outro aspecto, a temperatura do leito do material não excede cerca de 1.400°F. A temperatura pode ser medida por quaisquer métodos conhecidos, incluindo, por exemplo, o uso de pares térmicos que são inseridos no leito do material. A temperatura do gás de síntese bruto pode ser medida em uma seção de garganta (por exemplo, 300 na Figura 3).

**[0043]** Em diversos aspectos, o leito de material tem uma

temperatura e o gás de síntese bruto pode ter as seguintes temperaturas.

<u>Temperatura do Leito do Material</u>	<u>Temperatura do <i>Syngas</i> Bruto</u>
cerca de 500°F a cerca de 2.000°F	cerca de 400°F a cerca de 1.600°F
cerca de 500 °F a cerca de 1.700 °F	cerca de 400 °F a cerca de 1.400 °F
cerca de 600 °F a cerca de 1.500 °F	cerca de 500 °F a cerca de 1.250 °F
cerca de 700 °F a cerca de 1.250 °F	cerca de 600 °F a cerca de 1.000 °F
cerca de 800 °F a cerca de D °F	cerca de 650 °F a cerca de 850 °F
cerca de 850 °F a cerca de 950 °F	cerca de 700 °F a cerca de 800 °F

**[0044]** Noutro aspecto, o leito de material tem uma temperatura média de cerca de 800°F a cerca de 1.000°F, em outro aspecto, cerca de 850°F a cerca de 950°F, em outro aspecto, cerca de 875°F a cerca de 925°F, e em um outro aspecto, cerca de 900°F. A variação de temperatura através do leito de material é inferior a cerca de 300°F, em outro aspecto, inferior a cerca de 250°F, em outro aspecto, inferior a cerca de 200°F, em outro aspecto, inferior a cerca de 150°F, e em outro aspecto, inferior a cerca de 100°F. Uma temperatura média pode ser determinada medindo a temperatura do leito de material nos locais do leito de material indicados abaixo e depois calculando a média dessas temperaturas:

1 a 6 locais a cerca de 2 polegadas na frente do êmbolo de transferência;

1 a 6 locais a cerca de 14 polegadas na frente do êmbolo de transferência;

1 a 6 locais a cerca de 20 polegadas na frente do êmbolo de

transferência;

1 a 6 locais a cerca de 26 polegadas na frente do êmbolo de transferência; e

1 a 6 locais a cerca de 32 polegadas na frente do êmbolo de transferência.

**[0045]** Matéria-prima/Oxigênio: Uma alimentação de material carbonáceo é introduzida no gaseificador. Um primeiro gás que contém oxigênio molecular é fornecido à zona de gaseificação e, assim, a alimentação de material carbonáceo é tratada com oxigênio molecular a fim de iniciar e facilitar a transformação química do material carbonáceo. Uma parte da alimentação de material carbonáceo que é gaseificada produz um primeiro produto gasoso. O fornecimento de oxigênio no gaseificador é controlado a fim de promover, de preferência, a formação de monóxido de carbono a partir de material carbonáceo. Uma quantidade subestequiométrica de oxigênio é fornecida a fim de promover a produção de monóxido de carbono. Em um aspecto, o oxigênio é fornecido à zona de gaseificação a uma taxa de cerca de 0,5 a cerca de 1,5 lb-mol/h pés<sup>2</sup>, e em um outro aspecto, de cerca de 0,75 a cerca de 1,25 lb-mol/h pés<sup>2</sup>.

**[0046]** Em um outro aspecto, o oxigênio é fornecido à zona de gaseificação, a uma taxa eficaz para fornecer O<sub>2</sub> para a área: razão de carbono de cerca de 0,1 a cerca de 0,5, e em outro aspecto, de cerca de 0,2 a cerca de 0,4. Neste aspecto, as razões eficazes foram determinadas de acordo com os seguintes parâmetros.

**[0047]** Incluiu 4 bocais de gás por êmbolo de transferência.

**[0048]** Diâmetro da haste foi 0,125 pés.

**[0049]** Elevação da haste foi 0,167 pés.

**[0050]** A alimentação sólida foi de 80 lbs/h.

**[0051]** % em peso de Carbono foi de 40,1, ou 32,08 libras/hora, ou 2.673 (lb-mol/h)

Êmbolo de Transferência de O <sub>2</sub> (lbs/h)	Êmbolo de Transferência de O <sub>2</sub> (lb-mmol/h)	Comprimento do Êmbolo de Transferência (pés)	Área Eficaz (pés <sup>2</sup> )	O <sub>2</sub> para área (1bs/hr-pés <sup>2</sup> )	O <sub>2</sub> para área (1b-mol/hr-pés <sup>2</sup> )	O <sub>2</sub> para carbono (lbs/lbs)	O <sub>2</sub> para carbono (mol/mol)
12	0,38	0,333	0,465	25,791	0,806	0,374	0,140
18	0,56	0,333	0,465	38,687	1,209	0,561	0,210
24	0,75	0,333	0,465	51,582	1,612	0,748	0,281
12	0,38	1,0	1,354	8,862	0,277	0,374	0,140
18	0,56	1,0	1,354	13,292	0,415	0,561	0,210
24	0,75	1,0	1,354	17,723	0,554	0,748	0,281

**[0052]** Gás Adicional: pontos quentes indesejáveis podem ser criados na unidade de decomposição térmica em uma ou mais dentre a zona de gaseificação e a zona de combustão, ou fornalhas contidas nela, devido a uma distribuição desigual de gás que contém oxigênio molecular na alimentação de material carbonáceo. Isso pode causar má qualidade ao gás de síntese bruto produzido. Os pontos quentes também podem provocar a fusão localizada das cinzas. A formação de pontos quentes pode ser reduzida ou evitada ao fornecer um ou mais gás adicional à zona de gaseificação e/ou à zona de combustão. Neste aspecto, o gás adicional pode incluir CO<sub>2</sub>, vapor, nitrogênio, metano e misturas dos mesmos. O oxigênio e e um gás adicional são fornecidos a uma razão em peso de cerca de 3: 1 a cerca de 1: 2 e, em outro aspecto, uma razão em peso de cerca de 3: 2 até cerca de 1: 1.

**[0053]** Em um aspecto, a fim de evitar pontos quentes indesejáveis, a alimentação de material carbonáceo pode ser tratada

com vapor de água, juntamente com oxigênio molecular na zona de gaseificação. A alimentação de material carbonáceo pode ser tratada com gás CO<sub>2</sub>, juntamente com oxigênio molecular na zona de gaseificação. A alimentação de material carbonáceo pode ser tratada com vapor de água, juntamente com oxigênio molecular na zona de combustão. A alimentação de material carbonáceo pode ser tratada com gás CO<sub>2</sub>, juntamente com oxigênio molecular na zona de combustão. Assim, o primeiro gás contendo oxigênio molecular pode incluir um ou mais de vapor e gás de dióxido de carbono e o segundo gás contendo oxigênio molecular pode incluir um ou mais de vapor e gás de dióxido de carbono.

**[0054]** Zona de combustão: Em um aspecto, um ou mais êmbolos de transferência (êmbolos de remoção de cinzas) são usados na zona de combustão para remover cinzas sólidas. Vários métodos podem ser usados para remover cinzas sólidas para fora da zona de combustão. Em um aspecto, uma vedação de água é usada em que um êmbolo de remoção de cinzas empurra as cinzas sólidas para um tanque de água, utilizando a água como um vedante, a fim de minimizar, de preferência, evitar, o vazamento de ar para dentro da zona de combustão. A cinza úmida é então movida para fora da água usando uma correia transportadora. Em um outro aspecto, a cinza é removida através de um sistema de bloqueio-tremonhas para minimizar, de preferência, evitar fugas de ar para dentro da zona de combustão. Por exemplo portas duplas de cinzas compreendendo um porta cinzas superior e uma porta de cinzas inferior podem ser usadas para fornecer a vedação. Em um aspecto, ao manter a porta de cinzas inferior fechada para fornecer uma vedação, a porta de cinzas superior é aberta para permitir que as cinzas caiam para baixo para uma zona de não combustão em que as cinzas podem resfriar. De modo a remover cinzas, a porta de cinzas superior é fechada primeiro para fornecer a vedação e, em seguida, a porta de cinzas inferior é aberta e um êmbolo de remoção de

cinzas empurra a cinza resfriada para fora do gaseificador. Esse método remove cinzas secas e pode ter vantagens se as cinzas tem qualquer uso direto já que nenhuma secagem é necessária antes de tal uso direto das cinzas. Em um aspecto, matéria-prima é movida através da zona de combustão a uma taxa eficaz para fornecer um tempo de retenção de matéria-prima na zona de combustão de cerca de 0,5 hora a cerca de 10 horas, em um outro aspecto, de cerca de 0,5 hora a cerca de 8 horas, em um outro aspecto, de cerca de 0,5 hora a cerca de 7 horas, em um outro aspecto, de cerca de 0,5 hora a cerca de 6 horas, em um outro aspecto, de cerca de 0,5 hora a cerca de 5 horas, em um outro aspecto, de cerca de 1 hora até cerca de 4 horas, e em um outro aspecto, de cerca de 2 horas até cerca de 3 horas.

**[0055]** O gás de síntese bruto que é produzido pode incluir monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). É desejável ter mais CO e menos CO<sub>2</sub> no gás de síntese bruto. Em um aspecto, a razão molar de CO/CO<sub>2</sub> no referido gás de síntese bruto é maior do que cerca de 0,75. Em um aspecto, a razão molar de CO/CO<sub>2</sub> no referido gás de síntese bruto é maior do que cerca de 1,0. Em um aspecto, a razão molar de CO/CO<sub>2</sub> no referido gás de síntese bruto é maior do que cerca de 1,5. O gás de síntese quente pode incluir o monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). É desejável ter mais CO e menos CO<sub>2</sub> no gás de síntese quente. Em um aspecto, a razão molar de CO/CO<sub>2</sub> no referido gás de síntese quente é maior do que cerca de 0,75. Em um aspecto, a razão molar de CO/CO<sub>2</sub> no referido gás de síntese quente é maior do que cerca de 1,0. Em um aspecto, a razão molar de CO/CO<sub>2</sub> no referido gás de síntese quente é maior do que cerca de 1,5.

