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

(21) BR 112015019241-6 A2

(22) Data do Depósito: 07/03/2014

(43) Data da Publicação Nacional: 28/01/2020

(54) Título: COMPARTIMENTOS PROCESSUAIS RECONFIGURÁVEIS.

(51) Int. Cl.: G21K 5/04.

(30) Prioridade Unionista: 08/03/2013 US 61/774,773; 08/03/2013 US 61/774,731; 08/03/2013 US 61/774,735; 08/03/2013 US 61/774,740; 08/03/2013 US 61/774,744; (...).

(71) Depositante(es): XYLECO, INC..

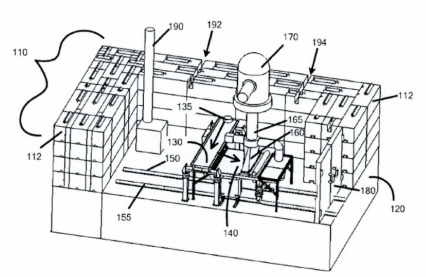
(72) Inventor(es): MARSHALL MEDOFF; THOMAS CRAIG MASTERMAN; ROBERT PARADIS.

(86) Pedido PCT: PCT US2014021629 de 07/03/2014

(87) Publicação PCT: WO 2014/138548 de 12/09/2014

(85) Data da Fase Nacional: 11/08/2015

(57) Resumo: COMPARTIMENTOS PROCESSUAIS RECONFIGURÁVEIS Biomassa (por exemplo, biomassa vegetal, biomassa animal, e biomassa de resíduos municipais) e outros materiais são processados para produzir intermediários e produtos úteis, tais como energia, combustíveis, alimentos ou materiais. Por exemplo, sistemas e métodos são descritos que podem ser usados no tratamento de matérias-primas, tais como materiais celulósicos e/ou lignocelulósicos, em uma cavidade em que as paredes e, opcionalmente, o teto incluem unidades discretas. Tais cavidades são reconfiguráveis.



COMPARTIMENTOS PROCESSUAIS RECONFIGURÁVEIS

REFERÊNCIA CRUZADA PARA PEDIDOS RELACIONADOS

[1] O presente pedido reivindica prioridade a partir dos pedidos provisórios a seguir: US Nº 61/774.684, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.773, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.731, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.735, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.740, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.744, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.746, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.750, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.752, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.754, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.775, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.780, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.761, depositado em 8 de março de 2013; US Nº 61/774.723, depositado em 8 de março de 2013; e US Nº 61/793.336, depositado em 15 de março de 2013. A divulgação total de cada um desses pedidos provisórios é incorporada neste documento à guisa de referência.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[2] Muitas matérias-primas lignocelulósicas potenciais estão disponíveis hoje, incluindo resíduos agrícolas, biomassa lenhosa, resíduos urbanos, óleos ou massas de sementes e algas, para citar alguns. Atualmente, estes materiais são frequentemente subutilizados, sendo usados, por exemplo, como alimento para animais, materiais de compostagem orgânica, queimados em estabelecimentos de cogeração ou até mesmo aterrados.

[3] A biomassa lignocelulósica inclui fibrilas de celulose cristalina incorporadas a uma matriz de hemicelulose, circundada por lignina. Isto produz uma matriz compacta de difícil acesso para enzimas e demais processos químicos, bioquímicos e/ou biológicos. Materiais de biomassa celulósica (por exemplo, materiais de biomassa dos quais foi removida

substancialmente toda a lignina) são mais acessíveis às enzimas e outros processos de conversão, mas, mesmo assim, materiais celulósicos de ocorrência natural muitas vezes têm baixos rendimentos (com relação ao rendimento teórico) quando em contato com enzimas de hidrólise. A biomassa lignocelulósica é ainda mais recalcitrante ao ataque de enzima. Além disso, cada tipo de biomassa lignocelulósica tem sua própria composição específica de celulose, hemicelulose e lignina.

RESUMO

[4] Em geral, as invenções referem-se a compartimentos para tratar materiais, tal como biomassa. Esta invenção refere-se igualmente aos equipamentos, métodos e sistemas para a produção de produtos a partir de materiais, tal como material de biomassa. Aumentar vazão e segurança, e reduzir os custos associados ao tratamento de biomassa, são importantes metas no desenvolvimento de processos e manufatura úteis e flexíveis. Em métodos que envolvem irradiação, riscos podem ser mitigados envolvendo a irradiação numa cavidade. Por exemplo, a cavidade pode ser construída a partir de unidades ou partes reconfiguráveis de fácil montagem opacas à radiação, como concreto de espessura suficiente. Em geral, os métodos divulgados neste documento incluem tratar uma biomassa recalcitrante com feixes de elétron em uma cavidade e então processar bioquímica e quimicamente o material de recalcitrância reduzida para, por exemplo, etanol, xilitol e outros produtos.

[5] Em um aspecto, a invenção refere-se a uma instalação de tratamento de material (por exemplo, biomassa) que inclui uma cavidade com paredes, teto e uma base. Os limites da cavidade podem conter/pode-se colocar dentro dos limites da cavidade um sistema de transporte de materiais (por exemplo, um transportador vibratória) configurado para transportar um material (por exemplo, um material de biomassa ou material que contenha hidrocarbono), através de um campo de radiação, por exemplo, sob um feixe de elétrons. Opcionalmente, cada uma das paredes

pode incluir uma pluralidade de unidades discretas e, opcionalmente, o teto pode também incluir uma pluralidade de unidades discretas. Em determinados casos, as paredes, teto e base incluem concreto, tal como um concreto selecionado dentre um grupo que consiste em concreto normal, concreto de alta densidade, concreto pré-tensionado, concreto que contém chumbo, concreto contendo vergalhões e combinações destes.

[6] Em determinadas implementações, o dispositivo de irradiação de elétron é sustentado pelo teto da cavidade. Em determinados casos, o dispositivo de irradiação de elétrons pode pesar pelo menos 5 toneladas (por exemplo, pelo menos 6 toneladas, pelo menos 7 toneladas, pelo menos 8 toneladas, pelo menos 9 toneladas, pelo menos 10 toneladas, entre cerca de 5 e 20 toneladas).

[7] Em determinadas implementações, a cavidade inclui uma porta que é substancialmente opaca à radiação, por exemplo, construída com materiais que incluem chumbo e aço. Opcionalmente, a porta inclui um interior de aço em contato com uma camada dianteira e uma camada traseira que incluem chumbo.

[8] Em determinados casos, a cavidade é reconfigurável. Opcionalmente, as paredes incluem blocos interligados e/ou o teto compreendo painéis de teto.

[9] Em determinadas implementações, as paredes da cavidade são configuradas de modo a sustentar uma rede de vigas I. A rede de vigas I podem sustentar um teto, por exemplo, painéis de teto ou outras unidades de teto.

[10] Em determinadas implementações, as paredes, o teto e a fundação, têm espessura de pelo menos 1,20 m (por exemplo, espessura de pelo menos 1,50 m, espessura de pelo menos 1,80 m, espessura de entre 1,20 m e 3 m) Opcionalmente, a instalação inclui uma base que inclui uma laje de concreto. Opcionalmente, diversas lajes são utilizadas em uma instalação.

[11] Em determinadas implementações, a instalação inclui uma abertura para fornecimento contínuo de biomassa para dentro da cavidade e para o transportador. Opcionalmente, a facilidade inclui também aberturas para um transportador de loop contínuo para a remoção contínua de biomassa do transportador e para fora da cavidade.

[12] Em outro aspecto, a invenção refere-se a um método para tratar um material (por exemplo, um material de biomassa, um material que contenha hidrocarbono). O método inclui a irradiação do material com um feixe de elétrons, em uma cavidade com base, paredes e um teto. Opcionalmente, cada uma das paredes inclui uma pluralidade de unidades discretas e, opcionalmente, o teto inclui uma pluralidade de unidades discretas.

[13] Em determinados exemplos, o material de biomassa que é tratado é um material lignocelulósico na forma de madeira ou laminado. Em outros exemplos, o material a ser tratado é selecionado dentre um grupo que consistem em madeira, painel de partícula, serragem, resíduo agrícola, esgoto, silagem, gramas, casca de arroz, bagaço, algodão, juta, cânhamo, linho, bambu, sisal, abacá, palha, espigas de milho, palha de milho, painço, alfalfa, feno, cabelo de coco, alga marinha, algas, e misturas destes.

[14] Opcionalmente, a cavidade é reconfigurável. Em alguns exemplos, a cavidade é reconfigurada após irradiação da biomassa, e em seguida uma segunda biomassa é irradiada na cavidade reconfigurada.

[15] Em algumas implementações, as paredes da cavidade usadas para tratar o material de biomassa incluem blocos interligados de concreto. Opcionalmente, as paredes sustentam uma rede de vigas I e a rede de vigas I sustentam o teto (por exemplo, painéis de teto discretos ou outras unidades de teto) bem como o irradiador. Em determinados casos, as paredes, teto e base incluem concreto e concreto pode ser concreto normal, concreto de alta densidade, concreto pré-tensionado, concreto que contém chumbo, concreto contendo vergalhões e combinações destes.

[16] Uma das vantagens de usar unidades discretas na construção de estruturas, por exemplo, cavidades, conforme usados nos métodos divulgados neste documento, é que unidades danificadas podem ser facilmente substituídas. Uma outra vantagem é que as modificações da estrutura para acomodar mudanças de processo e mudanças em necessidade de equipamento podem ser relativamente simples. Toda a estrutura (ou estruturas) pode(m) até mesmo ser desmontada(s) e remontada(s) (por exemplo, em outra localidade). Consequentemente, por exemplo, as estruturas de construção são reconfiguráveis, tanto como estruturas novas (por exemplo, diferentes em sua forma e/ou proporções) quanto estruturas similares (por exemplo, similares quanto à forma e às proporções). A reciclagem do material ao fim da vida das estruturas pode ser igualmente facilitada, e/ou as unidades podem vendidas ou reutilizadas para usos estruturais. Além disso, o valor da propriedade é mantido, posto que após a desmontagem e remoção das estruturas, a terra é devolvida a seu estado original.

[17] Implementações da invenção podem incluir, opcionalmente, um ou mais dos seguintes recursos resumidos. Em algumas implementações, os recursos selecionados podem ser aplicados ou utilizados em qualquer ordem, enquanto em outras implementações uma sequência selecionada específica é aplicada ou utilizada. Recursos individuais podem ser aplicados ou utilizados mais de uma vez em qualquer sequência e até mesmo continuamente. Além disto, uma sequência inteira ou uma porção de uma sequência de recursos aplicados ou utilizados pode ser aplicada ou utilizada uma vez, de forma repetida ou contínua em qualquer ordem. Em algumas implementações opcionais, os recursos podem ser aplicados ou utilizados com diferentes, ou onde aplicáveis os mesmos, ajustados ou variados, parâmetros quantitativos ou qualitativos conforme determinado por uma pessoa versada na técnica. Por exemplo, parâmetros de características como tamanho, dimensões individuais (por exemplo,

comprimento, largura e altura), local, grau (por exemplo, até que ponto, como o grau de recalcitrância), duração, frequência de uso, densidade, concentração, intensidade ou velocidade podem ser variados ou fixos, quando aplicável, conforme determinado por uma pessoa versada na técnica.

[18] Características, por exemplo, incluem: uma instalação de tratamento que inclui uma cavidade com paredes, teto e uma base; uma cavidade mantida a uma pressão interna diferente da pressão atmosférica nominal; uma cavidade mantida a uma pressão mais baixa que a pressão atmosférica; uma cavidade que contém em si um sistema transportador configurado para transportar biomassa sob um feixe de elétrons; uma cavidade com paredes que incluem uma pluralidade de unidades discretas; uma cavidade com um teto que inclui uma pluralidade de unidades discretas; uma cavidade que é reconfigurável; um dispositivo de irradiação de elétrons sustentado pelo teto de uma cavidade e disposto de maneira a irradiar biomassa transportada por um sistema transportador; um dispositivo de irradiação de elétrons pesando pelo menos 5 toneladas, sustentado pelo teto de uma cavidade e disposto de modo a irradiar biomassa transportada por um sistema transportador; um dispositivo de irradiação de elétrons pesando pelo menos 10 toneladas, sustentado pelo teto de uma cavidade e disposto de modo a irradiar biomassa transportada por um sistema transportador; um dispositivo de irradiação de elétrons pesando entre 5 e 20 toneladas, sustentado pelo teto de uma cavidade e disposto de modo a irradiar biomassa transportada por um sistema transportador; uma cavidade que inclui uma base que compreende uma laje de concreto; uma cavidade em que as paredes incluem blocos interligados; uma cavidade em que as paredes sustentam uma rede de vigas I e a rede de vigas I sustenta painéis de teto; uma cavidade em que as paredes, teto e fundação têm pelo menos 1,20 m de espessura; uma cavidade em que as paredes, teto e fundação têm pelo menos 1,20 m de espessura; uma cavidade em que as paredes,

teto e fundação têm pelo menos 1,50 m de espessura; uma cavidade em que as paredes, teto e fundação têm entre 1,20 e 3 m de espessura; uma cavidade em que as paredes são revestidas de materiais resistentes à corrosão; uma cavidade em que as paredes são cobertas por folhas de aço inoxidável; uma cavidade em que as paredes incluem concreto normal; uma cavidade em que as paredes incluem concreto de alta densidade; uma cavidade em que as paredes incluem concreto pré-tensionado; uma cavidade em que as paredes incluem concreto com chumbo, uma cavidade em que as paredes incluem concreto com vergalhões; uma cavidade em que o teto inclui concreto normal; uma cavidade em que o teto inclui concreto de alta densidade; uma cavidade em que o teto inclui concreto pré-tensionado; uma cavidade em que o teto inclui concreto com chumbo; uma cavidade em que o teto inclui concreto com vergalhões; uma cavidade em que a base inclui concreto normal; uma cavidade em que a base inclui concreto de alta densidade; uma cavidade em que a base inclui concreto pré-tensionado; uma cavidade em que a base inclui concreto com chumbo; uma cavidade em que a base inclui concreto com vergalhões; uma cavidade que inclui uma porta substancialmente opaca à radiação; uma instalação de tratamento que inclui uma cavidade e uma porta substancialmente opaca à radiação conducente à cavidade; uma cavidade que inclui uma porta substancialmente opaca à radiação, sendo que a porta compreende um interior de aço em contato com camadas dianteiras e fronteiras que compreendem chumbo; uma cavidade que inclui uma abertura para fornecimento contínuo de biomassa para dentro da cavidade e para o transportador, aberturas para um transportador de loop contínuo para remoção contínua da biomassa do transportador e para fora da cavidade; irradiação de uma biomassa lignocelulósica com feixe de elétrons em uma instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar uma biomassa lignocelulósica com um feixe de elétrons, em uma instalação de tratamento que inclui uma cavidade, reconfigurando a cavidade e irradiando

um segundo material de biomassa na cavidade reconfigurada; irradiar madeira com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar um laminado com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar uma placa de partículas com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar serragem com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar resíduo agrícola com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar esgoto com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar gramas com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar cascas de arroz com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar bagaço com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar algodão com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar juta com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar cânhamo com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar linha com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar bambu com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar sisal com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar abacá com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar palha com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar espigas de milho com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar palha de milho com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar painço com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar alfafa com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar

feno com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar pelos de coco com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; irradiar algas marinhas com um feixe de elétrons, numa instalação de tratamento que inclui uma cavidade; uma instalação de tratamento que inclui uma cavidade e dentro da mesma um transportador vibratório para transportar biomassa.

[19] Outras características e vantagens da invenção tornar-se-ão aparentes a partir da seguinte descrição detalhada, e das reivindicações.

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[20] A FIG. 1 é uma vista em perspectiva de uma cavidade, com teto, base e parede dianteira cortados de modo a mostrar o interior.

[21] A FIG. 2 é uma vista lateral da cavidade mostrada na FIG. 1, com o teto adicionado.

[22] A FIG. 3 é uma vista superior da cavidade mostrada na FIG. 1.

[23] A FIG. 4A é uma vista em perspectiva de uma cavidade, mostrada sem seus componentes interiores. A FIG. 4B é uma vista de detalhe ampliada de uma parede da cavidade, a FIG. 4C é uma vista em perspectiva da cavidade mostrando o teto e diversos condutos.

[24] A FIG. 5A é uma vista explodida em perspectiva de duas unidades discretas que podem ser usadas na construção de uma cavidade, enquanto a FIG. 5B é uma vista superior das unidades.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[25] Usando os métodos e os sistemas descritos neste documento, os materiais de matérias-primas celulósicas e lignocelulósicas, por exemplo, que podem ser provenientes de biomassa (por exemplo, biomassa vegetal, biomassa animal, papel e biomassa de resíduos urbanos) e que frequentemente são prontamente disponíveis, mas são difíceis de processar, podem ser transformadas em produtos úteis (por exemplo, açúcares, tais como xilose e glicose, e álcoois, tais como etanol e butanol). Inclusos encontram-se os métodos e sistemas para tratamento de

material tais como biomassa com radiação em uma cavidade com unidades discretas.

[26] Por exemplo, processos para manufatura de soluções de açúcar e produtos daí descritos são descritos neste documento. Esses processos podem incluir, por exemplo, tratar mecanicamente, opcionalmente, uma matéria-prima celulósica e/ou lignocelulósica. Antes e/ou após este tratamento, a matéria-prima pode ser tratada com outro tratamento físico, por exemplo, irradiação, explosão de vapor, pirólise, sonicação e/ou oxidação para reduzir ou reduzir ainda mais sua recalcitrância. Uma solução de açúcar é formada sacarificando a matéria-prima através, por exemplo, da adição de uma ou mais enzimas. Um produto pode ser derivado da solução de açúcar, por exemplo, por fermentação de um álcool. Processamento adicional pode incluir purificar a solução, por exemplo, por destilação. Se desejado, as etapas de medição do teor de lignina e configurar e ajustar parâmetros de processo (por exemplo, dosagem de irradiação) com base nesta medição podem ser executadas em vários estágios do processo, por exemplo, conforme descrito na Patente U.S. Nº 8.415.122, emitida em 9 de abril de 2013, cuja divulgação completa é incorporada neste documento à guisa de referência.

[27] Já que a etapa de tratamento redutor recalcitrante pode ser um processo de alta energia, o tratamento pode ser realizado em uma cavidade para conter a energia ou produtos derivados do processo energético. Por exemplo, a cavidade pode ser configurada para conter energia térmica, energia elétrica, energia radioativa, energia de explosão, gases e combinações destes.

[28] Se os métodos de tratamento para redução de recalcitrância incluem irradiação das matérias-primas, a cavidade pode ser feita de materiais opacos à radiação. Vários processos podem ocorrer na biomassa quando elétrons de um feixe de elétrons interagem com a matéria em colisões inelásticas. Por exemplo, ionização do material, cisão em cadeia

de polímeros no material, reticulação de polímeros no material, oxidação do material, geração de raios X ("Bremsstrahlung") e excitação por vibração de moléculas (por exemplo, geração de fônon). Sem ser vinculado a um mecanismo particular, a redução em recalcitrância pode ser devido aos vários destes efeitos de colisões inelásticas, por exemplo, ionização, cisão em cadeia de polímeros, oxidação e geração de fônon. Alguns dos efeitos (por exemplo, especialmente a geração de raios-X), necessitam de blindagem e barreiras de engenharia, por exemplo, enclausurar os processos de irradiação em uma cavidade de concreto ou outro(s) material(is) opaco(s) à radiação. Outro efeito de irradiação, excitação vibracional, é equivalente a aquecer a amostra e pode causar a liberação de compostos orgânicos voláteis (VOCs). Além disso, se a irradiação ocorre no ar, ozônio pode ser gerado. Confinar o processo de irradiação em uma cavidade pode portanto mitigar também a exposição indesejada a ozônio e a VOCs.

[29] A figura 1 é uma vista em perspectiva de uma cavidade para irradiar um material (por exemplo, um material de biomassa) mostrando alguns aspectos da estrutura. Por exemplo as paredes **110** incluem unidades discretas, por exemplo **112**. As paredes são construídas sobre uma laje de concreto **120**. A cavidade contém um sistema de transporte de biomassa com dois transportadores **130** e **140**, que são geralmente perpendiculares um ao outro. Os transportadores podem ser revestidos ou transportadores vibracionais confinados, e o transportador **130** pode ter uma saída em corte cruzado para o segundo transportador **140**. Os transportadores e/ou qualquer outro equipamento podem ser montados sobre os trilhos **150** e **155**. Os trilhos são montados ao chão de concreto e podem estender-se para fora da cavidade, em direção ao exterior ou à outra estrutura (por exemplo, outra cavidade). Partes dos dispositivos de irradiação são exibidas, por exemplo a haste de verificação **160**, portal ou canal de vácuo **165** e o acelerador de elétron **170**. O dispositivo de

irradiação é sustentado pelo teto, que não é exibido na FIG. 1, mas é exibido na FIG. 2. A cavidade inclui a porta **180** construída de materiais opacos da radiação (por exemplo, chumbo ou aço). A cavidade inclui também outras aberturas, por exemplo, para transportar biomassa para dentro das cavidades, por exemplo, canos incluído como parte de um transportador pneumático conectado a uma entrada **135** de um transportador **130** e a uma saída (não exibida na figura) de um transportador **140**. Aberturas da ventilação, por exemplo, para o cano **190**, podem também ser incluídas. Entalhes nas paredes podem acomodar as vagas I (por exemplo, vigas H) configuradas para sustentar o teto, por exemplo, entalhes **192** e **194**. Geralmente, os sistemas são construídos de modo que não haja aberturas "para a luz do sol". Por exemplo, as aberturas são de feitio tal que não há via direta para a passagem de qualquer radiação. Opcionalmente, evitar tais aberturas "para a luz do sol" pode ser conseguido fazendo com que as aberturas que passam por uma ou mais alteração de curso, tais como uma ou mais dobras de 90 graus na via de quaisquer canos ou conduítes que conduzem a ou saem das cavidades. As aberturas ou conduítes podem ser também forrados ou espessados com chumbo, por exemplo, além de ter dobras nas vias destes conduítes, para fazer com que nenhuma radiação escape. Para melhorar a vida das estruturas, as superfícies interiores (por exemplo, de blocos concretos) podem ser revestidas ou cobertas com material resistente à corrosão, tal como aço inoxidável.

[30] As cavidades podem ser designadas a conter qualquer gás processual, por exemplo, em que as paredes possuam porosidade reduzida a quaisquer gases. A porosidade das paredes pode ser reduzida por meio da infusão de materiais em blocos. Por exemplo, concreto com permeabilidade mais baixa pode geralmente ser conseguido substituindo entre 25 a 65% por cento de cimento de escória por cimento Portland. Sólidos finamente divididos (por exemplo, cal, silicatos e silicone coloidal)

adicionados ao cimento quando da feitura dos blocos podem reduzir a permeabilidade à água e a gases aumentando a densidade ou preenchendo vácuos. Algumas misturas cristalinas reagem com partículas de água e de cimento no concreto para formarem hidratos de silicato de cálcio e/ou precipitados bloqueadores de poros nas microrrachaduras e capilares existentes. Os depósitos cristalinos resultantes, que são análogos à formação de hidrato de silicato de cálcio, tornam-se integralmente vinculados às pastas hidratadas. Aditivos redutores de porosidade podem também incluir substâncias químicas hidrofóbicas repelentes de água com base em sabonetes e derivados de ácidos graxos de cadeia longa, óleos vegetais (sebo, materiais à base de soja e graxas), e petróleo (óleo mineral, ceras de parafina e emulsões de betume). Estes materiais são mais úteis no fornecimento de uma camada repelente de água sobre o material e seriam mais utilmente aplicadas às porções exteriores da cavidade para auxiliar na diminuição da umidade interna da cavidade, que pode exacerbar a corrosão na cavidade.

[31] A FIG. 2 é uma vista lateral da cavidade mostrada na FIG. 1, com o teto adicionado. A figura 2 mostra telhas de teto de concreto **210** que são sustentados por uma treliça, aranha ou teia de vigas I (ver FIG. 4A). O acelerador de elétrons **170** é montado sobre o teto, do lado de fora da cavidade. Uma canaleta de vácuo de aço inoxidável fornece uma via de alto vácuo para que os elétrons transitem do acelerador localizado ao lado de fora da cavidade ao interior da cavidade e inclui um tubo **165.** O tubo **165** passa através do teto e é operacionalmente conectado ao acelerador **170** e à haste de verificação **160**.

[32] A FIG. 3 é uma vista lateral superior da cavidade mostrada nas FIGS. 1 e 2. O teto não é incluído na figura de modo que possam ser vistos os componentes na cavidade e as paredes. As unidades discretas das paredes são mostradas claramente, por exemplo **112**. O acelerador de elétrons **170** é mostrado em conexão elétrica através do conduíte elétrico

330 a uma fonte de energia **335** (por exemplo, para fornecer uma voltagem alta ao acelerador). Os trilhos **150** e **155** são mostrados estendendo-se para fora da cavidade.

[33] A FIG. 4A é uma vista em perspectiva de uma cavidade para irradiar um material (por exemplo, um material de biomassa). A cavidade é similar à cavidade mostrada nas FIGs 1-3, salvo o fato de que a cavidade tem portas a mais (por exemplo, as portas **180** em lados opostos da cavidade). Um possível arranjo de vigas I que sustenta o teto é mostrado. As paredes possuem entalhes para acomodar as vigas I. A FIG. 4B é uma vista de detalhe ampliada de uma parede da cavidade mostrada na FIG. 4A; A FIG. 4B mostra uma viga I **410** colocada no entalhe **430**. Nesta modalidade, as paredes podem ter 1,80 de espessura, as vigas I podem medir 10 por 5 polegadas, as telhas do telhado podem ter 1,2 m de espessura e o perímetro externo da cavidade pode ser 34 por 34 polegadas quadradas. A fim de sustentar o irradiador e as telhas do teto, as vigas I **440**, **442**, **444**, e **446** são arranjadas em um quadrado apertado de 1,80 m por 1,80 m. Usando as medições listadas acima e a configuração esboçada para a cavidade exibida pela FIG. 4A, a análise finita de elementos mostra que o arranjo permite sustentação das telhas de telhados e um irradiador de 10 toneladas.

[34] A FIG. 4C é uma vista em perspectiva da cavidade representada na FIG. 4A com as telhas de telhado representadas em esboço. Esta vista exclui o dispositivo de irradiação e demais equipamentos, tais como tubos, para ilustrar com mais clareza as unidades de parede e telhas de teto. Uma abertura **450** para uma canaleta de vácuo (por exemplo, a canaleta **165**m, como descrito previamente) é representada. A abertura **470** pode ser para um sistema da ventilação, exemplo com sistemas de controle de poluição opcionais. A abertura **460** pode ser para um conduíte (por exemplo, uma entrada para a cavidade para a biomassa) em comunicação com o transportador **130** através da entrada **135**. As aberturas **480** e **490** podem

ser aberturas para um sistema de transporte de loop contínuo (por exemplo, transporte pneumático) usado para remoção da biomassa após tratamento.