**[0056]** Além de conter matéria mineral não carbonácea, as cinzas sólidas podem incluir o carbono não convertidos ou matéria carbonácea não convertida. Em um aspecto, o teor de carbono das referidas cinzas sólidas é menor do que cerca de 10% em peso. Em um aspecto, o teor

de carbono das cinzas sólidas é menor do que 5% em peso. Em um aspecto, a razão do teor de carbono das cinzas sólidas para o teor de carbono de alimentação de material carbonáceo é menor do que cerca de 0,1. Em um aspecto, a razão do teor de carbono das cinzas sólidas para o teor de carbono de alimentação de material carbonáceo é menor do que cerca de 0,01.

**[0057]** O teor de carbono das cinzas e teor de carbono da alimentação de material carbonáceo refere-se ao carbono ou um produto químico que contém carbono. Neste aspecto, numerosas técnicas conhecidas podem ser usadas para medir o teor de carbono. Alguns exemplos de técnicas que podem ser usadas para medir o teor de carbono incluem, mas sem limitação, testes de perda por ignição (LOI), análise termogravimétrica (TGA), métodos ópticos baseados em sonda a laser, métodos usando radiação de micro-ondas, métodos que utilizam ressonância magnética nuclear (RMN), e vários métodos ASTM (ver, por exemplo, ASTM D6316).

## EXEMPLOS

### Exemplo 1: Efeito da Localização do Bocal de Oxigênio diante do Perfil de Temperatura do Leito do Material

**[0058]** Uma unidade de decomposição térmica foi operada usando madeira de carvalho Northwest Arkansas. As temperaturas do leito foram monitoradas em que os bocais de gás foram localizados diretamente sob a haste de tração e onde os bocais de gás foram localizados entre as hastes de tração. Os resultados foram como segue:

*CO <sub>2</sub> : O <sub>2</sub>	Temperatura (°F) na frente do êmbolo de Transferência	
	Configuração prévia do bocal (O <sub>2</sub> bocais-entre-hastes)	Configuração modificada do bocal (Bocais O <sub>2</sub> abaixo das hastes)

	Min	Max	Min	Max
0	1.800	>2.300†	1.300	1.800
0,5	1.500	2.000	1.100	1.600
1	1.200	1.800	1.000	1.300

Notas: \* Especifica a quantidade de CO<sub>2</sub>, que foi misturada com a razão de O<sub>2</sub> antes da injeção para dentro da unidade de decomposição térmica nos bocais da face de êmbolo de transferência.

†Temperatura limite máxima da sonda de 2.300°F foi atingida de modo que a temperatura máxima real é desconhecida.

Exemplo 2: Decomposição térmica de uma Fonte de material derivada de MSW (Teste 1)

**[0059]** Uma fonte de materiais à base de MSW foi usada da Instalação de Energia Renovável de Palm Beach 1 (PBREF 1). Esta foi uma energia combustível derivada de refugo da instalação de resíduos (RfW) projetada para reduzir o volume de resíduos no Município de Palm Beach, Florida, ao mesmo tempo gerando eletricidade e recuperando metais da corrente de resíduos. Este material derivado de MSW pode ser classificado como RDF-2 de acordo com ASTM E 856.

**[0060]** Matéria-prima derivada de MSW: Amostras de garras do lote a granel foram levadas para a caracterização física. Os resultados da triagem das amostras indicaram fração de peso de 51% retida por peneira de 2” de modo que o material tinha geralmente um tamanho maior do que 2”. Cerca de 10% em peso da fração passou através de uma peneira de 1/4”, indicando que houve um quantidade significativa de particulados finos/pequenos. A Tabela seguinte mostra as frações relativas.

Distribuição de Tamanho de Partículas RDF

(Nota: As percentagens são em base úmida)

Tamanho da peneira	Massa retida (%)
> 2 polegadas	51
1 polegada	18
<sup>1</sup> / <sub>2</sub> polegada	12
<sup>1</sup> / <sub>4</sub> polegada	10
< <sup>1</sup> / <sub>4</sub> polegada	9

**[0061]** Tal como mostrado na Tabela abaixo, a fração retida da triagem com uma peneira de malha de 2” foi de aproximadamente 41% em peso de papel e papelão, 15% em peso de biomassa, 35% em peso de plásticos, 5% em peso de borracha e látex e 1% de isopor.

Classificação por Tamanho de 2 polegadas

Classificação	Porcentagem em
Papel & Papelão	41
Biomassa	15
Plástico	38
Plástico rígido	12
Plástico duro	7
Filme	19
Borracha & Látex	5
Isopor	1

Nota: As porcentagens são em base seca (assumindo que papel e papelão estava em 50% de MC e a Biomassa estava a 40% de MC).

**[0062]** Material derivado de MSW Triturado e Seco: Duas amostras de 5 galões foram colhidas e analisadas quanto ao tamanho das partículas e composição. A distribuição de tamanho de partículas após a trituração e pós-secagem é mostrada abaixo. Os pedaços de material maiores que 2 polegadas de diâmetro nominal eram de 20% em peso. A

fração de tamanho de 1 polegada a 2 polegadas teve o maior percentual de contabilidade para 28% em peso, seguido pela fração de 1/2 polegada a 1 polegada que respondeu por 25% em peso. A fração de 1/4 polegada a 1/2 polegada foi cerca de 12% em peso e a fração <1/4 polegada foi de 15% em peso.

#### Distribuição Tamanho de Partículas de MSW Pós-Trituração

(Nota: As porcentagens são em base úmida)

Tamanho da peneira	Massa retida (%)
> 2 polegadas	20
1 polegada	28
1/2 polegada	25
1/4 polegada	12
< 1/4 polegada	15

**[0063]** Os resultados sobre a classificação manual das frações de 1 polegada a 2 polegadas e da fração > 2 polegadas são mostrados na Tabela abaixo. Houve uma maior quantidade de material plástico na fração de tamanho > 2 polegadas em comparação com a fração de tamanho de 1 polegada a 2 polegadas. Os componentes que eram provavelmente de fontes biogênicas responderam por cerca de 51% em peso do material triturado e seco. Os objetos dispersos, tais como latas de alumínio, placas e molduras, vidro, e outras peças inorgânicos foram encontrados misturados com os resíduos, mas, em geral, em quantidades de peso muito menores.

#### Composição das diferentes frações de tamanhos

Componente	1 a 2 pol. (%)	> 2-pol. (%)	> 1-pol. (%)
Papel & Papelão	34,6	13,9	24,2
Biomassa	9,8	4,3	7,0

Plástico	26,4	58,9	42,6
Látex & Borracha	0,1	0	0,1
Espuma	2,8	0,9	1,9
Tapete	4,5	0	0,8
Têxtil	7,0	14,6	10,8
Combustível total	85,2	92,6	87,4
Metal & Inertes	12,8	2,5	7,7
Arame	0,4	4,0	2,2
Fração Biogênica, base de peso	60	35	48

Nota: A fração biogênica é baseada no peso de partículas e não em uma base de carbono.

**[0064]** As propriedades do material de MSW a partir de PBREF em comparação com as propriedades de palhagem de INPB e madeira de carvalho NWA são mostrados na Tabela abaixo. O valor do aquecimento do material de MSW (8.110 BTU/lb) situou-se entre o de palhagem de INPB (7.562 BTU/lb) e o de madeira de carvalho de NWA (8.427 BTU/lb). O teor de cinzas foi muito alto respondendo por cerca de 25% da massa seca. O teor de matéria volátil do material de MSW foi relativamente menor que o de madeira de carvalho de NWA e palhagem de INPB h: 63,3% em peso de MSW vs 86,2% em peso para a madeira de carvalho de NWA e 69,0% para o material de palhagem de INPB. O material de MSW teve alto teor de Cl e S, e foi medido como sendo de 1,0% em peso e 0,3% em peso, respectivamente. O teor de Cl foi de mais de cem vezes o da madeira de carvalho de NWA e perto de cinco vezes maior do que a palhagem de INPB. O teor de S foi cerca de 25 vezes o da madeira de carvalho de NWA e o dobro da palhagem de INPB. Os níveis de potássio e sódio em MSW e palhagem de INPB estavam muito perto, mas  $N_{Kjeidahl}$  foi mais do que o dobro no material derivado de MSW.

Propriedades de MSW (PBREF) em comparação

com palhagem de INPB e carvalho de NWA.

Propriedade	RDF (PBREF)	Palhagem de INPB	Lascas de Madeira de carvalho de NWA
Análise final (base seca)			
C (% p)	40,080	36,170	48,590
H (% p)	5,400	3,930	6,310
O (% p)	27,000	46,610	44,270
N (% p)	1,040	0,970	<0,500
S (% p)	0,298	0,151	0,012
Cl (% p)	0,998	0,214	0,008
Cinzas (% p)	25,180	12,660	0,820
K (% p)	0,325	0,407	€0,046
Na (% p)	0,452	0,586	<0,002
N <sub>Kjeldahl</sub> (% p)	0,626	0,265	0,078
Análise centesimal			
Matéria volátil- (% p)	63,26	68,96	86,19
Cinzas (% p)	25,18	12,66	0,82
Carbono fixo (% p)	9,56	18,38	12,99
Valor de aquecimento (Btu/lb)	8,110	7,562	8,427

**[0065]** Análise do Odor de Materiais derivados de MSW: Compostos tipicamente associados com odores percebidos foram identificados e quantificados para medir os níveis de emissão de odor a partir da secagem do material derivado de MSW. O ar de exaustão do secador foi amostrado e analisado para os compostos com limiares de muito baixos. As listas compostos alvos incluem aminas, ácidos carboxílicos, compostos de enxofre reduzido e compostos orgânicos voláteis (COVs) odoríferos.

**[0066]** Os resultados analíticos indicaram que o odor foi, em parte, devido à presença de ácidos carboxílicos gerados pela decomposição dos componentes vegetativos. Os baixos níveis de ácido acético, butírico, capróico, caprílico e ácidos estavam presentes. As aminas, amônia e compostos de enxofre reduzido não foram detectadas foram identificadas mas quantidades traços de hidrocarbonetos, álcoois, cetona, e acetaldeído foram identificadas.