[35] A FIG. 5A é uma vista explodida em perspectiva que mostra duas unidades discretas **112** que podem ser usadas na construção das paredes de uma cavidade. Cada uma das unidades inclui linguetas e sulcos que ajudam a alinhar as unidades durante a montagem e a manter as unidades alinhadas uma vez que tenham sido incorporadas à estrutura. No exemplo mostrado, as unidades incluem uma lingueta superior **530**, a lingueta lateral **540**, e o sulco lateral **550**. As unidades podem também incluir um laço **560** para anexação com um gancho (por exemplo, formado de aço) que possa ajudar em levantar a unidade. A FIG. 5B é uma vista lateral superior que mostra os mesmos elementos. Uma vista lateral inferior de **112** seria similar à vista lateral superior, não fosse o fato de as linguetas **530** serem substituídas pelos sulcos correspondentes (por exemplo, a superfície inferior incluiria a endentação na unidade em vez da protrusão).

[36] Além das unidades, conforme representadas na FIG. 5, as unidades discretas podem ser de uma variedade de formas interligantes. Por exemplo, sua projeção bidimensional pode ser selecionada dentre 17 grupos de simetria translacional ou podem configurar-se num arranjo mais randômico de unidades interligantes ou combinação de unidades. A lingueta e o sulco podem ser substituídos por outros métodos de afixar as unidades em seu lugar, por exemplo, fechos externos, ligantes, adesivos, argamassa, buchas (por exemplo, feitas com vergalhões), métodos de ajuntamento complementares tais como encaixe e tendão, juntas de calda de andorinha e/ou malhetes. Algumas das unidades podem ser especialmente maquinadas ou projetadas para um propósito específico, por exemplo, sulcadas como discutido previamente, para suportar uma viga I, podem apresentar orifícios para acomodar sistemas de transporte (por exemplo, canos, transportadores), e/ou ser providas com fechos (por exemplo, dobradiças, ganchos, parafusos). As unidades de teto podem ser

igualmente designadas em diversas formas interligantes.

[37] As cavidades usadas para irradiação do material são, preferivelmente, construídas a partir materiais estruturalmente resistente e opacos à radiação, por exemplo, concreto, aço inoxidável, chumbo, poeira e combinações destes podem ser utilizados. O concreto, por exemplo, pode ser concreto normal, concreto de alta densidade, concreto pré-tensionado, concreto que contém chumbo, concreto contendo vergalhões e combinações destes. Por exemplo, a espessura semi-redutora do concreto é de cerca de 2,4 polegadas, de modo que a uma espessura de 1,20 m a radiação será reduzida pelo menos 1 milhão de vezes com relação à força original. Para uma dose de 250 kGy aplicada no interior da estrutura, a radiação resultante fora da estrutura, assumindo um F-fator de 1,0, será 0,25 microrem, bem abaixo de limites seguros. A espessura da cavidade pode ser modificada conforme necessário. Por exemplo, a espessura da parede pode ser de pelo menos 0,6 m (por exemplo, pelo menos 0,9 m, pelo menos 1,20 m, pelo menos 1,50 m, pelo menos 1,80 m, entre 0,6 m e 3,6 m, entre 1,20 m e 3 m, entre 1,2 m e 2,4 m). Além das paredes, pisos e tetos, as cavidades podem ter portas feitas de materiais opacos à radiação. Os materiais podem ser em camadas, por exemplo, as portas podem ser feitas como camadas de cerca de 1" de chumbo mais cerca de 6" de aço mais cerca de 1" de chumbo.

[38] No que diz respeito à resiliência estrutural, as cavidades são projetadas preferivelmente para suportar elementos exteriores usuais e inusuais. Por exemplo, as cavidades devem ser capazes de suportar um evento sísmico de pelo menos 6, tsunamis, furacões, tornados e enchentes.

[39] As cavidades podem ser construídas sobre uma laje de concreto. Já que a estrutura inteira, incluindo o equipamento associado, pode ser bastante pesada (por exemplo, maior que cerca de 10 toneladas, maior que cerca de 20 toneladas, maior que cerca de 30 toneladas, maior que cerca de 40 toneladas, maior que cerca de 50 toneladas, maior que cerca de 100

toneladas, maior que cerca de 500 toneladas), a laje de concreto precisa ter pelo menos 1,2 m de espessura (pelo menos 1,50 m, pelo menos 1,80 m, entre 1,2 m e 6 m, entre 1,2 m e 3 m). Além disso, a laje de concreto pode ser reforçada por barras de metal (por exemplo, vergalhões).

[40] As paredes podem ser construídas a partir de blocos de concreto, por exemplo, blocos de concreto interligantes. Por exemplo, o cimento pode incluir cimento Portland, areia, água, vergalhões, chumbo, agregados de construção (por exemplo, pedra triturada, cascalho, aço, escória, concreto reciclado, agregado geossintético, grande agregado, pequenos agregados) e combinações destes. A força compressiva dos blocos deve estar entre cerca de 2500 e 6000 psi (por exemplo, entre cerca de 3000 e 5000 psi, entre cerca de 3500 e 4500 psi, entre cerca de 4000 e 5000 psi). A força flexural dos blocos pode estar entre cerca de 500 psi e 1500 psi (por exemplo, entre cerca de 500 e 1000 psi, entre cerca de 550 psi e 800 psi). A densidade pode ser pelo menos cerca de 1500 kg/m^3 (por exemplo, pelo menos cerca de 2000 kg/m^3, pelo menos cerca de 2500 kg/m^3, pelo menos cerca de 3000 kg/m^3, pelo menos cerca de 3500 kg/m^3, pelo menos cerca de 4000 kg/m^3, pelo menos cerca de 4500 kg/m^3, pelo menos cerca de 5000 kg/m^3, ou mesmo elevada, por exemplo, pelo menos cerca de 6000 kg/m^3, pelo menos cerca de 7000 kg/m^3, pelo menos cerca de 8000 kg/m^3, pelo menos cerca de 9000 kg/m^3). Preferivelmente, os blocos são feitos com concreto de alta densidade, por exemplo, que pode provir de agregados naturais peso-pesado, tais como baritas ou magnetitas, que tipicamente dão densidade de entre cerca de 3500 kg/m^3 e 4000 kg/m^3 respectivamente. Em algumas modalidades, ferro ou chumbo podem substituir pelo menos uma porção dos agregados, dando densidades ainda maiores, por exemplo 5900 kg/m^3 para o ferro ou 8900 kg/m^3 para o chumbo.

[41] O volume de cada unidade discreta pode ser entre cerca de 6 ft^3-50 ft^3 (por exemplo, entre cerca de 8-24). Preferivelmente, os blocos são

geralmente retangulares em formato, por exemplo, cerca de 0,6 m de altura por 1,8 m de largura por 0,6 de profundidade, 0,6 m de altura por 1,5 m de altura por 0,6 de profundidade, 0,6 m de altura por 1,2 m de largura por 0,6 de profundidade, 0,6 m de altura por 0,6 de largura por 0,6 de profundidade). Os blocos também podem ser muito maiores, por exemplo, configurados como chapas e/ou lajotas com volumes maiores (por exemplo, entre cerca de 50 e 200 pés cúbicos) por exemplo cerca de 10 pés de altura por 6 pés de largura por 2 pés de profundidade, 6 pés de altura por 6 pés de largura por 2 pés de profundidade, 4 pés de altura por 6 pés de largura por 2 pés de profundidade). Por exemplo, pode-se usar o Sistema de Blocos de Concreto Modulares MEGASHIELD™ da Nelco (Burlington, MA).

[42] As cavidades podem ser configuradas ou reconfiguradas a qualquer formato útil. Por exemplo, as cavidades podem ter formato de domo, formato de pirâmide, formato tetragonal, formato de cone, formato de cone, formato de prisma triangular, formato de prisma retangular ou combinações destes. Muitas das cavidades podem partilhar paredes comuns. As cavidades podem ser opcionalmente arranjadas em uma série de cavidades. Uma que a cavidade tenha sido configurada a um formato desejado, ela pode ser usada por um tempo e, opcionalmente, pode ser então modificada (por exemplo, reconfigurada) por meio de acréscimo de mais unidades discretas e/ou remontagem de parte ou todas as unidades discretas em uma configuração diferente. Por exemplo, uma cavidade de formato tetragonal pode ser reconfigurada em uma cavidade em formato de cubo.

[43] As cavidades podem ser parcial ou plenamente imersas em poeira, rocha-mãe, argila, areia e/ou água. As cavidades podem ser construídas de modo a poderem ser transportadas de sítio a sítio, por exemplo, como parte de uma instalação de processamento de biomassa, tal como descrito na Patente US. n. 8,318,453, cuja divulgação encontra-se incorporada a este documento à guisa de referência.

[44] Mais detalhes e reiterações de processos, equipagem e sistemas para tratar a matéria-prima podem ser utilizados, por exemplo, com as modalidades já discutidas acima, ou em outras modalidades, descritas na seguinte divulgação.

TRATAMENTO POR RADIAÇÃO

[45] A matéria-prima pode ser tratada com radiação para modificar sua estrutura para reduzir sua recalcitrância. Tal tratamento pode, por exemplo, reduzir o peso molecular médio da matéria-prima, mudar a estrutura cristalina da matéria-prima e/ou aumentar a área de superfície e/ou porosidade da matéria-prima. A radiação pode ser por, por exemplo, um feixe de elétrons, feixe de íons, 100 nm a 280 nm de luz ultravioleta (UV), radiação gama ou raio X. Os tratamentos de radiação e sistemas para tratamentos são discutidos na Patente US Nº 8.142.620 e Série do Pedido de Patente US Nº 12/417.731, sendo que as divulgações completas são incorporadas a este instrumento por referência.

[46] Cada forma de radiação ioniza a biomassa por meio de interações particulares, conforme determinado pela energia da radiação. Partículas carregadas pesadas ionizam primeiramente a matéria por meio de dispersão de Coulomb; além disso, estas interações produzem elétrons energéticos que podem, adicionalmente, ionizar a matéria. Partículas alfa são idênticas ao núcleo de um átomo de hélio e são produzidas pelo declínio alfa de vários núcleos radioativos, tais como isótopos de bismuto, polônio, astatina, radônio, frâncio, rádio, vários actinídeos, tais como actínio, tório, urânio, netúnio, cúrio, califórnio, amerício e plutônio. Elétrons interagem por meio de dispersão de Coulomb e radiação de frenagem produzida por alterações na velocidade dos elétrons.

[47] Quando partículas são utilizadas, elas podem ser neutras (sem carga), carregadas positivamente ou carregadas negativamente. Quando carregadas, as partículas carregadas podem suportar uma única carga positiva ou negativa, ou cargas múltiplas, por exemplo, uma, duas, três ou

mesmo quatro ou mais cargas. Em casos em que uma cisão em cadeia é desejada para mudar a estrutura molecular do material contendo carboidrato, partículas carregadas positivamente podem ser desejáveis, em parte, devido a sua natureza ácida. Quando partículas são utilizadas, as partículas podem ter a massa de um elétron em repouso, ou maior, por exemplo, 500, 1000, 1500, ou 2000 ou mais vezes a massa de um elétron em repouso. Por exemplo, as partículas podem ter uma massa a partir de cerca de 1 unidade atômica a cerca de 150 unidades atômicas, por exemplo, a partir de cerca de 1 unidade atômica a cerca de 50 unidades atômicas, ou a partir de cerca de 1 a cerca de 25, por exemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 ou 15 unidades atômicas.

[48] A radiação gama tem a vantagem de uma profundidade de penetração significante em uma variedade de material na amostra.

[49] Em modalidades em que a irradiação é realizada com a radiação eletromagnética, a radiação eletromagnética pode ter, por exemplo, energia por fóton (em elétron volts) maior do que 10^2 eV, por exemplo, maior que 10^3, 10^4, 10^5, 10^6, ou mesmo maior que 10^7 eV. Em algumas modalidades, a radiação eletromagnética tem energia por fóton dentre 10^4 e 10^7, por exemplo, entre 10^5 e 10^6 eV. A radiação eletromagnética pode ter uma frequência de, por exemplo, mais do que 10^{16} Hz, mais do que 10^{17} Hz, 10^{18}, 10^{19}, 10^{20}, ou até mesmo mais do que 10^{21} Hz. Em algumas modalidades, a radiação eletromagnética tem uma frequência dentre 10^{18} e 10^{22} Hz, por exemplo, entre 10^{19} a 10^{21} Hz.

[50] Bombardeamento de elétrons pode ser executado usando um dispositivo de feixe de elétrons que tem uma energia nominal menor do que 10 MeV, por exemplo, menor do que 7 MeV, menor do que 5 MeV ou menor do que 2 MeV, por exemplo, a partir de cerca de 0,5 a 1,5 MeV, a partir de cerca de 0,8 a 1,8 MeV, ou a partir de cerca de 0,7 a 1 MeV. Em algumas implementações a energia nominal é de cerca de 500 a 800 keV.

[51] O feixe de elétrons pode ter uma potência de feixe total

relativamente alta (a potência de feixe combinada de todas as cabeças de aceleração, ou, se aceleradores múltiplos forem usados, de todos os aceleradores e todas as cabeças), por exemplo, pelo menos 25 kW, por exemplo, pelo menos 30, 40, 50, 60, 65, 70, 80, 100, 125 ou 150 kW. Em alguns casos, a potência é tão alta quanto 500 kW, 750 kW ou mesmo 1000 kW ou mais. Em alguns casos, o feixe de elétron tem uma potência de feixe de 1200 kW ou mais, por exemplo, 1400, 1600, 1800 ou até 3000 kW.

[52] Esta alta potência de feixe total é geralmente atingida ao se utilizar múltiplas cabeças de aceleração. Por exemplo, o dispositivo de feixe de elétrons pode incluir dois, quatro ou mais cabeças de aceleração. O uso de múltiplas cabeças, cada uma delas tendo uma potência de feixe relativamente baixa, impede a elevação excessiva de temperatura no material, desse modo, impedindo a queima do material e também aumenta a uniformidade da dose através da espessura da camada de material.

[53] É geralmente preferencial que o leito de material de biomassa tenha uma espessura relativamente uniforme. Em algumas modalidades, a espessura é menor do que cerca de 1 polegada (por exemplo, menor do que cerca de 0,75 polegadas, menor do que cerca de 0,5 polegadas, menor do que cerca de 0,25 polegadas, menor do que cerca de 0,1 polegadas, entre cerca de 0,1 e 1 polegada, entre cerca de 0,2 e 0,3 polegadas).

[54] É desejável tratar o material o mais rapidamente possível. Em geral, é preferível que o tratamento seja executado a uma taxa de dose maior do que cerca de 0,25 Mrad por segundo, por exemplo, maior do que cerca de 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2, 5, 7, 10, 12, 15 ou ainda maior do que cerca de 20 Mrad por segundo, por exemplo, cerca de 0,25 a 2 Mrad por segundo. Taxas de dose maiores permitem uma vazão maior para a dose alvo (por exemplo, a desejada). Taxas de dose maiores geralmente exigem velocidades de linha maiores para evitar a decomposição térmica do material. Em uma implementação, o acelerador é configurado para 3 MeV, corrente de feixe de 50 mA e a velocidade de linha é de 24 pés/minuto,

para uma espessura de amostra de cerca de 20 mm (por exemplo, material de espiga de milho fragmentado com uma densidade aparente de 0,5 g/cm^3).

[55] Em algumas modalidades, o bombardeamento de elétron é executado até que o material receba uma dose total de pelo menos 0,1 Mrad, 0,25 Mrad, 1 Mrad, 5 Mrad, por exemplo, pelo menos 10, 20, 30 ou pelo menos 40 Mrad. Em algumas modalidades, o tratamento é executado até que o material receba uma dose de cerca de 10 Mrad a cerca de 50 Mrad, por exemplo, a partir de cerca de 20 a cerca de 40 Mrad ou a partir de cerca de 25 Mrad a cerca de 30 Mrad. Em algumas implementações, uma dose total de 25 a 35 Mrad é preferencial, idealmente aplicada ao longo de algumas passagens, por exemplo, em 5 Mrad/passagem com cada passagem sendo aplicada por cerca de um segundo. Os métodos, sistemas e equipamentos de refrigeração podem ser usados antes, durante, depois e entre as radiações utilizando, por exemplo, uma rosca transportadora de refrigerador e/ou um transportador vibratório refrigerado.

[56] Usar múltiplas cabeças, conforme discutido acima, o material pode ser tratado em múltiplas passagens, por exemplo, duas passagens em 10 a 20 Mrad/passagem, por exemplo, 12 a 18 Mrad/passagem, separadas por alguns segundos de resfriamento, ou três passagens de 7 a 12 Mrad/passagem, por exemplo, 5 a 20 Mrad/passagem, 10 a 40 Mrad/passagem e 9 a 11 Mrad/passagem. Conforme discutido neste documento, tratar o material com várias doses relativamente baixas ao invés de uma dose alta, tende a impedir sobreaquecimento do material e também aumenta a uniformidade de dose através da espessura do material. Em algumas implementações, o material é agitado ou, de outro modo, misturado durante ou após cada passagem e então espalhado em uma camada uniforme antes da próxima passagem, para intensificar, adicionalmente, a uniformidade de tratamento.

[57] Em algumas modalidades, os elétrons são acelerados para, por

exemplo, uma velocidade maior do que 75 por cento da velocidade da luz, por exemplo, maior do que 85, 90, 95 ou 99% da velocidade da luz.

[58] Em algumas modalidades, qualquer processamento descrito neste documento ocorre em material lignocelulósico que permanece seco conforme adquirido ou que foi seco, por exemplo, usando calor e/ou pressão reduzida. Por exemplo, em algumas modalidades, o material celulósico e/ou lignocelulósico tem menos do que 25% em peso de água retida, medido em 25°C e em umidade relativa de cinquenta por cento (por exemplo, menor do que cerca de 20% em peso, menor do que cerca de 15% em peso, menor do que cerca de 14% em peso, menor do que cerca de 13% em peso, menor do que cerca de 12 % em peso, menor do que cerca de 10 % em peso, menor do que cerca de 9% em peso, menor do que cerca de 8 % em peso, menor do que cerca de 7% em peso, menor do que cerca de 6% em peso, menor do que cerca de 5 % em peso, menor do que cerca de 4% em peso, menor do que cerca de 3% em peso, a menor de cerca de 2% em peso, menor do que cerca de 1% em peso ou menor do que cerca de 0,5% em peso.

[59] Em algumas modalidades, duas ou mais fontes ionizantes podem ser usadas, tais como duas ou mais fontes de elétron. Por exemplo, amostras podem ser tratadas, em qualquer ordem, com um feixe de elétrons seguido por radiação gama e luz UV tendo comprimentos de onda a partir de cerca de 100 nm a cerca de 280 nm. Em algumas modalidades, as amostras são tratadas com três fontes de radiação ionizante, tal como um feixe de elétrons, radiação gama e luz UV energética. A biomassa é transmitida através da zona de tratamento, onde pode ser bombardeada com elétrons.

[60] Pode ser vantajoso repetir o tratamento para reduzir mais minuciosamente a recalcitrância da biomassa e/ou modificar, adicionalmente, a biomassa. Em particular, os parâmetros de processo podem ser ajustados após uma primeira passagem (por exemplo, segunda,

terceira, quarta ou mais) dependendo da recalcitrância do material. Em algumas modalidades, um transportador pode ser usado, que inclua um sistema circular onde a biomassa é transportada múltiplas vezes através dos vários processos descritos acima. Em algumas outras modalidades, dispositivos do tratamento múltiplo (por exemplo, geradores de feixe de elétrons) são usados para tratar a biomassa múltiplas vezes (por exemplo, 2, 3, 4 ou mais). Ainda em outras modalidades, um gerador de feixe de elétrons único pode ser a fonte de feixes múltiplos (por exemplo, 2, 3, 4 ou mais feixes) que pode ser usada para o tratamento da biomassa.

[61] A eficácia para mudar a estrutura molecular/supermolecular e/ou reduzir a recalcitrância da biomassa contendo carboidrato depende da energia de elétron usada e da dose aplicada, enquanto o tempo de exposição depende da potência e da dose. Em algumas modalidades, a taxa de dose e dose total são ajustadas de modo a não destruir (por exemplo, chamuscar ou queimar) o material de biomassa. Por exemplo, os carboidratos não deveriam ser danificados no processamento de modo que possam ser liberados da biomassa intactos, por exemplo, como açucares monoméricos.

[62] Em algumas modalidades, o tratamento (com qualquer fonte de elétron ou uma combinação de fontes) é executado até que o material receba uma dose de pelo menos cerca de 0,05 Mrad, por exemplo, pelo menos cerca de 0,1, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,5, 5,0, 7,5, 10,0, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175 ou 200 Mrad. Em algumas modalidades, o tratamento é executado até que o material receba uma dose entre 0,1-100 Mrad, 1-200, 5-200, 10-200, 5-150, 50-150 Mrad, 5-100, 5-50, 5-40, 10-50, 10-75, 15-50, 20-35 Mrad.

[63] Em algumas modalidades, doses relativamente baixas de radiação são utilizadas, por exemplo, para aumentar o peso molecular de um material celulósico ou lignocelulósico (com qualquer fonte de radiação ou combinação de fontes descritas neste documento). Por exemplo, uma

dose de pelo menos cerca de 0,05 Mrad, por exemplo, pelo menos cerca de 0,1 Mrad ou pelo menos cerca de 0,25, 0,5, 0,75. 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0 ou pelo menos cerca de 5,0 Mrad. Em algumas modalidades, a irradiação é executada até que o material recebe uma dose de entre 0,1 Mrad e 2,0 Mrad, por exemplo, entre 0,5 Mrad e 4,0 Mrad ou entre 1,0 Mrad e 3,0 Mrad.

[64] Também pode ser desejável irradiar a partir de direções múltiplas, de forma simultânea ou sequencial, a fim de atingir um grau de penetração desejado de radiação no material. Por exemplo, dependendo da densidade e do teor de umidade do material, tal como madeira, e o tipo de fonte de radiação usada (por exemplo, raios gama ou feixe de elétrons), a penetração máxima de radiação no material pode ser apenas cerca de 0,75 polegada. Em tais casos, uma seção mais espessa (até 1,5 polegada) pode ser irradiada ao, primeiramente, irradiar o material a partir de um lado e então virar o material e irradiar a partir do outro lado. A irradiação a partir de múltiplas direções pode ser particularmente útil com radiação de feixe de elétrons, que irradia mais rapidamente do que radiação gama, mas normalmente não atinge uma profundidade de penetração tão grande.

MATERIAIS OPACOS À RADIAÇÃO

[65] Conforme discutido anteriormente, a invenção pode incluir processar o material em uma cavidade e/ou abrigo que é construído usando materiais opacos à radiação. Em algumas implementações, os materiais opacos à radiação são selecionados para serem capazes de proteger os componentes de raios-x com alta energia (comprimento de onda curto), que podem penetrar muitos materiais. Um fator importante no projeto de um compartimento de proteção de radiação é o comprimento de atenuação dos materiais usados, que irá determinar a espessura exigida para um material particular, mescla de materiais ou estruturas em camadas. O comprimento de atenuação é a distância de penetração em que a radiação é reduzida para aproximadamente 1/e (e = número de Eulers) vezes o da radiação

incidente. Embora praticamente todos os materiais sejam opacos à radiação se espessos o suficiente, materiais contendo um alto percentual composicional (por exemplo, densidade) de elementos que tem um alto valor Z (número atômico) tem um comprimento de atenuação de radiação menor e, deste modo, se tais materiais forem usados uma proteção mais fina e leve pode ser provida. Exemplos de materiais com um alto valor Z que são usados em proteção de radiação são tântalo e chumbo. Outro parâmetro importante em proteção de radiação é a distância de redução, que é a espessura de um material particular que reduzirá a intensidade de raios gama em 50%. Como um exemplo de radiação de raios-x com uma energia de 0,1 MeV, a distância de redução é cerca de 15,1 mm para concreto e cerca de 2,7 mm para chumbo, enquanto com uma energia de raio-X, de 1 MeV, a espessura de redução para concreto é cerca de 44,45 mm e para chumbo é cerca de 7,9 mm. Materiais opacos à radiação podem ser materiais que são espessos ou finos, desde que eles possam reduzir a radiação que atravessa para o outro lado. Deste modo, caso desejado que um compartimento particular tenha uma espessura de parede baixa, por exemplo, para peso leve ou devido a restrições de tamanho, o material escolhido deve ter um valor Z e/ou comprimento de atenuação suficiente de modo que seu comprimento de redução seja menor ou igual a espessura de parede desejada do compartimento.

[66] Em alguns casos, o material opaco à radiação pode ser um material em camadas, por exemplo, tendo uma camada de um material com um valor Z mais alto, para fornecer uma boa blindagem, e uma camada de um material com Z mais baixo para fornecer outras propriedades (por exemplo, integridade estrutural, resistência a impacto, etc.). Em alguns casos, o material em camadas pode ser um laminado de "grau Z", por exemplo, incluindo um laminado em que as camadas proveem uma gradação de Z alto através de elementos Z sucessivamente menores. Como descrito previamente neste documento, em alguns casos os

materiais opacos à radiação podem ser blocos que se interconectam, por exemplo, blocos de chumbo e/ou concreto podem ser fornecidos pela empresa NELCO Worldwire (Burlington, MA) e cavidades reconfiguráveis podem ser usadas. Por exemplo, os blocos podem incluir um projeto de juntas secas de modo a ser reconfigurável e modular. Por exemplo, alguns materiais que podem ser usados incluem blocos de concreto, MEGASHIELED ™ MODULAR BLOCK, tijolos de chumbo Série-n. Por exemplo, os materiais opacos à radiação podem ser materiais de alta densidade, por exemplo, tendo densidades maiores do que cerca de 100 lbs/ft³, maior do que cerca de 200 lbs/ft³ ou até mesmo maior do que cerca de 300 lbs/ft³. Por exemplo, NELCO (Burlington, MA) blocos de concreto tendo cerca de 147 lbs/ft³, 250 lbs/ ft³, 288 lbs/ ft³ e 300 lbs/ft³. Os materiais podem ser usados para prover uma construção inteiramente nova ou melhorar instalações existentes.

[67] O material opaco à radiação pode reduzir a radiação passando através de uma estrutura (por exemplo, uma parede, uma porta, um teto, um compartimento, uma série destes ou uma combinação destes) formada do material por cerca de pelo menos cerca de 10% (por exemplo, pelo menos cerca de 20%, pelo menos cerca de 30%, pelo menos cerca de 40%, pelo menos cerca de 50%, pelo menos cerca de 60%, pelo menos cerca de 70%, pelo menos cerca de 80%, pelo menos cerca de 90%, pelo menos cerca de 95%, pelo menos cerca de 96%, pelo menos cerca de 97%, pelo menos cerca de 98%, pelo menos cerca de 99%, pelo menos cerca de 99,9%, pelo menos cerca de 99,99%, pelo menos cerca de 99,999%) em comparação à radiação incidente. Portanto, um compartimento feito de um material opaco à radiação pode reduzir a exposição de equipamento/sistema/componentes pela mesma quantia. Materiais opacos à radiação podem incluir aço inoxidável, metais com valores Z acima de 25 (por exemplo, chumbo, ferro), concreto, terra, areia e combinações dos mesmos. Os materiais opacos à radiação podem incluir

uma barreira na direção da radiação incidente de pelo menos cerca de 1 mm (por exemplo, 5 mm, 10 mm, 5 cm, 10 cm, 100 cm, 1 m e até mesmo pelo menos cerca de 10 m).