**[0067]** Testes em Planta Piloto: Transição para materiais derivados de MSW: O teste piloto foi iniciado aliviando lentamente o MSW para o processo misturando-o com lascas de madeira de carvalho de NWA. As razões de mistura de MSW para lascas de madeira de 25% em peso, 50% em peso, 75% em peso, em seguida, 100% em peso foram usadas. A mistura foi feita misturando as quantidades apropriadas da tremonha trituradora de MSW e lascas de madeira (Triturador de Cisalhamento Komar Quad Modelo QR2224-30, Komar Industries, Inc., Groveport, Ohio, EUA).

**[0068]** A 25% em peso de RDF - 75% de lascas de madeira, o transporte da matéria-prima misturada foi bastante contínuo, exceto por um par de casos em que a saída do secador foi plugada. Nessas ocasiões, a abertura de descarga do secador teve que ser limpa manualmente para permitir que o material caísse.

**[0069]** A frequência de entupimento aumentou após a transição para 50% de MSW em peso - 50% de mistura de lascas de madeira. Isto resultou em períodos de instabilidade menores na operação do gaseificador devido às quebras subsequentes no fluxo de alimentação, mas não houve grande problema operacional.

**[0070]** A 75% em peso de MSW - 25% de lascas de madeira, o aumento da ocorrência de problemas de transporte foi encontrado. A saída de descarga do secador teve que ser constantemente limpa por

causa do aumento da taxa de entupimento do material. O Transportador # 4 ficou preso por causa de uma peça de alumínio distorcida e longa, que obstruiu a passagem e conseqüentemente fez com que o material se acumulasse na área entre a correia transportadora e a tampa transportadora. A estabilização do gaseificador foi muito difícil devido a quebras constantes no fluxo de alimentação sólida.

**[0071]** Modificações foram feitas no sistema de transporte para resolver os problemas. A saída do secador de matéria-prima foi ampliada, aumentando a abertura por 6 polegadas; para evitar que o material atingisse o lado superior da saída de descarga. A altura do material na correia secadora também foi configurada com um par de polegadas inferior para garantir que o material se moveria sem restrições através da saída de descarga. A distância entre a correia e a tampa do transportador # 4 foi aumentada através do aumento da altura da tampa por 4 polegadas.

**[0072]** O teste piloto usando 100% de material derivado de MSW como matéria-prima foi executado com sucesso sem grande problema operacional encontrado durante a duração destes testes. Vários ajustes foram feitos dentro do período de execução dos testes para encontrar a melhor combinação de parâmetros de funcionamento com base em: (i) estabilidade da operação do gaseificador como afetado por: projeto, altura do leito e grau de agregação de material e (ii) qualidade gás de síntese. Os parâmetros de operação foram: taxa de alimentação de sólidos, comprimento das hastes dos êmbolo de transferência/"atiçadores", comprimento do curso do êmbolo de transferência, intervalo do curso do êmbolo de transferência, intervalo do curso do êmbolo de cinzas, taxas de fluxo de O<sub>2</sub>, e taxas de fluxo de CO<sub>2</sub>.

**[0073]** Haste de êmbolo de transferência/comprimento do

“atiçador” - Usando um comprimento da haste de 4” (com os bocais de O<sub>2</sub> colocados abaixo das hastea) em vez de 12” resultou em uma melhor qualidade de gás de síntese. Com comprimento da haste de 12”, o pico médio de CO foi de cerca de 25%, enquanto que com o comprimento da haste de 4”, o pico médio de CO foi de cerca de 34%. Não foi observada diferença significativa na concentração de H<sub>2</sub>. O efeito sobre a qualidade do gás de síntese pode ser explicado pela maior perda de calor a partir do uso de uma haste resfriada mais longa (área de superfície maior) em comparação com uma haste resfriada curta.

**[0074]** Comprimento do curso do êmbolo de transferência – As observações piloto indicaram que ao colocar um curso do êmbolo de transferência de pelo menos 7” (em combinação com fluxo de 1: 1 de CO<sub>2</sub>: O<sub>2</sub> nos bocais de êmbolo de transferência) eliminou-se a formação de grandes agregados na fornalha principal. Estes grandes agregados são conhecidos por bloquear o fluxo de material através da câmara inferior do gaseificador. Verificou-se que ao tornar o curso do êmbolo mais longo do que o comprimento da formação de agregados entre os cursos do êmbolo resultou em “quebras” entre as peças agregadas. A descontinuidade provocada pela “quebra” parecia ter eliminado a grande formação de agregados.

**[0075]** Intervalo de curso de êmbolo de transferência – O avanço do êmbolo de transferência a cada 1 um minuto foi considerado satisfatório para manter o fornalha principal do gaseificador 30% -40% completa (altura do leito com relação à distância do chão da fornalha ao teto do gaseificador), garantindo alta utilização. Também verificou-se que o avanço frequente ajudou a melhorar a estabilidade da qualidade do gás de síntese ao induzir um fluxo sólido relativamente mais contínuo através do gaseificador.

**[0076]** Taxa de fluxo de CO<sub>2</sub> – Os resultados da medição da temperatura do leito mostraram que a temperatura na frente do êmbolo

pode ser mantida abaixo da temperatura de fusão de cinzas do material de MSW (2.200°F), utilizando uma razão de fluxo de CO<sub>2</sub> para O<sub>2</sub> de 1:1 nos bocais de êmbolo de transferência. O uso desta razão de fluxo parece ter ajudado a reduzir a gravidade de agregação (com base no tamanho e dureza). O uso de razões de fluxo de CO<sub>2</sub> para O<sub>2</sub> inferiores resultou em temperaturas acima de 2.200°F na área diretamente em frente do êmbolo de transferência.

**[0077]** Exemplos de alguns parâmetros de operação preferenciais com base na estabilidade da operação do gaseificador e na qualidade do gás de síntese são resumidos a seguir.

Material de alimentação	100% de material derivado de MSW (PBREF)	
Taxa de alimentação de sólidos (secos)	60-80	lbs/h
Êmbolo de transferência de O <sub>2</sub>	18	lbs/h
Êmbolo de transferência de CO <sub>2</sub>	18	lbs/h
Comprimento do curso do êmbolo de transferência	18	lbs/h
Intervalo do curso do êmbolo de transferência	11	minutos
Comprimento do atiçador/ haste do êmbolo de transferência	4	polegadas
Êmbolo de cinzas de O <sub>2</sub>	10	lbs/h
Êmbolo de cinzas de CO <sub>2</sub>	5	lbs/h
Intervalo de curso de êmbolo de cinzas	180	minutos

**[0078]** Tal como acontece com outros materiais de matéria-prima, verificou-se que mantendo a fornalha principal do gaseificador 30% - 40% completa (com base na porcentagem de distância do chão da fornalha para o teto da câmara inferior do gaseificador) proporcionava-se uma operação mais estável do gaseificador. Ao manter o material no reservatório de cinzas com baixo teor, de preferência, entre 30% -50%

(com base na altura total do reservatório), minimizou-se a gravidade da agregação no reservatório de cinzas (isto é, menor e menos números de peças agregadas).

**[0079]** A utilização de alimentação no gaseificador estimado quando gaseifica-se 100% de material derivado de MSW foi calculado usando a equação mostrada abaixo. A utilização é chamada de porcentagem do total dos componentes que não são cinzas na alimentação que é convertida e deixa a câmara inferior do gaseificador, como parte da corrente de gás. A utilização foi calculada usando a equação abaixo supondo que a quantidade insignificante de componentes de cinza na alimentação vai para a corrente de produto de gás.

$$(\%) \text{ de utilização} = \frac{\left[ F \times \left( 1 - \frac{A}{100} \right) \right] - \left[ R - \left( F \times \frac{A}{100} \right) \right]}{\left[ F \times \left( 1 - \frac{A}{100} \right) \right]} \times 100$$

onde:

F - taxa média de alimentação no gaseificador

A - percentual de cinzas na alimentação

R - taxa residual média (residual removido do gaseificador)

A tabela a seguir mostra a utilização dos alimentos (com base na fração de não cinzas) no ensaio piloto de MSW. A porcentagem de cinzas usada no cálculo foi derivada dos resultados da análise centesimal residual do gaseificador que pareceu ser mais consistente com o equilíbrio global de massa. Os resultados mostram que a utilização era relativamente elevada (98%).

## Porcentagem de utilização de alimentos sólidos

Matéria-prima	Taxa de alimentação média (lbs/h)	Taxa de residual média (lbs/h)	Percentual de cinzas na alimentação (%)	(%) de utilização
Material derivado de MSW (PBREF)	65	14	*20	98

Nota: \* percentual de cinzas foi estimado com base no percentual de cinzas do residual dogaseificador.

**[0080]** Composição do gás de síntese: Em base seca, a composição média de gás de síntese a partir de gaseificação de 100% de material derivado de resíduos sólidos urbanos (MSW) foi de 34% molar de CO, 15% molar de H<sub>2</sub>, 38% molar de CO<sub>2</sub> e 14% mola de N<sub>2</sub> (com base na melhor combinação de parâmetros de operação). Isso foi uma melhoria significativa sobre o teste piloto inicial em MSW, onde a melhor composição média de gás de síntese foi de apenas 19% molar de CO e 10% molar de H<sub>2</sub>. A modificação da configuração dos bocais de êmbolo de transferência (ou seja, a configuração de 'bocal-sob-haste' em vez de 'bocal-entre-hastes') mostrou impacto positivo significativo na operacionalidade e estabilidade de gaseificação ao utilizar material derivado de MSW na alimentação animal e, como resultado, proporcionou uma grande melhoria na qualidade do produto de gás de síntese.

**[0081]** A Figura 7 mostra como o gás de síntese a partir do material derivado de MSW se correlaciona com o gás de síntese a partir da gaseificação de madeira de carvalho de NWA, ambos os conjuntos de

dados foram obtidos a partir do uso da configuração de bocal de êmbolo de transferência modificado e também com palhagem de INPD. As concentrações de CO dos gás de síntese de dois materiais foram bastante próximas (cerca de 13% mais elevadas na madeira de carvalho de NWA do que em MSW). Isso pareceu ser consistente com as características dos dois materiais em que o MSW tinha valor de aquecimento ligeiramente menor do que o da madeira de carvalho de NWA (8.110 Btu/lb vs 8.447 BTU/lb). O nível de H<sub>2</sub> do gás de síntese a partir de de carvalho de NWA foi 39% mais elevada do que o do gás de síntese a partir de MSW.

**[0082]** H<sub>2</sub>S, COS, HCl, e HCN foram todos detectados no gás de síntese a partir de MSW. A tabela abaixo mostra como os níveis se correlacionam com aqueles encontrados nos gás de síntese de palhagem de pinho e madeira de carvalho. O sistema purificador por via úmida parecia ter removido efetivamente o NH<sub>3</sub> no gás de síntese seco-limpo. Note que NH<sub>3</sub> foi detectado em nível elevado na água de esfriamento e não foi detectado nos gás de síntese purificado por via úmida. A remoção de HCl e HCN no sistema purificador por via úmida, por outro lado, parece ter sido limitada.

#### Componentes do gás de síntese

Componente	Material derivado de MSW	Palhagem de pinho	Lascas de madeira de carvalho de
H <sub>2</sub> S (ppm)	126	94,5	3,2
COS (ppm)	47,8	37,8	14,3
HCN (ppm)	3,64	ND (<1,73)	ND (<2,53)
HCl (ppm)	1,85	3,88	ND (<1,35)
NH <sub>3</sub> (ppm)	ND (<0,624)	ND (<0,69)	ND (<1,19)

#### Componentes da água temperada

Componente	Material derivado de MSW (PBREF)
NH <sub>3</sub> (mg/mL)	0,3
HCl (ug/mL)	36,8
HCN (ug/mL)	6,6

**[0083]** Os compostos orgânicos foram identificados no gás de síntese a partir de resíduos sólidos urbanos (MSW). Similar ao gás de síntese da gaseificação das lascas de madeira de carvalho de NWA, o gás de síntese tratado a partir de MSW tinha quantidades traço de compostos de hidrocarbonetos. Uma ampla variedade de compostos foi experimentalmente identificada como tendo sido removida do gás de síntese para a água do purificador por via úmida.

**[0084]** Inspeção do gaseificador e dutos, tubulações e equipamentos a jusante: Não houve dano aparente para o gaseificador. Houve algumas incrustações (parecia alcatrão endurecido) sobre a face do êmbolo de transferência e principalmente na base das hastes, mas estes depósitos facilmente descascaram durante a limpeza. As superfícies do metal do êmbolo de transferência e as soldaduras pareceram estar intactas; sem quaisquer sinais de resfriamento de vazamentos de água. Todos os bocais de oxigênio estavam limpos.

**[0085]** Nenhum bloqueio maior foi encontrado ao longo da tubulação e do equipamento a jusante. A tubulação da câmara superior do gaseificador para o refrigerador de gás de síntese estava limpa. Havia depósitos de particulados no revestimento interno do duto horizontal, mas nada de anormal em termos da quantidade que tinha depositado. As análises da composição mostraram que o depósito era uma mistura muito complexa. As fases significativas incluíram 28% de CaSO<sub>4</sub> anidro, 23% de NaCl (também 6% de KCl), 18% de um sal de zinco, K<sub>2</sub>ZnCl<sub>4</sub>, e 15% de um mineral de Ca-Al-Si relacionado com tijolo refratário.

**[0086]** Todos (total de quatro) dos tubos refrigeradores do gás de síntese estavam limpos. Havia alguma fuligem e depósitos cristalinos na face de entrada, mas muito mínima. As superfícies internas da linha de reciclagem do gás frio foi coberta com fuligem e em camadas sobre algum material cristalino. Verificou-se que o depósito continha 61% de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e 36% de um sal de ferro,  $(\text{NH}_4)_2\text{FeCl}_5$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , além de uma pequena porcentagem de  $\text{NaCl}$ . Não houve outras fases cristalinas embora houvesse algum conteúdo amorfo. Os elementos adicionais observados (por exemplo, enxofre) podem estar em fase amorfa.

### Exemplo 3: Decomposição térmica de uma Fonte de Material

#### derivado de MSW (Teste 2)

**[0087]** Um segundo ensaio piloto sobre o material derivado de MSW a partir de PBREF foi realizado: (i) para determinar a repetibilidade dos resultados de usar o melhor conjunto de parâmetros operacionais encontrados no Teste 1 de Ensaio piloto e (ii) para avaliar a estabilidade do processo, durante um tempo de execução mais longo (7 dias).

**[0088]** Nenhuma diferença significativa foi observada entre o material de MSW que foi recebido e usado no Exemplo 2 e o segundo lote de material de MSW a partir de PBREF que foi usado no presente Exemplo já que ambos compreendiam principalmente papel, papelão, plásticos e biomassa.

**[0089]** Categoria ASTM de RDF: O material derivado de MSW a partir de PBREF é considerado como sendo um material de RDF-2 com base em categorias aplicáveis à norma ASTM E 856. O material derivado de MSW a partir de PBREF é considerado como sendo um material de RDF-2 com base nas categorias aplicáveis à norma ASTM E 856.

**[0090]** Distribuição do Tamanho de Partículas (PSD): Um total de seis (6) amostras de cinco galões foram coletadas para avaliar a distribuição de tamanho de partículas do material que entra no gaseificador da planta piloto. Cada volume de amostra foi coletado pelo pessoal da planta piloto a partir de material que cai na tremonha de alimentação para o gaseificador, que está depois do secador de alimentação de sólidos. As partículas foram secas para menos de 5 por cento de umidade (peso médio de 2,3%). O volume da amostra foi coletado durante um período de tempo de modo a não perturbar significativamente a taxa de alimentação ao gaseificador.

**[0091]** A distribuição do tamanho de partículas do segundo lote de material derivado de MSW é mostrada na Tabela abaixo. Os pedaços de material com mais de 2 polegadas de diâmetro nominal tinham 19% em peso. As frações de tamanho de 1/2 polegada a 1 polegada e 1 polegada a de 2 polegadas combinadas responderam por metade do material seco triturado, cada fração a 25% em peso. A fração de 1/4 polegada a 1/2 polegada foi cerca de 16% em peso e a fração < 1/4 polegada foi de 15% em peso. Estes resultados foram muito próximos dos resultados da distribuição do tamanho de partículas do material usado no primeiro teste piloto.

Dimensão do tamanho de distribuição de partículas	Média	Desvio Padrão
	(% p)	(% p)
> 2 polegadas (<50 min)	19	8,0
1 a 2 polegadas (25 a 50 mm)	25	2,6
1/2 a 1 polegadas (13 a 25 mm)	25	4,0
1/4 a 1/2 polegadas (6 a 13 mm)	16	2,0

< 1/4 polegadas (< 6 mm)	15	2,2
--------------------------	----	-----

**[0092]** Classificação de componentes e fração biogênica: A fração biogênica do material seco triturado com tamanhos de partículas maiores que 1 polegada foi determinada utilizando o método de triagem manual de acordo com a norma EN 15440. As subamostras a partir da avaliação de distribuição de tamanho de partículas foram usadas para avaliar as frações que eram biogênicas, não biogênicas e inertes (metais, rochas, etc). Após peneiração, as partículas maiores do que 2-polegadas e as partículas de 1 a 2 polegadas foram, cada uma, manualmente e visualmente avaliadas.

**[0093]** As partículas de plástico foram segregadas conforme aquelas que pareciam ser diferentes tipos de plástico. Sempre que possível, as partículas eram separadas manualmente por tipo de material básico. Nenhuma outra avaliação analítica foi realizada sobre as partículas de plástico para determinar o tipo de plástico. Têxteis foram segregados entre os que pareciam ser naturais (capésan/lã/couro) vemsws os que pareciam ser sintéticos (tapete, poliésteres, etc.).

**[0094]** A Tabela abaixo mostra uma comparação quantitativa dos componentes classificáveis em material derivado de MSW seco e triturado (MSW do Exemplo 2 em comparação com o MSW do Exemplo 1). Os resultados indicam que os dois lotes separados de material derivado de MSW a partir de PBREF foram bastante semelhantes. Consistente com as características do MSW usado no Exemplo 2 e 1, o MSW usado no Exemplo 3 mostrou mais plásticos na fração > 2 polegadas e mais componentes de papel e papelão foram encontrados na fração de tamanho de 1 polegada a 2 polegadas.

**[0095]** A fração biogênica total (com base na porcentagem em peso dos componentes que são provavelmente de fontes biogênicas -

biomassa/madeira, papel e papelão, e têxteis) de MSW usada no Exemplo 3 foi de cerca de 61% em peso para a faixa de tamanho de 1 polegada a 2 polegadas e 34% em peso para a fração de 2 polegadas e maior, o que é bastante semelhante à fração biogênica encontrada no MSW usado no Exemplo 2.

Categorias básicas de materiais	MSW do Exemplo 3				MSW do Exemplo 2	
	1 a 2-polegadas		> 2-polegadas		1 a 2-polegada	> 2-polegada
	Média	SD	Média	SD		
	(% p)	(% p)	(% p)	(% p)	(% p)	(% p)
Plástico	23,9	3,9	38,1	10,7	26,4	58,9
Embalagens	0,3	0,4	1,9	2,8	ND	ND
Espuma & Isopor	1,5	0,6	0,6	1,0	2,8	0,9
Têxtil, sintético	4,2	2,8	4,1	3,7	4,5	0,0
Borracha/Látex	2,0	2,0	14,6	11,9	0,1	0,1
Diversos	3,1	1,4	3,5	1,8	ND	ND
Biomassa/ Madeira	15,9	4,2	16,4	18,5	9,8	4,3
Papel & Papelão	40,8	6,7	11,4	4,1	34,6	13,9
Têxtil	4,7	1,8	6,0	5,3	7,0	14,6
Metal	3,7	1,6	3,4	5,6	12,8	2,5
Arames	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	4,0
Fração Biogênica Total:	61,4		33,8		51,4	32,8

Notas: SD - desvio padrão; ND - Não Determinado

A fração biogênica é baseada na porcentagem em peso dos componentes que são provavelmente de origem biogênica e não em uma base de carbono.

**[0096]** Propriedades do material derivado de MSW: As Propriedades do material derivado de MSW que foi usado no Exemplo 3 em comparação com o usado no Exemplo 2 estão apresentadas na Tabela abaixo. Os teores de C, H, O, N e S foram muito semelhantes em

base seca, livre de cinzas. O teor de C foi de cerca de 52,5% em peso para o Exemplo 2 e cerca de 53,6% para o Exemplo 1. O teor de H foi 7,5% para o Exemplo 2 e cerca de 7,2% para o Exemplo 1. O teor de O foi de 37,6% para o Exemplo 2 e cerca de 36,1% para o Exemplo 1. O teor de N foi de 1,1% para o Exemplo 2 e cerca de 1,4% para o Exemplo 1. O teor de enxofre foi de cerca de 0,4% para ambos os ensaios. A única exceção foi o teor de Cl, onde o material usado no segundo ensaio parece ter tido menos que a metade do MSW usado no Exemplo 2.