FONTES DE RADIAÇÃO

[68] O tipo de radiação determina os tipos de fontes de radiação usados, assim como os dispositivos de radiação e equipamento associado. Os métodos, sistemas e equipamentos descritos neste documento, por exemplo, para tratar materiais com radiação, podem utilizar fontes conforme descritas neste documento, assim como qualquer outra fonte útil.

[69] Fontes de raios gama incluem núcleos radioativos, tais como isótopos de cobalto, cálcio, tecnécio, cromo, gálio, índio, iodo, ferro, crípton, samário, selênio, sódio, tálio e xênon.

[70] Fontes de raios X incluem colisão de feixe de elétrons com alvos metálicos, tais como tungstênio ou molibdênio ou ligas, ou fontes de luz compactas, tais como aquelas produzidas comercialmente por Lyncean.

[71] Partículas alfa são idênticas ao núcleo de um átomo de hélio e são produzidas pelo declínio alfa de vários núcleos radioativos, tais como isótopos de bismuto, polônio, astatina, radônio, frâncio, rádio, vários actinídeos, tais como actínio, tório, urânio, netúnio, cúrio, califórnio, amerício e plutônio.

[72] Fontes para radiação ultravioleta incluem deutério ou lâmpadas de cádmio.

[73] Fontes para radiação infravermelha incluem lâmpadas cerâmicas de janela de safira, zinco ou seleneto.

[74] Fontes para micro-ondas incluem clístrons, fontes RF tipo Slevin ou fontes de feixe de átomo que empregam gases hidrogênio, oxigênio ou nitrogênio.

[75] Aceleradores usados para acelerar as partículas (por exemplo, elétrons ou íons) podem ser DC (por exemplo, DC eletrostática ou DC eletrodinâmica) RF linear, de indução magnética linear ou onda contínua.

Por exemplo, vários dispositivos de irradiação podem ser utilizados nos métodos divulgados neste documento, incluindo fontes de ionização de campo, separadores de íon eletrostáticos, geradores de ionização de campo, fontes de emissão termiônica, fontes de íons de descarga de micro-ondas, aceleradores de recirculação ou estáticos, aceleradores lineares dinâmicos, aceleradores de van de Graaff, aceleradores de Cockroft Walton (por exemplo, aceleradores PELLETRON ®), LINACS, Dinamitrons (por exemplo, aceleradores DYNAMITRON ®), ciclotrons, sincrotrons, betatrons, aceleradores de tipo transformador, microtrons, geradores de plasma, aceleradores de cascata e aceleradores dobrados tandem. Por exemplo, aceleradores tipo cíclotron são disponibilizados pela empresa IBA, Bélgica, tal como o sistema RHODOTRON™, enquanto aceleradores tipo DC são disponibilizados pela empresa RDI, atual IBA Industrial, tal como DYNAMITRON ®. Outros sistemas aceleradores adequados incluem, por exemplo: Sistemas de tipo transformador de núcleo isolado DC (ICT), disponibilizados pela Nissin High Voltage, Japão; S-band LINACs, disponibilizado pela L3-PSD (EUA), Linac Systems (França), Mevex (Canadá) e Mitsubishi Heavy Industries (Japão); L-band LINACs, disponibilizado pela Iotron Industries (Canadá); e aceleradores com base em ILU, disponibilizados pela Budker Laboratories (Rússia). Íons e aceleradores de íons são discutidos em Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane, John Wiley & Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, FIZIKA B 6 (1997) 4, 177-206; Chu, William T., "*Overview of Light-Ion Beam Therapy*", Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 de março de 2006; Iwata, Y. et al., "*Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators*", Proceedings of EPAC 2006, Edinburgh, Escócia; e Leitner, CM. et al., "Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus", Proceedings of EPAC 2000, Viena, Áustria. Alguns aceleradores de partículas e seus usos são divulgados, por exemplo, na Pat. U.S. Nº 7.931.784 para Medoff, cuja divulgação completa é incorporada neste

documento por referência.

[76] Elétrons podem ser produzidos por núcleos radioativos que se submetem por declínio beta, tais como isótopos de iodo, césio, tecnécio e irídio. Alternativamente, um canhão de elétrons pode ser usado como uma fonte de elétrons por meio de emissão termiônica e acelerado através de um potencial de aceleração. Um canhão de elétrons gera elétrons, que são então acelerados através de um grande potencial (por exemplo, maior do que cerca de 500 mil, maior do que cerca de 1 milhão, maior do que cerca de 2 milhões, maior do que cerca de 5 milhões, maior do que cerca de 6 milhões, maior do que cerca de 7 milhões, maior do que cerca de 8 milhões, maior do que cerca de 9 milhões ou até mesmo maior do que 10 milhões de volts) e então, examinados magneticamente no plano x-y, onde os elétrons são inicialmente acelerados na direção z ao longo do tubo de acelerador e extraídos através de uma janela de lâmina. Examinar os feixes de elétrons é útil para aumentar a superfície de irradiação ao irradiar materiais, por exemplo, uma biomassa, que é transportada através do feixe examinado. Examinar o feixe de elétrons também distribui a carga térmica homogeneamente na janela e ajuda a reduzir a ruptura da janela de lâmina devido ao aquecimento local pelo feixe de elétrons. Ruptura de janela de lâmina é uma causa de inatividade significativa devido a reparos necessários subsequentes e reinício do canhão de elétrons.

[77] Vários outros dispositivos de irradiação podem ser usados nos métodos divulgados neste documento, incluindo fontes de ionização de campo, separadores de íons eletrostáticos, geradores de ionização de campo, fontes de emissão termiônica, fontes de íons de descarga de micro-ondas, aceleradores de recirculação ou estáticos, aceleradores lineares dinâmicos, aceleradores de van de Graaff e aceleradores tandem dobrados. Tais dispositivos são divulgados, por exemplo, na Pat. U.S. Nº 7.931.784 para Medoff, cuja divulgação completa é incorporada neste documento por referência.

[78] Um feixe de elétrons pode ser usado como a fonte de radiação. Um feixe de elétrons tem as vantagens das altas taxas de dose (por exemplo, 1, 5 ou até 10 Mrad por segundo), alta vazão, menos contenção e menos equipamento de confinamento. Os feixes de elétrons também podem ter a eficiência elétrica elevada (por exemplo, 80%), permitindo um menor uso de energia em relação aos outros métodos de radiação, que podem resultar em um menor custo de operação e uma menor emissão de gases do efeito estufa correspondente à menor quantia de energia usada. Os feixes de elétrons podem ser gerados, por exemplo, por geradores eletrostáticos, por geradores de cascata, por geradores transformadores, por aceleradores de baixa energia com sistema de varredura, aceleradores de baixa energia com cátodo linear, aceleradores lineares e aceleradores pulsados.

[79] Elétrons também podem ser mais eficientes em causar mudanças na estrutura molecular dos materiais contendo carboidrato, por exemplo, pelo mecanismo de cisão em cadeia. Além disso, os elétrons com energias de 0,5-10 MeV podem penetrar materiais de baixa densidade, tais como os materiais de biomassa descritos neste documento, por exemplo, materiais, tendo uma densidade de massa inferior a 0,5 g/cm^3 e uma profundidade de 0,3 a 10 cm. Os elétrons como uma fonte de radiação ionizante podem ser úteis, por exemplo, para materiais de pilhas relativamente finas, de camadas ou de leitos, por exemplo, menores do que cerca de 0,5 poleada, por exemplo, menores do que cerca de 0,4 polegada, 0,3 polegada, 0,25 polegada ou menor do que cerca de 0,1 polegada. Em algumas modalidades, a energia de cada elétron do feixe de elétrons é de cerca de 0,3 MeV a cerca de 2,0 MeV (milhões de elétron-volts), por exemplo, a partir de cerca de 0,5 MeV a cerca de 1,5 MeV, ou a partir de cerca de 0,7 MeV a cerca de 1,25 MeV. Métodos de irradiação de materiais são discutidos no Ped. de Pat. US Nº 2012/0100577 A1, depositado em 18 de outubro de 2011, cuja divulgação inteira é incorporada neste documento

por referência.

[80] Dispositivos de irradiação de feixe de elétrons podem ser obtidos comercialmente ou construídos. Por exemplo, elementos ou componentes de tais indutores, capacitores, revestimentos, fontes de alimentação, cabos, fiação, sistemas de controle de voltagem, elementos de controle de corrente, material isolante, micro-controladores e equipamento de refrigeração podem ser comprados e montados em um dispositivo. Opcionalmente, um dispositivo comercial pode ser modificado e/ou adaptado. Por exemplo, dispositivos e componentes podem ser comprados em qualquer uma das fontes comerciais descritas neste documento, incluindo Ion Beam Applications (Louvain-la-Neuve, Bélgica),Wasik Associates Inc. (Dracut, MA), NHV Corporation (Japão), the Titan Corporation (San Diego, CA), Vivirad High Voltage Corp (Billerica, MA) e/ou Budker Laboratories (Rússia). Energias de elétrons típicas podem ser 0,5 MeV, 1 MeV, 2 MeV, 4,5 MeV, 7,5 MeV ou 10 MeV. Potência de dispositivo de irradiação de feixe de elétrons típica pode ser 1 kW, 5 kW, 10 kW, 20 kW, 50 kW, 60 kW, 70 kW, 80 kW, 90 kW, 100 kW, 125 kW, 150 kW, 175 kW, 200 kW, 250 kW, 300 kW, 350 kW, 400 kW, 450 kW, 500 kW, 600 kW, 700 kW, 800 kW, 900 kW ou mesmo 1000 kW. Aceleradores que podem ser usados incluem irradiadores NHV da série de energia média EPS-500 (por exemplo, aceleradores de voltagem 500 kV e 65, 100 ou 150 mA de corrente de feixe), EPS-800 (por exemplo, acelerador de voltagem 800 kV e 65 ou 100 mA de corrente de feixe), ou EPS-1000 (por exemplo, acelerador de voltagem 1000 kV e 65 ou 100 mA de corrente de feixe). Além disso, aceleradores da série de alta energia NHV podem ser usados, tais como EPS-1500 (por exemplo, acelerador de voltagem 1500 kV e 65 mA de corrente de feixe), EPS-2000 (por exemplo, acelerador de voltagem 2000kV e 50 mA de corrente de feixe), EPS-3000 (por exemplo, acelerador de voltagem 3000 kV e 50mA de corrente de feixe) e EPS-5000 (por exemplo, 5000 e 30 mA de corrente de feixe).

[81] Vantagens e desvantagens em considerar especificações de alimentação de dispositivo de irradiação de feixe de elétrons incluem custo para operar, custos de capital, depreciação e área de dispositivo. Vantagens e desvantagens em considerar os níveis de dose de exposição de irradiação de feixe de elétrons seriam os custos de energia e preocupações com o meio ambiente, segurança e saúde (ESH). Normalmente, os geradores estão alojados em uma cavidade, por exemplo, de chumbo ou concreto, especialmente para a produção de raios-x que são gerados no processo. Implicações em considerar as energias de elétrons incluem os custos de energia.

[82] O dispositivo de irradiação de feixe de elétrons pode produzir ou um feixe fixo ou um feixe de varredura. Um feixe de verificação pode ser vantajoso com grande comprimento de varredura de verificação e alta velocidade de verificação, conforme isto iria substituir de forma eficaz uma grande largura de feixe fixa. Adicionalmente, larguras de varredura disponíveis de 0,5 m, 1 m, 2 m ou mais estão disponíveis. O feixe de varredura é preferencial na maioria das modalidades descritas neste documento por causa da maior largura de varredura e reduzida possibilidade de aquecimento local e falha da janela.

CANHÕES DE ELÉTRONS - JANELAS

[83] O sistema de extração para um acelerador de elétrons pode incluir duas lâminas de janela. O gás de refrigeração no sistema de extração de janela de duas lâminas pode ser um gás de expurgo ou uma mistura, por exemplo, ar ou um gás puro. Em uma modalidade, o gás é um gás inerte, tal como nitrogênio, argônio, hélio e/ou dióxido de carbono. É preferencial usar um gás ao invés de um líquido, uma vez que as perdas de energia para o feixe de elétrons são minimizadas. Misturas de gás puro também podem ser usadas, ou pré-misturadas ou misturadas em linha antes de colidirem na janela ou no espaço entre as janelas. O gás de refrigeração pode ser refrigerado, por exemplo, ao se usar um sistema de

troca de calor (por exemplo, uma máquina resfriadora) e/ou ao se usar fervura de um gás condensado (por exemplo, nitrogênio líquido, hélio líquido). As lâminas de janela são descritas em PCT/US2013/64332, depositado em 10 de outubro de 2013, cuja divulgação integral é incorporada por referência neste documento.

AQUECIMENTO E VAZÃO DURANTE TRATAMENTO DE RADIAÇÃO

[84] Vários processos podem ocorrer na biomassa quando elétrons de um feixe de elétrons interagem com a matéria em colisões inelásticas. Por exemplo, ionização do material, cisão em cadeia de polímeros no material, reticulação de polímeros no material, oxidação do material, geração de raios X ("Bremsstrahlung") e excitação por vibração de moléculas (por exemplo, geração de fônon). Sem ser vinculado a um mecanismo particular, a redução em recalcitrância pode ser devido aos vários destes efeitos de colisões inelásticas, por exemplo, ionização, cisão em cadeia de polímeros, oxidação e geração de fônon. Alguns dos efeitos (por exemplo, especialmente a geração de raios-X), necessitam de blindagem e barreiras de engenharia, por exemplo, enclausurar os processos de irradiação em uma cavidade de concreto (ou outro material opaco à radiação) Outro efeito de irradiação, excitação vibracional, é equivalente a aquecer a amostra. Aquecer a amostra por irradiação pode ajudar na redução de recalcitrância, mas o aquecimento excessivo pode destruir o material, conforme será explicado abaixo.

[85] O aumento da temperatura adiabática (ΔT) a partir da absorção da radiação ionizante é dada pela equação: $\Delta T = D/Cp$: em que D é a dose média em kGy, Cp é a capacidade de calor em J/g °C, e ΔT é a mudança de temperatura em °C. Um material de biomassa seco típico terá a capacidade de calor próximo de 2. A biomassa úmida terá uma capacidade de calor mais elevada dependente da quantidade de água, pois a capacidade de calor da água é muito alta (4,19 J/g^0C). Metais têm capacidades de calor muito menores, por exemplo, aço inoxidável 304 tem

uma capacidade térmica de 0,5 J/g °C. A mudança de temperatura devido a adsorção instantânea de radiação em uma biomassa e aço inoxidável para várias doses de radiação é mostrada na Tabela 1. Em temperaturas maiores, biomassa irá se decompor causando desvio extremo das mudanças estimadas na temperatura.

Tabela 1: Aumento de Temperatura Calculado para biomassa e aço inoxidável.

Dose (Mrad)	**ΔT de Biomassa Estimado (^{0}C)**	**ΔT de Aço (^{0}C)**
10	50	200
50	250 (decomposta)	1000
100	500 (decomposta)	2000
150	750 (decomposta)	3000
200	1000 (decomposta)	4000

[86] Altas temperaturas podem destruir e ou modificar os biopolímeros em biomassa, de modo que os polímeros (por exemplo, a celulose) são impróprios para processamento adicional. A biomassa submetida a altas temperaturas pode se tornar escura, pegajosa e gerar odores que indicam a decomposição. A viscosidade pode até mesmo tornar o material difícil de transportar. Os odores podem ser desagradáveis e ser uma questão de segurança. De fato, manter a biomassa abaixo de cerca de 200 °C foi verificado por ser benéfico no processo descrito neste documento (por exemplo, abaixo de cerca de 190 °C, abaixo de cerca de 180 °C, abaixo de cerca de 170 °C, abaixo de cerca de 160 °C, abaixo de cerca de 150 °C, abaixo de cerca de 140 °C, abaixo de cerca de 130 °C, abaixo de cerca de 120 °C, abaixo de cerca de 110 °C, entre cerca de 60 °C e 180 °C, entre cerca de 60 °C e 160 °C, entre cerca de 60 °C e 150 °C, entre cerca de 60 °C e 140 °C, entre cerca de 60 °C e 130 °C, entre cerca de 60 °C e 120 °C, entre cerca de 80 °C e 180 °C, entre cerca de 100 °C e 180 °C, entre cerca de 120 °C e 180 °C, entre cerca de 140 °C e 180 °C,

entre cerca de 160 °C e 180 °C, entre cerca de 100 °C e 140 °C, entre cerca de 80 °C e 120 °C).

[87] Verificou-se que irradiação acima de cerca de 10 Mrad é desejável para os processos descritos neste documento (por exemplo, redução da recalcitrância). Uma alta vazão também é desejável de modo que a irradiação não se torne um gargalo em processamento da biomassa. O tratamento é gerido por uma equação de taxa de dose: M = FP/D·tempo, onde M é a massa de material irradiado (kg), F é a fração de potência que é adsorvida (unidade inferior), P é a potência emitida (kW= Voltagem em MeV x Corrente in mA), tempo é o tempo de tratamento (seg) e D é a dose adsorvida (kGy). Em um processo exemplo, onde a fração de potência de adsorção é fixa, a Potência emitida é constante e uma dosagem fixa é desejável, a vazão (por exemplo, M, a biomassa processada) pode ser aumentada pelo aumento do tempo de irradiação. Entretanto, aumentar o tempo de irradiação sem permitir que o material resfrie pode aquecer o material de forma excessiva, conforme exemplificado pelos cálculos mostrados acima. Dado que a biomassa tem uma condutividade térmica baixa (menos que cerca de 0,1 $Wm^{-1}K^{-1}$) a dissipação de calor é lenta, ao contrário de, por exemplo, metais (maior que cerca de $10Wm^{-1}K^{-1}$) que podem dissipar energia rapidamente, desde que haja um dissipador para o qual se possa transferir energia.

CANHÕES DE ELÉTRONS - LIMITADORES DE FEIXE

[88] Em algumas modalidades, os sistemas e métodos incluem um limitador de feixe (por exemplo, um obturador). Por exemplo, o limitador de feixe pode ser usado para rapidamente limitar ou reduzir a irradiação do material sem desligar o dispositivo de feixe de elétrons. De forma alternativa, o limitador de feixe pode ser usado enquanto energiza-se o feixe de elétrons, por exemplo, o limitador de feixe pode limitar o feixe de elétrons até uma corrente de feixe de um nível desejado ser alcançada. O limitador de feixe pode ser colocado entre a janela de película primária e

janela de película secundária. Por exemplo o limitador do feixe pode ser montado de forma que seja móvel, isto é, para que ele possa ser movido dentro e fora do caminho do feixe. Até mesmo cobertura parcial do feixe pode ser usada, por exemplo, para controlar a dose de irradiação. O limitador de feixe pode ser montado no solo, a um transportador para a biomassa, a uma parede, ao dispositivo de radiação (por exemplo, na haste de verificação) ou a qualquer suporte estrutural. Preferencialmente o

os níveis de radiação em toda a área da janela, ou em regiões específicas da janela. O limitador de feixe pode ser uma malha formada, por exemplo, de fibras ou fios. Múltiplos limitadores de feixe podem ser usados, juntos ou de forma independente, para controlar a irradiação. O limitador de feixe pode ser controlado remotamente, por exemplo, por sinal de rádio ou ligado a um motor para mover o feixe para dentro ou para fora de posição.

DEFLETORES DE FEIXE

[92] As modalidades divulgadas neste documento também podem incluir um defletor de feixe ao utilizar um tratamento de radiação. Um propósito do defletor de feixe é absorver de forma segura um feixe de partículas carregadas. Assim como um limitador de feixe, um defletor de feixe pode ser usado para bloquear o feixe de partículas carregadas. Entretanto, um defletor de feixe é muito mais robusto do que um limitador de feixe e destina-se a bloquear a potência total do feixe de elétrons por um período de tempo prolongado. Eles são frequentemente usados para bloquear o feixe enquanto o acelerador está sendo iniciado.

[93] Defletores de feixe também são projetados para acomodar o calor gerado por tais feixes, e são normalmente feitos de materiais, tais como cobre, alumínio, carbono, berílio, tungstênio, ou mercúrio. Defletores de feixe podem ser refrigerados, por exemplo, usando um fluido de refrigeração que pode estar em contato térmico com o defletor de feixe.

MATERIAIS DE BIOMASSA

[94] Materiais lignocelulósicos incluem, mas são não limitado a, madeira, placa de partícula, resíduos florestais (por exemplo, serragem, madeira de aspen, lascas de madeira), gramas, (por exemplo, painço, eulália, capim-marinho, capim amarelo), resíduos de grãos, (por exemplo, cascas de arroz, casca de aveia, cascas de trigo, cascas de cevada), resíduos agrícolas (por exemplo, silagem, palha de canola, palha de trigo, palha de cevada, palha de aveia, palha de arroz, juta, cânhamo, linho, bambu, sisal, abacá, espigas de milho, palha de milho, caules e folhas de

soja, fibra de milho, alfafa, feno, cabelo de coco), resíduos de processamento de açúcar (por exemplo, bagaço, polpa de beterraba, bagaço de agave), algas, alga marinha, estrume, esgoto e misturas de qualquer um destes.

[95] Em alguns casos, o material lignocelulósico inclui espigas de milho. Espigas de milho trituradas ou moídas mecanicamente podem ser espalhadas em uma camada de espessura relativamente uniforme para irradiação, e após a irradiação são fáceis de se dispersar no meio para processamento adicional. Para facilitar a colheita e coleta, em alguns casos a planta de milho inteira é usada, incluindo o talo de milho, grãos de milho, e em alguns casos, até mesmo o sistema radicular da planta.

[96] Vantajosamente, nenhum nutriente adicional (que não seja uma fonte de nitrogênio, por exemplo, ureia ou amônia) é exigido durante a fermentação de espigas de milho ou materiais celulósicos ou lignocelulósicos contendo quantias significativas de espigas de milho.

[97] Espigas de milho, antes e após a fragmentação, também são mais fáceis de transportar e dispersar e têm menor tendência a formar misturas explosivas no ar do que outros materiais celulósicos ou lignocelulósicos, tais como feno e gramíneas.

[98] Materiais celulósicos incluem, por exemplo, papel, produtos de papel, resíduos de papel, pasta de papel, papéis pigmentados, papéis carregados, papéis revestidos, papéis preenchidos, revistas, materiais impressos (por exemplo, livros, catálogos, manuais, rótulos, calendários, cartões postais, folhetos, prospectos, papel de jornal), papel de impressora, papel multirevestido, cartolina, papelão, cartão, materiais com alto teor de α-celulose, tais como algodão e misturas de qualquer um destes. Por exemplo produtos de papel conforme descritos no Pedido U.S. Nº 13/396.365 ("Magazine Feedstocks" por Medoff *et al.*, depositado em 14 de fevereiro de 2012), cuja divulgação completa é incorporada aqui por referência.

[99] Matérias celulósicos também podem incluir materiais lignocelulósicos que foram parcialmente ou completamente deslignificados.

[100] Em alguns casos, outros materiais de biomassa podem ser utilizados, por exemplo, materiais ricos em amido. Materiais ricos em amido incluem o próprio amido, por exemplo, amido de milho, amido de trigo, amido de batata ou amido de arroz, um derivado de amido ou um material que inclui amido, tal como um produto de alimento comestível ou uma colheita. Por exemplo, o material com amido pode ser mandioquinha, trigo mourisco, banana, cevada, mandioca, cudzu, oca, sagu, sorgo, batatas domésticas regulares, batata doce, taro, inhame ou um ou mais feijões, como favas, lentilhas ou ervilhas. Mesclas de quaisquer dois ou mais materiais ricos em amido também são materiais ricos em amido. Misturas de materiais ricos em amido, celulósicos e ou lignocelulósicos também podem ser usadas. Por exemplo, a biomassa pode ser uma planta inteira, uma parte de uma planta ou diferentes partes de uma planta, por exemplo, uma planta de trigo, algodoeiro, uma planta de milho, planta de arroz ou uma árvore. Os materiais ricos em amido podem ser tratados por qualquer um dos métodos descritos neste documento.

[101] Materiais microbianos que podem ser usados como insumo podem incluir, mas são não limitado a, qualquer micro-organismo ou organismo ocorrendo natural ou geneticamente modificado que contém ou é capaz de prover uma fonte de carboidratos (por exemplo, celulose), por exemplo, protistas, , por exemplo, animais protistas (por exemplo, protozoários, tais como flagelados, amebóides, ciliados e sporozoa) e protistas de planta (por exemplo, algas, tais como Alveolatas, Chlorarachniophytas, Cryptomonands, Euglenoideas, Glaucophytas, Haptophytas, algas vermelhas, stramenopilas e viridaeplantae). Outros exemplos incluem alga marinha, plâncton (por exemplo, macroplâncton, mesoplâncton, microplâncton, nanoplâncton, picoplâncton e femtoplâncton), fitoplâncton, bactérias (por exemplo, bactérias gram positivo, bactérias

gram negativo e extremófilos), levedura e/ou misturas destes. Em alguns casos, a biomassa microbiana pode ser obtida de fontes naturais, por exemplo, o oceano, lagos, corpos de água, por exemplo, água salgada ou água doce, ou na terra. De forma alternativa ou além disso, a biomassa microbiana pode ser obtida a partir de sistemas de cultura, por exemplo, cultura seca e molhada em grande escala e sistemas de fermentação.

Em outras modalidades, os materiais de biomassa, tais como materiais de insumo celulósicos, ricos em amido e lignocelulósicos, podem ser obtidos a partir de microrganismos transgênicos e plantas que tenham sido modificadas com relação a uma variedade de tipo selvagem. Tais modificações podem ser, por exemplo, através das etapas iterativas de seleção e cultivo para obter traços desejados em uma planta. Além disso, as plantas podem ter tido material genético removido, modificado, silenciado ou adicionado no que diz respeito à variedade de tipo selvagem. Por exemplo, plantas geneticamente modificadas podem ser produzidas por métodos de DNA recombinante, onde as modificações genéticas incluem introduzir ou modificar genes específicos de variedades parentais, ou, por exemplo, ao se usar reprodução transgênica em que um gene ou genes específicos são introduzidos a uma planta de uma espécie diferente de planta e/ou bactérias. Outra forma de criar a variação genética é através de reprodução de mutação em que novos alelos são artificialmente criados a partir de genes endógenos. Os genes artificiais podem ser criados por uma variedade das formas, incluindo tratar plantas ou sementes com, por exemplo, mutagênicos químicos (por exemplo, usando agentes alquilantes, epóxidos, alcaloides, peróxidos, formaldeídos), irradiação (por exemplo, raios X, raios gama, nêutrons, partículas beta, partículas alfa, prótons, dêuterons, radiação UV) e choques térmicos ou outras pressões externas e técnicas de seleção subsequentes. Outros métodos para prover genes modificados são através de PCR propenso a erros e embaralhamento de DNA seguido por inserção do DNA modificado desejado na planta ou

semente desejada. Métodos de introdução da variação genética desejada nas sementes ou planta incluem, por exemplo, o uso de um transportador bacteriano, biobalísticas, precipitação de fosfato de cálcio, eletroporação, splicing do gene, silenciamento genético, lipofecção, microinjeção e transportadores virais. Materiais geneticamente modificados adicionais têm sido descritos no Pedido U.S. Nº. 13/396.369 depositado em 14 de fevereiro de 2012 cuja divulgação completa está incorporada neste documento por referência. Qualquer um dos métodos descritos neste documento pode ser praticado com misturas de quaisquer materiais de biomassa descritos neste documento.