Propriedade	MSW (PBREF)			
	Exemplo 2		(base seca)	Exemplo (base seca, base livre de cinzas)
	(base seca)	(base seca, base livre de cinzas)		
Análise final				
C (% p)	40,08	53,57	44,83	52,54
H (% p)	5,40	7,22	6,43	7,54
O (% p)	27,00	36,09	32,11	37,63
N (% p)	1,04	1,39	0,95	1,11
S (% p)	0,30	0,40	0,32	0,38
Cl (% p)	1,00	1,33	0,45	,0,53
Ash (% p)	25,18		14,67	
K (% p)	0,32		0,24	
Na (% p)	0,45		0,66	
N <sub>kjeldahl</sub> (% p)	0,63		0,96	
Análise centesimal				
Matéria Volátil (% p)	63,26		71,70	
Cinzas (% p)	25,18		14,67	
Carbono Fixo (% p)	09,56		13,63	
Valor de Aquecimento (Btu/lb)	8.110		8.456	
Densidade Aparente (lbs/yd <sup>3</sup> )	256		280	

**[0097]** Com base em amostras de garras tomadas para análises

externas de laboratório, o teor de cinzas de MSW usado no Exemplo 3 foi mais baixo do que o de MSW usado no Exemplo 2, que foi de 15% em peso vs 25% em peso, respectivamente. Isto pode explicar, na sua maior parte, a diferença do teor de matéria volátil, do teor de carbono fixo, e do valor de aquecimento (em uma base seca) entre os dois lotes separados de resíduos sólidos urbanos que foram usados em ensaios piloto.

**[0098]** Operação do gaseificador: Os parâmetros de operação do gaseificador usados no Exemplo 3 foram com base na melhor combinação de parâmetros (com base na estabilidade da operação do gaseificador e na qualidade do gás de síntese) que foi identificada a partir dos testes no Exemplo 2. Os parâmetros de operação do gaseificador são mostrados na Tabela abaixo.

Parâmetros de operação do gaseificador

Material de alimentação	Materiais 100% derivados de MSW (PBREF) 2° lote	
	Taxa de alimentação de sólidos (secos)	60-80
Êmbolo de transferência de O <sub>2</sub>	18	lbs/h
Êmbolo de transferência de CO <sub>2</sub>	18	lbs/h
Comprimento de curso de êmbolo de transferência	7	polegadas
Intervalo de curso de êmbolo de transferência	11	minutos
Comprimento de “atiçador”/haste de êmbolo de transferência	4	polegadas
Êmbolo de transferência de cinzas de O <sub>2</sub>	10	lbs/h
Êmbolo de transferência de cinzas de CO <sub>2</sub>	5	lbs/h

Intervalo de curso de êmbolo de transferência	180	minutos
---	-----	---------

**[0099]** Este ensaio foi concluído após oito dias de execução contínua. Nenhum problema operacional maior foi encontrado na duração do ensaio, exceto para a última parte onde parecia haver alguma limitação do fluxo a jusante do gaseificador. A avaliação pós-ensaio do equipamento a jusante mostrou que o misturador de gás de síntese-bicarbonato, que é definido logo antes do baghouse (unidade de exaustão e filtragem de pó), tinha acumulado material a um nível suficiente para causar a restrição de fluxo. A velocidade do gás através do misturador foi muito baixa para transportar as partículas para fora do recipiente misturador e para a unidade de baghouse. O material acumulado parecia ser uma combinação de bicarbonato e fuligem.

**[0100]** A agregação de material foi observada no interior da câmara inferior do gaseificador, mas não foi suficientemente grave para causar qualquer ponte ou bloqueio. A agregação foi observada tanto na fornalha principal quanto no reservatório de cinzas. Depreende-se que cursos de êmbolo de transferência manutenção de pelo menos 7" foram suficiente para limitar a extensão da formação de material agregado.

**[0101]** Utilização de Alimentação: A tabela abaixo mostra a utilização de alimentação (com base na fração de não cinzas) que foi obtida no segundo ensaio piloto. A porcentagem de cinzas usada no cálculo foi derivada dos resultados da análise centesimal residual do gaseificador, em vez da análise de alimentos sólidos, porque era mais compatível com o equilíbrio de massa global. Os resultados mostram que a utilização era relativamente elevada. Cerca de 98% dos componentes que eram cinzas da alimentação sólida foram gaseificados.

Porcentagem de utilização de alimentos sólidos.

Matéria-prima	Taxa de alimentação média (lbs/h)	Taxa de residual média (lbs/h)	Percentual de cinzas na alimentação	(%) de Utilização
Material derivado de MSW (PBREF)	70	17,5	*24,4	98

\*Percentual de cinzas foi estimado com base na porcentagem do residual do gaseificador.

**[0102]** Composição do Gás de síntese: Em uma base seca, a composição média de 7 dias de gás de síntese a partir da gaseificação de 100% de material derivado de MSW foi de 32% molar de CO, 14% molar de H<sub>2</sub>, 36% molar de CO<sub>2</sub>) e 18% molar de N<sub>2</sub>. Os resultados da composição do gás de síntese do Exemplo 2 não foram significativamente diferentes dos melhores resultados do Exemplo 2.

**[0103]** H<sub>2</sub>S, COS, HCl, e HCN foram todos detectados no gás de síntese de pós-têmpera, consistente com os resultados do Exemplo 2. De um modo geral, os níveis foram mais elevados no Exemplo 3, em comparação com o Exemplo 2, com exceção para HCl, o que não foi detectado no Exemplo 3. NH<sub>3</sub> parece ter sido removido de forma eficaz no purificador por via úmida, uma vez que não foi detectado nos gás de síntese extinto.

Componente	Exemplo 3	Exemplo 2
H <sub>2</sub> S (ppm)	306	126
COS (ppm)	55,6	47,8
HCN (ppm)	6,51	3,64
HCl (ppm)	ND (<1,45)	1,85
NH <sub>3</sub> (ppm)	ND (<0,74)	ND (<0,62)

**[0104]** Uma fração do HCN total do gás de síntese foi removida no sistema de purificação por via úmido. A concentração de HCN na água

de esfriamento foi de 9,79 µg/ml.

Componente	Material derivado de MSW (PBREF)	
	Exemplo 3	Exemplo 2
NH <sub>3</sub> (µg/mL)	152	302
HC1 (µg/mL)	39,90	36,80
HCN (ug/mL)	9,79	6,60

**[0105]** Os compostos orgânicos foram também identificados experimentalmente como estando presentes no gás de síntese no Exemplo 3, que incluía 2 metil-1-propeno e benzeno. Benzeno, tolueno, etilbenzeno, e xileno (BTEX) foram especificamente quantificados. O benzeno estava a 852 ppbv e o tolueno e xileno não foram detectados. Etileno foi detectado a 12,9 ppm. Uma ampla variedade dos compostos foi experimentalmente identificada como tendo sido removida do gás de síntese para a água do purificador por via úmida incluindo acetaldéido, hexano, benzeno, xileno, benzeno e metiletilo.

**[0106]** Inspeção do gaseificador e dutos, tubulações e equipamentos jusante: Nenhum dano aparente para o gaseificador foi observado. Houve incrustações (parecia alcatrão endurecido) sobre a face do êmbolo de transferência e na base das hastes, mas estes depósitos facilmente descascaram durante a limpeza. As superfícies de metal do êmbolo de transferência e as soldaduras pareceram estar intactas; sem quaisquer sinais de resfriamento dos vazamentos de água. Todos os bocais de oxigênio estavam limpos. Nenhum bloqueio foi encontrado ao longo da tubulação da câmara superior para a entrada do refrigerador de gás de síntese. O duto horizontal para o refrigerador de gás de síntese estava limpo, mas houve alguns depósitos amarelados sobre o revestimento cerâmico. Os depósitos pareciam ser a mesma mistura complexa que foi encontrada no forro dos dutos no Exemplo 1, compreendendo de CaSO<sub>4</sub>, NaCl, KC1, sal de zinco, K<sub>2</sub>ZnCl<sub>4</sub>, mineral de

Ca-Al-Si relacionado com tijolo refratário.

**[0107]** Os tubos refrigerados com gás de síntese estavam limpos com exceção de um, que parecia ter sido coberto com um “flocó”, que tinha caído do duto acima. Isso pode ter contribuído para o problema de fluxo que ocorreu durante a última parte do período de experiência. Esse problema foi provavelmente associado com a localização do ponto de reciclagem de gás a frio, que é diretamente acima da entrada do refrigerador de gás de síntese. Houve alguns fuligem e depósitos cristalinos na face de entrada do refrigerador de gás de síntese. A espessura do depósito apareceu típica para a duração do ensaio de gaseificação, tal como seria encontrado nos testes com madeira.

**[0108]** A maior parte das superfícies internas da placa de células de baghouse e placa de cobertura e do carretel de saída foi coberta com depósito cristalino. A análise da composição mostrou que o depósito foi quase inteiramente de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  com traços de óxidos de Fe. A presença de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  a jusante do purificador por via úmida indicou que o HCl não estava sendo eficazmente removido pelo sistema de purificação a seco. Isto está provavelmente ligado ao fato do bicarbonato de sódio não ter contato suficiente com o gás de síntese, uma vez que tendeu na maior parte apenas a assentar no fundo do recipiente do misturador, devido à baixa velocidade da corrente de gás e não estava sendo transportada para a unidade baghouse.

**[0109]** Efeito de Gás de síntese de MSW na fermentação: Um fermentador de estado estacionário foi estabelecido no gás de síntese de lascas de madeira antes de mudar para gás de síntese de RDF. Durante o curso da fermentação do gás de MSW (-200 horas), o fermentador mostrou um declínio inicial tanto na conversão de hidrogênio quanto na produção de etanol, em seguida, estabilizou-se em produtividade mais baixa de etanol (10% menos do que no ponto de partida) e, finalmente, o fermentador melhorou gradualmente todo o caminho de volta. Os

indicadores de desempenho principais (conversão de gás, produtividade de etanol, captação de hidrogênio específica) no ponto final não mostraram diferença significativa do ponto de partida.