OUTROS MATERIAIS

[102] Outros materiais (por exemplo, materiais naturais ou sintéticos), por exemplo, polímeros, podem ser tratados e/ou feitos utilizando os métodos, equipamento e sistemas descritos neste documento. Por exemplo, polietileno (por exemplo, o etileno de baixa densidade linear e polietileno de alta densidade), poliésteres, poliésteres sulfonados, poli (cloreto de vinil), poliésteres (por exemplo, meias de nylon, DACRON™, KODEL™), ésteres polialcaleno, ésteres de poli vinil, poliamidas (por exemplo, KEVLAR™), tereftalato de polietileno, acetato de celulose, acetal, poli acrilonitrila, policarbonatos(LEXAN™), acrílicos [por exemplo, o poli (metacrilato de metila), poli (metacrilato de metila), poliacrilnitrilas, poliuretanos, polipropileno, butadieno poli, poli-isobutileno, poliacrilonitrila, policloropreno (neopreno, por exemplo), poli(cis-1,4-isopreno) [por exemplo,borracha natural], poli(trans-1,4-isopreno) [por exemplo, guta-percha], formaldeído de fenol, formaldeído de melamina, epóxidos, poliésteres, poli aminas, ácidos policarboxílicos, ácidos polilático, álcoois polivinílicos, polianidridos, poli fluoro carbonos (por exemplo, TEFLON™), siliconados (por exemplo, a borracha de silicone), polissilanos, éteres de poli (por exemplo, óxido de polietileno, polipropileno óxido), ceras, óleos e misturas destes. Também estão incluídos, plásticos, borrachas,

elastômeros, fibras, ceras, géis, óleos, adesivos, termoplásticos, termofixos, polímeros biodegradáveis, resinas feitas com estes polímeros, outros polímeros, outros materiais e combinações destes. Os polímeros podem ser feitos por qualquer método útil, incluindo polimerização catiônica, polimerização aniônica, polimerização radical, polimerização de metátese, polimerização de abertura de anel, polimerização de enxerto e polimerização de adição. Em alguns casos, os tratamentos divulgados neste documento podem ser usados, por exemplo, para polimerização de enxerto radicalmente iniciada e reticulação. Compósitos de polímeros, por exemplo, com vidro, metais, biomassa (por exemplo, fibras, partículas), cerâmica podem também ser tratados e/ou feitas.

[103] Outros materiais que podem ser tratados ao se usar os métodos, sistemas e equipamento divulgados neste documento são materiais de cerâmica, minerais, metais e compostos inorgânicos. Por exemplo, cristais de silício e germânio, nitretos de silício, óxidos de metal, semicondutores, isolantes, cimentos e ou condutores.

[104] Adicionalmente, os materiais com várias partes ou formas (por exemplo, moldados, extrudados, soldados, rebitado, colocado em camadas, ou uma combinação de qualquer maneira) podem ser tratadas, por exemplo, cabos, canos, placas, compartimentos, chips semicondutores integrados, placas de circuito, fios, pneus, janelas, materiais laminados, engrenagens, correias, máquinas, e combinações dos mesmos Por exemplo, tratando de um material com os métodos descritos neste documento, por exemplo, pode modificar as superfícies, por exemplo, tornando-as suscetíveis a uma maior funcionalização, combinações (por exemplo, solda) e/ou tratamento transversal pode reticular os materiais.

PREPARAÇÃO DE MATERIAL DE BIOMASSA - TRATAMENTOS MECÂNICOS

[105] A biomassa pode estar em uma forma seca, por exemplo, com menos do que cerca de 35% de teor de umidade (por exemplo, menos do

que cerca de 20%, menos do que cerca de 15%, menos do que cerca de 10%, menos do que cerca de 5%, menos do que cerca de 4%, menos do que cerca de 3%, menos do que cerca de 2% ou até mesmo menos do que cerca de 1%). A biomassa também pode ser distribuída em estado úmido, por exemplo, como um sólido úmido, uma pasta ou uma suspensão com pelo menos cerca de 10% em peso de sólidos (por exemplo, pelo menos cerca de 20% em peso, pelo menos cerca de 30% em peso, pelo menos cerca de 40% em peso, pelo menos cerca de 50% em peso, pelo menos cerca de 60% em peso, pelo menos cerca de 70% em peso).

[106] Os processos divulgados neste documento podem utilizar materiais de baixa densidade, por exemplo matérias-primas celulósicas ou lignocelulósicas que foram fisicamente pré-tratadas para ter uma densidade de menos de cerca de 0,75 g/cm^3, por exemplo, inferior a cerca de 0,7, 0,65, 0,60, 0,50, 0,35, 0,25, 0,20, 0,15, 0,10, 0,05 ou menos, por exemplo, menos de cerca de 0,025 g/cm^3. A densidade aparente é determinada usando ASTM D1895B. Resumidamente, o método envolve preencher uma proveta de volume conhecido com uma amostra e obter um peso da amostra. A densidade aparente é calculada ao se dividir o peso da amostra em gramas pelo volume conhecido do cilindro em centímetros cúbicos. Se desejado, materiais de baixa densidade aparente podem ser densificados, por exemplo, pelos métodos descritos na Pat. U.S. Nº 7.971.809 para Medoff, cuja divulgação completa é incorporada por referência neste documento.

[107] Em alguns casos, o processamento de pré-tratamento inclui triagem do material de biomassa. A triagem pode ser através de uma malha ou placa perfurada com um tamanho de abertura desejado, por exemplo, menor do que cerca de 6,35 mm (1/4 de polegada, 0,25 polegada), (por exemplo, menor do que cerca de 3,18 mm (1/8 de polegada, 0,125 polegada), menor do que cerca de 1,59 mm (1/16 de polegada, 0,0625 polegada), é menor do que cerca de 0,79 mm (1/32 de polegada, 0,03125

polegada), por exemplo, menor do que cerca de 0,51 mm (1/50 de polegada, 0,02000 polegada), menor do que cerca de 0,40 mm (1/64 de polegada, 0,015625 polegada), menor do que cerca de 0,23 mm (0,009 polegada), menor do que cerca de 0,20 mm (1/128 de polegada, 0,0078125 polegada), menor do que cerca de 0,18 mm (0,007 polegada), menor do que cerca de 0,13 mm (0,005 polegada) ou mesmo menor do que cerca de 0,10 mm (1/256 de polegada, 0,00390625 polegada). Em uma configuração a biomassa desejada cai através de perfurações ou tela e, portanto, a biomassa maior do que as perfurações ou tela não é irradiada. Estes materiais maiores podem ser reprocessados, por exemplo, ao se fragmentar, ou podem simplesmente ser removidos do processamento. Em outra configuração, o material que for maior do que as perfurações é irradiado e o menor material é removido pelo processo de triagem ou reciclado. Neste tipo de configuração, o transportador em si (por exemplo, uma parte do transportador) pode ser perfurado ou feito com uma malha. Por exemplo, em uma modalidade particular o material de biomassa pode ser molhado e as perfurações ou malha permitem drenar a água da biomassa antes da irradiação.

[108] A triagem de material também pode ser por um método manual, por exemplo, por um operador ou robô (por exemplo, um robô equipado com uma cor, refletividade ou outro sensor) que remove o material indesejado. A triagem também pode ser por triagem magnética, em que um ímã é disposto perto do material transportado e o material magnético é removido magneticamente.

[109] Processamento de pré-tratamento opcional pode incluir aquecer o material. Por exemplo, uma parte do transportador transportando o material ou outro material pode ser enviada através da zona aquecida. A zona aquecida pode ser criada, por exemplo, por radiação IR, micro-ondas, combustão (por exemplo, gás, carvão, petróleo, biomassa), aquecimento resistivo e/ou bobinas indutivas. O calor pode ser aplicado a partir de pelo

menos um ou mais do que um lado, pode ser contínuo ou periódico e pode ser por apenas uma porção do material ou todo o material. Por exemplo, uma porção do transporte pode ser aquecida pelo uso de um isolador de metal. O aquecimento pode ser, por exemplo, para propósito de secagem do material. No caso de secagem do material, isto pode também ser facilitado, com ou sem aquecimento, pelo movimento de um gás (por exemplo, ar, oxigênio, nitrogênio, He, CO_2, argônio) sobre e/ou através da biomassa, conforme ela estiver sendo transportada.

[110] Opcionalmente, processamento de pré-tratamento pode incluir refrigerar o material. O material de refrigeração é descrito na Pat. U.S. Nº 7.900.857 para Medoff, cuja divulgação é incorporada neste documento por referência. Por exemplo, a refrigeração pode ser ao se fornecer um fluido de refrigeração, por exemplo, água (por exemplo, com glicerol) ou nitrogênio (por exemplo, nitrogênio líquido) para o fundo do transporte. Alternativamente, um gás de refrigeração, por exemplo, nitrogênio resfriado pode ser soprado sobre os materiais de biomassa ou sob o sistema de transporte.

[111] Outro método de processamento de pré-tratamento opcional pode incluir adicionar um material à biomassa ou outros insumos. O material adicional pode ser adicionado, por exemplo, ao se regar, polvilhar e/ou despejar o material sobre a biomassa, conforme ela é transportada. Materiais que podem ser adicionados incluem, por exemplo, metais, cerâmica e/ou íons conforme descrito na Pat. U.S. US Nº 2010/0105119 A1 (depositada em 26 de outubro de 2009) e Pat. US Nº 2010/0159569 A1 (depositada em 16 de dezembro de 2009), cujas divulgações completas são incorporadas neste documento por referência. Materiais opcionais que podem ser adicionados incluem ácidos e bases. Outros materiais que podem ser adicionados são oxidantes (por exemplo, peróxidos, cloratos), polímeros, monômeros polimerizáveis (por exemplo, contendo ligações insaturadas), água, catalisadores, enzimas e/ou organismos. Os materiais

podem ser adicionados, por exemplo, em forma pura, como uma solução em um solvente (por exemplo, água ou um solvente orgânico) e/ou como uma solução. Em alguns casos, o solvente é volátil e pode ser evaporado, por exemplo, ao se aquecer e/ou soprar gás conforme descrito anteriormente. O material adicionado pode formar um revestimento uniforme sobre a biomassa ou ser uma mistura homogênea de diferentes componentes (por exemplo, biomassa e material adicional). O material adicionado pode modular a etapa de irradiação subsequente ao se aumentar a eficiência da irradiação, amortecendo a irradiação ou mudando o efeito da irradiação (por exemplo, a partir de feixes de elétrons para raios-x ou calor). O método pode não ter nenhum impacto sobre a irradiação, mas pode ser útil para processamento a jusante adicional. O material adicionado pode ajudar a transportar o material, por exemplo, ao diminuir os níveis de poeira.

[112] A biomassa pode ser entregue ao transportador (por exemplo, transportadores vibratórios usados nas cavidades descritas neste documento) por uma correia transportadora, um transportador pneumático, uma rosca transportadora, um funil, um cano, manualmente ou por uma combinação destes. A biomassa pode, por exemplo, ser derrubada, despejada e/ou ser colocada sobre o transportador por qualquer um destes métodos. Em algumas modalidades, o material é entregue ao transportador usando um sistema de distribuição de material envolto para ajudar a manter uma baixa atmosfera de oxigênio e/ou controlar poeira e partículas finas. Partículas finas e poeira de biomassa suspensas no ar ou elevadas são indesejáveis porque podem constituir um risco de explosão ou danificar as películas de janela de um canhão de elétrons (se tal dispositivo for usado para tratar o material).

[113] O material pode ser nivelado para formar uma espessura uniforme entre cerca de 0,0312 e 5 polegadas (por exemplo, entre cerca de 0,0625 e 2,000 polegadas, entre cerca de 0,125 e 1 polegada, entre cerca

de 0,125 e 0,5 polegada, entre cerca de 0,3 e 0,9 polegada, entre cerca de 0,2 e 0,5 polegada, entre cerca de 0,25 e 1,0 polegada, entre cerca de 0,25 e 0,5 polegada, 0,100 +/- 0,025 polegadas, 0,150 +/- 0,025 polegadas, 0,200 +/- 0,025 polegadas, 0,250 +/- 0,025 polegadas, 0,300 +/- 0,025 polegadas, 0,350 +/- 0,025 polegadas, 0,400 +/- 0,025 polegadas, 0,450 +/- 0,025 polegadas, 0,500 +/- 0,025 polegadas, 0,550 +/- 0,025 polegadas, 0,600 +/- 0,025 polegadas, 0,700 +/- 0,025 polegadas, 0,750 +/- 0,025 polegadas, 0,800 +/- 0,025 polegadas, 0,850 +/- 0,025 polegadas, 0,900 +/- 0,025 polegadas, 0,900 e +/- 0,025 polegadas.

[114] Em geral, é preferencial transportar o material o mais rapidamente possível através do feixe de elétrons para maximizar a vazão. Por exemplo, o material pode ser transportado com taxas de pelo menos 1 pés/min, por exemplo, pelo menos 2 pés/min, pelo menos 3 pés/min, pelo menos 4 pés/min, pelo menos, 5 pés/min, pelo menos 10 pés/min, pelo menos 15 pés/min, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 pés/min. A taxa de transmissão está relacionada com a corrente de feixe, por exemplo, para uma biomassa de ¼ de polegada de espessura e 100 mA, o transportador pode mover em aproximadamente 20 pés/min para fornecer uma dose de irradiação útil, a 50 mA, o transportador pode mover em aproximadamente cerca de 10 pés/min para prover aproximadamente a mesma dose de irradiação.

[115] Depois que o material de biomassa foi transportado através da zona de radiação, o processamento de pós-tratamento opcional pode ser feito. O processamento de pós-tratamento opcional pode, por exemplo, ser um processo descrito com relação ao processamento de pré-irradiação. Por exemplo, a biomassa pode ser triada, aquecida, refrigerada ou combinada com aditivos. Exclusivamente para pós-irradiação, extinção dos radicais pode ocorrer, por exemplo, extinguindo radicais pela adição de fluidos ou gases (por exemplo, oxigênio, óxido nitroso, amônia, líquidos), usando pressão, calor, e/ou a adição de neutralizadores de radicais. Por exemplo, a

biomassa pode ser transportada para fora do transportador envolto e exposta a um gás (por exemplo, oxigênio) onde é extinguido, formando grupos carboxilados. Em uma modalidade, a biomassa é exposta durante a irradiação ao gás reativo ou fluido. A extinção da biomassa que foi irradiada é descrita na Pat. U.S. Nº 8.083.906 para Medoff, cuja divulgação completa é incorporada neste documento por referência.

[116] Caso desejado, um ou mais tratamentos mecânicos podem ser usados além de irradiação para reduzir, adicionalmente, a recalcitrância do material contendo carboidrato. Estes processos podem ser aplicados antes, durante ou após a irradiação.

[117] Em alguns casos, o tratamento mecânico pode incluir uma preparação inicial do insumo conforme recebido, por exemplo, redução de tamanho de materiais, tais como por cominuição, por exemplo, corte, moagem, cisalhamento, pulverização ou talhamento. Por exemplo, em alguns casos, insumo solto (por exemplo, papel reciclado, materiais ricos em amido ou painço) é preparado para cisalhamento ou retalhamento. Tratamento mecânico pode reduzir a densidade aparente do material contendo carboidrato, aumentar a área de superfície do material contendo carboidrato e/ou diminuir uma ou mais dimensões do material contendo carboidrato.

[118] Alternativamente, ou adicionalmente, o material de matéria prima pode ser tratado com outro tratamento, por exemplo, tratamento químicos, como com um ácido (HCl, H_2SO_4, H_3PO_4), uma base (por exemplo, KOH e NaOH), um óxidante químico (por exemplo, peróxidos, cloratos, ozônio), irradiação, explosão de vapor, pirolise, sonicação, oxidação, tratamento químico. Os tratamentos podem ser em qualquer ordem e qualquer sequência e combinações. Por exemplo, o material de insumo pode primeiramente ser tratado fisicamente por um ou mais métodos de tratamento, por exemplo, tratamento químico incluindo e em combinação com hidrólise ácida (por exemplo, utilizando HCl, H_2SO_4,

H_3PO_4), radiação, sonicação, oxidação, pirólise ou explosão de vapor, e então tratado mecanicamente. Esta sequência pode ser vantajosa uma vez que materiais tratados por um ou mais dos outros tratamentos, por exemplo, irradiação ou pirólise, tendam a ser mais frágeis e, portanto, possam ser mais fáceis de mudar, adicionalmente, a estrutura do material por tratamento mecânico. Como outro exemplo, um material de insumo pode ser transportado através de radiação ionizante usando um transportador conforme descrito neste documento e então, tratado mecanicamente. Tratamento químico pode remover alguma ou toda a lignina (por exemplo, polpação química) e pode hidrolisar o material parcial ou completamente. Os métodos também podem ser usados com material pré-hidrolisado. Os métodos também podem ser usados com material que não tenha sido pré hidrolisados. Os métodos podem ser usados com misturas de materiais hidrolisados e não hidrolisados, por exemplo, com cerca de 50% ou mais de material não hidrolisado, com cerca de 60% ou mais de material não hidrolisado, com cerca de 70% ou mais de material não hidrolisado, com cerca de 80% ou mais de material não-hidrolisado ou até mesmo com 90% ou mais de material não-hidrolisado.

[119] Além de redução de tamanho, o que pode ser executado inicialmente e/ou mais tarde no processamento, tratamento mecânico também pode ser vantajoso para "abrir," "tencionar", quebrar ou fracionar os materiais contendo carboidrato, tornando a celulose dos materiais mais suscetível à cisão em cadeia e/ou ruptura de estrutura cristalina durante o tratamento físico.

[120] Métodos para tratar mecanicamente o material contendo carboidrato incluem, por exemplo, trituração ou moagem. A moagem pode ser executada usando, por exemplo, um moinho de martelo, moinho de esfera, moinho coloidal, moinho cônico ou de cone, moinho de disco, moinho chileno, moinho Wiley, moinho de cereais ou outro moinho. A moagem pode ser executada usando, por exemplo, um moedor de tipo de

corte/impacto. Alguns moedores exemplares incluem trituradores de pedras, moedores de pino, moedores de café e moedores de broca. A moagem ou trituração pode ser provida, por exemplo, por um pino alternativo ou outro elemento, como é o caso em um moinho de pino. Outros métodos de tratamento mecânico incluem a ruptura ou rompimento mecânico, outros métodos que aplicam pressão às fibras e trituração de atrito do ar. Tratamentos mecânicos adequados incluem, adicionalmente, qualquer outra técnica que continue o rompimento da estrutura interna do material que foi iniciado pelas etapas de processamento anteriores.

[121] Sistemas de preparação de alimentação mecânica podem ser configurados para produzir correntes com características específicas, tais como, por exemplo, tamanhos máximos específicos, comprimento-para-largura específicos ou razões de áreas de superfície específicas. A preparação física pode aumentar a taxa de reações, melhorar o movimento de material em um transportador, melhorar o perfil de irradiação do material, melhorar a uniformidade da radiação do material ou reduzir o tempo de processamento exigido ao abrir os materiais e torná-los mais acessíveis para processos e/ou reagentes, tais como reagentes em uma solução.

[122] A densidade aparente de insumos pode ser controlada (por exemplo, aumentada). Em algumas situações, pode ser desejável preparar um material de densidade aparente baixa, por exemplo, ao se densificar o material (por exemplo, densificação pode tornar mais fácil e menos dispendioso transportar para outro local) e então, reverter o material para um estado de densidade aparente menor (por exemplo, após o transporte). O material pode ser densificado, por exemplo, a partir de menos do que cerca de 0,2 g/cc a mais do que cerca de 0,9 g/cc (por exemplo, menos do que cerca de 0,3 a mais do que cerca de 0,5 g/cc, menos do que cerca de 0,3 a mais do que cerca de 0,9 g/cc, menos do que cerca de 0,5 a mais do que cerca de 0,9 g/cc, menos do que cerca de 0,3 a mais do que cerca de

0,8 g/cc, menos do que cerca de 0,2 a mais do que cerca de 0,5 g/cc). Por exemplo, o material pode ser densificado pelos métodos e equipamento divulgados na Pat. U.S. Nº 7.932.065 para Medoff e Publicação Internacional Nº WO 2008/073186 (que foi depositada em 26 de outubro de 2007, foi publicada em inglês, e que designou os Estados Unidos), cujas divulgações completas são incorporadas neste documento por referência. Os materiais densificados podem ser processados por qualquer um dos métodos descritos neste documento, ou qualquer material processado por qualquer um dos métodos descritos neste documento pode ser posteriormente densificado.

[123] Em algumas modalidades, o material a ser processado está na forma de um material fibroso que inclui fibras providas por cisalhamento de uma fonte de fibra. Por exemplo, o cisalhamento pode ser executado com um cortador de faca rotativa.

[124] Por exemplo, uma fonte de fibra, por exemplo, que seja recalcitrante ou que tenha tido seu nível de recalcitrância reduzido, possa ser cisalhada, por exemplo, em um cortador de faca rotativa, para prover um primeiro material fibroso. O primeiro material fibroso é passado através de uma primeira tela, por exemplo, tendo um tamanho médio de abertura de 1,59 mm ou menos (1/16 de polegada, 0,0625 polegada), para prover um segundo material fibroso. Se desejado, a fonte de fibra pode ser cortada antes do cisalhamento, por exemplo, com uma máquina trituradora. Por exemplo, quando um papel é usado como a fonte de fibra, o papel pode ser cortado primeiramente em tiras que tenham, por exemplo, 1/4 a 1/2 de polegada de largura, usando uma máquina trituradora, por exemplo, uma máquina trituradora de parafuso de contra-rotação, tais como aquelas fabricadas por Munson (Utica, N.Y.). Como uma alternativa à trituração, o papel pode ser reduzido em tamanho ao se cortar a um tamanho desejado usando um cortador de guilhotina. Por exemplo, o cortador de guilhotina pode ser usado para cortar o papel em folhas que tenham, por exemplo, 10

polegadas de largura por 12 polegadas de comprimento.

[125] Em algumas modalidades, o cisalhamento da fonte de fibra e a passagem do primeiro material fibroso resultante através de uma primeira tela são executados simultaneamente. O cisalhamento e a passagem também podem ser executados em um processo tipo em lote.

[126] Por exemplo, um cortador de faca rotativa pode ser usado para simultaneamente cisalhar a fonte de fibra e triar o primeiro material fibroso. Um cortador de faca rotativa inclui um funil que pode ser carregado com uma fonte de fibra triturada preparada ao se triturar uma fonte de fibra.

[127] Em algumas implementações, o insumo tratado fisicamente antes da sacarificação e/ou fermentação. Os processos de tratamento físico podem incluir um ou mais de qualquer um daqueles descritos neste documento, tais como tratamento mecânico, tratamento químico, irradiação, sonicação, oxidação, pirólise ou explosão a vapor. Os métodos de tratamento podem ser usados em combinações de dois, três, quatro ou mesmo todas estas tecnologias (em qualquer ordem). Quando mais de um método de tratamento for usado, os métodos podem ser aplicados ao mesmo tempo ou em momentos diferentes. Outros processos que mudam a estrutura molecular do insumo de biomassa também podem ser usados, sozinhos ou em combinação com os processos divulgados neste documento.

[128] Tratamentos mecânicos que podem ser utilizados e as características dos materiais contendo carboidratos tratados mecanicamente, são descritos em maiores detalhes no Pedido de Pat. US Nº 2012/0100577 A1, depositado em 18 de outubro de 2011, cuja inteira divulgação é incorporada neste documento por referência.

SONICAÇÃO, PIRÓLISE, OXIDAÇÃO, EXPLOSÃO DE VAPOR

[129] Se desejado, um ou mais processos de sonicação, pirólise, oxidativos ou de explosão de vapor podem ser usados em vez de ou além da irradiação para reduzir ou reduzir, adicionalmente, a recalcitrância do

material contendo carboidrato. Por exemplo, estes processos podem ser aplicados antes, durante ou após a irradiação. Estes processos são descritos em detalhes na Pat. U.S. Nº 7.932.065 para Medoff, cuja divulgação completa é incorporada neste documento por referência.

INTERMEDIÁRIOS E PRODUTOS

[130] Usando os processos descritos neste documento, o material de biomassa pode ser convertido a um ou mais produtos, tais como energia, combustíveis, alimentos e materiais. Por exemplo, produtos intermediários e produtos, como ácidos orgânicos, sais de ácidos orgânicos, anidridos, ésteres de ácidos orgânicos e combustíveis, por exemplo, combustíveis para motores de combustão interna ou de insumos para as células de combustível. Sistemas e processos são descritos neste documento que podem usar como materiais celulósicos e/ou lignocelulósicos de insumo que são prontamente disponíveis, mas frequentemente podem ser difíceis de processar, por exemplo, correntes de resíduos municipais e correntes de resíduos de papel, tais como correntes que incluem jornal, papel kraft, papel ondulado ou misturas destes.

[131] Exemplos específicos de produtos incluem, mas não estão limitados a, hidrogênio, açúcares (por exemplo, glicose, xilose, arabinose, manose, galactose, frutose, dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos), álcoois (por exemplo, monoálcoois ou álcoois dihidricos, tais como o etanol, n-propanol, isobutanol, sec-butanol, terc-butanol ou n-butanol), álcoois hidratados ou hídricos (por exemplo, que contém mais que 10%, 20%, 30% ou até mesmo mais do que 40% de água), biodiesel, ácidos orgânicos, hidrocarbonetos (por exemplo, metano, etano, propano, isobuteno, pentano, hexano, biodiesel, bio-gasolina e suas misturas), coprodutos (por exemplo,de, proteínas, tais como proteínas celulóticas (enzimas) ou proteínas de célula única) e as misturas de qualquer um desses em qualquer combinação ou concentração relativa e, opcionalmente, em combinação com quaisquer aditivos (por exemplo,

aditivos de combustível). Outros exemplos incluem ácidos carboxílicos, sais de um ácido carboxílico, uma mistura de ácidos carboxílicos e sais de ácidos carboxílicos e ésteres de ácidos carboxílicos (por exemplo, ésteres de metil, etil e n-propil), cetonas (por exemplo, acetona), aldeídos (por exemplo, acetaldeído), ácidos alfa e beta insaturados (por exemplo, ácido acrílico) e olefinas (por exemplo, etileno). Outros álcoois e derivados de álcool incluem propanol, propileno glicol, 1,4-butanodiol, 1,3-propanodiol, álcoois de açúcar (por exemplo, eritritol, glicol, glicerol, sorbitol, treitol, arabitol, ribitol, manitol, dulcitol, fucitol, iditol, isomalte, maltitol, lactitol, xilitol e outros polióis) e ésteres de metil ou etil de qualquer um destes alcoóis. Outros produtos incluem acrilato de metila, metilmetacrilato, ácido D-lático, ácido L-lático, ácido pirúvico, ácido polilático, ácido cítrico, ácido fórmico, ácido acético, ácido propiônico, ácido butírico, ácido succínico, ácido valérico, ácido caproico, ácido 3-hidroxipropiônico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oxálico, ácido malônico, ácido glutárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido glicólico, ácido gama-hidroxibutírico e suas misturas, sais de qualquer destes ácidos, misturas de qualquer dos ácidos e seus respectivos sais.

[132] Qualquer combinação dos produtos acima uns com os outros, e/ou dos produtos acima com outros produtos, cujos outros produtos podem ser feitos pelos processos descritos neste documento ou, caso contrário, podem ser embalados juntos e vendidos como produtos. Os produtos podem ser combinados, por exemplo, misturados, mesclados ou codissolvidos, ou podem simplesmente ser embalados ou vendidos juntos.

[133] Qualquer um dos produtos ou combinações de produtos descritos neste documento podem ser higienizados ou esterilizados antes da venda dos produtos, por exemplo, depois da purificação ou isolamento ou mesmo após embalamento, para neutralizar um ou mais contaminantes potencialmente indesejáveis que poderiam estar presentes no(s) produto(s). Tal higienização pode ser feita com o bombardeamento de elétrons, por

exemplo, estar em uma dosagem de menos do que cerca de 20 Mrad, por exemplo, a partir de cerca de 0,1 a 15 Mrad, a partir de cerca de 0,5 a 7 Mrad, ou a partir de cerca de 1 a 3 Mrad.

[134] Os processos descritos neste documento podem produzir várias correntes de subproduto úteis para gerar vapor e eletricidade para serem usados em outras partes da instalação (cogeração) ou vendidos no mercado livre. Por exemplo, o vapor gerado a partir da queima de correntes de subproduto pode ser usado em um processo de destilação. Como outro exemplo, a eletricidade gerada da queima de correntes de subproduto pode ser usada para alimentar geradores de feixe de elétrons utilizados no pré-tratamento.

[135] Os subprodutos usados para gerar vapor e eletricidade são derivados de um número de fontes em todo o processo. Por exemplo, a digestão anaeróbica das águas residuais pode produzir um biogás de alto teor de metano e uma pequena quantia de biomassa residual (lodo). Como outro exemplo, sólidos pós-sacarificação e/ou pós-destilados (por exemplo, lignina não convertida, celulose e hemicelulose remanescentes dos processos de pré-tratamento e primários) podem ser usados, por exemplo, queimados, como um combustível.

[136] Outros intermediários e produtos, incluindo alimentos e produtos farmacêuticos, são descritos no Pedido de Pat. US Nº 2010/0124583 A1, publicado em 20 de maio de 2010 para Medoff, cuja divulgação completa é incorporada por referência neste documento.

PRODUTOS DERIVADOS DE LIGNINA

[137] Espera-se que a biomassa irradiada (por exemplo, material lignocelulósico gasto) do processamento lignocelulósico pelos métodos descritos tenha um conteúdo elevado de lignina e, além de ser útil para a produção de energia através de combustão em uma usina de Co-Geração, possa ter usos como outros produtos valiosos. Por exemplo, a lignina pode ser usada conforme capturada como um plástico, ou pode ser

sinteticamente melhorada para outros plásticos. Em alguns casos, esta também pode ser convertida em lignossulfonatos, que podem ser utilizados como ligantes, dispersantes, emulsificantes ou como sequestrantes.

[138] Quando usado como um ligante, a lignina ou um lignossulfonato pode, por exemplo, ser utilizado em briquetes de carvão, em cerâmica, para ligação de negro de fumo, para ligação de fertilizantes e herbicidas, como um supressor de poeira, na fabricação de placa de madeira compensada e de aglomerados de partículas, para ligação de rações animais, como um ligante para fibra de vidro, como um ligante na pasta de linóleo e como um estabilizante de solo.

[139] Quando usado como um dispersante, a lignina ou lignossulfonatos podem ser usados, por exemplo, em misturas de concreto, argila e cerâmica, corantes e pigmentos, curtimento de couro e em painéis de gesso.

[140] Quando usado como um emulsificante, a lignina ou lignossulfonatos podem ser usados, por exemplo, em emulsões de asfalto, pigmentos e corantes, pesticidas e cera.

[141] Como um sequestrante, a lignina ou lignossulfonatos podem ser usados, por exemplo, em sistemas de micronutrientes, compostos de limpeza e sistemas de tratamento de água, por exemplo, para sistemas de caldeira e resfriamento.

[142] Para a produção de energia, a lignina geralmente tem um teor de energia maior do que a holocelulose (celulose e hemicelulose), uma vez que esta contém mais carbono do que homocelulose. Por exemplo, a lignina seca pode ter um teor de energia entre cerca de 11,000 e 12.500 BTU por libra, comparado com 7,000 a 8,000 BTU por libra de holocelulose. Como tal, a lignina pode ser densificada e convertida em briquetes e pastilhas para queima. Por exemplo, a lignina pode ser convertida em pastilhas por qualquer método descrito neste documento. Para uma pastilha ou um briquete de queima mais lenta, a lignina pode ser reticulada, tal

como aplicar uma dose de radiação entre cerca de 0,5 Mrad e 5 Mrad. A reticulação pode se tornar um fator de forma de queima mais lento. O fator de forma, tal como pastilha ou briquete, pode ser convertido em um "carvão sintético" ou carvão por pirólise na ausência de ar, por exemplo, entre 400 e 950°C°. Antes da pirólise, pode ser desejável reticular a lignina para manter a integridade estrutural.

SACARIFICAÇÃO

[143] A fim de converter o insumo para uma forma que pode ser prontamente processada, a celulose contento glucano ou xilano no insumo pode ser hidrolisada a carboidratos de baixo peso molecular, tais como açúcares, por um agente de sacarificação, por exemplo, uma enzima ou ácido, um processo referido como sacarificação. Os carboidratos de baixo peso molecular podem então ser usados, por exemplo, em uma instalação de manufatura existente, tal como uma instalação de proteína unicelular, uma instalação de manufatura de enzima ou uma instalação de combustível, por exemplo, uma fábrica de etanol.

[144] O insumo pode ser hidrolisado usando uma enzima, por exemplo, ao se combinar os materiais e a enzima em um solvente, por exemplo, em uma solução aquosa.

[145] De forma alternativa, as enzimas podem ser fornecidas por organismos que quebram a biomassa, tal como a celulose e/ou as porções de lignina da biomassa, contêm ou fabricam várias enzimas celulóticas (celulases), ligninases ou vários metabólitos degradantes de biomassa de molécula pequena. Estas enzimas podem ser um complexo de enzimas que atuam sinergicamente para degradar celulose cristalina ou as porções de lignina de biomassa. Exemplos de enzimas celulóticas incluem: endoglucanases, celobiohidrolases e celobiases (beta-glucosidases).

[146] Durante a sacarificação um substrato celulósico pode ser inicialmente hidrolisado por endoglucanases em locais aleatórios, produzindo intermediários oligoméricos. Estes intermediários são então

substratos para glucanases exo-divisoras, tais como a celobiohidrolase para produzir celobiose das extremidades do polímero de celulose. A celobiose é um dímero 1,4 ligado solúvel em água de glicose. Finalmente, celobiase cliva celobiose para render glicose. A eficiência (por exemplo, tempo para hidrolisar e/ou integridade de hidrólise) deste processo depende da recalcitrância do material celulósico.

[147] Portanto, os materiais de biomassa tratados podem ser sacarificados, em geral ao se combinar o material e uma enzima de celulase em um meio fluído, por exemplo, uma solução aquosa. Em alguns casos, o material é fervido, mergulhado ou cozinhado em água quente antes de sacarificação, conforme descrito no Pedido de Pat. de Patente U.S. 2012/0100577 A1 por Medoff e Masterman, publicado em 26 de abril de 2012, cujos inteiros teores são incorporados neste documento.

[148] O processo de sacarificação pode ser parcial ou completamente realizado em um tanque (por exemplo, um tanque tendo um volume de pelo menos 4000, 40,000, ou 500,000 l) em uma instalação de fabricação e/ou pode ser parcial ou completamente executado em trânsito, por exemplo, em um vagão, caminhão-tanque, ou um superpetroleiro ou o porão de um navio. O tempo exigido para sacarificação completa dependerá das condições de processo e o material contendo carboidrato e enzima usados. Se a sacarificação for executada em uma instalação de fabricação sob condições controladas, a celulose pode ser substancial e inteiramente convertida em açúcar, por exemplo, glicose em cerca de 12 a 96 horas. Se a sacarificação for executada de forma parcial ou completa em trânsito, a sacarificação pode demorar mais.

[149] Em geral é preferencial que os conteúdos do tanque sejam misturados durante a sacarificação, por exemplo, usando um jato misturador conforme descrito no Pedido Internacional Nº PCT/US2010/035331, depositado em 18 de maio de 2010, que foi publicado em inglês como WO 2010/135380 e designou os Estados Unidos,

cuja divulgação completa é incorporada por referência neste documento.

[150] A adição de surfactantes pode intensificar a taxa de sacarificação. Exemplos de surfactantes incluem surfactantes não iônicos, tais como surfactantes de polietilenoglicol Tween® 20 ou Tween® 80, surfactantes iônicos ou surfactantes anfotéricos.

[151] Em geral é preferencial que a concentração da solução de açúcar resultante da sacarificação seja relativamente alta, por exemplo, maior do que 40%, ou maior do que 50, 60, 70, 80, 90 ou até mesmo maior do que 95% em peso. Água pode ser removida, por exemplo, por evaporação, para aumentar a concentração da solução de açúcar. Isto reduz o volume a ser enviado e também inibe o crescimento microbiano na solução.

[152] Alternativamente, soluções de açúcar de baixas concentrações podem ser usadas, caso em que pode ser desejável adicionar um aditivo antimicrobiano, por exemplo, um antibiótico de amplo espectro, em uma concentração baixa, por exemplo, 50 a 150 ppm. Outros antibióticos adequados incluem anfotericina B, ampicilina, cloranfenicol, ciprofloxacina, gentamicina, higromicina B, canamicina, neomicina, penicilina, puromicina, estreptomicina. Antibióticos irão inibir o crescimento de micro-organismos durante o transporte e armazenamento e podem ser usados em concentrações apropriadas, por exemplo, entre 15 e 1000 ppm em peso, por exemplo, entre 25 e 500 ppm ou entre 50 e 150 ppm. Se desejado, um antibiótico pode ser incluído, mesmo se a concentração de açúcar for relativamente alta. Alternativamente, outros aditivos com antimicrobiana de propriedades conservantes podem ser usados. Preferencialmente o(s) aditivo(s) antimicrobiano(s) é/são de grau alimentício.

[153] Uma solução de concentração relativamente alta pode ser obtida ao se limitar a quantia de água adicionada ao material contendo carboidrato com a enzima. A concentração pode ser controlada, por exemplo, ao se controlar quanta sacarificação ocorre. Por exemplo, a

concentração pode ser aumentada ao se adicionar mais material contendo carboidrato à solução. A fim de manter o açúcar que está sendo produzido em solução, um surfactante pode ser adicionado, por exemplo, um daqueles discutidos acima. Solubilidade também pode ser aumentada ao se aumentar a temperatura da solução. Por exemplo, a solução pode ser mantida em uma temperatura de 40-50°C, 60-80°C ou mesmo mais elevada.

AGENTES DE SACARIFICAÇÃO

[154] Enzimas celulóticas adequdas incluem celulases de espécies nos gêneros *Bacillus*, *Coprinus*, *Myceliophthora*, *Cephalosporium*, *Scytalidium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Pseudomonas*, *Humicola*, *Fusarium*, *Thielavia*, *Acremonium*, *Chrysosporium* e *Trichoderma*, especialmente aquelas produzidas por uma cepa selecionada a partir da espécie *Aspergillus* (veja, por exemplo, por exemplo, Pub. EP N° 0 458 162), *Humicola insolens* (reclassificada como *Scytalidium thermophilum*, veja, por exemplo,Patente U.S. N° 4.435.307), *Coprinus cinereus*, , *Fusarium oxysporum*, *Myceliophthora thermophila*, *Meripilus giganteus*, *Thielavia terrestris*, *Acremonium sp.* (incluindo, mas não limitado a, *A. persicinum*, *A. acremonium*, *A. brachypenium*, *A.dichromosporum*, *A. obclavatum*, *A. pinkertoniae*, *A. roseogriseum*, *A.incoloratum*, and *A. furatum*). Cepas preferenciais incluem *Humicola insolens* DSM 1800, *Fusarium oxysporum* DSM 2672, *Myceliophthora thermophila* CBS 117.65, *Cephalosporium sp.* RYM-202, *Acremonium sp.* CBS 478.94, *Acremonium sp.* CBS 265.95, *Acremonium persicinum* CBS 169.65, *Acremonium acremonium* AHU 9519, *Cephalosporium sp.* 535.71 CBS, *Acremonium brachypenium* CBS 866.73, *Acremonium dichromosporum* CBS 683.73, *Acremonium obclavatum* CBS 311.74, *Acremonium pinkertoniae* CBS 157.70, *Acremoniumroseogriseum* CBS 134.56, *Acremonium incoloratum* CBS 146.62, and *Acremonium furatum* CBS 299.70H. Enzimas celulóticas também podem ser obtidas de *Chrysosporium*, de preferência uma cepa de *Chrysosporium lucknowense*.

Cepas adicionais que podem ser utilizadas incluem, mas não se limitam a, *Trichoderma* (particularmente *T. viride*, *T. reesei* e *T. koningii*), *Bacillus* alcalofílico (ver, por exemplo, a patente U.S. Nº 3.844.890 e Pub. EP Nº 0 458 162) e *Streptomyces* (veja, por exemplo, Pub. EP Nº 0 458 162).

[155] Em acréscimo a ou combinando com enzimas, ácidos, bases e outros produtos químicos (por exemplo, oxidantes), podem ser utilizadas para sacarificar materiais celulósicos ou lignocelulósicos. Estas podem ser usadas em qualquer combinação ou sequência (por exemplo, antes, após e/ou durante a adição de uma enzima). Por exemplo, ácidos minerais fortes podem ser utilizados (por exemplo, HCl, H_2SO_4, H_3PO_4) e bases fortes (por exemplo, NaOH, KOH).

AÇÚCARES

[156] Nos processos descritos neste documento, por exemplo, após a sacarificação, os açúcares (por exemplo, glicose e xilose) podem ser isolados. Por exemplo, açúcares podem ser isolados por precipitação, cristalização, cromatografia (por exemplo, cromatografia de leito móvel simulado, cromatografia de alta pressão), centrifugação, extração, qualquer outro método de isolamento conhecido na técnica e suas combinações.

HIDROGENAÇÃO E OUTRAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

[157] Os processos descritos neste documento podem incluir hidrogenação. Por exemplo, glicose e xilose podem ser hidrogenados para sorbitol e xilitol, respectivamente. Hidrogenação pode ser realizada pelo uso de um catalisador (por exemplo, Pt/gama-Al_2O_3, Ru/C, níquel Raney ou outros catalisadores conhecidos na técnica) em combinação com H_2 sob alta pressão (por exemplo, 10 a 12000 psi). Outros tipos de transformação química dos produtos a partir dos processos descritos neste documento podem ser usados, por exemplo, produção de produtos derivados de açúcar orgânico (por exemplo,_furfural e derivados do furfural) . As transformações químicas de produtos derivados de açúcar são descritas em USSN 13/934.704, depositado em 3 de julho de 2013, cuja divulgação é

incorporada neste documento por referência em sua totalidade.

FERMENTAÇÃO

[158] Levedura e bactérias *Zymomonas*por exemplo podem ser usadas para fermentação ou conversão de açúcar em álcool(ois). Outros micro-organismos são discutidos abaixo. O pH ideal para a fermentação é cerca de pH 4 a 7. Por exemplo, o pH ótimo para o fermento é de aproximadamente pH 4 a 5, enquanto o pH ótimo para *Zimomonas* é de aproximadamente pH 5 a 6. Tempos de fermentação típicos são cerca de 24 a 168 horas (por exemplo, 24 a 96 horas) com temperaturas no intervalo de 20°C a 40°C (por exemplo, 26°C a 40°C), entretanto, micro-organismos termofílicos preferem temperaturas maiores.

[159] Em algumas modalidades, por exemplo, quando são utilizados organismos anaeróbicos, pelo menos uma parte da fermentação é conduzida na ausência de oxigênio, por exemplo, sob um manto de um gás inerte como N_2, Ar, He, CO_2 ou suas misturas. Adicionalmente, a mistura pode ter um expurgo constante de um gás inerte fluindo através do tanque durante parte de ou toda a fermentação. Em alguns casos, condições anaeróbicas podem ser atingidas ou mantidas pela produção de dióxido de carbono durante a fermentação e nenhum gás inerte adicional é necessário.

[160] Em algumas modalidades, todo ou uma porção do processo de fermentação pode ser interrompida antes que o açúcar de baixo peso molecular seja completamente convertido a um produto (por exemplo, etanol). Os produtos de fermentação intermediária incluem açúcar e carboidratos em altas concentrações. Os açúcares e os carboidratos podem ser isolados por meio de qualquer meio conhecido na técnica. Estes produtos de fermentação intermediária podem ser usados na preparação de alimentos para consumo humano ou animal. De forma adicional ou alternativa, os produtos de fermentação intermediária podem ser moídos a um tamanho de partícula fina em um moinho de laboratório de aço inoxidável para produzir uma substância como farinha. Mistura a jato pode

ser usada durante a fermentação, e em alguns casos a sacarificação e fermentação são executadas no mesmo tanque.

[161] Nutrientes para os microrganismos podem ser adicionados durante a sacarificação e/ou fermentação, por exemplo, os pacotes de nutrientes de base alimentar descritos no Pedido de Patente de Patente U.S. 2012/0052536, depositado em 15 de julho de 2011, cuja divulgação completa é incorporada neste documento por referência.

[162] "Fermentação" inclui os métodos e produtos que são divulgados nos pedidos internacionais Nos. PCT/US2012/71093 publicados em 27 de junho de 2013, PCT/US2012/71907 publicado em 27 de junho de 2012 e PCT/US2012/71083 publicado em 27 de junho de 2012 cujo conteúdo é incorporado por referência a este documento em sua totalidade.

[163] Os fermentadores móveis podem ser utilizados, conforme descrito no Pedido Internacional Nº PCT/US2007/074028 (que foi depositado em 20 de julho de 2007, foi publicado em inglês como WO 2008/011598 e designou os Estados Unidos) e tem uma patente emitida US Nº 8.318.453, cujos conteúdos são incorporados aqui em sua totalidade. De forma similar, o equipamento de sacarificação pode ser móvel. Adicionalmente, sacarificação e/ou fermentação podem ser executadas em parte ou totalmente durante o trânsito.

AGENTES DE FERMENTAÇÃO

[164] O(s) micro-organismo(s) usado(s) na fermentação podem ser micro-organismos ocorrendo naturalmente e/ou micro-organismos manipulados. Por exemplo, o micro-organismo pode ser uma bactéria (incluindo, mas não limitado a, por exemplo, uma bactéria celulolítica), um fungo, (incluindo, mas não limitado a, por exemplo, uma levedura), uma planta, um protista, por exemplo, um protozoário ou um protista semelhante a fungo (incluindo, mas não limitado a, por exemplo, um molde de lama) ou uma alga. Quando os organismos são compatíveis, misturas de organismos podem ser utilizadas.

[165] Os micro-organismos de fermentação adequados têm a habilidade de converter carboidratos, tais como glicose, frutose, xilose, arabinose, manose, galactose, oligossacarídeos ou polissacarídeos em produtos de fermentação. Fermentação de microrganismos incluem cepas de gênero *Saccharomyces spp.* (incluindo, mas não limitado a, *S. cerevisiae* (fermento de pão), *S. distaticus*, *S. uvarum*), o gênero *Kluyveromyces*, (incluindo, mas não limitado a, *K. marxianus*, *K. fragilis*), o gênero *Candida* (incluindo, mas não limitado a , *C. pseudotropicalis* e *C. brassicae*), *Pichia stipitis* (um parente da *Candida shehatae*), *Clavispora* (incluindo, mas não limitado a, *C. lusitaniae* e *C. opuntiae*), o gênero *Pachysolen* (incluindo, mas não limitado a, *P. tannophilus*), o gênero *Bretannomyces* (incluindo, mas não limitado a, por exemplo, *B. clausenii* (Philippidis, G. P., 1996, Cellulose bioconversion technology, em Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman, C.E., Ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212). Outros microrganismos apropriados incluem, por exemplo, *Zymomonas mobilis, Clostridium spp.* (incluindo, mas não se limitando a, *C. thermocellum* (Philippidis, 1996, *supra*), *C. saccharobutylacetonicum*, *C. tyrobutyricum C. saccharobutylicum*, *C. Puniceum*, *C. beijernckii*, and *C. acetobutylicum*), *Moniliella spp. (incluindo mas não limitado a M. pollinis,M. tomentosa, M. madida, M. nigrescens, M. oedocephali, M. megachiliensis)*, *Yarrowia lipolytica*, *Aureobasidium sp., Trichosporonoides sp., Trigonopsis variabilis, Trichosporon sp., Moniliellaacetoabutans sp.*, *Typhula variabilis*, *Candida magnoliae*, *Ustilaginomycetes sp., Pseudozyma tsukubaensis*, leveduras dos gêneros *Zygosaccharomyces, Debaryomyces, Hansenula and Pichia*, e fungos do genus dematióde *Torula (*por exemplo, *T. corallina)*.

[166] Micro-organismos adicionais incluem o grupo Lactobacillus. Os exemplos incluem *Lactobacillus casei, Lactobacillus rhamnosus, Lactobacillus delbrueckii, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus coryniformis*, por exemplo, *Lactobacillus coryniformis subespécie torquens,*

Lactobacillus pentosus, Lactobacillus brevis. Outros micro-organismos incluem *Pediococus penosaceus, Rhizopus oryzae.*

[167] Vários organismos, como bactérias, leveduras e fungos, podem ser utilizados para fermentar produtos derivados de biomassa como açúcares e álcoois em ácido succínico e produtos similares. Por exemplo, os organismos podem ser selecionados a partir de; *Actinobacillus succinogenes, Anaerobiospirillum succiniciproducens, Mannheimia succiniciproducens, Ruminococcus flaverfaciens, Ruminococcus albus, Fibrobacter succinogenes, Bacteroides fragilis, Bacteroides ruminicola, Bacteroides amylophilus,Bacteriodes succinogenes, Mannheimia succiniciproducens, Corynebacterium glutamicum, Aspergillus niger, Aspergillus fumigatus, Byssochlamys nivea, Lentinus degener, Paecilomyces varioti, Penicillium viniferum, Saccharomyces cerevisiae, Enterococcus faecali, Prevotella ruminicolas, Debaryomyces hansenii, Candida catenulata* VKM Y-5, *C. mycoderma* VKM Y-240, *C. rugosa* VKM Y-67, *C. paludigena* VKM Y-2443, *C. utilis* VKM Y-74, *C. utilis* 766, *C. zeylanoides* VKM Y-6, *C. zeylanoides* VKM Y-14, *C. zeylanoides* VKM Y-2324, *C. zeylanoides* VKM Y-1543, *C. zeylanoides* VKM Y-2595, *C. valida* VKM Y-934, *Kluyveromyces wickerhamii* VKM Y-589, *Pichia anomala* VKM Y-118, P. *besseyi* VKM Y-2084, *P. media* VKM Y-1381, *P. guilliermondii* H-P-4, *P. guilliermondii* 916, *P. inositovora* VKM Y-2494, *Saccharomyces cerevisiae* VKM Y-381, *Torulopsis candida* 127, *T. candida* 420, *Yarrowia lipolytica* 12a, *Y. lipolytica* VKM Y-47, *Y. lipolytica* 69, *Y. lipolytica* VKM Y-57, *Y. lipolytica* 212, *Y. lipolytica* 374/4, *Y. lipolytica* 585, *Y. lipolytica* 695, *Y. lipolytica* 704, e misturas desses organismos.

[168] Muitas de tais cepas microbianas estão publicamente disponíveis, ou comercialmente ou através de depositários, tais como o ATCC (American Type Culture Collection, Manassas, Virgínia, EUA), o NRRL (Agricultural Research Sevice Culture Collection, Peoria, Illinois, EUA) ou o DSMZ (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und

Zellkulturen GmbH, Braunschweig, Alemanha), para citar alguns.

[169] Leveduras comercialmente disponíveis incluem, por exemplo, RED STAR®/Lesaffre Ethanol Red (disponível a partir de RedStar/Lesaffre, EUA), FALI® (disponível a partir de Fleischmann's Yeast, uma divisão da Burns Philip Food Inc.,EUA), SUPERSTART® (disponível a partir de Alltech, agora Lalemand), GERT STRAND® (disponível a partir de Gert Strand AB, Suécia) e FERMOL® (disponível a partir de DSM Specialties)

DESTILAÇÃO

[170] Após a fermentação, os fluidos resultantes podem ser destilados usando, por exemplo, uma "coluna de cerveja" para separar etanol e outros álcoois da maioria de água e resíduos sólidos. O vapor saindo da coluna de cerveja pode ser, por exemplo, 35% em peso de etanol e pode ser alimentado a uma coluna de retificação. Uma mistura de etanol quase azeotrópico (92,5%) e água da coluna de retificação pode ser purificada para etanol puro (99,5%) usando peneiras moleculares de fase de vapor. Os fundos da coluna de cerveja podem ser enviados para o primeiro efeito de um evaporador de três efeitos. O condensador de refluxo de coluna de retificação pode prover calor para este primeiro efeito. Após o primeiro efeito, os sólidos podem ser separados usando uma centrífuga e secos em um secador rotativo. Uma porção (25%) do efluente de centrífuga pode ser reciclada para fermentação e o resto enviado para os segundo e terceiro efeitos do evaporador. A maior parte do condensado de evaporador pode ser retornado ao processo como condensado razoavelmente limpo com uma pequena porção separada para tratamento de água residual para impedir a acumulação de compostos de baixo ponto de ebulição.