Exemplo 4: Avaliação do Potencial de Escorificação por

Material Tipo RDF

**[0110]** A Matéria-prima foi preparada por mistura da razão em peso de 80:20 de pêletes de combustível densificados manipulados (dPEF) (Lundell Enterprises, Inc.) e lascas de madeira Northwest Arkansas (WC) em lotes e passando a mistura através de um triturador para fazer um combustível derivado de resíduos (RDF).

**[0111]** A composição incluiu os seguintes componentes:

	Pêletes de dPEF	WC	Mistura de 80:20 do dPEF e WC triturados
Análise final			
C (% p)	41,82	48,72	43,20
H (% p)	5,60	6,13	5,71
O (% p)	40,11	44,27	40,94
N (% p)	<0,50	<0,50	<0,50
S (% p)	<0,50	<0,50	<0,50
Cl (% p)	0,08	0,01	0,07
Ash (% p)	11,57	0,82	9,42
Análise centesimal			
Matéria volátil (% p)	75,50	86,19	77,64
Cinzas (% p)	11,57	0,82	9,42
Carbono fixo (% p)	12,93	12,99	12,94
Valor de aquecimento (Btu/lb)	7224	8427	7464

**[0112]** O material da matéria-prima foi alimentado a um

gaseificador de acordo com os seguintes parâmetros de partida.

Oxigênio da face do êmbolo de transferência	
Taxa de fluxo de O <sub>2</sub>	7,5 lbs/h
Taxa de fluxo de CO <sub>2</sub>	16,0 lbs/h
Oxigênio da face do êmbolo de cinzas	
Taxa de fluxo de O <sub>2</sub>	18,0 lbs/h
Taxa de fluxo de CO <sub>2</sub>	16,0 lbs/h
Êmbolo de transferência	
Intervalo de curso	7,0 minutos
Comprimento do curso	6,0 polegadas
Êmbolo de cinzas	
Intervalo de curso	60,0 minutos

**[0113]** Os parâmetros de operação do gaseificador foram variados e a inspeção visual do gaseificador forneceu os seguintes resultados.

Taxa de alimentação de sólidos (lb/h)	Taxa de alimentação de O <sub>2</sub> da Face do Êmbolo de transferência (lb/h)	Taxa de alimentação de O <sub>2</sub> da zona de combustão (lb/h)	Taxa de alimentação de CO <sub>2</sub> da face do Êmbolo de transferência (lb/h)	Taxa de alimentação de CO <sub>2</sub> da zona de combustão (lb/h)	Comprimento do curso do êmbolo de transferência (in)	Intervalo do êmbolo de transferência (min)	Intervalo do curso do êmbolo de cinzas (min)	Observação
80,0	7,5	18,0	16,0	16,0	10,0	8,0	90,0	Sem escorificação
80,0	7,5	18,0	8,0	16,0	10,0	8,0	120,0	Sem escorificação
80,0	7,5	16,0	4,0	16,0	10,0	8,0	120,0	Sem escorificação
80,0	7,5	16,0	0,0	16,0	10,0	9,0	120,0	Sem escorificação

								o
100,0	12,0	16,0	12,0	16,0	10,0	9,0	120,0	Sem escorificaçã o
100,0	16,0	16,0	16,0	16,0	10,0	9,0	120,0	Sem escorificação
100,0	16,0	14,0	8,0	14,0	10,0	10,0	180,0	Material de fusão na fornalha

### Exemplo 5: Gaseificação do Material de Matérias-prima

#### Matéria-prima

**[0114]** As seguintes matérias-primas foram usadas:

JBT: mistura de 20% de madeira, 40% de papelão, 40% de papel de escritório (peso em base seca)

VES: mistura de 80% de cubos de combustível (Lundell Empresas), 20% de madeira (peso em base seca)

A JBT foi preparada em duas misturas, A e B. Uma mistura A de JBT incorporou madeira que foi peneirada para remover as partículas finas. A peneiração foi feita usando uma peneira de tresmalho de 3/8 polegada. A mistura B de JBT incorporou a madeira triturada que não havia sido selecionada. Ambas as misturas incluíram lascas de madeira (madeira dura) para aumentar o tamanho das partículas de madeira.

**[0115]** A mistura de VES foi preparada usando o processo de cubos de combustíveis manipulados que foram triturados. Os cubos combustíveis manipulados triturados (80%) foram então misturados com a madeira moída sem peneiração (20%). As lascas de madeira foram adicionadas para aumentar o tamanho das partículas de

madeira.

**[0116]** As composições de matéria-prima foram como segue:

	Madeira moída - peneirada	Madeira moída - não peneirada (lbs)	Lascas de madeira (lbs)	Papel (lbs)	Papelão (lbs)	Cubos combustíveis (lbs)
JBT-A	1.500	0	500	4.000	4.000	
JBT-B		1.500	500	4.000	4.000	
VES		1.500	500			8.000

**[0117]** A análise foi realizada em cada um dos componentes de matéria-prima. Os resultados foram como segue:

	Papel triturado	Papelão triturado	Cubos combustíveis	Madeira peneirada e moída	Madeira moída com finos	Lascas de madeira
Análise final						
C (% p)	39,51	46,51	41,82	52,72	53,05	49,48
H (% p)	5,20	5,85	5,60	5,08	5,74	5,51
O (% p)	46,28	45,88	40,11	41,45	40,65	43,13
N (% p)	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
S (% p)	<0,05	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	0,01
Cl (% p)	0,33	0,02	0,08	0,01	0,02	0,00
Cinzas (% p)	8,69	1,54	11,57	0,74	0,54	1,52
Análise centesimal						
Matéria volátil (% p)	75,27	82,74	75,50	85,65	85,42	86,19
Cinzas (% p)	8,69	1,54	11,57	0,74	0,54	1,52
Carbono fixo (% p)	12,84	15,72	12,93	13,61	14,04	12,99
Valor de aquecimento (Btu/lb)	6174	8151	7224	8544	8850	8427

**[0118]** Análise calculada da mistura de matérias-primas foi a seguinte:

Componentes	JBT-A	JBT-B	VES
C (% p)	44,55	44,60	44,07
H (% p)	5,43	5,53	5,79
O (% p)	45,00	44,88	40,11
N (% p)	0,50	0,50	0,50
S (% p)	0,11	0,11	0,50
Cl (% p)	0,14	0,14	0,07
Cinzas (% p)	4,28	4,25	9,41

#### Operação do gaseificador

**[0119]** Para cada matéria-prima, o gaseificador foi operado para manter uma altura de leito fixo e otimizar composição de CO.

**[0120]** JBT-A: Taxa de alimentação para o gaseificador foi inicialmente fixada em cerca de 80 lbs/h. O fluxo de oxigênio para a face do êmbolo de transferência foi fixada em 16 lbs/h e o oxigênio da garganta estava a cerca de 33 lbs/h. Nenhum fluxo de oxigênio foi fornecido no reservatório de cinzas inicialmente. O êmbolo de transferência foi definido para curso em 6 polegadas a cada 25 minutos.

**[0121]** Os parâmetros de operação do gaseificador foram ajustados para se obter uma composição de gás de síntese estável e um leito de material estacionário no gaseificador. O curso do êmbolo de transferência de 10 polegadas a cada 8 minutos e configurações de fluxo de oxigênio de 18 lbs/h na face do êmbolo de transferência e 12 lbs/h no reservatório de cinzas forneceu operação estável.

**[0122]** Durante os estágios iniciais do teste, alguns grandes pedaços de escória foram encontrados no residual do gaseificador. Para reduzir esta escorificação, uma taxa de 8 lb/h de CO<sub>2</sub> foi alimentada com oxigênio na face de êmbolo de transferência. A quantidade de

escória diminuiu após a adição de CO<sub>2</sub>. A quantidade de escória formada não causou quaisquer problemas no gaseificador.

**[0123]** JBT-B: A taxa de alimentação para o gaseificador foi inicialmente fixada em cerca de 80 lbs/h. O fluxo de oxigênio para a face de êmbolo de transferência foi fixado em 18 lbs/h e o oxigênio da garganta estava a cerca de 42 lbs/h. Nenhum fluxo de oxigênio foi fornecido no reservatório de cinzas inicialmente. O êmbolo de transferência foi definido para curso a 10 polegadas a cada 25 minutos.

**[0124]** Os parâmetros de operação do gaseificador foram ajustados para se obter uma composição de gás de síntese estável e um leito de material estacionário no gaseificador. Um Curso do êmbolo de transferência de 10 polegadas a cada 10 minutos e configurações de fluxo de oxigênio de 18 lbs/h na face do êmbolo de transferência e 10 lbs/h no reservatório de cinzas forneceu operação estável.

**[0125]** Durante os estágios iniciais do teste, alguns pedaços grandes de escória foram encontrados no residual do gaseificador. Para reduzir esta escorificação, uma taxa de 8 lb/h de CO<sub>2</sub> foi alimentada com oxigênio na face de êmbolo de transferência. A quantidade de escória diminuiu após a adição de CO<sub>2</sub>. A quantidade de escória formada não causou quaisquer problemas no gaseificador.

**[0126]** Os finos não tem qualquer efeito negativo sobre a operação do gaseificador. Não houve diferença distinta entre o leito de material ao usar JBT-A (sem finos) e JBT-B (com finos).

**[0127]** VES: A Taxa de alimentação para o gaseificador foi inicialmente fixada em cerca de 80 lbs/h. O fluxo de oxigênio e o fluxo de dióxido de carbono na face de êmbolo de transferência foi inicialmente fixado em 18 lbs/h e 8 lbs/h, respectivamente. O fluxo de oxigênio para a garganta foi de cerca de 40 lbs/h e o fluxo de oxigênio para o reservatório de cinzas (face do êmbolo de cinzas) foi fixado

inicialmente em 10 lbs/h. O êmbolo de transferência foi definido para curso em 10 polegadas a cada 25 minutos.

**[0128]** Durante a operação do gaseificador, a escória tende a se formar na fornalha principal (dentro dos atijadores de leito mais externos). A escória é empurrada pelo êmbolo de transferência ao longo do reservatório de cinzas e impede que o material caia dentro do reservatório resultando em distribuição irregular de material.