MATERIAIS CONTENDO HIDROCARBONETO

[171] Em outras modalidades utilizando os métodos e sistemas descritos neste documento, materiais contendo hidrocarbonetos podem ser processados. Qualquer processo descrito neste documento pode ser usado para tratar qualquer material contendo hidrocarboneto descrito neste

documento. "Materiais contendo hidrocarbonetos", conforme usado neste documento, deve incluir areias petrolíferas, xisto betuminoso, areias asfálticas, pó de carvão, pasta de carvão, betume, vários tipos de carvão e outros materiais ocorrendo naturalmente e sintéticos que incluem tanto componentes de hidrocarboneto quanto matéria sólida. A matéria sólida pode incluir madeira, rocha, areia, argila, pedra, limo, lama de perfuração, ou demais materiais sólidos orgânicos ou inorgânicos. O termo também pode incluir produtos residuais, tais como resíduos e subprodutos de perfuração, resíduos e subprodutos de refinaria ou outros resíduos e subprodutos contendo componentes de hidrocarboneto, tais como telha e laje de asfalto, pavimentos de asfalto, etc.

[172] Em outras modalidades utilizando os métodos e sistemas descritos neste documento, madeira e produtos contendo madeira podem ser processados. Por exemplo, produtos de madeira serrada podem ser processados, por exemplo, placas, folhas, laminados, vigas, placas de partículas, compósitos, madeira de corte áspero, madeira macia e madeira dura. Além das árvores cortadas, arbustos, lascas de madeira, serragem, raízes, tronco, tocos, madeira decomposta e outro material de biomassa contendo madeira podem ser processados.

SISTEMAS DE TRANSPORTE

[173] Vários sistemas de transporte podem ser usados para transportar o material de biomassa, por exemplo, conforme discutido, para uma cavidade, e sob um feixe de elétrons em uma cavidade. Transportadores exemplares são os transportadores de correia, transportadores pneumáticos, roscas transportadoras, carrinhos, trens, trens ou carrinhos sobre trilhos, elevadores, carregadores frontais, retroescavadeiras, guindastes, vários raspadores e pás, caminhões e dispositivos de arremesso podem ser usados. Por exemplo, transportadores vibratórios podem ser usados em vários processos descritos neste documento. Os transportadores vibratórios são descritos em

PCT/US2013/64289 depositado em 10 de outubro de 2013, cuja divulgação completa é incorporada por referência neste documento.

[174] Os transportadores vibratórios são particularmente úteis para distribuir o material e produzir uma camada uniforme no transportador através da superfície. Por exemplo, o insumo inicial pode formar uma pilha de material que pode ser de pelo menos quatro pés de altura (por exemplo, pelo menos cerca de 3 pés, pelo menos cerca de 2 pés, pelo menos cerca de 1 pé, pelo menos cerca de 6 polegadas, pelo menos cerca de 5 polegadas, pelo menos cerca de 4 polegadas, pelo menos cerca de 3 polegadas, pelo menos cerca de 2 polegadas, pelo menos cerca de 1 polegada, pelo menos cerca de ½ polegada) e se estende por menos da largura do transportador (por exemplo, menor do que cerca de 10%, menor do que cerca de 20%, menor do que cerca de 30%, menor do que cerca de 40%, menor do que cerca de 50%, menor do que cerca de 60%, menor do que cerca de 70%, menor do que cerca de 80%, menor do que cerca de 90%, menor do que cerca de 95%, menor do que cerca de 99%). O transportador vibratório pode distribuir o material para estender toda a largura da calha transportadora e ter uma espessura uniforme, preferencialmente conforme discutido acima. Em alguns casos, um método de distribuição adicional pode ser útil. Por exemplo, um distribuidor, tal como um distribuidor de difusão, distribuidor de gota (por exemplo, um CHRISTY SPREADER™) ou combinações destes podem ser usados para gotejar (por exemplo, colocar, despejar, derramar e/ou polvilhar) o insumo ao longo de uma vasta área. Opcionalmente, o distribuidor pode entregar a biomassa como uma ampla ducha ou cortina em um transportador vibratório. Adicionalmente, um segundo transportador, a montante do primeiro transportador (por exemplo, o primeiro transportador é usado na irradiação do insumo), pode derramar biomassa sobre o primeiro transportador, onde o segundo transportador pode ter uma largura transversal à direção do transportador menor do que o primeiro

transportador. Em particular, quando o segundo transportador é um transportador vibratório, o insumo é distribuído pela ação do segundo e primeiro transportador. Em algumas modalidades opcionais, o segundo transportador termina em uma descarga de corte transversal (por exemplo, um viés de corte com uma razão de 4:1), de modo que o material pode ser derramado como uma cortina ampla (por exemplo, mais ampla do que a largura do segundo transportador) sobre o primeiro transportador. A área de queda inicial da biomassa pelo distribuidor (por exemplo, distribuidor de difusão, distribuidor de gota, transportador, ou transportador vibratório de corte transversal) pode se estender ao longo de toda a largura do primeiro transportador vibratório ou pode se estender por parte desta largura. Uma vez derramado sobre o transportador, o material é distribuído ainda mais uniformemente pelas vibrações do transportador de modo que, preferencialmente, toda a largura do transportador seja coberta com uma camada uniforme de biomassa. Em algumas modalidades, combinações de distribuidores podem ser usadas. Alguns métodos para distribuir o insumo são descritos na Patente U.S. Nº 7.153.533, depositada em 23 de julho de 2002 e publicada em 26 de dezembro de 2006, cuja inteira divulgação é incorporada neste documento por referência.

[175] Em geral, é preferencial transportar o material o mais rapidamente possível através de um feixe de elétron para maximizar a vazão. Por exemplo, o material pode ser transportado em taxas de pelo menos 1 ft/min, por exemplo, pelo menos 2 ft/min, pelo menos 3 ft/min, pelo menos 4 ft/min, pelo menos 5 ft/min, pelo menos 10 ft/min, pelo menos 15 ft/min, pelo menos 20 ft/min, pelo menos 25 ft/min, pelo menos 30 ft/min, pelo menos 40 ft/min, pelo menos 50 ft/min, pelo menos 60 ft/min, pelo menos 70 ft/min, pelo menos 80 ft/min, pelo menos 90 ft/min. A taxa do transporte é relacionada à corrente de feixe e a dose de irradiação alvo, por exemplo, para uma espessura de biomassa de ¼ de polegada distribuída ao longo de um transportador com uma largura de 5.5 pés e 100 mA, o

transportador pode se mover em cerca de 20 ft/min para prover uma dosagem de irradiação útil (por exemplo, cerca de 10 Mrad para uma única passagem), em 50 Ma o transportador pode se mover em cerca de 10 ft/min para prover aproximadamente a mesma dosagem de irradiação.

[176] A taxa no qual o material pode ser transportado depende do formato e da massa do material sendo transportado e o tratamento desejado. Os materiais de fluxo, por exemplo, materiais em partículas, são particularmente responsáveis para transportar com transportadores vibratórios. As velocidades de transporte podem ser, por exemplo, pelo menos 100 lb/h (por exemplo, pelo menos 500 lb/h, pelo menos 1000 lb/h, pelo menos 2000 lb/h, pelo menos 3000 lb/h, pelo menos 4000 lb/h, pelo menos 5000 lb/h, pelo menos 10,000 lb/h, pelo menos 15,000 lb/h ou até mesmo pelo menos 25,000 lb/h). Algumas velocidades de transporte típicas podem ser entre cerca de 1000 e 10,000 lb/h, (por exemplo, entre cerca de 1000 lb/h e 8000 lb/h, entre cerca de 2000 e 7000 lb/h, entre cerca de 2000 e 6000 lb/h, entre cerca de 2000 e 5000 lb/h, entre cerca de 2000 e 4500 lb/h, entre cerca de 1500 e 5000 lb/h, entre cerca de 3000 e 7000 lb/h, entre cerca de 3000 e 6000 lb/h, entre cerca de 4000 e 6000 lb/h e entre cerca de 4000 e 5000 lb/h). Velocidades de transporte típicas dependem da densidade do material. Por exemplo, para uma biomassa com uma densidade de cerca de 35 lb/ft3, e uma velocidade de transporte de cerca de 5000 lb/h, o material é transportado em uma taxa de cerca de 143 ft3/h, se o material tiver ¼" de espessura e estiver em uma calha com 5,5 ft de largura, o material é transportado em uma taxa de cerca de 1250 ft/hr (cerca de 21 ft/min). Taxas de transporte de material podem, portanto, variar muito. Preferencialmente, por exemplo, camada de biomassa com ¼" de espessura é transportada em uma velocidade entre cerca de 5 e 100 ft/min (por exemplo, entre cerca de 5 e 100 ft/min, entre cerca de 6 e 100 ft/min, entre cerca de 7 e 100 ft/min, entre cerca de 8 e 100 ft/min, entre cerca de 9 e 100 ft/min, entre cerca de 10 e 100 ft/min, entre cerca de 11 e

100 ft/min, entre cerca de 12 e 100 ft/min, entre cerca de 13 e 100 ft/min, entre cerca de 14 e 100 ft/min, entre cerca de 15 e 100 ft/min, entre cerca de 20 e 100 ft/min, entre cerca de 30 e 100 ft/min, entre cerca de 40 a 100 ft/min, entre cerca de 2 e 60 ft/min, entre cerca de 3 e 60 ft/min, entre cerca de 5 e 60 ft/min, entre cerca de 6 e 60 ft/min, entre cerca de 7 e 60 ft/min, entre cerca de 8 e 60 ft/min, entre cerca de 9 e 60 ft/min, entre cerca de 10 e 60 ft/min, entre cerca de 15 e 60 ft/min, entre cerca de 20 e 60 ft/min, entre cerca de 30 e 60 ft/min, entre cerca de 40 e 60 ft/min, entre cerca de 2 e 50 ft/min, entre cerca de 3 e 50 ft/min, entre cerca de 5 e 50 ft/min, entre cerca de 6 e 50 ft/min, entre cerca de 7 e 50 ft/min, entre cerca de 8 e 50 ft/min, entre cerca de 9 e 50 ft/min, entre cerca de 10 e 50 ft/min, entre cerca de 15 e 50 ft/min, entre cerca de 20 e 50 ft/min, entre cerca de 30 e 50 ft/min, entre cerca de 40 e 50 ft/min). É preferencial que o material seja transportado em uma taxa constante, por exemplo, para ajudar a manter uma irradiação constante do material conforme passa sob o feixe de elétrons (por exemplo, ducha, campo).

[177] Os transportadores vibratórios descritos podem incluir telas usadas para a peneiração e classificação de materiais. As aberturas de porta na lateral ou no fundo das calhas podem ser usadas para classificação, seleção ou remoção de materiais específicos, por exemplo, por tamanho ou formato. Alguns transportadores têm contrapesos para reduzir as forças dinâmicas na estrutura de suporte. Alguns transportadores vibratórios são configurados como elevadores espirais, são projetados para se curvar em torno de superfícies e/ou são projetados para derramar um material a partir de um transportador para outro (por exemplo, em um degrau, cascata ou série de degraus ou uma escada). Juntamente com os materiais transportados, transportadores podem ser usados sozinhos ou acoplados com outros equipamentos ou sistemas, para triar, separar, classificar, distribuir, dimensionar, inspecionar, coletar, remover metal, congelar, mesclar, misturar, orientar, aquecer, cozinhar, secar, desidratar,

limpar, lavar, lixiviar, extinguir, revestir, remover poeira e/ou alimentar. Os transportadores também podem incluir capas (por exemplo, capas a prova de poeira), comportas de descarga lateral, revestimentos especiais (por exemplo, antiaderentes, aço inoxidável, borracha, aço customizado e/ou em sulco), calhas divididas, tanques de extinção, telas, pratos perfurados, detectores (por exemplo, detectores de metal), projetos de altas temperaturas, projetos de grau alimentício, aquecedores, secadores e/ou refrigeradores. Além disso, a calha pode ter vários formatos, por exemplo, de fundo plano, de fundo em forma de v, topo com flange, fundo curvado, plano com cristas em qualquer direção, tubular, meio tubo, coberto ou quaisquer combinações destes. Em particular, os transportadores podem ser acoplados com sistemas de irradiação e/ou equipamento.

[178] Os transportadores (por exemplo, transportador vibratório) podem ser feitos de materiais resistentes à corrosão. Os transportadores podem utilizar materiais estruturais que incluem aço inoxidável (por exemplo, aço inoxidável 304, 316, LIGAS HASTELLOY® e Ligas INCONEL®). Por exemplo, ligas Resistentes à Corrosão HASTELLOY ® a partir de Hynes (Kokomo, Indiana, EUA), tais como LIGA HASTELLOY® B-3® , LIGA HASTELLOY® HYBRID-BC1®, LIGA HASTELLOY® C-4®, LIGA HASTELLOY® C-22®, LIGA HASTELLOY® C-22HS®, LIGA HASTELLOY® C-276®, LIGA HASTELLOY® C-2000®, LIGA HASTELLOY® G-30®, LIGA HASTELLOY® G-35®, LIGA HASTELLOY® N e LIGA HASTELLOY® ULTIMET®.

[179] Os transportadores vibratórios podem incluir revestimentos de liberação antiaderente, por exemplo, TUFFLON™ (Dupont, Delaware, EUA). Os transportadores vibratórios podem incluir revestimentos resistentes à corrosão. Por exemplo, revestimentos podem ser fornecidos a partir de Metal Coatings Corp (Houston, Texas, EUA) e outros, tais como Fluoropolymer, XYLAN®, Bissulfeto de Molibdênio, Epóxi Fenólico, revestimento metálico de fosfato ferroso, acabamento de Poliuretano de

alto brilho para epóxi, zinco inorgânico, Politetrafluoretileno, PPS/RYTON®, etilenopropileno fluorinatado, PVDF/DYKOR®, ECTFE/HALAR® e Revestimento de Epóxi Cerâmico. Os revestimentos podem melhorar a resistência aos gases de processo (por exemplo, ozônio), corrosão química, corrosão alveolar, corrosão por escoriação e oxidação.

[180] Opcionalmente, além dos sistemas de transporte descritos neste documento, um ou mais outros sistemas de transporte podem ser envoltos. Ao usar um compartimento, o transportador envolto também pode ser expurgado com um gás inerte de modo a manter uma atmosfera a um nível de oxigênio reduzido. Manter os níveis de oxigênio baixos evita a formação de ozônio que, em alguns casos, é indesejável devido à sua natureza reativa e tóxica. Por exemplo, o oxigênio pode ser menos do que cerca de 20% (por exemplo, menos do que cerca de 10%, menos do que cerca de 1%, menos do que cerca de 0,1%, menos do que cerca de 0,01%, ou até mesmo menos do que cerca de 0,001% de oxigênio). Expurgar pode ser feita com um gás inerte incluindo, mas não limitado a nitrogênio, argônio, hélio ou dióxido de carbono. Isto pode ser fornecido, por exemplo, a partir de uma fervura de uma fonte líquida (por exemplo, nitrogênio líquido ou hélio), gerado ou separado do ar in situ ou fornecido a partir de tanques. O gás inerte pode ser recirculado e qualquer oxigênio residual pode ser removido usando um catalisador, tal como um leito de catalisador de cobre. Alternativamente, combinações de expurga, recirculação e remoção de oxigênio podem ser feitas para manter os níveis de oxigênio baixos.

[181] O transportador envolto também pode ser purgado com um gás reativo que pode reagir com a biomassa. Isto pode ser feito antes, durante ou após o processo de irradiação. O gás reativo pode ser, mas não se limita a óxido nitroso, amônia, oxigênio, ozônio, hidrocarbonetos, compostos aromáticos, amidas, peróxidos, azidas, haletos, oxihalogenetos, fosfetos, fosfinas, arsinas, sulfetos, tióis, boranos e/ou hidretos. O gás reativo pode ser ativado no compartimento, por exemplo, por irradiação (por exemplo,

feixe de elétrons, irradiação UV, irradiação de micro-ondas, aquecimento, radiação de IR), de modo que reaja com a biomassa. A própria biomassa pode ser ativada, por exemplo, por irradiação. Preferencialmente, a biomassa é ativada pelo feixe de elétrons, para produzir radicais que então reagem com o gás reativo ativado ou desativado, por exemplo, por acoplamento ou extinção de radical.

[182] Gases expurgados fornecidos para um transportador envolto também podem ser refrigerados, por exemplo, abaixo de cerca de 25°C, abaixo de cerca de 0 °C, abaixo de cerca de -40 °C, abaixo de cerca de -80 °C, abaixo de cerca de -120 °C. Por exemplo, o gás pode ser evaporado de um gás comprimido, tal como nitrogênio líquido ou sublimado de dióxido de carbono sólido. Como um exemplo alternativo, o gás pode ser refrigerado por uma máquina resfriadora ou parte ou todo o transportador pode ser refrigerado.

OUTRAS MODALIDADES

[183] Quaisquer materiais, processos ou materiais processados abordados neste documento podem ser usados na produção de produtos e/ou intermediários tais como compósitos, enchimentos, aglutinantes, aditivos plásticos, adsorventes e agentes de liberação controlada. Os métodos podem incluir densificação, por exemplo, ao se aplicar pressão e calor aos materiais. Por exemplo, compósitos podem ser feitos ao se combinar materiais fibrosos com uma resina ou polímero. Por exemplo, uma resina de radiação suscetível a ligação cruzada, por exemplo, uma resina termoplástica pode ser combinada com material fibroso para fornecer uma combinação material fibroso/resina suscetível a ligação cruzada. Tais materiais podem ser, por exemplo, úteis como materiais de construção, folhas protetoras, recipientes e demais materiais estruturais (por exemplo, produtos moldados e/ou extrudados). Absorventes podem ser, por exemplo, na forma de pastilhas, lascas, fibras e/ou folhas. Adsorventes podem ser usados, por exemplo, como camas para animais de estimação, materiais de

embalagem ou em sistemas de controle de poluição. As matrizes de liberação controlada também podem ser a forma de, por exemplo, pastilhas, lascas, fibras ou folhas. As matrizes de liberação controlada podem, por exemplo, ser usadas para liberar medicamento, biocidas e fragrâncias. Por exemplo, compósitos, absorventes e agentes de controle de liberação e seus usos são descritos no Nº de Série Internacional PCT/US 2006/010648, depositado em 23 de março de 2006 e N° de Patente U.S. 8.074.910 depositado em 22 de novembro de 2011, as totalidades das quais são incorporadas neste documento à guisa de referência.

[184] Em alguns casos, que o material de biomassa é tratado em um primeiro nível para reduzir a recalcitrância, por exemplo, utilizando elétrons acelerados, para liberar seletivamente um ou mais açúcares (por exemplo, xilose). A biomassa pode então ser tratada a um segundo nível para liberar um ou mais outros açúcares (por exemplo, glucose). Opcionalmente a biomassa pode ser secada entre tratamentos. Os tratamentos podem incluir aplicar tratamentos químicos e bioquímicos para liberar os açúcares. Por exemplo, um material de biomassa pode ser tratado a um nível de menos do que aproximadamente 20 Mrad (por exemplo, menos do que aproximadamente 15 Mrad, menos do que aproximadamente 10 Mrad, menos do que aproximadamente 5 Mrad, menos do que aproximadamente 2 Mrad) e então tratado com uma solução do ácido sulfúrico, contendo menos de 10 % de ácido sulfúrico (por exemplo, menos do que aproximadamente 9%, menos do que aproximadamente 8%, menos do que aproximadamente 7%, menos do que aproximadamente 6%, menos do que aproximadamente 5%, menos do que aproximadamente 4%, menos do que aproximadamente 3%, menos do que aproximadamente 2%, menos do que aproximadamente 1%, menos do que aproximadamente 0.75%, menos do que aproximadamente 0.50%, menos do que aproximadamente 0.25%) para liberar a xilose. A xilose, por exemplo, que é liberada em solução, pode ser separada dos sólidos e, opcionalmente, os sólidos podem ser

lavados com algum solvente/solução (por exemplo, com água e/ou água acidificada). Opcionalmente, os Sólidos podem ser secados, por exemplo, no ar e/ou sob condições de vácuo opcionalmente com aquecimento (por exemplo, abaixo de cerca de 150 °C, abaixo de cerca de 120 °C) a um índice de água abaixo de cerca de 25% em peso (abaixo de cerca de 20% em peso, abaixo de cerca de 15% em peso, abaixo de cerca de 10% em peso, abaixo de cerca de 5% em peso). Os sólidos podem então ser tratados com um nível de menos do que cerca de 30 Mrad (por exemplo, menos do que cerca de 25 Mrad, menos do que cerca de 20 Mrad, menos do que cerca de 15 Mrad, menos do que cerca de 10 Mrad, menos do que cerca de 5 Mrad, menos do que cerca de 1 Mrad ou mesmo nenhum) e então ser tratados com uma enzima (por exemplo, uma celulase) para liberar a glucose. A glicose (por exemplo, glicose em solução) pode ser separada dos sólidos restantes. Os sólidos podem então ser mais processados, por exemplo, utilizados para fazer energia ou os outros produtos (por exemplo, produtos derivados de lignina).

SABORES, FRAGRÂNCIAS E CORANTES

[185] Qualquer um dos produtos e/ou os intermediários descritos neste documento, por exemplo, produzido pelos processos, sistemas e/ou equipamento descritos neste documento, pode ser combinado com sabores, fragrâncias, corantes e/ou a misturas destes. Por exemplo, qualquer um ou mais (opcionalmente junto com sabores, fragrâncias e/ou corantes) dos açúcares, ácidos orgânicos, combustíveis, polióis, tais como álcoois de açúcar, biomassa, fibras e compostos, podem ser combinados com (por exemplo, formulado, misturado ou reagido) ou usados na fabricação de outros produtos. Por exemplo, um ou mais de tais produtos podem ser usados na produção de sabões, detergentes, doces, bebidas (por exemplo, cola, vinho, cerveja, bebidas alcoólicas tais como o gim ou a vodca, bebidas para esportistas, cafés, chás), xaropes, fármacos, adesivos, lençóis (por exemplo, tecidos, não tecidos, filtros, lenços) e/ou compósitos

(por exemplo, placas). Por exemplo, um ou mais de tais produtos podem ser combinados com ervas, flores, pétalas, temperos, vitaminas, sachês aromáticos ou velas. Por exemplo, as combinações formuladas, misturadas ou reagidas podem ter sabores/fragrâncias de toranja, laranja, maçã, framboesa, banana, alface, aipo, canela, chocolate, baunilha, hortelã, menta, cebola, alho, pimenta, açafrão, gengibre, leite, vinho, cerveja, chá, carnes magras, peixe, mariscos, azeite de oliva, gordura de coco, gordura de porco, gordura de manteiga, caldo de carne, legumes, batatas, marmelada, presunto, café e queijos.

[186] Os sabores, fragrâncias e corantes podem ser adicionados em qualquer quantidade, como entre cerca de 0,001 % em peso a cerca de 30% em peso, por exemplo, entre cerca de 0,01 a cerca de 20, entre cerca de 0,05 a cerca de 10 em peso, ou entre cerca de 0.1 % em peso a cerca de 5% em peso. Estes podem ser formulados, misturados e ou reagidos (por exemplo, com qualquer produto ou intermediário aqui descrito, ou mais) por todos os meios e em qualquer ordem ou sequência (por exemplo, agitado, misturado, emulsionado, gelificado, infundido, aquecido, sonicado, e/ou suspendido). Preenchedores, aglutinantes, emulsionantes, antioxidantes podem também ser utilizados, por exemplo, géis de proteína, gomas e silicone.

[187] Em uma modalidade, os sabores, fragrâncias e corantes podem ser adicionados à biomassa imediatamente após a biomassa ser irradiada, de tal modo que os locais reativos criados pela irradiação podem reagir com locais reativos compatíveis dos sabores, fragrâncias e corantes.

[188] Os sabores, fragrâncias e corantes podem ser materiais naturais e/ou sintéticos. Estes materiais podem ser um ou mais de um composto, composição ou misturas destes (por exemplo, uma composição natural ou formulada de diversos compostos). Opcionalmente os sabores, as fragrâncias, os antioxidantes e corantes podem ser derivados biologicamente, por exemplo, de um processo de fermentação (por

exemplo, fermentação de materiais sacarificados tais como descritos aqui). Alternativamente, ou adicionalmente, estes sabores, fragrâncias e corantes podem ser colhidos de um organismo inteiro (por exemplo, planta, fungo, animal, bactéria ou levedura) ou de uma parte de um organismo. O organismo pode ser coletado e ou extraído para fornecer cor, sabores, fragrâncias e/ou antioxidantes por qualquer meio incluindo a utilização dos métodos, sistemas e equipamento aqui descritos, a extração de água quente, extração por fluido supercrítico, extração química (por exemplo, extração solvente ou reativa incluindo ácidos e bases), extração mecânica (por exemplo, pressão, cominuição, filtragem), utilizando uma enzima, utilizando uma bactéria de modo a decompor uma matéria-prima, e combinações destes métodos. Os compostos podem ser derivados por uma reação química, por exemplo, a combinação de um açúcar (por exemplo, tal como produzido e descrito aqui) com um amino-ácido (reação de Maillard). O sabor, a fragrância, o antioxidante e/ou o corante pode ser um intermediário e ou produto produzido pelos métodos, equipamento ou sistemas descritos neste documento, por exemplo, um éster e um produto derivado de lignina.

[189] Alguns exemplos de sabor, fragrâncias e corantes são polifenóis. Polifenóis são pigmentos responsáveis por corantes vermelhos, roxos e azuis de muitas frutas, vegetais, grãos de cereal e flores. Polifenóis também podem ter propriedades antioxidantes e frequentemente têm um gosto amargo. As propriedades antioxidantes tornam estes conservantes importantes. Na classe dos polifenóis estão os flavonoides, tais como antocianinas, flavanonois, flavan-3-óis, s, flavanonas e flavanonois. Outros compostos fenólicos que podem ser usados incluem ácidos fenólicos e seus ésteres, tal como o ácido clorogênico e taninos poliméricos.

[190] Entre os compostos colorantes inorgânicos, podem ser usados compostos orgânicos e minerais, por exemplo, dióxido de titânio, óxido de zinco, óxido de alumínio, amarelo de cádmio (por exemplo, CdS), laranja de

cádmio (por exemplo, CD com algum SE), vermelho de alizarina (por exemplo, rose madder sintética ou não-sintética), azul-ultramarino (por exemplo, azul-ultramarino sintético, azul-ultramarino natural, violeta-ultramarina sintética), azul de cobalto, amarelo de cobalto, verde de cobalto, viridiana (por exemplo, óxido de cromo (III) hidratado), calcofilita, conicalcita, cornubita, cornwallita e liroconita. Pigmentos pretos, tais como negro de carbono e negros de auto dispersos podem ser usados.