**[0129]** Durante a operação do gaseificador, pedaços grandes de escória obstruíram o êmbolo de cinzas e impediram o movimento para frente ou para trás. O fluxo de dióxido de carbono para o êmbolo de transferência e êmbolo de cinzas foi aumentado para 16 lbs/h e 8 lbs/h, respectivamente, mas os aumentos de CO<sub>2</sub> não foram suficientes para evitar a escorificação.

**[0130]** As configurações de fluxo de oxigênio e CO<sub>2</sub> para cada um dos materiais de alimentação podem ser resumidas como segue:

Matéria-prima	Taxa de alimentação do gaseificador (lbs/h)	Taxa de alimentação de oxigênio da fornalha principal (lbs/h)	Taxa de alimentação de oxigênio do reservatório de cinzas (lbs/h)	Taxa de alimentação de oxigênio da garganta (lbs/h)	Taxa de alimentação de oxigênio total (lbs/h)	Taxa de alimentação de CO <sub>2</sub> da fornalha principal (lbs/h)	Taxa de alimentação de CO <sub>2</sub> do reservatório de cinzas (lbs/h)	Taxa de alimentação de CO <sub>2</sub> total (lbs/h)
JBT-A	80	18	12	—40	70	8	0	8
JBT-B	80	18	10	—40	68	8	0	18
VES	80	18	12	—44	74	16	8	24

**[0131]** As configurações do gaseificador para cada um dos materiais de matéria-prima podem ser resumidas como segue:

Matéria-prima	Comprimento do curso do êmbolo de transferência (in)	Ciclo do curso do êmbolo de transferência (min)	Ciclo do curso do êmbolo de cinzas (h)
JBT-A	10	8	5
JBT-B	10	10	5
VES	5	15	4

**[0132]** A composições de gás de síntese foram como segue para cada um dos materiais de matéria-prima. (Resultados refletem a composição do gás de síntese após filtração, purificação por via úmida e secagem, e depois da correção para purga de nitrogênio usada no sistema de limpeza.).

Matéria-prima	%CO	%H <sub>2</sub>	%CO <sub>2</sub>	%N <sub>2</sub>
JBT-A	38	19	40	3
JBT-B	39	22	36	3
VES	38	18	36	7

**[0133]** Uma estimativa da utilização da alimentação do gaseificador foi calculada utilizando a seguinte equação.

$$(\%) \text{ de utilização} = \frac{\left[ F \times \left( 1 - \frac{A}{100} \right) \right] - \left[ R - \left( F \times \frac{A}{100} \right) \right]}{\left[ F \times \left( 1 - \frac{A}{100} \right) \right]}$$

onde

F = taxa média de alimentação no gaseificador

A = percentual de cinzas na alimentação

R = taxa média residual (residual removido do gaseificador)

**[0134]** A utilização é chamada de porcentagem do total dos componentes que não são cinzas na alimentação que é convertida e deixa a câmara inferior do gaseificador como gás. O cálculo baseia-se no pressuposto de que quantidades significativas de componentes de cinza na alimentação deixam o gaseificador com a corrente de produto de gás.

**[0135]** A utilização para cada matéria-prima foi como segue. A taxa média de alimentação e a taxa média residual foram calculadas com base nos dados da operação. Os componentes que não são cinzas no residual foram calculados com base na suposição de que as cinzas totais no residual são equivalente às cinzas totais na alimentação.

Matéria-prima	Taxa de alimentação (lbs/h)	Cinzas na alimentação (% p)	Taxa média de residual (lbs/h)	Utilização (%)
JBT-A	83,04	4,28	8,10	94,28
JBT-B	88,85	4,25	4,40	99,27
VES	78,79	9,41	8,81	98,04

O equilíbrio de cinzas foi como segue

Matéria-prima	Taxa média de alimentação (lbs/h)	Percentual de alimentação de cinzas (% p)	Taxa de alimentação de cinzas (lbs/h)	Taxa média de remoção de cinzas de gaseificador (lbs/h)	Percentual de cinzas no residual do gaseificador (% p)	Taxa de cinzas no residual do gaseificador (lbs/h)	Diferença de cinzas (lbs/h)
JBT-A	83,04	4,28	3,55	8,10	52,73	4,27	0,72
JBT-B	88,85	4,25	3,76	4,40	75,75	3,33	0,43
VES	78,79	9,41	7,41	8,81	80,68	7,11	0,30

**[0136]** As taxas médias de alimentação e residuais do gaseificador são baseadas em dados de operação da planta piloto. Os dados de

cinzas baseiam-se em resultados de análises de cinzas em laboratório das amostras de alimentação e residuais. As taxas de cinzas foram calculadas multiplicando-se a taxa de fluxo média pelo percentual de cinzas. A diferença de cinzas é o valor absoluto da diferença da taxa de massa entre as cinzas na alimentação e as cinzas na residual do gaseificador.

**[0137]** Embora a invenção aqui revelada tenha sido descrita por meio de modalidades específicas, exemplos e as aplicações dos mesmos, numerosas modificações e variações podem ser feitas na mesma por aqueles versados na técnica sem se afastar do escopo da invenção estabelecida nas Reivindicações.

## REIVINDICAÇÕES

**1. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, que compreende:

fornecer matéria-prima sólida a uma unidade de decomposição térmica;

mover a matéria-prima através de pelo menos uma zona de gaseificação na unidade de decomposição térmica com pelo menos um êmbolo de transferência, **caracterizado** por que o êmbolo de transferência é movido a uma taxa eficaz para fornecer um tempo de retenção de matéria-prima na zona de gaseificação de 0,25 hora a 3 horas;

fornecer oxigênio e, opcionalmente, um gás adicional ao êmbolo de transferência e permitir que o oxigênio e o gás adicional opcional saiam numa face do êmbolo de transferência a uma taxa de 0,24 a 0,73 g-mol/h-cm<sup>2</sup> (0,5 a 1,5 lb-mol/h-pé<sup>2</sup>),

mover a matéria-prima a partir de pelo menos uma zona de gaseificação para pelo menos uma zona de combustão;

mover a matéria-prima através de pelo menos uma zona de combustão com pelo menos um êmbolo de cinzas; e

transportar gás a partir de pelo menos uma zona de gaseificação e pelo menos uma zona de combustão para uma zona de destruição de alcatrão para formar um gás de síntese.

**2. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o gás adicional é selecionado a partir do grupo que consiste em CO<sub>2</sub>, vapor, nitrogênio, metano e misturas dos mesmos.

**3. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que a matéria-prima forma um leito de material de movimentação na unidade de decomposição térmica.

**4. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 3, **caracterizado** por que o processo é eficaz para manter uma temperatura do leito do material menor ou igual a 1260°C (2.300°F) em qualquer ponto no leito do material.

**5. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 4, **caracterizado** por que o processo é eficaz para manter uma temperatura do leito do material de 260°C (500 °F) a 1093°C (2.000 °F).

**6. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o processo é eficaz para manter uma temperatura média do leito do material de 427 °C (800 °F) a 538 °C (1.000°F) e uma variação de temperatura através do leito do material de 149°C (300°F) ou inferior.

**7. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o oxigênio é fornecido à zona de gaseificação a uma taxa eficaz para proporcionar uma razão de O<sub>2</sub>:carbono de 0,1 a 0,5.

**8. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que pelo menos um êmbolo de cinzas é movido a uma taxa eficaz para proporcionar um tempo de retenção de matéria-prima na zona de combustão de 0,5 hora a 10 horas.

**9. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o processo é eficaz para

fornecer um gás de síntese que tem um teor de CO de 20% molar ou mais.

**10. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o processo é eficaz para fornecer um gás de síntese com uma razão de CO/CO<sub>2</sub> de pelo menos 0,75.

**11. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que a matéria-prima é selecionada a partir do grupo que consiste em material carbonáceo, produto líquido carbonáceo, reciclagem de líquidos industriais carbonáceos, resíduos sólidos urbanos carbonáceos (MSW ou msw), resíduos urbanos carbonáceos, material agrícola carbonáceo, material florestal carbonáceo, resíduos de madeira carbonáceos, material de construção carbonáceo, material vegetativo carbonáceo, resíduos industriais carbonáceos, resíduos de fermentação carbonáceos, coprodutos petroquímicas carbonáceos, co-produtos de produção de álcool carbonáceos, carvão carbonáceo, pneus, plásticos, resíduos plásticos, alcatrão de forno de coque, *fibersoft*, lignina, licor negro, polímeros, polímeros de resíduos, tereftalato de polietileno (PETA), poliestireno (PS), lodo de esgoto, resíduos animais, resíduos de colheitas, culturas energéticas, resíduos de processamento de floresta, resíduos de tratamento de madeira, resíduos de animais de agropecuária, resíduos de aves, resíduos de processamento de alimentos, resíduos de processos fermentativos, co-produtos de etanol, grãos gastos, micro-organismos gastos e combinações dos mesmos.

**12. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que 1 a 10 hastes de atizador se estendem em afastamento a partir da face do êmbolo de transferência.

**13. Processo de Decomposição Térmica Não Catalítica**, de acordo com a Reivindicação 12, **caracterizado** por que a face do êmbolo de transferência inclui bocais de gás localizados por baixo das hastes de atizador.