[191] Alguns sabores e fragrâncias que podem ser utilizados incluem ACALEA TBHQ, ACET C-6, ALIL AMIL GLICOLATO, ALFA TERPINEOL, AMBRETOLIDA, AMBRINOL 95, ANDRANE, AFERMATO, APPLELIDA, BACDANOL®, BERGAMAL, ÉPOXIDO DE BETA-IONONA, ÉTER ISOBUTÍLICO DE BETA NAFTIL, BICICLONONALACTONA, BORNAFIX®, CANTHOXAL, CASHMERAN®, CASHMERAN® VELVET, CASSIFFIX®, CEDRAFIX, CEDRAMBER®, ACETATO DE CEDRIL, CELESTOLIDE, CINNAMALVA, ACETATO DE DIMETIL CITRAL, CITROLATE™, CITRONELLOL 700, CITRONELLOL 950, CITRONELLOL COEUR, ACETATO DE CITRONELIL, ACETATO DE CITRONELIL PURO, FORMATO DE CITRONELIL, CLARYCET, CLONAL, CONIFERAN, CONIFERAN PURO, CORTEX DE ALDEÍDO A 50% DE PEOMOSA, CYCLABUTE, CYCLACET®, CYCLAPROP®, CYCLEMAX™, ACETATO DE CICLOHEXIL ETIL, DAMASCOL, DELTA DAMASCONE, CICLACETO DIIDRO, MIRCENOL DIIDRO, TERPINEOL DIIDRO, ACETATO DE TERPINIL DIIDRO, DIMETIL CICLORMOL, DIMETIL OCTANOL PQ, DIMIRCETOL, DIOLA, DIPENTENO, DULCINYL® RECRISTALIZADO, GLICIDATO DE ETIL-3-FENIL, FLEURAMONA, FLEURANIL, SUPER FLORAL, FLORALOZONE, FLORIFFOL, FRAISTONE, FRUCTONA, GALAXOLIDE® 50, GALAXOLIDE® 50 BB, GALAXOLIDE® 50 IPM, GALAXOLIDE® NÃO DILUÍDO, GALBASCONA, GERALDEÍDO, GERANIOL 5020, GERANIOL TIPO 600, GERANIOL 950, GERANIOL 980 (PURO), GERANIOL CFT COEUR , GERANIOL COEUR, ACETATO DE

GERANIL COEUR, ACETATO DE GERANIL PURO, FORMATO DE GERANIL, GRISALVA, ACETATO DE GUAÍL , HELIONAL™, HERBAC, HERBALIME™, HEXADECANOLIDA, HEXALON, HEXENIL SALICILATO CIS-3, CORPO DE JACINTO, CORPO DE JACINTO Nº. 3, DMA DE ALDEÍDO HIDRATRÓPICO, HIDROXIL,INDOLAROME, ALDEÍDO INTRELEVEN, ALDÉÍDO INTRELEVEN ESPECIAL, ALFA IONONA, BETA IONONA, ISOCICLO CITRAL, ISOCICLO GERANIOL, ISO E SUPER®, ISOBUTIL QUINOLINA, JASMAL,, JESSEMAL®,KHARISMAL®, KHARISMAL® SUPER, KHUSINIL, KOAVONE®,KOHINOOL®, LIFFAROME™, LIMOXAL, LINDENOL™,LYRAL®, LYRAME SUPER, ALDEÍDO MANDARIN 10% TRI ETH, CITR, MARITIMA, MCK CHINÊS, MEIJIFF™, MELAFLEUR,MELOZONE, METIL ANTRANILATO, METIL IONONEALFA EXTRA, METIL IONONA GAMMA A, METILIONONA GAMMA COEUR, METILIONONA GAMMA PURO,METIL LAVANDA CETONA, MONTAVERDI®, MUGUESIA, ALDEÍDO DE MUGUET 50, ALMÍSCAR Z4, ALDEÍDO MYRAC, ACETATO DE MIRCENIL, NECTARATE™, NEROL 900, NERILACETATO, OCIMENE, OCTACETAL, ÉTER DE FLOR DE LARANJA, ORIVONA, ORRINIFF 25%, OXASPIRANE, OZOFLEUR, PAMPLEFLEUR®, PEOMOSA, PHENOXANOL®, PICONIA, PRECYCLEMONE B, ACETATO DE PRENIL ,PRISMANTOL, CORPO DE RESEDÁ, ROSALVA, ALMÍSCAR ROSA, SANJINOL, SANTALIFF™, SYVERTAL, TERPINEOL, TERPINOLENO 20, TERPINOLENO 90 PQ, TERPINOLENO RECT., ACETATO DE TERPINIL, TERPINILACETATO JAX, TETRAÍDRO, MUGUOL®, TETRAÍDRO MIRCENOL, TETRAMERAN, TIMBERSILK™, TOBACAROL,TRIMOFIX® O TT, TRIPLAL®, TRISAMBER®, VANORIS,VERDOX™, VERDOX™ HC, VERTENEX®, VERTENEX® HC,VERTOFIX® COEUR, VERTOLIFF, VERTOLIFF ISO, VIOLIFF,VIVALDIE, ZENOLIDA, ABS INDIA 75 PCT MIGLYOL, ABS MOROCCO 50 PCT DPG, ABS MOROCCO 50 PCT TEC, ABSOLUTO FRENCH, ABSOLUTO INDIA, ABSOLUTO MD 50PCT BB, ABSOLUTO

MARROCOS, CONCENTRADO PG, TINTURA 20 PCT, AMBERGRIS, ABSOLUTO DE AMBARETE, ÓLEO DE SEMENTE DE AMBERETE, ÓLEO DE ARTEMÍSIA 70 PCT TUIONA, ABSOLUTO DE MAJERICÃO GRAND VERT, ABS DE MANJERICÃO GRAND VERT MD, ÓLEO DE MANJERICÃO GRAND VERT, ÓLEO DE MANJERICÃO VERVEÍNA, ÓLEO DE MANJERICÃO VIETNAMITA, ÓLEO DE BAY DESTERPENIZADO, ABS DE CERA DE ABELHA N G, ABSOLUTO DE CERA DE ABELHA, RESINÓIDE DE BENZOÍNA SIÃO, RESINÓIDE DE BENZOÍNA SIÃO 50 PCT DPG, RESINÓIDE DE BENZOÍNA SIÃO 50PCT PG, RESINÓIDE DE BENZOÍNA SIÃO 70.5 PCT TEC, ABS BOTÃO DE GROSELHA NEGRA 65 PCT PG, ABS BOTÃO DE GROSELHA NEGRA MD 37 PCT TEC, ABS DE BOTÃO DE GROSELHA NEGRA MIGLYOL, ABSOLUTO DE BOTÃO DE GROSELHA NEGRA BORGONHA, ÓLEO BOIS DE ROSE, ABSOLUTO BRAN, RESINÓIDE BRAN, ABSOLUTO BROOM ITALIANO, CO2EXTRATO DE CARDAMOMO GUATEMALTECO, ÓLEO DE CARDAMOMO GUATEMALTECO, ÓLEO DE CARDAMOMO INDIANO, CORAÇÃO DE CENOURA, ABSOLUTO DE ACÁCIA EGÍPCIA, ABSOLUTO DE ACÁCIA MD 50 PCT IPM, ABS DE CASTOREUM 90 PCT TEC, ABS CASTOREUM C 50 PCT MIGLYOL, ABSOLUTO DE CASTOREUM, RESINÓIDE DE CASTOREUM, RESINÓIDE DE CASTOREUM 50 PCT DPG, CEDROL, CEDRENO, ÓLEO DE CEDRO-DO-ATLAS REDIST, ÓLEO DE CAMOMILA ROMANA, ÓLEO DE CAMOMILA SELVAGEM, ÓLEO DE CAMOMILA SELVAGEM COM BAIXO LIMONENO, ÓLEO DE CASCA DE CANELA DO CEILÃO, ABSOLUTO CISTE, ABSOLUTO CISTE INCOLOR, ÓLEO DE CITRONELA. ASIÁTICA SEM FERRO, ABS CIVET 75 PCT PG, ABSOLUTO DE CIVET, TINTURA DE CIVET 10 PCT, ABS DE SALVIA ESCLAREIA FRANCESA DECOL, ABSOLUTO DE SALVIA ESCLAREIA FRANCESA, SALVIA ESCLAREIA INCOLOR 50 PCT PG, ÓLEO DE SALVIA ESCLAREIA FRANCESA, BÁLSAMO DE COPAÍBA, ÓLEO DE BÁLSAMO DE COPAÍBA, ÓLEO DE

SEMENTE DE COENTRO, ÓLEO DE CIPRESTE, ÓLEO DE CIPRESTE ORGÂNICO, ÓLEO DE DAVANA, GALBANOL, ABSOLUTO DE GÁLBANO INCOLOR, ÓLEO DE GÁLBANO, RESINÓIDE DE GÁLBANO, RESINÓIDE DE GÁLBANO 50 PCT DPG, RESINÓIDE DE GÁLBANO HERCOLINBHT, RESINÓIDE DE GÁLBANO TEC BHT, ABSOLUTO DE GENCIANA MD 20 PCT BB, GENCIANA CONCRETA, ABS DE GERÂNIO EGÍPCIO MD, ABSOLUTO DE GERÂNIO EGÍPCIO, ÓLEO DE GERÂNIO CHINÊS, ÓLEO DE GERÂNIO EGÍPCIO, ÓLEO DE GENGIBRE 624, ÓLEO DE GENGIBRE RETIFICADO SOLÚVEL, CORAÇÃO DE MADEIRA DE GUÁIACO, ABSOLUTO DE FENO MD 50 PCT BB, ABSOLUTO DE FENO, ABSOLUTO DE FENO MD 50 PCTTEC, PALO SANTO, ÓLEO DE HISSOPO ORGÂNICO, ABS DE IMMORTELLE YUGO MD 50 PCT TEC, ABSOLUTO DE IMMORTELLE ESPANHA, ABSOLUTO DE IMMORTELLE YUGO, ABS JASMIM INDIANO MD, ABSOLUTO DE JASMIM EGÍPCIO, ABSOLUTO DE JASMIM INDIANO, ABSOLUTO DE JASMIM MARROQUINO, ABSOLUTO DE JASMIM AMBAC, ABS JUNQUILHO MD 20 PCT BB, ABSOLUTO DE JUNQUILHO FRANCÊS, ÓLEO DE BAGA DE ZIMBRO FLG, ÓLEO DE BAGA DE ZIMBRO RETIFICADO SOLÚVEL, RESINÓIDE DE LÁBDANO 50PCT TEC, RESINÓIDE DE LÁBDANO BB, RESINÓIDE DE LÁBDANO MD, RESINÓIDE DE LÁBDANO MD 50 PCT BB, ABSOLUTO DE LAVANDINA H, ABSOLUTO DE LAVANDINA MD, ÓLEO DE LAVANDINA ABRIAL ORGÂNICO, ÓLEO DE LAVANDINA GROSSO ORGÂNICO, ÓLEO DE LAVANDINA, ÓLEO DE LAVANDINA SUPER, ABSOLUTO DE LAVANDA H, ABSOLUTO DE LAVANDA MD, ÓLEO DE LAVANDA SEM CUMARINA, ÓLEO DE LAVANDA SEM CUMARINA ORGÂNICO , ÓLEO DE LAVANDA MAILLETTE ORGÂNICO, ÓLEO DE LAVANDA MT, ABSOLUTO DE MACE BB, EUGENOL DE BAIXO METIL DE ÓLEO DE FLOR DE MAGNÓLIA, ÓLEO E FLOR DE MAGNÓLIA,ÓLEO DE FLOR DE MAGNÓLIA MD, ÓLEO DE FOLHA DE MAGNÓLIA, ÓLEO DE MANDARINA MD, ÓLEO DE MANDARINA MD

BHT, ABSOLUTO DE MATE BB, ABSOLUTO DE MUSGO DE ÁRVORE MD TEX IFRA 43, ABS MUSGO DE CARVALHO MD TEC IFRA43, ABSOLUTO DE MUSGO DE CARVALHO IFRA 43, ABSOLUTO DE MUSGO DE ÁRVORE MD IPM IFRA 43, RESINÓIDE DE MIRRA BB, RESINÓIDE DE MIRRA MD, RESINÓIDE DE MIRRA TEC, ÓLEO DE MIRTILO SEM FERRO, ÓLEO DE MIRTILO TUNISIANO RETIFICADO, ABS NARCISSE MD 20PCT BB, ABSOLUTO DE NARCISSE FRANCÊS, ÓLEO NEROLI TUNISIANO, ÓLEO DE NOZ MOSCADA DESTERPENIZADO, ABSOLUTO DE OEILLET, RESINÓIDE DE OLÍBANO, RESINÓIDE DE OLÍBANO BB, RESINÓIDE OLÍBANO DPG, RESINÓIDE DE OLÍBANO EXTRA 50 PCT DPG, RESINÓIDE DE OLÍBANO MD, RESINÓIDE DE OLÍBANO MD 50 PCTDPG, RESINÓIDE DE OLÍBANO TEC, RESINÓIDE DE OPOPONAX TEC, ÓLEO DE LARANJA AZEDA MD BHT, ÓLEO DE LARANJA AZEDA MD SCFC, ABSOLUTO DE FLOR DE LARANJEIRA TUNISIANA, ABSOLUTO DE ÁGUA DE FLOR DE LARANJEIRA TUNISIANA, ABSOLUTO DE FOLHA DE LARANJA, ABSOLUTO DE ÁGUA DE FLOR DE LARANJEIRAS TUNISIANA, ABSOLUTO DE ORRIS ITALIANA, ORRIS CONCRETA 15PCT IRONA, ORRIS CONCRETA 8 PCT IRONA, ORRIS NATURAL 15 PCT IRONA 4095C, ORRIS NATURAL 8 PCTIRONA 2942C, RESINÓIDE DE ORRIS, ABSOLUTO DE OSMANTO, ABSOLUTO DE OSMANTO MD 50 PCT BB, CORAÇÃO DE PATCHOULI N°3, ÓLEO DE PATCHOULI INDONÉSIO, ÓLEO DE PATCHOULI INDONÉSIO SEM FERRO, ÓLEO DE PATCHOULI INDONÉSIO MD, ÓLEO DE PATCHOULI REDIST, CORAÇÃO DE POEJO, ABSOLUTO DE HORTELÃ MD, ÓLEO DE LARANJA-AZEDA PETITGRAIN TUNISIANO, ÓLEO PETITGRAIN CITRONNIER, ÓLEO DE PETITGRAIN PARAGUAIO DESTERPENIZADO, ÓLEO DE PETITGRAIN DESTERPENIZADO STAB, ÓLEO DE BAGA DE PIMENTÃO, ÓLEO DE FOLHA DE PIMENTÃO, GERÂNIO RODINOLEX CHINÊS, EUGENOL DE BAIXO METIL ABS ROSA BÚLGARA, EUGENOL

DE BAIXO METIL ABS DE ROSA MARROQUINA, EUGENOL DE BAIXO METIL DE ROSA TURCA, ABSOLUTO DE ROSA, ABSOLUTO DE ROSA BÚLGARA, ABSOLUTO DE ROSA DAMASCENA, ABSOLUTO DE ROSA MD, ABSOLUTO DE ROSA MARROQUINA, ABSOLUTO DE ROSA TURCA, ÓLEO DE ROSA BÚLGARA, EUGENOL DE BAIXO METIL ÓLEO DE ROSA DAMASCENA, ÓLEO DE ROSA TURCA , ÓLEO DE ALECRIM CANFORADO ORGÂNICO, ÓLEO DE ALECRIM TUNISIANO,ÓLEO DE SÂNDALO INDIANO, ÓLEO DE SÂNDALO INDIANO RETIFICADO, SANTALOL, ÓLEO DE SCHINUS MOLLE, TINTURA DE CIPO DE SÃO JOÃO 10 PCT, RESINÓIDE DE STYRAX, ÓLEO DE TAGETE, CORAÇÃO DE ÁRVORE DE CHÁ, ABS DE FAVA TONKA 50 PCT SOLVENTES, ABSOLUTO DE FAVA TONKA, ABSOLUTO DE NARDO INDIANO, CORAÇÃO DE VETIVER EXTRA, ÓLEO DE VETIVER HAITIANO, ÓLEO DE VETIVER HAITIANO MD, ÓLEO DE VETIVER JAVANÊS, ÓLEO DE VETIVER JAVANÊS MD, ABSOLUTO DE FOLHA DE VIOLETA EGÍPCIA, ABSOLUTO DE FOLHA DE VIOLETA EGÍPCIA DECOL, ABSOLUTO DE FOLHA DE VIOLETA FRANCESA, ABSOLUTO DE FOLHADE VIOLETA MD 50 PCT BB, ÓLEO DE ALOSNA DESTERPENIZADO, ÓLEO DE YLANG EXTRA, ÓLEO DE YLANG III e combinações destes.

[192] Os corantes podem estar entre aqueles listados no Color Index International pela Society of Dyers and Colourists. Os corantes podem incluir tinturas e pigmentos e incluem aqueles usados comumente na coloração de materiais têxteis, pinturas, tintas e tintas para impressão a jato de tinta. Alguns dos corantes que podem ser utilizados ser utilizados incluem carotenoides, amarelos de arilidio, amarelos de diarilidio, β-naftóis, naftóis, benzimidalozonas, pigmentos de condensação do tipo diazo, pirazolonas, amarelo níquel-azo, ftalocianinas, quinacridonas, perilenos e perinonas, pigmentos de indolina e isoindolinona, pigmentos de triarilcarbônio, pigmentos de diceto-pirrolo-pirol, tioindigóides. Carotenoides incluem, por exemplo, alfa-caroteno, betacaroteno, gama-caroteno,

licopeno, luteína e astaxantina, extrato de Annatto, beterraba desidratada (beterraba em pó, cantaxantina, caramelo, β-Apo-8'-carotenal, extrato de cochonilha, carmim, sódio-cobre-clorofilina, farinha de semente de algodão torrada e parcialmente desengordurada, gluconato ferroso, lactato ferroso, extrato de cor de uva, extrato de pele de uva (enocianina), óleo de cenoura, páprica, oleoresina de páprica, pigmentos perolados à base de mica, riboflavina, açafrão, dióxido de titânio, extrato de licopeno de tomate, concentrado de licopeno de tomate, cúrcuma, oleoresina de cúrcuma, FD&C Azul no.1, FD&C Azul no. 2, FD&C Verde no. 3, Laranja B, Vermelho Cítrico no. 2, FD&C Vermelho no. 3, FD&C Vermelho no. 40, FD&C Amarelo no. 5, FD&C Amarelo no. 6, alumina (hidróxido de alumínio seco), carbonato de cálcio, potássio-sódio-cobre-clorofilina (complexo cobre-clorofilina), Di-hidroxiacetona, oxicloreto de bismuto, ferrocianeto de amônio férrico, ferrocianeto férrico, verde de hidróxido de cromo, verdes de óxido de cromo, guanina, pirofilita, talco, pó de alumínio, pó de bronze, pó de cobre, óxido de zinco, D&C Azul no. 4, D&C Verde no. 5, D&C Verde no. 6, D&C Verde no. 8, D&C Laranja no. 4, D&C Laranja no. 5, D&C Laranja no. 10, D&C Laranja no. 11 , FD&C Vermelho no. 4, D&C Vermelho no. 6, D&C Vermelho No. 7, D&C Vermelho No. 17, D&C. Vermelho No. 21, D&C Vermelho 22, D&C Vermelho No. 27, D&C Vermelho No. 28, D&C Vermelho No. 30, D&C Vermelho No. 31, D&C Vermelho No. 33, D&C Vermelho No. 34, D&C Vermelho No. 36, D&C Vermelho No. 39, D&C Violeta No. 2, D&C Amarelo No. 7, Ext. Amarelo D&C No. 7, Amarelo D&C No. 8, Amarelo D&C No. 10, Amarelo D&C No. 11, Preto D&C No. 2, Preto D&C No. 3 (3), Marro D&C No. 1, Ext. Óxido de cromo-cobalto-alumínio, citrato de amônio férrico, pirogalol, extrato de Campeche, copolímeros de 1,4-Bis[(2-hidroxi-etill)amino] -9,10-antracenediona bis(2-propenóico)éster, 1,4-Bis [(2-metilfenill)amino] -9,10-antracenediona, copolímeros antraquinônicos 1,4-Bis[4- (2-metacriloxietil) fenilamino], violeta carbazol, complexo clorofilina-cobre, óxido de cromo-cobalto-alumínio, C.I. Vat Laranja 1, 2-[[2,5-Dietoxi-

4-[(4-metilfenil)tiol] fenil]azo] -1,3,5-benzenetriol, 16,23-Diidrodinafto [2,3-a:2',3'-i] nafto [2',3':6,7] indolo [2,3-c] carbazol- 5,10,15,17,22,24-hexona, N,N'-(9,10-Diidro- 9,10-dioxo- 1,5-antracenedil) bisbenzamida, 7,16-Dicloro-6,15-diidro- 5,9,14,18-antrazinetetrona, 16,17-Dimetoxidinafto (1,2,3-cd:3',2',1'-1m) perileno-5,10-diona, copolímeros de tintura poli(metacrilato de hidroxietil) (3), Preto Reativo 5, Azul Reativo 21, Laranja reativo 78, Amarelo Reativo 15, Azul Reativo No. 19, Azul Reativo No. 4, C.I. Vermelho Reativo 11, C.I. Amarelo Reativo 86, C.I. Azul Reativo 163, C.I. Vermelho Reativo 180, 4-[(2,4-dimetilfenil)azo]- 2,4-diidro- 5-metil-2-fenil- 3H-pirazol-3-ona (Solvente Amarelo 18), 6-Etoxi-2- (6-etoxi-3-oxobenzo[b] tieno-2(3H)-ilideno) benzo[b]tiofeno- 3(2H)-ona, verde ftalocianina, produtos reativos à base de tinta de álcool vinílico/metacrilato de metil, C.I. Vermelho Reativo 180, C.I. Preto Reativo 5, C.I. Laranja Reativo 78, C.I. Amarelo Reativo 15, C.I. Azul reativo 21, Dissódio l-amino-4-[[4-[(2-bromo-1-oxoalil)amino]-2-sulfonatofenil]amino]-9,10-diidro-9,10-dioxoantraceno-2-sulfonato (Azul Reativo 69), D&C Azul No. 9, cobre [ftalocianinato(2-)] e misturas destes.

[193] Outros além dos exemplos neste documento, ou a menos que expressamente especificado de outra forma, todos os intervalos numéricos, quantidades, valores e porcentagens, como aqueles para quantidades de materiais, conteúdos elementares, tempos e temperaturas de reação, razões de quantidades e outros, na porção seguinte da especificação e reivindicações anexadas podem ser lidos como se antecedidos pela expressão "cerca de", mesmo que o termo "cerca de" possa não parecer expressamente com o valor, quantidade ou intervalos. Consequentemente, a menos que indicado ao contrário, os parâmetros numéricos estabelecidos na seguinte especificação e nas reivindicações anexadas são aproximações que podem variar dependendo das propriedades desejadas a serem obtidas pela presente invenção. No mínimo, e não como uma tentativa de limitar a aplicação da doutrina dos equivalentes ao escopo das reivindicações, cada parâmetro numeral deve pelo menos ser interpretado à

luz do número dos dígitos significativos relatados e pela aplicação das técnicas de arredondamento convencionais.

[194] Não obstante que os intervalos numéricos e parâmetros estabelecendo o amplo escopo da invenção são aproximações, os valores numéricos estabelecidos nos exemplos específicos são relatados tão precisamente quanto possível. Qualquer valor numérico inerentemente, no entanto, contém erros resultando necessariamente a partir do desvio padrão encontrado em suas respectivas medições de testes. Além disso, quando os intervalos numéricos são estabelecidos neste documento, esses intervalos incluem os pontos de extremidade variados citados (por exemplo, pontos de extremidade podem ser usados). Quando porcentagens em peso são usadas neste documento, os valores numéricos relatados são relativos ao peso total.

[195] Além disso, deve ser entendido que qualquer intervalo numérico citado neste documento destina-se a incluir todos os sub-intervalos subsumidos nele. Por exemplo, uma escala de "1 a 10" é destinada a incluir todos os subintervalos entre (e incluindo) o valor mínimo recitado de 1 e o valor máximo recitado de 10, ou seja, ter um valor mínimo igual ou maior que 1 e um valor máximo igual ou menor que 10. Os termos "um", "uma", ou "um" são usados neste documento destinados a incluir "pelo menos um" ou "um ou mais," a menos que indicado de outra forma.

[196] Qualquer patente, publicação ou outro material de divulgação, no todo ou em parte, isto é, referido a ser incorporado por referência neste documento é incorporado neste documento apenas na medida em que o material incorporado não entre em conflito com as definições, declarações ou outro material de divulgação existentes estabelecidos nesta divulgação. Como tal e na medida do necessário, a divulgação, como explicitamente estabelecido neste documento, substitui qualquer material conflitante incorporado neste documento por referência. Qualquer material, ou porção do mesmo, que seja referido a ser incorporado por referência neste

documento, mas que está em conflito com as definições, declarações, ou outro material de divulgação existentes neste documento estabelecidos serão apenas incorporados na medida em que nenhum conflito surja entre o material incorporado e o material de divulgação existente.

[197] Ao passo que esta invenção tem sido particularmente mostrada e descrita com referências às suas modalidades preferenciais, será igualmente compreendido por aqueles versados na técnica que várias alterações na forma e nos detalhes podem ser feitas, sem se desviar do escopo da invenção englobada pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES:

1. Uma instalação de tratamento, **caracterizada** pelo fato de que compreende:

uma cavidade que contém paredes, teto e uma base; e

dentro dos limites da cavidade, um sistema de transporte de material configurado para transportar biomassa sob um feixe de elétrons.

2. A instalação, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que cada uma das paredes compreende uma pluralidade de unidades discretas.

3. A instalação, de acordo com as reivindicações 1 e 2, **caracterizada** pelo fato de compreender uma pluralidade de unidades discretas.

4. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de que a cavidade é reconfigurável.

5. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de compreender um dispositivo de irradiação de elétrons sustentado pelo teto da cavidade e disposto de modo a irradiar biomassa transportada por um sistema transportador.

6. A instalação, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizada** pelo fato de que o dispositivo de irradiação pesa pelo menos 5 toneladas.

7. A instalação, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizada** pelo fato de que o dispositivo de irradiação pesa pelo menos 10 toneladas.

8. A instalação, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizada** pelo fato de que o dispositivo de irradiação pesa entre cerca de 5 e cerca de 20 toneladas.

9. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de que a base compreende uma laje de concreto.

10. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de que as paredes compreendem

blocos interligantes.

11. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de que as paredes sustentam uma rede de vigas I e as vigas I sustentam painéis de teto.

12. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de que as paredes, o teto e a base têm pelo menos 1.2 m de espessura.

13. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de que as paredes, o teto e a base têm pelo menos 1.5 m de espessura.

14. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de que as paredes, o teto e a base têm entre cerca de 1.2 m e 3 m de espessura.

15. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de que as paredes, o teto e a base incluem concreto e o concreto é selecionado dentre um grupo que consiste em concreto normal, concreto de alta densidade, concreto pré-tensionado, concreto que contém chumbo, concreto contendo vergalhões e combinações destes.

16. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de que a cavidade compreende adicionalmente uma porta substancialmente opaca à radiação.

17. A instalação, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizada** pelo fato de que a porta compreende um interior de aço em contato com uma camada dianteira e uma camada traseira que compreendem chumbo.