FIG. 1

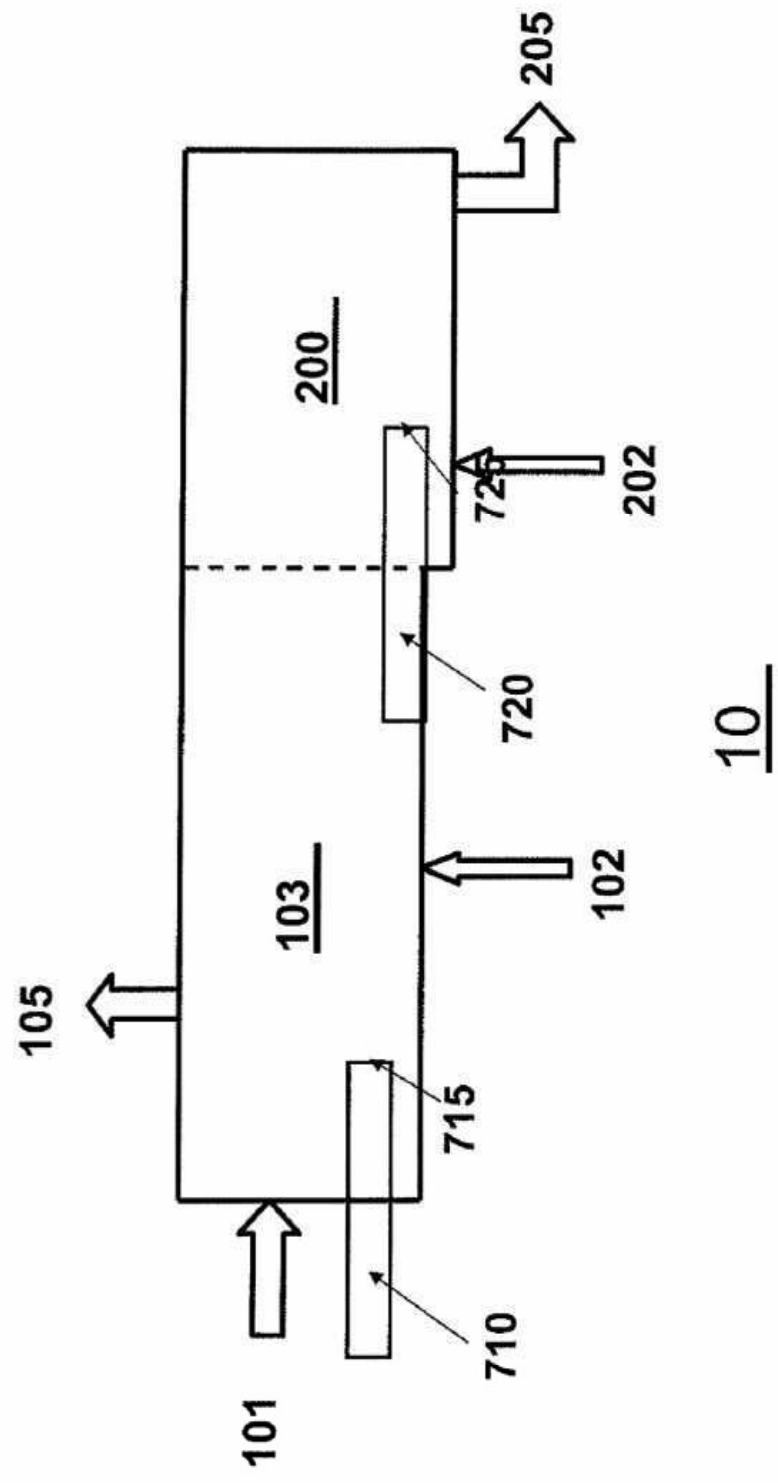


FIG. 2

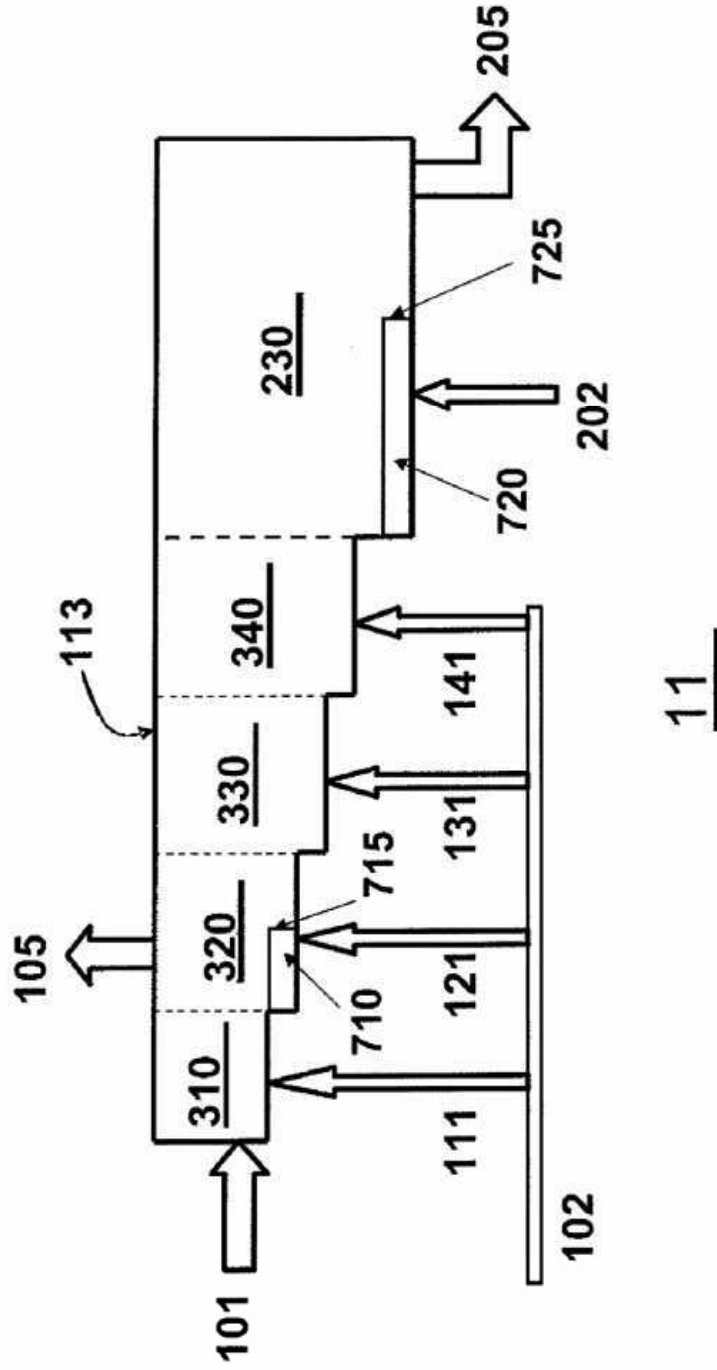


FIG. 3

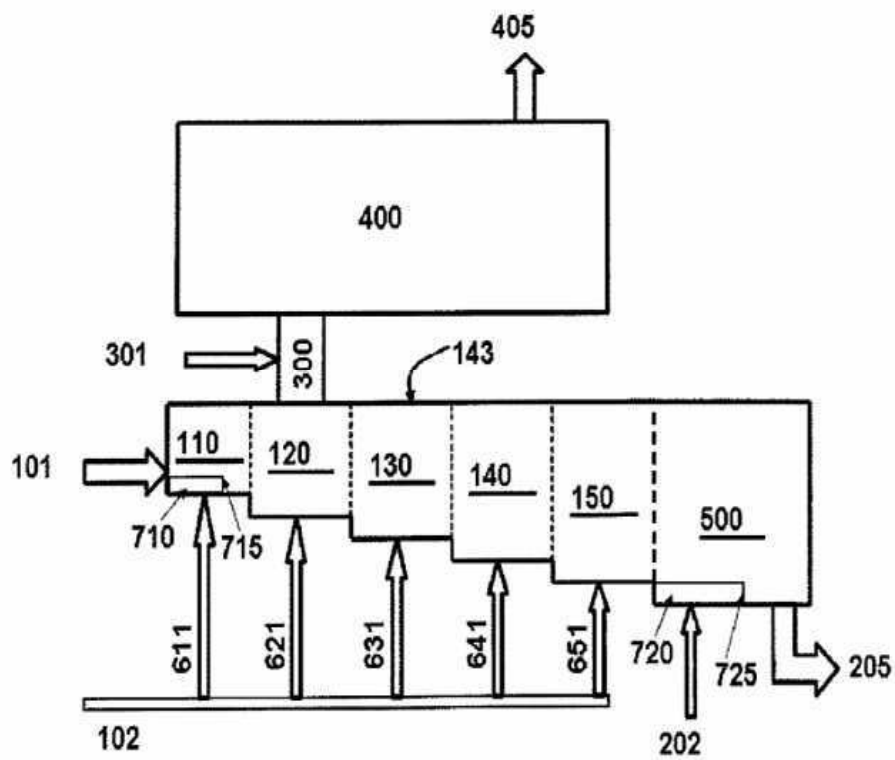


FIG. 4A

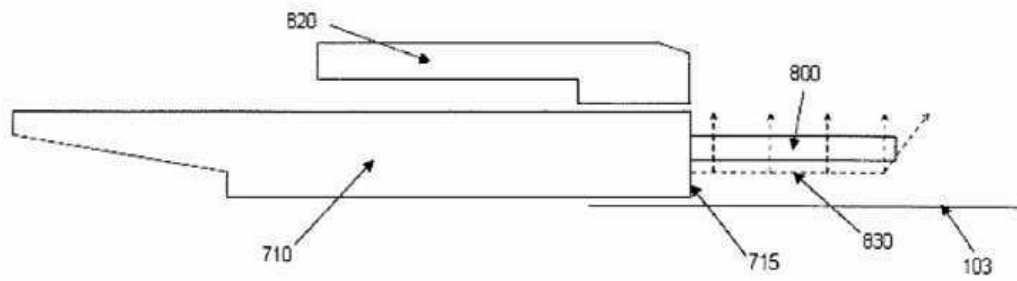


FIG. 4B

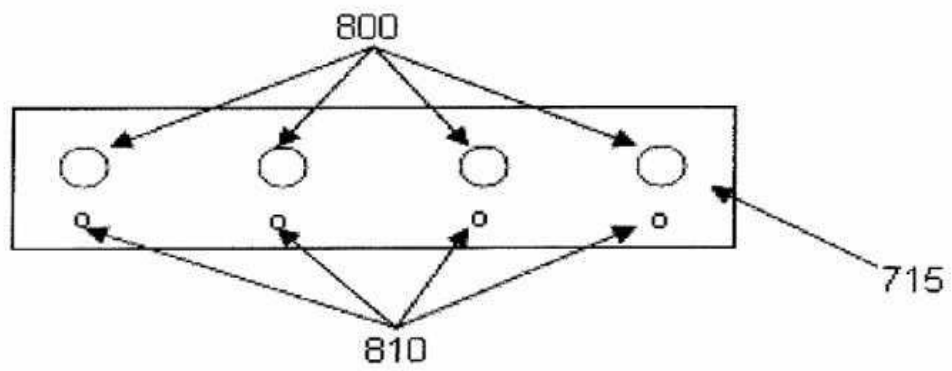


FIG. 5