18. A instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações antecedentes, **caracterizada** pelo fato de compreender adicionalmente uma abertura para fornecimento contínuo de biomassa para dentro da cavidade e do transportador, e aberturas para um transportador de loop contínuo para remoção contínua do transportador e para fora da cavidade.

19. Método de tratamento de um material de biomassa, sendo o método **caracterizado** pelo fato de compreender;

a irradiação de uma biomassa lignocelulósica com um feixe de elétrons, em uma cavidade que contém uma base, paredes e um teto,

em que cada uma das paredes compreende uma pluralidade de unidades discretas.

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado** pelo fato de compreender uma pluralidade de unidades discretas.

21. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato de que as paredes sustentam uma rede de vigas I e as vigas I sustentam o teto.

22. Método de acordo com as reivindicações 19-21, **caracterizado** pelo fato de que as paredes compreendem blocos interligantes.

23. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 19-22, **caracterizado** pelo fato de que as paredes, o teto e a base incluem concreto e o concreto é selecionado dentre um grupo que consiste em concreto normal, concreto de alta densidade, concreto pré-tensionado, concreto que contém chumbo, concreto contendo vergalhões e combinações destes.

24. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 19-23, **caracterizado** pelo fato de que a cavidade é reconfigurável, e

o método compreende a reconfiguração da cavidade após irradiação da biomassa, e a irradiação em seguida de uma segunda biomassa na cavidade reconfigurada.

25. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 19-24, **caracterizado** pelo fato de que o material lignocelulósico encontra-se em forma de madeira ou laminado.

26. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 19-24, **caracterizado** pelo fato de que o material lignocelulósico é selecionado a partir do grupo que consiste em madeira, painel de partículas, serragem,

resíduos agrícolas, águas residuais, silagem, gramíneas, palha de trigo, casca de arroz, bagaço de cana, algodão, juta, cânhamo, linho, bambu, sisal, abacá, palha, espigas de milho, sabugo de milho, painço, alfafa, feno, fios de coco, algas marinhas, algas, e suas combinações.

27. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 19-26, **caracterizado** pelo fato de que o transportador compreende um transportador vibratório.

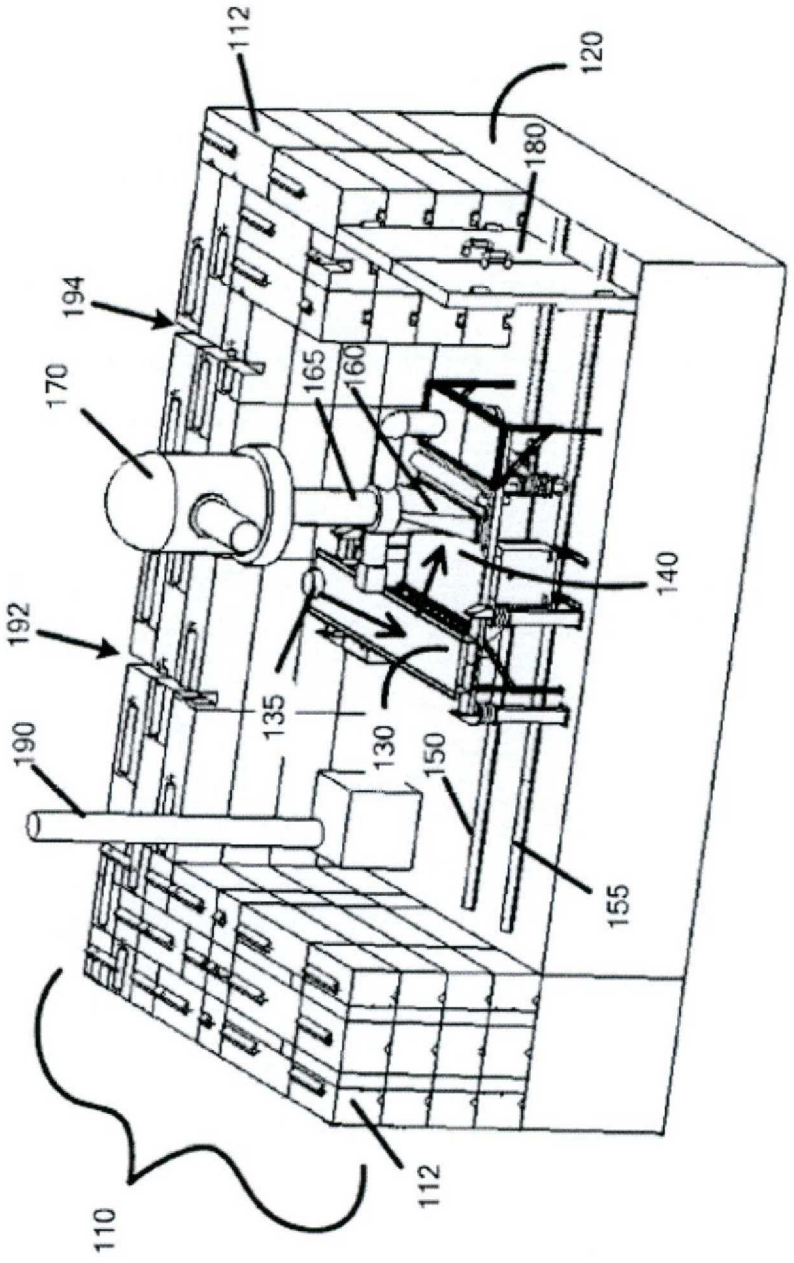


FIG. 1

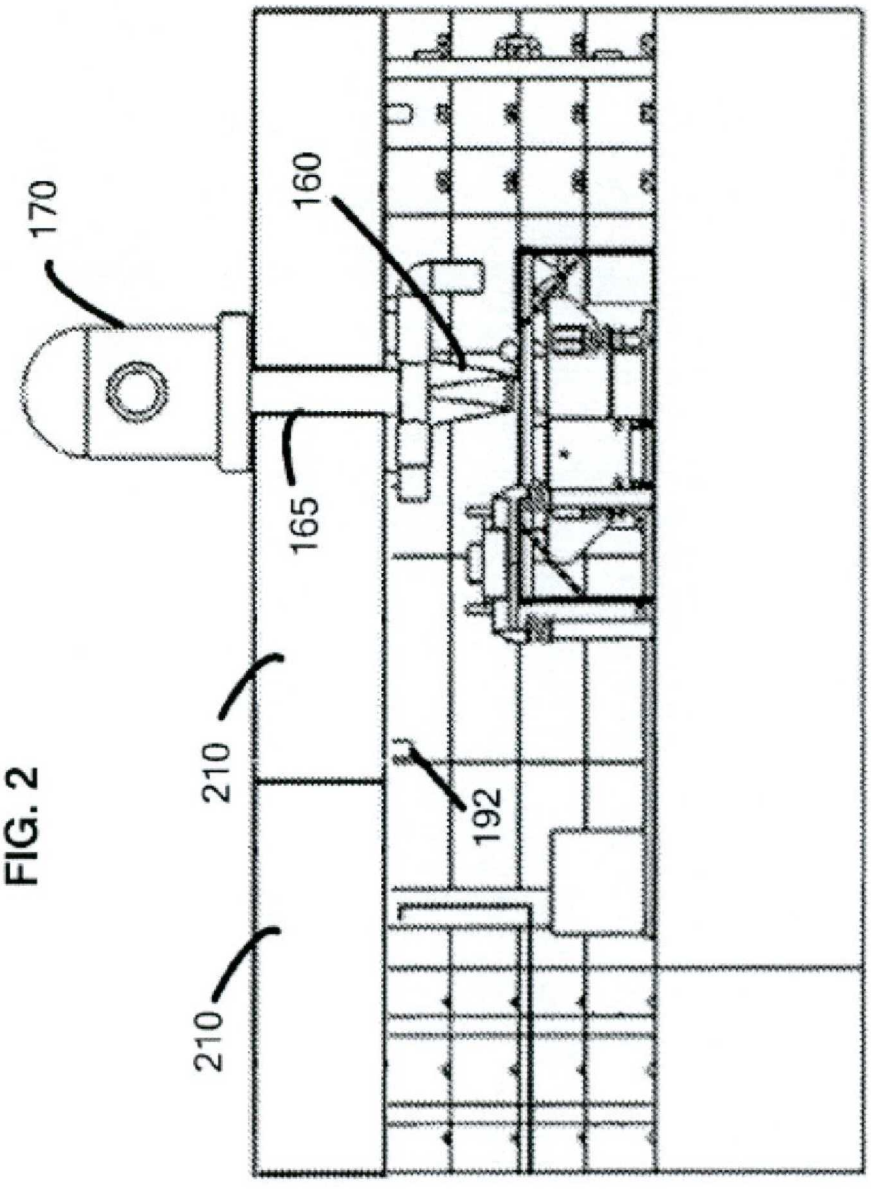


FIG. 2

FIG. 3

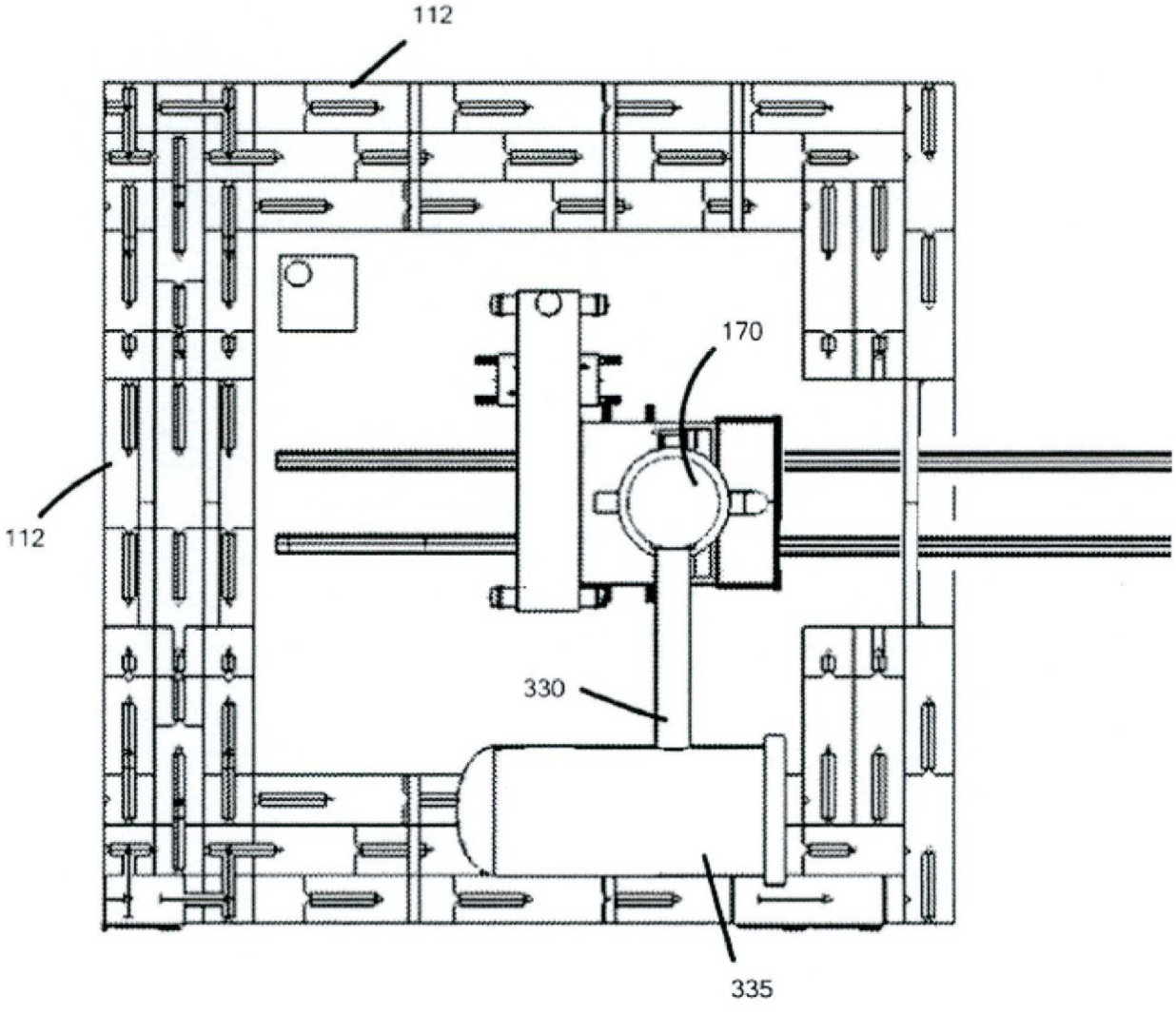


FIG. 4A

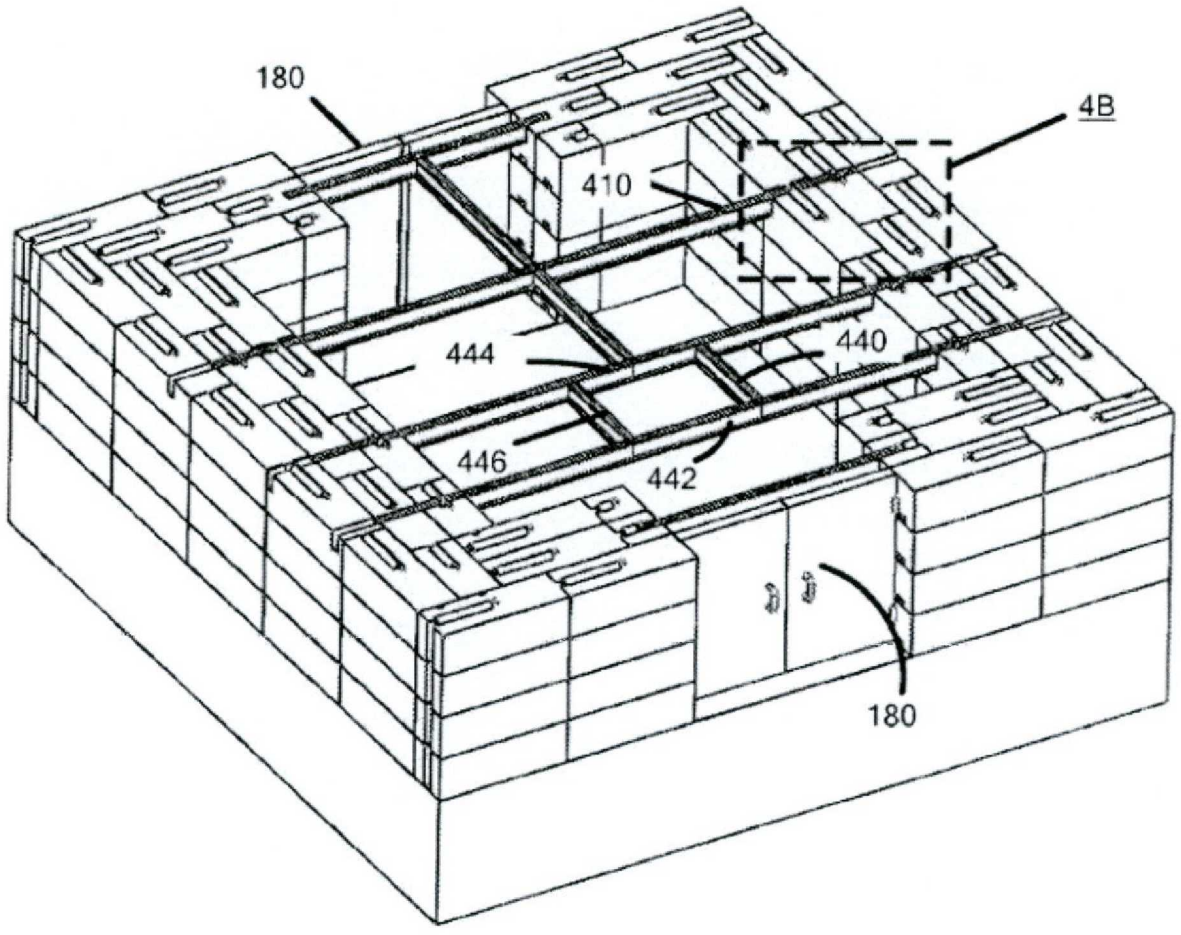


FIG. 4B

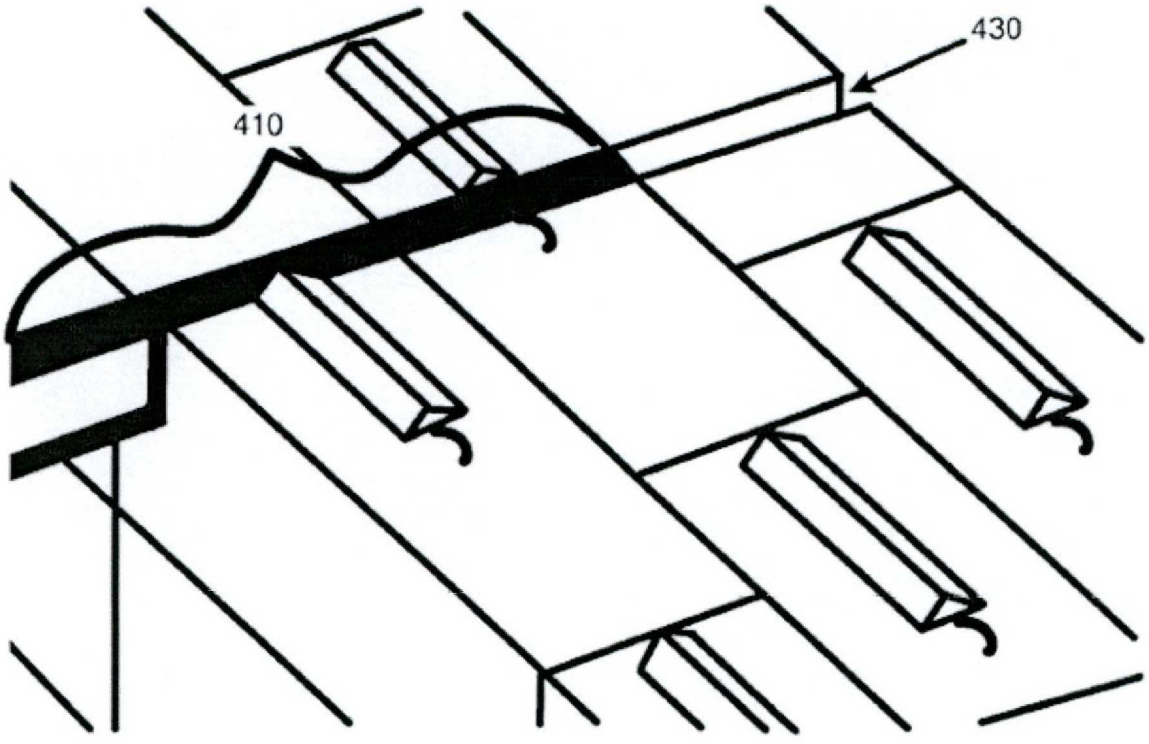


FIG. 4C

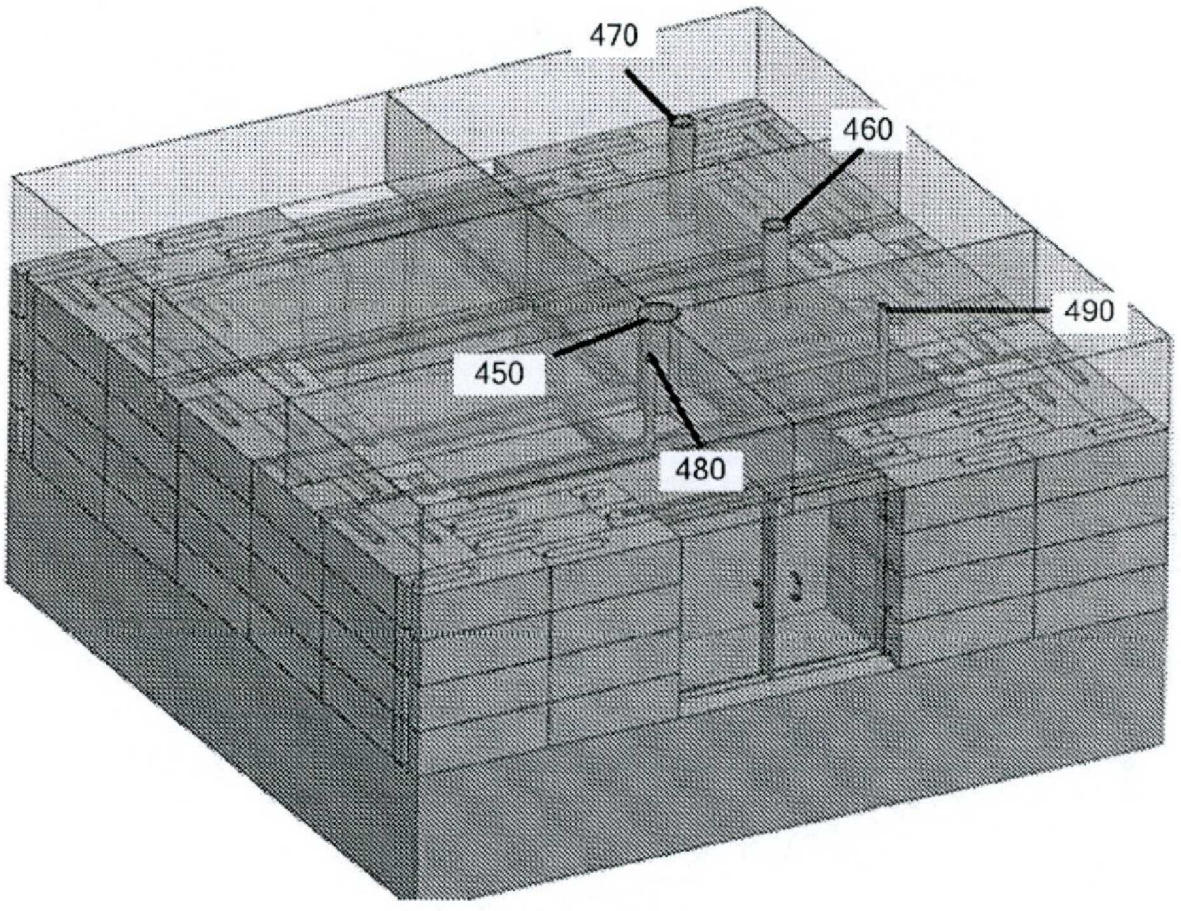


FIG. 5A

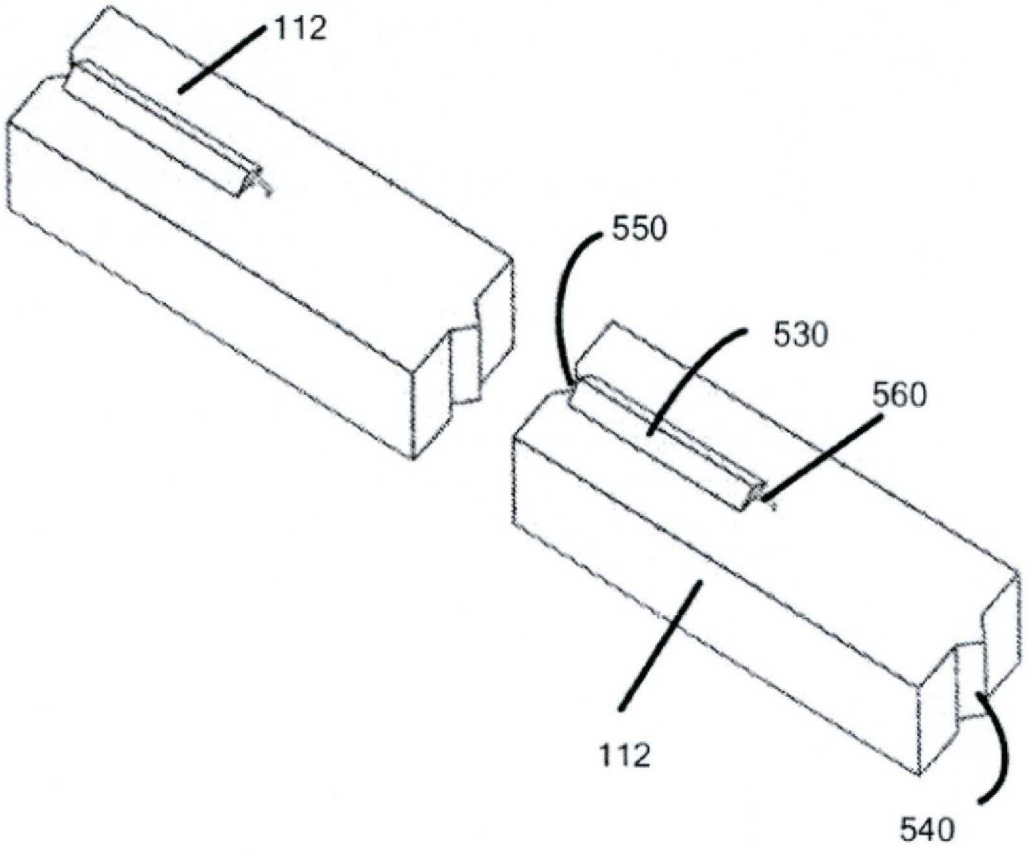
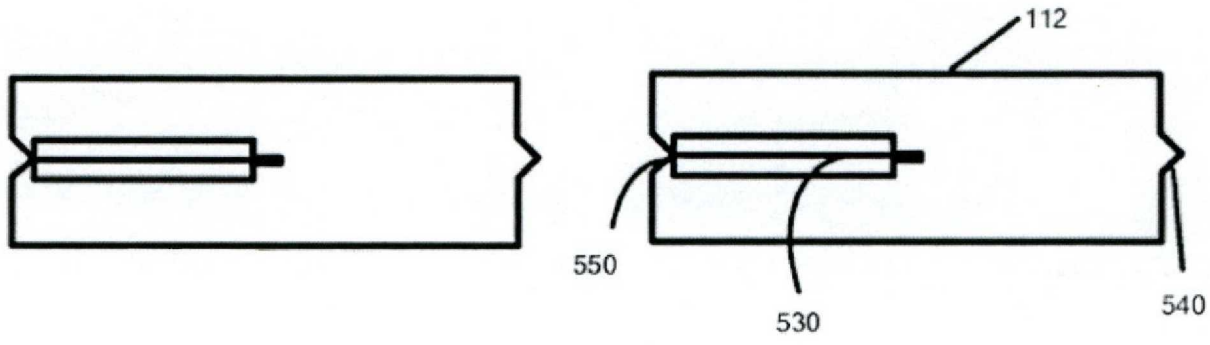


FIG. 5b



RESUMO
COMPARTIMENTOS PROCESSUAIS RECONFIGURÁVEIS

Biomassa (por exemplo, biomassa vegetal, biomassa animal, e biomassa de resíduos municipais) e outros materiais são processados para produzir intermediários e produtos úteis, tais como energia, combustíveis, alimentos ou materiais. Por exemplo, sistemas e métodos são descritos que podem ser usados no tratamento de matérias-primas, tais como materiais celulósicos e/ou lignocelulósicos, em uma cavidade em que as paredes e, opcionalmente, o teto incluem unidades discretas. Tais cavidades são reconfiguráveis.